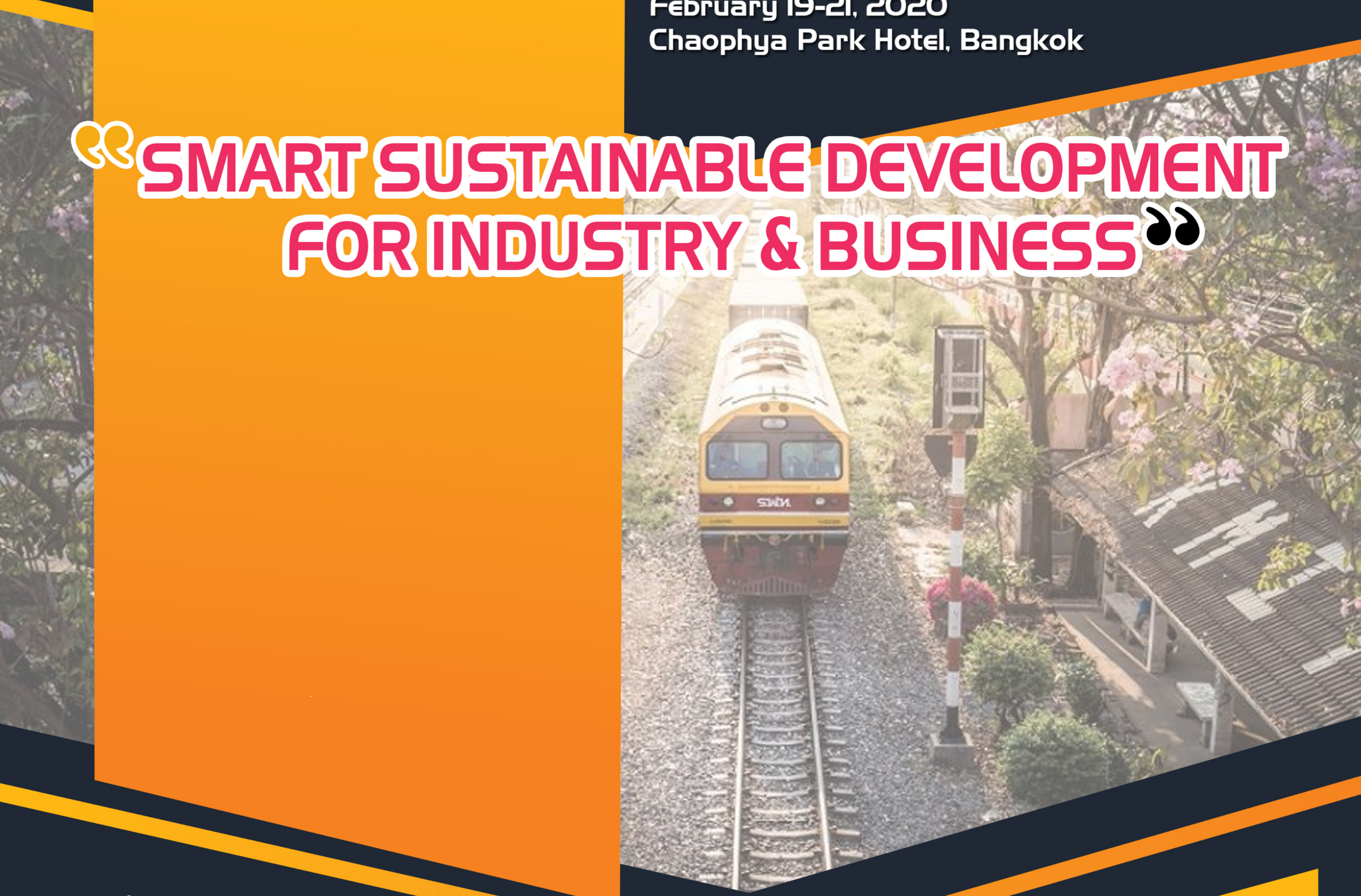
OR-NET 2020

Operations Research Network 2020 Conference

February 19-21, 2020
Chaophya Park Hotel, Bangkok



“SMART SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOR INDUSTRY & BUSINESS”

Subject Areas:

- Continuous/ Discrete Optimization and Mathematical Modeling
- Stochastic Process and Modeling
- Combinatorial Optimization
- Heuristics and Meta-heuristics
- Simulation
- Production, Manufacturing, Service and Logistics
- Logistics and Supply Chain Management
- Multi-criteria Decision Making
- Decision Science
- Data Analytics and Applied Statistics
- Game Theory
- Data Mining and Business Analytics
- Applications of Operations Research in Industry, Healthcare, Government, etc.

Organized by

Department of Statistics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

M-FOCUS

ที่ **M-Focus** เรามุ่งเน้นการเข้าใจลูกค้าและการให้บริการลูกค้าด้วย Solution ที่ดีที่สุด ด้วยการบริการฝึกอบรมและการพัฒนาระบบที่มีคุณภาพ ทั้งนี้ช่วยให้ลูกค้าได้รับผลประโยชน์สูงสุด จากประสบการณ์ที่เชี่ยวชาญของเรา ในการดำเนินการที่มีความหลากหลายในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

ผู้นำทางด้านการเป็นที่ปรึกษาระบบสารสนเทศมากกว่า 26 ปี

TRANSPORTATION

TTMS THAI TRANSPORTATION MANAGEMENT SYSTEM

Thai Transportation Management System ช่วยให้ผู้ขนส่งสามารถวางแผนการขนส่งและทำการเปิดบิลและตรวจสอบรายได้อยู่ตลอดเวลาผ่านทางอินเตอร์เน็ต

SUPPLY CHAIN PLANNING

MPO MASTER PLANNING OPTIMIZER

Master Planning Optimizer นำไปใช้เพื่อช่วยสร้างแผนการผลิตหรือการจัดจำหน่ายโดยคำนึงถึงทรัพยากรและข้อจำกัดทางธุรกิจ

MFO MASTER FULFILLMENT OPTIMIZER

Master Fulfillment Optimizer ใช้สร้างแผนการเติมสินค้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความแปรปรวนจากอุปสงค์

MCP MASTER COLLABORATION PLANNER

Master Collaboration Planner ใช้งานผ่านเว็บสร้างแผนผลิตหลักและควบคุมการร่วมประสานสำหรับซัพพลายเชนที่มีความไม่แน่นอนสูงในการส่งมอบสินค้าให้ตรงเวลา

BUSINESS INTELLIGENCE

tableau SOFTWARE

Tableau เครื่องมือขุมปัญญาทางธุรกิจและการจินตภาพข้อมูล

SIMULATION

Arena®

Arena ช่วยวิเคราะห์ผลดี ผลเสีย เพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดก่อนการลงมือปฏิบัติจริง

Simio Forward Thinking

Simio เครื่องมือสร้างแบบจำลองทางธุรกิจ โดยไม่ต้องเขียนโค้ดให้ยุ่งยาก และซับซ้อน โดยแสดงในรูปแบบของ 3 มิติ

OPTIMIZATION

LINDO

LINDO Software เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาในภาคธุรกิจและการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

ENTERPRISE RESOURCE PLANNING [ERP]

SAP® Business One

SAP Business One เป็นระบบ ERP ที่ช่วยจัดการเชื่อมโยงการทำงานแผนกต่าง ๆ ในองค์กรเข้าด้วยกัน

aptean INTUITIVE ERP

Intuitive ERP ง่ายต่อการใช้งาน มีความยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการมาพร้อมกับ Source Code VB.Net

DEMAND FORECASTING & INVENTORY PLANNING

forecast pro®

Forecast Pro สามารถสร้างค่าพยากรณ์ที่แม่นยำได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย

ADVANCED SCHEDULING

PRESTIGE SCHEDULER™ with Advanced Process Grouping Technology

Prestige Scheduler วางแผนตารางการผลิต ช่วยจัดการเรื่อง order แทรกจะมีผลกระทบกับงานที่ผลิตอยู่อย่างไร

ต้องการคำปรึกษา หรือสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมโปรดติดต่อ :

M-FOCUS **บริษัท เอ็มโฟกัส จำกัด**
อาคารไอ ทาวเวอร์ เลขที่ 888 ชั้น 14 ถ.วิภาวดี-รังสิต
แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

www.m-focus.co.th
marketing@m-focus.co.th
(+66) 2 513 9892 #125-127

สารจากคณบดี
คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ เป็นการประชุมวิชาการประจำปีที่เกิดจากการรวมตัวกันของเครือข่ายนักวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญ และผู้ที่มีความสนใจในการศึกษาค้นคว้าและวิจัยทางด้านการวิจัยดำเนินงาน (Operations Research) ในนามของคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพจัดประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2563 (OR-NET 2020) ในครั้งที่ 17 ซึ่งได้จัดให้มีขึ้นระหว่างวันที่ 19-21 กุมภาพันธ์ 2563 ณ โรงแรมเจ้าพระยาปาร์ค กรุงเทพมหานคร ภายใต้แนวคิด “Smart Sustainable Development for Industry and Business” ซึ่งการจัดประชุมครั้งนี้เป็นครั้งที่ 2 ที่ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพในการจัดประชุมวิชาการ โดยครั้งแรกได้จัดร่วมกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปี 2549

โดยการจัดประชุมวิชาการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเป็นเวทีให้คณาจารย์ นักวิจัย นักอุตสาหกรรม ผู้ประกอบการ นิสิตนักศึกษาจากทั้งภาครัฐและภาคเอกชน รวมทั้งผู้ที่สนใจได้นำเสนอผลงานทางวิชาการ ความก้าวหน้าในงานวิจัย การแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ทางด้านการวิจัยดำเนินงานและศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องที่ก้าวหน้าและทันสมัย รวมทั้งมีหัวข้อการอบรมความรู้ในทักษะที่เกี่ยวข้องในหัวข้อ Data Visualization and Storytelling & Introduction to Tableau ซึ่งจะนำไปสู่การประยุกต์เพื่อใช้ประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยทางด้านการวิจัยดำเนินงานในประเทศไทย รวมถึงการสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านวิจัยและวิชาการในการพัฒนาองค์ความรู้และเทคโนโลยีอันส่งผลต่อการพัฒนาประเทศทั้งในภาควิชาการและภาคอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยหัวข้องานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมครั้งนี้ครอบคลุมหัวข้อต่างๆ ได้แก่ Heuristics and Combinatorial Optimization, Simulation, Multi-criteria Decision Making, Line Balancing, Scheduling, and Inventory Control, OR in Healthcare and Transportation Problem, Production Planning and Supply Chain, Forecasting and Applied Statistics และ Financial and Cost Analysis

ผมต้องขอขอบคุณวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้เกียรติมาบรรยายพิเศษเผยแพร่ให้ความรู้ที่จะเป็นประโยชน์กับผู้เข้าร่วมประชุม ขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ร่วมกันพิจารณาบทความและผลงานวิจัยให้ออกมาเป็นผลงานที่ได้มาตรฐานและมีคุณภาพ ขอขอบคุณบรรณาธิการวารสาร Current Applied Science and Technology วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง และวิศวกรรมสารธรรมศาสตร์ ที่ได้ทำการคัดเลือกบทความที่ส่งเข้าร่วมประชุมครั้งนี้ไปเผยแพร่ในวารสารของท่าน ขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ ผู้ประสานงานเครือข่ายการวิจัยดำเนินงานที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะ และแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นแก่คณะผู้จัดการประชุมในทุกขั้นตอน ขอขอบคุณบริษัท เอ็มโฟกัส จำกัด ที่ให้การสนับสนุนการจัดประชุมวิชาการรวมทั้งให้ความอนุเคราะห์วิทยากรมาร่วมจัดอบรมในหัวข้อ Introduction to Tableau สุดท้ายนี้ต้องขอแสดงความชื่นชมต่อคณะผู้จัดการประชุมทุกท่านที่ได้เสียสละเวลา ร่วมแรง ร่วมใจกันจัดให้มีการประชุมวิชาการในครั้งนี้ และขออวยพรให้การประชุมวิชาการฯครั้งนี้ดำเนินไปด้วยดีประสบความสำเร็จตามเป้าหมายทุกประการ

ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่านจะได้นำความรู้ ความสามารถ หรือประสบการณ์ดีๆ ที่ได้จากการถ่ายทอดแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานที่ก้าวหน้าและทันสมัยในการประชุมวิชาการฯ ในครั้งนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานในหน่วยงาน องค์กร และการพัฒนาประเทศต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล แจ้งชัด)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารจากผู้ประสานงานเครือข่ายการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ

เครือข่ายการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติเป็นเครือข่ายการรวมตัวของคณาจารย์และนักวิจัยจากหลายสถาบัน หลายหน่วยงาน เพื่อสนับสนุนและประสานกิจกรรมวิชาการ รวมทั้งพัฒนาบุคลากรด้านการวิจัยดำเนินงาน (Operations Research) สำหรับประเทศไทย โดยการสร้างความร่วมมือระหว่างนักวิชาการจากภาคการศึกษา และการเชื่อมโยงกับภาคอุตสาหกรรมและได้เริ่มจัดการประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติมาตั้งแต่ พ.ศ. 2547 และได้จัดต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี โดยมีมหาวิทยาลัยต่างๆ หมุนเวียนกันเป็นเจ้าภาพ ปัจจุบันนับเป็นครั้งที่ 17 โดยมุ่งหวังให้การประชุมวิชาการฯ นี้เป็นเวทีให้นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ และนักวิจัยในประเทศได้นำเสนอผลงานวิจัยด้านการวิจัยการดำเนินงาน เปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมประชุมได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์เพื่อนำไปสู่ความร่วมมือทางวิชาการและวิจัย และเพื่อเป็นประโยชน์แก่การพัฒนาการเรียนการสอนอันจะนำไปสู่การพัฒนาในระดับชุมชน สังคม และประเทศต่อไป

ในการประชุมวิชาการฯ ครั้งนี้ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพจัดประชุมวิชาการการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2563 (OR-NET 2020) ในครั้งที่ 17 ระหว่างวันที่ 19-21 กุมภาพันธ์ 2563 ณ โรงแรมเจ้าพระยาปาร์ค กรุงเทพมหานคร ภายใต้แนวคิด “Smart Sustainable Development for Industry and Business” ซึ่งในการประชุมวิชาการฯ ในครั้งนี้ มีการนำเสนอผลงานวิจัย การฝึกอบรม การบรรยายพิเศษโดยได้รับเกียรติจากวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภาครัฐและเอกชนมาถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้กับผู้เข้าร่วมการประชุม เพื่อให้สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและองค์กรและนำไปสู่ความร่วมมือทางวิชาการและการวิจัยเชิงบูรณาการร่วมกันต่อไปในอนาคต

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคณาจารย์ในเครือข่ายการวิจัยดำเนินงานทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนในการจัดการจัดประชุมวิชาการฯ ครั้งนี้โดยได้ร่วมกันพิจารณาบทความและผลงานวิจัยให้ออกมาเป็นผลงานที่มีคุณภาพและได้มาตรฐาน รวมทั้งลงทะเบียนเข้าร่วมประชุมกันอย่างพร้อมเพรียง และขอขอบคุณวิทยากร ผู้ให้การสนับสนุนทุกท่าน รวมทั้งผู้นำเสนอบทความวิจัยและผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่านที่ทำให้การจัดงานครั้งนี้ประสบความสำเร็จไปได้เป็นอย่างดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดกิจกรรมครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติและผู้เข้าร่วมการประชุมทุกท่านจะได้รับประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความร่วมมือกันระหว่าง คณาจารย์ บุคลากรทางการศึกษาและหน่วยงานต่างๆ ต่อไปในอนาคตและมีการจัดประชุมวิชาการฯ นี้อย่างต่อเนื่องไปทุกปี

(ศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์)
ผู้ประสานงานเครือข่ายการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ

คณะกรรมการดำเนินการ

การประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2563

คณะกรรมการที่ปรึกษาเครือข่ายการวิจัยดำเนินงาน

1. รศ.ดร.วิชิต	หล่อจีระชุณห์กุล	คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
2. รศ.ดร.พีรยุทธ์	ชาญเศรษฐิกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ศ.ดร.วรทัศน์	ขจิตวิชยานุกูล	สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

คณะกรรมการอำนวยการ

1. ศ.ดร.พงศ์ชนัน	เหลืองไพบูลย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
2. รศ.ดร.วลัยลักษณ์	อัตธีรวงศ์	คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. รศ.ดร.สุดา	ตระการเถลิงศักดิ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์)
4. รศ.ดร.นิลวรรณ	ชุ่มฤทธิ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (วิทยาเขตองครักษ์)
5. รศ.ดร.เจริญชัย	โขมพัตราภรณ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
6. ผศ.ดร.รัชนี	ภูวิพัฒนะพันธุ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
7. ผศ.นราธิป	แสงซ้าย	วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
8. ผศ.ดร.ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
9. รศ.ดร.ชมพูนุท	เกษมเศรษฐ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
10. ผศ.ดร.คณิศร	ภูนิคม	มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
11. ผศ.ดร.วเรศรา	วีระวัฒน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
12. ศ.ดร.ระพีพันธ์	ปิตาคะโส	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
13. ดร.สุดารัตน์	วงศ์วีระเกียรติ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
14. รศ.ดร.กาญจ์นภา	อมรัชกุล	คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
15. ผศ.ดร.ศิริรัตน์	ชุติชูเดช	คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตศรีราชา)
16. รศ.ดร.สุนาริน	จันทะ	คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (วิทยาเขตปราจีนบุรี)
17. ศ.ดร.กาญจนา	เศรษฐนันท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คณะกรรมการวิชาการเครือข่ายการวิจัยดำเนินงาน

1. รศ.สมเกียรติ	จงประสิทธิ์พร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. ผศ.ดร.กรุง	สินอภิรมย์สราญ	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ดร.ศิวิกา	ดุษฎีโหนด	คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
4. ผศ.ดร.จักรินทร์	ศุขหมอก	คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
5. ดร.วราธร	ปัญญางาม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (วิทยาเขตองครักษ์)
6. ผศ.รติรัตน์	กิตติปัญญาพัฒน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (วิทยาเขตองครักษ์)
7. ดร.วุฒินันท์	นุ่นแก้ว	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
8. ดร.ศุภัชญา	โชตยะกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (วิทยาเขตองครักษ์)
9. รศ.ดร.ประจวบ	กล่อมจิตร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์)
10. ผศ.ดร.วิชัย	รุ่งเรืองอนันต์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
11. รศ.ดร.ฉัฐไชย์	ลีนาวงศ์	คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
12. ผศ.ชาติชาย	อัศดรศักดิ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
13. ผศ.พิศิษฐ์	แสงชูโต	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
14. รศ.ดร.อนุกัลยณ์	จีระลักษณกุล	คณะบริหารธุรกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
15. ดร.ระวี	สุวรรณเดโชไชย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
16. ศ.ดร.อรรถกร	เก่งพล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
17. รศ.ดร.จูลิน	ลิคะสิริ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
18. รศ.ดร.อนามัย	นาอุดม	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
19. ผศ.ดร.ณัฐนารี	สุขเสกสรรค์	คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (วิทยาเขตปราจีนบุรี)
20. ผศ.ดร.อรอุไร	แสงสว่าง	คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (วิทยาเขตปราจีนบุรี)
21. รศ.ดร.คมกฤต	เล็กสกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
22. ผศ.ดร.วริษา	วิสิทธิพานิช	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
23. ผศ.ดร.ช่อแก้ว	จตุรานนท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
24. ผศ.ดร.อภินันทนา	อุดมศักดิกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
25. ผศ.ดร.ขวัญนิธิ	คำเมือง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
26. ผศ.ดร.ศรีสัจจา	วิทยศักดิ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
27. รศ.ดร.อภิชัย	ฤตวิรุฬห์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

28. ผศ.ดร.กนกกรรณ์	ลี้โรจนาประภา	คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
29. ผศ.ดร.สมบัติ	สินธุเชาวน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
30. ดร.นราภรณ์	เภาประเสริฐ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
31. ผศ.ดร.พรเทพ	อนุสสรนิติสาร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
32. รศ.ดร.จุฑา	พิชิตลำเค็ญ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
33. ดร.รมิดายุ	อยู่สุข	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
34. รศ.ดร.สุวิชภรณ์	วิชกูล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
35. รศ.ดร.จันทร์ศิริ	สิงห์เถื่อน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
36. ดร.พาพิศ	วงศ์ชัยสุวัฒน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
37. ผศ.ดร.สราวุธ	จันทร์สุวรรณ	คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
38. ดร.ภาสุระ	อังกุลานนท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
39. ผศ.ดร.เชาวลิต	หามนตรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
40. อาจารย์ ศิรประภา	ดีประดิษฐ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
41. อาจารย์ พงศ์ธร	รักซ้อน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
42. ดร.นิธิเดช	คูหาทองสัมฤทธิ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
43. ผศ.ดร.กนกพร	กังวาลสงค์	บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
44. ดร.ธนัชพร	วงศ์เวียน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ

การประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2563

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

1. ศ.ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์

สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

1. รศ.ดร.กาญจ์นภา อมรัชกุล
2. ผศ.ดร.จักรินทร์ ศุขหมอก
3. ดร.ศิวิกา ดุษฎีโหนด
4. ผศ.ดร.สราวุธ จันทร์สุวรรณ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

1. รศ.ดร.สุดา ตระการเถลิงศักดิ์
2. รศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1. รศ.ดร.ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์
2. รศ.ดร.คมกฤต เล็กสกุล
3. ผศ.ดร.วริษา วิสิทธิพานิช

มหาวิทยาลัยนเรศวร

1. ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ
2. ผศ.ดร.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์
3. รศ.ดร.อนามัย นาอุดม

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

1. รศ.ดร.นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. รศ.ดร.จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน
2. รศ.ดร.จุฑา พิชิตลำเค็ญ
3. ผศ.ดร.ศิริรัตน์ ชุติชูเดช
4. ผศ.ดร.พรเทพ อนุสสรนิติสาร
5. ดร.สุดารัตน์ วงศ์วีระเกียรติ
6. ดร.นราภรณ์ เภาประเสริฐ
7. ดร.รมิดายุ อยู่สุข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1. รศ.ดร.สุนาริน จันทะ
2. ผศ.ดร.อรอุไร แสงสว่าง
3. ผศ.ดร.ณัฐนารี สุขเสกสรรค์
4. ผศ.ดร.วิชัย รุ่งเรืองอนันต์
5. ดร.ภาสุระ อังกุลานนท์

มหาวิทยาลัยมหิดล

1. รศ.ดร.ดวงพรรณ กริชชาญชัย
2. ดร.ระวี สุวรรณเดโชไชย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

1. รศ.ดร.เจริญชัย โขมพัตราภรณ์
2. รศ.ดร.เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์
3. รศ.ดร.ธนัญญา วสุศรี

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

1. ผศ.ดร.รัชนี ภูวิพัฒนะพันธุ์
2. ดร.นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์
3. อาจารย์ มาริสา แก้วสุวรรณ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์
2. รศ.ดร.ฉัฐไชย์ ลีนาวงศ์
3. ผศ.ดร.สิทธิชัย เจริญเศรษฐศิลป์
4. ผศ.ดร.สมศรี บัณฑิตวิไล
5. ผศ.ดร.เชาวลิต หามนตรี
6. ผศ.ดร.กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข
7. ผศ.ดร.กนกกรรณ์ ลี้โรจนาประภา
8. ผศ.ดร.พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์
9. ดร.ยุวดี กล่อมวิเศษ
10. อาจารย์ สุจิตรา สุคนธมัต

คณะกรรมการจัดงาน
การประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2563

คณะกรรมการอำนวยการ

1. รศ.ดร.อิทธิพล	แจ้งชัด
2. ผศ.ดร.สิทธิชัย	เจริญเศรษฐศิลป์
3. รศ.ดร.วลัยลักษณ์	อัตธีรวงศ์

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

1. ผศ.ดร.พรพิมล	ชัยวุฒิศักดิ์	ประธานกรรมการ
2. รศ.ดร.ณัฐไชย์	ลีนาวงศ์	กรรมการ
3. ผศ.ดร.สมศรี	บัณฑิตวิไล	กรรมการ
4. ดร.บุญญสิทธิ์	วรจันทร์	กรรมการ
5. ผศ.ชูใจ	คูหารัตนไชย	กรรมการ
6. รศ.ดร.วลัยลักษณ์	อัตธีรวงศ์	กรรมการ
7. ผศ.พรชัย	หลายพสุ	กรรมการ
8. ผศ.ดร.สิทธิชัย	เจริญเศรษฐศิลป์	กรรมการ
9. รศ.ดร.อัชฌา	อระวีพร	กรรมการ
10. ผศ.ดร.กนกกรรณ์	ลิ้โรจนประภา	กรรมการ
11. ดร.พรรณทิพา	วาณิชย์จิรัฐติกาล	กรรมการ
12. ดร.ยุวดี	กล่อมวิเศษ	กรรมการ
13. ดร.สกุณา	ศรีอโนมัย	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายพิธีการ ต้อนรับ ฝ่ายเอกสาร ลงทะเบียน และประเมินผล

1. รศ.ดร.วลัยลักษณ์	อัตธีรวงศ์	ประธานกรรมการ
2. ดร.บุญญสิทธิ์	วรจันทร์	กรรมการ
3. ผศ.ชูใจ	คูหารัตนไชย	กรรมการ
4. อาจารย์สุจิตรา	สุคนธมัต	กรรมการ
5. รศ.ดร.อัชฌา	อระวีพร	กรรมการ
6. ผศ.ดร.กนกกรรณ์	ลิ้โรจนประภา	กรรมการ

7. ผศ.ดร.พรพิมล	ชัยวุฒิศักดิ์	กรรมการ
8. ดร.สกุณา	ศรีอโนมัย	กรรมการ
9. นางอัจฉรา	แผ้วบาง	กรรมการ
10. นางวันณา	คำทอง	กรรมการ
11. นางธนลักษณ์	กิ่งช้าง	กรรมการ
12. นางสาวภูษณิศา	ดิษาภิรมย์	กรรมการ
13. ดร.พรรณทิพา	วาณิชย์จิรัฐติกาล	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์ และสารสนเทศ

1. ผศ.ดร.กนกกรรณ์	ลี้โรจนประภา	ประธานกรรมการ
2. ผศ.ดร.พรพิมล	ชัยวุฒิศักดิ์	กรรมการ
3. ดร.ยุวดี	กล่อมวิเศษ	กรรมการ
4. ดร.สกุณา	ศรีอโนมัย	กรรมการ
5. นางสาววราเศรษฐ์	พันธุ์หิรัญ	กรรมการ
6. นายศักดา	ตราช่าง	กรรมการ
7. นายจามร	เพ็งสวย	กรรมการ
8. นางอัจฉรา	แผ้วบาง	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายการเงิน

1. อาจารย์สุจิตรา	สุคนธมัต	ประธานกรรมการ
2. ผศ.ดร.สมศรี	บัณฑิตวิไล	กรรมการ
3. นางยุพิน	ใจซื่อ	กรรมการ
4. นางพูลทรัพย์	วิสัยเกษม	กรรมการ
5. นางอัจฉรา	แผ้วบาง	กรรมการ
6. ดร.ยุวดี	กล่อมวิเศษ	กรรมการและเลขานุการ

กำหนดการนำเสนอบทความทางวิชาการ
การประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2563
ระหว่างวันที่ 19 – 21 กุมภาพันธ์ 2563
ณ โรงแรมเจ้าพระยาปาร์ค กรุงเทพ

วันพฤหัสบดีที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563

13:30 – 15:00 Oral Presentations			
No.	Rachada1	Rachada2	Rachada3
	OR in Healthcare and Transportation Problem	Simulation	Line Balancing, Scheduling, and Inventory Control
1	O0010: การปรับปรุงวิธีอาณาจักรมดสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า แบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า	O0014: กรอบแนวคิดการกำหนดกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และปรับปรุงงาน	O0016: การกำหนดปริมาณการผลิตข้าวเปลือกที่เหมาะสมเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ในปัจจุบันและอนาคตด้วยตัวแบบ Newsvendor
2	O0024: การประยุกต์ใช้ข้อมูลหลายปัจจัยเชิงพื้นที่และเวลา ร่วมกับข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ ด้วยวิธีการแสดงผลข้อมูล สำหรับการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน	O0018: การปรับปรุงกระบวนการการทำงานของพนักงานหยิบสินค้าคลังสินค้าออนไลน์ โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาคลังสินค้าออนไลน์ของเว็บไซต์ค้าปลีก C	O0017: การเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิต : กรณีศึกษาสายการบรรจุผลิตภัณฑ์เครื่องครัว
3	O0051: การกำหนดตำแหน่งรถปฏิบัติการแพทย์ฉุกเฉินที่เหมาะสม โดยพิจารณาปริมาณสายเรียกเข้าในแต่ละช่วงเวลา: กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี	O0039: การจำลองระบบแถวคอยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการแผนกผู้ป่วยนอก: กรณีศึกษาโรงพยาบาลเมืองปาน จังหวัดลำปาง	O0020: Algorithm for Solving Parallel Machines Scheduling Problem to Minimize Earliness and Tardiness Costs Packing Line
4	O0052: การลดเวลารอคอยแผนกผู้ป่วยนอก โดยการจำลองสถานการณ์ : กรณีศึกษา	O0048: การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์สำหรับการจัดลำดับรถบรรทุกแช่แข็งภายใต้นโยบายการจัดลำดับงาน	O0029: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีหาค่าเหมาะสุดแบบกลุ่มอนุภาคและวิธีแบท สำหรับตัวแบบสินค้าคงคลัง 3 ระดับขั้น
5	O0055: Healthcare Service Network Analysis: Northern Region's Healthcare Service Network of Cleft Lip and Cleft Palate	O0019: การปรับปรุงผังกระบวนการผลิตแหวนทองในโรงงานอัญมณีและเครื่องประดับโดยใช้การจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา: บริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด	O0036: การศึกษานโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสองระดับ: กรณีศึกษาบริษัทค้าปลีกไวน์
Coffee Break 15:00 – 15:15			

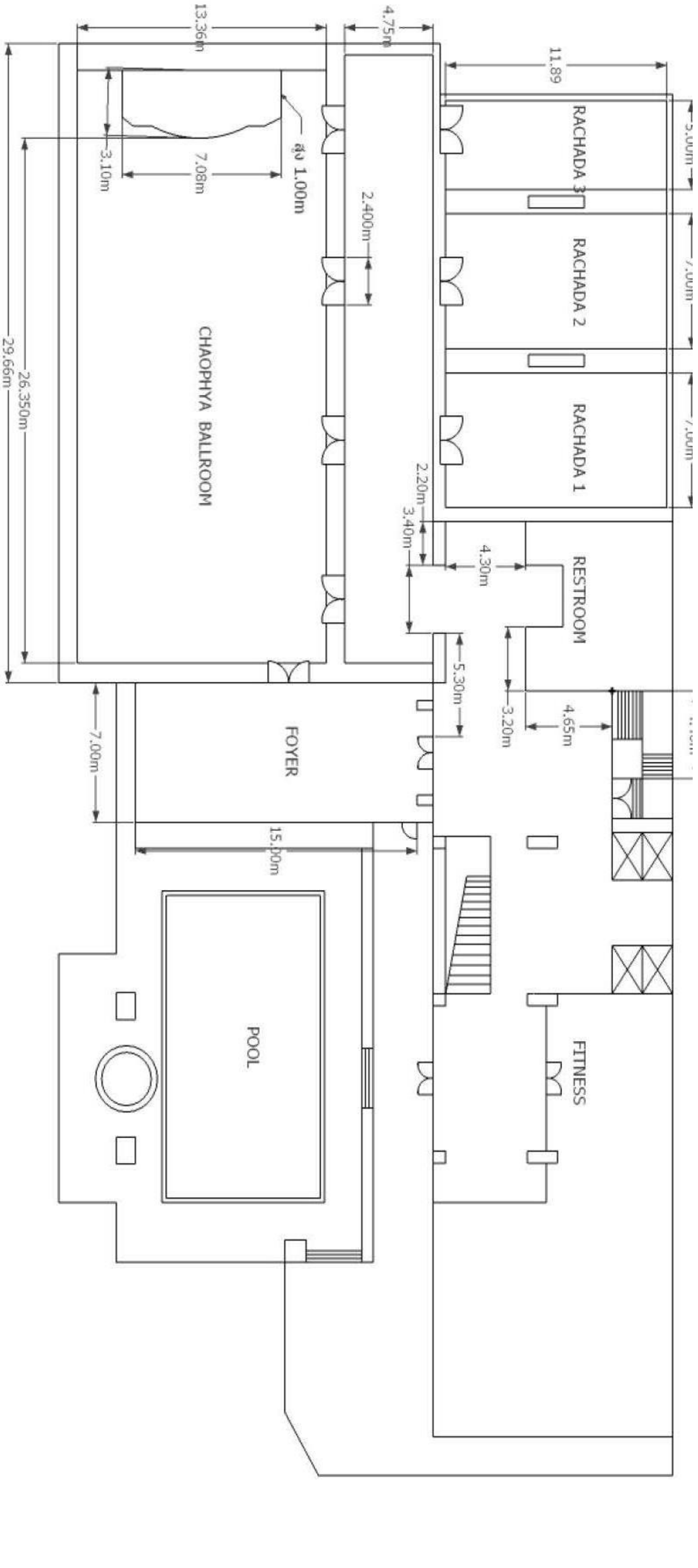
15:15 – 17:00 Oral Presentations			
No.	Rachada1	Rachada2	Rachada3
	Forecasting and Applied Statistics	Financial and Cost Analysis	15:15 – 17:00 OR Network Meeting Board
1	O0003: การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีเบส์เซียน วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ และวิธีบูตสแตรป สำหรับตัวแบบถดถอยอย่างง่าย	O0043: การหาจังหวะซื้อขายหุ้นภายใต้แนวคิดดัชนี Dimbeta	
2	O0004: การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยของการแจกแจงปรกติและปรกติปลอมปน	O0044: การออกแบบและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมผลิตข้าวผสม	
3	O0042: การจัดกลุ่มพนักงานจากอัตราการคืนกลับโลหะมีค่าที่ได้จากกระบวนการขัด กรณีศึกษา บริษัทจิวเวลรี่แห่งหนึ่ง	O0046: การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองของเกษตรกรอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี	
4	O0011: การพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยโดยวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้ม	O0047: การประยุกต์ใช้แนวคิดต้นทุนตามกิจกรรม กรณีศึกษาคลังเก็บชิ้นส่วนรถยนต์	
5	O0053: การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อหาปริมาณความต้องการสินค้า กรณีศึกษากระบวนการบดปูนซีเมนต์	O0049: การวิเคราะห์โซ่อุปทานของใบชาอัสสัมอบแห้ง โดยใช้เทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ	

วันศุกร์ที่ 21 กุมภาพันธ์ 2563

13:00 – 14:30 Oral Presentations			
No.	Rachada1	Rachada2	Rachada3
	13:00 – 17:00 **การอบรมหลักสูตร** "Data Visualization and Storytelling & Introduction to Tableau" วิทยากร คุณพันธิวา สีหา ผศ.ดร.พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์ ดร.สกุณา ศรีอโนมัย	Heuristics and Combinatorial Optimization	Production Planning and Supply Chain
1		O0034: Worst Case Analysis of Nearest Neighbour Heuristic for Finding the Minimum Weifht k-cycle	O0001: โปรแกรมสต็อกสินค้าและคำนวณค่าเช่าสนามแบดมินตัน กรณีศึกษา: สนามแบดมินตัน ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร
2		O0040: การปรับปรุงวิธีลอตโตเมตาฮิวริสติกสำหรับการแก้ปัญหาลอตเตอรี่	O0009: การใช้วิธีการออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชาย
3		O0050: การแก้ปัญหาการจัดสรรเงินลงทุนเชิงจัดหมู่ ด้วยวิธีการสร้างสดมภ์	O0015: การเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียวกับแบบแกนเพลาร่วมด้วยตัวแบบมาร์คอฟ
4		O0059: Two-Dimensional Cutting Stock Problems with a Modified Column Generation Method.	O0031: การเพิ่มผลิตภาพโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเครื่องชงกาแฟ กรณีศึกษา โรงงานประกอบเครื่องชงกาแฟ
5		O0038: Dynamic Maintenance Scheduling with Fuzzy Data via Biogeography-based Optimization Algorithm and its Hybridizations	O0037: การวิเคราะห์ความสำคัญตัวชี้วัดผลการดำเนินงานโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์
Coffee Break 14:30 – 14:45			

14:45 – 16:15 Oral Presentations			
No.	Rachada1	Rachada2	Rachada3
	13:00 – 17:00 **การอบรมหลักสูตร** **"Data Visualization and Storytelling & Introduction to Tableau"** วิทยากร คุณพันธิวา สีหา ผศ.ดร.พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์ ดร.สกุณา ศรีโนมัย	Multi-criteria Decision Making	OR in Healthcare and Transportation Problem
1		O0007: นโยบายการโยกย้ายสินค้าที่ช่วยลดการเสียโอกาสในการขาย ในธุรกิจขายปลีกที่มีร้านหลายสาขา	O0013: การจัดเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสมสำหรับรถรับ-ส่งพนักงาน
2		O0033: การกำหนดค่าน้ำหนักเกณฑ์สำหรับการคัดเลือกซัพพลายเออร์โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบคลุมเครือ : กรณีศึกษาศูนย์กระจายสินค้าไก่แช่แข็งแห่งหนึ่งในภาคกลางตอนบนของประเทศไทย	O0021: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาจัดเส้นทางขนส่งแบบแบ่งส่งและการขนส่งแบบหลายรอบ
3		O0045: Application of TOPSIS Method to Green Supplier Selection for a Thai OTOP Producer	O0022: A Mathematical Model for Pollution Travelling Salesman Problem
4		O0058: การตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งด้วยหลากหลายเกณฑ์สำหรับโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแห่งใหม่	O0023: การจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน กรณีศึกษา โรงพยาบาลเลิดสิน
5		O0060: การวัดประสิทธิภาพทางการเงินด้วยวิธีล้อมกรอบข้อมูล (DEA) กรณีศึกษา : Non-Bank ผู้ประกอบการธุรกิจบัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคล	O0032: กลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินด้วยข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ร่วมกับการประเมินสภาพการจราจรติดขัด

แผนผังแสดงห้องประชุม
ณ โรงแรมเจ้าพระยาปาร์ค กรุงเทพฯ



Keynote Speech I

The Roles of Operations Research in Business Analytics and Data Science

Assistant Prof. Dr. Arnond Sakworawich

Head of Business Analytics and Intelligence Program, Actuarial Sciences and Risk Management Program, Graduate School of Applied Statistics, National Institute of Development Administration, Bangkok, Thailand

Abstract

การวิจัยดำเนินงาน (Operations research) หรือ การหาค่าเหมาะสุด (Optimization) เป็นประเภทหนึ่งของการวิเคราะห์ห้าประเภทในการวิเคราะห์ธุรกิจและวิทยาการข้อมูล (Business Analytics and Data Science) ซึ่งเริ่มต้นจาก การวิเคราะห์เชิงบรรยาย (Descriptive analytics) การวิเคราะห์เชิงวินิจฉัย (Diagnostic analytics) การวิเคราะห์เชิงทำนาย (Predictive Analytics) การวิเคราะห์เชิงกำหนด (Prescriptive analytics) และการวิเคราะห์เชิงปัญญา (Cognitive analytics) โดยที่การวิจัยดำเนินงานนั้นเป็นส่วนสำคัญยิ่งของการวิเคราะห์เชิงกำหนดเพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ได้จริงโดยการหาค่าเหมาะสมเพื่อไปใช้ในการกำหนดในการจัดแจงและในการจัดการอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ตามบทบาทของการวิจัยดำเนินงานและการหาค่าเหมาะสุดในการวิเคราะห์ธุรกิจและวิทยาการข้อมูลไม่ได้จบลงที่การวิเคราะห์เชิงกำหนดเท่านั้น

ในสถิติศาสตร์ การหาค่าเหมาะสมเข้ามามีบทบาทสำคัญยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นการสุ่มตัวอย่างและการกำหนดขนาดตัวอย่าง อันเป็นหลักสำคัญในสถิติศาสตร์ ก็ต้องอาศัยการหาค่าเหมาะสุด เนื่องจากต้องการได้วิธีการสุ่มตัวอย่างที่ดีที่สุด เป็นตัวแทนของประชากรได้ดีที่สุด (Representativeness) ภายใต้ข้อจำกัดคือเงินและเวลา และข้อจำกัดอื่นๆ อีกเป็นอันมาก การกำหนดขนาดตัวอย่างให้มีขนาดตัวอย่างที่เล็กที่สุดแต่ยังมี margin of error ในระดับที่ยอมรับได้ ตามทฤษฎีการสำรวจด้วยตัวอย่าง (Theory of sample survey) อันเป็นการหาค่าเหมาะสุดเช่นเดียวกันกับการกำหนดขนาดตัวอย่างให้มีขนาดเล็กที่สุดที่จะมีกำลังของการทดสอบทางสถิติ (Statistical power of test statistics) เพียงพอที่จะตรวจจับดัชนีผลกระทบมาตรฐาน (Effect size measures) ซึ่งใช้ในการ

กำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับงานวิจัยเชิงทดลองและสหสัมพันธ์ (Experimental and correlational research) บนพื้นฐานของทฤษฎีการอนุมานทางสถิติ (Theory of statistical inference) ก็ถือว่าเป็นการหาค่าเหมาะสุดเช่นกัน

การสร้างตัวประมาณค่า (Estimator) และการทดสอบทางสถิติซึ่งต้องการตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง (Unbiased estimator) มีความแนบนัยเมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้น (Asymptotically consistent) มีประสิทธิภาพ (Efficiency) โดยเป็นตัวประมาณค่าที่มีความแปรปรวนต่ำสุด ก็จัดได้ว่าเป็นปัญหาการหาค่าเหมาะสุดอีกเช่นกัน

การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบทางสถิติ (Parameter estimation) ไม่ว่าจะเป็นวิธีกำลังสองน้อยสุด (Ordinary least square) วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood estimation) ต่างก็ถือได้ว่าเป็นการหาค่าเหมาะสุดภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ

แม้กระทั่งสถิติแกร่ง (Robust statistics) ที่สามารถทนต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ (Violations of statistical assumption) ต่างๆ ก็ถือว่าเป็นการหาค่าเหมาะสุดภายใต้เงื่อนไขอันจำกัดยิ่ง เช่นต้องการสถิติแกร่งที่มีความผิดพลาดชนิดที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริง (Actual alpha) ต่ำที่สุด

ทฤษฎีการตัดสินใจทางสถิติ (Statistical decision theory) และแม้กระทั่งสถิติเบย์สเซียน (Bayesian statistics) ก็ต่างถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งที่ต้องใช้กระบวนการหาค่าเหมาะสุดเช่นกัน โดยเฉพาะสถิติเบย์สเซียนที่ต้องการ conjugate prior distribution กับข้อมูล ซึ่งอาจจะอาศัย Markov Chain Monte Carlo Simulation ก็อาจจะมองเป็นปัญหาการหาค่าเหมาะสุดได้เช่นกัน

กราฟฟิคเชิงสถิติ (Statistical graphic) หลายๆ ตัวก็ต้องอาศัยการหาค่าเหมาะสุดในการวาดกราฟ เช่น หาจำนวน Bin ที่เหมาะสมที่สุดในการวาดฮิสโตแกรม หาค่าเหมาะสุดที่เรียกว่า optimal bandwidth สำหรับ kernel smoothing การลดมิติของรูปด้วย principal component analysis และ t-SNE เป็นต้น

สำหรับการเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร (Machine learning) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence) อันเป็นหัวใจสำคัญของการวิเคราะห์ธุรกิจและวิทยาการข้อมูล ต่างก็อาศัยการหาค่าเหมาะสุดในการคำนวณทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็น Gradient descent อันเป็นวิธีการหลักสำคัญวิธีหนึ่งในการประมาณค่าสำหรับการเรียนรู้ด้วยเครื่องจักรและปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าเหมาะสุดด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical methods) แม้กระทั่งการเลือกตัวแบบหรือการหาผลโหวตของตัวแบบที่เหมาะสม ได้แก่ Ensemble หรือ Bagging หรือ Boosting ก็เป็นวิธีการที่จะลดอคติในการประมาณค่า อันเป็นการหาค่าเหมาะสุดโดยอาศัยวิธีการคำนวณเข้มข้น (Computer-intensive method) เช่นกัน เมื่อเผชิญทั้งความไม่แน่นอนของตัวแบบ (Model uncertainty) และความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง (Sampling error)

การจัดการข้อมูลใหญ่ (Managing big data) เพื่อให้รองรับกับความหลากหลายของข้อมูลใหญ่ (Variety) ความเร็วของข้อมูลใหญ่ (Velocity) และขนาดของข้อมูลใหญ่ (Volume) ซึ่งต้องอาศัย Map Reduce หรือ in-memory และการคำนวณแบบกระจายและก้อนเมฆ (Distributed and cloud computing) ซึ่งใช้ YARN: Yet

Another Resource Negotiator ต่างก็ถือได้ว่าเป็นการหาค่าเหมาะสุดในการจัดการข้อมูลใหญ่ภายใต้ข้อจำกัดของ hardware หรือทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดในระบบคอมพิวเตอร์

ทั้งหมดทั้งปวงได้ชี้ชัดให้เห็นว่าการวิจัยดำเนินงานหรือการหาค่าเหมาะสุดนั้นเป็นองค์ประกอบสำคัญที่เป็นหลักและแทรกเป็นยาดำอยู่ในองค์ประกอบสำคัญอื่นๆ ในการวิเคราะห์ธุรกิจและวิทยาการข้อมูล อย่างมิอาจหลีกเลี่ยงได้ ดังนั้นผู้ที่ศึกษาด้านการวิเคราะห์ธุรกิจและวิทยาการข้อมูลจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีทักษะทางคณิตศาสตร์ที่แข็งแกร่ง เพื่อให้เข้าถึงและเข้าใจการวิจัยดำเนินงานหรือการหาค่าเหมาะสุดอย่างถ่องแท้ อันเป็นหลักสำคัญหนึ่งที่นอกจากจะทำให้เข้าใจทฤษฎีและหลักการพื้นฐานแล้วยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตอบโจทย์ปัญหาจริงในทางปฏิบัติ ทั้งในทางธุรกิจและในเนื้อหาวิชาอื่นๆ (Substantive area) ที่นำวิทยาการข้อมูลไปประยุกต์ใช้งานได้

Keynote Speech II
Applying OR/AI in Banking Industry

Associate Prof. Dr. Wuthichai Wongthatsanekorn

Senior Vice President, Data Innovation,

Krungthai Bank

Abstract

Over recent years the world is evolving with Big Data, Artificial Intelligence (AI) and technologies. The amount of data that human generates keep increasing every year. AI applications are also embedded seamlessly in our life. Many organizations are adapting to these changes. Not only AI but Operations Research (OR) could help business transform. In banking industry, we apply these techniques to two business cases. The first case is ATM (Automated Teller Machine) Cash optimization problem. Bank wants to minimize the total cost of operating ATMs while still keeps customer service level high. The second case is Loan Propensity Problem. Customer Relationship Management (CRM) team wants to find out which customers would mostly take up the loan application after the sale calls. The results show that with new techniques and the data within the bank the cost could be reduced and the revenue could be improved. These achievements help the bank obtain sustainable growth in the long term.

Keynote Speech III
Big Data in Real Business

Chana Supatsorn
Executive Vice President, Intelligist Co., Ltd.

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้ข้อมูลการใช้งานผ่านสื่อสังคมออนไลน์ของผู้คนทั่วไปที่เกิดขึ้นในแต่ละวันมีจำนวนมากมายและข้อมูลเหล่านั้นถูกนำไปใช้โดยบริษัทขนาดใหญ่ระดับโลก ข้อมูลขนาดใหญ่หรือบิ๊กดาต้า (Big Data) สำหรับในมุมมองนักวิชาการและผู้ที่นำข้อมูลไปใช้คงทราบดีว่าข้อมูลขนาดใหญ่เหล่านั้นไม่เพียงได้มาจากช่องทางออนไลน์เพียงอย่างเดียวแต่ยังรวมถึงข้อมูลแบบออฟไลน์อีกด้วย หากการนำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างให้เกิดประโยชน์ย่อมสร้างมูลค่ามหาศาลให้กับภาครัฐและเอกชน

ในการบรรยายครั้งนี้จะได้กล่าวถึงความก้าวหน้าของเทคโนโลยีบิ๊กดาต้าในประเทศไทยและบทบาทของนักวิทยาศาสตร์ข้อมูลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในยุคปัจจุบันและอนาคตที่เป็นที่ต้องการของประเทศ โดยมีการยกกรณีศึกษาภาครัฐและเอกชนที่ต้องการนำบิ๊กดาต้าไปใช้ในด้านต่าง ๆ อีกทั้งมีการแนะนำบิ๊กดาต้าแพลทฟอร์มของคนไทย เพื่อนำไปสู่การพัฒนา การต่อยอดรวมทั้งการให้คำแนะนำตลอดจนช่องทางการเรียนรู้บิ๊กดาต้าสำหรับผู้สนใจ

Keynote Speech IV
It's FUZZY GOAL indeed!

Assoc.Prof. Dr. Busaba Phruksaphanrat
Industrial Engineering Department
Thammasat University Rangsit Campus
Klongluang, Patumtani 12120

Abstract

Successful of goal programming method in multi-objective problems leads to many developments and applications. Applying fuzzy set is one of the most powerful developments due to uncertainties environment. So, there are many types of research on fuzzy goal programming. However, they have both pros and cons of each type of fuzzy goal programming methods. Selecting the appropriate one is essential.

สารบัญ

สารจากคณบดี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	i
สารจากผู้ประสานงานเครือข่ายการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ	iii
คณะกรรมการดำเนินการประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2563	iv
ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ การประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2563	vii
คณะกรรมการจัดงานการประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2563	x
กำหนดการนำเสนอบทความวิชาการ การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2563	xii
แผนผังแสดงห้องประชุม	xvi
การบรรยายพิเศษ เรื่อง The Roles of Operations Research in Business Analytics and Data Science	xvii
การบรรยายพิเศษ เรื่อง Applying OR/AI in Banking Industry	xx
การบรรยายพิเศษ เรื่อง Big Data in Real Business	xxi
การบรรยายพิเศษ เรื่อง It’s FUZZY GOAL indeed!	xxii

วันพฤหัสบดีที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563 **หน้า**

กลุ่มบทความ – OR in Healthcare and Transportation Problem

Rachada1-1	O0010: การปรับปรุงวิธีอาณาจักรมดสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า แบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า ปวิธ ไกรสรนุเคราะห์, รมิดายุ อยู่สุข และ นราภรณ์ เภาประเสริฐ	1
Rachada1-2	O0024: การประยุกต์ใช้ข้อมูลหลายปัจจัยเชิงพื้นที่และเวลา ร่วมกับข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ด้วยวิธีการแสดงผลข้อมูล สำหรับการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน ภาคินัย ชัยเจริญวุฒิ, สุริยพงษ์ นิลสังข์, พรศักดิ์ อรรถวานิช และ ชุมพล ยวงใย	2
Rachada1-3	O0051: การกำหนดตำแหน่งรถปฏิบัติการแพทย์ฉุกเฉินที่เหมาะสม โดยพิจารณาปริมาณสายเรียกเข้าในแต่ละช่วงเวลา: กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี อนุรักษ์ ประจำกลาง, วรรณวิมล รุ่งเรือง, วุฒิภัทร แสงอุทัย และ สุนาริน จันทะ	3
Rachada1-4	O0052: การลดเวลารอคอยแผนกผู้ป่วยนอกโดยการจำลองสถานการณ์ : กรณีศึกษา ปัทมวรรณ แสงสุข, นิศาชล รัตนสุวรรณ, กันตนา องอาจ, ธีธัช สุทธิประภา และ อรอุไร แสงสว่าง	4
Rachada1-5	O0055: Healthcare Service Network Analysis: Northern Region’s Healthcare Service Network of Cleft Lip and Cleft Palate Supaksiri Suwiwattana, Chompoonoot Kasemset and Krit Khwanngern	12

กลุ่มบทความ – Simulation

Rachada2-1	O0014: กรอบแนวคิดการกำหนดกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และปรับปรุงงาน ไพลิน กุลศรีสุวรรณ และ สรวิชญ์ เยาวสุวรรณไชย	13
Rachada2-2	O0018: การปรับปรุงกระบวนการการทำงานของพนักงานหยิบสินค้าคลังสินค้าออนไลน์ โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาคลังสินค้าออนไลน์ของเว็บไซต์ค้าปลีก C ทนงศักดิ์ เหลืองทา และ สราวุธ จันทร์สุวรรณ	21
Rachada2-3	O0039: การจำลองระบบแถวคอยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการแผนกผู้ป่วยนอก: กรณีศึกษาโรงพยาบาลเมืองปาน จังหวัดลำปาง พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์, วริยา ยังไว, วีรชัย มีสัตย์ และ ศุภวิชญ์ สมเกียรติวีระ	30
Rachada2-4	O0048: การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์สำหรับการจัดลำดับรถบรรทุกแช่แข็งภายใต้นโยบายการจัดลำดับงาน ชวิศ บุญมี และ ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์	31
Rachada2-5	O0019: การปรับปรุงผังกระบวนการผลิตแหวนทองในโรงงานอัญมณีและเครื่องประดับโดยใช้การจำลองสถานการณ์กรณีศึกษา: บริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์, สุรศักดิ์ อาดำ, ณัฐวรินทร์ กิจรัตนกาญจน์, นภัทร์ จันทร์เกษม และวชิรวิทย์ พรชัยสิริอรุณ	32

กลุ่มบทความ – Line Balancing, Scheduling, and Inventory Control

Rachada3-1	O0016: การกำหนดปริมาณการผลิตข้าวเปลือกที่เหมาะสมเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันและอนาคตด้วยตัวแบบ Newsvendor ณัฐพร เกียรติเลิศเสรี และ กาญจ์นภา อมรัชกุล	41
Rachada3-2	O0017: การเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิต : กรณีศึกษา สายการบรรจุผลิตภัณฑ์เครื่องครัว พรรษสิริ ลิมปะพันธุ์ และ จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน	55
Rachada3-3	O0020: Algorithm for Solving Parallel Machines Scheduling Problem to Minimize Earliness and Tardiness Costs Packing Line Pensiri Sompong	56

Rachada3-4	O0029: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีหาค่าเหมาะสุดแบบกลุ่มอนุภาคและวิธีแบท สำหรับตัวแบบสินค้าคงคลัง 3 ระดับขั้น ศิริรัตน์ กะการดี และ ศิรประภา มโนมัธย์	57
Rachada3-5	O0036: การศึกษานโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสองระดับ: กรณีศึกษา บริษัทค้าปลีกไวน์ ธีระพงศ์ เมืองพรหม, กาญจ์นภา อมรัชกุล และ ศิวิกา ดุษฎีโหนด	58

กลุ่มบทความ – Forecasting and Applied Statistics

Rachada1-1	O0003: การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีเบส์เซียน วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ และวิธีบูตสแตรป สำหรับตัวแบบถดถอยอย่างง่าย อัชฌา อระวีพร, กฤตธรรม เพียรเพิ่มภัทร, เมธาชนัน วงศ์ไชย, ยศธรณ์ แก้วรัตน์ และ รัสรินทร์ นิยมรัตน์ภูวัต	66
Rachada1-2	O0004: การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยของการแจกแจงปรกติและปรกติปลอมปน อัชฌา อระวีพร, กันยารัตน์ มีชัย, ณิชกานต์ สุทธิวรรณ, กุลชญา ด่านวนิช และ คุณานนท์ ชีวะธรรมนนท์	74
Rachada1-3	O0042: การจัดกลุ่มพนักงานจากอัตราการคืนกลับโลหะมีค่าที่ได้จากกระบวนการขัด กรณีศึกษา บริษัทจิวเวลรี่แห่งหนึ่ง กนกกรรณ์ ลี้โรจนาประภา, พชรวรรณ พงษ์สร้อย, ภัณฑิรา เภอบาง, มินตรา โสนิราช และ สุนิตา คำสุข	82
Rachada1-4	O0011: การพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยโดยวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้ม ฉัฐวุฒิ สมานวงษ์ และ สมศรี บัณฑิตวิไล	90
Rachada1-5	O0053: การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อหาปริมาณความต้องการสินค้า กรณีศึกษากระบวนการบดปูนซีเมนต์ สุธินี หนูหนุน, สุมิตรา ยาวุธ, ภัทราภรณ์ วงศ์แก้วมูล และ ณัฐนารี สุขเสกสรรค์	98

กลุ่มบทความ – Financial and Cost Analysis

Rachada2-1	O0043: การหาจังหวะซื้อขายหุ้นภายใต้แนวคิดดัชนี Dimbeta เอกนรินทร์ แซ่ฉิน, สุดา ตระการเถลิงศักดิ์ และ ไพโรจน์ ขาวสิทธิวงษ์	104
Rachada2-2	O0044: การออกแบบและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมผลิตข้าวผสม อัญญา อำไพ, ศรีสัจจา วิทยศักดิ์, และ ภูพงษ์ พงษ์เจริญ	112
Rachada2-3	O0046: การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองของเกษตรกร อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี วรณิภา โรจน์จันทร์แสง และ เชาวลิต หามนตรี	120
Rachada2-4	O0047: การประยุกต์ใช้แนวคิดต้นทุนตามกิจกรรม กรณีศึกษาคลังเก็บชิ้นส่วนรถยนต์ โชคดี ฉัตรเจริญพร และ เชาวลิต หามนตรี	127
Rachada2-5	O0049: การวิเคราะห์โซ่อุปทานของใบชาอัสสัมอบแห้ง โดยใช้เทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ ภาณุมาศ โศจิธรรมพร, สิรภัทร สุโขบล, ฤทัยทิตย์ เขม้นดี และ ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์	135

วันศุกร์ที่ 21 กุมภาพันธ์ 2563 **หน้า**

กลุ่มบทความ – Heuristics and Combinatorial Optimization

Rachada2-1	O0034: Worst Case Analysis of Nearest Neighbour Heuristic for Finding the Minimum Weifht k-cycle Tanapat Chalarux and Piyashat Sripratak	143
Rachada2-2	O0040: การปรับปรุงวิธีลอตโตเมตาฮิวริสติกสำหรับการแก้ปัญหาลอตเตอรี่ กษิตินาถ แสงเงิน และ เอื้ออารี บุญเพิ่ม	144
Rachada2-3	O0050: การแก้ปัญหาการจัดสรรเงินลงทุนเชิงจัดหมู่ ด้วยวิธีการสร้างสดมภ์ รัฐพล สังคะสุข, ฐิติรัตน์ วิวิธเกยูรวงศ์, เบญจพร พวงจำปี และศรินทิพย์ อนุรักษ์	145
Rachada2-4	O0059: Two-Dimensional Cutting Stock Problems with a Modified Column Generation Method. Sirirat Juttijudata and Phissanu Sudjarittham	146
Rachada2-5	O0038: Dynamic Maintenance Scheduling with Fuzzy Data via Biogeography-based Optimization Algorithm and its Hybridizations Pasura Aungkulanon, Busaba Phruksaphanrat and Pongchanun Luangpaiboon	147

กลุ่มบทความ – Production Planning and Supply Chain

Rachada3-1	O0001: โปรแกรมสต็อกสินค้าและคำนวณค่าเช่าสนามแบดมินตัน กรณีศึกษา: สนามแบดมินตันในจังหวัดกรุงเทพมหานคร กิตติภณ เพ็ชรสว่าง, สันนิธิ ตินทุกะสิริ และ กุลกนิษฐ์ คุณาธิกรกิจ	148
Rachada3-2	O0009: การใช้วิธีการออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชาย ไพรัตน์ พูนศิริ และ กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข	153
Rachada3-3	O0015: การเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียวกับแบบแกนเพลาร่วมด้วยตัวแบบมาร์คอฟ นราภรณ์ เภาประเสริฐ และ กัณธิชา ชัยตรรก	161
Rachada3-4	O0031: การเพิ่มผลิตภาพโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเครื่องชงกาแฟ กรณีศึกษา โรงงานประกอบเครื่องชงกาแฟ กรชวัล จุฑาเพชร และ สิทธิพร พิมพ์สกุล	167
Rachada3-5	O0037: การวิเคราะห์ความสำคัญตัวชี้วัดผลการดำเนินงานโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ สิทธิโชค สินรัตน์	176

กลุ่มบทความ – Multi-Criteria Decision Making

Rachada2-1	O0007: นโยบายการโยกย้ายสินค้าที่ช่วยลดการเสียโอกาสในการขาย ในธุรกิจขายปลีกที่มีร้านหลายสาขา ธีร์ ศุภศิริรัตน์, สรวิชญ์ เยาวสุวรรณไชย และ อกนิษฐ์ สมิตะพินทุ	182
Rachada2-2	O0033: การกำหนดค่าน้ำหนักเกณฑ์สำหรับการคัดเลือกซัพพลายเออร์โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบคลุมเครือ : กรณีศึกษาศูนย์กระจายสินค้าไก่แช่แข็งแห่งหนึ่งในภาคกลางตอนบนของประเทศไทย วัชรีภรณ์ เสถียรนพเก้า และ กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข	183
Rachada2-3	O0045: Application of TOPSIS Method to Green Supplier Selection for a Thai OTOP Producer Walailak Atthirawong	184
Rachada2-4	O0058: การตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งด้วยหลากหลายเกณฑ์สำหรับโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแห่งใหม่ ภูริวรรธก์ ปานปั้น, เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ และ ธนัชพร วงศ์เวียน	185

Rachada2-5	O0060: การวัดประสิทธิภาพทางการเงินด้วยวิธีล้อมกรอบข้อมูล (DEA) กรณีศึกษา : Non-Bank ผู้ประกอบการธุรกิจบัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคล ศรินญา อาร่ำพันธ์ และ วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์	192

กลุ่มบทความ – OR in Healthcare and Transportation Problem

Rachada3-1	O0013: การจัดเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสมสำหรับรถรับ-ส่งพนักงาน ปภาดา พึ่งเกียรติไพโรจน์ และ จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน	201
Rachada3-2	O0021: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาจัดเส้นทางขนส่งแบบแบ่งส่งและการขนส่งแบบหลายรอบ กฤติน ตันเรืองชาติ และ วริษา วิสิทธิพานิช	209
Rachada3-3	O0022: A Mathematical Model for Pollution Travelling Salesman Problem Supakrit Nanasilp and Warisa Wisittipanich	214
Rachada3-4	O0023: การจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน กรณีศึกษา โรงพยาบาลเลิดสิน รัชนีกร ไพบูลย์วรชาติ และ สรวิชญ์ เยาวสุวรรณไชย	215
Rachada3-5	O0032: กลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินด้วยข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ร่วมกับการประเมินสภาพการจราจรติดขัด สุริยพงศ์ นิลสังข์, รณน เจียรตระกูล และ ชุมพล ยวงใย	221

กลุ่มบทความ – Poster Presentations

Poster 1	P0002: การเปรียบเทียบรูปแบบการพยากรณ์ยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ธนาภรณ์ ไตรศุภกิตติ และ สมศรี บัณฑิตวิไล	230
Poster 2	P0005: การศึกษาผลกระทบของการทดสอบเลวีนสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อความแปรปรวนเท่ากัน อัชฌา อระวีพร, ธีมฐ์ รัชตะประกร, ปิยพร เพ็งบุญ, ภาวัต รุกิจเจริญ และ ศุภกร พวงทอง	240
Poster 3	P0012: การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดไอน้ำของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด โดยการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง ธนกร ชัยณรงค์, ณัฐนันท์ ประสีระเตสัง, เมธาวัฒน์ บำรุงทรัพย์, สุจินนันท์ บุญจันทร์ และ อภิสิทธิ์ โงนมณี	247

Poster 4	P0028: การเปรียบเทียบรูปแบบการพยากรณ์เบี้ยประกันชีวิตรายใหม่ประเภทสามัญ ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์–วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ นฤดล พิทักษ์วิทยกูล และ สมศรี บัณฑิตวิไล	253
Poster 5	P0035: การพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ คุณากร ผลมา และ สมศรี บัณฑิตวิไล	261
Poster 6	P0054: การเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ จาตุรงค์ แสงสร้อย, ลัลณ์ลลิน ไถวศิลป์ และ ชิดชนก ทรงแสง	269

การปรับปรุงวิธีอาณาจักรมดสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า
A Modified Ant Colony Algorithm for the Split-Delivery Vehicle Routing Problem with Time Windows

ปวิธ ไกรสรนุเคราะห์[1*]
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
E-mail: [1] pawit.kra@ku.th
รมิดายุ อยู่สุข[2]
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
E-mail: [2] ramidayu.y@ku.ac.th
และ นราภรณ์ เภาประเสริฐ[3]
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
E-mail: [3] fengnpp@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการแข่งขันสูงในด้านธุรกิจ จนเป็นเหตุให้ผู้ประกอบการหลายรายต้องหาวิธีการลดต้นทุนในธุรกิจของตนเองโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์และการขนส่ง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบมีขอบเขตเวลาและแบ่งส่งสินค้า (The Split-Delivery Vehicle Routing Problem with Time Windows: SDVRPTW) โดยใช้วิธีการอาณาจักรมด (Ant Colony Optimization: ACO) ในการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า โดยทดสอบกับปัญหาตัวอย่างลูกค้า 10 ราย เทียบกับผลคำตอบด้วยวิธีการแม่นตรง (Exact Method)

ผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการอาณาจักรมดสามารถนำมาแก้ไข SDVRPTW ได้ โดยจัดเส้นทางให้รถส่งทันตามกรอบเวลา และของที่บรรทุกไม่เกินความจุของรถ

คำสำคัญ: อาณาจักรมด, ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ, แบ่งส่งสินค้า, ขอบเขตเวลา

Abstract

Presenting the competition in the business field to participate in many ways to reduce the cost of business by reducing the cost dramatically. This research study The Split-Delivery Vehicle Routing Problem with Time Windows (SDVRPTW) by modified Ant Colony Optimization (ACO) for product delivery routing by testing with 10 customer sample problems versus search Exact method results.

The results of the experiment show that ACO can solve SDVRPTW routing in time windows and not exceeding the capacity of the car.

Keywords: Ant colony optimization, Vehicle routing problems, Split-delivery, Time windows

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมสารธรรมศาสตร์

* Corresponding author: E-mail: pawit.kra@ku.th
[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2] อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

การประยุกต์ใช้ข้อมูลหลายปัจจัยเชิงพื้นที่และเวลา ร่วมกับข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ ด้วยวิธีการแสดงผลข้อมูล สำหรับการจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉิน
Multiple Spatial-Temporal Factors with Social Network Information using Data Visualization for Emergency Ambulance Base Locations

ภาคินัย ชัยเจริญวุฒิ[1], สุริยพงษ์ นิลสังข์[2], พรศักดิ์ อรรถวานิช[3] และ ชุมพล ยวงใย[4*]
E-mail: [1]60601112@kmitl.ac.th, [2]suriyaphong.nilsang@gmail.com, [3]pornsakatta@gmail.com
[4]Chumpol.yu@kmitl.ac.th
[1,2,4*]สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
[3]วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

บทคัดย่อ

การให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินมีความสำคัญอย่างมากในการช่วยเหลือผู้ได้รับบาดเจ็บหรือผู้ประสบเหตุจากสถานที่เกิดเหตุ ไม่ว่าจะเป็นภัยจากมนุษย์หรือภัยจากธรรมชาติ ดังนั้นการเข้าถึงผู้ที่ได้รับบาดเจ็บได้อย่างรวดเร็วนั้นมีความสำคัญอย่างมาก ซึ่งการเข้าถึงพื้น ที่เกิดเหตุจะมีระยะเวลาในการตอบสนองที่ยอมรับได้นั้นคือไม่เกิน 8 นาที เพื่อเพิ่มโอกาสรอดชีวิตหรือลดการพิการของผู้ได้รับบาดเจ็บ เพราะฉะนั้นการจัดสรรจุดจอดร ถพยาบาลเพื่อให้เข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้อย่างรวดเร็วจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งในปัจจุบันการบริการการแ พทย์ฉุกเฉินจัดสรรจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินตามโรงพยาบาลโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญหรือข้อมูลในอดีตในการตัดสินใจ ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์และข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาในการแสดงถึงความหนาแน่นของแต่ละพื้นที่ในการรับบริการการแพทย์ฉุกเฉินด้วยแผนที่ความร้อน (Heatmap Visualization) ด้วยวิธีการประเมินความหนาแน่นเชิงพื้นที่แบบเคอร์เนล และนำผลลัพธ์ซึ่งมีความหนาแน่นสูงมาก สูง และปานกลาง ในการบังคับเลือกพื้นที่ดังกล่าวในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือเรียกว่าแบบจำลองครอบคลุม (Covering model) ในการตัดสินใจการจัดสรรจุดจอดรถบนพื้นที่กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้ สำหรับผลที่ได้รับจากกรณีศึกษานี้คือวิธีการที่นำเสนอลดจุดจอดรถพยาบาลฉุกเฉินที่มีเกินความจำเป็น ร้อยละ 20 เพิ่มความครอบคลุมพื้นที่ ร้อย ละ 2.72 และเพิ่มความครอบคลุมการเรียกใช้บริการเพิ่มขึ้น ร้อยละ 1

คำสำคัญ: การบริการการแพทย์ฉุกเฉิน, แบบจำลองครอบคลุม, การประเมินความหนาแน่นแบบเคอร์เนล, ข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์, ข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลา

Abstract

The Emergency Medical Service (EMS) are very important for helping wounded people or victims from the situation either from people or the natural disasters. Hence, the quickly access to those who have been a wounded people is very significant. To access into the scene of the accident have time to acceptable the response time is 8 minutes to increase more opportunities or reduce disability of wounded people. Therefore, allocating an emergency ambulance base for quick access to the accident area is very important. Currently, the emergency medical service allocates emergency ambulance base at hospitals. By using experts or past information to make decisions In this study, the application of data from social media and spatial data and time showing the thickness of each area for receiving emergency medical services using heatmap Visualization by the kernel density estimation method And use the highest-density high-density and medium-density results to force the selection in the mathematical model, also known as the covering model, in deciding the emergency ambulance base allocation in Bangkok, which is a case study in This time As for the results from this case study, the method proposed is to reduce emergency parking spaces that are more than necessary by 20%, increase coverage area of 2.72%, and increase service coverage by 1%.

Keywords: Emergency Medical Service, Covering model, Kernel density estimation, Social network data, Spatial-temporal data

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน

* Corresponding author: E-mail: Chumpol.yu@kmitl.ac.th
[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[3] รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
[4] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหทารลาดกระบัง

การกำหนดตำแหน่งรถปฏิบัติการแพทย์ฉุกเฉินที่เหมาะสม โดยพิจารณาปริมาณสายเรียกเข้าในแต่ละช่วงเวลา: กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี

Determining Optimal Location of Emergency Medical Service Units by Considering Volume of Calls in Different Period of Time: A Case Study of Muang District, Prachinburi Province

อนุรักษ์ ประจำกลาง[1] วรรณวิมล รุ่งเรือง[2] วุฒิภัทร แสงอุทัย[3]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี ตำบลเนินหอม อำเภอเมือง ปราจีนบุรี 25230
E-mail: [1]anurak8790@gmail.com [2]wanvimon26@hotmail.com [3] release-my_memory@hotmail.com
และ สุนาริน จันทะ[4*]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี ตำบลเนินหอม อำเภอเมือง ปราจีนบุรี 25230
E-mail: [4]sunarin.c@fitm.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตำแหน่งที่ตั้งจุดตั้งจอดรถปฏิบัติการทางการการแพทย์ฉุกเฉินที่เหมาะสม ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ จำนวนสายเรียกใช้บริการผ่านหมายเลข 1669 พิกัดของจุดเกิดเหตุหรือตำแหน่งของผู้ป่วยในปี 2560 ประเภทของสายแจ้งเหตุฉุกเฉิน เป็นต้น โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา เพื่อเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจเลือกจุดจอดรถปฏิบัติการทางการแพทย์ฉุกเฉินที่สามารถครอบคลุมจำนวนผู้ที่ได้รับบาดเจ็บได้สูงสุด โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 6 กรณี ที่ใช้ข้อมูลนำเข้าแตกต่างกัน ได้แก่ ปริมาณสายแจ้งเหตุในแต่ละช่วงเวลา และกำหนดน้ำหนักความสำคัญของเหตุฉุกเฉิน จากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับจุดจอดปัจจุบัน กรณีที่ 1 ใช้ข้อมูลปริมาณสายแจ้งเหตุตลอดทั้งวัน โดยกำหนดให้ทุกสายสำคัญเท่ากัน กรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลปริมาณสายแจ้งเหตุเฉพาะช่วงเวลากลางวัน โดยกำหนดให้ทุกสายสำคัญเท่ากัน กรณีที่ 3 ใช้ข้อมูลปริมาณสายแจ้งเหตุเฉพาะช่วงเวลากลางคืนโดยกำหนดให้ทุกสายสำคัญเท่ากัน และกรณีที่ 4-6 ใช้ข้อมูลปริมาณสายแจ้งเหตุตลอดทั้งวัน โดยกำหนดความสำคัญของสายแต่ละประเภทแตกต่างกัน จากนั้นหาคำตอบที่เหมาะสมในแต่ละกรณีโดยใช้โปรแกรมสำหรับการคำนวณที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าจุดจอดใหม่ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถเพิ่มการครอบคลุมจากจุดจอดปัจจุบัน ในกรณีที่จำนวนรถปฏิบัติการเท่ากัน นอกจากนั้นยังพบว่าช่วงเวลาและระดับความฉุกเฉินส่งผลต่อการกำหนดจุดจอดรถปฏิบัติการที่เหมาะสม

คำสำคัญ: การกำหนดตำแหน่งหน่วยบริการ, การหาค่าที่เหมาะสม, การให้บริการทางการแพทย์ฉุกเฉิน

Abstract

This research objective is to find optimal location of emergency medical services system for Amphoe Muang, Prachinburi Province. We collected the related data, which are requested call for emergency medical service via 1669, coordinates of instance or location of injured person in year, 2018, types of requested calls. We applied the mathematical model to solve problem to make a decision on locating emergency medical services units that can maximize coverage of injured persons. We conducted experiments, which composed of 6 cases that have different parameters, which are volume of calls in different periods and priority of calls. Next, we compared the efficiency of the result with the current location. Case 1: use parameter of call volume entire day with equal priority, Case 2: use parameter of call volume during daytime with equal priority, Case 3: use parameter of call volume during nighttime with equal priority, and Case 4-6: use parameter of call volume entire day with different priorities. Then, we fine the optimal solution by using optimization programming language software. The result showed that the new locations that suggested by mathematical model can increase the coverage at the same number of ambulance. Moreover, time period and priority of calls can lead to different solutions of emergency medical services locations.

Keywords: Facility location, Optimization, Emergency medical service

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมสารธรรมศาสตร์

* Corresponding author: E-mail: sunarin.c@fitm.kmutnb.ac.th
[1,2,3] นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มจพ. วิทยาเขตปราจีนบุรี
[4] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มจพ. วิทยาเขตปราจีนบุรี

การลดเวลารอคอยแผนกผู้ป่วยนอกโดยการจำลองสถานการณ์ : กรณีศึกษา
Reducing Outpatient Waiting Time by Simulation Modeling : Case study

ปัทมวรรณ แสงสุข[1] นิศาชล รัตนสุวรรณ[1] กันตนา องอาจ[1] ธีธัช สุทธิประภา[1] และ อรอุไร แสงสว่าง[1*]
คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
E-mail: [1] ornurai.s@fitm.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันหลายประเทศในอาเซียนรวมทั้งประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ระบบดูแลสุขภาพจึงมีความสำคัญมากเนื่องจากมีผลต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ งานวิจัยนี้เป็นการใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อลดระยะเวลารอคอยของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดปราจีนบุรี โรงพยาบาลมีผู้ป่วยเข้ารับบริการจำนวนมาก และจำนวนผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับโรงพยาบาลมีทรัพยากรจำกัด เมื่อผู้ป่วยเข้ารับบริการพร้อมกันจำนวนมากทำให้เกิดความแออัดและใช้เวลารอคอยนาน ในปัจจุบันมีผู้ป่วยที่มาเข้ารับบริการที่แผนกผู้ป่วยนอกในช่วงเช้าเฉลี่ย 102 คนต่อวัน จุดที่ผู้ป่วยรอคอยเป็นเวลานาน ได้แก่ จุดตรวจ จุดซักประวัติ และจุดคัดกรอง ในการจำลองสถานการณ์ได้เสนอแนวทางการปรับปรุง 3 แนวทาง ได้แก่ ปรับเวลาการทำงานของพยาบาลซักประวัติ จำนวน 2 คน ให้เริ่มทำงาน 08.00 น. จากปกติ 8.30 น. และเลิกงานเร็วขึ้น 30 นาที เวลาการทำงานของแพทย์ และเพิ่มพยาบาลที่จุดคัดกรอง จำนวน 1 คน พบว่าจากแนวทางการปรับปรุงสามารถลดเวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบเฉลี่ยลดลงจากระบบเดิม 12.63% และลดเวลารอคอยเฉลี่ย 33.90%

คำสำคัญ: ผู้ป่วยนอก, เวลารอคอย, จำลองสถานการณ์

Abstract

Nowadays, many countries in ASEAN, including Thailand, have been moving closer towards an ageing society. Health care systems is expected to have a major impact on the country's economy and society. This research applied simulation modeling to improve the waiting time of a hospital in Prachinburi province. There are many patients in the OPD service, and the number of patients continually increases with the hospital's limited resources causes congestion and takes a long waiting time. At present, there are patients who visit the outpatient department in the morning, average 102 people per day. The most average waiting patient stations are: examination, patient interview and screening point. Three ways to improve the OPD services are proposed: nurse scheduling from 8.00 to 8.30 and leave earlier 30 minutes, the doctor's working time and increase a nurse at a screening point. From the result, found that the total time the patient is reduced in the average system. 12.63% and up to 33.90% average waiting time

Keywords: Outpatient, Waiting time, Simulation

* Corresponding author: E-mail: ornurai.s@fitm.kmutnb.ac.th
[1] ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1.บทนำ

ในปัจจุบันหน่วยราชการหรือหน่วยเอกชนและผู้ที่ประกอบกิจการที่มีการให้บริการแก่ผู้ที่มารับบริการ มีการคำนึงถึงในด้านคุณภาพของการให้บริการ ด้านความรวดเร็วของการให้บริการและความพึงพอใจของผู้รับบริการกันมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ที่มารับบริการให้ได้มากที่สุด โดยโรงพยาบาลกรณีศึกษา เปิดให้บริการเวลา 07.00-16.30 น. ในปัจจุบันมีจำนวนผู้ป่วยที่มารับบริการเพิ่มมากขึ้นและมีจำนวนบุคลากรแพทย์ที่ออกไปตรวจตามชุมชน ผู้ป่วยมีระยะเวลารอคอยในการเข้ารับการบริการนาน อาจส่งผลให้ผู้ป่วยเกิดความเครียดที่เกิดจากอาการป่วยของตนเองและสภาพแวดล้อม และส่งผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ จากการสำรวจพบว่าผู้ที่มารับบริการส่วนใหญ่จะมาโรงพยาบาลในช่วงเวลา 07.00-12.00 น. ที่ตึกผู้ป่วยนอกโดยเฉลี่ย 102 คนต่อวัน จึงทำให้เกิดระยะเวลารอคอยในการเข้ารับบริการนาน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการปรับปรุงกระบวนการการให้บริการของแผนกผู้ป่วยนอก โดยทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน จำลองสถานการณ์การปรับปรุงก่อนแทนการปรับปรุงสถานที่จริงเพื่อลดข้อผิดพลาด และการปรับปรุงในสถานที่จริงหากทำการปรับปรุงผิดพลาดจะส่งผลให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น จึงได้ทำการปรับปรุงขั้นตอนการเข้ารับบริการ เพื่อลดระยะเวลารอคอย

2.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปอแก้ว (2556) ได้ทำการศึกษาระบบแถวคอย งานเวชระเบียน งานตรวจโรค งานเภสัชกรรม โดยทำการจำลองสถานการณ์ ผลการศึกษาพบว่างานเวชระเบียน ระบบใหม่ เพิ่มเจ้าหน้าที่ลงทะเบียนส่งตรวจ 1 คน เวลาในระบบโดยเฉลี่ยระบบเดิม 32 นาที ระบบใหม่ 10 นาที หลังการปรับปรุงแนวทาง ลดลงจากเดิมร้อยละ 70 งานตรวจโรคใช้ระบบเพิ่มแพทย์-พยาบาล เวลาในระบบโดยเฉลี่ย ระบบเดิม 69 หลังการปรับปรุงสามารถลดเวลาที่ผู้ป่วยอยู่ระบบโดยเฉลี่ย 42 นาที ลดลงจากเดิมร้อยละ 40 งานเภสัชกรรม ทำการปรับปรุงโดยเพิ่มเภสัชจ่ายยา/รับบัตรคิว ลดเภสัชติดฉลากยา เวลาในระบบโดยเฉลี่ย ระบบเดิม 12 นาที สามารถลดเวลาที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบ 29%

กรณิภา และคณะ (2555) แบ่งผู้รับบริการเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้รับบริการที่นัดหมายไม่ควรรอเกิน 30 นาที และผู้รับบริการที่ไม่ได้นัดหมายไม่ควรรอเกิน 60 นาที พบว่ามี 4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ บุคลากรแพทย์ พยาบาล ไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้เข้ารับบริการ ระบบงาน จะต้องมีขั้นตอนและกระบวนการที่น้อย เข้าใจง่าย ผู้รับบริการไม่เข้าใจถึงขั้นตอนการให้บริการ มาไม่ตรงตามนัด ขาดระบบสารสนเทศรองรับ ต่อมาได้ปรับปรุงโดยนำระบบสารสนเทศมาใช้ การนัดหมาย การส่งตรวจรวดเร็วขึ้น มีการนำวิธี PDCA มาช่วยในการวางแผนปรับปรุงขั้นตอน หลังการปรับปรุงพบว่า ผู้รับบริการที่นัดหมายและไม่ได้นัดหมาย มีระยะเวลารอคอยที่ลดลง

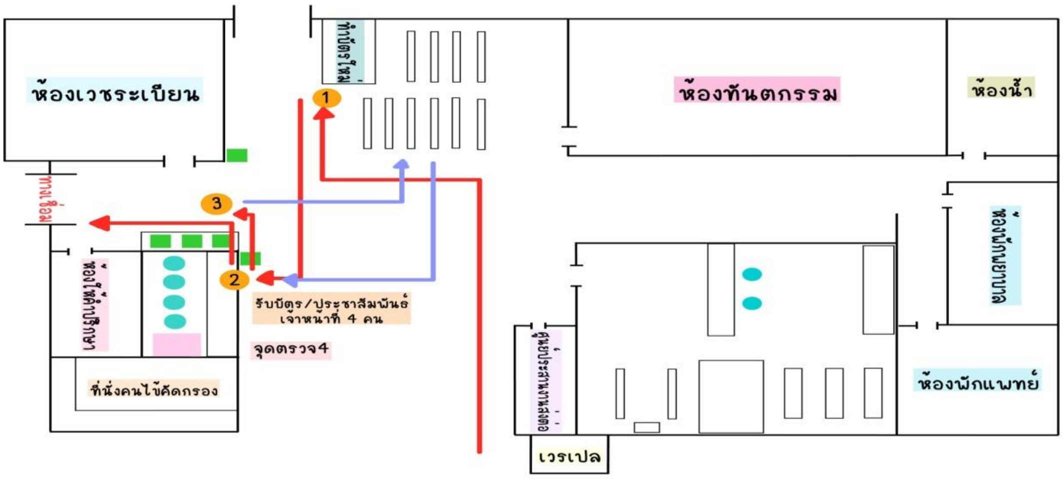
ปริตรา และธนัญญา (2561) ได้จำลองสถานการณ์เพื่อลดเวลารอคอยของผู้ป่วย แผนกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาล โดยจัดการมาของผู้ป่วยนัด นัดครึ่งเช้าช่วง 07.00-12.00 น. กำหนดนโยบายให้ผู้ป่วยที่มี Lab ได้รับการบริการก่อน เนื่องจากมีการงดอาหารมา _ ปรับตารางการทำงานของผู้ให้บริการ จำนวน 4 จุด ได้แก่ จุดวัดสัญญาณชีพ พบแพทย์ การเงิน จ่ายยา สามารถลดเวลารอคอยของใบสั่งยา 17 % ของเวลาเดิม

ชานินทร์ และคณะ (2556) ได้จำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของแผนกอายุรกรรม ตึกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลพุทธโสธร โดยเทียบวิธีปรับปรุงได้แก่ เพิ่มเวลาการให้บริการของพยาบาล ณ จุดซักประวัติ และเพิ่มเวลาการทำงานของแพทย์

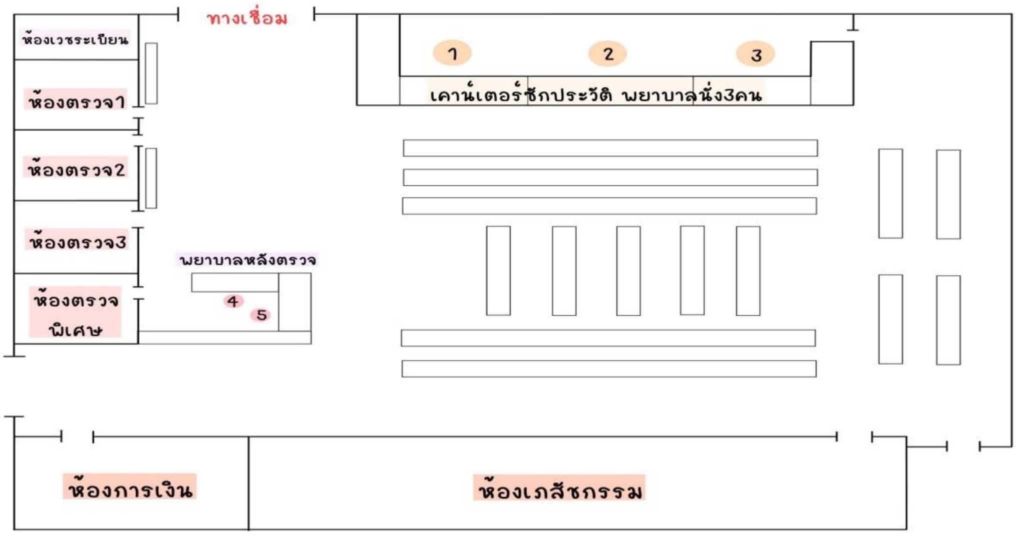
พันธิภา และคณะ (2555) ใช้แนวคิดแบบลีนพัฒนารูปแบบการบริการคลินิกเบาหวาน โรงพยาบาลศูนย์เจ้าพระยายมราช สุพรรณบุรี โดยลดขั้นตอนการรับบริการจาก 16 ขั้นตอนเหลือ 6 ขั้นตอน และจัดทำคู่มือการให้บริการที่เน้นคุณภาพการบริการมากขึ้น พบว่าเวลาให้บริการ และความสูญเปล่าจากการใช้บริการลดลง

คัทลิยา (2560) พัฒนารูปแบบการดำเนินงานเพื่อลดเวลารอคอยการรับบริการในผู้ป่วยโรคเรื้อรัง ศูนย์สุขภาพชุมชนเมืองท่าช้าง จันทบุรี พบว่าหลังพัฒนา กลุ่มตัวอย่างใช้ระยะเวลารอคอย การรับบริการเฉลี่ยน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = 12.120, p < .001) และมีความพึงพอใจต่อบริการที่ได้รับโดยรวมในระดับมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปภัชญา และคณะ (2559) ใช้แนวคิดแบบลีนในการศึกษาระยะเวลาที่มารับบริการของหน่วยตรวจบริการการล้างไตทางช่องท้อง การปรับปรุงกระบวนการให้ผู้ป่วยเจาะเลือดล่วงหน้าก่อนตรวจ ตรวจสอบข้อผิดพลาดเรื่องใบสั่งยา ปรับระบบการทำงานใหม่ ลดความซ้ำซ้อน ลดขั้นตอนการทำงาน พบว่าระยะเวลาการมารับบริการลดลง ประกอบด้วย การรอคอยผลเลือด การรอคอยยาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) ลดขั้นตอนการให้บริการจากเดิม 17 ขั้นตอนลดลงเหลือ 14 ขั้นตอน ความพึงพอใจโดยรวมของผู้ป่วยที่มารับบริการเพิ่มขึ้นจากเดิม 4.04 เป็น 4.74 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05)



รูปที่ 1 แผนผังแผนกผู้ป่วยนอกบริเวณห้องตรวจ



รูปที่ 2 แผนผังแผนกผู้ป่วยด้านในบริเวณห้องตรวจ

3. วิธีการศึกษา

3.1 ขั้นตอนการเข้ารับบริการ

ในการเข้ารับบริการ ผู้ป่วยเข้าสู่ระบบในบริเวณพื้นที่นอกห้องตรวจ รูปที่ 1 โดยผู้ป่วยใหม่จะทำการทำบัตรใหม่ โดยทำการกรอกข้อมูลด้วยตนเองในจุดทำบัตรใหม่ตามแบบฟอร์มของโรงพยาบาลในจุดที่ (1) แล้วนำไปยื่นที่จุดคัดกรองหรือเรียกว่าจุดรับบัตร/ประชาสัมพันธ์ ในจุดที่ (2) โดยในจุดนี้จะมีพยาบาล 4 คนคอยให้บริการ เมื่อผู้ป่วยใหม่นำเอกสารไปยื่นก็จะทำการตรวจสอบสิทธิการรักษา ชั่งน้ำหนัก วัดความดัน และรอรับบัตรคิว ส่วนผู้ป่วยเก่าเมื่อเข้าสู่ระบบ จะเดินไปยังจุดคัดกรองในจุดที่ (2) และทำการยื่นบัตรประชาชน แล้วไปนั่งรอคิว เพื่อรอพยาบาลเรียกไปรับเอกสาร ชั่งน้ำหนัก วัดความดัน และรับบัตรคิว เมื่อได้บัตรคิวแล้วผู้ป่วยจะเดินผ่านทางเชื่อมเพื่อเข้าไปยังส่วนในเขตห้องตรวจ รูปที่ 2 เพื่อรอซักประวัติที่จุดซักประวัติ จากนั้นเมื่อซักประวัติเสร็จจะไปนั่งรอที่หน้าห้องตรวจ เพื่อรอเข้ารับการตรวจจากแพทย์ เมื่อเข้ารับการตรวจรักษาแล้ว จะนำแฟ้มประวัติไปใส่ตระกร้าที่โต๊ะ 4 หรือจุดหลังตรวจ และรอเรียกอีกครั้งหากมีการทำหัตถการอื่นๆ เช่นเจาะเลือด หรือ X-ray ให้ไปดำเนินการตามที่พยาบาลโต๊ะ 4 แนะนำ ผู้ป่วยที่ทำหัตถการอื่นๆ ซึ่งต้องกลับมาพบแพทย์คนเดิมอีกครั้งเพื่อฟังผลการตรวจโดยไม่ต้องรับคิวใหม่ แต่ต้องต่อคิวผู้ป่วยที่นั่งรอหน้าห้องตรวจเดิมก่อน หากไม่มีการทำหัตถการอื่นๆแล้ว สามารถไปจ่ายเงินที่ห้องการเงินและรอรับยาที่ห้องเภสัชกรรม ดังแสดงในแผนผู้ให้บริการและวัตถุประสงค์ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนกผู้ให้บริการและวัตถุประสงค์

จุดบริการ	ผู้ที่เข้ารับบริการ	วัตถุประสงค์
จุดทำบัตรใหม่	ผู้ป่วยใหม่	ผู้ป่วยใหม่กรอกประวัติส่วนตัว ลงในแบบฟอร์มที่โรงพยาบาลกำหนด
จุดตรวจสอบสิทธิ์การรักษา	ผู้ป่วยใหม่	ตรวจสอบสิทธิ์การรักษา เช่น ประกันสังคม
ห้องบัตร	ผู้ป่วยทั้งหมด	ผู้ป่วยทั้งรายเก่าและรายใหม่ทำการยื่นเอกสารต่างๆ เช่น บัตรนัดหรือบัตรโรงพยาบาล เป็นต้น
จุดคัดกรอง	ผู้ป่วยทั้งหมด	วัดความดัน น้ำหนัก - ส่วนสูง สอบถามอาการเบื้องต้น แยกผู้ป่วยไปแต่ละแผนก
จุดซักประวัติ	ผู้ป่วยทั้งหมด	ประวัติการเจ็บป่วยในปัจจุบัน เช่น โรคประจำตัว แพ้ยา เป็นต้น เพื่อวินิจฉัยอาการเบื้องต้น
ห้องตรวจ	ผู้ป่วยทั้งหมด	แพทย์ทำการตรวจรักษา
ห้องเจาะเลือด	ผู้ป่วยที่ต้องเจาะเลือด	เพื่อวินิจฉัยโรคจากผลเลือด ตรวจสุขภาพ
ห้อง X-ray	ผู้ป่วยที่ต้องเอ็กซเรย์	ถ่ายภาพภายในร่างกายด้วยเครื่อง x-ray เพื่อวินิจฉัยโรคของแพทย์
จุดเคาร์เตอร์โต๊ะ 4 (จุดหลังตรวจ)	ผู้ป่วยทั้งหมด	ชี้แจงผู้ป่วยเพื่อไปจุดใดต่อ, ทำเอกสารพักที่โรงพยาบาล
จุดชำระเงิน	ผู้ป่วยทั้งหมด	ชำระเงินผู้ป่วยที่มีค่าใช้จ่าย
จุดเภสัชกรรม	ผู้ป่วยทั้งหมด	จ่ายยาและให้คำแนะนำในการใช้ยา

การเก็บข้อมูลได้ทำการเก็บข้อมูลจากทางโรงพยาบาลในช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 07.00-12.00 น. โดยได้ทำการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง 30 คน ตั้งแต่ผู้ป่วยเข้าสู่ระบบจนถึงรับยากลับบ้าน ได้แก่ เวลาที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบใช้เวลานานที่สุด 4 ชั่วโมง รองลงมา 3.10 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ ในการรับบริการตามจุดต่างๆ เวลารอคอยในการเข้ารับบริการตามจุดต่างๆ เวลาการปฏิบัติงานของผู้ให้บริการ ระยะห่างระหว่างการมาของผู้ป่วย และเวลาที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบใช้เวลาเฉลี่ย 113.66 นาที หรือ 2 ชั่วโมง 6 นาที

ตารางที่ 2 เวลาการปฏิบัติงานเข้าผู้ให้บริการ

จุดที่ให้บริการ	ตำแหน่ง	จำนวนคน	เวลาปฏิบัติงาน
จุดทำบัตรใหม่	พยาบาล	2	07.00-12.00
จุดคัดกรอง	พยาบาล	4	07.00-10.00
จุดซักประวัติ	พยาบาล	4	08.30-12.00
จุดตรวจโรค	แพทย์	4	09.00-12.00
จุดเจาะเลือด	เทคนิคการแพทย์	6	08.30-12.00
จุดX-ray	เจ้าหน้าที่รังสี	3	08.30-12.00
จุดเคาน์เตอร์ (หลังตรวจ)	พยาบาล	1	08.30-12.00
จุดชำระเงิน	เจ้าหน้าที่	1	08.30-12.00
จุดเภสัชกรรม	เภสัชกรรม+เจ้าหน้าที่	6	08.30-12.00

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

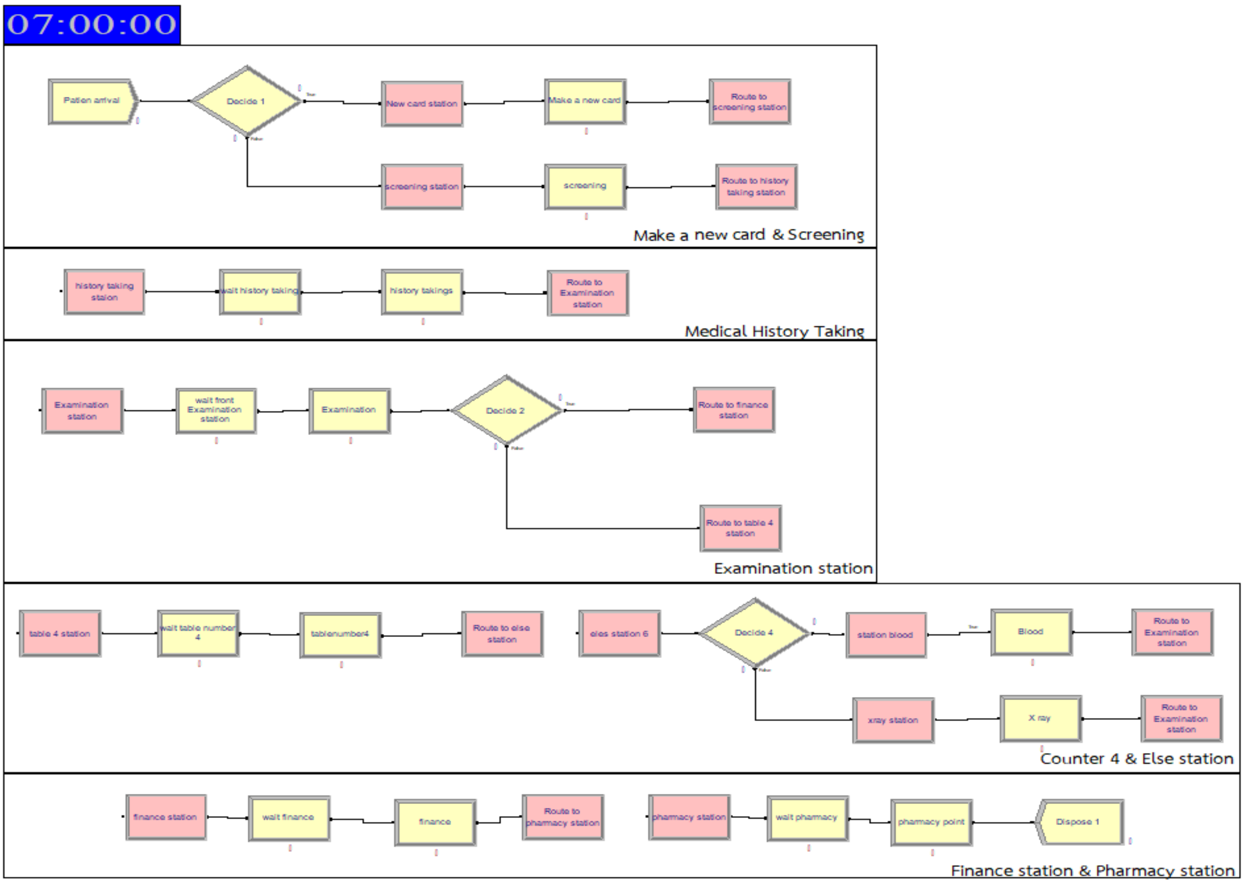
เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลครบทุกส่วน ได้ทั้งหมด 10 ช่วงเวลานี้จากกลุ่มตัวอย่าง 30 คน โดยมีผู้ป่วยนัด จำนวน 8 คน และผู้ป่วยทั่วไป 22 คน จากนั้นข้อมูลจะถูกนำไปวิเคราะห์การแจกแจง ด้วยเครื่องมือ Input Analyzer เป็นเครื่องมือที่อยู่ในโปรแกรม Arena Simulation V.15 เพื่อทำการประมวลผลหาค่าทางสถิติที่เหมาะสม

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์การแจกแจงแต่ละจุด

จุดให้บริการ	ผลวิเคราะห์การแจกแจง	Square Error	P-value
จุดทำบัตรใหม่	-0.001 + WEIB(0.0455, 0.277)	0.041071	< 0.01
จุดคัดกรอง	TRIA(4, 7.06, 16)	0.030828	> 0.15
จุดซักประวัติ	NORM(2.63, 0.579)	0.007061	> 0.15
ห้องตรวจ	1 + LOGN(4.59, 10.7)	0.045862	0.11
จุดเคาน์เตอร์ (หลังตรวจ)	0.16 + LOGN(0.331, 0.16)	0.045258	> 0.15
ห้องเจาะเลือด	-0.001 + EXPO(3.56)	0.006594	> 0.15
จุดX-ray	-0.001 + WEIB(0.0276, 0.246)	0.018679	< 0.01
ห้องการเงิน	TRIA(-0.001, 1.14, 2.29)	0.095822	0.0346
จุดรอห้องเภสัชกรรม	NORM(4.78, 2.94)	0.065040	0.144
ห้องเภสัชกรรม	TRIA(-0.001, 1.16, 2.33)	0.035822	0.0839

3.3 การสร้างตัวแบบจำลอง

การสร้างตัวแบบจำลอง เป็นการสร้างสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับระบบความเป็นจริงมากที่สุด การสร้างระบบแบบจำลองการให้บริการแก่ผู้ป่วยของแผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในโปรแกรม Arena จะสามารถอธิบายขั้นตอนและรายละเอียดกิจกรรมที่เกิดขึ้นแต่ละจุดได้ และเพื่อให้ได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับระบบจริง จะมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของระบบจริงและระบบจำลอง



รูปที่ 3 แบบจำลองระบบในโปรแกรม Arena

4. ผลการวิจัย

หลังจากได้ตัวแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ปัจจุบัน ทำการใส่ข้อมูลการแจกแจงที่ได้จากเครื่องมือ Input Analyzer จนครบจึงทำการรัน โดยทำการรันซ้ำ 30 ครั้ง เนื่องจากเป็นการทำซ้ำเพื่อให้ค่าที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ยิ่งทำการรันซ้ำมากครั้ง จะเป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในผลลัพธ์ที่ได้ดีมากขึ้นและค่าที่ได้จะมีความเสถียรกับหลักความเป็นจริงมากที่สุด ได้ทำการจำลองระบบ โดยเริ่มตั้งแต่ผู้ป่วยเข้าระบบจนกลับบ้าน คือตั้งแต่ 07.00 -12.00 น. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

4.1 การตรวจสอบความถูกต้อง

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของระบบจริงและระบบจำลอง

รายการ	ระบบจริง	ระบบจำลอง	ผลต่าง	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
จำนวนผู้ที่เข้าระบบ 07.00-12.00 น.	103 คน	109.2 คน	-6.2	-6.02
เวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบเฉลี่ย	113.66 นาที	91.99 นาที	21.67	19.07

จากการทดสอบพบว่าระยะเวลารอคอยในแต่ละจุดของระบบจริงและระบบจำลองมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างกันน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จึงถือว่ายอมรับได้ (Averill M.L,W.David W.K.(2000))

4.2 ผลการวิเคราะห์จำนวนผู้ป่วยออกจากระบบ

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยผู้ป่วยที่ออกจากระบบและเวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบ

รายงาน	ผลลัพธ์
ผู้ป่วยออกจากระบบเฉลี่ย (คน)	84.50
จำนวนผู้ป่วยที่อยู่ในระบบเฉลี่ย(คน)	29.52
เวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบเฉลี่ย (นาที)	91.99

4.3 ผลการวิเคราะห์เวลารอคอยเฉลี่ย

ตารางที่ 6 เวลารอคอยเฉลี่ย และผู้ป่วยที่รอคอยเฉลี่ยในแต่ละจุด

จุดให้บริการ	เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที)	จำนวนผู้ป่วยที่รอคอยเฉลี่ย (คน)
จุดคัดกรอง	3.01	1.13
จุดซักประวัติ	11.09	3.70
จุดห้องตรวจ	15.41	6.05
จุดห้องการเงิน	0.94	0.28
จุดเภสัชกรรม	0.00	0.00
จุดหลังตรวจ	0.02	0.00
จุดเจาะเลือด	0.00	0.00
จุด X-ray	0.00	0.00

4.4 ผลการวิเคราะห์การทำงานของผู้ให้บริการ

จากผลการทดลองผลการวิเคราะห์สัดส่วนการทำงานของผู้ให้บริการ เช่น แพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่ เภสัชกร แต่ละจุดบริการ ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 7 ผลวิเคราะห์สัดส่วนการทำงานของผู้ให้บริการ

จุดให้บริการ	ผู้ให้บริการ	อรรถประโยชน์ (Utilization)
จุดคัดกรอง	พยาบาล	0.3134
จุดซักประวัติ	พยาบาล	0.8031
จุดห้องตรวจ	แพทย์	0.8636
จุดห้องการเงิน	เจ้าหน้าที่	0.4663
จุดเภสัชกรรม	เภสัชกร	0.6114
จุดหลังตรวจ	พยาบาล	0.0554
จุดเจาะเลือด	เทคนิคการแพทย์	0.0187
จุด X-ray	เจ้าหน้าที่รังสี	0.0210

พบว่าสัดส่วนการทำงานของทรัพยากรตามจุดให้บริการ จุดที่มีสัดส่วนการทำงานมากที่สุด ได้แก่ แพทย์ รองลงมาคือ พยาบาลจุดคัดกรอง เภสัชกร เจ้าหน้าที่การเงิน พยาบาลซักประวัติ พยาบาลหลังตรวจ เจ้าหน้าที่รังสี จุดเจาะเลือด ตามลำดับ

4.5 แนวทางการปรับปรุง

หลังจากได้ทำการจำลองกระบวนการและวิเคราะห์การทำงานของแผนกผู้ป่วยนอก จึงเสนอแนวทางการปรับปรุงการให้บริการ 3 แนวทาง ได้แก่

แนวทางที่ 1 ปรับเวลาการทำงานของพยาบาลซักประวัติ จำนวน 2 คน ให้เริ่มทำงาน 08.00 น. จากปกติ 8.30 น. และเลิกงานเร็วขึ้น 30 นาที

แนวทางที่ 2 ปรับเวลาการทำงานของพยาบาลซักประวัติ และเพิ่มแพทย์ 1 คน โดยแพทย์ที่เพิ่มมา ให้เริ่มทำงานตั้งแต่ 08.00 น. จากเดิม 09.00 น. และเลิกงานเร็วขึ้น 1 ชั่วโมง

แนวทางที่ 3 รวมแนวทางที่ 1 และ 2 เข้าด้วยกัน พร้อมทั้งเพิ่มพยาบาลที่จุดคัดกรอง จำนวน 1 คน

โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าจำนวนผู้ป่วยออกจากระบบเฉลี่ย จำนวนผู้ป่วยที่อยู่ในระบบเฉลี่ยเวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบเฉลี่ย เวลารอคอยเฉลี่ย และสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การทำงานของผู้ให้บริการ

4.6 ผลการวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุง

ตารางที่ 8 ผลวิเคราะห์แนวทางที่ 1

จุดให้บริการ	เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที) ระบบเดิม	แนวทางการปรับปรุงที่ 1	
		เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที)	ผลต่าง
จุดตรวจ	15.41	17.07	+1.66
จุดซักประวัติ	11.09	5.20	-5.89
จุดคัดกรอง	3.01	3.05	+0.04
ค่าเฉลี่ยเวลารวม	91.99	88.66	-3.33

ตารางที่ 9 ผลวิเคราะห์แนวทางที่ 2

จุดให้บริการ	เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที) ระบบเดิม	แนวทางการปรับปรุงที่ 2	
		เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที)	ผลต่าง
จุดตรวจ	15.41	7.45	-7.96
จุดซักประวัติ	11.09	5.24	-5.85
จุดคัดกรอง	3.01	3.42	+0.41
ค่าเฉลี่ยเวลารวม	91.99	76.57	-15.42

ตารางที่ 10 ผลวิเคราะห์แนวทางที่ 3

จุดให้บริการ	เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที)ระบบเดิม	แนวทางการปรับปรุงที่ 3	
		เวลารอคอยเฉลี่ย (นาที)	ผลต่าง
จุดตรวจ	15.41	8.22	-7.19
จุดซักประวัติ	11.09	5.25	-5.84
จุดคัดกรอง	3.01	1.11	-1.90
ค่าเฉลี่ยเวลารวม	91.99	75.89	-16.10

โดยทำการเปรียบเทียบค่าจำนวนผู้ป่วยออกจากระบบเฉลี่ย จำนวนผู้ป่วยที่อยู่ในระบบเฉลี่ยเวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบเฉลี่ย เวลารอคอยเฉลี่ย จะพบว่า แนวทางการปรับปรุงที่ 3 เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับแนวทางทั้งหมด โดยเมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบันพบว่าเวลารอคอยเฉลี่ยต่อผู้ป่วยของจุดตรวจ ลดลง 7.19 นาที จุดซักประวัติลดลง 5.84 นาที และจุดคัดกรองลดลง 1.90 นาที โดยค่าเฉลี่ยเวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบเฉลี่ย 75.89 นาที ลดลงจากระบบเดิม 16.10 นาที

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุง

รายการ	ระบบ			
	ระบบปัจจุบัน	แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3
ผู้ป่วยออกจากระบบเฉลี่ย (คน)	84.5	86.17	85.80	92.43
จำนวนผู้ป่วยที่อยู่ในระบบเฉลี่ย (คน)	29.52	28.22	25.10	26.26
เวลารวม (นาที)	91.99	88.66	76.57	75.89

การปรับปรุงกระบวนการแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลารอคอยของแผนกผู้ป่วยนอก ตั้งแต่ผู้ป่วยเข้ามาในระบบ จนออกจากระบบ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลผู้ป่วยนอก โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 07.00-12.00 น. เฉลี่ย 103 คน/วัน และได้ทำการเก็บข้อมูลด้านระยะเวลาในการเข้ารับบริการในแต่ละจุด เวลารอคอยก่อนเข้ารับบริการในแต่ละจุด และได้ทำการวิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันโดยการแจกแบบสอบถาม เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและเวลาในการเข้ารับบริการจริง จากการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยออกจากระบบเฉลี่ย 84.50 คน จำนวนผู้ป่วยที่อยู่ในระบบเฉลี่ย 29.52 คน และเวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบเฉลี่ย 91.99 นาที

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบเวลารอคอยเฉลี่ย(นาที)

จุดตรวจ	จุดซักประวัติ	จุดคัดกรอง
15.41	11.09	3.01

จำนวนผู้ป่วยรอคอยเฉลี่ยมากที่สุด คือ จุดตรวจ จุดซักประวัติ และจุดคัดกรอง เปอร์เซ็นต์สัดส่วนในการทำงานของแพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่ เภสัชกร มากที่สุดคือ แพทย์ พยาบาลจุดคัดกรอง เจ้าหน้าที่จุดการเงิน พยาบาลจุดซักประวัติ เภสัชกร พยาบาลหลังตรวจ เจ้าหน้าที่รังสีนักเทคนิคการแพทย์ ตามลำดับ

หลังจากได้ทำการจำลองกระบวนการและวิเคราะห์การทำงานของแผนกผู้ป่วยนอก ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการปรับปรุงการให้บริการ 3 แนวทาง ได้แก่ แนวทางที่ 1 ปรับเวลาการทำงานของพยาบาลซักประวัติ 2 คน ให้เริ่มทำงาน 08.00 น. จากปกติ 8.30 น.

แนวทางที่ 2 ปรับเวลาการทำงานของพยาบาลซักประวัติ และเพิ่มแพทย์ 1 คน โดยแพทย์ที่เพิ่มมา ให้เริ่มทำงานตั้งแต่ 08.00 น. จากเดิม 09.00 น.

แนวทางที่ 3 รวม 2 แนวทางแรกและเพิ่มพยาบาลที่จุดคัดกรอง 1 คน

ตารางที่ 13 ตารางสรุปเวลารวมทั้งหมดที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบ และเวลารอคอยรวมเฉลี่ยของผู้ป่วย

การทำงาน	เวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบเฉลี่ย (นาที)	เวลารอคอยรวมเฉลี่ย (นาที)
สถานการณ์ปัจจุบัน	91.99	37.43
แนวทางที่ 1 ปรับเวลาการทำงานของพยาบาลซักประวัติ 2 คน	88.66	33.28
แนวทางที่ 2 ปรับเวลาพยาบาล และ เพิ่มแพทย์ 1 คน	76.57	21.05
แนวทางที่ 3 รวมแนวทางที่ 1 และ 2 พร้อมทั้งเพิ่มพยาบาลที่จุดคัดกรอง จำนวน 1 คน	75.89	19.89

พบว่า แนวทางการปรับปรุงที่ 3 เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับแนวทางทั้งหมด โดยเมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบันพบว่าเวลารอคอยเฉลี่ยต่อผู้ป่วยของจุดตรวจ ลดลง 7.19 นาที จุดซักประวัติลดลง 5.84 นาที และจุดคัดกรองลดลง 1.90 นาที โดยค่าเฉลี่ยเวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบเฉลี่ย 75.89 นาที ลดลงจากระบบเดิม 16.10 นาที สามารถลดจำนวนผู้ป่วยที่อยู่ในระบบเฉลี่ยจาก 29.52 คน เหลือ 26.26 คน ลดลงทั้งหมด 3.26 คน และสามารถลดเวลารวมที่ผู้ป่วยอยู่ในระบบเฉลี่ย จาก 91.99 นาทีเหลือ 75.89 นาที ลดลงทั้งหมด 16.10 นาที และสามารถลดเปอร์เซ็นต์สัดส่วนการทำงานของทรัพยากรเฉลี่ยของแพทย์ลดลง 0.12 % เดิมจาก 0.86% ลดลงเหลือ 0.74% และสามารถลดเปอร์เซ็นต์สัดส่วนการทำงานของทรัพยากรเฉลี่ยของพยาบาลจุดคัดกรองลดลง 0.12 % เดิมจาก 0.80% ลดลงเหลือ 0.68%

เอกสารอ้างอิง

[1] ปอแก้ว เรืองเพ็ง (2556) การจำลองระบบแถวคอยแผนกผู้ป่วยนอก : กรณีศึกษา คลินิกอายุรกรรม โรงพยาบาลพัทลุง. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal ปีที่ 6 ฉบับที่ 3เดือนกันยายน –ธันวาคม 2556 หน้า 834-845.

[3] ปริตรา มั่นเหมาะ, ธนัญญา วสุศรี (2561) การจำลองสถานการณ์เพื่อลดเวลารอคอยของผู้ป่วย แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลชุมชน จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี ปีที่ 26 ฉบับที่ 1 มกราคม - กุมภาพันธ 2561 หน้า 71-79.

[4] ชานินทร์ ศรีสุวรรณนภา, พัชรกัญณ์ บำรุง, พัณวดี โตสินธ์, รักชนก อุทธศรี, และอัญฑิกา วรยศ (2556) การจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของแผนกอายุรกรรม ตึกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลพุทธโสธร. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบังปีที่ 22 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2556 หน้า 107-116

[5] พันธิภา พิญญะคุณ, อารี ชีวเกษมสุข และเพ็ญจันทร์ แสนประสาน.(2560) การพัฒนารูปแบบการบริการคลินิกเบาหวานโดยประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีน โรงพยาบาลศูนย์เจ้าพระยายมราช จังหวัดสุพรรณบุรี. ปีที่ 18 ฉบับพิเศษ มกราคม-เมษายน 2560 หน้า 280-290

[6] คัทลิยา วสุธาดา, (2560) การพัฒนารูปแบบการดำเนินงานเพื่อลดระยะเวลารอคอยการรับบริการในผู้ป่วยโรคเรื้อรัง ศูนย์สุขภาพชุมชนเมืองท่าช้าง จังหวัดจันทบุรี. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี ปีที่ 28 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2560 หน้า 80-89.

[7] ปภัชญา หนูสลุง, ปิยธิดา ตรีเดช, วงเดือน ปั้นดี และสุชาย ศรีทิพยวรรณ.(2559) ผลของการใช้แนวคิดแบบลีนในการศึกษาระยะเวลาที่มารับบริการของหน่วยตรวจบริการการล้างไตทางช่องท้องหอผู้ป่วยโรคไตสง่า นิลวรางกูร โรงพยาบาลศิริราช. วารสารเกื้อการุณย์ ปีที่ 23 ฉบับ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2559 หน้า 104-119.

[8] Averill, M.L, and David, W.K., 2000. Simulation Modeling and Analysis. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.

Healthcare Service Network Analysis: Northern Region's Healthcare Service Network of Cleft Lip and Cleft Palate

Supaksiri Suwiwattana[1] Chompoonoot Kasemset [2*]
[1] Graduate Program in Industrial Engineering
[1, 2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering
Chiang Mai University
239 Huay Kaew Road, Muang District, Chiang Mai 50200
E-mail: [1] Supaksiri_s@cmu.ac.th, [2] chompoonoot.kasemset@cmu.ac.th
Krit Khwanngern [3]
Department of Surgery, Faculty of Medicine, Chiang Mai University
110 Inthawarorot Road, Sri Phum Subdistrict Mueang
Chiang Mai District, Chiang Mai 50200
E-mail: [3] Krit. Khwanngern@cmu.ac.th

**บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ใน
วารสาร Current Applied Science and Technology**

* Corresponding author: E-mail: chompoonoot.kasemset@cmu.ac.th
[2] Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University
[3] Assistant Professor, M.D. , F.R.C.S.T.,Faculty of Medicine ,Chiang Mai University

กรอบแนวคิดการกำหนดกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และปรับปรุงงาน

Conceptual Framework of Generic Processes of Container Depot for Analysis and Improvement

ไพลิน กุลศรีสุวรรณ[1]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนน ประชาอุทิศ แขวง บางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
E-mail: [1] pailin.k.mn@gmail.com
และ สรวิชญ์ เยาวสุวรรณไชย[2]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนน ประชาอุทิศ แขวง บางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
E-mail: [2] sorawit.yao@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกรอบแนวความคิด (Conceptual Framework) ในการกำหนดกระบวนการมาตรฐาน (Generic Process) สำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ทั่วไป โดยเน้นไปที่กระบวนการดำเนินงานทั้งกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ แบบไม่เจาะลึกปัญหาใดปัญหาหนึ่ง เพื่อเป็นกระบวนการมาตรฐาน (Generic Process) สำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์โดยทั่วไป ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ โดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากแนวคิดของแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานของโซ่อุปทาน (Supply Chain Operations Reference Model) แต่ไม่ได้มีการนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ จากการศึกษาจาก สามารถสร้างแบบจำลองกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่มีการซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ (Generic Container Yard Model) และนำไปสร้างเครื่องมือโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ (Simulation) เพื่อให้ผู้จัดการลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Container Depot Manager) นำไปใช้ และเป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ทั่วไป เนื่องจากการบริหารจัดการลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์มีความซับซ้อนและยุ่งยากเป็นอย่างยิ่ง แต่ผู้ที่ต้องการนำโปรแกรมไปใช้งานจริงควรตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์กับเหตุการณ์จริง (Validation) และกำหนดรอบในการรันโปรแกรมก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นพื้นฐานสำหรับผู้ที่สนใจกระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ หรือวิธีการสร้างกระบวนการมาตรฐานสำหรับงานวิจัยในอนาคต

คำสำคัญ: กรอบแนวความคิด, กระบวนการมาตรฐาน, การจำลองสถานการณ์, ลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์, เครื่องมือ

Abstract

Due to the great complexity of container depot management, this study therefore aims to develop a conceptual framework to define the generic process and building the basic tools to assist container depot managers in analyzing data and improving tasks by using simulation program for the general container depot. The data analysis method, regarding operational processes in the container depot, was generated and inspired by the notion of Supply Chain Operations Reference Model to create the Generic Container Depot Model (GC Model) and the Simulation Model. As a consequence, the results eventually lead to creating the Generic Container Yard Model (GCY Model). Applying this program shall validate of the model and determine the replication length first. This research is recommended for whom interested in the method of creating generic process or operating processes in the container depot for further research.

Keywords: conceptual framework, container depot, generic process, simulation, tools

1. บทนำ

ด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าในปัจจุบัน ทำให้เกิดการค้าขายระหว่างประเทศ หรือการค้าขายที่จำเป็นต้องมีการขนส่งสินค้าด้วยระยะทางที่ไกลมากขึ้น ทำให้การขนส่งสินค้าถือเป็นเรื่องที่สำคัญ

[1] สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[2] ผศ.ดร. ภาควิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาครัฐและภาคเอกชนได้มีการสนับสนุนให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางด้านการขนส่งและโลจิสติกส์ เนื่องจากประเทศไทยสามารถเป็นประตูทางผ่านของการขนส่งสินค้า ให้กับประเทศที่อยู่โดยรอบ และประเทศที่ไม่มีทางออกสู่ทะเล ดังนั้น ประเทศเพื่อนบ้านจึงต้องอาศัยการขนส่งทางทะเลผ่านประเทศไทยเพื่อเชื่อมโยงกับประเทศทั่วโลก [1] จึงได้นำระบบตู้คอนเทนเนอร์ หรือ Containerization มาใช้ในการขนส่งสินค้าทำให้สามารถขนส่งสินค้าได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และสินค้าที่ถูกบรรจุอยู่ในตู้คอนเทนเนอร์จะได้รับความเสียหายน้อยที่สุดจากการเคลื่อนย้ายหรือการเปลี่ยนวิธีการขนส่ง ทำให้การขนส่งสินค้าโดยใช้ตู้คอนเทนเนอร์ได้รับการยอมรับและใช้งานกันอย่างแพร่หลาย [2] นอกจากนี้ การขนส่งสินค้าทางทะเลโดยการใช้เรือสามารถขนส่งสินค้าหรือตู้คอนเทนเนอร์ได้จำนวนมาก ทำให้มีต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและเกิดการประหยัดต่อขนาด (Economy of Scales) โดยเรือสินค้าที่นำมาใช้ในการขนส่งต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอ [3] ซึ่งแนวโน้มของปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่ผ่านเข้าออกท่าเรือในประเทศไทยในระหว่าง ปี พ.ศ. 2558 ถึง ปี พ.ศ. 2560 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจากการเปรียบเทียบสัดส่วนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ผ่านท่าเรือแหลมฉบังด้วย 3 วิธีการ ได้แก่ ทางรถยนต์ ทางรถไฟ และทางเรือชายฝั่ง พบว่าการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ผ่านท่าเรือแหลมฉบังทางรถยนต์เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุด แต่ทั้งนี้ การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ทางรถยนต์จากระยะไกล จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูง และอาจเกิดปัญหาอื่น ดังนั้น ลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Container Depot) จึงมีความสำคัญสำหรับการขนส่งสินค้า เปรียบเสมือนศูนย์กระจายสินค้าซึ่งเป็นที่จัดเก็บก่อนที่จะกระจายสินค้าไปยังลูกค้า หรือส่งต่อไปยังสถานที่อื่น นอกจากนี้การนำลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์เข้ามาใช้ทำให้เกิดอรรถประโยชน์ (Utilization) ของการใช้รถขนส่งเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าขนส่งลดลง และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับโซ่อุปทาน [4] ดังนั้น จำนวนลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Container Depot) จึงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่การที่ลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์มีความยุ่งยากและซับซ้อนในการบริหารจัดการ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการวางแผนการจัดสรรทรัพยากรล่วงหน้า การตอบสนองความต้องการของลูกค้าในการเข้ารับบริการ หรือต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นจากการใช้ทรัพยากรที่มากเกินไป ทำให้ต้องมีการวางแผนการดำเนินงานและจัดหานโยบายที่เหมาะสมเพื่อที่จะได้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าและทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุดจากการเข้ารับบริการ

วัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้เพื่อสร้าง แบบจำลองกระบวนการมาตรฐานของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Generic Container Model: GC Model) โดยเน้นไปที่ กระบวนการมาตรฐาน (Generic Process) ที่เกิดขึ้นภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Container Depot) แบบไม่เจาะลึกปัญหาใดปัญหาหนึ่ง เพื่อเป็นขั้นตอนมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์โดยทั่วไป และสร้างเครื่องมือโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ (Simulation) สำหรับผู้จัดการลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Container Depot Manager) เพื่อนำมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนการดำเนินงานของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Container Depot) และจัดหานโยบายที่เหมาะสม

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นเพียงการจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมาไว้ในโปรแกรมเท่านั้น และผลลัพธ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับวิธีการคิดหรือวิธีการปรับปรุงที่ต้องการจะทดสอบสมมุติฐาน ซึ่งอาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ แต่การใช้การจำลองสถานการณ์จะช่วยลดความเสี่ยงของความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงระบบการทำงานจากการนำไปใช้จริง เนื่องจากในความเป็นจริงการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงาน หรือเปลี่ยนแปลงทรัพยากรที่ใช้ในการทำงานเป็นเรื่องที่มีผลกระทบอย่างมาก ทั้งในเรื่องบุคลากรหรือการลงทุน แต่การจำลองสถานการณ์สามารถใส่สถานการณ์สมมุติต่างๆเข้าไปในระบบ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงได้โดยที่ยังไม่จำเป็นต้องนำไปใช้ในสถานการณ์จริง ดังนั้น การจำลองสถานการณ์จึงเป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยในการตัดสินใจ และใช้ประกอบการวางแผนการดำเนินงาน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำลองสถานการณ์ (Simulation)

การจำลองสถานการณ์เป็นวิธีการเชิงตัวเลขวิธีการหนึ่งในการศึกษาวิเคราะห์ระบบรวมถึงการแก้ปัญหาของระบบด้วยการทดลองซ้ำกับตัวแบบจำลองซึ่งในทางปฏิบัติจริงต้องทำการทดสอบการจำลองหลายรอบ เพื่อความแม่นยำหรือความน่าเชื่อถือที่สูงในคำตอบจากการจำลอง ในการแก้ปัญหาของระบบหรือการศึกษาวิเคราะห์ระบบเพื่อที่จะทำนายผลการดำเนินการของระบบ จากการใช้นโยบายใหม่หรือในการออกแบบระบบงานใหม่ ในบางครั้งอาจทำการทดลองกับระบบสิ่งที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน แต่ในบางครั้งอาจไม่สามารถทำได้ ในกรณีที่เป็นระบบใหม่ หรือเป็นระบบที่ยังไม่เคยมีการดำเนินการอยู่จริง เป็นเพียงข้อสมมุติฐาน หรือ ถึงแม้จะมีระบบอยู่จริง แต่การดำเนินการทดลองนโยบายใหม่อาจทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูง เสียเวลา และเกิดผลกระทบอย่างมาก ดังนั้น ส่วนมากจึงทำการทดลองกับระบบจำลองสถานการณ์ก่อน แบบจำลองที่ดีควรประกอบด้วยองค์ประกอบที่จำเป็น หรือมีรายละเอียดเพียงพอที่จะให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องเกี่ยวกับระบบจริง โดยไม่จำเป็นต้องมีรายละเอียดทั้งหมดของระบบจริง ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิเคราะห์ระบบนั้นๆ [5]

2.2 แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทาน หรือ SCOR Model

แบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทาน หรือ Supply Chain Operations Reference Model คือแบบจำลองอ้างอิงกระบวนการทางธุรกิจ ซึ่งให้กรอบแนวคิดของกระบวนการมาตรวัด วิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด และเทคโนโลยีด้านการจัดการโซ่อุปทาน แบบจำลอง SCOR บูรณาการแนวคิดการรีเอ็มจิเนียริ่งกระบวนการทางธุรกิจ การเทียบสมรรถนะ การวัดกระบวนการ และการวิเคราะห์วิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด และประยุกต์ใช้แนวคิดเหล่านั้นกับโซ่อุปทาน แบบจำลอง SCOR ให้สิ่งที่เป็นประโยชน์ ดังนี้ [6]

- คำอธิบายกระบวนการจัดการที่ประกอบเป็นโซ่อุปทาน
- กรอบแนวคิดของความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการต่างๆ ที่เป็นมาตรฐาน
- มาตรวัดสมรรถนะของกระบวนการ

- วิธีปฏิบัติด้านการจัดการซึ่งให้สมรรถนะที่ดีที่สุด
- การเชื่อมโยงที่เป็นมาตรฐานของคุณลักษณะและหน้าที่ของซอฟแวร์ที่เอื้อให้เกิดวิธีปฏิบัติที่ดีที่สุด

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

ชัยยุธ [4] ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพของการขนส่งด้วยการนำลานพักตู้คอนเทนเนอร์เข้ามาใช้ในโซ่อุปทาน โดยใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena Simulation เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้น จากการศึกษาพบว่า การนำลานพักตู้คอนเทนเนอร์เข้ามาใช้ทำให้เกิดอรรถประโยชน์ (Utilization) ของการใช้รถขนส่งเพิ่มขึ้น 43% และทำให้ค่าขนส่งลดลง

จิตราภรณ์ [7] ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการลานวางตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการวางผังลานตู้คอนเทนเนอร์ใหม่ ขยายลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ ลดขั้นตอนและเส้นทางที่ซ้ำซ้อนและไม่จำเป็น โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดธรรมดา เพื่อปรับปรุงระยะเวลาเฉลี่ยในการเข้ารับบริการรับตู้เปล่าของรถหัวลากที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานซึ่งส่งผลให้การเข้ารับบริการล่าช้า ทำให้การวางแผนใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์ลดลง และใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการเข้ารับบริการรับตู้เปล่าของรถหัวลากมาเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

อภิชาต [8] ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบวิธีการจัดเตรียมตู้คอนเทนเนอร์และจัดสรรจำนวนพนักงานซ่อมให้เหมาะสม ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการแบ่งพื้นที่ในลานเก็บและลานซ่อมออกเป็น 3 พื้นที่ และจัดสรรจำนวนพนักงานซ่อมใหม่ออกเป็น 2 ระบบ โดยใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena Simulation จากการศึกษาพบว่าสามารถช่วยให้จำนวนการซ่อมตู้คอนเทนเนอร์เพิ่มขึ้น 16.25% ในแต่ละวัน

ณัฐพร [9] ศึกษาเกี่ยวกับระบบบริหารจัดการลานวางตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาแบบละโมบ โดยใช้โปรแกรมประยุกต์บนเครือข่ายอินทราเน็ตสำหรับใช้ในองค์กรที่ประกอบกิจการด้านการขนส่ง เพื่อแก้ปัญหาตู้เงาหรือตู้ลอย (ข้อมูลตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์ไม่ตรงกับสถานที่จริง) ที่เกิดขึ้นจากการจัดสรรและเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ในลานวางตู้คอนเทนเนอร์ ทำให้เสียเวลาและการจัดสรรพื้นที่ในลานวางตู้คอนเทนเนอร์ไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังใช้วิธีการตรวจสอบการย้ายตู้คอนเทนเนอร์ และร้อยละผลการดำเนินงานของแต่ละกระบวนการมาเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

ปิติ [10] ศึกษาเกี่ยวกับการจำลองสถานการณ์สำหรับการให้บริการลานพักตู้สินค้า (Container Depot) ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการปรับปรุงการแบ่งหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ในการให้บริการ โดยใช้ Arena Simulation เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานบนปริมาณสินค้าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันและที่เพิ่มขึ้นจากปัจจุบันร้อยละ 7 นอกจากนี้ยังใช้ ระยะเวลาการรอคอย อัตราการใช้ประโยชน์ของทรัพยากร และระยะเวลาที่รถบรรทุกรับตู้สินค้าออกอยู่ในระบบมาเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

Hidalgo [11] ศึกษาเกี่ยวกับระบบการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ โดยใช้กรณีศึกษาของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์เปล่า (Empty Container Depot) ที่ Valparaise Chile ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการกำหนดประสิทธิภาพการดำเนินงาน ในส่วนของนโยบายการดำเนินงานเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงนโยบายในการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์เปล่า โดยใช้ Simio Simulation นอกจากนี้ยังใช้ระยะเวลาในการเข้ารับการบริการของรถบรรทุก และอัตราการใช้ประโยชน์ (Utilization) ของทรัพยากร (Resource) มาเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

Zachrisson [12] ศึกษาเกี่ยวกับการบริหารจัดการตู้คอนเทนเนอร์เปล่าในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์เปล่า ก่อนและหลังการจ้างบริษัทภายนอก (Outsource Third-Party) ที่ตั้งอยู่ใกล้กับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ เข้ามาดำเนินงานด้านการตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ โดยใช้ Triangulation ในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่แตกต่างกันของแต่ละวิธี ทั้งในส่วนของหน้าที่ ผลประโยชน์ และข้อเสียจากการดำเนินงาน นอกจากนี้ยังใช้ ระยะเวลาในการเข้ารับบริการของรถบรรทุก ประสิทธิภาพในขั้นตอนการดำเนินงานของ ประตู (Gate) การตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ และทั้งกระบวนการ มาเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์สำหรับงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ

3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) คือ ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลโดยตรง ในงานวิจัยนี้มีจำนวน 1 กรณีศึกษา ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานในการดำเนินงานของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ของ บริษัท วินวิน คอนเทนเนอร์ เดโป จำกัด หรือ กรณีศึกษา วินวิน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการฝึกงานและสอบถามผู้จัดการลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์และได้เป็นขั้นตอน (Process) ในกระบวนการดำเนินงานของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ กรณีศึกษา วินวิน ที่มีทั้งหมด 8 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> การตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ที่เข้ามาในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์โดยผู้ตรวจสอบขาเข้า (Survey In)

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> การจัดทำเอกสารขาเข้าที่ประตูขาเข้า (Gate In)

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> การตรวจสอบเอกสารและยกตู้คอนเทนเนอร์โดยแผนกประสานงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Co-CY) และแผนกขับรถยกตู้คอนเทนเนอร์ (Driver Department)

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> การประเมินการซ่อมโดยแผนกประสานงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Co-CY)

<u>ขั้นตอนที่ 5</u> การซ่อมตู้คอนเทนเนอร์โดยแผนกซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ (Repair Container Department)

<u>ขั้นตอนที่ 6</u> การแบ่งระดับ (Grade) ตู้คอนเทนเนอร์โดยแผนกซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ (Repair Container Department)

<u>ขั้นตอนที่ 7</u> การตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ขาออกโดยผู้ตรวจสอบขาออก (Survey Out)

<u>ขั้นตอนที่ 8</u> การจัดทำเอกสารขาออกโดย ประตูขาออก (Gate Out)

3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) คือ ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ได้จากการนำข้อมูลที่ผู้อื่นรวบรวมไว้อย่างเป็นระบบมาใช้งานโดยไม่ต้องดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งผู้วิจัยเลือกงานวิจัยที่มีการกล่าวถึงกระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ จำนวน 6 งานวิจัย ได้แก่

- การปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการลานวางตู้คอนเทนเนอร์ [7]
- การออกแบบวิธีการจัดเตรียมตู้คอนเทนเนอร์ กรณีศึกษาบริษัท วินวิน คอนเทนเนอร์ เดโป จำกัด [8]
- ระบบบริหารจัดการลานวางตู้คอนเทนเนอร์ [9]
- การจำลองสถานการณ์สำหรับการให้บริการลานพักตู้สินค้า (Container Depot) [10]
- การดำเนินงานการจัดเรียงตู้เปล่า (Empty Container Stacking Operations: Case Study of an Empty Container Depot In Valparaise Chile) [11]
- การบริหารจัดการตู้คอนเทนเนอร์เปล่าในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ ก่อนและหลังการจ้างบริษัทภายนอกเพื่อตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ (Empty Container Management in depots before and after outsourcing of container inspection) [12]

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับแรงบันดาลใจมาจากแนวคิดของ SCOR Model

แบบจำลองการอ้างอิงการดำเนินงานของโซ่อุปทาน หรือ SCOR Model เป็นแบบจำลองอ้างอิงกระบวนการมาตรฐานในการดำเนินงานใน Supply Chain ซึ่งกล่าวถึงกระบวนการดำเนินงานที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อใช้ในการประสานงานให้เป็นที่เข้าใจง่ายและตรงกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของ SCOR Model มาใช้เป็นแรงบันดาลใจในการสร้างวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยไม่ได้มีการนำ SCOR Model มาใช้ในงานวิจัยนี้ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปสร้าง แบบจำลองกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Generic Container Model: GC Model) เพื่อให้การสื่อสารถึงขั้นตอนการดำเนินงานในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Container Depot) เป็นที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น และเพื่อเป็นกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์โดยทั่วไป

ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลปฐมภูมิจำนวน 1 กรณีศึกษา และข้อมูลทุติยภูมิจำนวน 6 งานวิจัย มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดทำแบบจำลองกระบวนการมาตรฐานของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (GC Model) โดยข้อมูลหลักที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์มี 2 ชนิด ได้แก่ ขั้นตอน (Process) ในกระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ และ ทรัพยากร (Resource) ที่ใช้ในกระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งขั้นตอน (Process) จะแบ่งเป็นหัวข้อย่อยตามรูปแบบการเข้าออกของตู้คอนเทนเนอร์ ได้แก่ ตู้คอนเทนเนอร์ขาเข้า (Container IN) คือ ตู้คอนเทนเนอร์ที่ถูกนำมาจากสถานที่อื่นเพื่อเข้ามาเก็บไว้ที่ลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ และตู้คอนเทนเนอร์ขาออก (Container OUT) คือ ตู้คอนเทนเนอร์ที่ถูกนำออกจากลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์เพื่อนำไปยังสถานที่อื่น

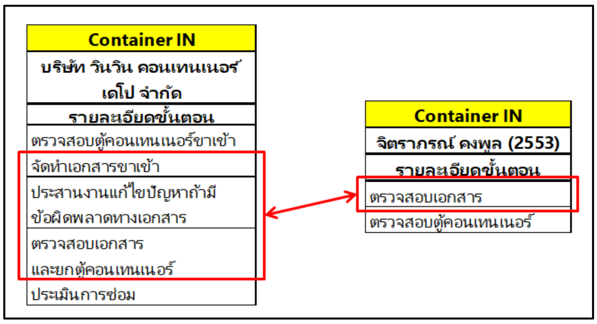
วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นตอน (Process) ในกระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์มีวิธีในการวิเคราะห์ 5 Phase ดังต่อไปนี้

<u>Phase 1</u>: ศึกษากระบวนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ จากข้อมูลทุติยภูมิ 1 กรณีศึกษา และ ข้อมูลปฐมภูมิ 6 งานวิจัย แล้วนำมาจัดทำเป็นตารางขั้นตอน (Process) ในกระบวนการดำเนินงานของแต่ละกรณีศึกษาและงานวิจัย

<u>Phase 2:</u> นำตารางที่ได้จาก Phase 1 มารวมเป็นตารางเดียวกัน โดยจับคู่ (Match) ข้อมูลงานวิจัยทีละคู่ แล้วพิจารณาความเหมือนและความแตกต่างของขั้นตอน (Process) การดำเนินงานทีละขั้นตอน

- ขั้นตอนที่ใกล้เคียงกัน หรือมีจุดประสงค์เดียวกัน แต่มีชื่อเรียกแตกต่างกัน ผู้วิจัยขอ ยุบ เพื่อให้ใช้ชื่อเรียกเหมือนกัน และถือเป็นขั้นตอนเดียวกัน
- ขั้นตอนคนละขั้นตอน หรือมีจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยขอ ย้าย เพื่อรวมเป็นตารางเดียวกัน
- ถ้าขั้นตอนนั้น ถ้ามีการดำเนินงานมากกว่า 1 ขั้นตอน ซึ่งมีการดำเนินงานที่แตกต่างกัน หรือ มีจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยขอ แยก ขั้นตอนออกจากกัน

ตัวอย่างเช่น จากการเปรียบเทียบขั้นตอน ตรวจสอบเอกสาร ในงานวิจัยของ จิตราภรณ์ [7] ดังรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่ามีขั้นตอน ตรวจสอบเอกสาร แต่กรณีศึกษา บริษัท วินวิน คอนเทนเนอร์ เดโป จำกัด ไม่มีขั้นตอนที่ชื่อ ตรวจสอบเอกสาร แต่มีขั้นตอน จัดทำเอกสารขาเข้า และขั้นตอน ประสานงานแก้ไขปัญหาถ้ามีข้อผิดพลาดทางเอกสาร และขั้นตอน ตรวจสอบเอกสารและยกตู้คอนเทนเนอร์



รูปที่ 1 การพิจารณาเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของขั้นตอน (Process) ในกระบวนการดำเนินงาน

ซึ่งขั้นตอน ตรวจสอบเอกสาร ของ งานวิจัย จิตราภรณ์ [7] และ ขั้นตอน จัดทำเอกสารขาเข้า และขั้นตอนประสานงานแก้ไขปัญหาถ้ามีข้อผิดพลาดทางเอกสาร ของบริษัท วินวิน คอนเทนเนอร์ เดโป จำกัด เป็นขั้นตอนที่ใกล้เคียงกันและมีจุดประสงค์เดียวกันคือเรื่องเอกสาร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงขอเรียกรวมขั้นตอนนี้ว่าขั้นตอน "การจัดทำและตรวจสอบเอกสารขาเข้า" ส่วนขั้นตอน ตรวจสอบเอกสารและยกตู้คอนเทนเนอร์ ถือเป็นขั้นตอนที่ไม่ใกล้เคียง เนื่องจากเป็นการตรวจสอบเอกสารและยกตู้คอนเทนเนอร์ของแผนกอื่น

ที่ไม่ใช่แผนกประตูขาเข้า ผู้วิจัยจึงไม่ถือว่าเป็นขั้นตอน "การจัดทำและตรวจสอบเอกสารขาเข้า"

Phase 3: คัดเลือกขั้นตอน (Process) ที่สำคัญเพื่อนำไปจัดทำเป็นกระบวนการมาตรฐาน โดยพิจารณาเปรียบเทียบลำดับ (Step) ที่มีและไม่มีในแต่ละงานวิจัย และคัดเลือกขั้นตอนที่สำคัญคือขั้นตอนที่จำเป็นต้องมีในการดำเนินงาน เพื่อนำไปจัดทำกระบวนการมาตรฐานของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ และตัดขั้นตอนที่มีความสำคัญน้อยออก

ตัวอย่างเช่น จากการพิจารณาขั้นตอน รถบรรทุกขนตู้สินค้าเข้าสู่ระบบ จากตารางที่ 1 ผู้วิจัยพบว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญเนื่องจากเป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่จะทำให้เกิดการดำเนินงานในลำดับต่อไปของระบบ ถึงแม้ว่างานวิจัยของ จิตราภรณ์ [7] ไม่ได้มีการกล่าวถึงขั้นตอนนี้ในระบบตู้คอนเทนเนอร์ขาออก แต่มีการกล่าวถึงในงานวิจัยของ ปิติ [10] ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ขั้นตอน รถบรรทุกขนตู้สินค้าเข้าสู่ระบบ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพื่อนำไปจัดทำแบบจำลองกระบวนการมาตรฐานของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์

ตารางที่ 1 การคัดเลือกขั้นตอน (Process) ที่สำคัญเพื่อนำไปจัดทำกระบวนการมาตรฐาน

Process	Container OUT	
	จิตราภรณ์	ปิติ
รถบรรทุกขนตู้สินค้าเข้าสู่ระบบ		Step 1
การจัดทำและตรวจสอบเอกสารขาเข้า	Step 1	Step 2

Phase 4: จัดเรียงและพิจารณาลำดับ (Step) การดำเนินงาน

- จัดเรียงลำดับใหม่ในแต่ละกรณีศึกษา และแต่ละงานวิจัย โดยเรียงลำดับตามเดิม แต่เปลี่ยนตัวเลขลำดับที่ไม่ต่อเนื่องในตาราง (ตามแนวตั้ง) ให้เป็นตัวเลขที่ต่อเนื่องกัน โดยเริ่มจากเลข 1 เพื่อความสะดวกในการพิจารณา

- พิจารณาหมายเลข 1 ในตาราง เพื่อกำหนดลำดับที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรกในตารางนั้นๆ แล้วกำหนดลำดับใหม่ให้ขั้นตอนการดำเนินงาน โดยขั้นตอนการดำเนินงานที่ถูกกำหนดลำดับใหม่แล้ว จะถูกตัดออกจากการพิจารณาในลำดับถัดไป

ตัวอย่าง จากการพิจารณาตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่ามีขั้นตอน (Process) ที่ ลำดับ (Step) เป็นหมายเลข 1 จำนวน 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอน รถบรรทุกขนตู้สินค้าเข้าสู่ระบบ และ ขั้นตอน การจัดทำและตรวจสอบเอกสาร

ตารางที่ 2 การจัดเรียงและพิจารณาลำดับ (Step) การดำเนินงานใหม่

Process	Container OUT	
	จิตราภรณ์	ปิติ
รถบรรทุกขนตู้สินค้าเข้าสู่ระบบ		1
การจัดทำและตรวจสอบเอกสาร	1	2

จากการพิจารณาพบว่า ขั้นตอน รถบรรทุกขนตู้สินค้าเข้าสู่ระบบ เป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่จะทำให้เกิดการดำเนินงานในลำดับถัดไป และเป็นขั้นตอนที่เป็นลำดับที่ 1 ในงานวิจัยของ ปิติ [10] เช่นกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ขั้นตอน รถบรรทุกขนตู้สินค้าเข้าสู่ระบบ เป็นขั้นตอนการดำเนินงานลำดับที่ 1 (Step 1) ดังตารางที่ 3 และตัดออกจากการพิจารณาในลำดับถัดไป

ตารางที่ 3 การกำหนดลำดับ (Step) การดำเนินงานใหม่

Process	Container OUT	
	จิตราภรณ์	ปิติ
รถบรรทุกขนตู้สินค้าเข้าสู่ระบบ	Step 1	
การจัดทำและตรวจสอบเอกสารขาเข้า	1	2

Phase 5: นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาสรุปก่อนนำไปจัดทำแบบจำลองกระบวนการมาตรฐานของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (GC Model) ต่อไป ดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ตารางที่ 4 สรุปขั้นตอน (Process) ในกระบวนการดำเนินงานแบบตู้คอนเทนเนอร์ขาเข้า (Container IN)

Process	Container IN
รถบรรทุกขนตู้สินค้าเข้าสู่ระบบ	Step 1
การจัดทำและตรวจสอบเอกสารขาเข้า	Step 2
ตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ขาเข้า	Step 3
ประเมินการซ่อม	Step 4
ตู้คอนเทนเนอร์ไม่ต้องได้รับการซ่อมแซม	Step 5
เคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ไปยังลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์	Step 6

ตารางที่ 5 สรุปขั้นตอน (Process) ในกระบวนการดำเนินงานแบบตู้คอนเทนเนอร์ขาออก (Container OUT)

Process	Container OUT
รถบรรทุกขนตู้สินค้าเข้าสู่ระบบ	Step 1
การจัดทำและตรวจสอบเอกสารขาเข้า	Step 2
รถยกตู้ ยกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อวางบนหางลาก	Step 3
ตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ขาออก	Step 4
จัดทำและตรวจสอบเอกสารขาออก	Step 5
รถบรรทุกขนตู้สินค้าออกจากระบบ	Step 6

วิธีการวิเคราะห์ทรัพยากร (Resource) ที่ใช้ในกระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์มีวิธีการในการวิเคราะห์ 3 Phase ดังต่อไปนี้

Phase 1: ศึกษาทรัพยากร (Resource) ที่ใช้ในกระบวนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน (Process) ของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์โดยใช้ขั้นตอนตั้งต้นจากตารางสรุปขั้นตอนในกระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ แล้วนำมาจัดทำเป็นตารางข้อมูลการใช้ทรัพยากรในแต่ละขั้นตอนที่วิเคราะห์จากข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ

Phase 2: พิจารณาความเหมือนและความแตกต่างของทรัพยากร (Resource) ในแต่ละขั้นตอน (Process) ทีละขั้นตอน และคัดเลือกทรัพยากรที่สำคัญ คือทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงาน เพื่อนำไปใช้เป็นทรัพยากรในกระบวนการมาตรฐาน

ตัวอย่าง จากการพิจารณาตารางที่ 6 พบว่า ขั้นตอน (Process) การจัดทำและตรวจสอบเอกสาร มี พนักงานเกทขาเข้า และ พนักงานสำนักงาน เป็นทรัพยากร (Resource) ที่ทำงานในขั้นตอนนี้ แต่การจัดทำเอกสารและการตรวจสอบเอกสาร จำเป็นต้องทำให้เสร็จเรียบร้อยก่อนที่จะรับตู้คอนเทนเนอร์เข้ามาในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ เนื่องจากเมื่อรับตู้คอนเทนเนอร์เข้ามาในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์แล้ว ตู้คอนเทนเนอร์นั้นถือเป็นความรับผิดชอบของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ และเมื่อพิจารณางานวิจัยของ จิตราภรณ์ [7] มีการระบุไว้ว่า พนักงานเกทขาเข้า เป็นผู้จัดทำและตรวจสอบเอกสาร ในขั้นตอน การจัดทำและตรวจสอบเอกสาร เช่นกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ พนักงานเกทขาเข้า เป็นทรัพยากรที่ทำการดำเนินงานในขั้นตอน การจัดทำและตรวจสอบเอกสารขาเข้า โดยผู้วิจัยขอเรียกทรัพยากรนี้ว่า Gate In หรือ พนักงานประตูขาเข้า

ตารางที่ 6 การพิจารณาทรัพยากรในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงาน

Process	Container IN	
	จิตราภรณ์	**ปิติ**
การจัดทำและตรวจสอบเอกสาร	พนักงานเกทขาเข้า	พนักงานสำนักงาน
ตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ขาเข้า	พนักงานที่ควบคุม	พนักงานตรวจสอบ

<u>Phase 3:</u> นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาสรุปก่อนนำไปจัดทำแบบจำลองกระบวนการมาตรฐานของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (GC Model) ดังตารางที่ 7 และตารางที่ 8

ตารางที่ 7 สรุปทรัพยากร (Resource) ที่ใช้ในกระบวนการดำเนินงานแบบตู้คอนเทนเนอร์ขาเข้า (Container IN)

Process	Resource
การจัดทำและตรวจสอบเอกสารขาเข้า	Gate In
ตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ขาเข้า	Inspector In
ประเมินการซ่อม	Inspector In
เคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ไปยังลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์	Crane Driver

ตารางที่ 8 สรุปทรัพยากร (Resource) ที่ใช้ในกระบวนการดำเนินงานแบบตู้คอนเทนเนอร์ขาออก (Container OUT)

Process	Resource
การจัดทำและตรวจสอบเอกสารขาเข้า	Gate In
รถยกตู้ ยกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อวางบนหางลาก	Crane Driver
ตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ขาออก	Inspector Out
จัดทำและตรวจสอบเอกสารขาออก	Gate Out

- Gate In หรือพนักงานประตูขาเข้า
- Inspector In หรือพนักงานตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ขาเข้า
- Crane Driver หรือ พนักงานขับรถยกตู้คอนเทนเนอร์
- Inspector Out หรือ พนักงานตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ขาออก
- Gate Out หรือ พนักงานประตูขาออก

4.2 แบบจำลองกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์

แบบจำลองกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Generic Container Model: GC Model) เป็นแบบจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยมีแนวคิดมาจาก SCOR Model เพื่อให้การสื่อสารถึงกระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Container Depot) เป็นที่เข้าใจได้ง่ายและตรงกัน เพื่อเป็นกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์โดยทั่วไป ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการสร้าง แบบจำลองกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่มีการซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ หรือ Generic Container Yard Model หรือ GCY Model

ตารางที่ 9 สรุปแบบจำลองกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่มีการซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ (GCY Model)

Process	Container IN	Container OUT	Resource
รถบรรทุกขนตู้สินค้าเข้าสู่ระบบ	Step 1	Step 1	
การจัดทำและตรวจสอบเอกสารขาเข้า	Step 2	Step 2	Gate In
ตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ขาเข้า	Step 3		Inspector In
ประเมินการซ่อม	Step 4		Inspector In
ตู้คอนเทนเนอร์ไม่ต้องได้รับการซ่อมแซม	Step 5		
เคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ไปยังลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์	Step 6		Crane Driver
รถยกตู้คอนเทนเนอร์เพื่อวางบนหางลาก		Step 3	Crane Driver
ตรวจสอบตู้คอนเทนเนอร์ขาออก		Step 4	Inspector Out
จัดทำและตรวจสอบเอกสารขาออก		Step 5	Gate Out
รถบรรทุกขนตู้สินค้าออกจากระบบ		Step 6	

ข้อมูลสรุปที่นำมาสร้างแบบจำลองกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่มีการซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ (GCY Model) ได้แก่

- ตารางสรุปขั้นตอน (Process) ในกระบวนการดำเนินงานแบบตู้คอนเทนเนอร์ขาเข้า (Container IN)

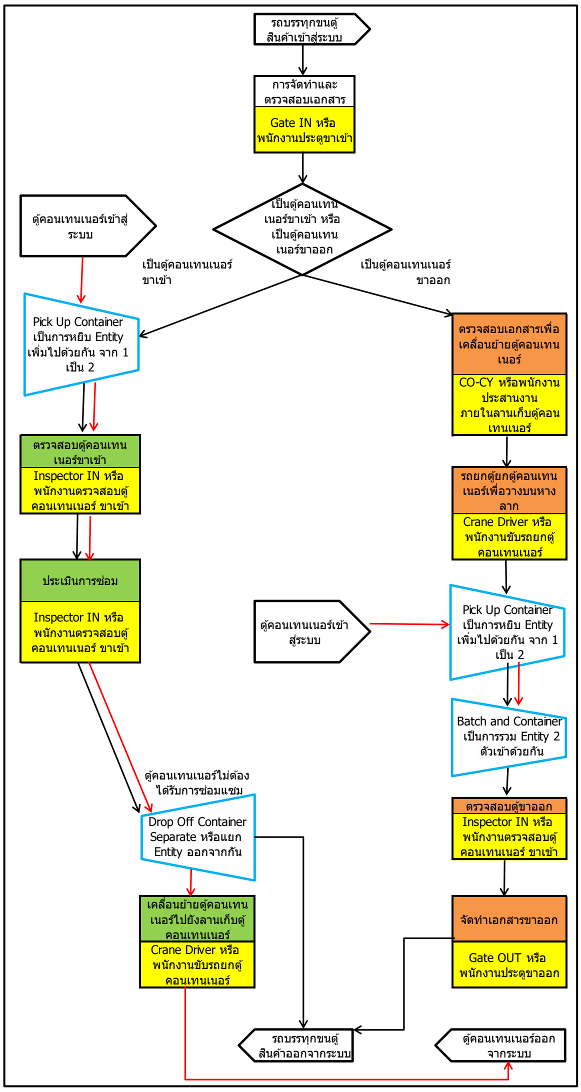
- ตารางสรุปขั้นตอน (Process) ในกระบวนการดำเนินงานแบบตู้คอนเทนเนอร์ขาออก (Container OUT)
- ตารางสรุปทรัพยากร (Resource) ที่ใช้ในกระบวนการดำเนินงานแบบตู้คอนเทนเนอร์ขาเข้า (Container IN)
- ตารางสรุปทรัพยากร (Resource) ที่ใช้ในกระบวนการดำเนินงานแบบตู้คอนเทนเนอร์ขาออก (Container OUT)

จากนั้นจึงนำข้อมูลข้างต้น มารวมกันเป็นตารางเดียวเพื่อจัดทำตารางสรุปแบบจำลองกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่มีการซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ (GCY Model) ได้ดังตารางที่ 9

4.3 การจำลองสถานการณ์

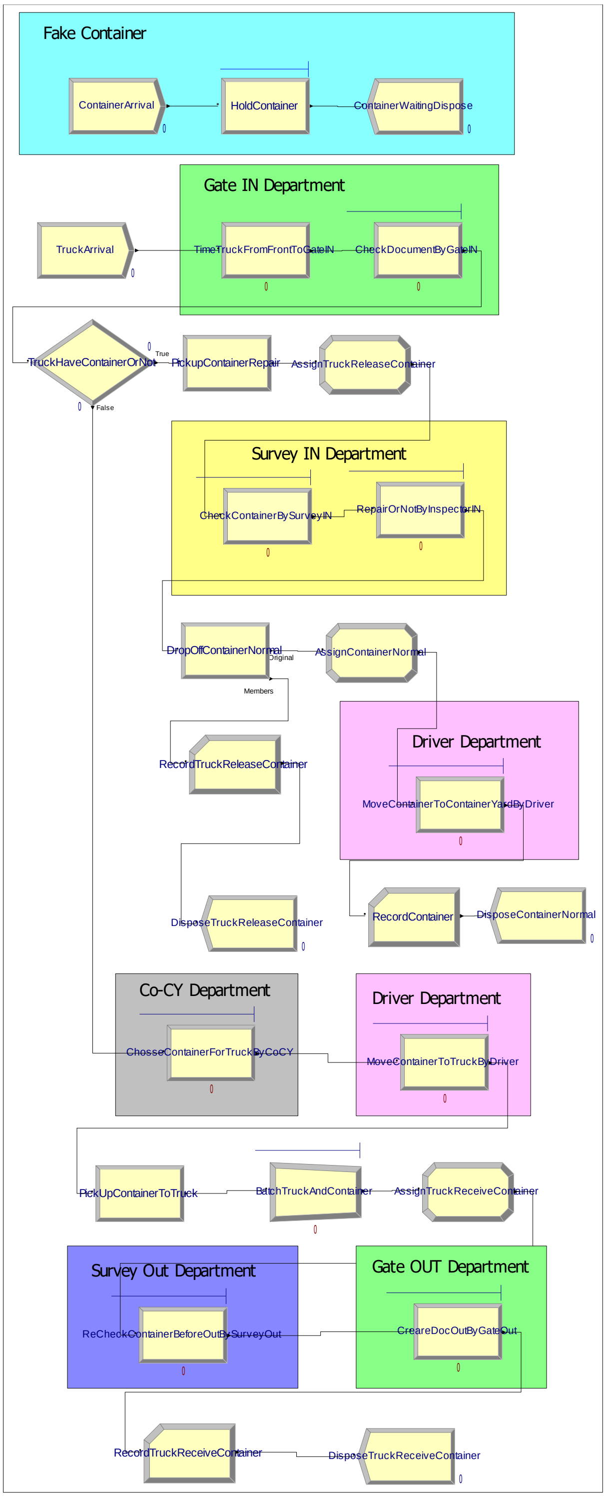
การจำลองสถานการณ์ (Simulation) คือ การจำลองสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมาไว้ในคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หรือ แก้ปัญหาด้วยการทดลองซ้ำกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อความแม่นยำหรือความน่าเชื่อถือที่สูงในคำตอบจากจำนวนรอบในการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแผนผังการดำเนินงานของอารีน่า (Arena Flow Chart) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์แบบไม่มีการซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ (GCY Model) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังการดำเนินงานของอารีน่า ของ GCY Model

จากนั้นจึงสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์แบบไม่มีการซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ (GCY Model) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แบบจำลองสถานการณ์ของ GCY Model

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ (Verification) เป็นการตรวจสอบว่าแบบ จำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องหรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบโดยเปรียบเทียบแผนผังการดำเนินงานของ แบบจำลองกระบวนการมาตรฐานของลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์แบบไม่มีการซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ (GCY Model) กับ แบบจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม

Arena Simulation และทำการทดลองรันโปรแกรมแล้วพบว่าแบบจำลองสถานการณ์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์กับเหตุการณ์จริง (Validation) เป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ที่ได้กับ ผลลัพธ์จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และวางแผนในการทำซ้ำจำนวนรอบของการทดลองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง แต่เนื่องจากแบบจำลองนี้ สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลที่ไม่ได้อ้างอิงจากบริษัทใดบริษัทหนึ่งเท่านั้น อีกทั้งผู้วิจัยไม่มีเวลามากพอที่จะเก็บข้อมูลทั้งหมดเพื่อมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้ จึงทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาที่ได้จากระบบงานจริงได้ แต่ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่ต้องการนำโปรแกรมไปใช้จริงว่าควรต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์กับเหตุการณ์จริง (Validation) และกำหนดรอบในการรันโปรแกรมก่อนเพื่อความถูกต้องและแม่นยำที่มากขึ้นของระบบการจำลองสถานการณ์

5. สรุปผล

จากการศึกษาจาก กระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ของ 1 กรณีศึกษาและ 6 งานวิจัย ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากแนวคิดของ SCOR Model แต่ไม่ได้มีการนำ SCOR Model มาใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถสร้างแบบจำลองกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่มีการซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ (Generic Container Yard Model: GCY Model) เพื่อเป็นกระบวนการมาตรฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ทั่วไป และนำไปสร้างเครื่องมือโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ (Simulation) เพื่อให้ผู้จัดการลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Container Depot Manager) นำไปใช้ และเป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ทั่วไป แต่สำหรับผู้ที่ต้องการนำโปรแกรมไปใช้งานจริงควรตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์กับเหตุการณ์จริง (Validation) และกำหนดรอบในการรันโปรแกรมก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นพื้นฐานสำหรับผู้ที่สนใจกระบวนการดำเนินงานภายในลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์ หรือวิธีการสร้างกระบวนการมาตรฐานสำหรับงานวิจัยในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] ร.ผศ. ดร.สมบัติ ศิริโสภณศิลป์, 2549, สู่การสร้างโลจิสติกส์และซัพพลายเชนระดับโลก, “คุณค่าความเป็นศูนย์กลางการขนส่งและโลจิสติกส์ของประเทศไทย”, สำนักพิมพ์ TFL, CU และ TLAPS, กรุงเทพ หน้า 85-86

[2] สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2551, คู่มือแนะนำมาตรฐานโลจิสติกส์ สอท., หน้า 105 – 106, 111 – 113, 261

[3] ดร. ณกรณ์ อินทร์พยุง, 2548, “Discrete Optimization in Transport and Logistics การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์”, ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพ, หน้า 206

[4] ชัยยุธ เหล่าธนาสิน, 2548, การใช้ลานพักตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าเพื่อการส่งออก : กรณีศึกษาผู้ให้บริการโลจิสติกส์, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า ข

[5] มานพ วราภักดิ์, 2550, การจำลอง [Simulation], พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, หน้า 1, 8, 31 – 32, 37 - 39

[6] ดร.อดิศักดิ์ ธีรานุพัฒนา และ ดร.จอน ตั้ง, 2552, วารสารบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, “การพัฒนาแบบจำลองการวัดสมรรถนะโซ่อุปทาน โดยประยุกต์ใช้วิธีการวัดของ Chan and Qi (ทฤษฎีฟัซซีเซต) กับกรอบการทำงาน SCOR”, หน้า 11 - 33

[7] จิตราภรณ์ คงพูล, 2553, การปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการลานวางตู้คอนเทนเนอร์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 42, 45 - 51

[8] อภิชาต สิทธิชัยเนตร และสิทธิพร พิมพ์สกุล, 2556, “การออกแบบวิธีการจัดเตรียมตู้คอนเทนเนอร์ กรณีศึกษา บริษัท วินวิน คอนเทนเนอร์ เดโป จำกัด”, วิศวสารลาดกระบัง, ปีที่ 30, ฉบับที่ 2, หน้า 49-54

[9] ณัฐพร นันทจิระพงศ์ และรัฐธีร์ ธิติธาดา, 2559, “ระบบบริหารจัดการลานวางตู้คอนเทนเนอร์”, การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน, ครั้งที่ 4, วันที่ 13 พฤษภาคม 2559, หน้า 1084 - 1091

[10] ปิติ วงศ์กนกสิน และกาญจนา กาญจนสุนทร, 2559, การจำลองสถานการณ์สำหรับการให้บริการลานพักตู้สินค้า (Container Depot), บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมธุรกิจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

[11] Hidalgo, et al, 2017, “EMPTY CONTAINER STACKING OPERATIONS: CASE STUDY OF AN EMPTY CONTAINER DEPOT IN VALPARAISO CHILE”, Winter Simulation Conference, p. 3117

[12] Zachrisson และ Naperotti, 2018, Empty container management in depots before and after outsourcing of container inspection, Bachelor’s thesis in Shipping and Logistics, Department of Technology Management and Economics, Division of Service Management and Logistics, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden

ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาว ไพลิน กุลศรีสุวรรณ

ระดับมัธยมศึกษา: โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา ปีการศึกษา 2551

ระดับปริญญาตรี: บริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการตลาด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2555

ระดับปริญญาโท: วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2562

การปรับปรุงกระบวนการการทำงานของพนักงานหยิบสินค้าคลังสินค้าออนไลน์ โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาคลังสินค้าออนไลน์ของเว็บไซต์ค้าปลีกC

A Study for Improving E-Commerce Warehouse Operations using Simulation Software Tool: A Case Study of Retail E-Commerce Company C.

ทนงศักดิ์ เหลืองทา[1] และสราวุธ จันทร์สุวรรณ[2*]
คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (NIDA) 118 ถนนเสรีไทย เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
E-mail: [1]info@tanongsak.com, [2]sarawut@as.nida.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการซื้อขายสินค้าออนไลน์หรือธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-Commerce) ในประเทศไทยมีการเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ธุรกิจค้าปลีกขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ต่างให้ความสนใจและปรับตัวให้เข้ากับธุรกิจออนไลน์กันมากขึ้น ส่งผลให้ระบบจัดการคลังสินค้าของธุรกิจค้าปลีก ต้องปรับกระบวนการทำงานภายในคลังเพื่อให้รองรับปริมาณสินค้าที่เพิ่มสูงขึ้นรวมถึงการจัดการพื้นที่ในคลังสินค้าเพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานในคลังสินค้าออนไลน์แห่งหนึ่ง โดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arana Simulation มาช่วยในการจัดการปัญหาที่เกิดขึ้นในคลังสินค้าออนไลน์ โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการ 3 ด้านได้แก่ 1) การปรับปรุงกระบวนการทำงานของพนักงานหยิบสินค้า 2) จัดทำพื้นที่สำหรับสินค้าหมุนเวียนรวมเร็ว (Fast Pick Area) และ 3) ปรับลดกระบวนการที่เป็นคอขวดของระบบ นอกจากนี้ยังได้ทำการออกแบบตารางการปฏิบัติงานของพนักงานเพื่อลดต้นทุนการจ่ายค่าแรงล่วงเวลา โดยสถานการณ์การปรับปรุงดังกล่าวได้นำไปวิเคราะห์ด้วยแบบจำ ลองเพื่อวัดถึงประสิทธิภาพของแผนงานที่ปรับปรุง ผลการศึกษาพบว่าบริษัทสามารถลดอัตราการจ่ายค่าแรงล่วงเวลาได้ถึงลดลงถึง 26% ทำให้บริษัทประหยัดเงินค่าจ้างได้ถึง ปีละ 445,164 บาท ผลการศึกษาจะนำไปใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: การจัดการคลังสินค้า, คลังสินค้าออนไลน์, การจำลองสถานการณ์, โปรแกรม ARENA, สินค้าหมุนเวียนรวมเร็ว

Abstract

Recently, the E-commerce business in Thailand has growth substantially which attracts small, medium, large-size business to start doing the online business for their merchandizes. The E-commerce warehouse has significantly impacted by the fast growth rate and the variety of products. The objective of this study is to improve the efficiency of the E-commerce warehouse of a large-scale retailer using the simulation software tool, ARENA. Three processes in the warehouse that are improved in our study including 1) Picking Process 2) Fast Pick Area Picking Process and, 3) Bottleneck Process. Besides, the schedules for the workers in the warehouse are revised so that they can reduce the over-time (OT) that are usually implemented in the case study. The results indicate that the improved scenario could reduce the OT cost approximately 26% or 445,164 Baht/Year. The improved plan is promising and will be suggested for implementing in the E-commerce warehouse

Keywords: Warehouse Management, E-Commerce Warehouse, Simulation, ARENA, Fast Pick Area

* Corresponding author: E-mail: sarawut@as.nida.ac.th
[1] นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์

1. บทนำ

ปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากอินเตอร์เน็ตในการนำเอาไปใช้ในการเพิ่มช่องทางการซื้อขายสินค้าออนไลน์ หรือที่เรียกกันว่าธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์(e-Commerce) ตามข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าตั้งแต่ พ.ศ.2548 เป็นต้นมา มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรที่มีการใช้งานอินเตอร์เน็ตในทุก ๆ ปี จากการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของเทคโนโลยีและอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้สำหรับติดต่อสื่อสาร รวมไปถึงระบบเครือข่ายสัญญาณต่าง ๆ ทำให้การติดต่อสื่อสารทำงานสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งในปี พ.ศ. 2559 หรือในปัจจุบันนี้ คำว่า e-Commerce อาจไม่ใช่สิ่งที่เป็นเรื่องใหม่สำหรับใครหลาย ๆ คน และการสั่งซื้อสินค้าผ่านระบบออนไลน์ หรือ อินเตอร์เน็ตที่เมื่อก่อนอาจถูกมองว่ามีความยุ่งยาก และขาดความน่าเชื่อถือ แต่ในปัจจุบันมุมมองของผู้บริโภคต่อการซื้อขายผ่านอินเตอร์เน็ตในเรื่องดังกล่าวได้เปลี่ยนไป การซื้อขายสินค้าออนไลน์หรือธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-Commerce) เติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง คลังสินค้าที่ใช้รองรับสินค้าจำเป็นต้องมีการพัฒนาทั้งด้านกายภาพและกระบวนการในการจัดเก็บและหยิบเพื่อทำให้การจัดการภายในคลังสินค้าออนไลน์นั้นมีประสิทธิภาพ รวดเร็วและสามารถสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มีปริมาณสูงมากขึ้น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานในคลังสินค้าออนไลน์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์โดยมุ่งเน้นการปรับปรุง 3 ด้านได้แก่ 1) การปรับปรุงกระบวนการของพนักงานในการหยิบสินค้า 2) จัดทำพื้นที่สำหรับสินค้าหมุนเวียนรวมเร็ว (Fast Pick Area) และ 3) ปรับลดกระบวนการที่เป็นคอขวดของระบบ โดยงานวิจัยได้พัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ ARENA เพื่อวิเคราะห์หากระบวนการที่ทำให้ประสิทธิภาพของคลังสินค้าดีขึ้นโดยผลลัพธ์ที่ได้ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการจ้างงานพนักงานล่วงเวลาและกระบวนการที่จัดใหม่ยังผ่านเกณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพโดยแผนการปรับปรุงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานของคลังสินค้าดังกล่าวต่อไปในอนาคต

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการการทำงานของพนักงานหยิบสินค้าที่ประสบปัญหาในปัจจุบันของคลังสินค้าออนไลน์แห่งหนึ่ง
2. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการการทำงานหยิบสินค้าของคลังสินค้าออนไลน์และเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาทั้งในด้านพื้นที่กายภาพและกระบวนการภายในคลังสินค้าออนไลน์
3. เพื่อพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการจัดการพื้นที่ทางกายภายกระบวนทำงาน
4. เพื่อนำผลวิเคราะห์ที่ได้ไปสู่การปฏิบัติจริงซึ่งจะช่วยให้การทำงานของคลังสินค้ามีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

2. กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับคลังสินค้าออนไลน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-commerce)

การซื้อสินค้าทางออนไลน์ (Online Shopping) เรียกว่าเป็น พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-commerce) หมายถึง การทำธุรกรรมผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในทุกช่องทางที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ อินเทอร์เน็ตและระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สามารถกระทำผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ การโอนเงินอิเล็กทรอนิกส์ การจัดการห่วงโซ่อุปทาน การโฆษณาในอินเทอร์เน็ต แม้กระทั่งซื้อขายออนไลน์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพขององค์กร โดยการลดบทบาทของความสำคัญขององค์ประกอบทางธุรกิจลง[1]

2.2 คลังสินค้า (Warehouse Management)

การจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management) หมายถึง การรับสินค้าเพื่อจัดเก็บและหยิบเพื่อจัดส่งสินค้าให้ผู้รับเพื่อกิจกรรมการขาย เป้าหมายหลักในการบริหารดำเนินธุรกิจเพื่อให้เกิดความคุ้มค่ากับการลงทุน การควบคุมคุณภาพของการเก็บ การหยิบสินค้า การป้องกัน ลดการสูญเสียจากการ ดำเนินงานเพื่อให้ต้นทุนการดำเนินงานต่ำที่สุด และการใช้ประโยชน์เต็มที่จากพื้นที่ ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ ในคลังสินค้าจะมีดังต่อไปนี้

2.2.1 การรับสินค้า (Goods Receiving) กระบวนการรับสินค้านั้นเริ่มจาก การได้รับการติดต่อ จากทางผู้ค้า หรือเจ้าของสินค้าที่จะต้องทำการขอจองรอบการเข้ารับส่งสินค้า ตามช่วงเวลาที่ได้ตกลงกับเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ทางหน่วยงานเกี่ยวข้างได้ดำเนินการจัดเตรียมความพร้อมต่าง ๆ และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกันกับขั้นตอนอื่น ๆ ของแต่ละกระบวนการต่าง ๆ ภายในคลังสินค้า

2.2.2 การจัดเก็บสินค้า (Put-away) เป็นกระบวนการที่ค่อนข้างสำคัญ เนื่องจากกระบวนการนี้หากมีการจัดเก็บที่ผิดพลาดจะส่งผลต่อคุณภาพความรวดเร็วในการให้บริการแก่ลูกค้าออนไลน์ได้ และยังส่งผลกระทบอื่น ๆ ตามมา ดังนั้น ขั้นตอนของการจัดเก็บจะต้องมีระบบบริหารคลังสินค้าออนไลน์จำเป็นจะต้องเข้ามาช่วยในการตรวจสอบความถูกต้อง

2.2.3 การหยิบสินค้า (Picking Order) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้อง กับการหยิบสินค้าให้กับลูกค้า (Outbound Process) ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญ เพราะกระบวนการนี้จะมีต้นทุนของการดำเนินการคลังสินค้าถึง 55% ของต้นทุนการจัดการคลังสินค้าทั้งหมด

2.2.4 การตรวจสอบและการบรรจุสินค้า (Checking and Packing) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากสินค้าหยิบเพื่อเตรียมบรรจุลงกล่อง เป็นกระบวนการสำหรับตรวจสอบคุณภาพสินค้าต่าง ๆ เช่นตรวจสอบสี ขนาด รวมไปถึงเช็คสภาพความเสียหายจากภายนอก โดยที่กระบวนการทำงานนี้ จะถูกบันทึกการทำงานของพนักงาน ด้วยกล้องวงจรปิด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในกรณีถูกร้องเรียนจากลูกค้า

2.2.5 การจัดส่งสินค้า (Shipping) เป็นกระบวนการจัดส่งสินค้าตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้ายของการทำงานในคลังสินค้าออนไลน์ที่รวมรวมสินค้าเพื่อส่งออกไปยังลูกค้าด้วยกระบวนการขนส่ง

2.3 พื้นที่สำหรับสินค้าหมุนเวียนรวมเร็ว (Fast Pick Area)

คือพื้นที่สำหรับใช้จัดเก็บสินค้าที่มีการหมุนเวียนเร็ว หรือมีการหยิบบ่อย ๆ ซึ่งอาจจะเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมจากลูกค้า หรือเป็นสินค้าที่ทางบริษัทต้องการที่จะจัดทำโปรโมชั่น ซึ่งสินค้าเหล่านี้จะถูกนำมาไว้ที่พื้นที่ ที่อยู่ใกล้กระบวนการต่อไปมากที่สุดเพื่อให้ลด

[1] Wikipedia – การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์. สืบค้นเมื่อ 27 มิถุนายน 62 , https://th.wikipedia.org/wiki/การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

ระยะเวลาในกระบวนการหยิบสินค้า การจัดการพื้นที่สำหรับสินค้าหมุนเวียนเร็วนี้ถือเป็นกระบวนการสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับคลังสินค้า

2.3.1 กลยุทธ์การเลือกเก็บสินค้าสำหรับพื้นที่สำหรับสินค้าหมุนเวียนรวมเร็ว (Fast Pick Area) การคัดเลือกสินค้าที่จะนำมาไว้ที่พื้นที่สำหรับสินค้าหมุนเวียนเร็วนั้น นอกจากจะคำนึกขนาดสินค้าที่ต้องมีขนาดเล็ก มีอัตราการหมุนเวียนที่สูง ยังรวมไปถึงการนำเอาทฤษฎีบทที่ว่า “Law of Non, Min, All” โดยมีความหมายดังต่อไปนี้ Law of All หมายถึงการนำสินค้ารายการนั้นเข้ามาเก็บในพื้นที่สินค้าหมุนเวียนเร็ว (Fast Pick Area) ก็จะต้องนำมาเก็บไว้ทั้งหมด, Law of Min หมายถึง ถ้าจะต้องนำสินค้ารายการนั้นเข้ามาเก็บในพื้นที่สินค้าหมุนเวียนเร็ว Fast Pick Area ก็จะต้องเป็นสินค้าที่ใช้พื้นที่น้อยที่สุด, และ Law of Non หมายถึงสินค้าบางรายการนั้นจะไม่ถูกจัดเก็บในพื้นที่เฉพาะสำหรับสินค้าหมุนเวียนเร็ว Fast Pick Area

2.3.2 ขั้นตอนการหาสินค้าสำหรับจัดเก็บในพื้นที่ Fast Pick Area หลักการที่จะใช้ในการเลือกหาสินค้า และการการคำนวนหาค่าประสิทธิภาพในการจัดวางสินค้า จากข้อมูลต่าง ๆ ที่เก็บมาได้สารถทำได้ดังนี้ เมื่อ

P_i คือความถี่ในการหยิบสินค้าของรายการที่ i

D_i คือจำนวนพาเลทที่ถูกหยิบแบบเต็มพาเลท

L_i คือจำนวนชั้นวางที่น้อยที่สุดที่ต้องการของสินค้าที่ i

S คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ประหยัดจากการไปหยิบสินค้าที่พื้นที่สำรอง (Reserved Area) กับการหยิบที่ FPA

C_r คือ ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการหยิบสินค้าที่ Reserve area

โดยที่สมการของการหา FPA จะต้องได้ค่า LE (Labor Efficiency) สูงที่สุดแสดงดังนี้

$$LE = (SP_i - C_r D_i) / L_i \tag{1}$$

2.4 **ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ** (Key Performance Indicator: KPI)

การกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพ (KPI) สำหรับคลังสินค้าออนไลน์ถูกกำหนดด้วย นโยบายการบริหารงานจากผู้บริหารของบริษัท ฯ โดยกำหนดให้สินค้าจะต้องพร้อมจัดส่งให้กับลูกค้าภายในไม่เกิน 3 วันหลังจากมีคำสั่งซื้อเข้ามาในระบบคลังสินค้า (WMS) อยู่ที่ไม่เกิน 95% ใน 1 ปี โดยที่ได้กำหนดให้

O_i คือจำนวนรายการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ที่สามารถดำเนินการสำเร็จภายในเวลา 3 วัน

O_y คือจำนวนรายการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ที่เกิดขึ้นใน 1 ปีของคลังสินค้าแห่งนี้

$$KPI = O_i / O_y \tag{2}$$

ด้วยเหตุผลของการกำหนด KPI ดังกล่าวมาจาก ปัจจุบันการทำงานของคลังสินค้าออนไลน์จะทำงานในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ และจะตอบสนองต่อคำสั่งซื้อสินค้าของลูกค้าอยู่ที่ช่วงเวลา 7:30 น. – 16:30 น. ของแต่ละวัน ดังนั้นจะทำให้เกิดปัญหาหากมีคำสั่งซื้อสินค้าเข้ามาในช่วงเวลาหลัง 16:30 น. ในวันศุกร์ จะทำให้คำสั่งซื้อถูกตอบสนองในจันทร์ ทำให้เกิดช่วงเวลาที่ว่างถึง 2 วัน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในหน่วยบริการและโลจิสติกส์

สำหรับตัวแบบจำลองสถานการณ์ในหน่วยบริการและโลจิสต์ติกส์ในโรงงานและคลังสินค้าประยุกต์ใช้แนวคิดทฤษฎีแถวคอย (Queuing Theory) โดยการจำลองสถานกาณ์ต้องกำหนด 1) รูปแบบการให้บริการซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ คือ มาก่อนได้รับบริการก่อน (Frist Come First Served :FCFS) และ มาทีหลังได้รับบริการก่อน (Last Come First Served :LCFS) 2) รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการ (Arrival) 3) รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของช่วงระยะเวลาระหว่างการมาของลูกค้า ซึ่งงานวิจัยที่สอดคล้องได้แก่ [7-9] ผลของงานวิจัยดังกล่าวใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพหลักได้แก่ แถวคอย (Queue Length) เวลารอคอยเฉลี่ย (Average waiting time) เวลารวมเฉลี่ยของระบบ (Total system time) การใช้ประโยชน์ (Utilization) รวมไปถึงสามารถใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์หาความสามารถสูงสุดในการให้บริการของระบบ (Capacity)

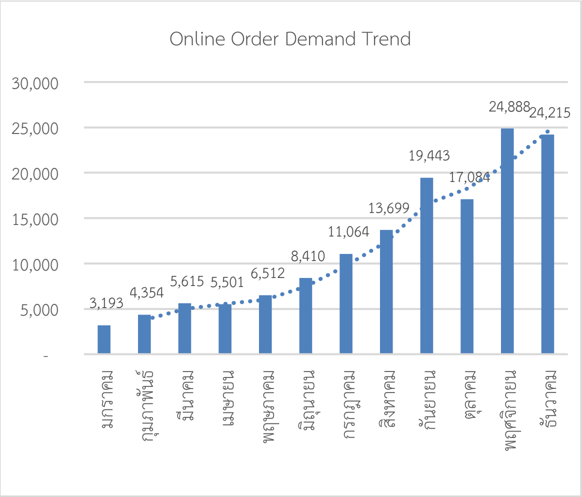
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าของตัวแบบจำลอง

การได้มาซึ่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ในตัวแบบจำลองจะมีวิธีการได้มาแตกต่างกัน เช่น กลุ่มประชากร ช่วงเวลาในการเก็บ ซึ่งแต่ละงานวิจัยข้อมูลก็จะมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันไป โดยเฉพาะข้อมูลเวลาการให้บริการ (Service time) หรือ เวลาปฏิบัติงาน (Process time) ก่อนจะนำข้อมูลไปใช้จริงต้องทำการทดสอบความเชื่อมั่น และวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวของข้อมูล ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้ วิธีการทดสอบสมมติฐานการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูล (Goodness of Fit test) ซึ่งทดสอบได้ 2 วิธี คือ 1) วิธีการทดสอบโคโมโทรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test : K-S Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล 2) วิธีการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมากกว่า 50 ข้อมูล และจะยอมรับ H0 เมื่อ P-Value ของไคสแควร์มีค่ามากกว่า 0.05 (ระดับนัยสำคัญ ณ ช่วงความเชื่อมั่น 95%) ซึ่งการทดสอบนี้สามารถใช้ผ่านเครื่องมือในตัวแบบจำลองเช่น Input Analyzer เป็นต้น [10], [11], [12]

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 ปัญหาที่พบเจอในคลังสินค้าออนไลน์ปี 2018

จากรายงานผลปฏิบัติงานตลอดปี 2018 ของคลังสินค้าออนไลน์ พบว่าในปีที่ผ่านมา ยอดขายสินค้าออนไลน์ของทางบริษัทมีจำนวนยอดขายที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละเดือนเฉลี่ยแล้ว 22 % ต่อเดือน

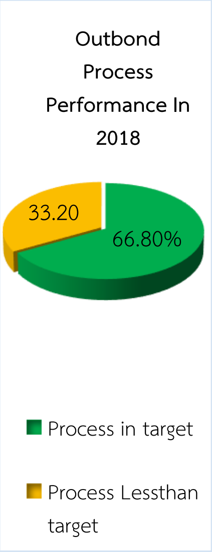


ภาพที่: *1* เปรียบเทียบการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ในแต่ละเดือนปี *2018*

และเนื่องจากปริมาณการสั่งซื้อที่เพิ่มสูงขึ้นทุกเดือน จึงส่งผลกระทบต่อกระบวนการทำงานของกระบวนการหยิบสินค้า Outbound Process ในหลายๆด้านได้แก่

3.1.1 ระยะเวลาในกระบวนการหยิบสินค้าที่ไม่เป็นไปตามการวัดผล (Low KPI) เนื่องจากกระบวนการหยิบสินค้ามีขีดจำกัดในการให้บริการในแต่ละวัน จึงส่งผลให้กระบวนการไม่สามารถดำเนินการเสร็จสิ้นภายในวัน หรือดำเนินการให้เสร็จตามระยะเวลาที่อยู่ใน KPI ของการวัดผล

Day of Outbound	No. of Order	%
Less than 1 day	3,187	2.21%
Process 1 day	34,558	24.01%
Process 2 days	54,927	38.16%
Process 3 days	16,712	11.61%
Process 4 days	8,933	6.21%
Process 5 days	7,349	5.11%
Process 6 days	6,100	4.24%
Process 7 days	3,918	2.72%
Process 8 days	3,045	2.12%
Process 9 days	2,151	1.49%
Process 10 days	1,468	1.02%
Process 11 days	792	0.55%
Process 12 days	465	0.32%
Process 13 days	199	0.14%
Process 14 days	129	0.09%
Total	143,933	

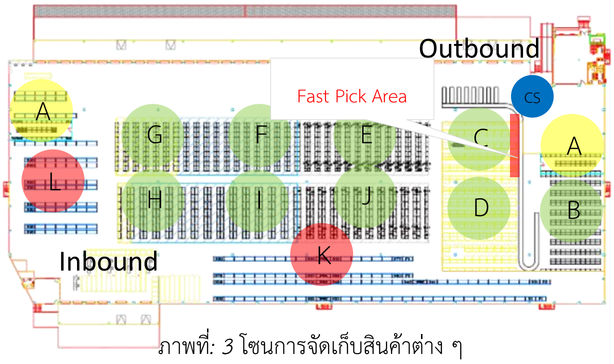


ภาพที่: *2* รายงานจำนวนวันในกระบวนการหยิบสินค้าของแต่ละคำสั่งซื้อในปี *2018* ที่ผ่านมา

3.1.2 เกิดต้นทุนในการจ้างงานนอกเวลางานที่สูง เมื่อไม่สามารถดำเนินการตามกรอบระยะเวลาที่วางไว้ (KPI) จึงทำให้คลังสินค้าทำการเปิดชั่วโมง OT. ในแต่ละวันเพื่อให้กระบวนการสามารถดำเนินการให้แล้วเสร็จได้มากที่สุด จึงส่งผลให้ในแต่ละเดือนคลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้มีการจ้างงานนอกเวลาทำงานต่อเดือนเฉลี่ยอยู่ที่ 140,216 บาท/เดือน

3.2 ลักษณะทางกายภายของคลังออนไลน์

ลักษณะทางกายภาพ หรือ Layout ของคลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้จะมีลักษณะเป็น สี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยมีพื้นที่บริการจัดเก็บสินค้าอยู่ที่ประมาณ 9,500 ตรม. โดยมีรูปแบบการปฏิบัติงานเป็นลักษณะ I flow ที่จุดรับสินค้า (Inbound) และจุดนำสินค้าออกจากคลังสินค้า (Outbound) จะอยู่ตรงข้ามกัน โดยสภาพแสดงตามรูปด้านล่าง



ภาพที่: *3* โซนการจัดเก็บสินค้าต่าง ๆ

เนื่องจากคลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้ค่อนข้างมีพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้ากว้างใหญ่ จึงมีการแยกประเภทการจัดเก็บสินค้า ดังต่อไปนี้

3.2.1 สินค้าขนาดเล็กทั่วไป เป็นสินค้าที่มีจำนวนต่อ sku สูงที่สุดที่จัดเก็บในคลังสินค้าแห่งนี้ โดยจะมีโซนจัดเก็บได้แก่ zone B-C-D-E-F-G-H-I-J ครอบคลุมพื้นที่ภายในคลังสินค้าออนไลน์ถึง 60% ซึ่งเมื่อในแต่ละโซนมีคำสั่งหยิบสินค้า (Picking list) เกิดขึ้นพนักงานประจำโซนจะทำการหยิบสินค้าลงตะกร้า ประจำโซนและเดินนำไปวางไว้ที่สายพานลำเลียง (Conveyor) เพื่อนำสินค้าไปยังจุดที่เป็นการรวมสินค้า (Combine Station) ก่อนการส่งต่อไปยังจุดต่อไป

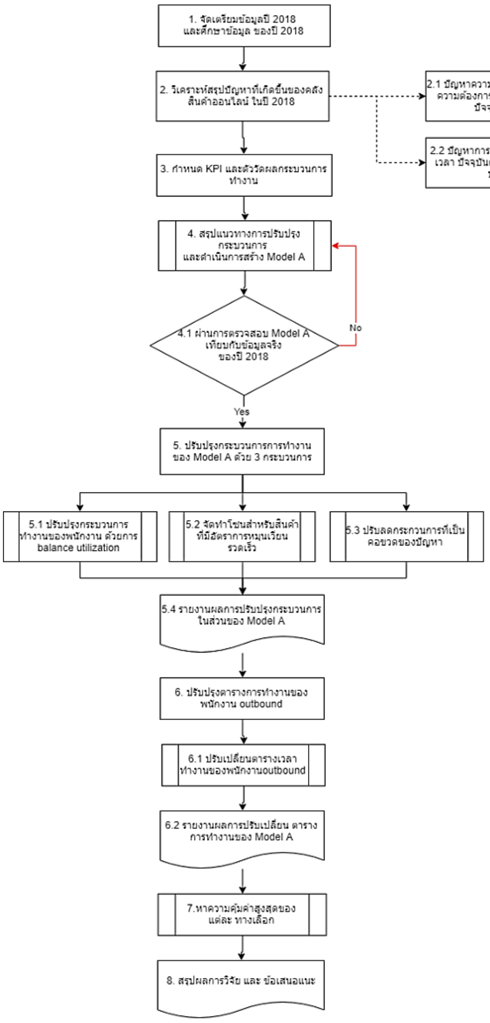
3.2.2 สินค้าขนาดใหญ่ เป็นที่ค้าที่ต้องจัดเก็บแยกออกมาจาก *zone* ปกติเนื่องจากต้องใช้พื้นที่จัดเก็บต่อ Location ค่อนข้างกว้าง โดยสินค้าจะจัดเก็บอยู่ที่ zone K-L และสินค้าขนาดใหญ่จะใช้รถยก (Forklift) ในการนำสินค้าไปยังจุด ตรวจสอบและบรรจุ (QC & Packing) โดยสินค้าจะไม่ถูกนำไปรวมกับสินค้าชิ้นเล็กหากมีคำสั่งซื้อเข้ามาร่วมกับสินค้าชิ้นเล็ก

3.2.3 *สินค้าควบคุม* เป็นสินค้าที่ต้องการควบคุมพิเศษ เช่นสินค้าที่จะต้องควบคุณอุณหภูมิให้คงที่ตลอดเวลา หรือ สินค้าที่มีมูลค่าสูงต้องกรจัดเก็บด้วยห้องจัดเก็บนิรภัย ซึ่งสินค้าเหล่านี้จะได้รับการจัดเก็บอยู่ในโซนที่มีการควบคุมการทำงานของพนักงานเป็นพิเศษ และมีการบันทึกการปฏิบัติงานของพนักงานด้วยกล้องวงจรปิด สินค้าเหล่านี้จะถูกจัดเก็บอยู่ใน zone A ทั้งหมดที่กระจายอยู่ใน *2* จุดของคลังสินค้าแห่งนี้ ซึ่งกระบวนการหยิบสินค้าจะมีลักษณะคล้ายกับการหยิบสินค้าที่อยู่ในโซนสินค้าขนาดเล็ก

3.2.4 จุดรวมสินค้า Combine Station เป็นจุดที่สินค้าที่เกิดจากคำสั่งซื้อสินค้าที่มีการแยกโซนหยิบสินค้าจากโซนสินค้าขนาดเล็กทั่วไป และ โซนสินค้าควบคุมอุณหภูมิ จะถูกสายพานลำเลียง (Conveyor) ส่งมาเพื่อรอให้พนักงานทำการตรวจสอบใบสั่งหยิบสินค้าว่าเป็นใบสั่งหยิบที่ต้องมีการรวมหรือไม่หากไม่มีตะกร้าจะถูกปล่อยให้ไปสู่กระบวนการต่อไป (จากภาพโซนการจัดเก็บสินค้า ตำแหน่ง Combine Station จะอยู่ที่ตำแหน่ง CS)

3.3 การดำเนินการวิจัย

เมื่อทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับคลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้แล้วในการแก้ไขปัญหาทางผู้วิจัยจะนำเอาโปแกรม Arena Simulation เข้ามาช่วยในการขยายปัญหาให้เห็นภาพมากยิ่งขึ้น และแก้ไขปัญหานี้ด้วยการทำการทำแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยข้อสัณฐานต่าง ๆ ที่คาดว่าเป็นที่มาของปัญหา โดยขั้นตอนของการวิจัยสามารถอธิบายได้ด้วย Flow Chart ด้านล่าง



ภาพที่: *4 Flow Chart* ภาพรวมขั้นตอนกระบวนการดำเนินงานวิจัยด้วยโปรแกรม *Arena Simulation*

แต่ละขั้นตอนใน Flow Chart จะมีขั้นตอนของการดำเนินงานวิจัยต่าง ๆ อธิบายได้ดังนี้

1. จัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการวิจัย โดยใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นในปี 2018 จากระบบ WMS มาเป็นตัวแบบตัดสินใจ
2. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานในปี 2018
    a. ปัญหา KPI ในปี 2018 ที่ต่ำกว่า 95 % ในกระบวนการหยิบสินค้า
    b. ปัญหาการจ่ายค่าแรงล่วงเวลาของพนักงานที่สูงถึง 140,216 บาท/เดือน
3. กำหนด KPI สำหรับใช้ในการทดสอบกับแบบจำลองสถานการณ์ Improved model : (Base model) เพื่อแสดงให้เห็นว่า Base model สะท้อนการทำงานาจริงของคลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้
4. สร้างแบบจำลองสถานการณ์ภายในคลังสินค้าออนไลน์ Improved model : (Base model) เป็นการจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจริงของคลังสินค้าออนไลน์ ใช้ทำการปรียบเทียบผลที่ได้จากรายงาน กับข้อมูลจริงของปี 2018 ว่ามีค่าที่เหมือนกันหรือไม่
5. นำเอา Base model มาทำการปรับปรุงกระบวนการทำงานต่าง ๆ ของ outbound process เพื่อใช้แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในปี 2018 ดังต่อไปนี้
    a. ปรับปรุงกระบวนการ ทำงานของพนักงานหยิบสินค้าเพื่อทำให้ Utilization มีค่าอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน
    b. ทำการสร้างแบบจำลองพื้นที่สำหรับสินค้าที่มีการหยิบบ่อย Fast Pick Area
    c. แก้ไขปัญหาแถวคอยของการทำงาน (Bottleneck Process) และ ทำการปรับแก้ไขเพื่อให้ลดกระบวนการรอคอระหว่างกระบวนการ
    d. สรุปผลการปรับแก้ไขและเปรียบเทียบความคุ้มค่าตามกระบวนที่ได้มีการปรับปรุงใหม่ข้างต้น
6. ทดสอบตารางเวลาการทำงานของพนักงานในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อปรับลดอัตราการจ้างงานที่เกิดจากค่าล่วงเวลา และทำการเลือกรูปแบบที่คุ้มค่ามากที่สุด
7. ทำการทดสอบหาปริมาณการสั่งซื้อสูงที่สุดที่แต่ละ Model สามารถรองรับและทำให้ KPI เฉลี่ยตลอดปีอยู่เหนือระดับ 95%
8. สรุปผลการวิจัยและทำการตัดสินใจเลือกรูปแบบกระบวนการทำงานที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำเสนอผู้บริหารต่อไป

3.4 การสร้างโมเดลต้นแบบ Base model และตัวชี้วัดผล

เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะใช้โปรแกรม Arena Simulation ในการจัดการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในปี 2018 จึงจำเป็นต้องทำการจำลองสถานการณ์กระบวนการหยิบสินค้า เพื่อสะท้อนให้เห็นภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในคลังสินค้าออนไลน์ ผ่านแบบจำลองสภานการณ์

เมื่อทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์แล้ว ตัวชี้วัดที่จะแสดงให้เห็นว่า Base model สะท้อนการทำงานของกระบวนการหยิบสินค้าได้ จึงจำเป็นจะต้องมีตัววัดผลเทียบ ซึ่งทางผู้วิจัยได้กำหนดตัวชี้วัดค่าที่จะแสดงให้เห็นว่า Base model นี้สะท้อนกระบวนการทำงานเหมือนจริงของคลังสินค้า ด้วยตัวชี้วัดดังนี้

3.2.1 No. of Order จำนวนคำสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในปี 2018 สะท้อนให้เห็นถึงการเกิด demand และเป็นตัวกำหนดให้เป็นวัตถุที่เข้ามาในกระบวนการหยิบสินค้าในคลังสินค้า

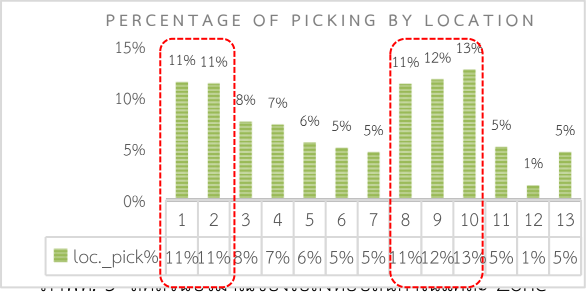
ออนไลน์

3.2.2 No. of Picklist จำนวนใบสั่งหยิบสินค้าทั้งหมดที่เกิดขึ้นในปี 2018 เนื่องจากในหนึ่งคำสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ (Order) อาจจะมีมากกว่า 1 โซนหยิบสินค้า

3.2.3 No. of Completed เป็นจำนวนคำสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ที่ดำเนินการเสร็จแล้ว ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในปี 2018

3.5 ปรับปรุงการทำงานของพนักงานหยิบสินค้า Staff Utilization

เนื่องจากคลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้มีพื้นที่จัดเก็บสินค้าที่ค่อนข้างกว้าง ดังนั้นจึงมีการแบ่งโซนการจัดเก็บสินค้า โดยในแต่ละโซนการจัดเก็บสินค้าจะมีพนักงานประจำโซนอยู่โซนละ 2 คน เพื่อคอยปฏิบัติหน้าที่ แต่เนื่องจากในปี 2018 ข้อมูลรายงานว่า ปริมาณการหยิบสินค้าในแต่ละโซนมีปริมาณที่ไม่เท่ากันดังข้อมูลแสดงด้านล่างนี้



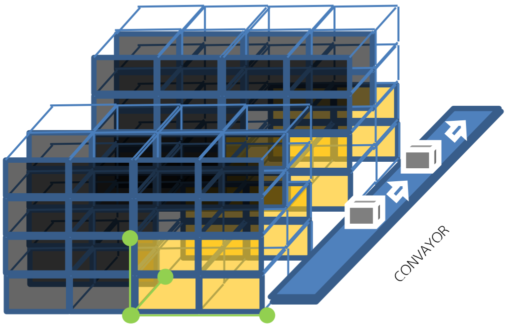
จากข้อมูลข้างต้นจะพบสัดส่วนของพนักงานหยิบสินค้าในแต่ละโซนจะมีจำนวนเท่ากันแต่ปริมาณของงานนั้นไม่เท่ากัน ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงได้มีแผนที่จะทำการปรับตำแหน่งของพนักงานหยิบสินค้าในโซนที่มีปริมาณการหยิบที่น้อยไปยังโซนที่มีปริมาณการหยิบสินค้าสูง เช่น zone H-I-J เป็นต้น

3.6 จัดทำพื้นที่สำหรับสินค้าที่หยิบบ่อย Fast Pick Area

จากภาพที่ 5 แสดงปริมาณการหยิบสินค้าในแต่ละโซนจะพบปัญหาหนึ่งนั่นคือ สินค้าที่มีปริมาณการหยิบบ่อยส่วนใหญ่จะอยู่ใน zone H-I-J เป็นต้น ซึ่งโซนดังกล่าวหากดูจากผังของการจัดโซนสินค้าแล้วจะพบว่า โซนดังกล่าวจะอยู่หากจากตำแหน่งของ สายพานลำเลียง (Conveyor) ซึ่งจะทำให้พนักงานหยิบสินค้าแต่ละใบสั่งหยิบ (Picking List) ใช้เวลานานเพราะระยะทางที่ยาวนานขึ้น

ดังนั้นการจัดทำพื้นที่สำหรับสินค้าที่มีการหยิบบ่อย (Fast Pick Area) จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยลดเวลาการทำงานลงและส่งผลให้ KPI ของกระบวนวการหยิบสินค้า ดีขึ้น

3.6.1 หาตำแหน่ง Golden zone พื้นที่สำหรับทำ Fast Pick Area ซึ่งจะต้องเป็นพื้นที่ที่สะดวกการหยิบสินค้าและใช้เวลาที่สั้นที่สุดในการส่งต่อไปยังกระบวนวการต่อไป โดยคลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้จะมี zone C-D ที่เหมาะสมต่อการทำ golden zone เพราะอยู่ติดกับสายพานลำเลียงไปยังจุดรวมสินค้า (Combine Station) ที่สั้นที่สุด



GOLDEN ZONE ,H: 160, W:200, D:90

ภาพที่: 6 ตำแหน่งที่เหมาะสมในการตัดสินใจเลือกทำ Golden zone

3.6.2 หาจำนวน Location ที่จะใช้ทำ Fast Pick Area สำหรับจำนวน Location ที่จะใช้ทำ Golden zone เนื่องจากรูปแบบการจัดเก็บสินค้าของคลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้ใช้จัดเก็บสินค้าจะเป็นลักษณะ Multi sku per Location นั้นหมายความว่า สินค้ามากกว่า 1 sku จะถูกจัดเก็บไว้ใน Location เดียวกัน แต่เนื่องจากสินค้ามีการจัดเก็บด้วยขนาดที่ไม่เท่ากันดังนั้นจึงเป็นการหาค่าเฉลี่ยต่อ Location ว่าจะสามารถรองรับสินค้าได้ทั้งหมดเท่าไหร่

ตารางที่: *1* ข้อมูลการหยิบเวลาและ *sku* เฉลี่ยต่อจัดเก็บ *1 Location*

Zone	RA	FA	*S	CR	SKU/Loc
Zone B	0:01:30	0:00:45	0:00:45	0:00:00	5
Zone C	0:01:30	0:00:45	0:00:45	0:00:00	5
Zone D	0:01:30	0:00:45	0:00:45	0:00:00	5
Zone E	0:02:00	0:00:45	0:01:15	0:00:00	5
Zone F	0:03:00	0:00:45	0:02:15	0:00:00	5
Zone G	0:03:30	0:00:45	0:02:45	0:00:00	4
Zone H	0:03:30	0:00:45	0:02:45	0:00:00	11
Zone I	0:03:00	0:00:45	0:02:15	0:00:00	11
Zone J	0:02:00	0:00:45	0:01:15	0:00:00	11
			sku per zone		7

จากข้อมูลในตารางที่ *1* สินค้าส่วนใหญ่จะถูกจัดเก็บใน *1 Location* จะมี *7 sku* ดังนั้นหากกำหนดพื้นที่ *golden zone* ไว้ *40 Location* จะสามารถรองรับ *sku* ได้ประมาณ *288 sku* เพื่อรองรับสินค้าที่มีการหยิบบ่อย

3.7 ปรับปรุงกระบวนการคอขวด Improving bottle neck process

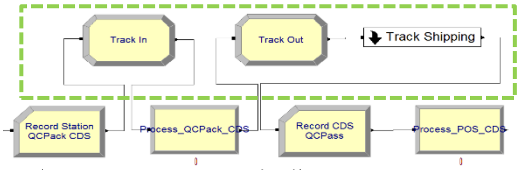
หลังจากที่มีการปรับปรุงกระบวนการต่าง ๆ ในหัวข้อข้างต้นแล้วทางผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์กับ Base model เพื่อศึกษารายงานที่ได้ ซึ่งพบว่า KPI ที่บริษัทกำหนดไว้อยู่ที่ 95% แต่เมื่อทดสอบกับแบบจำลองสถานการณ์ด้วย Base model แล้วพบว่ายังไม่สามารถแก้ไขกระบวนการเพื่อให้ KPI ดีขึ้น

3.7.1 ตรวจสอบกระบวนการที่เป็นคอขวด ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำข้อมูลจากผลรายงานที่ได้จาก Base model พบว่ามีกระบวนการที่สันนิฐานว่าจะเป็น คอขวดของปัญหา (Bottle neck process) ที่จะต้องแก้ไขตามข้อมูลในตารางด้านล่าง

ตารางที่: *2* รายงานผล *Waiting Time* การกระบวนการทั้งหมดของ *Bass model*

Process zone	Waiting Time	Number Waiting
Process_ZoneFPA.Queue	34.60	0.65
Process_ZoneA.Queue	38.89	1.56
Process_ZoneB.Queue	41.03	1.66
Process_ZoneC.Queue	73.93	2.07
Process_ZoneD.Queue	69.76	1.87
Process_ZoneE.Queue	54.78	1.11
Process_ZoneF.Queue	52.56	0.98
Process_ZoneG.Queue	49.50	0.83
Process_ZoneH.Queue	40.60	1.61
Process_ZoneI.Queue	41.66	1.74
Process_ZoneJ.Queue	41.73	1.74
Process_ZoneK.Queue	28.92	0.27
Process_ZoneL.Queue	25.31	0.13
Process_Combine.Queue	19.01	3.37
Process Combine Helper.Queue	19.75	3.09
Process_QCPack_CDS.Queue	11,562.38	1,210.31
Process_QCPack_CDS_EX.Queue	-	-
Process_QCPack_RBS.Queue	65.46	2.99
Process_QCPack_SSP.Queue	1,425.86	148.88
Process_QCPack_SSP_EX.Queue	-	-
Process_QC_L.Queue	8.35	0.12
Process_POS_CDS.Queue	550.86	53.58
Process_POS_CDS_EX.Queue	-	-
Process_POS_RBS.Queue	7.98	0.36
Process_POS_SSP.Queue	484.19	52.25
Process_POS_SSP_EX.Queue	-	-
Process_POS_L.Queue	3.31	0.05
Process Invoice.Queue	28.55	7.45
Process Move 3PL Zone.Queue	354.38	92.25

3.7.2 ทดสอบกระบวนการคอขวดด้วย sub module เนื่องจาก KPI วัดผลด้วยกระบวนการหยิบสินค้าของแต่ละ คำสั่งซื้อ (Order) จะต้องใช้เวลาต้องไม่เกิน 4 วันที่จะอยู่ในระบบ Outbound process ดังนั้น ทางผู้จัดทำจะต้องทำการสร้าง sub module เพื่อใช้วัดผลในกระบวนการที่สงสัยว่าเป็นคอขวดของการทำงาน



ภาพที่:7 *Flow sub module* สำหรับการตรวจสอบกระบวนการที่คาดว่าจะเป็นคอขวด

ในตัว *sub module* จะทำงานด้วยการติด *attribute* ของวันที่งานเริ่มเข้ากระบวนการ (*Tack In*) และทำการติด *attribute* ของวันที่งานออกจากกระบวนการ (*Tack Out*) ให้กับ วัตถุที่เป็นคำสั่งซื้อ เมื่อวัตถุหรือคำสั่งซื้อออกจากกระบวนการ *sub module* จะทำการคำนวณวันที่ คำสั่งซื้ออยู่ในกระบวนการออกมา

ซึ่งเมื่อทำการแก้ไขปัญหาเพื่อให้ระดับ *KPI* อยู่ในระดับ *95%* ขึ้นไปในกระบวนการนี้แล้วเสร็จจะทำให้ได้ *Improved model* เป็น *Model* ที่ต่อยอดจาก *Base model* เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่อไป

3.7 ปรับปรุงตารางการปฏิบัติงาน (Work Schedule)

หลังจากที่มีการปรับปรุงกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ระดับ *KPI* อยู่ในช่วงไม่ต่ำกว่า *95%* ได้แล้ว กระบวนการต่อไปทางผู้วิจัยต้องการปรับปรุงตารางการปฏิบัติงานของพนักงานเพื่อจุดประสงค์ในการลดต้นทุนค่าแรงล่วงเวลาซึ่งปัจจุบันมีการจ่ายค่าแรงล่วงเวลาโดยเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ *140,216* บาท โดยในส่วนนี้ทางผู้วิจัยได้จำลอง *Model* ตารางปฏิบัติงานในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

3.7.1 Model AOT ตารางปฏิบัติงานที่คลังสินค้าออนไลน์ใช้ในการดำเนินการในปัจจุบัน

3.7.2 Model SOT ตารางปฏิบัติงานตามชั่วโมงการทำงานปกติและจ้างงานล่วงเวลา ในทุกวันเสาร์

3.7.3 Model OT5 ตารางปฏิบัติงานที่มีการจ้างงานล่วงเวลาหลังชั่วโมงทำงานของวันทำงานปกติ

3.7.4 Model STD ตารางปฏิบัติงานที่ไม่มีการจ่ายค่าแรงล่วงเวลา

ตารางที่: *3* จำนวนชั่วโมง *OT.* ของแต่ละโมเดงที่มีการจ้างใน *1* เดือน

Model	*Working Hour*	*OT (1.5)*	*OT (1.0)*	*OT (3.0)*	*Total (Hr.)*
AOT	*8,602*	*682*	*1,564*	*124*	*10,972*
SOT	*8,602*	*44*	*1,564*	*8*	*10,218*
OT5	*8,602*	*-*	*682*	*-*	*9,284*
STD	*8,602*	*44*	*-*	*-*	*8,646*

จากข้อมูลข้างต้นจะพบว่าแต่ละโมเดลตารางปฏิบัติงาน จะมีจำนวนชั่วโมง *OT.* ที่เกิดขึ้นแตกต่างกันเพื่อความสอดคล้องของแต่ละแผนกในส่วนของกระบวนการหยิบสินค้า ซึ่งหลังจากนี้ทางผู้ทำวิจัยจะต้องนำเอาตารางปฏิบัติงานในโมเดลต่าง ๆ ในข้างต้นไปใช้กับ *Improved model* เพื่อใช้ในการวัดผลของ *KPI* หากโมเดลไหนที่ยังคงรักษาระดับการปฏิบัติงานโดยให้ *KPI* อยู่เหนือระดับ *95%* ได้มากที่สุดจึงเลือกโมเดลตารางปฏิบัติงานนั้น

3.8 หาขีดความสามารถในการรอบรับคำสั่งซื้อสูงสุดของแต่ละตารางการปฏิบัติงาน

ในกระบวนการสุดท้ายของงานวิจัย ทางผู้ทำการวิจัยจะทำการหาขีดความสามารถสูงสุดที่กระบวนการใน *Improved model*แต่ละตารางปฏิบัติงานรองรับได้ โดยผู้วิจัยจะทำการจำลองสถานการณ์โดยการเพิ่มปริมาณคำสั่งซื้อจากเดิมของข้อมูลในปี *2018* ที่ละ *10%* แล้วเทียบกับทุก *Model* ตารางปฏิบัติงาน จากนั้นนำเองผลที่ดีที่สุดที่แต่ละ *Model* ตารางปฏิบัติงานสามารถรองรับได้ แล้วยังคงทำให้ *KPI* อยู่เหนือระดับ *95%*

4. รายงานผลการวิจัย

4.1 รายงานผลการทดสอบ Base model

หลังจากได้มีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการทำงานการหยิบสินค้าของคลังสินค้าออนไลน์ ทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการโมเดลดังกล่าวด้วยจำนวน Replication 100 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะมีระยะเวลาการทำงาน 365 วัน/รอบ ซึ่งจะได้ค่าที่จะใช้วัดผลออกมาตามตารางด้านล่าง

ตารางที่:4 รายงานผลการทดสอบ แบบจำลอง Base model เทียบกับข้อมูลจริง

Model checking	Data 2018	Base model	Variance
No. of Orders	143,987	143,700	- 287
No. of Picklist	190,792	190,304	- 488
No. of Completed	136,855	136,657	- 198

จากตารางข้างต้นแสดงให้เห็นว่า แบบจำลองสำหรับเป็น Base model ผลที่ได้หลังจากการรันแบบจำลองแล้วนำมาเทียบกับค่าที่ใช้เป็นตัวชี้วัด เทียบกับข้อมูลจริงที่บันทึกจาก WMS ในปี 2018 ผลลัพธ์มีความแตกต่างกัน (Variance) น้อยกว่า 1% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่แบบจำลองสถานการณ์ Base model ให้ค่าออกมาใกล้เคียงกับกระบวนการจริงของคลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้

4.2 รายงานผลการเปรียบเทียบระหว่าง Base model กับ Improved model

ผลการเปรียบเทียบทั้ง 2 โมเดลระหว่าง Base model กับ Improved model โดยเทียบกับชี้วัด KPI ที่ต้องการกับตัวชี้วัดผล Cost ที่เป็นค่าแรงล่วงเวลา แสดงอยู่ในตารางด้านล่างนี้

ตารางที่:5 รายงานดัชนีชี้วัดค่าระหว่าง 2 โมเดล

Index	Name	Base model	Improve model
KPI	Actual	62.55%	99.85%
Cost	Over Time	140,216	180,324
	Cost per Order	52.22	61.40

*Cost หน่วยเป็น บาท/เดือน

เมื่อทำการทดสอบผลการเปรียบเทียบทั้ง 2 Model แล้วจะพบว่าความสามารถในการตอบสนองความต้องการของคำสั่งซื้อของลูกค้านั้นดีขึ้น เมื่อดูจากผลของ KPI ซึ่งจากเดิมอยู่ที่ 62.55% ปรับเพิ่มขึ้นมาอยู่ที่ 99.85% แต่ตัวแปรตัดสินใจในส่วนของต้นทุนค่าจ้างล่วงเวลากลับสูงขึ้น นั้นเป็นเพราะกระบวนการมีการแก้ไขปัญหาคอขวดการทำงาน โดยการเพิ่มระบบใหม่เข้าไปจึงทำให้มีการจ้างพนักงานใหม่เข้ามาทำงาน

4.3 รายงานผล Improved model เปรียบเทียบผลลัพธ์แต่ละตารางปฏิบัติทำงาน

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเอาผลการทดสอบของ Model B ทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบ การทำงานของพนักงานในแต่ละตารางปฏิบัติงาน เพื่อทดสอบกับค่าตัวแปรที่ใช้ในการวัดผล

ตารางที่:*6* เปรียบเทียบผลของตัวชี้วัดต่าง ๆ ของแต่ละตารางเวลาการทำงานของพนักงาน

Index	AOT	OT5	SOT	STD
KPI	99.85%	91.14%	99.94%	91.62%
OT	180,324	74,455	103,120	4,432
%Save Cost	-29%	47%	26%	97%
Cost/Order	61.40	52.47	54.55	46.39

หลังจากการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ ด้วย Improved model โมเดลตารางปฏิบัติงานในรูปแบบต่าง ๆ ทั้ง 4 รูปแบบแล้วจะพบว่า ดัชนีที่เป็นตัวแปรในการตัดสินใจเลือก ได้แก่ KPI ที่จะต้องมากกว่า 95% และ Cost ของการลดค่าแรงล่วงเวลา ซึ่งจากเดิมจะอยู่ที่ 140,216 บาท/เดือน ก็จะลดลงมาอยู่ที่ 103,119.32 บาท/เดือนแล้ว Model SOT คือ Model ที่เหมาะสมที่จะนำเสนอผู้บริหารที่สุด

4.4 รายงานปริมาณคำสั่งซื้อสูงสุดที่แต่ละโมเดลจรองรับด้วยระดับ KPI มากกว่า 95% (Limited Demand)

เพื่อเป็นการเพิ่มแนวทาง ให้ผู้บริหารได้เป็นทางเลือกในการตัดสินใจ ช่วงท้ายของการทดลองจึงได้ทำการหาค่าโดยประมาณว่าแต่ละ Model ของตารางปฏิบัติงาน จะสามารถรองรับปริมาณ ของความต้องการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้าสูงสุดได้เท่าไหร่ โดยที่ยังคงรักษา KPI ให้อยู่ที่ระบบเหนือ 95% โดยสรุปผลการจำลองสถานะการณ์ได้จากข้อมูลด้านล่างนี้

ตารางที่:*5* เปรียบเทียบตารางการทำงานแต่ละโมเดลที่สามารถรองลัพธ์ KPI ให้อยู่เหนือระดับต่าง ๆ

		Improved model			
		STD	OT5	SOT	AOT
db 2018	143,794	91.62%	91.14%	99.94%	99.85%
+ 10%	158,174	88.79%	88.50%	99.66%	99.39%
+ 20%	172,481	84.91%	85.35%	99.23%	98.81%
+ 30%	186,955	77.80%	81.22%	98.59%	98.06%
+ 40%	201,361	66.91%	74.13%	97.62%	97.19%
+ 50%	215,723	52.91%	66.66%	94.89%	95.73%

จากข้อมูลที่ได้หลังจากทำการทดสอบจำลองสถานการณ์กับ Improved mode ในแต่ละตารางปฏิบัติงาน จะทำให้ผู้ทำการวิจัยสามารถนำเสนอผู้บริการได้ หากว่ามีการปรับปรุงกระบวนการทำงานใหม่ให้เป็นไปตาม Improved model โดยคลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้จะสามารถรองรับปริมาณความต้องการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 50% เมื่อมีการใช้ตารางปฏิบัติงานด้วย model AOT และ หากมีการใช้ตารางปฏิบัติงานด้วย Model SOT จะสามารถรองรับปริมาณคำสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ได้ถึง 40% และยังคงทำให้ KPI ของทั้ง 2 โมเดลนั้นยังสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ยังคงอยู่เหนือระดับ 95%

5. สรุป

ในส่วนของกระบวนการสรุปผลงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้จัดทำได้แบ่งประเด็นของการสรุปได้เป็น **2** กรณีเพื่อให้ทางผู้บริหารสามารถเข้าใจและตัดสินใจได้ง่ายขึ้นดังนี้

5.1 **ผลการวิจัย**

จากรายงานผลการวิจัยพบว่า สาเหตุที่ทำให้คลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้ไม่สามารถดำเนินงานไห้ได้เป้าหมายของ KPI ที่ทางผู้บริหารได้วางไว้ที่ 95% นั้นเกิดจากกระบวนการที่เป็นคอขวดของการทำงาน ที่เกิดขึ้นในกระบวนการตรวจสอบสภาพของสินค้าและทำการบรรจุลงกล่อง (Checking and Packing) เนื่องจากกระบวนการดังกล่าวมีกระบวนการย่อยที่ใช้เวลานานและจำนวนระบบที่มีให้บริการนั้นมีจำนวนไม่สอดคล้องกับปริมาณคำสั่งซื้อที่เพิ่มในแต่ละเดือน

ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดเวลาปฏิบัติงานในแต่ละวัน จะทำให้เกิดการตกค้างของคำสั่งซื้อของลูกค้าที่ยังคงค้างในกระบวนการนี้สะสมมากขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ทางคลังสินค้าออนไลน์แห่งนี้ ตัดสินใจจ้างพนักงานให้ทำงานล่วงเวลา จึงทำให้เกิดผลเสียในเรื่องของต้นทุนการจ้างงานล่วงเวลาที่สูงขึ้นตามลำดับ

สรุปผลการวิจัยจากข้อมูลผลการจำลองสถานการณ์ทั้งหมดทางผู้จัดทำจึงขอเสนอแนวทางที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือการเลือกใช้นโยบายที่เกิดจาก Improved model และเปลี่ยนแปลงตารางการปฏิบัติงานใหม่โดยใช้ Schedule Model: SOT ที่ทำให้การวัดผลการทำงานของพนักงาน KPI ของคำสั่งซื้อของลูกค้าเฉลี่ยตลอดปีอยู่ที่ 99.94% และบริษัทสามารถลดอัตราการจ่ายค่าแรงล่วงเวลาได้ถึงลดลงถึง 26% ซึ่งสามารถทำให้บริษัทประหยัดเงินค่าจ้างได้ถึง ปีละ 445,164 บาท

5.2 **ข้อเสนอแนะการนำไปใช้งาน**

ในงานวิจัยชิ้นนี้ดำเนินการทดลองกับแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena Simulation ด้วยชุดข้อมูลของปี 2018 และตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นเมื่อนำไปใช้กับการทำงานจริง ผลของการวัดอาจมีการคลาดเคลื่อนกับผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ โดยทางผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะที่โปรแกรม Arena Simulation ในงานวิจัยนี้ข้ามการทดสอบไปได้แก่

5.2.1 *การเกิดคำสั่งซื้อ* ในกระบวนการทำงานจริง การเกิดคำสั่งซื้อในบางช่วงเวลาอาจมีมากว่าปริมาณของตัวแบบจำลอง ด้วยปัจจัยภายนอกเช่น การจัดโปรโมชั่นสินค้าสำหรับบางช่วงเวลา หรือนโยบายจากทางรัฐบาลที่กระตุ้นการใช้จ่ายในภาคประชาชน

5.2.2 *การจัดโซน* FPA ข้อจำกัดหนึ่งในแบบจำลองสถานการณ์เป็นกระบวนการทดสอบการทำงานของตัว Model การทำงานของพนักงานตลอดปี ดังนั้น การจำลองพื้นที่ FPA กับสินค้าที่มีอัตราการหยิบบ่อยจะเป็นลักษณะค่าเฉลี่ยทั้งปี ดังนั้น หากทางผู้บริหารจะดำเนินการทำในส่วนนี้ การปรับปรุงข้อมูลของรายการ sku ที่มีอัตราการหยิบบ่อย เพื่อหมุนเวียนภายในโซน FPA จะช่วยให้เวลาในการทำงานของพนักงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.2.3 *การปรับตำแหน่งการทำงาน* ในแบบจำลองสถานการณ์การปรับตำแหน่งการทำงานจะเป็นลักษณะที่ Fixed แต่ในสถานการณ์จริง กระบวนการสามารถปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา หากหัวหน้างานที่อยู่ในพื้นที่ Monitor แล้วพบว่าการพนักงานเกิดการว่างงานซึ่งสามารถทำได้ดีกว่าและผลลัพธ์ที่ออกมาย่อมดีกว่า

5.2.4 *ตารางการปฏิบัติงานพนักงาน* จากผลการทำการวิจัยพบว่าคลังสินค้าไม่จำเป็นต้องจ้างพนักงานในช่วงหลังเวลาเลิกงาน เนื่องจากกระบวนการคอขวดได้ถูกแก้ไขไปแล้ว ทั้งนี้หากเกิดเหตุการณ์ที่มีคำสั่งซื้อเข้ามาในปริมาณมากกว่าปกติที่ 40% ระบบก็จะไม่สามารถรองรับการทำงานภายใน

วันได้ ทางคลังสินค้าเองก็อาจมีการพิจารณาจ้างพนักงานในช่วงนอกเวลาทำงานได้ ซึ่งอาจเป็นรายครั้งไป

5.2.5 *ปัจจัยอื่น ๆ* ที่ส่งผลกระทบต่อ *KPI* นอกจากนี้ยังมีเหตุการณ์อื่น ๆ ที่ไม่ได้เกิดขึ้นในกระบวนหยิบสินค้าให้ลูกค้า (Outbound Process) ที่จะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการตอบสนองความต้องการให้กับลูกค้าออนไลน์ได้ เช่น

a. โอกาสที่จะหาสินค้าไม่พบในขั้นตอนของการหยิบสินค้า อาจเกิดจากกระบวนการจัดเก็บที่มีความผิดพลาด
b. โอกาสที่จะพบสินค้าเสียหาย หรือ หมดภาพการใช้งาน เนื่องจากกระบวนการตรวจรับสินค้ามีความผิดพลาดจากกระบวนการนี้
c. โอกาสที่ระบบบริหารคลังสินค้าเกิดปัญหาไม่สามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน ทำให้กระบวนการทำงานไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ หรือแม้กระทั้งระบบ network ที่จะต้องติดต่อกับฐานข้อมูล เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานค้นคว้าอิสระชิ้นนี้ จะสามารถสำเร็จลุล่วงได้ เนื่องด้วยความช่วยเหลือจากจากหลาย ๆ ท่านอาทิเช่น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สราวุธ จันทร์สุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษางานค้นคว้าอิสระชิ้นนี้ และ อาจารย์ยงยุทธ ลิขิตพัฒนากุล อาจารย์สอนพิเศษวิชา การจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม Arena Simulation รหัสวิชา LM7201 คณาจารย์ สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์ในการเรียนที่มีค่ายิ่ง

ขอขอบคุณบริษัทในกลุ่ม Central Group ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาตลอดหลักสูตร และบิดามารดาที่เป็นผู้สนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจที่สำคัญของผู้ทำการวิจัย ตลอดระยะเวลาในกรดำเนินงานค้นคว้าอิสระชิ้นนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดีในที่สุด

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (2557) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, การวิเคราะห์แบบจำลอง (Simulation Improved modelnalysis), สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, T57.62, ISBN 978-616-314-014-2, eISBN 978-616-314-149-2

[2] John J. BARTHOLDI, Steven T. HACKMAN (2011), Warehouse & Distribution Science, The Supply Chain and Logistics Institute School of Industrial and Systems Engineering Georgia Institute of Technology Atlanta, GA 30332-0205 USA

[3] W. David Kelton / Randall P. Sadowski / Nancy B. Zupick, Simulation with Arena Sixth Edition, International Edition 22015, Published by McGraw-Hill Education, ISBN 978-981-4577-25-0 or MHID 981-4577-25-1

[7] ธนะรัตน์ รัตนกูล กันต์ธมน สุขกระจ่าง พุฒิธร ตุกเตียม และ พิเชษฐ์ จันทวี "การวิเคราะห์สภาพปัจจุบันของระบบแถวคอยการเข้าใช้บริการจุดชำระค่าบริการกระแสไฟฟ้าภาครัฐ กรณีศึกษาพื้นที่อำเภอจะนะ" การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ (มิถุนายน 2560)

[8] จิดาภา ชมชื่น และ กัญชลา สุดตาชาติ (2560) "การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปัญหาร่วมขนส่งและปริมาณขนส่งที่เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์" วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2560) หน้า1-10

[9] นิธิภัทร กมลสุข "การจำลองระบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่องของแถวคอยในซุปเปอร์มาร์เก็ต" (ธันวาคม 2554)

[10] ดร.วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร (2556). "การวิเคราะห์แบบจำลอง" หน้า 67-68

[11] พัฒนพงศ์ น้อยนวล และ ธนัญญา วสุศรี "การปรับปรุงกระบวนการขนส่งภายในคลังสินค้าโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา อุตสาหกรรมน้ำอัดลม" วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ ปีที่ 35 ฉบับที่ 8 (กรกฎาคม-กันยายน 2555) หน้า 323-334

[12] สถาพร พลแสน (2543) "การใช้แบบจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตหัวอ่านคอมพิวเตอร์" หน้า 22-26

การจำลองระบบแถวคอยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการแผนกผู้ป่วยนอก: กรณีศึกษาโรงพยาบาลเมืองปาน จังหวัดลำปาง

Simulation of a Queuing System to Increase the Service Efficiency of Outpatient Department: A Case Study of Mueangpan Hospital, Lampang Province

พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์[1*], วริยา ยังไว[2], วีรชัย มีสัตย์[2], ศุภวิชญ์ สมเกียรติวีระ[2]
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] pornpimol.ch@kmitl.ac.th

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง

* Corresponding author: E-mail: pornpimol.ch@kmitl.ac.th
[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2] นักศึกษาภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์สำหรับการจัดลำดับรถบรรทุกแช่แข็ง ภายใต้นโยบายการจัดลำดับงาน

Application of Simulation Technique for Refrigerated Truck Sequencing Based on Job Sequencing Policies

ชวิศ บุญมี[1*]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
E-mail: [1]chawis.boonmee@cmu.ac.th
และ ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์[2]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
E-mail: [2]chompoonoot.kasemset@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

นโยบายแบบมาถึงก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS) เป็นนโยบายทั่วไปที่บริษัทจำนวนมากมักจะนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการจัดลำดับในการทำงานหรือบริการต่าง ๆ รวมถึงการจัดลำดับรถบรรทุกแช่แข็ง แต่อย่างไรก็ตามแล้วการประยุกต์ใช้หลักการ FCFS นี้มักจะทำให้พบกับปัญหาที่ตามมาเกี่ยวกับเวลาในการรอคอยที่ยาวนานและพื้นที่จอดรถบบรรทุกที่ไม่เพียงพอสำหรับการรอคอย เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์สำหรับการจัดลำดับรถบรรทุกแช่แข็งภายใต้นโยบายการจัดลำดับงาน อันประกอบไปด้วย Latest Departure Time (LDT), Smallest Critical Ratio (CR), Shortest Processing Time (SPT), Longest Processing Time (LPT), Priority Queueing considering Density of Customers (PQ-C), และ Priority Queueing considering Traffic Congestion (PQ-T) โดยข้อมูลย้อนหลัง 6 เดือนได้ถูกทำการรวบรวมและถูกใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องในแต่ละนโยบายและตัวแบบจำลองสถานการณ์ จากการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ด้วย 3 สถานการณ์ที่ไม่มีความแน่นอนแล้วนั้น พบว่านโยบายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประยุกต์ใช้ในการจัดลำดับรถบรรทุกแช่แข็งของบริษัทกรณีศึกษาภายใต้ทั้ง 3 สถานการณ์ที่ไม่มีความแน่นอนนี้ คือ นโยบายแบบ SPT ซึ่งสามารถลดเวลาการรอคอยในสถานการณ์ที่ 1 2 และ 3 เป็นร้อยละ 38.17 31.90 และ 55.63 จากนโยบายแบบ FCFS ของแต่ละสถานการณ์ งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยผู้ตัดสินใจในการพิจารณาถึงผลลัพธ์ภายใต้สถานการณ์ที่ไม่แน่นอน ท้ายสุดงานวิจัยฉบับนี้สามารถที่จะถูกนำไปประยุกต์กับการจัดลำดับงานอื่น ๆ ได้เช่นกัน

คำสำคัญ: แบบจำลองสถานการณ์, การจัดลำดับงาน, กรณีศึกษารถบรรทุกแช่แข็ง, สถานการณ์ที่ไม่แน่นอน

Abstract

First-come-first-served (FCFS) is a general policy in which many companies usually apply for job or service sequencing including refrigerated truck sequencing. However, adopting FCFS makes a company case study to face long waiting times before loading goods and inadequate parking areas for waiting trucks. To solve these problems, the researchers aim to propose application of simulation technique for refrigerated truck sequencing based on job sequencing policies that consist of latest departure time (LDT), smallest critical ratio (CR), shortest processing time (SPT), longest processing time (LPT), priority queueing considering density of customers (PQ-C), and priority queueing considering traffic congestion (PQ-T). Six-month historical data of trucks were collected and used for evaluating each rule and simulation model. Owing to the test of simulation model with 3 dynamics situations, the results found that the best policy for adopting the refrigerated truck sequencing of case study company based on 3 dynamics situation is SPT policy in which this can reduce the waiting time in Situation 1, 2 and 3 as 38.17%, 31.90%, 55.63% based on FCFS policy of each situation. This research will be great significance in helping decision-makers consider the results under dynamics situations. Finally, this can be applied to another job sequencing as well.

Keywords: Simulation model, Job sequencing, Refrigerated truck case study, Dynamics situation

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมสารธรรมศาสตร์

* Corresponding author: E-mail: chawis.boonmee@cmu.ac.th
[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การปรับปรุงผังกระบวนการผลิตแหวนทองในโรงงานอัญมณีและเครื่องประดับโดยใช้การจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา: บริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด

Improvement of process layout of Gold Ring in Gems and Jewelry using Simulation: A Case Study of Christry Gem Co., Ltd.

วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์[1*]
สุรศักดิ์ อาดำ[2], ณัฐวรินทร์ กิจรัตนกาญจน์[3], นภัทร์ จันทร์เกษม[4] และวชิรวิทย์ พรชัยสิริอรุณ[5]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถ.ฉลองกรุง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1]walailaknoi@gmail.com, [2]surasak_7182@hotmailmail.com, [3]population.1621@gmail.com, [4]i3rowny@hotmail.com
[5]summer-zon@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและนำเสนอแนวทางการปรับปรุงผังกระบวนการผลิตในปัจจุบันของโรงงานอัญมณีและเครื่องประดับ โดยการประยุกต์แผนภูมิความสัมพันธ์สำหรับการปรับปรุงผังกระบวนการผลิตแหวนทองเพื่อให้การไหลของชิ้นงานและเวลาที่ใช้ในการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากนั้นทำการจำลองสถานการณ์ผังกระบวนการผลิตที่ได้ออกแบบไว้ด้วยโปรแกรมอารีนา ผลการศึกษาพบว่าระยะทางการเคลื่อนย้ายของชิ้นงานระหว่างแผนกได้ลดลงประมาณร้อยละ 36 หรือจากเดิม 224.66 เมตรเหลือเพียง 142.73 เมตร และผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่าสามารถลดเวลารอยคอยโดยเฉลี่ยลงประมาณร้อยละ 3 หรือจากเดิม 2,114.02 นาทีต่อชิ้นงานเหลือ 2,061.01 นาทีต่อชิ้นงาน เวลาโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการไหลของชิ้นงานลดลงร้อยละ 37 โดยจากเดิมใช้เวลา 2.70 นาทีต่อชิ้นงานเหลือ 1.71 นาทีต่อชิ้นงาน โดยรวมบริษัทกรณีศึกษาสามารถลดเวลาที่ใช้ในการผลิตลงได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 2.48

คำสำคัญ : การปรับปรุงผังโรงงาน, การจำลองสถานการณ์, แผนภูมิความสัมพันธ์

Abstract

This research paper aimed to study and improve the current process layout in a Gems and Jewelry factory. The Relationship Chart was applied for improving a process layout of gold ring products in order to increasing an efficiency of work-in-process flow and production time. After that simulation of proposed process layout design was developed using Arena software. The results revealed that the work-flow distance was reduced by about 36% from 224.66 meters to 142.73 meters. The simulation results showed that average of waiting time was reduced by about 3% from 2,114.02 minutes/piece to 2,061.01 minutes/piece. Average transportation or moving time was decreased by about 37% from 2.70 minutes/piece to 1.71 minutes/piece. Entirely, a case company could be able to reduce average production time by 2.48 %.

Keywords: Layout, Simulation, Relationship Chart

* Corresponding author: E-mail: walailaknoi@gmail.com
[1] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2-5] นักศึกษาภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. คำนำ

สินค้าอัญมณีและเครื่องประดับถือเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญมีการส่งออกเป็นอันดับที่ 3 รองจากอุตสาหกรรมยานยนต์และคอมพิวเตอร์ โดยมีมูลค่ากว่า 4 แสนล้านบาท /ปี และเมื่อรวมมูลค่าการเติบโตภายในประเทศจะมีสัดส่วนในระบบเศรษฐกิจถึง รอยละ 7 เมื่อเทียบกับการเติบโตของผลิตภัณฑ์ มวลรวม (จีดีพี) ดังนั้นเพื่อส่งเสริมและพัฒนาสินค้าอัญมณีและเครื่องประดับของ ประเทศ ไทย เข้า สู่ตลาดโลกจะต้องสร้างมาตรฐานการผลิตและคุณภาพให้เป็นที่ยอมรับ โดยสถาบันจีไอทีได้ มีเป้า หมายที่จะ ส่งเสริมผู้ประกอบการผลักดันอุตสาหกรรมตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ โดยเฉพ าะการรับรองมาตรฐาน ฝึกอบรมและพัฒนาฝีมือ สร้างเอกลักษณ์ โดยนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาพัฒนาและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าเพื่อผลักดันให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางอัญมณีและเครื่องประดับรวมถึงเป็นศูนย์รวมจิวเวลรี่หรือแลนด์ออฟจิวเวลรี่ภายในปี 2561 (ภูวดล โกมลรัตนเสถียร, 2561)

บริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทกรณีศึกษาพบปัญหาในกระบวนการการผลิตแหวนทอง เนื่องจาก การไหลของชิ้นงานจากกระบวนการหนึ่งไปยังอีกกระบวนการหนึ่งไม่เหมาะสมกับขั้นตอนการผลิต จึงทำให้การไหลของชิ้นงานมีความซับซ้อนและใช้เวลามาก ตามแนวคิดการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added) นั้นกิจกรรมการไหลของชิ้นงานเป็นการทำงานแต่จัดว่าเป็นการทำงานที่ไม่ได้สร้างมูลค่าเพิ่มทั้งสิ้น โดยในกิจกรรมการไหลของชิ้นงานแต่ละครั้งจะต้องใช้ทรัพยากรต่างๆ จึงทำให้เกิดต้นทุนขึ้น ถ้าไม่มีระบบควบคุมจัดการที่ดีก็จะ ส่งผลให้เกิด ความสูญเสียมากขึ้น บ่อยครั้งที่พบว่าการขนย้ายเกิดขึ้นมากเกินความจำเป็น มีการขนย้ายซ้ำซ้อนและใช้เส้นทางการขนส่งหรือการไหลของชิ้นงานที่ไม่เหมาะสม หาก สามารถปรับปรุง ในประเด็น นี้ได้ จะ ทำให้บริษัทสามารถ ลดความสูญเปล่า (Waste) ที่เกิดขึ้น จากการไหลของชิ้นงานในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นการทำงานที่ไม่ได้สร้างมูลค่าเพิ่มในการผลิตแหวนทองของบริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด

จากที่กล่าวมาในข้างต้นจะเห็นได้ว่าถ้าหากบริษัทกรณีศึกษา สามารถลดความสูญ เปล่า ที่เกิดขึ้น จาก การไหลของชิ้นงานในกระบวนการผลิต ที่ไม่ต่อเนื่องหรือไม่เชื่อมต่อกันโดยลดระยะในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานลง ก็จะทำให้บริษัทสามารถเวลาการดำเนินงาน และลดการสูญเสียทรัพยากรลงได้ โดย งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทาง การปรับปรุง ผังกระบวนการผลิตแหวนทอง เพื่อให้การไหลของชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะทำให้บริษัทกรณีศึกษาสามารถส่งมอบสินค้าได้ทันตามกำหนด และใช้เป็นกรณีศึกษาในการจัดการปัญหา กระบวนการผลิตแหวนประเภทอื่นๆ ของบริษัทของปัญหาที่คล้ายคลึงได้ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาการไหลของชิ้นงาน ในกระบวนการ ผลิตแหวนทอง
2. เพื่อปรับปรุงผังกระบวนการผลิตแหวนทองโดยใช้การจำลองสถานการณ์

2. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวางผังโรงงาน

Meyers (2005) ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับการวางผังโรงงานไว้ว่า “การจัดวางผังโรงงานเป็นการจัดการทางกายภาพภายในโรงงานซึ่งจะเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต สถานีงาน คน พื้นที่ในการจัดวางและจัดเก็บวัสดุในการผลิต เส้นทางการขนย้ายวัตถุดิบและอุปกรณ์ในการขนย้ายวัสดุ” ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินการผลิตมีความปลอดภัยและเกิ ดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการวิเคราะห์การไหลของวัตถุดิบ หรือชิ้นงานในกระบวนการผลิต ถือเป็นหัวใจสำคัญของการวางผังโรงงาน

2.1.1 การวิเคราะห์และสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม

แผนภูมิความสัมพันธ์ จะแสดงถึงความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม โดยการ กำ หนดคะแนนเพื่อแสดงระดับความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมนั้นๆ หาก กิจกรรมใดมีความสัมพันธ์กันมากก็ให้คะแนนความสำคัญระดับสูง ในทางตรงข้ามหากกิจกรรมใดที่มีความสัมพันธ์กันน้อยก็ให้คะแนนความสำคัญในระดับต่ำ ซึ่งการใช้แผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรมเป็นวิธีที่เหมาะสมในทางปฏิบัติมากกว่าวิธีอื่นๆ และเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์สำหรับการวางผังโรงงาน

2.1.2 การกำหนดค่าระดับความสัมพันธ์

ค่าระดับความสัมพันธ์ที่จะ นำมา ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ สามารถ แบ่งออกเป็น 6 ระดับด้วยกัน คือ A, E, I, O, U และ X ดังนี้ (Muther, 1973; ประจวบ กล่อมจิตร, 2555)

A: Absolutely Necessary: เป็นระดับความสัมพันธ์สมบูรณ์แบบที่สุด โดยเป็นคู่กิจกรรมที่ต้องอยู่ติดกันหรือใกล้กันมากที่สุด กล่าวคือมีระดับความสัมพันธ์มากที่สุด

E: Especially Improvement: เป็นระดับความสัมพันธ์พิเศษแต่น้อยกว่าความสัมพันธ์ระดับ A หรือมีระดับความสัมพันธ์มาก

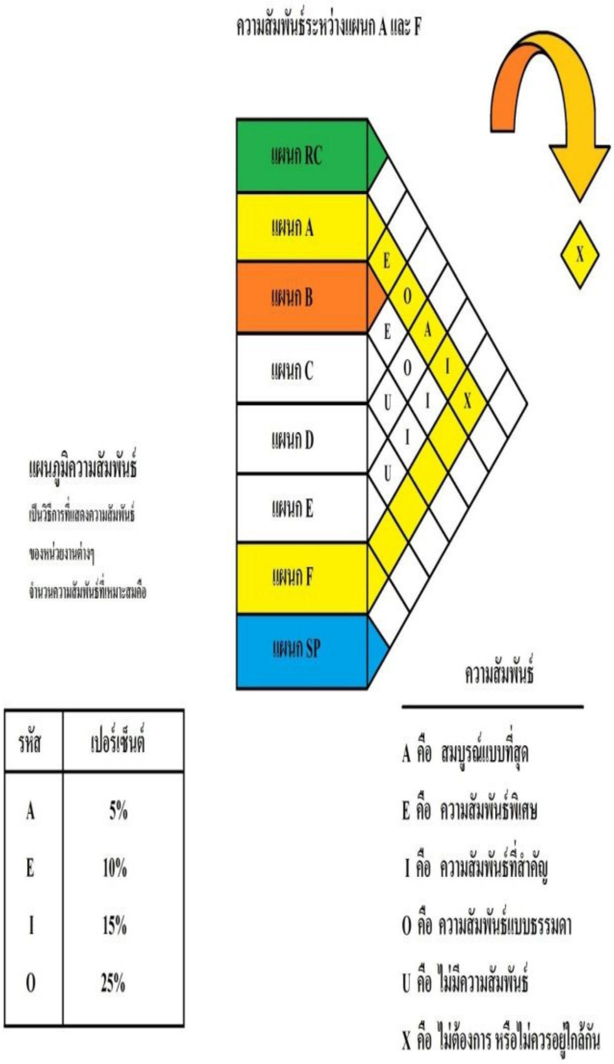
I: Important: เป็นระดับความสัมพันธ์สมบูรณ์ที่สำคัญแต่น้อยกว่าระดับ E

O: Ordinary: เป็นระดับความสัมพันธ์แบบธรรมดาน้อยกว่าความสัมพันธ์ระดับ I กล่าวคือมีระดับความสัมพันธ์น้อย

U: Unimportant: เป็นระดับความสัมพันธ์ที่ไม่มีความสำคัญ กล่าวคือมีระดับความสัมพันธ์น้อยที่สุดหรือแทบไม่มีระดับความสัมพันธ์กันหรือเป็นอิสระต่อกัน

สัญลักษณ์ X เป็นตัวแสดงความสัมพันธ์ในเชิงลบ กล่าวคือคู่ที่กำหนดความสัมพันธ์เป็น X จะหมายถึงกิจกรรมนั้นไม่สามารถอยู่ใกล้กันได้เลยหรือไม่ควรจะอยู่ใกล้กันด้วยเหตุผลจากอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยต่างๆ เช่น ฝุ่น ควัน เสียงและการสั่นสะเทือน เป็นต้น

รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างการเขียนแผนภูมิความสัมพันธ์และการให้คะแนน ดังนี้



รูปที่ 1 ตัวอย่างการเขียนแผนภูมิความสัมพันธ์
ที่มา: ประจวบ กล่อมจิตร (2555)

2.2 การจำลองสถานการณ์

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ (2551) กล่าวว่าการจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองเพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมขอ ระบบงานจริง ภายใต้ข้อกำหนดต่างๆ เพื่อประเมินผลการดำเนินงานของระบบแล้ววิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้แก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไป ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ประสิทธิภาพอย่างมากที่นำมาช่วยสำหรับการทำการวิเคราะห์หาผลลัพธ์เพื่อนำไปแก้ปัญหาใน ด้านต่างๆ ซึ่งมีระบบหรือขั้นตอนการทำงานที่มีความยุ่งยากซับซ้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพของธุรกิจโลกในปัจจุบันที่มีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงในทุกๆ ด้าน

ปัจจุบันการจำลองสถานการณ์โดยใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย สามารถช่วยในการคำนวณข้อมูลทางสถิติประเภทข้อมูลการรับเข้า (Input Data) และข้อมูลผลลัพธ์ (Output Data) ภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูล กระบวนการของ การจำลองสถานการณ์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การสร้างแบบจำลองและการนำแบบจำลองนั้นไปทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองซึ่ ง จะต้องเอาทั้ง 2 ส่วนมารวมเข้าด้วยกัน ดังนั้นกลไกของ การจำลองสถานการณ์ ขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศักดิ์ชัย ฤาชา (2551) ได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลแผนผังโรงงานการผลิตชุดข้อต่อสายเบรกรถยนต์ที่มีผลต่อกำลังการผลิตกรณีศึกษาบริษัท ABC จำกัด โดยทำการเก็บข้อมูลแผนผังโรงงานเดิมที่นิคมอุตสาหกรรมบางกะดี จังหวัดปทุมธานี และเก็บข้อมูลแผนผังโรงงานใหม่ที่นิคมอุสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด จั งหวัดระยอง รวมถึงการวิเคราะห์การไหลของวัสดุและแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตชุดข้อต่อสายเบรกรถยนต์ โดยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์แผนผังโรงงานการผลิตชุดข้อต่อสายเบรกรถยนต์ของทั้งแบบเดิมและแบบใหม่ พบว่าการไหลของวัสดุขอ ง แผนผังโรงงานใหม่จะมีการไหลของวัสดุที่ดีกว่าคือไม่วกไปวนมา โดยมีระยะทางในการขนย้ายวัสดุหรือชิ้นงานที่สั้นกว่าแผนผังโรงงานเดิมเท่ากับ 78 เมตรคิดเป็นร้อยละ 53.57 ซึ่งระยะทางในการขนย้ายตั้งแต่การนำชิ้นงานเข้ากระบวนการจนถึงการจัดเก็บสินค้าและระยะทางที่สั้นกว่านี้ทำให้ลดเวลาในการขนย้ายชิ้นงานเท่ากับ 10 นาที คิดเป็นร้อยละ 33.22 ตลอดจนพื้นที่รวมการใช้งานของกระบวนการผลิตชิ้นงานโดยแผนผังโรงงานใหม่จะมีพื้นที่รวมการใช้งานมากกว่าแผนผังโรงงานใหม่เท่ากับ 457.71 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 73.79 ซึ่งพื้นที่ที่มาก ขึ้นนี้สามารถที่จะจัดเก็บปริมาณของชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวันได้มากขึ้น

พัฒนพงศ์ น้อยนวล (2554) ได้ทำการศึกษาระบบการขนส่งภายในคลังสินค้าของโรงงานผลิตน้ำอัดลมแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี ระหว่างพื้นที่จัดเก็บและพื้นที่จัดส่ง คลังสินค้าภายในโรงงานประกอบไปด้วย 2 แผนก โดยแผนกคลังสินค้าจะทำหน้าที่ลำเลียงจัดเก็บสินค้าและแผนกขนส่งมีหน้าที่ลำเลียงสินค้าขึ้นรถบรรทุก ในแต่ละแผนกจะมีรถโฟล์คลิฟที่ใช้ในการปฏิบัติหน้าที่ โรงงานประสบปัญหาจำนวนสินค้าคงคลังที่มีจำนวนมากเกินไป เนื่องมาจากการระบายสินค้าออกจากคลังสินค้าทำได้ล่าช้า ส่งผลให้พื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้ามีไม่เพียงพอต่อสินค้าที่ถูกผลิตขึ้นมาใหม่ และยังใช้พื้นที่ในส่วนปฏิบัติงาน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุในคลังสินค้าได้ ดังนั้นโรงงานจึงต้องการปรับปรุงกระบวนขนส่งที่เหมาะสมด้วย การจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Arena Simulation 10.0 ในการจำลองระบบการขนส่งสินค้าภายในคลังสินค้า ในการทดลองที่ 1 เมื่อนำระบบคัมบังเข้ามาใช้สามารถลดระยะเวลาที่รถต้องมาจอดรอรับสินค้าจากสายพานการผลิตลงได้เป็น 0 นาที และเมื่อสินค้าเสร็จจะทำการส่งสัญญาณเพื่อเรียกรถโฟล์คลิฟมารับสินค้าไปจัดเก็บโดยมี ระยะเวลารอรถมารับอยู่ที่ 1.22, 1.32 และ 1.07 นาที ตามลำดับ สามารถลดปริมาณสินค้าคงคลัง A และ B ลงได้ 10.24% 2.37% ลดปริมาณขวดเปล่าลงได้ 75.35% 76.66% และ 79.47% ตามลำดับ และสามารถเพิ่มปริมาณการนำขวดเปล่ากลับมาใช้ได้ถึง 24.83% 15.13% และ 18% ตามลำดับ และในก ารทดลองที่ 2 สามารถลดระยะเวลาที่รถต้องมาจอดรอรับสินค้าจากสายพานการผลิตลงได้เป็น 0 นาที มีระยะเวลา รอรถโฟล์คลิฟมารับสินค้าไปจัดเก็บ 1.22, 1.32 และ 1.06 นาที ตามลำดับ สามารถลดปริมาณสินค้าคงคลัง A และ B ลงได้ 10.23%, 2.6% ลดปริมาณขวดเปล่าลงได้ 75.65% 76.7% และ 79.5% ตามลำดับ และสามารถเพิ่มการนำขวดเปล่ากลับมาใช้ได้ถึง 24.3% 14.48% และ 16.27% ตามลำดับ และในการทดลองที่ 2 ยังพบว่าสามารถเพิ่มกระบวนการส่งสินค้าทันทีเพิ่มขึ้นอีก 3.78%, 3.62% และ 3.16% ตามลำดับ

สมภัสสร เอื้ออารีมิตร (2550) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงผังโร งงานเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการปรับปรุงผังโรงงานมีปัจจัยและข้อจำกัดหลายอย่างที่ต้องนำมาร่วมพิจารณาการวิจัยครั้งนี้จะทำการปรับปรุงผังโรงงานโดยใช้โรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปเป็นกรณีศึกษาวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อหาโอกาสปรับปรุงผังโรงงานและจัดวางตำแหน่งเครื่องจักรใหม่เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น ลดเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายและลดเวลาที่ใช้ในการรอคอยระหว่างการผลิต ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการวิจัยคือการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายสินค้าเพื่อนำมา เป็นข้อมูลนำเข้า ในโปรแกรมการจำลองสถานการณ์ที่เรียกว่า Arena และทำการจำลองสถานการณ์การจัดตั้งโรงงานทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่ ผังโรงงานปัจจุบัน ผังโรงงานตามชนิดเครื่องจักร ผังโรงงานตามชนิดสินค้าซึ่งใช้จำนวนเครื่องจักรเท่ากับจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของผังโรงงานปัจจุบัน และผังโรงงานตามชนิดสินค้าที่จัดสมดุลการผลิต เพื่อนำผลจากการจำลองสถานการณ์ยังโรงงานทั้ง 4 แบบมาเปรียบเทียบกัน ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์พบว่าผังโรง งานตามชนิดเครื่องจักรมีความเหมาะสมในการนำมาปรับใช้มากกว่าผังโรงงานชนิดอื่น เนื่องจากสามารถช่วยลดเวลาที่ใช้ในการขนย้ายลงได้ 30.16% ลดเวลาที่ใช้ในการรอคอยได้ 71.15% และช่วยผลิตสินค้าได้มากกว่าผังโรงงานปัจจุบัน 3.27% และจากการคำนวณยอดขายต่อต้นทุนเครื่องจักรที่ ใช้ของผังโรงงานแต่ละแบบพบว่าการจัดตั้งโรงงานตามชนิดเครื่องจักรช่วยเพิ่มกำไรได้มากที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการจัดตั้งโรงงานตามชนิดเครื่องจักรมีความเหมาะสมในการนำมาปรับใช้กับโรงงานแห่งนี้

3. ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาเฉพาะกระบวนการผลิตแหวนทองเท่านั้นซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลัก (Master Product) ของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงาน ผลิต อัญมณีและเครื่องประดับ โดยเก็บรวบรวมตั้งแต่ กระบวนการรับคำ สั่งซื้อจนถึงการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานก่อนส่งมอบให้ลูกค้า

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

4.1 ศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันของบริษัท คริสตี้เจมส์ จำกัด

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่ากระบวนการผลิต แหวนทองของบริษัทกรณีศึกษามีสายการผลิตไม่สมดุล จึงทำให้ใช้เวลาในการเดินทาง หรือการไหลของชิ้นงาน มากในระหว่างกิจกรรม ดังนั้นคณะผู้วิจัย จึงทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแหวนทอง และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้ น เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในแต่ลำดับต่อไป

ขั้นตอนการผลิต แหวนทอง ภายในบริษัทแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนเดินงานเอกสาร
2. ขั้นตอนการจัดทำ SilverModel การทำชิ้นงานทุกชนิด และทุกรูปแบบจะต้องสร้าง SilverModel เพื่อนำเข้าสู่ขั้นตอนกระบวนการผลิต Jewelry
3. ขั้นตอนการผลิต Jewelry เป็นกระบวนการผลิตหลัก
4. ขั้นตอน QA ตรวจสอบชิ้นงานก่อนส่งมอบให้ลูกค้า
5. การส่งมอบ BOI การส่งมอบชิ้นงานเพื่อตรวจสอบความพึงพอใจของลูกค้า

4.2 การจัดทำผังกระบวนการไหลของชิ้นงานใหม่

การแก ไขและจัดทำผังกระบวนการไหลของชิ้นงานใหม่มีจุดประสงค์เพื่อกำจัดความสูญเปล าในขั้นตอน การไหลของชิ้นงาน ที่ไม่ต่อเนื่องกัน โดยการจัดวางผังสถานีงานในโรงงานให้เหมาะสมต่อเนื่องกันตามกระบวนการผลิต เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการขนย้ายและลดการเคลื่อนที่ของพนักงานลง

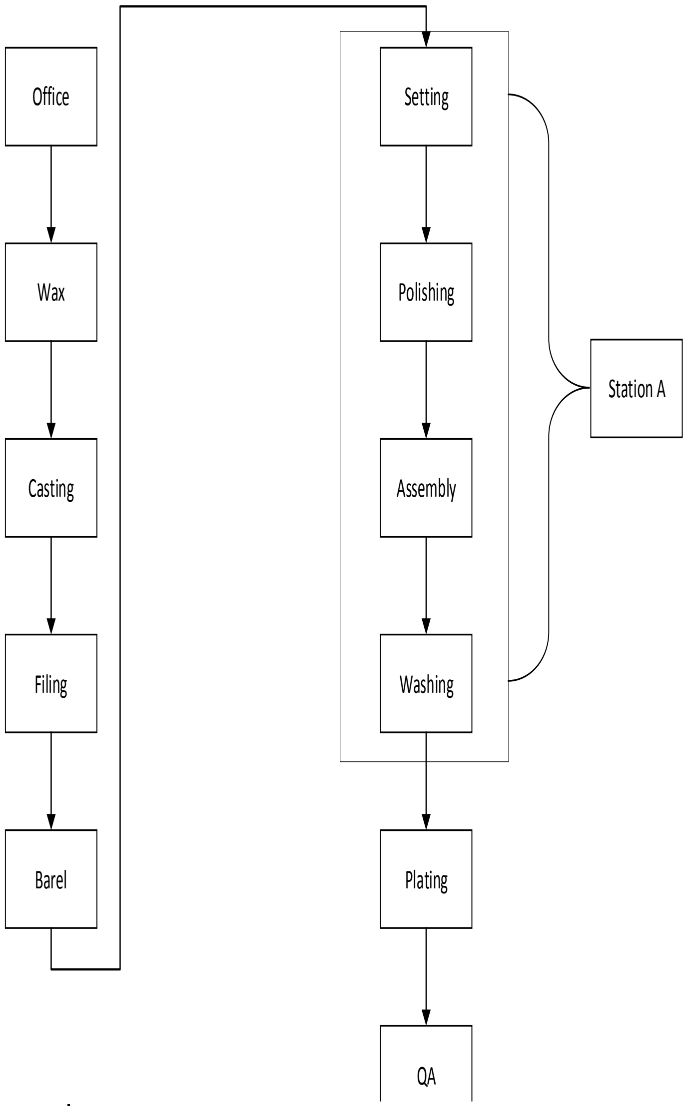
4.3 การจำลองสถานการณ์

1. ศึกษาเส้นทางกระบวนการผลิต แหวนทอง ตั้งแต่กระบวนการรับ คำสั่งซื้อ จากลูกค้า จน ถึงกระบวนการส่งมอบชิ้นงานให้ลูกค้าตรวจสอบ
2. เก็บรวบรวมข้อมูลเส้นทางการ ไหลของชิ้นงานในกระบวนการผลิตแหวนทอง
3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาการแจกแจงของข้อมูล โดยใช้เครื่องมือในโปรแกรม การ จำลองสถานการณ์ Arena ที่เรียกว่า Input Analyzer สร้างแบบจำลองสถานการณ์การทำงานในปัจจุบัน
4. ตรวจสอบความถูกต้องว่าแบบจำลองสถานการณ์สามารถใช้งานแทนระบบจริงได้หรือไม่โดยเปรียบเทียบข้อมูลจริงกับข้อมูลในระบบการจำลอง
5. ออกแบบการทดสอบเพื่อห าแนวทางลดการสูญเปล่าในกระบวนการผลิตแหวนทอง
6. ดำเนินการทดสอบตามแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้ออกแบบไว้
7. วิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์
8. สรุปผลการทดลอง

5. ผลการวิจัย

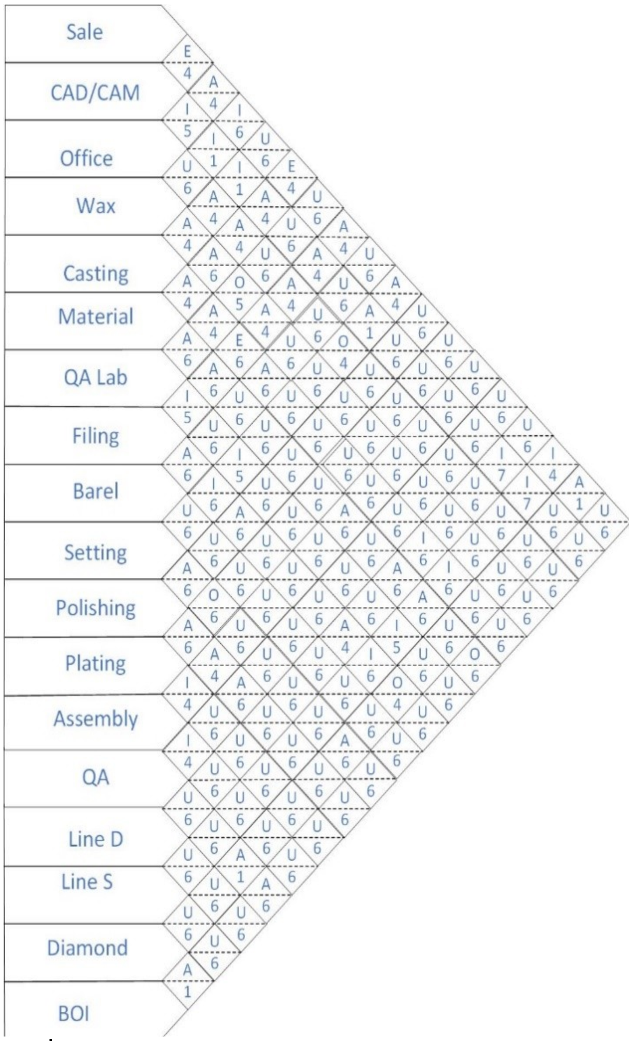
5.1 การออกแบบผังโรงงาน

รูปที่ 2 แสดงแผนผังกระบวนการไหลก่อนการปรับปรุง โดยบริษัทกรณีศึกษาได้มีการจัดกลุ่มให้แผนก Setting, Polishing, Assembly และ Washing อยู่ในกลุ่มเดียวกันเพราะใช้พื้นที่ร่วมกันจึงกำหนดให้เป็น Station A



รูปที่ 2 แผนผังกระบวนการไหลของการผลิตแหวนทองก่อนการปรับปรุง

คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลการไหลของในปัจจุบันดังรูปที่ 2 มาทำการสัมภาษณ์ผู้จัดการโรงงานและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเพื่อมาทำการวิเคราะห์การไหลด้วยการกำหนดความสัมพันธ์ของแต่ละแผนกว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับ A E I O U หรือ X (Muther, 1973) และนำความสัมพันธ์แต่ละกิจกรรมมาทำการออกแบบผัง การไหลของชิ้นงานหรือผังกระบวนการผลิต ใหม่ขึ้นโดยพิจารณา เส้นทาง การไหลของกระบวนการผลิตและพื้นที่ของโรงงานเป็นประเด็นหลัก ซึ่งผู้จัดการโรงงาน ได้ มีส่วนร่วม ในการ ตัดสินใจในวางผังกระบวนการผลิตใหม่ที่เหมาะสมและควรเป็นด้วย



รูปที่ 3 แผนภูมิความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมในการผลิตแหวนทอง

แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมในรูปที่ 3 พบว่ามีแผนกต่างๆ ที่ควรที่จะอยู่ใกล้กัน ได้แก่ แผนกแต่ง (Filing) กับบาเรล (Barel) ที่มีโค้ดแสดงความสัมพันธ์เป็น A และ 6 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันและเป็นไปตามลำดับงาน แต่ในผังกระบวนการผลิตเดิม นั้นทั้งสองแผนกอยู่นั้นกันคนละชั้นซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายชิ้นงานใช้เวลาเดินทางค่อนข้างมาก นอกจากนั้น แผนกชุบ (Plating) ควรอยู่ใกล้กับแผนกขัด (Polishing) ฝัง (Setting) และประกอบ (Assembly) เป็นต้น

คณะผู้วิจัย จึงได้ทำการปรังปรุงการไหล ของชิ้นงาน โดยการปรับปรุงผัง กระบวนการผลิตขึ้นใหม่ โดยให้ แผนก ที่มีความสัมพันธ์กันอยู่ในชั้นเดียวกันของอาคารผลิต โดยช่วงแรกคือการหล่อ อีกช่วงคือการแต่ง ขัดและฝัง ได้มีการจัดกลุ่มให้แผนก Setting, Polishing, Assembly, Washing อยู่ในกลุ่มเดียวกันเพราะใช้พื้นที่ร่วมกัน และนำแผนก Plating เข้าไปรวมในกลุ่ม เดียว กันและ กำหนดให้เป็น Station B

จากการปรับปรุงผัง กระบวนการผลิต ใหม่พบว่าระยะทางการเคลื่อนย้ายของชิ้นงานระหว่างแผนกได้ลดลงจากเดิม 224.66 เมตรเหลือ เพียง 142.73 เมตรหรือลดลง รอยละ 36.47 ดังตารางที่ 1

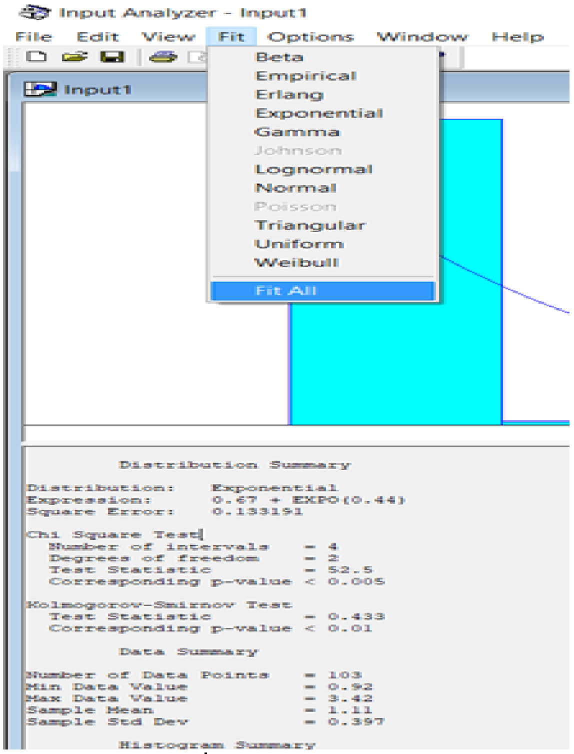
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบระยะทาง การไหลของชิ้นงานก่อนและหลังปรับปรุง

ผังการไหลในการผลิตแหวนทอง	ระยะทาง(เมตร)		ผลต่าง (%)
	ก่อน	หลัง	
รวมทุกแผนก	224.66	142.73	36.47

5.2 การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena

ในการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena จำเป็นต้องมีข้อมูลในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการใช้งานที่ 1 : นำข้อมูลช่วงเวลาระหว่างการเข้าสู่ระบบของชิ้นงานติดต่อกัน (Inter-arrival Times) ที่ได้เก็บรวบรวมจาก แต่ละแผนกนำมาวิเคราะห์ หารูปแบบการแจกแจงโดยใช้คำสั่ง ใน Input Analyzer โดยใช้คำสั่ง Fit All โปรแกรมจะแสดง รูปแบบ การแจกแจงให้โดยพิจารณาจากค่า *p-value* ที่มีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งหมายถึงการยอมรับสมมุติฐานหลัก กล่าวคือข้อมูลมีการแจกแจงตามรูปแบบที่ต้องการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 หากผลที่ได้มีรูปแบบการแจกแจง ที่เหมาะสม มากกว่าหนึ่งรูปแบบแล้ว โปรแกรม จะเลือกรูปแบบ การแจกแจงที่มีความคลาดเคลื่อน (SE) น้อยที่สุด ตัวอย่างการวิเคราะห์ รูปแบบการแจกแจงของแผนก wax1 แสดงดังรูปที่ 4



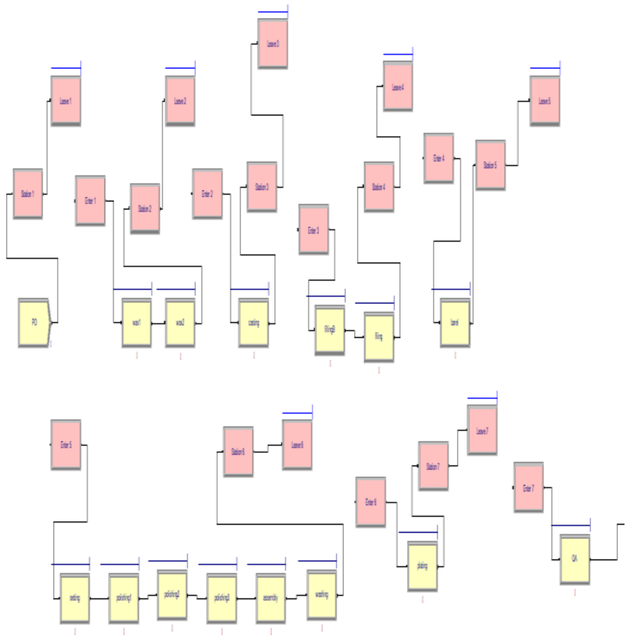
รูปที่ 4 Input Analyzer

ผลการหารูปแบบการแจกแจงของแต่ละกิจกรรมแสดงดังตารางที่ 2 สำหรับแผนก casting, polishing3, washing และ QA บริษัทกรณีศึกษาไม่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่อย่างถูกต้องและครบถ้วน จึงใช้การสัมภาษณ์ผู้จัดการโรงงานและกำหนดให้เป็นค่าคงที่

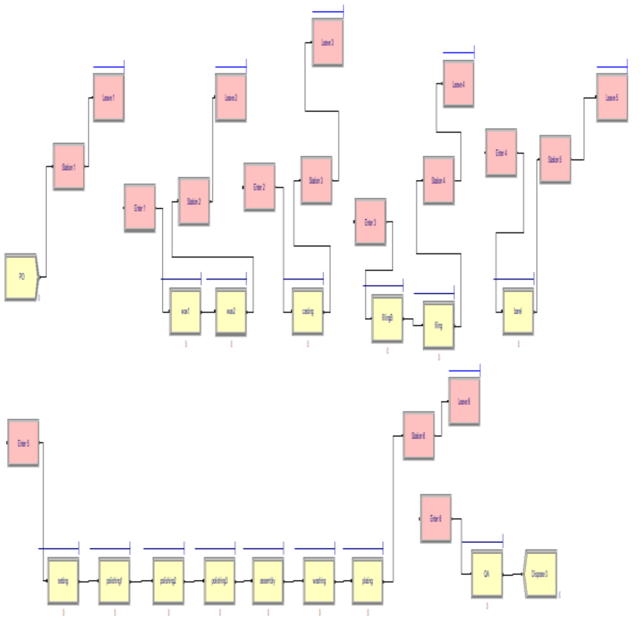
ตารางที่ 2 รูปแบบการแจกแจงของแต่ละแผนก

การทำงาน	การแจกแจง
wax1	0.67 + EXPO(0.44)
wax2	LOGN(5.54, 2.72)
Casting	40
fillingB	0.46 + LOGN(0.228, 0.151)
Filing	8 + EXPO(7.88)
Barel	NORM(38.6, 4.58)
Setting	7 + WEIB(112, 1.22)
polishing1	NORM(14, 5.33)
polishing2	NORM(28, 7.77)
polishing3	5
Assembly	2.5 + 1.32 * BETA(0.534, 0.63)
Washing	5
Plating	1 + LOGN(0.789, 0.538)
QA	30

ขั้นตอนการทำงานที่ 2 : สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena เป็นการสร้างแบบจำลองตามแผนผังกระบวนการไหลก่อนและหลังการปรับปรุง โดยที่กำหนดให้วัตถุเข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงโดยค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ชิ้นงานเข้ามาทีละ 1 ชิ้นงาน และไม่จำกัดจำนวนชิ้นงานสูงสุดที่เข้ามาและทำการกำหนดให้มีพนักงานแค่แผนกละ 1 คนให้มีความเร็วในการเดินคงที่ 6 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยรูปที่ 5 และ 6 แสดงแบบจำลองก่อนและหลังปรับปรุงผังการผลิต สำหรับรูปแบบโมเดลและระยะทางการไหลของชิ้นงาน ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องโดย ผู้จัดการโรงงาน ของบริษัทกรณีศึกษาแล้ว จึงนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้งานต่อไป

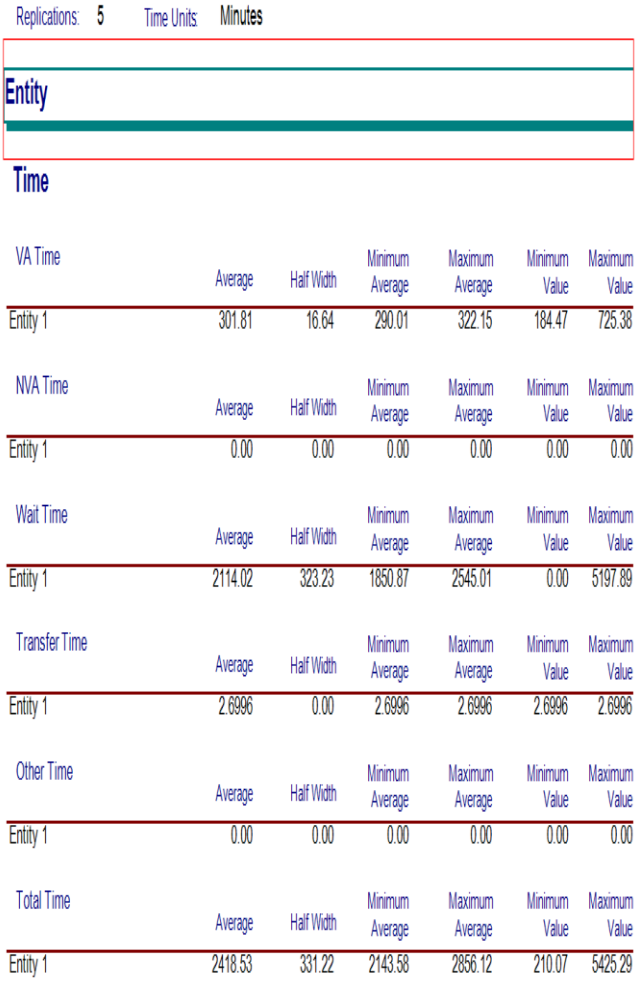


รูปที่ 5 แบบจำลองก่อนปรับปรุงกระบวนการผลิต



รูปที่ 6 แบบจำลองหลังการปรับปรุง

ขั้นตอนการทำงานที่ 3 : ทำการจำลองสถานการณ์ โดยที่จะทำการจำลองทั้งหมด 20 วัน วันละ 8 ชั่วโมง จำลองทั้งหมด 5 ครั้งทั้งสองแบบจำลอง ผลการจำลองสถานการณ์ก่อนและหลังการปรับปรุงแสดงดังรูปที่ 7-8 และตารางที่ 3 ตามลำดับ ดังต่อไปนี้



Replications: 5 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	301.81	16.64	290.01	322.15	184.47	725.38

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	2114.02	323.23	1850.87	2545.01	0.00	5197.89

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	2.6996	0.00	2.6996	2.6996	2.6996	2.6996

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	2418.53	331.22	2143.58	2856.12	210.07	5425.29

รูปที่ 7 ผลก่อนการปรับปรุง

Replications: 5 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	295.86	10.30	289.40	309.45	178.43	692.32

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	2061.01	326.56	1906.60	2527.01	0.00	4904.28

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	1.7143	0.00	1.7143	1.7143	1.7143	1.7143

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	2358.58	335.84	2198.44	2838.18	209.09	5147.55

รูปที่ 8 ผลหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบเวลาก่อนและหลังการปรับปรุง

รายการ	ผังปัจจุบัน (ก่อนปรับปรุง)	ผังใหม่ (หลังปรับปรุง)	ผลต่าง	ร้อยละ (%)
เวลาการปฏิบัติงาน (นาที)	301.81	295.86	5.95	1.85
เวลารอคอย (นาที)	2,114.02	2,061.01	53.01	2.51
เวลาในการไหล (นาที)	2.70	1.71	0.99	36.66
เวลารวม (นาที)	2,418.53	2,358.58	59.95	2.48

ผลจากการจำลองสถานการณ์ในตารางที่ 3 พบว่าเวลาการปฏิบัติงานในทุกแผนกโดยเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 301.81 นาทีต่ อชิ้นงาน และหลังการปรับปรุง ลดเหลือ 295.86 นาทีต่อชิ้นงานโดยลดลงร้อยละ 1.85 เวลาการรอคอยโดยเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 2,114.02 นาทีต่อชิ้นงานหลังการปรับปรุงเท่ากับ 2,061.01 นาทีต่อชิ้นงานโดยลดลงร้อยละ 2.51 เวลาการเคลื่อนย้าย โดยเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 2.70 นาทีต่อชิ้นงาน หลังการปรับปรุงลดลงเหลือ 1.71 นาทีต่ อชิ้นงาน โดยลดลงร้อยละ 36.66 และเวลารวม ในการรอคอยทั้งสิ้น ก่อนการปรับปรุง เท่ากับ 2,418.53 นาทีตอชิ้นงาน หลังการปรับปรุง 2,358.58 นาทีต่อชิ้นงานโดยลดลงร้อยละ 2.55 ซึ่งจากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าสามารถลดเวลาโดยเฉลี่ยในการผลิตรวมร้อยละ 2.48

6. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ศึกษาสภาพการทำงานและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานให้กับบริษัทคริสตี้ เจมส์ จำกัด โดยการปรับปรุงผังโรงงาน การทำงานในสภาพ เดิมนั้นยังมีเคลื่อนที่ของงานเป ระยะทางไกล สถานีงานที่ควรอยู่ใกล้กันแต่เดิมนั้นตั้งอยู่คนละชั้นของอาคารทำให้การไหลของชิ้นงานสลับไปสลับมา โดยในหนึ่งวันมีการเคลื่อนย้ายงาน 224.66 เมตรต่อชิ้นงาน ผังกระบวนการผลิตใหม่ที่เสนอแนะนั้นมีจุดที่ปรับป รุงหลักคือแบ่งเป็นกลุ่มงานหล่อ อีกกลุ่มคือการแต่ง ขัดและฝัง โดยได้มีการจัดกลุ่มให้แผนก Setting, Polishing, Assembly, Washing และ Plating ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เพราะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน ผลจากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena สามารถทำให้บริษัทกรณีศึกษาลดเวลาและระยะทางลง ดังนี้

1.ระยะทางการไหลของงานโดยเฉลี่ยลดลงร้อยละ 36.47

2. เวลาโดยเฉลี่ยที่ใช้ไปในการเคลื่อนย้ายงานลดลงร้อยละ 36.66

3.เวลา โดยเฉลี่ย ที่ใช้ในการผลิต รวม ลด ลง ร อยละ 2.48

ถึงแม้ว่าเวลาที่ลดลงในกระบวนการผลิตและ เวลารวมในการรอคอยทั้งสิ้น ต่อชิ้นงานจะเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ไม่มาก นักแต่หากรวมเวลาทั้งหมดที่จะต้องสูญเสียไปกับกิจกรรมที่ไม่มีมูลค่าเพิ่มในการผลิตแต่ละคำสั่งซื้อหรือการดำเนินงานทั้งปีแล้วก็จะเป็นเวลา สูญเสียไปโดยไม่มีมูลค่าเพิ่ม ที่จำนวนมาก ดังนั้นหากบริษัทกรณีศึกษาสามารถนำแนวคิดดังกล่าวไปปรับปรุงผังกระบวนการผลิต ให้มีความต่อเนื่องกัน โดยกิจกรรมใดที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันควรเอาไว้ใกล้กันแล้วก็จะส่งผลให้การไหลของชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะทำให้บริษัทกรณีศึกษาสามารถส่งมอบสินค้าได้ ทันตามกำหนด เวลาและ สามารถลด ค่าใช้จ่าย ที่ไม่จำเป็น จากการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างแผนกลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. ข้อเสนอแนะ

1.บริษัท ควรจดบันทึกรายละเอียดของชิ้นงานอย่างสม่ำเสมอ และเป็นชิ้นงานเดียวกันตลอดกระบวนการผลิต เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และพัฒนาการไหลให้ดียิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง

2. ควรศึกษาเส้นทางการไหลของ ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่เป็น Master Product ของบริษัท เช่น แหวนแพลทินัม เป็นต้น

8. ข้อจำกัดของงานวิจัย

ในการปฏิบัติงานจริงพนักงานแต่ละคนอาจจะใช้ความเร็วในการเดินไม่เท่ากัน แต่เมื่อการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena จะถือว่าทักษะการทำงานของพนักงานแต่ละคนนั้นเท่ากัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทคริสตี้เจมส์ จำกัด บริษัทกรณีศึกษาที่ได้อนุญาตให้คณะผู้ วิจัยได้เข้าไปเก็บรวบรวมข้อมูล และให้ข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ภูวดล โกมลรัตนเสถียร . 2561 . ปั้นไทยฮับอัญมณีฯ ยกระดับสู่ตลาดโลก. [Online].Available : https://www.posttoday.com/market/news/552897.

[2] ประจวบ กล่อมจิตร. 2555. การออกแบบโรงงานอุตสาหกรรม.พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[3] พัฒนพงศ์ น้อยนวล . 2554. การปรับปรุงกระบวนการการขนส่งภายในคลังสินค้าโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา อุตสาหกรรม น้ำอัดลม.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[4] รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. 2551. คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมอารีนา. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[5] ศักดิ์ชัย ฤาชา. 2551. การเปลี่ยนแปลงแผนผังโรงงานที่มีผลต่อกำลังการผลิต กรณีศึกษาบริษัท ABC จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[6] สมภัสสร เอื้ออารีมิตร. 2550. การปรับปรุงผังโรงงานโดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ : กรณีศึกษาของโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[7] Muther, R. 1973. Systematic Layout Planning. Cahners Books, USA.

รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุรศักดิ์ อาดำ นักศึกษาภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ณัฐวรินทร์ กิจรัตนกาญจน์ นักศึกษาภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นภัทร์ จันทร์เกษม นักศึกษาภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วชิรวิทย์ พรชัยสิริอรุณ นักศึกษาภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การกำหนดปริมาณการผลิตข้าวเปลือกที่เหมาะสมเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันและอนาคตด้วยตัวแบบ Newsvendor

The appropriate production quantity of paddy to consumer's demand in the present and future with Newsvendor model.

ณัฐพร เกียรติเลิศเสรี[1*] และ กาญจ์นภา อมรัชกุล[2]
คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (NIDA) 118 ถนนเสรีไทย เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
E-mail: [1] n.kietlertsaree@gmail.com[*], [2] kamaruchkul@as.nida.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์หาปริมาณการผลิตข้าวเปลือกที่เหมาะสม โดยการนำผลผลิตต่อไร่ที่ได้จากการปลูกข้าวนาปี และนาปรัง ทั้ง77 จังหวัดของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ถึง ปี พ.ศ. 2561 มาทำการพยากรณ์ผลผลิตในปี 2562 โดยการใช้ตัวแบบ regression เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศ เนื่องจากการปลูกข้าวในแต่ละปี อาจเกิดปัจจัยเสี่ยงต่างๆที่อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตของข้าว ไม่เป็นไปตามแผนการที่วางไว้ ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ งานวิจัยนี้ จึงนำตัวแบบ newsvendor มาประยุกต์ใช้เพื่อหาปริมาณสั่งซื้อที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด จากการวิเคราะห์ การผลิตข้าวเปลือกในปี พ.ศ. 2562 พบว่าหากต้องการปลูกข้าวให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ต้องลดพื้นที่เพาะปลูกลง 1.24% เพื่อให้ได้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุดเพิ่มขึ้น 0.22% และการเพิ่มผลผลิตโดยการใส่ปุ๋ยสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้มากขึ้น

คำสำคัญ: ปริมาณการผลิตข้าวเปลือกที่เหมาะสม, ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค, ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด

Abstract

The objective of this research is to determine optimal production quantities of both in- and out-season rice paddies in 77 provinces in Thailand. We forecast the total demand (the sum of both domestic and export markets) in 2019 using a regression model based on data during 2009-2018. Since rice yield is uncertain and may not be exactly equal to the forecast, the risk-based model is needed. We modify the newsvendor model to determine optimal production quantities in order to maximize the expected profit. Our numerical analysis reveals that in 2019, we could increase the expected profit by 1.22% by reducing 1.24% of cultivation area and using additional fertilizer to increase the yield.

Keywords: The appropriate production quantity of paddy, Meet the demand of consumer, Maximize the expected profit

1. คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทยและเป็นสินค้าที่ทั่วโลกต้องการ ที่ผ่านมาประเทศไทยไม่ได้ให้ความสำคัญกับปัญหาเท่าที่ควร เพราะยังไม่มีคู่แข่งทางการค้า แต่ปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นประเทศเวียดนาม พม่า กัมพูชา ต่างกำลังมีการวิจัยและพัฒนาทั้งในเรื่องการผลิตและสายพันธุ์ข้าวอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ประเทศผู้นำเข้าข้าวเริ่มปลูกข้าวใช้บริโภคภายในประเทศเอง ซึ่งปัจจุบันประเทศอินเดียกลายเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ที่สุดของโลก เนื่องจากนโยบายการผลิตสินค้าของไทยไม่แน่นอน ผู้ผลิต(เกษตรกร)ขาดผู้สนับสนุนและให้ความรู้ความเข้าใจในการเพาะปลูก การวิเคราะห์การผลิต การศึกษาความต้องการสินค้าของผู้บริโภค กรณีเกิดภัยธรรมชาติ ผลผลิตไม่เป็นไปตามที่ตั้งไว้ จะมีวิธีป้องกัน และแก้ไขปัญหาอย่างไร ปัญหาเหล่านี้ภาครัฐและเอกชนควรเข้ามามีส่วนร่วมกับผู้ผลิต(เกษตรกร) เพื่อศึกษา วิจัย แก้ไขปัญหา และพัฒนาอย่างยั่งยืน รวมทั้งร่วมกันสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ที่เป็นจุดเด่นของข้าวไทยออกมา ให้ทั่วโลกยอมรับและเป็นที่นิยม ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะทำการศึกษาข้อมูลการเพาะปลูกข้าวย้อนหลังตั้งแต่ปี 2552-2561 เพื่อวิเคราะห์และกำหนดปริมาณการเพาะปลูกที่เหมาะสม เพื่อให้ตอบสนองปริมาณความต้องการของผู้บริโภค และ

* Corresponding author: E-mail: n.kietlertsaree@gmail.com
[1] นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์
[2] อาจารย์ ดร. หลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์

ไม่เกิดกรณีอุปทานมากกว่าอุปสงค์ แล้วจะส่งผลให้ได้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุดอีกด้วย รวมทั้งในอนาคตหากมีการบริโภคข้าวมากขึ้นจะมีวิธีการรับมือ และเพิ่มผลผลิตให้ได้ตามที่ต้องการได้อย่างไร จะรวบรวมไว้ในงานวิจัยฉบับนี้

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการวิเคราะห์ความถดถอย

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) จะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ถ้าศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหนึ่งตัวกับตัวแปรตามหนึ่งตัว เรียกว่า การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยว หรือการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) ถ้าตัวแปรอิสระมีมากกว่าหนึ่งตัวกับตัวแปรตามหนึ่งตัว เรียกว่า การวิเคราะห์การ ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) สำหรับการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + e$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

X คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

β_0 คือ เป็นระยะตัดแกน Y หรือค่าของ Y เมื่อ X มีค่าเป็นศูนย์

β_1 คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) เป็นความชันของเส้นสมการถดถอย

e คือ ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม

2.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกส์

การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic Regression) มีวัตถุประสงค์เพื่อทำนายว่าเหตุการณ์หนึ่งจะเกิดขึ้นได้หรือไม่ หรือมีโอกาสเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยกำหนดว่ามีตัวแปรตัวหนึ่งหรือหลายตัวที่ส่งผลต่อการเกิดเหตุการณ์นั้นๆ ทำให้ทราบเหตุผลของการเกิดเหตุการณ์นั้นหรือไม่เกิดเหตุการณ์นั้น เช่น ทำไมบางคนเลือกทำงานในภาครัฐในขณะที่บางคนเลือกทำงานในภาคเอกชน หรือทำไมบางคนประสบผลสำเร็จในการศึกษาตามเวลาที่กำหนดในขณะที่บางคนประสบผลสำเร็จในการศึกษาหลังเวลาที่กำหนด เป็นต้น การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic Regression) จะทำให้ทราบว่ามีสาเหตุใดที่บ่งชี้ความสำเร็จที่จะเกิดขึ้นของเหตุการณ์เหล่านี้ ค่าของตัวแปรตามที่ปรากฏเป็นข้อมูลสำหรับวิเคราะห์จะมีเพียง 2 ค่า เท่านั้น คือ ใช่ (Yes) หรือ ไม่ใช่ (No) โดยโมเดลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกส์ เมื่อตัวแปรตามหรือตัวแปรเกณฑ์ (Y) มีลักษณะเป็นทวิภาค เช่น เกิดเหตุการณ์ (Y=1) หรือไม่เกิดเหตุการณ์ (Y=0) ตัวแปรเกณฑ์ (Y) จะมีรูปแบบความสัมพันธ์กับตัวแปรทำนาย (X's) ด้วยฟังก์ชั่นโลจิสติกส์ ซึ่งเป็นฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรรูปคล้ายตัว S

โดย $P(Y) = \dfrac{1}{1+e^{-f(x)}}$

เช่น $P(Y) = \dfrac{1}{1+e^{-(b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3+\cdots E)}}$

เมื่อ P(Y) = ความน่าจะเปนของการเกิดเหตุการณ์ Y

e = exponential function (e ≅ 2.71828)

สมมติให้

f(x) = ฟังก์ชันของตัวแปรทำนาย

P_Y = ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ (Y=1)

Q_Y = ความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ (Y=0)

Z = Linear combination ของตัวแปรทำนาย

$$= b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \cdots + b_kx_k$$

ดังนั้น $P_Y = \dfrac{1}{1+e^{-z}} = \dfrac{e^z}{1+e^z}$ .... (1)

ดังนั้น $Q_Y = 1 - P_Y = \left(\dfrac{e^z}{1+e^z}\right) = \dfrac{1}{1+e^z}$ .... (2)

จาก (1) และ (2) สามารถหาค่า Odds ratio ของการเกิดเหตุการณ์ Y ที่สนใจได้

P = Odds ratio

Z = เหตุการณ์ของการเกิดเหตุการณ์ (Y=1) มีอัตราส่วนเป็นกี่เท่าของโอกาสที่ไม่เกิดเหตุการณ์ (Y=0)

$P_Y = \dfrac{P_Y}{Q_Y} = \dfrac{P_Y}{1-P_Y} = e^z$ .... (3)

$$\frac{\text{Prob. (Event)}}{\text{Prob. (NoEvent)}} = e^{b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3+\cdots+b_kx_k}$$

นั้นคือ $P = e^{b_0} . e^{b_1x_1} . e^{b_2x_2} . e^{b_3x_3} \ldots e^{b_kx_k}$

จากสมการ (3) แปลงให้อยู่ในรูปของสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression Model) โดยการใส่ค่า Natural Logarithm ทั้งสองข้างของสมการ $\ln\left(\dfrac{P_Y}{1-P_Y}\right)$ = log of the Odds หรืออาจเรียกว่า Logit transformation หรือ Logit(p) ดังนั้น Logit(p) หรือ log ของ Odds Ratio จึงอยู่ในรูปแบบของตัวแปรเกณฑ์ที่สามารถทำนายได้ด้วยชุดของตัวแปรทำนายเชิงเส้นตรง โดยวิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยโลจิสติกส์ (b) ในฟังก์ชันใช้หลักการของ OLS ที่เรียกว่า Maximum Likelihood โดยการประมาณค่า b ด้วยการหาค่าที่เป็นไปได้สูงสุดที่สอดคล้องกับฟังก์ชันจากข้อมูลเชิงประจักษ์ที่มีอยู่

2.3 ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรสา สุทธิไสย (2551) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มโดยการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกทวิวิภาค และการวิเคราะห์จำแนกคาโนนิคอล ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษา โดยกล่าวว่าการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกสามารถทำนายโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์นั้นๆได้ โดยจะต้องมีตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อค่าที่ต้องการจะพยากรณ์ เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องสำหรับตำราเกี่ยวกับการพยากรณ์ สามารถอ่านเพิ่มได้ใน Barry Keating and J. Holton Wilson, (2009).

ฉัตรบดินทร์ ศรีตระกูล (2561) ได้นำตัวแบบ Newsvendor มาทำการทดสอบและเปรียบเทียบผลของการซื้อข้าวเปลือก 3 ชนิด

เพื่อให้ตอบสนองความต้องการของผู้ส่งออกข้าวและผู้ค้าข้าวสารในประเทศได้มากที่สุด ค่าคาดหวังกำไรสูงสุด และ มีสินค้าคงคลังน้อยที่สุด โดยการใช้โปรแกรม Microsoft Excel และ Arena และอัครณี ภักดีวงษ์ (2556) กล่าวเพิ่มเติมว่า ปริมาณที่เหมาะสมจะเห็นได้ชัดหากมีการเปรียบเทียบนโยบายปัจจุบันกับนโยบายอื่นๆที่ได้ศึกษา จะทำให้ได้นโยบายที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งผลลัพธ์ดีกว่านโยบายปัจจุบัน ดังเช่น บทความของ ลภาภัทร สมานทรัพย์ (2559) ได้ศึกษาต้นทุนในการผลิตหัวกดพลาสติกส่วนประกอบหัวฉีดสเปรย์ ตามความต้องการของลูกค้า โดยเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นจากทางเลือกในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า สรุปได้ว่า ทางเลือกที่มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรมเชิงเส้นจะมีต้นทุนที่ต่ำและเหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถตอบสนองความต้องการสินค้าได้ทันเวลาที่กำหนด

อวยพร พู่วณิชย์ (2558) ได้ศึกษาตัวแบบ Newsvendor ที่มีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ: กรณีศึกษาแบรนด์เสื้อผ้าแฟชัน กล่าวถึงตารางloss function ที่มีอยู่แล้วในหนังสือสถิติและความน่าจะเป็นทั่วไป หรือได้จาก

$$E[(D_i - x_i)^+] = \phi(z_i) - z_i(1 - \phi(z_i))$$

โดยที่ ϕ และ Φ เป็นฟังก์ชันความหนาแน่น *(density function)* และฟังก์ชันแจกแจงสะสม (*cumulative distribution function)* ของการแจกแจงปรกติมาตรฐาน (standard normal distribution) การหาผลเฉลยที่ดีที่สุดหาโดยใช้ Excel Solver กำหนดให้ Solving Method คือGRG Nonlinear ซึ่งเหมาะสำหรับ nonlinear ในการคำนวณ loss function เราสามารถใช้คำสั่ง Excel NORM.DIST(z,0,1,0) หาฟังก์ชันความหนาแน่น $\phi(z)$ และ NORM.DIST(z,0,1,1) หาฟังก์ชันแจกแจงสะสม $\Phi(z)$ ของการแจกแจงปรกติมาตรฐาน คำสั่ง NORM.DIST ในargument ท้ายสุดเป็น 1 หรือ TRUE ถ้าต้องการเป็นฟังก์ชันแจกแจงสะสม ถ้าไม่ต้องการสะสมแต่ต้องการเป็นdensity ให้ใส่ 0 หรือ FALSE สำหรับในargument ที่สองและสาม แทน mean และ standard deviation ของการแจกแจงปรกติ ที่สนใจ สำหรับการแจกแจงปรกติมาตรฐานจะมี mean=0 และ standard deviation=1

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและตัวแบบที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมและตัวแบบในการวิจัยดังนี้

3.1.1 โปรแกรม Microsoft Excel ใช้ในการคำนวณหาพื้นที่สำหรับปลูกข้าวที่เหมาะสมที่สุด สำหรับข้าวนาปี และข้าวนาปรังและสำหรับแต่ละจังหวัด

3.1.2 ตัวแบบ Newsvendor สร้างขึ้นเฉพาะปัญหานี้

<u>กรณี ไม่เพิ่มปุ๋ย</u>

โดยมี<u>ข้อมูลนำเข้า</u> มีดังนี้

$u_{ij} =$ ผลผลิตข้าวประเภท j ในจังหวัด i (กิโลกรัมต่อไร่)

$x_{ij} =$ พื้นที่ปลูกข้าวประเภท j ในจังหวัด i (ไร่)

$c_{ij} =$ ต้นทุนปลูกข้าวประเภท j ในจังหวัด i (บาทต่อไร่)

$p =$ ราคาขายข้าว (บาทต่อกิโลกรัม)

$D =$ ปริมาณความต้องการข้าวทั้งปี (กิโลกรัม) โดยกำหนดให้แจกแจกแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน σ

ข้าวประเภท $j = 1$ แทนข้าวนาปี และ $j = 2$ แทนข้าวนาปรัง

สำหรับแต่ละจังหวัด $i = 1,2, \dots ,77$

<u>ตัวแปรตัดสินใจ</u>

$Q =$ ผลผลิตข้าวทั้งหมด (กิโลกรัม)

โดยที่ $Q = \sum_{i=1}^{77} \sum_{j=1}^{2} u_{ij} x_{ij}$

ในตัวแบบนี้ต้องการหาพื้นที่ปลูกข้าวแต่ละประเภทและในแต่ละจังหวัดเพื่อให้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด

ให้ $\boldsymbol{x} = (x_{1,1}, \dots , x_{77,1}, x_{1,2}, \dots , x_{77,2})$

จะได้

<u>ค่าคาดหมายกำไร</u>

$$\pi(\boldsymbol{x}) = E[p \min (D, \sum_{i=1}^{77}\sum_{j=1}^{2} u_{ij}x_{ij}) - \sum_{i=1}^{77}\sum_{j=1}^{2} c_{ij}x_{ij}]$$

พจน์แรกเป็นรายได้จากการขายข้าวจากผลผลิตรวมทั้งหมด และพจน์หลังเป็นต้นทุนรวมในการเพาะปลูกข้าว

<u>กรณี เพิ่มปุ๋ย</u>

โดยมี<u>ข้อมูลนำเข้า</u> มีดังนี้

$u_{ij} =$ ผลผลิตข้าวประเภท j ในจังหวัด i (กิโลกรัมต่อไร่)

$x_{ij} =$ พื้นที่ปลูกข้าวประเภท j ในจังหวัด i (ไร่)

$v_{ij} =$ ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ประเภท j ในจังหวัด i (กิโลกรัมต่อไร่)

$c_{ij}^{f} =$ ต้นทุนการเพิ่มปริมาณปุ๋ยประเภท j ในจังหวัด i (บาทต่อกิโลกรัม)

$p =$ ราคาขายข้าว (บาทต่อกิโลกรัม)

$D =$ ปริมาณความต้องการข้าวทั้งปี (กิโลกรัม) โดยกำหนดให้แจกแจกแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน σ

ข้าวประเภท $j = 1$ แทนข้าวนาปี และ $j = 2$ แทนข้าวนาปรัง

สำหรับแต่ละจังหวัด $i = 1,2, \dots ,77$

<u>ตัวแปรตัดสินใจ</u>

$Q =$ ผลผลิตข้าวทั้งหมด (กิโลกรัม)

โดยที่ $Q = \sum_{i=1}^{77} \sum_{j=1}^{2} u_{ij}(v_{ij}) x_{ij}$

ในตัวแบบนี้ต้องการหาพื้นที่ปลูกข้าวแต่ละประเภทและในแต่ละจังหวัดเพื่อให้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด

ให้ $\boldsymbol{x} = (x_{1,1}, \dots , x_{77,1}, x_{1,2}, \dots , x_{77,2})$

จะได้

<u>ค่าคาดหมายกำไร</u>

$$\pi(\boldsymbol{x}) = E[p \min (D, \sum_{i=1}^{77}\sum_{j=1}^{2} u_{ij}(v_{ij})x_{ij}) - \sum_{i=1}^{77}\sum_{j=1}^{2} c_{ij}x_{ij}] - \sum_{i=1}^{77}\sum_{j=1}^{2} c_{ij}^{f} v_{ij}$$

พจน์แรกเป็นรายได้จากการขายข้าวจากผลผลิตรวมทั้งหมดหลังเพิ่มปริมาณปุ๋ย พจน์กลางเป็นต้นทุนในการเพาะปลูกข้าว และพจน์หลังเป็นต้นทุนในการเพิ่มปริมาณปุ๋ย ซึ่งการคำนวณค่าคาดหมายทั้ง 2 กรณีสามารถทำได้โดยใช้ตาราง Standard Loss Function ของการแจกแจกปกติมาตรฐานเข้ามาช่วย

3.1.3 ตัวแบบการพยากรณ์ Linear Regression with Trend เพื่อพยากรณ์ผลผลิตต่อไร่ของปี 2562

3.1.4 ตัวแบบการพยากรณ์ ใช้วิธี Logistic Regression Analysis เพื่อพยากรณ์หาโอกาสที่เป็นไปได้ ที่จะได้ปริมาณผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่สูงสุดหลังจากมีการใส่ปุ๋ยเพิ่ม

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ รายการผลิตข้าวนาปีและนาปรัง (ข้อมูลปี 2552-2561) และสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าว ผลผลิตข้าวเปลือกทั้ง 77 จังหวัดของประเทศไทย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.3.1 ผลผลิตข้าวนาปีและนาปรัง โดยใช้ข้อมูล 10 ปีย้อนหลัง (ข้อมูลปี 2552-2561) ทำการพยากรณ์หาผลผลิตในปี 2562 โดยอ้างอิงข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ดูเพิ่มเติมได้ที่ [7]

3.3.2 ปริมาณความต้องการข้าวภายในประเทศและส่งออกข้าวไปยังต่างประเทศ โดยใช้ข้อมูล 3 ปีย้อนหลัง (ข้อมูลปี2559-2561) โดยอ้างอิงข้อมูลจากกรมการข้าว ดูเพิ่มเติมได้ที่ [8]

3.3.3 ราคาขายข้าวเปลือก ต้นทุนการปลูกข้าว ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าว ผลผลิตข้าวเปลือกทั้ง 77 จังหวัดของประเทศไทย โดยอ้างอิงข้อมูลจากกรมการค้าต่างประเทศ – กระทรวงพาณิชย์ ดูเพิ่มเติมได้ที่ [9]

3.4 การดำเนินการวิจัย

3.4.1 นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 3.3.1 มาพยากรณ์หาปริมาณความต้องการเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลปี 2562 และนำข้อมูลที่ได้จากข้อ 3.3.2 มาพิจารณา เพื่อพยากรณ์หาผลผลิตข้าวเปลือกทั้ง 77 จังหวัดของประเทศไทยสำหรับข้าวทั้งสองประเภท

3.4.2 สร้างตัวแบบ Newsvendor สำหรับปี 2562 โดยใช้ข้อมูลดังนี้

- ปริมาณความต้องการ D: ปริมาณความต้องการเฉลี่ยได้มาจากการนำข้อมูลปริมาณความต้องการเฉลี่ยของปี 2559-2561 มาพยากรณ์หาปริมาณความต้องการเฉลี่ยของปี 2562 และหาค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE) หรือความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error, SE)

- ต้นทุนในการปลูกข้าว c_{ij} แบ่งขั้นตอนค่าใช้จ่ายออกเป็น -ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการบำรุงรักษา ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และ ค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมกรณีมีแมลง โรคระบาด ภัยธรรมชาติ

- ต้นทุนในการเพิ่มปริมาณปุ๋ย c_{ij}^{f}

- ราคาขายข้าวเปลือกเฉลี่ย p จากราคาขายตลาดกลางและตลาดสำคัญ จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

3.4.3 แสดงข้อมูลที่เกิดขึ้นเพื่อแสดงให้เห็นแนวโน้มของตัวเลขเพื่อทำการเปรียบเทียบและสรุปผลการวิจัย

4. ผลการวิจัย

4.1 ปริมาณความต้องการสินค้า

จากข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าย้อนหลังตั้งแต่ปี 2559-2561 ดังตารางที่ 4.1 เพื่อพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าของปี 2562 โดยการพยากรณ์ด้วยวิธี ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) ให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ที่ 5.18% และนำข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์มาหาค่าความต้องการเฉลี่ย (μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้า (σ) ได้เท่ากับ 34,416,000,000 และ 1,604,190,000 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ปริมาณความต้องการข้าว ปี 2559-2561

ปี	ปริมาณความต้องการข้าว (หน่วย : กิโลกรัม)
2559	25,010,000,000
2560	31,170,000,000
2561	30,524,000,000

4.2 นโยบายปัจจุบัน: พื้นที่เพาะปลูกข้าว และผลผลิตข้าวเปลือก

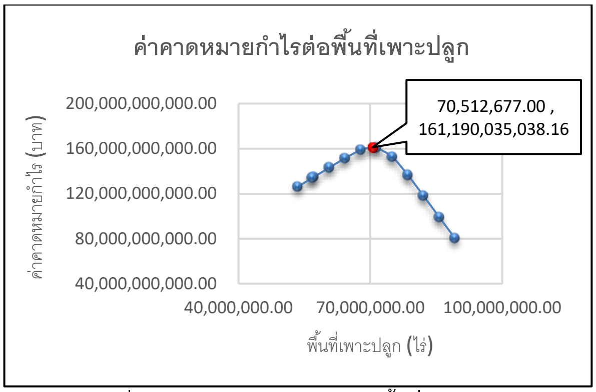
จากข้อมูลผลผลิตข้าวนาปีและนาปรัง (ข้อมูลปี 2552-2561) ทั้ง 77 จังหวัดของประเทศไทย เพื่อใช้พยากรณ์ปี 2562 ซึ่งได้ผลผลิตข้าวเปลือกรวม เท่ากับ 34,039,170,042.90 กิโลกรัม ในพื้นที่เพาะปลูกรวม 71,395,889.00 ไร่ ดังแสดงในภาคผนวกที่ 1.

4.3 นโยบายเหมาะสมสุด เพื่อให้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ไปคำนวณค่าคาดหมายกำไร ตามตัวแบบ Newsvendor ในข้อ 3.1.2 (กรณีไม่เพิ่มปุ๋ย) จึงได้ผลสรุป ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และในรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 จำนวนพื้นที่เพาะปลูกและค่าคาดหมายของกำไร

พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	E[Profit] : บาท	
89,244,861.00	80,335,582,530.00	
85,675,067.00	99,148,217,240.72	
82,105,272.00	117,949,435,388.64	
78,535,478.00	136,480,554,004.64	
74,965,683.00	152,640,582,402.48	
71,395,889.00	160,864,151,426.00	นโยบายปัจจุบัน
70,512,677.00	161,190,035,038.16	นโยบายเหมาะสมสุด
67,826,095.00	158,772,958,418.80	
64,256,300.00	151,453,882,307.36	
60,686,506.00	143,112,765,060.16	
57,116,711.00	134,696,294,653.52	
53,546,917.00	126,277,791,280.72	



รูปที่ 4.3 ค่าคาดหมายของกำไรต่อพื้นที่เพาะปลูก

จากการทดสอบและปรียบเทียบผลข้อมูลปี 2562 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกมากขึ้น จะส่งผลให้ค่าคาดหมายกำไรลดลง และหากลดพื้นที่เพาะปลูกมากเกินไปก็จะส่งผลให้ค่าคาดหมายกำไรลดลงเช่นกัน ดังนั้นหากต้องการได้ค่าคาดหมายของกำไรสูงสุด จะต้องลดพื้นที่เพาะปลูกรวมทั้ง 77 จังหวัดลง 1.24% จากพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 71,395,889.00 ไร่ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าคาดหวังกำไรเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 0.20% คิดเป็น 161,190,035,038.16 บาท

4.4 อัตราการใส่ปุ๋ยเพิ่มผลผลิต เพื่อรองรับปริมาณความต้องการสินค้า

จากข้อมูลผลผลิตข้าวนาปีและนาปรัง และอัตราการใส่ปุ๋ย (ข้อมูลปี 2552-2561) ทั้ง 77 จังหวัดของประเทศไทย เพื่อใช้พยากรณ์ปี 2562 ซึ่งได้ผลผลิตข้าวเปลือกรวม เท่ากับ 34,039,170,042.90 กิโลกรัม ในพื้นที่เพาะปลูกรวม 71,395,889.00 ไร่ นำมาวิเคราะห์ต่อโดยใช้วิธี Logistic Regression Analysis เพื่อหาปริมาณผลผลิตหลังจากมีการใส่ปุ๋ยเพิ่มรายจังหวัด ทั้ง 77 จังหวัด

โดยที่ u^f คือ ผลผลิตหลังใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)

$$u^f = u_i^{max}\left(\frac{1}{1+e^{-(\alpha_i+\beta_i v_i)}}\right)$$

สำหรับแต่ละจังหวัด $i = 1,2,\dots,77$

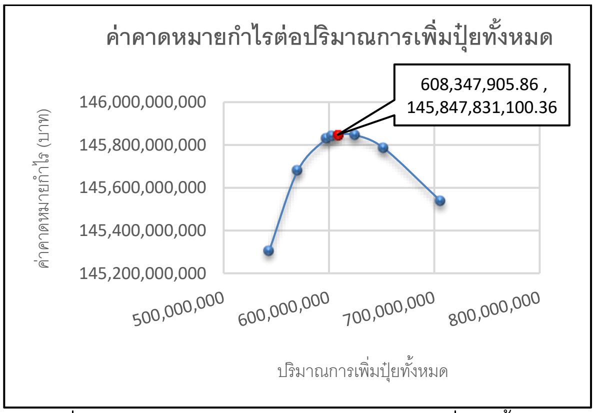
ดังแสดงในภาคผนวกที่ 2. จะเห็นได้ชัดเจนว่าการใส่ปุ๋ยลงไปในพื้นที่เพาะปลูกนั้นย่อมได้ผลผลิตมากขึ้นจากเดิม และค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นผู้ผลิตต้องคำนึงถึงเป้าหมายที่คาดหวังเป็นสำคัญ นั้นคือ หากเป้าหมายเพียงเพื่อต้องการตอบสนองความต้องการของสินค้า ผู้ผลิตอาจจะไม่สนใจในค่าคาดหมายกำไรสูงสุด แต่สนใจเพียงว่าผลิตอย่างไรให้ได้ผลผลิตมากเพียงพอต่อความต้องการ แต่ถ้าเป้าหมายคือค่าคาดหวังกำไรสูงสุด ผู้ผลิตจะต้องคำนึงถึงรายรับและรายจ่ายที่ต้องเผชิญสำหรับการผลิตสินค้า ให้ได้ปริมาณที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ได้ค่าคาดหมายสูงสุด

4.5 นโยบายเหมาะสมสุด หลังเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ย เพื่อให้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด ในพื้นที่เพาะปลูกที่จำกัด

เนื่องจากการมีพื้นที่เพาะปลูกจำกัด การเพิ่มผลผลิตอาจต้องพึ่งพาการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น แน่นอนว่าการเพิ่มปริมาณปุ๋ยสามารถทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่มากนัก อ้างอิงข้อมูลจากข้อ 4.2 และ ข้อ 4.4 จะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยไป 543,167,773.09 กิโลกรัม ในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 71,395,889.00 ไร่ รวม 77 จังหวัด จะสามารถเพิ่มผลผลิตได้ 113,183,109.80 กิโลกรัม (เมื่อเทียบกับผลผลิตที่ไม่ได้เพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ย) โดยมีค่าใช้จ่ายในการเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยเท่ากับ 16,608,489,159.36 บาท จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ไปคำนวณค่าคาดหมายกำไร ตามตัวแบบ newsvendor ในข้อ 3.1.2 (กรณีเพิ่มปุ๋ย) จึงได้ผลสรุป ดังแสดงในตารางที่ 4.5.1 และในรูปที่ 4.5.1

ตารางที่ 4.5.1 ปริมาณการเพิ่มปุ๋ยทั้งหมด และค่าคาดหมายของกำไร

ปริมาณการเพิ่มปุ๋ยทั้งหมด (กิโลกรัม)	E[Profit] : บาท	
543,167,773.09	145,304,366,186.96	
570,326,161.74	145,679,794,234.56	
597,484,550.30	145,828,684,987.11	
602,916,228.13	145,840,568,077.34	
608,347,905.86	145,847,831,100.36	นโยบายเหมาะสมสุด
624,642,939.05	145,846,391,498.23	
651,801,327.71	145,785,941,872.54	
706,118,105.02	145,536,964,091.58	



รูปที่ 4.5.1 ค่าคาดหมายของกำไรต่อปริมาณการเพิ่มปุ๋ยทั้งหมด

การเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยทั้งหมด (กิโลกรัม) ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 4.5.2

ตารางที่ 4.5.2 ผลผลิตหลังเพิ่มปุ๋ยและค่าคาดหมายของกำไร

ผลผลิต (Q) : กิโลกรัม	E[Profit] : บาท
34,152,353,152.69	145,304,366,186.96
34,218,659,775.16	145,679,794,234.56
34,260,552,516.04	145,828,684,987.11
34,266,944,636.53	145,840,568,077.34
34,272,818,684.08	145,847,831,100.36
34,287,799,162.78	145,846,391,498.23
34,306,109,704.70	145,785,941,872.54
34,327,821,299.40	145,536,964,091.58

จากการทดสอบหานโยบายเหมาะสมสุด หลังเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ย และเพื่อให้ได้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด ในพื้นที่เพาะปลูกที่จำกัด จะสามารถตอบสนองความต้องการสินค้าได้มากขึ้น แต่เนื่องจากต้นทุน

การเพาะปลูกที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ย ส่งผลให้ค่าคาดหมายกำไรลดลงจากนโยบายปัจจุบัน

4.6 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ศึกษาข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน ดังนั้นในอนาคต หากค่าความต้องการเฉลี่ย (μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้า (σ) เปลี่ยนแปลงไปไม่ว่าจะความต้องการสินค้าลดลง หรือความต้องการสินค้าที่เพิ่มสูงขึ้น ผู้วิจัยจะนำเสนอข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาการผลิต โดยการทดลองปรับพื้นที่เพาะปลูก และ การเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ย เพื่อให้เห็นความสำคัญของปัจจัยการผลิต ที่มีผลต่อผลผลิตของสินค้า รวมถึงรายได้โดยประมาณและค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตสินค้า ดังแสดงในภาคผนวกที่ 3.

5. สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต และอัตราการใส่ปุ๋ย ตั้งแต่ปี 2552-2561 ของการปลูกข้าวนาปี-นาปรัง ของทั้ง 77 จังหวัดในประเทศไทย ทำให้ทราบถึงวิธีการเพิ่มผลผลิต อัตราการผลิตสินค้าให้เพียงพอต่อความต้องการ และค่าคาดหมายกำไรสูงสุด โดยมีตัวแปรสำคัญในการกำหนดผลผลิตที่เหมาะสม นั้นคือ ค่าความต้องการสินค้าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้า เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ศึกษาข้อมูลเพื่อใช้พยากรณ์ผลผลิตของปี 2562 เนื้อที่เพาะปลูก ค่าความต้องการสินค้า ผลผลิตที่ได้ ล้วนอ้างอิงจากข้อมูลในอดีต ส่วนข้อมูลต้นทุนค่าใช้จ่ายในการปลูกข้าว การเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ย ราคาขาย อ้างอิงมาจากข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้ เป็นผลรวมของทั้ง 77 จังหวัด ซึ่งหากคิดรายจังหวัดโดยใช้เงื่อนไขพื้นที่เพาะปลูกที่มีอยู่ของแต่ละจังหวัด อัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิต อัตราการใส่ปุ๋ย ค่าความต้องการเฉลี่ยของสินค้า และราคาขาย จะมีสัดส่วนที่แตกต่างกันไป สรุปได้ว่าการปลูกข้าวแบบทั่วไปภายใต้ข้อมูลค่าความต้องการที่พยากรณ์ไว้ หากผลิต 33,618,084,125.03 กิโลกรัม จะได้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุดที่ 161,190,035,038.16 บาท และมีสินค้าเพียงพอต่อความต้องการร้อยละ 96.76 โดยใช้พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 70,512,677.00 ไร่ ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกของปี 2562 สำหรับวิจัยนี้ใช้พื้นที่เพาะปลูกของปี 2561 มาเป็นต้นแบบในการศึกษา ซึ่งมีพื้นที่เพราะปลูกเท่ากับ 71,395,889.00 ไร่ ผลที่ได้คือเมื่อทำการลดพื้นที่ลง 1.24% จะทำให้ได้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด และสำหรับกรณีการเพิ่มผลผลิตโดยการใส่ปุ๋ย จะได้ว่า หากเพิ่มปริมาณปุ๋ย 608,347,905.86 กิโลกรัม จะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอีก 233,648,641.18 กิโลกรัม ค่าคาดหมายกำไรสูงสุดที่ 145,847,831,100.36 บาท และมีสินค้าเพียงพอต่อความต้องการร้อยละ 97.93 โดยใช้พื้นที่เพาะปลูกเต็มพื้นที่ 71,395,889.00 ไร่ จากการวิเคราะห์ ทำให้เห็นว่าหากผู้ผลิตมีการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตที่เหมาะสม แม่นยำ จะสามารถสร้างกำไรได้สูงสุด แต่หากผู้ผลิตไม่ให้ความสำคัญกับปริมาณความต้องการสินค้า ไม่มีการพยากรณ์ล่วงหน้า ไม่มีข้อมูลในอดีตมาสนับสนุนการวางแผน มีพื้นที่เพาะปลูกเท่าไหร่ ก็ปลูกเต็มจำนวนโดยไม่คำนึงถึงผลผลิตที่จะเกิดขึ้น อาจส่งผลให้เกิดผลผลิตมีมากเกินความต้องการ ของเหลือ เกิดค่าใช้จ่ายในการเก็บสินค้าเพิ่มขึ้น และหากขายไม่ได้ สินค้าค้างสต็อค จะส่งผลให้ผู้ผลิตสูญเสียรายได้ และสูญเสียโอกาสในการใช้พื้นที่เพาะปลูกให้มีประสิทธิภาพสูงสุด หรืออาจเกิดกรณีสินค้าขาดมือ ของไม่เพียงพอต่อความต้องการสูญเสียรายได้ ถูกคู่แข่งทางการค้าแย่งชิงโอกาสไป โดยเฉพาะ การส่งออกไปต่างประเทศ หากผู้ผลิตสามารถวางแผนผลิตสินค้าได้มากๆ และ สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกได้ จะเป็นโอกาสสร้างรายได้อย่างมาก

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยกรณีไม่เพิ่มปุ๋ย ผลการทดสอบนโยบายใหม่ที่ได้เป็นการผลิตสินค้าในปริมาณที่เหมาะสมต่อความต้องการสินค้าเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการผลิตสินค้า ส่งผลให้ได้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะได้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด แต่ผลการวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลรวมทั้ง 77 จังหวัด ซึ่งข้อมูลราคา ต้นทุนสินค้าต่างๆ เกิดจากการศึกษาค้นคว้าของผู้วิจัย ซึ่งในความเป็นจริง ราคาขาย ต้นทุนสินค้า ราคาปุ๋ย ล้วนมีความผันผวน และขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของผู้ผลิตแต่ละคน บางคนเช่าที่นา บางคนไม่เช่าที่นา ราคาต้นทุนจะต่างกัน ข้อมูลราคาต่างๆนี้ อาจส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้สรุปไว้ก่อนหน้า เช่น หากต้นทุนที่ใช้ในการเพาะปลูกเพิ่มขึ้น และ ราคาขายยังคงเท่าเดิม แน่นอนว่าค่ากำไรคาดหมายย่อมลดลง และเนื่องจากการเพาะปลูกข้าวไม่ได้มีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตแค่ปัจจัยเดียว แต่ยังมีปัจจัยเรื่องน้ำ สภาพอากาศ แมลง โรคระบาด และอื่นๆ ดังนั้นหากมีการคิดวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยอื่นๆมาร่วมด้วย ย่อมเห็นผลลัพธ์ที่ชัดเจนวิเคราะห์ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งการวิจัยนี้ต้องการให้เห็นถึงความสำคัญในการวางแผนการผลิต การวิเคราะห์ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย และการตอบสนองความต้องการสินค้าที่เหมาะสมทั้งปัจุบันและอนาคตเพื่อหาปริมาณการผลิตข้าวเปลือกที่เหมาะสมที่สุดอย่างแท้จริง และผลการวิจัยสำหรับกรณีเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ย ได้นโยบายเหมาะสมสุดที่ได้มีค่าคาดหมายกำไรสูงสุดลดลงจากกรณีไม่เพิ่มปุ๋ย เนื่องจากราคาค่าใช้จ่ายของปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจากต้นทุนการผลิตเดิม และอัตราการเพิ่มผลผลิตโดยการใส่ปุ๋ยมีจำกัด จึงไม่ได้ทำให้ได้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด เนื่องจากการเพิ่มผลผลิตของข้าวเปลือกยังมีปัจจัยอื่นๆที่มาสนับสนุนการเพาะปลูกอีกหลายปัจจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการพัฒนาและต่อยอด สิ่งสำคัญหลักที่จะทำให้ประเทศไทยมีผลผลิตข้าวเปลือกที่เพียงพอต่อความต้องการ และมีรายได้สูงขึ้นเรื่อยๆ จะต้องมีการวางแผนการเพาะปลูกที่เหมาะสมต่อความต้องการทั้งในประเทศและเพื่อการส่งออกต่างประเทศ เนื่องจากปัจจุบันมีผู้ผลิตข้าวในการค้าโลกเพิ่มมากขึ้น การแข่งขันสูงขึ้น การส่งออกไปยังต่างประเทศชะลอตัว ผู้ผลิตข้าวในประเทศไทยควรให้ความสำคัญกับรูปแบบสินค้าที่มีผลกำไร และมีแนวโน้มการขยายตัวในตลาดโลก เช่น ข้าวหอมมะลิ ข้าวแปรรูป และนวัตกรรมอาหารใหม่ๆ ที่กำลังเป็นที่นิยม และประเทศไทยก็เป็นประเทศที่มีจุดเด่นในเรื่องนี้ ฉะนั้น หากผู้ผลิตให้ความสำคัญ รักษาคุณภาพ และ พัฒนาต่อไปเรื่อยๆ ในอนาคตประเทศไทยจะต้องเป็นประเทศที่มีผลผลิตการเพาะปลูกข้าวสูงที่สุด และส่งออกมากที่สุดอันดับ 1 ของโลก

6. เอกสารอ้างอิง

[1] อรสา สุทธิไสย. (2551). **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มโดยการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกทวิวิภาค และการวิเคราะห์จำแนกคาโนนิคอล ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง** เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. หน้า 64-65.

[2] ฉัตรบดินทร์ ศรีตระกูล และ กาญจ์นภา อมรัชกุล. (2561). **การกำหนดปริมาณการซื้อข้าวเปลือกที่เหมาะสมและนโยบายสินค้าคงคลัง กรณีศึกษาบริษัทโรงสีข้าวแห่งหนึ่ง** หลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[3] อวยพร พู่วณิชย์ ศิวิกา ดุษฎีโหนด และ กาญจ์นภา อมรัชกุล. (2558). **ตัวแบบ Newsvendor ที่มีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ: กรณีศึกษาแบรนด์เสื้อผ้าแฟชัน** การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติประจำปี 2558. หลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[4] อัครณี ภักดีวงษ์ และ กาญจ์นภา อมรัชกุล. (2556). **การกำหนดปริมาณเงินสดสำรองที่เหมาะสมให้เครื่องเบิกถอนเงินอัตโนมัติ: กรณีศึกษา ธนาคารแห่งหนึ่งในประเทศไทย** วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน ปี 1 ฉบับที่ 1 : 1-15.

[5] ลภาภัทร สมานทรัพย์. (2559). **การวิเคราะห์ปริมาณการผลิตและสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดเพื่อต้นทุนที่ต่ำที่สุด กรณีศึกษา หัวกดพลาสติก ส่วนประกอบหัวฉีดสเปรย์** งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา สิงหาคม 2559.

[6] Barry Keating and J. Holton Wilson, **Forecasting and Predictive Analytics.** 7th edition, 2009.

[7] ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร (ออนไลน์). (2552-2561). สืบค้นเมื่อวันที่ 27 กันยายน 2562, จาก http://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร/TH-TH

[8] แผนปฏิบัติโครงการภายใต้แผนการผลิตและการตลาดข้าวครบวงจร (ออนไลน์). (2559). สืบค้นเมื่อวันที่ 27 กันยายน 2562, จาก http://www.ricethailand.go.th

[9] ข้อมูลการผลิตและการค้าข้าว (ออนไลน์). (2559). สืบค้นเมื่อวันที่ 27 กันยายน 2562, จาก http://www.thairiceinfo.go.th/? page=DataL3.ShowData&codeData=A1008 21

ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาวณัฐพร เกียรติเลิศเสรี

จบการศึกษา ระดับปริญญาตรีจากภาควิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปัจจุบัน กำลังศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

งานวิจัยที่สนใจ การสร้างแบบจำลองเพื่อการวางแผนการผลิตให้ได้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด

ภาคผนวก

1. ตารางพื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตข้าวเปลือกปี 2562

จังหวัด	นาปี			นาปรัง			จำนวนพื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	
	Intercept (α_i)	Slope(β_i)	ผลผลิต (กก./ไร่) (u_i)	Intercept (α_i)	Slope(β_i)	ผลผลิต (กก./ไร่) (u_i)	นาปี (x_{i1})	นาปรัง (x_{i2})
เชียงใหม่	602.31	3.01	635.39	658.80	-3.02	625.54	446,538.00	128,203.00
เชียงราย	551.65	3.49	590.08	686.43	-0.66	679.23	1,224,818.00	408,663.00
เพชรบุรี	565.67	19.73	782.65	631.50	14.54	791.45	291,749.00	139,425.00
เพชรบูรณ์	520.07	3.78	561.70	494.96	7.90	581.88	1,072,306.00	38,861.00
เลย	363.06	1.98	384.81	557.26	-23.69	296.65	404,045.00	952.00
แพร่	600.54	-5.28	542.50	592.75	-1.56	575.58	295,404.00	35,434.00
แม่ฮ่องสอน	490.85	-11.40	365.47	411.74	21.17	644.64	172,055.00	91.00
กระบี่	347.60	-5.08	291.76	0.00	0.00	0.00	4,765.00	0.00
กรุงเทพฯ	695.18	-6.78	620.62	708.12	-8.99	609.19	77,879.00	101,862.00
กาญจนบุรี	557.94	5.87	622.49	734.12	-1.93	712.88	376,366.00	184,534.00
กาฬสินธุ์	337.36	2.74	367.54	603.25	-1.36	588.27	1,448,676.00	280,616.00
กำแพงเพชร	491.07	14.97	655.71	596.15	4.08	641.02	1,185,663.00	608,761.00
ขอนแก่น	292.39	0.73	300.45	581.03	-10.85	461.63	2,319,169.00	147,106.00
จันทบุรี	331.79	4.44	380.64	0.00	0.00	0.00	14,813.00	0.00
ฉะเชิงเทรา	528.02	15.21	695.33	655.80	2.11	678.96	633,992.00	392,074.00
ชลบุรี	396.11	11.74	525.27	591.69	13.02	734.89	69,431.00	39,686.00
ชัยนาท	616.73	5.28	674.76	723.93	-10.42	609.28	845,231.00	526,708.00
ชัยภูมิ	274.27	6.81	349.14	539.97	-1.91	518.92	1,557,104.00	57,787.00
ชุมพร	358.10	3.73	399.17	404.90	8.64	499.91	3,104.00	725.00
ตรัง	361.46	4.82	414.44	-109.55	72.95	692.93	9,213.00	60.00
ตราด	395.52	1.02	406.76	485.87	-0.39	481.53	14,499.00	2,373.00
ตาก	434.93	-2.16	411.20	668.35	-19.24	456.75	287,497.00	12,614.00
นครนายก	471.17	13.90	624.07	618.26	0.57	624.48	371,935.00	161,497.00
นครปฐม	647.76	11.99	779.61	759.64	-0.61	752.94	316,995.00	291,850.00
นครพนม	300.83	8.97	399.48	412.22	5.99	478.11	1,320,509.00	62,713.00
นครราชสีมา	283.52	4.88	337.21	630.99	-7.45	549.01	3,447,679.00	177,423.00
นครศรีธรรมราช	361.11	10.88	480.77	505.18	-0.43	500.43	209,149.00	65,938.00
นครสวรรค์	448.81	13.37	595.84	659.97	-5.38	600.80	2,303,150.00	813,679.00
นนทบุรี	719.96	-5.15	663.30	761.99	-9.94	652.65	85,015.00	97,531.00
นราธิวาส	370.44	-1.34	355.72	381.13	8.09	470.17	48,239.00	225.00
น่าน	510.74	0.14	512.26	601.64	-7.13	523.19	269,217.00	6,979.00
บึงกาฬ	275.34	1.78	294.92	504.15	-1.90	483.27	478,614.00	9,957.00
บุรีรัมย์	333.40	4.29	380.54	544.48	-10.45	429.53	2,719,731.00	30,232.00
ปทุมธานี	671.60	4.62	722.44	698.07	2.98	730.80	304,132.00	274,184.00
ประจวบคีรีขันธ์	449.45	11.14	571.99	553.28	-3.46	515.17	17,926.00	6,960.00
ปราจีนบุรี	388.66	1.80	408.46	654.05	-5.68	591.55	376,253.00	133,432.00
ปัตตานี	369.18	0.48	374.46	401.66	2.74	431.84	79,424.00	15,551.00
พระนครศรีอยุธยา	549.61	12.99	692.45	736.07	-8.52	642.40	758,454.00	723,939.00

พะเยา	554.37	-8.74	458.25	549.53	13.49	697.88	625,670.00	60,732.00
พังงา	323.77	-1.51	307.15	0.00	0.00	0.00	2,311.00	0.00

จังหวัด	นาปี			นาปรัง			จำนวนพื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	
	Intercept (α_i)	Slope(β_i)	ผลผลิต (กก./ไร่) (u_i)	Intercept (α_i)	Slope(β_i)	ผลผลิต (กก./ไร่) (u_i)	นาปี (x_{i1})	นาปรัง (x_{i2})
พัทลุง	411.18	0.93	421.36	515.93	3.38	553.09	141,055.00	38,148.00
พิจิตร	486.89	14.63	647.76	692.48	-9.43	588.74	1,595,673.00	746,553.00
พิษณุโลก	488.71	11.82	618.72	647.32	-3.19	612.23	1,367,056.00	844,203.00
ภูเก็ต	400.72	14.24	557.33	0.00	0.00	0.00	64.00	0.00
มหาสารคาม	321.92	3.04	355.37	596.55	-1.35	581.67	2,071,534.00	171,407.00
มุกดาหาร	297.68	10.01	407.84	443.19	-1.15	430.52	468,038.00	493.00
ยโสธร	307.25	4.56	357.36	503.22	2.04	525.66	1,304,027.00	64,702.00
ยะลา	343.20	-1.70	324.54	311.21	30.97	651.89	19,906.00	340.00
ร้อยเอ็ด	304.26	6.86	379.73	603.65	-10.70	485.93	3,060,386.00	235,794.00
ระนอง	301.62	4.34	349.39	0.00	0.00	0.00	631.00	0.00
ระยอง	369.97	11.15	492.65	526.74	-0.86	517.30	10,416.00	3,638.00
ราชบุรี	660.52	1.06	672.14	699.80	2.52	727.53	234,836.00	173,452.00
ลพบุรี	451.19	10.52	566.93	746.04	-20.81	517.09	704,706.00	347,948.00
ลำปาง	539.69	-2.85	508.36	640.18	-15.93	464.96	431,965.00	40,726.00
ลำพูน	545.14	8.29	636.33	733.71	-10.97	613.04	108,674.00	17,731.00
ศรีสะเกษ	379.40	-3.89	336.64	439.68	4.51	489.25	2,985,937.00	87,062.00
สกลนคร	308.98	2.27	333.90	491.54	-5.36	432.62	2,112,633.00	92,191.00
สงขลา	440.26	9.36	543.20	547.46	4.04	591.88	225,494.00	44,280.00
สตูล	390.06	1.13	402.54	439.98	-3.50	401.53	20,285.00	185.00
สมุทรปราการ	729.23	6.38	799.39	821.24	-16.53	639.42	19,368.00	22,544.00
สมุทรสงคราม	636.45	9.75	743.66	723.38	-3.59	683.90	2,005.00	1,893.00
สมุทรสาคร	619.25	11.77	748.75	732.94	-9.89	624.18	4,755.00	4,067.00
สระแก้ว	348.34	-10.94	227.98	552.97	-7.62	469.10	713,741.00	22,491.00
สระบุรี	494.49	20.42	719.12	696.61	-10.74	578.46	342,932.00	218,724.00
สิงห์บุรี	627.52	6.31	696.93	749.56	-20.46	524.54	333,369.00	263,540.00
สุโขทัย	484.44	7.23	563.98	684.07	-10.71	566.21	1,039,672.00	586,138.00
สุพรรณบุรี	666.95	7.17	745.79	676.59	6.47	747.73	1,220,448.00	906,036.00
สุราษฎร์ธานี	358.79	4.98	413.58	500.69	-1.48	484.44	6,835.00	3,699.00
สุรินทร์	354.39	1.67	372.71	477.79	-9.63	371.82	3,032,764.00	40,246.00
หนองคาย	328.99	4.26	375.84	534.06	-3.33	497.43	519,978.00	86,837.00
หนองบัวลำภู	320.42	-1.88	299.74	515.72	0.74	523.80	647,269.00	22,544.00
อ่างทอง	622.33	3.35	659.14	737.00	-15.52	566.30	349,412.00	271,560.00
อำนาจเจริญ	303.11	3.36	340.02	440.01	6.60	512.61	984,396.00	1,647.00
อุดรธานี	304.75	8.50	398.22	452.89	1.73	471.93	1,755,339.00	45,878.00
อุตรดิตถ์	624.11	-7.76	538.71	705.35	-6.34	635.60	574,726.00	314,015.00
อุทัยธานี	465.26	22.36	711.24	637.02	-0.69	629.43	507,481.00	155,925.00
อุบลราชธานี	304.88	3.04	338.32	478.25	-7.81	392.31	3,922,383.00	150,986.00

2. ตารางผลผลิตข้าวเปลือกหลังเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ย

การเพาะปลูก : นาปี

จังหวัด	การเพาะปลูก : นาปี				
	Intercept (α_i)	Slope(β_i)	ปริมาณปุ๋ย (กก./ไร่) (v_i)	ผลผลิตก่อนเพิ่มปุ๋ย (กก./ไร่) (u_i)	ผลผลิตหลังเพิ่มปุ๋ย (กก./ไร่) (u_i^f)
เชียงใหม่	-9.12	0.47	29.17	635.39	639.12
เชียงราย	-8.95	0.45	26.39	590.08	591.32
เพชรบุรี	6.53	-0.07	0.00	782.65	782.65
เพชรบูรณ์	-3.99	0.29	0.00	561.70	561.70
เลย	-5.40	0.57	0.00	384.81	384.81
แพร่	3.76	-0.03	0.00	542.50	542.50
แม่ฮ่องสอน	-8.15	0.75	14.76	365.47	482.69
กระบี่	1.68	0.06	0.00	291.76	291.76
กรุงเทพฯ	-6.55	0.19	53.37	620.62	731.02
กาญจนบุรี	0.38	0.07	0.00	622.49	622.49
กาฬสินธุ์	11.13	-0.31	0.00	367.54	367.54
กำแพงเพชร	12.78	-0.27	0.00	655.71	655.71
ขอนแก่น	-0.24	0.11	24.84	300.45	306.80
จันทบุรี	3.24	0.00	0.00	380.64	380.64
ฉะเชิงเทรา	12.78	-0.22	0.00	695.33	695.33
ชลบุรี	-0.82	0.12	0.00	525.27	525.27
ชัยนาท	-5.92	0.18	0.00	674.76	674.76
ชัยภูมิ	-4.23	0.34	0.00	349.14	349.14
ชุมพร	-2.25	0.13	39.80	399.17	407.93
ตรัง	3.38	-0.03	0.00	414.44	414.44
ตราด	0.85	0.06	27.50	406.76	411.76
ตาก	0.06	0.17	16.96	411.20	423.30
นครนายก	8.68	-0.14	0.00	624.07	624.07
นครปฐม	-17.89	0.45	0.00	779.61	779.61
นครพนม	-0.15	0.16	0.00	399.48	399.48
นครราชสีมา	3.19	-0.04	0.00	337.21	337.21
นครศรีธรรมราช	-1.06	0.11	0.00	480.77	480.77
นครสวรรค์	5.84	-0.08	0.00	595.84	595.84
นนทบุรี	-4.16	0.14	55.70	663.30	758.86
นราธิวาส	2.23	0.00	25.00	355.72	371.17
น่าน	5.78	-0.12	0.00	512.26	512.26
บึงกาฬ	0.99	0.12	17.84	294.92	296.85
บุรีรัมย์	16.44	-0.44	0.00	380.54	380.54
ปทุมธานี	-1.19	0.08	0.00	722.44	722.44
ประจวบคีรีขันธ์	-12.85	0.49	0.00	571.99	571.99
ปราจีนบุรี	3.94	-0.04	0.00	408.46	408.46
ปัตตานี	-3.43	0.22	30.86	374.46	404.96
พระนครศรีอยุธยา	-10.54	0.33	0.00	692.45	692.45

พะเยา	-5.89	0.36	26.36	458.25	544.38
พังงา	5.83	-0.11	0.00	307.15	307.15
จังหวัด	**การเพาะปลูก : <u>นาปี</u>**				
	Intercept $(\boldsymbol{\alpha_i})$	Slope$(\boldsymbol{\beta_i})$	ปริมาณปุ๋ย (กก./ไร่) $(\boldsymbol{v_i})$	ผลผลิตก่อนเพิ่มปุ๋ย (กก./ไร่) $(\boldsymbol{u_i})$	ผลผลิตหลังเพิ่มปุ๋ย (กก./ไร่) $(\boldsymbol{u_i^f})$
พัทลุง	-0.20	0.09	32.55	421.36	422.28
พิจิตร	-5.86	0.24	0.00	647.76	647.76
พิษณุโลก	-16.59	0.58	0.00	618.72	618.72
มุกดาหาร	-7.48	0.56	0.00	407.84	407.84
ยโสธร	-3.95	0.34	0.00	357.36	357.36
ยะลา	5.65	-0.12	0.00	324.54	324.54
ร้อยเอ็ด	6.18	-0.12	0.00	379.73	379.73
ระนอง	4.65	-0.11	0.00	349.39	349.39
ระยอง	-9.45	0.37	0.00	492.65	492.65
ราชบุรี	3.83	0.00	0.00	672.14	672.14
ลพบุรี	2.66	0.02	0.00	566.93	566.93
ลำปาง	-9.10	0.56	23.22	508.36	533.38
ลำพูน	-2.50	0.24	0.00	636.33	636.33
ศรีสะเกษ	17.42	-0.49	0.00	336.64	336.64
สกลนคร	6.92	-0.26	0.00	333.90	333.90
สงขลา	1.59	0.02	0.00	543.20	543.20
สตูล	-6.54	0.29	33.86	402.54	403.26
สมุทรปราการ	6.71	-0.08	0.00	799.39	799.39
สมุทรสงคราม	4.24	-0.02	0.00	743.66	743.66
สมุทรสาคร	8.00	-0.11	0.00	748.75	748.75
สระแก้ว	-5.42	0.29	27.68	227.98	326.73
สระบุรี	8.82	-0.13	0.00	719.12	719.12
สิงห์บุรี	4.32	-0.04	0.00	696.93	696.93
สุโขทัย	-4.26	0.20	0.00	563.98	563.98
สุพรรณบุรี	11.86	-0.16	0.00	745.79	745.79
สุราษฎร์ธานี	7.13	-0.16	0.00	413.58	413.58
สุรินทร์	11.46	-0.25	0.00	372.71	372.71
หนองคาย	1.56	0.11	0.00	375.84	375.84
หนองบัวลำภู	1.32	0.04	16.71	299.74	323.73
อ่างทอง	0.58	0.05	57.48	659.14	660.49
อำนาจเจริญ	-3.53	0.34	0.00	340.02	340.02
อุดรธานี	-0.42	0.21	0.00	398.22	398.22
อุตรดิตถ์	-0.74	0.11	36.05	538.71	605.65
อุทัยธานี	2.10	0.02	0.00	711.24	711.24
อุบลราชธานี	-5.66	0.41	0.00	338.32	338.32

การเพาะปลูก : <u>นาปรัง</u>

จังหวัด	การเพาะปลูก : นาปรัง				
	Intercept (α_i)	Slope(β_i)	ปริมาณปุ๋ย (กก./ไร่) (v_i)	ผลผลิตก่อนเพิ่มปุ๋ย (กก./ไร่) (u_i)	ผลผลิตหลังเพิ่มปุ๋ย (กก./ไร่) (u_i^f)
เชียงใหม่	1.99	0.03	58.56	625.54	660.00
เชียงราย	3.49	0.00	0.00	679.23	679.23
เพชรบุรี	1.40	0.03	0.00	791.45	791.45
เพชรบูรณ์	7.40	-0.12	0.00	581.88	581.88
เลย	6.62	-0.15	0.00	296.65	296.65
แพร่	3.26	-0.01	0.00	575.58	575.58
แม่ฮ่องสอน	5.33	-0.10	0.00	644.64	644.64
กระบี่	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
กรุงเทพฯ	-2.47	0.10	52.64	609.19	686.86
กาญจนบุรี	-1.49	0.08	62.69	712.88	733.87
กาฬสินธุ์	-4.68	0.14	54.43	588.27	613.86
กำแพงเพชร	27.25	-0.54	0.00	641.02	641.02
ขอนแก่น	4.16	-0.04	0.00	461.63	461.63
จันทบุรี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ฉะเชิงเทรา	6.48	-0.06	0.00	678.96	678.96
ชลบุรี	0.06	0.04	0.00	734.89	734.89
ชัยนาท	-4.39	0.12	60.29	609.28	714.87
ชัยภูมิ	2.43	0.00	43.59	518.92	550.02
ชุมพร	11.52	-0.21	0.00	499.91	499.91
ตรัง	-4.29	0.23	0.00	692.93	692.93
ตราด	-10.09	0.29	47.20	481.53	547.60
ตาก	16.19	-0.37	0.00	456.75	456.75
นครนายก	10.47	-0.16	0.00	624.48	624.48
นครปฐม	10.23	-0.12	0.00	752.94	752.94
นครพนม	-1.29	0.10	47.90	478.11	490.73
นครราชสีมา	0.77	0.03	45.48	549.01	618.16
นครศรีธรรมราช	-2.66	0.13	47.65	500.43	516.25
นครสวรรค์	7.14	-0.09	0.00	600.80	600.80
นนทบุรี	-3.28	0.11	59.13	652.65	745.82
นราธิวาส	3.19	-0.05	0.00	470.17	470.17
น่าน	3.47	-0.02	0.00	523.19	523.19
บึงกาฬ	3.73	-0.01	0.00	483.27	483.27
บุรีรัมย์	1.47	0.00	41.67	429.53	516.96
ปทุมธานี	8.63	-0.10	0.00	730.80	730.80
ประจวบคีรีขันธ์	5.89	-0.06	0.00	515.17	515.17
ปราจีนบุรี	-5.21	0.15	54.27	591.55	664.53
ปัตตานี	-18.55	0.71	29.00	431.84	441.27
พระนครศรีอยุธยา	-5.55	0.16	58.30	642.40	726.09
พะเยา	-2.89	0.12	0.00	697.88	697.88
พังงา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

พัทลุง	-7.88	0.26	0.00	553.09	553.09
พิจิตร	-3.24	0.12	46.18	588.74	650.05

จังหวัด	การเพาะปลูก : นาปรัง				
	Intercept (α_i)	Slope(β_i)	ปริมาณปุ๋ย (กก./ไร่) (v_i)	ผลผลิตก่อนเพิ่มปุ๋ย (กก./ไร่) (u_i)	ผลผลิตหลังเพิ่มปุ๋ย (กก./ไร่) (u_i^f)
พิษณุโลก	13.85	-0.24	0.00	612.23	612.23
ภูเก็ต	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
มหาสารคาม	8.80	-0.12	0.00	581.67	581.67
มุกดาหาร	2.87	-0.02	0.00	430.52	430.52
ยโสธร	-3.72	0.14	49.92	525.66	557.08
ยะลา	1.98	0.00	0.00	651.89	651.89
ร้อยเอ็ด	-0.28	0.05	51.21	485.93	576.40
ระนอง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ระยอง	5.12	-0.05	0.00	517.30	517.30
ราชบุรี	-1.02	0.07	0.00	727.53	727.53
ลพบุรี	-12.46	0.28	52.30	517.09	675.26
ลำปาง	6.86	-0.11	0.00	464.96	464.96
ลำพูน	7.83	-0.08	0.00	613.04	613.04
ศรีสะเกษ	-3.83	0.14	0.00	489.25	489.25
สกลนคร	-1.42	0.11	41.36	432.62	487.72
สงขลา	-7.37	0.21	0.00	591.88	591.88
สตูล	-1.00	0.11	28.67	401.53	426.90
สมุทรปราการ	-4.75	0.18	42.48	639.42	775.49
สมุทรสงคราม	-5.67	0.17	49.09	683.90	706.85
สมุทรสาคร	11.04	-0.17	0.00	624.18	624.18
สระแก้ว	3.97	-0.04	0.00	469.10	469.10
สระบุรี	-12.39	0.28	56.96	578.46	680.33
สิงห์บุรี	-6.23	0.15	59.68	524.54	708.43
สุโขทัย	-13.64	0.35	47.59	566.21	642.97
สุพรรณบุรี	2.80	0.00	0.00	747.73	747.73
สุราษฎร์ธานี	2.97	-0.01	0.00	484.44	484.44
สุรินทร์	-5.35	0.19	44.50	371.82	456.78
หนองคาย	5.89	-0.08	0.00	497.43	497.43
หนองบัวลำภู	1.92	0.02	34.86	523.80	530.85
อ่างทอง	-5.37	0.14	54.80	566.30	701.31
อำนาจเจริญ	-2.10	0.14	0.00	512.61	512.61
อุดรธานี	-4.99	0.24	0.00	471.93	471.93
อุตรดิตถ์	-5.58	0.18	52.18	635.60	694.12
อุทัยธานี	8.37	-0.12	0.00	629.43	629.43
อุบลราชธานี	10.59	-0.21	0.00	392.31	392.31

3. การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

กรณี : เพิ่ม/ลดพื้นที่เพาะปลูกจากพื้นที่ทั้งหมดในปี 2562

สัดส่วน	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (กิโลกรัม)	รายได้ (บาท)	ต้นทุนการเพาะปลูก (บาท)	
-3%	69,254,012.33	33,017,994,941.61	528,287,919,065.78	364,968,644,979.10	
-2%	69,967,971.22	33,358,386,642.04	533,734,186,272.64	368,731,208,329.40	
-1%	70,681,930.11	33,698,778,342.47	539,180,453,479.51	372,493,771,679.70	
0%	71,395,889.00	34,039,170,042.90	544,626,720,686.37	376,256,335,030.00	นโยบายปัจจุบัน
1%	72,109,847.89	34,379,561,743.33	550,072,987,893.24	380,018,898,380.30	
2%	72,823,806.78	34,719,953,443.76	555,519,255,100.10	383,781,461,730.60	
3%	73,537,765.67	35,060,345,144.19	560,965,522,306.96	387,544,025,080.90	

กรณี : เพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยจากการเพาะปลูกแบบปกติ

สัดส่วน	ปริมาณปุ๋ย (กิโลกรัม)	ผลผลิต (กิโลกรัม)	รายได้ (บาท)	ต้นทุนการเพาะปลูก (บาท)	ต้นทุนการเพิ่มปุ๋ย (บาท)	
0%	0.00	34,039,170,042.90	537,120,486,456.00	376,256,335,030.00	0.00	นโยบายปัจจุบัน
5%	570,326,161.74	34,218,659,775.16	547,498,556,402.58	376,256,335,030.00	16,824,096,041.84	
10%	597,484,550.40	34,260,552,516.04	548,168,840,256.70	376,256,335,030.00	17,039,702,924.33	
15%	624,642,939.05	34,287,799,162.78	548,604,786,604.43	376,256,335,030.00	17,255,309,806.81	
20%	651,801,327.71	34,306,109,704.70	548,897,755,275.17	376,256,335,030.00	17,470,916,689.30	
25%	678,959,716.36	34,318,795,509.46	549,100,728,151.43	376,256,335,030.00	17,686,523,571.78	
30%	706,118,105.02	34,327,821,299.40	549,245,140,790.47	376,256,335,030.00	17,902,130,454.26	
35%	733,276,493.67	34,334,392,801.64	549,350,284,826.21	376,256,335,030.00	18,117,737,336.75	

การเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิต : กรณีศึกษา สายการบรรจุผลิตภัณฑ์เครื่องครัว

A Comparison of Algorithms for Assembly Line Balancing : A Case Study of Kitchenware Packing Line

พรรษสิริ ลิมปะพันธุ์[1*]
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
E-mail: [1] patsasiri.l@ku.th
และ จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน[2]
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
E-mail: [2] fengcsr@ku.ac.th

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง

* Corresponding author: E-mail: patsasiri.l@ku.th
[1] โครงการปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Algorithm for Solving Parallel Machines Scheduling Problem to Minimize Earliness and Tardiness Costs Packing Line

Pensiri Sompong[1*]
Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus
Muang, Sakon Nakhon, 47000, Thailand
E-mail: [1] pensiri.so@ku.th

**บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ใน
วารสาร Current Applied Science and Technology**

* Corresponding author: E-mail: pensiri.so@ku.th
1 Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีหาค่าเหมาะสุดแบบกลุ่มอนุภาคและวิธีแบท สำหรับตัวแบบสินค้าคงคลัง 3 ระดับขั้น

A Comparative study on Particle Swarm Optimization and Bat Algorithm for Three Echelon Inventory Model

ศิริรัตน์ กะการดี[1*], ศิรประภา มโนมัธย์[2]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ถนนประชาราษฎร์1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพ 10800
E-mail: [1]Sirirat.knd@gmail.com, [2]siraprapa.m@sci.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีเมตาฮิวริสติกส์ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการหาค่าเหมาะสุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization ; PSO) และวิธีแบท (Bat Algorithm ; BA) ที่ใช้แก้ปัญหาการจัดการสินค้าคงคลัง 3 ระดับขั้น ที่มีความต้องการสินค้าคงที่ เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการบริหารสินค้าคงคลังที่ต่ำที่สุด วิธีการศึกษาทำโดยการสร้างตัวแบบและจำลองข้อมูลสินค้าคงคลัง 3 ระดับ และทำซ้ำ 1,000 รอบต่อสถานการณ์ กำหนดพารามิเตอร์ที่ศึกษาประกอบด้วย รอบการค้นหาคำตอบแบ่งเป็น 7 ระดับ จำนวนอนุภาค (สำหรับวิธี PSO) จำนวนค้างคาว (สำหรับวิธี BA) แบ่งเป็น 3 ระดับ เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพได้แก่ ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดโดยเฉลี่ย และเวลาในการประมวลผลของแต่ละวิธี ผลการทดลองพบว่าวิธีการหาค่าเหมาะสุดด้วยกลุ่มอนุภาคมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีแบทคิดเป็น 0.46% แต่ใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่าถึง 49.64%

คำสำคัญ: เมตาฮิวริสติก, ปัญญาเชิงกลุ่ม, ตัวแบบสินค้าคงคลัง 3 ระดับ

Abstract

The objective of this research is to compare the efficiency of two metaheuristic algorithms, consist of Particle Swarm Optimization (PSO) and Bat Algorithms (BA) which are used to solve a three-echelon inventory problem under deterministic demand. Minimum inventory management costs are investigated in various parameters such as iteration (7 levels), number of particles and number of bats (3 levels). Average minimum costs and processing time are considered as efficacy of each method. The results show that the Particle Swarm Algorithm is better than the Bat Algorithm in terms of accurate solutions by 0.46%. However, PSO processing time is longer than the Bat algorithm by 49.64%.

Keywords: Metaheuristic, Swarm Intelligence, Three Echelon Inventory Model

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน

[*] Corresponding author: E-mail: Sirirat.knd@gmail.com
[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การศึกษานโยบายการจัดการสินค้าคงคลังแบบสองระดับ: กรณีศึกษา บริษัทค้าปลีกไวน์
Multi-echelon inventory policy: Case study of wine retailers

ธีระพงศ์ เมืองพรหม[1] กาญจ์นภา อมรัชกุล[2*] และศิวิกา ดุษฎีโหนด[3]
คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (NIDA) 118 ถนนเสรีไทย เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
E-mail: [1]btheerapongm@gmail.com, [2*] kamaruchkul@as.nida.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษานโยบายการจัดเก็บสินค้าคงคลังแบบ 2 ระดับ คือคลังสินค้ากลาง และร้านค้าปลีกสาขาให้เหมาะสม เพื่อลดปัญหาสินค้าขาดมือ และมีสินค้าบางชนิดมากเกินไปอันเป็นเหตุเกิดปัญหาต้นทุนจม สูญเสียโอกาสให้การลงทุนด้านอื่น โดยกำหนดนโยบายการเก็บสินค้าคงคลังแบบใหม่ด้วยแนวคิดการจัดการสินค้าคงคลังแบบหลายระดับ โดยใช้ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบมีรอบสั่งซื้อและใช้ระดับสั่งถึงมากำหนดระดับสินค้าคงคลังตามกระบวนตามทำงานเดิมของบริษัทกรณีศึกษาที่มีการสั่งซื้อสินค้าเข้าคลังสินค้ากลาง และกระจายสินค้าไปยังร้านค้าปลีกเป็นรอบ เพื่อหาจำนวนที่จะจัดเก็บสินค้าคงคลัง 30 SKU ที่ระดับคลังสินค้า 1 แห่ง และจำนวนที่จะจัดเก็บที่ระดับร้านค้าปลีก จำนวน 15 สาขา ให้เหมาะสมกับความต้องการ

คำสำคัญ: นโยบายสินค้าคงคลังแบบสองระดับ

Abstract

We consider a two-echelon inventory system with one central warehouse and multiple retailers. We want to determine an appropriate inventory policy in order to reduce shortages and suck cost. We apply the multi-echelon inventory theory with the periodic review system to find the order-up-to levels. Specifically, we want to find the appropriate order-up-to level for the central warehouse and the order-up-to levels for all 15 retailers for 30 SKUs.

Keywords: two-echelon inventory policy

1. คำนำ

บริษัทกรณีศึกษา เป็นบริษัทค้าปลีกสินค้าประเภทไวน์ ดำเนินกิจการในประเทศไทย มีคลังสินค้ากลาง 1 แห่ง มีร้านค้าปลีก 50 สาขา ทั้งใน กรุงเทพมหานคร และต่างจังหวัด สินค้าประเภทไวน์ทั้งหมดนำเข้ามาจากต่างประเทศ ทั้งจากทวีปยุโรป อเมริกา แอฟริกา และออสเตรเลีย โดยการขนส่งทางเรือ การสั่งซื้อสินค้าจากคู่ค้า จึงมีเวลานำส่งสูงมาก ทำให้ในการสั่งซื้อแต่ละครั้งต้องสั่งซื้อครั้งละมาก ๆ ทำให้ในหลายครั้ง บริษัทประสบปัญหาเกี่ยวกับสินค้าคงคลัง สินค้าบางชนิดมีความเกินไปทำให้สูญเสียพื้นที่ให้การเก็บ สูญเสียค่าจัดเก็บสินค้า และทำให้ต้นทุนจม ส่งผลสินค้าบางชนิดมีน้อยกว่าความต้องการ ทำให้สูญเสียโอกาสในการขายสินค้าในปัจจุบันบริษัทมีการนำระบบการวางแผนทรัพยากรทางธุรกิจขององค์กรโดยรวม หรือ ERP เข้ามาใช้ในการบริหารจัดการข้อมูลช่วยให้ทราบถึงระดับสินค้าคงคลังได้ง่าย และเป็นปัจจุบันมากขึ้น บริษัทจึงต้องการที่พัฒนาการบริหารการจัดเก็บสินคงคลังให้มีความเหมาะสมมากขึ้น ทั้งในส่วนของคลังสินค้ากลาง และส่วนของร้านค้าปลีก เพื่อลดต้นทุน เพื่อสามารถแข่งขันในด้านราคา และเพิ่มระดับการให้บริการแก่ลูกค้า

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเกี่ยวกับ การจัดการสินค้าคงแบบหลายระดับ (multi-echelon inventory system) ของ [1] พบว่าการใช้เครือข่ายการกระจายสินค้าแบบหลายระดับช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าสินค้าคงคลัง ซึ่งบริษัทต้องคอยพิจารณาประกอบกับการเพิ่มของค่าขนส่ง การเก็บสินค้าในคลังสินค้า กลยุทธ์ที่สำคัญในการลดค่าใช้จ่าย คือ การใช้กลยุทธ์การจัดการสินค้าคงคลังหลายระดับอย่างจริงจัง ซึ่งไม่ใช่งานที่ง่ายนัก เนื่องจากความซับซ้อนในการสร้างแบบจำลอง โดยคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างระดับ

[2] กล่าวว่า การจัดการสินค้าคงแบบหลายระดับเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่มีความทันสมัยที่สุดในการวางแผนโซ่อุปทาน มันช่วยให้สามารถกำหนดตำแหน่งการเก็บที่ดีสุดของโซ่อุปทาน จากตัวเลือกที่มีมากมายได้ [3] กล่าวว่า การหาค่าเหมาะสมสุด (optimization) สำหรับการจัดการสินค้าคงแบบหลายระดับนั้นไม่ได้เป็นเพียงเรื่องของการคำนวณปริมาณสินค้าปลอดภัย (safety stock) หรือกลยุทธ์การบริหารสินค้าคง

* Corresponding author: E-mail: kamaruchkul@as.nida.ac.th
[1] นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์
[2-3] อาจารย์ประจำหลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์

คลังเท่านั้น แต่เป็นส่วนหนึ่งที่จำเป็นของการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ เพื่อให้ตอบสนองต่อลูกค้าได้รวดเร็ว และยืดหยุ่นต่อความต้องการ ช่วยลดต้นทุน การที่ธุรกิจมีเป้าหมาย เช่น การมีการสัญญาจัดหากับคู่ค้า และระดับการให้บริการ จะไม่ใช่ค่าคงที่อีกต่อไปแล้ว แต่ต้องถูกประเมินใหม่ และปรับปรุงอย่างละเอียด เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง [4] กล่าวว่า ในการบริหารสินค้าคงคลังในเครือข่ายสินค้าคงคลังหลายระดับ องค์กรต้องพิจารณา และจัดการผลกระทบจากปรากฏการณ์แซ่วัว (bullwhip effect) ซึ่งเกิดจากการตัดสินใจที่เป็นอิสระในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการ ปริมาณคำสั่งการตอบสนองต่อความผันแปรของราคา และการขาดแคลน จะนำไปสู่ความผันผวนของความต้องการมากเกินไประหว่างระดับ จากปลายน้ำไปยังต้นน้ำจะมีความผันผวนมากขึ้นตามลำดับ นอกจากนี้การขาดความสามารถในการมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของห่วงโซ่อุปสงค์ อาจทาให้ปริมาณสินค้าคงคลังเพิ่มขึ้น การจัดการสินค้าคงคลังหลายระดับจะช่วยให้สามารถจัดการผลกระทบจากปรากฏการณ์แซ่วัว โดยการเสนอการวัดที่เหมาะสม การระบุสาเหตุ และการลด หรือการจัดผลกระทบต่อความต้องการ [5] กล่าวว่า การเพิ่มประสิทธิภาพสินค้าคงคลังหลายระดับ ช่วยสร้างผลที่เป็นประโยชน์ได้อย่างมีนัยสำคัญจากวิธีการดั้งเดิม การจัดการสินค้าคงคลังหลายระดับช่วยปรับปรุงการรวมของสินค้า ในแต่ละสถานที่ แต่ละช่วงเวลา และปรับตำแหน่งที่จะเก็บสินค้าสำรองของทั้งเครือข่าย ซึ่งต้องเข้าใจถึงความแตกต่างระหว่างการเพิ่มประสิทธิภาพของสินค้าคงคลังแบบระดับเดียวกับ หลายระดับเพื่อที่จะพิจารณาว่าสิ่งใดเหมาะสมที่สุด

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบสินค้าคงคลังแบบหลายระดับ สามารถดูได้ในตำราสินค้าคงคลัง เช่น บทที่ 8 ใน [6] บทที่ 10 ใน [7] หรือบทที่ 12 ใน [8] บทความรวบรวมวรรณกรรมเกี่ยวกับระดับสินค้าคงคลังแบบหลายระดับเช่น [9] การบริหารจัดการโซ่อุปทานของไวน์โดยใช้ระเบียบวิธี Computational Intelligence เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพดีสุดนำเสนอไว้ใน [10] บทความดังกล่าวพิจารณาต้นทุนค่าขนส่งและกระจายสินค้า ในขณะที่บทความนี้พิจารณาต้นทุนสินค้าคงตลังเป็นหลัก [11] วิเคราะห์ปัญหาการบรรจุขวดในอุตสาหกรรมผลิตไวน์ และนำ evolutionary algorithm มาวางแผนตารางการบรรจุ ในขณะที่บทความนี้ใช้กับบริษัทกรณีศึกษาซึ่งอยู่ในธุรกิจซื้อมาขายไป (trading business)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาความเป็นมา การดำเนินงาน และปัญหาที่เกิดขึ้นของบริษัทกรณีศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลการการขาย และการสั่งซื้อ การหาต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกับสินค้าในกิจกรรมต่างๆ การศึกษาวิธีการกำหนดนโยบายใหม่ และ นำไปทดลองกับข้อมูลยอดขายจริง

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ใช้ข้อมูลยอดขายรายเดือนแต่ละรายการสินค้าจากร้านค้าปลีกสาขาย้อนหลัง 2 ปี 8 เดือน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2559 ถึง 31 สิงหาคม พ.ศ. 2561 แบ่งข้อมูลเป็นสองส่วนเพื่อนำมาใช้สร้างนโยบาย (ใช้ข้อมูลตั้งแต่ 1 มกราคม 2559 – 31 ธันวาคม 2560) และนำไปทดสอบใช้จริง (ใช้ข้อมูลตั้งแต่ 1 มกราคม – 31 สิงหาคม 2561)

3.2 การดำเนินการวิจัย

3.2.1 การศึกษาการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทกรณีศึกษา

3.2.1.1 การสั่งสินค้า

บริษัทกรณีศึกษามีการสั่งซื้อสินค้ามาจากต่างประเทศ ทั้งจากทวีปยุโรป อเมริกาใต้ และออสเตรเลีย โดยทำการขนส่งทางเรือ เมื่อสินค้ามาถึงประเทศไทยแล้ว จะเก็บสินค้าไว้ในคลังสินค้าทัณฑ์บน คือจะยังไม่ทำการผ่านพิธีศุลกากร และชำระภาษีต่าง ๆ โดยบริษัทกรณีศึกษาได้จ้างบริษัทนำเข้าภายนอก เป็นผู้ดำเนินการการค้าระหว่างประเทศ ทั้งในเรื่องการสั่งซื้อ การนำเข้า การชำระภาษี และการขนส่งทั้งหมด บริษัทกรณีศึกษาจะมีภาระถือครองสินค้าคงคลัง ก็ต้องเมื่อส่งคำสั่งซื้อไปที่บริษัทนำเข้า ให้ดำเนินการผ่านพิธีศุลกากร และชำระภาษีต่าง ๆ ครบถ้วนแล้ว จึงจะได้รับสินค้ามาเก็บไว้ในคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นการเช่าคลังสินค้าภายนอก

3.2.1.2 รอบการสั่งซื้อสินค้า

บริษัทกรณีศึกษา จะทำการส่งคำสั่งซื้อไปยังบริษัทนำเข้า เดือนละ 1 ครั้งในช่วงสิ้นเดือน ซึ่งบริษัทนำเข้า จะใช้เวลาดำเนินการ 1 เดือน ในการดำเนินการผ่านพิธีศุลกากร ชำระภาษี และติดแสตมป์สรรพสามิต บริษัทกรณีศึกษาจึงจะได้รับสินค้า จากนั้นจะมีกระจายสินค้าจากคลังสินค้าให้กับร้านค้าปลีกสาขา ตามรอบการส่งสาขาละ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ และใช้เวลาดำเนินการส่งสินค้า 1 วัน สำหรับสาขาในจังหวัดกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ส่วนต่างจังหวัด มีรอบการส่งสินค้า 2 ครั้งต่อเดือน ใช้เวลาดำเนินการส่ง 3-4 วัน หลังจากได้รับคาสั่งซื้อจากร้านสาขา หากไม่มีสินค้าที่คลังสินค้ากลางเพียงพอ จะทำการโอนย้ายสินค้าระหว่างสาขาในพื้นที่นั้น ๆ

3.2.2 การศึกษาปัญหาในการจัดการและควบคุมสินค้าคงคลัง

สินค้าบางรายการที่ถือครองอยู่ในปัจจุบันมีจำนวนสูงมาก มี inventory day สูงถึง 1 ปี ทั้งที่สามารถสั่งได้ 12 ครั้งต่อปี โดยมีสาเหตุมาจากนโยบายการจัดเก็บสินค้ามีจำนวนมากเกินไป มีการเก็บที่สาขา สาขาละ 36 ขวด ผู้ผลิต (supplier) มีการกำหนดปริมาณสั่งซื้อขั้นต่ำ (minimum order quantity (MOQ)) สูง และมีสัญญาซื้อขายกันในระยะยาว เพื่อให้ได้ต้นทุนต่อหน่วยต่ำ นโยบายการขายสินค้าบางรายการมีขายเฉพาะ บางสาขาเท่านั้น เนื่องจากบางสาขาที่ไม่ได้ขายมีขนาดร้านเล็ก ไม่มีพื้นที่จัดวางสินค้าได้เพียงพอ และการเปลี่ยนแปลงความต้องการ หรือ การเปลี่ยนแปลงโปรโมชั่น ทำให้ไม่สามารถขายสินค้าบางรายการได้ นอกจากนี้ บริษัทสูญเสียโอกาสการลงทุนด้านอื่น ๆ เช่น การสั่งซื้อสินค้าชนิดใหม่เข้ามาเพื่อจัดโปรโมชั่น หรือการขยายกิจการ เนื่องจากต้นทุนจม ในสินค้าคงคลังบางรายการที่ไม่สามารถขายได้มากเกินไป

3.2.3 การศึกษาสินค้าที่จำหน่ายของบริษัทกรณีศึกษา

ในปัจจุบันมีการขายสินค้าอยู่ในระบบทั้งหมด โดยประมาณ 300 กว่า SKUs แบ่งเป็น โดยแบ่งเป็น

- Continued product คือ สินค้าที่มีการนำเข้ามาขายต่อเนื่อง
- Promotion product คือ สินค้าที่นำมาขายเฉพาะช่วงเวลา
- Discontinued product คือ สินค้าที่เหลือจาก promotion product และสินค้าที่ยกเลิกการนำเข้ามาขายแล้ว

3.2.5 นโยบายปัจจุบัน

บริษัทกรณีศึกษาใช้การพยากรณ์คำสั่งซื้อตามฤดูกาล เป็นรายเดือน โดยมีค่าดัชนีฤดูกาล ดังแสดงในตาราง 3.1 การพิจารณาค่าดัชนีฤดูกาล

(seasonal index (SI)) ดูจากยอดขายของรวมทุกสินค้าของบริษัทในแต่ละเดือน

ตารางที่ 3.1 ค่าดัชนีฤดูกาล

เดือน	1	2	3	4	5	6
SI	1.20	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95
เดือน	7	8	9	10	11	12
SI	1.10	1.10	1.20	1.20	1.30	1.30

สำหรับนโยบายปัจจุบัน การพยากรณ์จำนวนที่จะสั่งซื้อ จะใช้ค่าดัชนีฤดูกาลของเดือนที่จะทำการพยากรณ์กับสินค้าทุก ๆ รายการโดยจะนำมาคูณกับค่าเฉลี่ยยอดขายต่อเดือนของสินค้าแต่ละรายการจากข้อมูลยอดขายรายเดือนเฉลี่ยย้อนหลัง 2 ปี ของ SKU นั้น ๆ แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละรายการ ไปใช้ในการสั่งซื้อจากบริษัทนำเข้า เพื่อมาเก็บไว้ในคลังสินค้าของบริษัท สำหรับการขายในเดือนนั้น ๆ

กำหนดให้

$x_i =$ ยอดขายสินค้าในเดือนที่ i

$s_i =$ seasonal index ของเดือนที่ i

จำนวนสั่งซื้อตามนโยบายปัจจุบัน ในเดือนที่ t

$$Q_t = s_i\,((x_{t-1} + \cdots x_{t-24})/24)$$

การจัดเก็บสินค้าที่คลังสินค้าจะไม่มีการกำหนด จำนวนชิ้นสินค้าคงคลังขั้นต่ำ หรือ จำนวนสูงสุดไว้ จะเก็บตามจำนวนที่ทำการสั่งเข้ามาขายในแต่ละเดือนตามรอบการสั่ง การจัดเก็บสินค้าคงคลังที่ร้านสาขา ผู้บริหารบริษัทกรณีศึกษาจะพิจารณาจำนวนที่จะเก็บจากราคาขายของสินค้า โดยมีการกำหนด จำนวนที่จะต้องจัดเก็บสินค้าไว้ที่ร้านค้าปลีกสาขา 1 สาขาต่อ 1 รายการ ดังในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จำนวนเก็บสินค้าที่ร้านค้าปลีก จำแนกตามราคาขาย

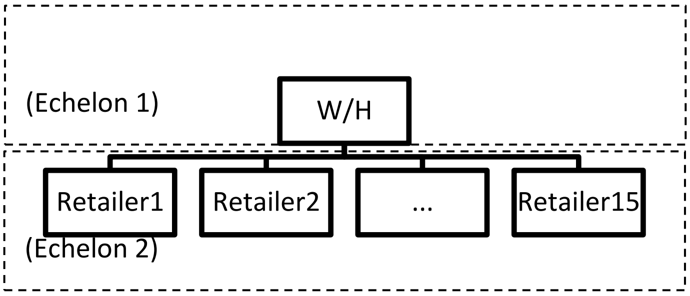
ราคาขาย (บาทต่อขวด)	จำนวนที่เก็บสินค้า (ขวดต่อเดือน)
น้อยกว่า 599	60
600-849	24
850-999	12
มากกว่า 1,000	6

3.2.5 นโยบายการสั่งสินค้าและเก็บสินค้าแบบใหม่

สำหรับนโยบายใหม่สาหรับการเก็บสินค้าแบบใหม่จะใช้แนวคิดการจัดการสินค้าคงคลังแบบหลายระดับ โดยแบ่งการจัดเก็บเป็น 2 ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

ระดับที่ 1 สินค้าคงคลังหลายระดับที่คลังสินค้ากลาง (echelon inventory position at warehouse) หมายถึง จำนวนสินค้าคงคลังทั้งหมดของบริษัท คือ สินค้าที่คลังสินค้ากลาง รวมกับสินค้าที่กำลังจัดส่งไปร้านสาขา และสินค้าคงคลังที่ร้านค้าปลีกสาขาทุกสาขา

ระดับที่ 2 สินค้าคงที่ร้านค้าปลีกสาขา (inventory position at retailer) หมายถึง จำนวนสินค้าที่สาขารวมกับสินค้าที่กำลังจัดส่งไปสาขา



รูปที่ 3.2 ระบบสินค้าคงคลังแบบสองระดับ

เนื่องจากเงื่อนไขเดิมของบริษัทที่มีการสั่งสินค้าเป็นรอบ นั่นคือ ใช้แบบ periodic-review order-up-to level (OUTL) control system กำหนดระดับการให้บริการตามรอบ (cycle service level) อยู่ที่ $\alpha = 0.99$ หรือที่ร้อยละ 99 จะได้ safety factor safety factor $k = \Phi^{-1}(\alpha)$

จากยอดขายรายเดือนย้อนหลัง ตั้งแต่ 1 มกราคม 2559 – 31 ธันวาคม 2560 รวมยอดขาย 15 สาขา กับทุก ๆ SKU กำหนดให้

$\mu_w =$ ค่าเฉลี่ยของยอดขายรายสัปดาห์ของทุกสาขา

$\sigma_w =$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานยอดขายรายสัปดาห์ของทุกสาขา

$R_w =$ รอบการสั่งซื้อสินค้าเข้าคลังสินค้า

$L_w^e =$ เวลานำส่งระดับชั้น (echelon lead time) ได้จากผลบวกของเวลานำของสาขา รวมกับเวลานำของคลังสินค้า นั่นคือ เวลาตั้งแต่คลังสินค้าสั่งไปที่บริษัทนำเข้าจนคลังได้ของ รวมกับเวลาส่งจากคลังไปสาขา

<u>OUTL ของคลังสินค้า</u> คำนวณได้ดังนี้

$$S_w = \mu_w(L_w^e + R_w) + k\sigma_w\sqrt{L_w^e + R_w}$$

กำหนดให้

$\mu_r =$ ค่าเฉลี่ยของยอดขายรายสัปดาห์ของสาขา

$\sigma_r =$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานยอดขายรายสัปดาห์ของสาขา

$R_r =$ รอบการสั่งซื้อของร้านสาขา

$L_r =$ เวลานำของสาขา (ตั้งแต่สาขาสั่งสินค้าไปคลังจนได้รับของ)

<u>OUTL ของสาขา</u> คำนวณได้ดังนี้

$$S_r = \mu_r(L_r + R_r) + k\sigma_r\sqrt{L_r + R_r}$$

อนึ่ง ใช้รอบการสั่งซื้อ และเวลานำให้มีหน่วยเป็นสัปดาห์ เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการซึ่งเป็นรายสัปดาห์

3.2.6 การทดสอบและนำไปใช้กับยอดขายรายสัปดาห์เป็นเวลา 8 เดือน

การศึกษานี้จะนำนโยบายสั่งซื้อ และจัดเก็บสินค้าเดิม และ ค่า OUTL จากนโยบายใหม่ไปทดสอบกับการขายที่เกิดขึ้นจริงจากยอดขายรายสัปดาห์ตั้งแต่ 1 มกราคม – 31 สิงหาคม 2561

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มสินค้าด้วยวิธีการ ABC

เมื่อทำการเรียงลำดับมูลค่ายอดขายสินค้าจากมากไปน้อย จากสินค้า 80 รายการ การศึกษานี้จะเลือกศึกษาสินค้าในกลุ่ม A เป็นจำนวน 30

อันดับแรก ซึ่งคิดเป็น 71 % ของยอดขายสินค้ากลุ่ม Continued Product มาทำการศึกษา โดยจะศึกษาเฉพาะ 15 สาขา ในกรุงเทพ เท่านั้น เนื่องจากมีเงื่อนไขในการสั่งสินค้า และระยะเวลานำส่งสินค้าเหมือนกัน

4.2 ผลการศึกษาค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง

ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการถือครองสินค้าคงคลัง เงินลงทุนของบริษัทกรณี เป็นเงินลงทุนจากบริษัทลงทุนจากต่างประเทศ โดยการลงทุนของบริษัทลงทุนโดยทั่วไปสามารถสร้างผลกำไรได้ 15 % โดยประมาณ และ ค่าใช้จ่ายในการเก็บสินค้า การเก็บสินค้าที่ร้านค้าปลีกสาขา เนื่องจากเป็นการเช่าพื้นที่ในห้างสรรพสินค้าซึ่งเป็นต้นทุนคงที่จึงไม่ขึ้นกับจำนวนสินค้า ส่วนการเก็บรักษาสินค้าในคลังสินค้าซึ่งเป็นคลังสินค้าเช่า จะมีการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับขนาดปริมาตรที่ใช้ ราคา 1000 บาท ต่อ 1 CBM ต่อ เดือน ปริมาตร 1 CBM สามารถเก็บสินค้าได้ 500 ขวด โดยเฉลี่ย ดังนั้น ค่าเก็บสินค้า 1 ขวดจะคิดเป็นเงินเฉลี่ย 2 บาท ต่อขวด ต่อเดือน

4.3 ผลการศึกษานโยบายการสั่งซื้อและจัดเก็บสินค้าเดิม

ในบทความนี้ จะแสดงเฉพาะสินค้ารหัส WI003 เพื่อเป็นตัวอย่าง จากข้อมูลยอดขายรวมสินค้าตัวอย่างตั้งแต่ มกราคม 2559 - ธันวาคม 2560 มีค่าเฉลี่ยเดือนละ 640 ขวด จะได้ยอดสั่งซื้อทั้ง 12 เดือนเป็นตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ยอดสั่งซื้อสินค้า WI003 นโยบายปัจจุบัน

เดือน	1	2	3	4	5	6
ยอดสั่งซื้อ (ขวดต่อเดือน)	768	640	608	608	608	608
เดือน	7	8	9	10	11	12
ยอดสั่งซื้อ (ขวดต่อเดือน)	704	704	768	768	832	960

การจัดเก็บสินค้าที่ร้านค้าปลีกสาขา ตัวอย่าง สินค้ารหัส WI003 พบว่ามีราคาขายที่ 499 บาท ดังนั้น จะต้องเก็บสินค้าที่สาขา สาขาละ 60 ขวด รวม 15 สาขา เป็นจำนวนทั้งหมด 900 ขวด

4.4 ผลการศึกษาสำหรับนโยบายใหม่

การคำนวณ OUTL สินค้าคงคลังระดับที่ 1 ระดับคลังสินค้า สินค้า WI003 มียอดขายรวมสินค้าตั้งแต่ มกราคม 2559 - ธันวาคม 2560 ค่าเฉลี่ยเดือนละ 639.79 ขวด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 66.78 ขวดต่อเดือน คิดเป็น ค่าเฉลี่ยต่อสัปดาห์ 147.76 ขวด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 32.09 ขวดต่อสัปดาห์ มีรอบการสั่งทุกๆ 4 สัปดาห์ เวลานำส่งถึงคลังสินค้า 4 สัปดาห์ เวลานำส่งถึงร้านสาขา 1.14 สัปดาห์ รวมเป็น echelon lead time 5.14 สัปดาห์ คิดที่ระดับการให้บริการที่ 99 % จะได้ OUTL ของสินค้า WI003 ระดับที่ 1 คลังสินค้า คือ 1,464 ขวด

สังเกตว่า coefficient of variation (cv) ของปริมาณความต้องการรายเดือนของสินค้า WI003 เท่ากับ 66.78/639.79=0.1044 นั่นคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความต้องการอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10.44 ของค่าเฉลี่ย ค่า cv ต่ำกว่า 0.45 จึงสามารถกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณความต้องการคงที่เท่ากันทุกเดือน (ดู [8] page 217 ซึ่งใช้ variability coefficient (VC) = $(cv)^2$) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมสินค้าคงคลังจึงเป็น stationary ไม่ได้ dynamic ไปตามเดือนเหมือนในนโยบายเดิม

ในภาคผนวก ตารางที่ 7.1 ด้านซ้ายแสดงระบบการสั่งซื้อนโยบายใหม่ของคลังสินค้า และตารางที่ 7.2 ด้านขวาแสดง echelon inventory position (IP) ของ Echelon 1 ซึ่งได้จาก inventory levels รวมกันทุกสาขา บวกด้วย inventory level ที่คลังสินค้า บวกด้วย outstanding order เช่น ใน week 4, echelon IP = 218 + 427 + 155 = 800 สำหรับนโยบายใหม่ ปริมาณการสั่งซื้อของคลังสินค้าในแต่ละรอบ ได้จาก OUTL ลบด้วย echelon IP เช่น ใน week 4, ปริมาณการสั่งซื้อของ echelon 1 (warehouse) = 1464-800=664 จากนั้นอีก 4 สัปดาห์จะได้รับของที่สั่ง นั่นคือ ในต้นสัปดาห์ที่ 9 จะได้ stock ที่คลังสินค้า = 664 + 0 (stock left จากสัปดาห์ที่ 8) = 664

การคำนวณ OUTL สินค้าคงคลังระดับที่ 2 ระดับร้านค้าปลีก สินค้า WI003 มียอดขายที่สาขา BKK001 ตั้งแต่ มกราคม 2559 - ธันวาคม 2560 ค่าเฉลี่ย เดือนละ 45.83 ขวด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.16 คิดเป็นค่าเฉลี่ยต่อสัปดาห์ 10.59 ขวด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.4 มีรอบการสั่งทุกๆ 1 สัปดาห์ เวลานำส่งถึงคลังสินค้า 1 วัน คิดที่ระดับการให้บริการที่ 99 % จะได้ดังในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 OUTL สำหรับสินค้า WI003 ที่ 15 สาขา

สาขา	1	2	3	4	5	6	7	8
OUTL (ขวด)	20	57	25	39	39	20	14	29
สาขา	9	10	11	12	13	14	15	
OUTL (ขวด)	12	32	24	18	14	19	11	

ในภาคผนวก ตารางที่ 7.1 ด้านซ้ายแสดงระบบการสั่งซื้อนโยบายใหม่ของสาขา BKK001 ซึ่งมี OUTL=20 ในต้นสัปดาห์ที่ 1 มีสินค้าคงคลังอยู่ 20 ชิ้น มี demand เท่ากับ 15 จึงเหลือสินค้าคงคลัง 5 ชิ้น ต้องสั่งให้ IP ขึ้นไปถึง 20 ดังนั้นปริมาณสั่งซื้อเป็น 20-5=15 ชิ้น และได้สินค้าต้นสัปดาห์ถัดไป ทำให้ต้นสัปดาห์ที่ 2 มีสินค้าคงคลังอยู่ 20 ชิ้น สำหรับสาขาอื่นๆ มีแนวทางเดียวกัน จึงไม่ได้แสดงไว้ในตาราง จาก OUTL ของแต่ละสาขา (ดังในตารางที่ 4.2) จะได้ว่า ในสัปดาห์ที่ 1 ทุกสาขามีปริมาณสั่งซื้อรวมกันเท่ากับ 15 + ...+ 2 = 178 และทุกสาขามี

สินค้าเหลือ 5 + ... + 9 = 195 ชิ้น ซึ่งจะนำไปใช้คำนวณ echelon IP ของคลังต่อไป

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสินค้าที่คลัง และที่สาขาเป็นดังนี้ ในต้นสัปดาห์ที่ 1 ที่คลังสินค้ามีของอยู่ 1091 ชิ้น ทำให้ปลายสัปดาห์ที่ 1 คลังเหลือของ 1091-178 = 913 ชิ้นหลังจากส่งให้ทุกสาขา การคำนวณ echelon IP ทำตามที่อธิบายใน 3.2.5 จะได้ echelon IP ที่ระดับ 1 เท่ากับ inventory levels รวมกันทุกสาขา บวกด้วย inventory level ที่คลังสินค้า บวกด้วย outstanding order = 195 + 913 + 178 = 1286 ณ ปลายสัปดาห์ที่ 1 รอบการสั่งของคลังคือทุก 4 สัปดาห์ จึงยังไม่สั่งในปลายสัปดาห์ที่ 1 แต่จะสั่งในสัปดาห์ที่ 4, 8, ...

4.5 ผลการศึกษาการทดสอบ และนำไปใช้

เมื่อนำจำนวนสั่งซื้อ จัดเก็บสินค้าเดิมของโยบายเดิม และ ค่า OUTL จากนโยบายใหม่ ของสินค้า WI003 ไปทดสอบกับการขายที่เกิดขึ้นจริง จากยอดขายจริงรายสัปดาห์ ตั้งแต่ 1 มกราคม – 31 สิงหาคม 2561 กับ 15 สาขา สามารถสรุปได้ดังนี้ ยอดขายที่ส่งมอบได้ และจำนวนสินค้าค้างส่ง (back order)

จากข้อมูลยอดขายจริงจำนวน ตั้งแต่ 1 มกราคม – 31 สิงหาคม 2561 กับ 15 สาขา มีจำนวน 4,484 ขวด นโยบายเดิม ส่งมอบได้ทั้งหมด ส่วนนโยบายใหม่ ส่งมอบได้ 4,477 ขวด มีสินค้าค้างส่ง จำนวน 10 ขวด

- ระดับการให้การให้บริการแบบ fill rate (FR)

นโยบายเดิม มีระดับการให้บริการ 100% FR ส่วนนโยบายใหม่มีระดับการให้บริการ 99.87% FR

- ค่าใช้จ่ายให้การถือครองสินค้าคงคลัง

หากเงินลงทุนจมอยู่ในสินค้าจะทำให้สูญเสียโอกาสให้การลงทุนอื่น ๆ ในระยะเวลา 8 เดือน ดังนั้นนโยบายเดิม มีจำนวนสินค้าคงเหลือเฉลี่ยรวมทั้งสิ้น 1,400 ขวด เป็นมูลค่า 36,252 บาท ส่วนนโยบายใหม่ มีจำนวนสินค้าคงเหลือเฉลี่ย รวมทั้งสิ้น 927 ขวด เป็นมูลค่า 24,009 บาท

- ค่าใช้จ่ายในการเก็บสินค้าที่คลังสินค้า

บริษัทมีค่าใช้เช่าคลังสินค้าในราคา 2 บาท ต่อขวด ต่อเดือน คิดค่าเช่าในระยะเวลา 8 เดือน ดังนี้ นโยบายเดิม มีจำนวนสินค้าคงเหลือที่คลังสินค้าเฉลี่ย 628 ขวด คิดเป็นค่าใช้จ่าย 10,046 บาท ส่วนนโยบายใหม่ มีจำนวนสินค้าคงเหลือที่คลังสินค้าเฉลี่ย 682 ขวด คิดเป็นค่าใช้จ่าย 10,910 บาท

5. สรุปผลการดำเนินงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการดำเนินงาน

จากกำหนดนโยบายการเก็บสินค้าคงคลังแบบใหม่ด้วยแนวคิดนโยบายสินค้าคงคลังแบบหลายระดับ โดยใช้ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบ OUTL มากำหนดระดับสินค้าคงคลัง ตามกระบวนตามทำงานเดิมของบริษัทกรณีศึกษาที่มีการสั่งซื้อรอบ และกระจายสินค้าไปยังร้านค้าปลีกเป็นรอบ เพื่อหาจานวนเก็บสินค้าคงคลัง ที่เก็บที่ระดับคลังสินค้า และที่เก็บที่ระดับร้านค้าปลีก จำนวน 15 สาขา ที่เหมาะสมกับความต้องการ ซึ่งใช้ข้อมูลจากยอดขายในอดีตรายเดือน ระยะเวลา 2 ปี เมื่อนำมาทดสอบกับการข้อมูลการขายจริงรายสัปดาห์ในระยะเวลา 8 เดือน พบว่าเมื่อเทียบกับนโยบายเดิม สามารถช่วยทำให้จำนวนการเก็บสินค้าคงคลังรวมลดลง 4,424 ขวด และลดจำนวนเงินต้นทุนสินค้าได้ถึง 1,556,518 บาท คิดเป็น 34.5% ในระดับการให้บริการที่น้อยลง 0.56%

นอกจากนั้นจะเห็นว่าการดำเนินการตามนโยบายใหม่ จะทำให้สินค้าคงคลังที่ร้านค้าปลีกลดลงไปมาก ช่วยลดปัญหาสินค้าวางเกะกะไม่มีที่เก็บที่ร้านค้าปลีกได้ แต่ก็จะทำให้ต้องเก็บสินค้าที่คลังสินค้ามากกว่าเดิม แม้ว่าจะส่งผลดีในการจัดการกระจายสินค้าส่งสินค้าไปยังสาขาได้รวดเร็ว และบริหารจัดการง่ายกว่า การโอนย้ายสินค้าระหว่างสาขาที่อาจอยู่คนละจ่างหวัด และการที่ไม่มีรอบรถส่งของในเวลานั้น ๆ ในกรณีมีความไม่แน่นอนของความต้องการเกิดขึ้นที่ร้านค้าปลีกร้านอื่น แต่ก็จะทำให้สูญเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บสินค้ามากขึ้นให้กับผู้ให้บริการคลังสินค้า

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้สามารถนำไปปรับใช้กับการจัดการ และควบคุมสินค้าคงคลังของบริษัทกรณีศึกษาได้ ซึ่งจะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสะดวกมากขึ้น หากนำไปใช้กับระบบวางแผนทรัพยากรองค์กร หรือ ERP ในการให้ระบบช่วยตรวจสอบระดับสินค้าคงคลังที่เป็นปัจจุบัน และออกคำสั่งซื้อ ในแต่ละรอบโดยอัตโนมัติ ทั้งระดับร้านค้าปลีก และระดับคลังสินค้า และยังสามารถลดขั้นตอน ความผิดพลาดในการเก็บและเตรียมข้อมูลระดับสินค้าคงคลังลงไปได้ นอกจากนั้นยังมีข้อเสนอแนะอื่น ๆ อีก ดังนี้

- สาหรับบางสาขาที่มียอดขายสูงมาก การมีรอบการส่งสินค้า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ทาให้ยังเกิดปัญหาสินค้ามีเก็บไม่พอ อาจแก้ปัญหาโดยการเพิ่มรอบการส่งเป็น 2 ครั้งต่อสัปดาห์
- นโยบายใหม่ยังสามารถลดต้นทุนลงไปได้อีก โดยการลดจำนวนการเก็บสินค้าที่คลังสินค้า โดยเก็บสินค้าที่ร้านค้าปลีกแทน หรือลดรอบการส่ง โดยต้องพิจารณาความเหมาะสมตามขนาดพื้นที่เก็บที่มี
- สำหรับสาขาต่างจังหวัดเนื่องมีรอบการส่ง 2 ครั้งเดือน ทำให้สาขาต้องเก็บสินค้าเพื่อขายจำนวนมาก ในอนาคตอาจต้องมีการใช้คลังสินค้าระดับภูมิภาคเพื่อลดปัญหา โดยพิจารณาความเหมาะสมระหว่างค่าใช้จ่ายในการเก็บ ค่าขนส่ง และผลลัพธ์ที่ได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Lee, C.B. 2003. Multi-echelon inventory optimization. http://www.e-thematic.org/download/Papers/Multi-Echelon%20Inventory%20Optimization%20-%20Evant%20white%20paper.pdf

[2] Snapp, S. 2007. How to best understand multi echelon inventory optimization. https://www.brightworkresearch.com/inventoryoptimization multiechelon/2007/08/multiechelon-definition/

[3] Grackin, A. 2013. Thinking anew--Transform your supply chain using multi-echelon inventory optimization. http://www.clresearch.com/media/docs/original/ME-Inventory-Optimization.pdf

[4] Sanyal, S. 2014. Multi-echelon inventory optimization. http://cmuscm.blogspot.com/2014/01/multi-echelon-inventory-optimization.html.

[5] Canitz, H. 2018. A multi-echelon approach to inventory optimization. www.apics.org

[6] Zipkin, P.H. 2000. *Foundations of Inventory Management*. Boston: McGraw Hill, Inc.

[7] Sven, A. 2006. *Inventory Control*. New York: Springer.

[8] Silver, E.A., Pyke, D.F., and Peterson, R. 1998. *Inventory Management and Production Planning and Scheduling.* New York: John Wiley & Sons, Inc.

[9] Kok, T., Grob, C. Laumanns, M. Minner, Rambau, J., and Schade, K. A typology and literature review on stochastic multi-echelon inventory models. *European Journal of Operational Research.* 269: 955-983.

[10] Ibrahimov M., Mohais A., Ozols M., Schellenberg S., Michalewicz Z. 2013. Advanced Planning in Vertically Integrated Wine Supply Chains. In: Yang S., Yao X. (eds) *Evolutionary Computation for Dynamic Optimization Problems. Studies in Computational Intelligence,* vol 490. Springer, Berlin, Heidelberg

[11] Mohais A., Schellenberg S., Ibrahimov M., Wagner N., Michalewicz Z. (2012) An Evolutionary Approach to Practical Constraints in Scheduling: A Case-Study of the Wine Bottling Problem. In: Chiong R., Weise T., Michalewicz Z. (eds) *Variants of Evolutionary Algorithms for Real-World Applications*. Springer, Berlin, Heidelberg

7. ภาคผนวก

ตารางที่ 7.1 ปริมาณสินค้าคงคลังที่คลังสินค้า (ซ้าย) และที่สาขา BKK001 (ขวา)

	Central Warehouse (OUTL = 1464)				
Week	**SHOP ODER**	**STOCK WH**	**STOCK LEFT**	**BACK ORDER**	**ORDER**
1	178	1091	913	0	
2	190	913	723	0	
3	141	723	582	0	
4	155	582	427	0	664
5	132	427	295	0	
6	140	295	155	0	
7	78	155	77	0	
8	144	77	0	67	1091
9	131	664	533	0	
10	102	533	431	0	
11	124	431	307	0	
12	124	307	183	0	908
13	131	1274	1143	0	
14	118	1143	1025	0	
15	99	1025	926	0	
16	139	926	787	0	304
17	119	1695	1576	0	
18	155	1576	1421	0	
19	131	1421	1290	0	
20	132	1290	1158	0	0
21	167	1462	1295	0	
22	125	1295	1170	0	
23	121	1170	1049	0	
24	97	1049	952	0	139
25	108	952	844	0	
26	82	844	762	0	
27	119	762	643	0	
28	70	643	573	0	518
29	150	712	562	0	
30	156	562	406	0	
31	153	406	253	0	
32	111	253	142	0	949
33	138	660	522	0	
34	86	522	436	0	
35	131	436	305	0	

BKK001 (OUTL = 20)				
DEMAND	**STOCK SHOP**	**STOCK LEFT**	**Back Order**	**ORDER shop**
15	20	5	0	15
20	20	0	0	20
11	20	9	0	11
9	20	11	0	9
15	20	5	0	15
7	20	13	0	7
8	20	12	0	8
5	20	15	0	5
11	20	9	0	11
8	20	12	0	8
11	20	9	0	11
4	20	16	0	4
4	20	16	0	4
8	20	12	0	8
12	20	8	0	12
9	20	11	0	9
6	20	14	0	6
11	20	9	0	11
6	20	14	0	6
5	20	15	0	5
11	20	9	0	11
7	20	13	0	7
9	20	11	0	9
8	20	12	0	8
7	20	13	0	7
9	20	11	0	9
4	20	16	0	4
10	20	10	0	10
12	20	8	0	12
7	20	13	0	7
7	20	13	0	7
7	20	13	0	7
10	20	10	0	10
6	20	14	0	6
7	20	13	0	7

ตารางที่ 7.2 ปริมาณสินค้าคงคลัง Echelon 2 (ซ้าย) และ Echelon 1 (ขวา)

	ECHELON 2						ECHELON 1					
Week	**DEMAND**	**STOCK SHOP**	**STOCK LEFT (Total ILs at retailers)**	**BACK ORDER**	**ACTUAL SALES**	**SHOP ORDER (outstanding order)**	**DEMAND**	**TOTAL STOCK**	**ECHELON IP**	**BACK ORDER**	**ACTUAL SALES**	**SHOP ORDER**
1	178	373	195	0	178	178	178	1464	1286	0	178	
2	191	373	183	1	190	190	190	1286	1096	0	190	
3	141	373	232	0	141	141	141	1096	955	0	141	
4	155	373	218	0	155	155	155	955	800	0	155	664
5	132	373	241	0	132	132	132	800	668	0	132	
6	146	373	233	6	140	140	140	668	528	0	140	
7	78	373	295	0	78	78	78	528	450	0	78	
8	144	373	229	0	144	144	144	450	373	0	144	1091
9	131	373	242	0	131	131	131	1037	906	0	131	
10	102	373	271	0	102	102	102	906	804	0	102	
11	124	373	249	0	124	124	124	804	680	0	124	
12	124	373	249	0	124	124	124	680	556	0	124	908
13	131	373	242	0	131	131	131	1647	1516	0	131	
14	118	373	255	0	118	118	118	1516	1398	0	118	
15	99	373	274	0	99	99	99	1398	1299	0	99	
16	139	373	234	0	139	139	139	1299	1160	0	139	304
17	119	373	254	0	119	119	119	2068	1949	0	119	
18	155	373	218	0	155	155	155	1949	1794	0	155	
19	131	373	242	0	131	131	131	1794	1663	0	131	
20	132	373	241	0	132	132	132	1663	1531	0	132	0
21	170	373	206	3	167	167	167	1835	1668	0	167	
22	125	373	248	0	125	125	125	1668	1543	0	125	
23	121	373	252	0	121	121	121	1543	1422	0	121	
24	97	373	276	0	97	97	97	1422	1325	0	97	139
25	108	373	265	0	108	108	108	1325	1217	0	108	
26	82	373	291	0	82	82	82	1217	1135	0	82	
27	119	373	254	0	119	119	119	1135	1016	0	119	
28	70	373	303	0	70	70	70	1016	946	0	70	518
29	150	373	223	0	150	150	150	1085	935	0	150	
30	156	373	217	0	156	156	156	935	779	0	156	
31	153	373	220	0	153	153	153	779	626	0	153	
32	111	373	262	0	111	111	111	626	515	0	111	949
33	138	373	235	0	138	138	138	1033	895	0	138	
34	86	373	287	0	86	86	86	895	809	0	86	
35	131	373	242	0	131	131	131	809	678	0	131	

การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีเบส์เซียน วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ และวิธีบูตสแตรป สำหรับตัวแบบถดถอยอย่างง่าย

A Comparison of Parameter Estimation of Ordinary Least Square, Bayesian, Markov Chain Monte Carlo and Bootstrap Methods for Simple Regression Model

อัชฌา อระวีพร[1*]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] kaautcha@hotmail.com
กฤตธรรม เพียรเพิ่มภัทร[2] เมธาชนัน วงศ์ไชย[2] ยศธรณ์ แก้วรัตน์[2] และรัสรินทร์ นิยมรัตน์ภูวัต[2]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [2] autcha.ar@ kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีเบส์เซียน วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ และ วิธีบูตสแตรป สำหรับตัวแบบถดถอยอย่างง่าย โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ ค่าต่ำที่สุดขอ งค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) กำหนดให้ขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 50 100 และ 200 โดยตัวแปรอิสระสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติ และความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติและการแจกแจงปรกติปลอมปน ทำการจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลทำซ้ำ 1,000 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า กรณีความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติวิธีเบส์เซียนมีประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกสถานการณ์ที่กำหนด กรณีความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติปลอมปน พบว่าส่วนใหญ่วิธีเบส์เซียนให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

คำสำคัญ: การถดถอยอย่างง่าย, วิธีกำลังสองน้อยที่สุด, วิธีบูตสแตรป, วิธีเบส์เซียน, วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ

Abstract

The objective of this research is to compare and contrast parameter estimation methods, including ordinary least square method, Bayesian method, Markov Chain Monte Carlo method and bootstrap method based on the simple regression model. The criterion of the best efficiency is considered by minimum of the average mean square errors (AMSE). The sample sizes are 50, 100 and 200. The independent variable is randomized from the normal distribution and the error is randomized from either the normal distribution or the contaminated normal distribution. The data is generated by the Monte Carlo technique with 1,000 repetitions. The results suggested that the error is randomized from the normal distribution, then the Bayesian method shows the best efficiency. When the error is generated from the contaminated normal distribution, the Bayesian method shows the minimum of the average mean square errors in most cases.

Keywords: Bayesian Method, Bootstrap Method, Markov Chain Monte Carlo Method, Ordinary Least Square Method, Simple Regression Model

1. บทนำ

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติอย่างหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป ประกอบด้วย ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) และตัวแปรตาม (Dependent Variable) โดยตัวแปรอิสระและตัวแปรตามจะต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณเท่านั้น โดยมีข้อกำหนดเบื้องต้นว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปรกติ (Normal Distribution) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ความแปรปรวนคงที่ และความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกันจึงมีความแปรปรวนร่วมเป็นศูนย์ ในงานวิจัยนี้สนใจ การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression) ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ 1 ตัว และตัวแปรตาม 1 ตัว

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธ์การถดถอยหรือเรียกว่าการประมาณค่าพารามิเตอร์และนำมาสร้างสมการถดถอยสำหรับพยากรณ์ตัวแปรตามจากสมการถดถอย โดยค่าพารามิเตอร์ที่ได้มานั้นสามารถนำมาอธิบายถึงขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ในทิศทางเดียวกันหรือทางตรงกันข้าม

วิธีที่นิยมในการประมาณค่าพารามิเตอร์มากที่สุดในการวิเคราะห์การถดถอยคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square Method) เป็นวิธีที่ทำให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำที่สุดและเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียง

* Corresponding author: E-mail: kaautcha@hotmail.com
[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง
[2] ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง

(Unbiased Estimator) ในวิธีกำลังสองน้อยที่สุดใช้ข้อมูลของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระเท่านั้นในบางครั้งเมื่อทราบรูปแบบการแจกแจงของตัวแปรอิสระว่ามีลักษณะแบบใด ควรใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีเบส์เซียน (Bayesian Method) ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขโดยใช้การแจกแจงก่อน (Prior Density Function) การแจกแจงภายหลัง (Posterior Density Function) และฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Function) เนื่องจากการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีเบส์เซียนจะต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงก่อน ซึ่งมีความยุ่งยากในการกำหนดค่าเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่ดี ทำให้วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo) จึงนำมาใช้เมื่อไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงก่อนของตัวแปรสุ่ม โดยสุ่มมาจากการแจกแจงก่อนของพารามิเตอร์ที่สนใจ และวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ (Gibbs Sampling) สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์จากฟังก์ชันการแจกแจงภายหลัง แต่เมื่อความคลาดเคลื่อนไม่เป็นไปตามข้อกำหนด และวิธีสุดท้ายคือวิธีบูตสแตรป (Bootstrap Method) ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการประมาณค่าโดยใช้การสุ่มตัวอย่างจากประชากรแบบแทนที่

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ภูวษาและคณะ [1] ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีเบส์เซียน วิธีกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีบูตสแตรปแบบใช้พารามิเตอร์ สำหรับตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เป็นการพิจารณาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง พบว่าวิธีเบส์เซียนมีประสิทธิภาพดีที่สุดส่วนวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีบูตสแตรปแบบใช้พารามิเตอร์เพียงเล็กน้อย ต่อมา Zaman and Alakus [2] ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีบูตสแตรปและวิธีแจ็คไนฟ์สำหรับตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) พบว่าวิธีบูตสแตรปให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงกว่าและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยกว่าวิธีแจ็คไนฟ์ ถัดมา Algamal and Rasheed [3] ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีแจ็คไนฟ์และวิธีบูตสแตรปสำหรับตัวแบบถดถอยเชิงพหุในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าวิธีแจ็คไนฟ์สามารถใช้ได้ดีเมื่อมีขนาดตัวอย่างตั้งแต่ 50 ขึ้นไป วิธีบูตสแตรปใช้ได้ดีและมีความเอนเอียงน้อย เมื่อมีจำนวนการทำซ้ำเพิ่มมากขึ้น หลังจากนั้น Yahya,Olaniran et.al. [4] ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีเบส์เซียนในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นด้วยวิธีการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โล โดยพิจารณาจากค่าความคลานเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual Variance) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของการทำนาย (Mean Square Error of Prediction) พบว่าการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ผลไม่แตกต่างกับวิธีเบส์เซียนเนื่องจากค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้เข้าใกล้ค่าจริง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย วิธีเบส์เซียนมีประสิทธิภาพกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเมื่อขนาดตัวอย่างเพียงพอ วิธีเบส์เซียนดีกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ้าข้อมูลมีการแจกแจงก่อน ดังนั้นสามารถอ้างได้ว่าวิธีเบส์เซียนสามารถประมาณค่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยอย่างง่ายโดยใช้ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีเบส์เซียน วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ และวิธีบูตสแตรป ซึ่งวิธีต่างๆดังที่กล่าวมานี้อาจจะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์แตกต่างกันออกไปในแต่ละกรณี ผู้ทำวิจัยจึงสนใจที่จะเปรียบเทียบวิธีการทั้ง 4 วิธีนี้เพื่อหาวิธีที่ดีที่สุดในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับตัวแบบการถดถอยอย่างง่ายเมื่อตัวแปรอิสระมีการแจกแจงปรกติ ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปรกติและการแจกแจงปรกติปลอมปน

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีเบส์เซียน วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ และวิธีบูตสแตรป แล้วเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 วิธีในการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุด

2. วิธีการประมาณค่าในงานวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ศึกษาตัวแบบการถดถอยอย่างง่ายเป็นตัวแบบที่มีตัวแปรตาม (y) เป็นตัวแปรเชิงปริมาณเพียง 1 ตัว และตัวแปรอิสระ (X) เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 1 ตัว เขียนอยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\underset{\sim}{y} = X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}$$

โดยที่

$\underset{\sim}{y}$ แทน เวกเตอร์ของตัวแปรตามขนาด $n \times 1$

X แทน เวกเตอร์ของตัวแปรอิสระขนาด $n \times 2$

$\underset{\sim}{\beta}$ แทน เวกเตอร์ของค่าพารามิเตอร์การถดถอยอย่างง่ายขนาด 2×1

$\underset{\sim}{\varepsilon}$ แทน เวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นขนาด $n \times 1$

n แทน ขนาดตัวอย่าง

โดยในการวิจัยครั้งนี้สนใจทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย 4 วิธี ประกอบด้วย

2.1 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square method)

วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์วิธีนี้เป็นตัวประมาณพารามิเตอร์ที่ทำให้ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Sum Square Error) มีค่าต่ำสุด โดยที่ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน เขียนได้ดังนี้

$$\underset{\sim}{\varepsilon}'\underset{\sim}{\varepsilon} = \left(\underset{\sim}{y} - \underset{\sim}{\hat{y}}\right)'\left(\underset{\sim}{y} - \underset{\sim}{\hat{y}}\right)$$

เมื่อ $\underset{\sim}{\hat{y}} = X\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ จะได้ว่า

$$\begin{aligned}\underset{\sim}{\varepsilon}'\underset{\sim}{\varepsilon} &= \left(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}'\right)'\left(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right) \\ &= \underset{\sim}{y}'\underset{\sim}{y} - 2\underset{\sim}{\hat{\beta}}'X\underset{\sim}{y} + \underset{\sim}{\hat{\beta}}'X'X\underset{\sim}{\hat{\beta}}'\end{aligned}$$

หาอนุพันธ์ของ $\underset{\sim}{\varepsilon}'\underset{\sim}{\varepsilon}$ เทียบกับ $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ และ กำหนดให้เท่ากับ 0 นั่นคือ

$$\frac{\partial}{\partial \underset{\sim}{\hat{\beta}}}\underset{\sim}{\varepsilon}'\underset{\sim}{\varepsilon} = \frac{\partial}{\partial \underset{\sim}{\hat{\beta}}}\left(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right)'\left(\underset{\sim}{y} - X\underset{\sim}{\hat{\beta}}\right) = 0$$

$$-2X'\underset{\sim}{y} + 2(X'X)\underset{\sim}{\hat{\beta}} = 0$$

$$(X'X)\underset{\sim}{\hat{\beta}} = X'\underset{\sim}{y}$$

ดังนั้น ค่าประมาณพารามิเตอร์ คือ

$$\underset{\sim}{\hat{\beta}}_{OLS} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_{0_{OLS}} \\ \hat{\beta}_{1_{OLS}} \end{bmatrix} = (X'X)^{-1}\left(X'\underset{\sim}{y}\right).$$ [1]

2.2 วิธีเบส์เซียน (Bayesian method)

เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข โดยที่ฟังก์ชันการแจกแจงภายหลังแปรผันกับผลคูณระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงก่อนและฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น สมการของเบส์เซียนสามารถเขียนได้ดังนี้ [5]

$$p\left(\underset{\sim}{\beta},\sigma^2 \mid \underset{\sim}{y}\right) = \frac{p\left(\underset{\sim}{y} \mid \underset{\sim}{\beta},\sigma^2\right)p\left(\underset{\sim}{\beta},\sigma^2\right)}{p\left(\underset{\sim}{y}\right)}$$

$$\propto p\left(\underset{\sim}{y} \mid \underset{\sim}{\beta},\sigma^2\right)p\left(\underset{\sim}{\beta},\sigma^2\right)$$

โดยที่

$p\left(\underset{\sim}{y}\right)$ เรียกว่า การแจกแจงของข้อมูล

$p\left(\underset{\sim}{\beta},\sigma^2\right)$ เรียกว่า การแจกแจงก่อน สำหรับ $\left(\underset{\sim}{\beta},\sigma^2\right)$

$p\left(\underset{\sim}{\beta},\sigma^2 \mid \underset{\sim}{y}\right)$ เรียกว่า การแจกแจงภายหลัง สำหรับ $\left(\underset{\sim}{\beta},\sigma^2\right)$

$p\left(\underset{\sim}{y} \mid \underset{\sim}{\beta},\sigma^2\right)$ เรียกว่า ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น เมื่อทราบข้อมูล $\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ และ σ^2

ซึ่งวิธีเบส์เซียนมีขั้นตอนดังนี้

(1) เลือกการแจกแจงก่อน (Prior Distribution) สำหรับ $\left(\underset{\sim}{\beta},\sigma^2\right)$ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้การแจกแจงก่อน เป็นการการแจกแจงก่อนคู่สังยุค (Conjugate Prior) สำหรับ $\underset{\sim}{\beta}$ และกำหนดให้ทราบ σ^2 มีรูปแบบสมการดังนี้

$$p(\underset{\sim}{\beta},\sigma^2) \propto \exp\left\{-\frac{1}{2}(\underset{\sim}{\beta}-\underset{\sim}{\bar{\beta}})'\bar{\Sigma}_{\underset{\sim}{\beta}}^{-1}(\underset{\sim}{\beta}-\underset{\sim}{\bar{\beta}})\right\}$$

$\underset{\sim}{\bar{\beta}}$ คือ เวกเตอร์ค่าเฉลี่ยก่อน (Prior Mean) ของ $\underset{\sim}{\beta}$

$\bar{\Sigma}_{\underset{\sim}{\beta}}$ คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมก่อน (Prior Covariance) ของ $\underset{\sim}{\beta}$

2) คำนวณฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Function) เมื่อทราบข้อมูล $\underset{\sim}{\bar{\beta}}$ และ σ^2 จากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ มีรูปแบบการแจกแจงดังนี้

$$p\left(\underset{\sim}{y} \mid \underset{\sim}{\beta},\sigma^2\right) \propto \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2}(\underset{\sim}{y}-X\underset{\sim}{\beta})'(\underset{\sim}{y}-X\underset{\sim}{\beta})\right\}$$

(3) คำนวณการแจกแจงภายหลัง (Posterior Distribution) สำหรับ $\left(\underset{\sim}{\beta},\sigma^2\right)$ จากสมการของเบส์เซียนมีรูปแบบสมการดังนี้

$$p\left(\underset{\sim}{\beta},\sigma^2 \mid \underset{\sim}{y}\right) \propto \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\underset{\sim}{\beta}-\underset{\sim}{\bar{\bar{\beta}}}\right)'\bar{\bar{\Sigma}}_{\underset{\sim}{\beta}}^{-1}\left(\underset{\sim}{\beta}-\underset{\sim}{\bar{\bar{\beta}}}\right)\right\}$$

โดยที่ $\underset{\sim}{\beta} \sim \mathrm{N}\left(\underset{\sim}{\bar{\bar{\beta}}},\bar{\bar{\Sigma}}_{\underset{\sim}{\beta}}^{-1}\right)$ และ $\underset{\sim}{\bar{\bar{\beta}}}$ คือ เวกเตอร์ค่าเฉลี่ยภายหลัง (Posterior Mean) ของ $\underset{\sim}{\beta}$

$\bar{\bar{\Sigma}}_{\underset{\sim}{\beta}}^{-1}$ คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายหลัง (Posterior Covariance) ของ $\underset{\sim}{\beta}$

ดังนั้น ค่าประมาณพารามิเตอร์ คือ

$$\underset{\sim}{\hat{\beta}}_{Bayes} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_{0_{Bayes}} \\ \hat{\beta}_{1_{Bayes}} \end{bmatrix} = \left(\bar{\bar{\Sigma}}_{\underset{\sim}{\beta}}^{-1}\right)^{-1}\left(\bar{\Sigma}_{\underset{\sim}{\beta}}^{-1}\underset{\sim}{\bar{\beta}} + \frac{X'X}{\sigma^2}\underset{\sim}{b}\right)$$

โดยที่ $\bar{\bar{\Sigma}}_{\underset{\sim}{\beta}}^{-1} = \bar{\Sigma}_{\underset{\sim}{\beta}}^{-1} + \frac{X'X}{\sigma^2}$

2.3 วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo Method)

วิธีมอร์ติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ (MCMC) วิธี MCMC เป็นวิธีที่นิยมใช้เมื่อไม่ทราบฟังก์ชันการแจกแจงบางส่วน (Marginal Distribution) ของตัวแปรสุ่ม โดยประกอบด้วยการสุ่มตัวอย่างตัวแปรจากวิธี โซ่มาร์คอฟ (Markov Chain) จากการแจกแจงก่อนของค่าพารามิเตอร์ที่สนใน และวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ (Gibbs Sampling) ได้ถูกนำมาใช้ในวิธีของ MCMC สำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์จากฟังก์ชันการแจกแจงภายหลัง

วิธีการสุ่มตัวอย่างอีกวิธีที่หนึ่งที่นิยมใช้กรณีที่ทราบการแจกแจงภายหลังเมื่อกำหนดค่าของตัวแปรสุ่ม คือวิธีกิบส์ ศึกษาโดย Geman and Geman [6] มีขั้นตอนดังนี้คือ

(1) กำหนดค่าเริ่มต้น $\theta^{(0)}$ จากฟังก์ชันการแจกแจงก่อน เมื่อ $t = 1, 2, ..., T$ ทำซ้ำตามขั้นตอน

(1.1) กำหนด $\theta = \theta^{(t-1)}$

(1.2) สร้างค่า θ_j จาก

$\theta_j \sim f(\theta_1, ..., \theta_{j-1}, \theta_{j+1}, ..., \theta_p^{(t-1)}, \underset{\sim}{x})$ เมื่อ $j = 1, ..., d$

(1.3) กำหนดให้ค่า $\theta^{(t)} = \theta$ โดยเก็บค่านี้ไว้สร้างพารามิเตอร์ใหม่ที่รอบ $t+1$ ตามกระบวนการ

$\theta_1^{(t)}$ จาก $f(\theta_1 \mid \theta_2^{(t-1)}, \theta_3^{(t-1)}, ..., \theta_p^{(t-1)}, \underset{\sim}{x})$

$\theta_2^{(t)}$ จาก $f(\theta_2 \mid \theta_1^{(t)}, \theta_3^{(t-1)}, ..., \theta_p^{(t-1)}, \underset{\sim}{x})$

$\theta_3^{(t)}$ จาก $f(\theta_3 \mid \theta_1^{(t)}, \theta_2^{(t)}, \theta_4^{(t-1)} ..., \theta_p^{(t-1)}, \underset{\sim}{x})$

$\theta_j^{(t)}$ จาก $f(\theta_j^t \mid \theta_1^{(t)}, \theta_2^{(t)}, ..., \theta_{j-1}^{t-1}, \theta_{j+1}^{(t-1)}, ..., \theta_p^{(t-1)}, \underset{\sim}{x})$

$\theta_p^{(t)}$ จาก $f(\theta_p^{(t)} \mid \theta_1^{(t)}, \theta_3^{(t)} ..., \theta_{p-1}^{(t)}, \underset{\sim}{x})$

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์สามารถสรุปได้ว่า

$$f(\theta_j^t \mid \theta_1^{(t)}, \theta_2^{(t)}, ..., \theta_{j-1}^{t-1}, \theta_{j+1}^{(t-1)}, ..., \theta_p^{(t-1)}, \underset{\sim}{x}) \propto \mathrm{f}(\theta \mid \underset{\sim}{x})$$

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่สร้างจากวิธีของ มาร์คอฟ เชน และการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ เพื่อ ประมาณค่าพารามิเตอร์ในสถิติแบบเบส์โดยใช้วิธีการประมาณค่าด้วยมอนติคาร์โล (Monte Carlo) เพื่อประมาณค่าจากฟังก์ชันการแจกแจงภายหลัง

จาก

$$E\left(g(\theta) \mid x_1, ..., x_n\right) = \int f(\theta \mid x_1, ..., x_n) g(\theta) d\theta$$

ซึ่งสามารถประมาณค่า θ ได้โดย $\bar{\theta} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\theta^{(t)}$

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการถดถอย ใช้ตัวแบบขั้นตอนของเบส์ (Bayesian Hierarchical Model) ดังนี้

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon_i$$

$$y_i \mid \mu_i, \tau \sim N\left(\mu_i, \frac{1}{\tau}\right)$$

เมื่อ $\mu_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$

$$\beta_0 \mid m_1, t_1 \sim N\left(m_1, \frac{1}{t_1}\right)$$

$$\beta_1 \mid m_2, t_2 \sim N\left(m_2, \frac{1}{t_2}\right)$$

จะได้ $\hat{\beta}_{0_{MCMC}} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\hat{\beta}_0^{(t)}$

$$\hat{\beta}_{1_{MCMC}} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\hat{\beta}_1^{(t)}$$

โดยที่ T คือ จำนวนการสร้างค่าประมาณพารามิเตอร์

2.4 วิธีบูตสแตรป (Bootstrap Method)

วิธีบูตสแตรปเป็นวิธีการประมาณค่าโดยใช้การสุ่มตัวอย่างจากประชากรแบบแทนที่ โดยที่แต่ละหน่วยตัวอย่างมีโอกาสในการถูกสุ่มเท่า ๆ กันเพื่อสร้างการแจกแจงของตัวสถิติแล้วนำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ [7] มีขั้นตอนดังนี้

(1) ทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบแทนที่ จำนวน n ตัว จะได้ตัวอย่างสุ่มชุดใหม่ คือ $\underset{\sim}{x}^* = \begin{bmatrix} x_1^* \\ x_2^* \\ \vdots \\ x_n^* \end{bmatrix}$

(2) จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะได้ค่าประมาณ คือ $\hat{\underset{\sim}{\beta}}_{OLS}$ เพื่อคำนวณค่าประมาณพารามิเตอร์ของ $\hat{\beta}_{0_B}$ และ $\hat{\beta}_{1_B}$

(3) สุ่ม $\underset{\sim}{\varepsilon}^*$ จากการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน จะได้

$$\underset{\sim}{\varepsilon}^* = \begin{bmatrix} \varepsilon_1^* \\ \varepsilon_2^* \\ \vdots \\ \varepsilon_n^* \end{bmatrix}$$

(4) แทนค่า $\underset{\sim}{x}^*$ และ $\underset{\sim}{\varepsilon}^*$ ในสมการ $\underset{\sim}{y}^* = \underset{\sim}{x}^*\hat{\beta}_{OLS} + \underset{\sim}{\varepsilon}^*$ จะได้ค่า $\underset{\sim}{y}^*$

(5) นำ $\underset{\sim}{y}^*$ และ $\underset{\sim}{x}^*$ ที่ได้จากข้อ (4) มาประมาณค่าพารามิเตอร์ $(\underset{\sim}{\hat{\beta}}_B)$

(6) ทำตามขั้นตอนข้อที่ (3) (4) และ (5) ตามลำดับ ด้วยจำนวนซ้ำ 1000 ครั้ง

(7) จะได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ คือ $\hat{\beta}_{0_B} = \frac{\sum_{i=1}^{1000}\hat{\beta}_{0i}^*}{1000}$ และ

$\hat{\beta}_{1_B} = \frac{\sum_{i=1}^{1000}\hat{\beta}_{1i}^*}{1000}$ ณ ค่าพารามิเตอร์จากการประมาณรอบที่ i

โดยที่ $i = 1, 2, \ldots, 1000$

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนดังนี้ คือ

3.1 ทำการสุ่มค่าความคลาดเคลื่อน (Error, $\underset{\sim}{\varepsilon}$) ของตัวแบบการถดถอยอย่างง่ายจากข้อมูลที่มีการแจกแจงดังนี้

3.1.1 การแจกแจงปรกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $E(\varepsilon) = \mu$ และ $Var(\varepsilon) = \sigma^2$ งานวิจัยนี้กำหนดให้ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 3 และ 5

3.1.2 การแจกแจงปรกติปลอมปน เป็นการแจกแจงที่นำมาจากการแจกแจงปรกติ โดยกำหนดสัดส่วนปลอมปน (p) เท่ากับ 0.05 และ 0.15 และสเกลแฟคเตอร์ (c) เท่ากับ 5 และ 10

3.2 ทำการสุ่มตัวแปรอิสระ (X) จำนวนหนึ่งตัว ซึ่งสุ่มมาจากประชาการที่มีการแจกแจงปรกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 และความแปรปรวนเท่ากับ 4

3.3 กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย $\underset{\sim}{\beta} = (\beta_0, \beta_1)'$ เท่ากับ 2 และ 4 ตามลำดับ

3.4 นำข้อมูลจากข้อ 3.1 3.2 และ 3.3 มาหาค่าตัวแปรตามจาก $\underset{\sim}{y} = X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}$

3.5 นำตัวแปรตาม (y) และตัวแปรอิสระ (X) ที่ได้มาประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย 4 วิธี คือวิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีเบส์เซียน วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ และวิธีบูตสแตรป ซึ่งจะได้ค่า $\hat{\beta}_0$ และ $\hat{\beta}_1$

3.6 นำค่า $\hat{\beta}_0$ และ $\hat{\beta}_1$ ที่ได้มาจาก 3.5 มาหาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

$$MSE_{b_0} = \frac{\sum_{i=1}^{1000}\left(\beta_0 - \hat{\beta}_{0i}\right)^2}{1000} \quad MSE_{b_1} = \frac{\sum_{i=1}^{1000}\left(\beta_1 - \hat{\beta}_{1i}\right)^2}{1000}$$

เมื่อ $\hat{\beta}_{0i}$ และ $\hat{\beta}_{1i}$ คือ ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์จากการประมาณรอบที่ i โดยที่ $i = 1, 2, \ldots, 1000$

3.7 หาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

$$AMSE = \frac{MSE_{b_0} + MSE_{b_1}}{2}$$

3.8 กำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา (n) มีค่าเท่ากับ 50 100 และ 200

3.9 ใช้โปรแกรมอาร์ (R) ในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล

4. ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ของ 4 วิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยจะทำเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(MSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) เพื่อหาวิธีการประมาณที่ดีที่สุดในแต่ละสถานการณ์ จะนำเสนอในรูปแบบของตาราง โดยสัญลักษณ์แทนความหมายต่าง ๆ ดังนี้

σ^2 แทน ค่าความแปรปรวน

p แทน สัดส่วนการปลอมปนของการแจกแจงปรกติปลอมปน

c แทน สเกลแฟคเตอร์ของการแจกแจงปรกติปลอมปน

ตารางที่ 1-3 เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติและตารางที่ 4-6 เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติปลอมปน เพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

กำหนดให้ OLS แทน วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด
Bayes แทน วิธีของเบส์
MCMC แทน วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ
Bootstrapแทน วิธีบูตสแตรป

ตารางที่ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) ความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 50

สถานการณ์			$\sigma^2=1$	$\sigma^2=3$	$\sigma^2=5$
OLS	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0244	0.0733	0.1222
		$\hat{\beta}_1$	0.0054	0.0162	0.027
	AMSE		0.0149	0.04475	0.0746
Bayesian	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0229	0.0609	0.0908
		$\hat{\beta}_1$	0.0052	0.0148	0.0236
	AMSE		**0.01405**	**0.03785**	**0.0572**
MCMC	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0876	0.2624	0.4387
		$\hat{\beta}_1$	0.0104	0.0311	0.0519
	AMSE		0.049	0.14675	0.2453
Bootstrap	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0274	0.0821	0.1369
		$\hat{\beta}_1$	0.005	0.015	0.025
	AMSE		0.0162	0.04855	0.08095

ตารางที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) ความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 100

สถานการณ์			$\sigma^2=1$	$\sigma^2=3$	$\sigma^2=5$
OLS	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0121	0.0362	0.0603
		$\hat{\beta}_1$	0.0026	0.0078	0.013
	AMSE		0.0073	0.022	0.0366
Bayesian	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0116	0.0329	0.0517
		$\hat{\beta}_1$	0.0025	0.0074	0.012
	AMSE		**0.0070**	**0.0201**	**0.0318**
MCMC	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0097	0.0291	0.0484
		$\hat{\beta}_1$	0.0077	0.0231	0.0384
	AMSE		0.0087	0.0261	0.0434
Bootstrap	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0132	0.0395	0.0658
		$\hat{\beta}_1$	0.0027	0.0081	0.0135
	AMSE		0.0079	0.0238	0.0396

ตารางที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) ความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติ ที่ขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 200

สถานการณ์			$\sigma^2=1$	$\sigma^2=3$	$\sigma^2=5$
OLS	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0062	0.0187	0.0311
		$\hat{\beta}_1$	0.0013	0.0038	0.0064
	AMSE		0.0037	0.0112	0.0187
Bayesian	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0061	0.0178	0.0288
		$\hat{\beta}_1$	0.0012	0.0037	0.0061
	AMSE		**0.0036**	**0.0107**	**0.0174**
MCMC	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0065	0.0193	0.0323
		$\hat{\beta}_1$	0.0013	0.004	0.0067
	AMSE		0.0039	0.0116	0.0195
Bootstrap	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0069	0.0207	0.0347
		$\hat{\beta}_1$	0.0013	0.0038	0.0064
	AMSE		0.0041	0.0122	0.0205

จากตารางที่ 1-3 วิธีเบส์เซียน (Bayesian) มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ต่ำที่สุดทุกขนาดตัวอย่าง ซึ่งผลที่ได้นั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภูวษาและคณะ [1]

จากตารางที่ 4-6 วิธีเบส์เซียน (Bayesian) มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ที่ขนาดตัวอย่าง 50 วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ (MCMC) ทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่าง 100 และเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นเป็น 200 วิธีเบส์เซียน (Bayesian) ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ที่สเกลแฟคเตอร์ (c) เท่ากับ 5 และเมื่อค่าสเกลแฟคเตอร์ (c) เพิ่มขึ้นเป็น 10 วิธีบูตสแตรป (Bootstrap) ทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) ทั้ง 4 วิธี เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติ พบว่าการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีเบส์เซียน (Bayesian) เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ในทุกขนาดตัวอย่างและความแปรปรวน และเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติปลอมปน พบว่าเมื่อขนาดตัวอย่างไม่มากวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีเบส์เซียน (Bayesian) เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม แต่เมื่อขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่ วิธี วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ (MCMC) และ วิธีบูตสแตรป (Bootstrap) เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด เนื่องจากเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนเป็นการแจกแจงปรกติปลอมปนที่ขนาดตัวอย่างมากจะส่งผลให้ตัวแปรตามเกิดข้อมูลผิดปรกติหรือมีลักษณะเป็นค่านอกเกณฑ์การใช้วิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ (MCMC) และ วิธีบูตสแตรป (Bootstrap) เป็นวิธีที่มีการสุ่มซ้ำหลาย ๆ รอบในการประมาณค่าพารามิเตอร์ทำให้ความผิดปรกติของข้อมูลลดลงจึงทำให้เหมาะสมสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์

ตารางที่ 4 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) ความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติปลอมปน ที่ขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 50

สถานการณ์			$c=5$			$c=10$		
			$\sigma^2=1$	$\sigma^2=3$	$\sigma^2=5$	$\sigma^2=1$	$\sigma^2=3$	$\sigma^2=5$
OLS	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0554	0.1661	0.2768	0.1501	0.4503	0.7505
		$\hat{\beta}_1$	0.0111	0.0332	0.0554	0.0302	0.09059	0.1509
	AMSE		0.0332	0.0996	0.1661	0.0901	0.2704	0.4507
Bayesian	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0451	0.1354	0.2256	0.1224	0.3672	0.612
		$\hat{\beta}_1$	0.0102	0.0307	0.0511	0.0272	0.0837	0.1395
	AMSE		**0.0276**	**0.0830**	**0.1383**	**0.0748**	**0.2254**	**0.3757**
MCMC	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0585	0.1759	0.2929	0.1573	0.4708	0.7868
		$\hat{\beta}_1$	0.012	0.0361	0.0601	0.033	0.0986	0.1645
	AMSE		0.0906	0.0352	0.1060	0.1765	0.0951	0.2847
Bootstrap	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0551	0.1654	0.2762	0.1537	0.4617	0.7705
		$\hat{\beta}_1$	0.0114	0.0344	0.0575	0.0308	0.0929	0.1555
	AMSE		0.0332	0.0999	0.1668	0.0922	0.2773	0.4630

หมายเหตุ : **ตัวหนา** หมายถึง ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) มีค่าน้อยที่สุดจากวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 วิธี

ตารางที่ 5 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) ความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติปลอมปน ที่ขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 100

สถานการณ์			$c=5$			$c=10$		
			$\sigma^2=1$	$\sigma^2=3$	$\sigma^2=5$	$\sigma^2=1$	$\sigma^2=3$	$\sigma^2=5$
OLS	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0292	0.0876	0.146	0.0775	0.23236	0.38726
		$\hat{\beta}_1$	0.0057	0.0171	0.0285	0.0157	0.0472	0.0786
	AMSE		0.0174	0.0523	0.0872	0.0466	0.1397	0.2329
Bayesian	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0263	0.0789	0.1315	0.0698	0.20927	0.3488
		$\hat{\beta}_1$	0.0055	0.0163	0.0272	0.0151	0.0451	0.0753
	AMSE		0.0159	0.0476	0.0793	0.0424	0.1271	0.2120
MCMC	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0262	0.0786	0.1306	0.07	0.2101	0.3498
		$\hat{\beta}_1$	0.0054	0.0162	0.027	0.0142	0.0426	0.0707
	AMSE		**0.0158**	**0.0474**	**0.0788**	**0.0421**	**0.1263**	**0.2102**
Bootstrap	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0302	0.0906	0.1512	0.0789	0.2367	0.3948
		$\hat{\beta}_1$	0.0054	0.0162	0.027	0.0147	0.0442	0.0737
	AMSE		0.0178	0.0534	0.0891	0.0468	0.1404	0.2342

หมายเหตุ : **ตัวหนา** หมายถึง ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) มีค่าน้อยที่สุดจากวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 วิธี

ตารางที่ 6 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) ความคลาดเคลื่อนสุ่มมาจากการแจกแจงปรกติปลอมปน ที่ขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 200

สถานการณ์			$c=5$			$c=10$		
			$\sigma^2=1$	$\sigma^2=3$	$\sigma^2=5$	$\sigma^2=1$	$\sigma^2=3$	$\sigma^2=5$
OLS	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.014	0.04199	0.06999	0.0388	0.1162	0.1937
		$\hat{\beta}_1$	0.003	0.009	0.015	0.008	0.0241	0.0402
	AMSE		0.0085	0.0254	0.0424	0.0234	0.0701	0.1169
Bayesian	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0133	0.0398	0.0664	0.0368	0.1103	0.1839
		$\hat{\beta}_1$	0.0029	0.0088	0.0147	0.0079	0.0236	0.0394
	AMSE		**0.0081**	**0.0243**	**0.0405**	0.02235	0.0669	0.1116
MCMC	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0136	0.0408	0.068	0.0375	0.1127	0.1875
		$\hat{\beta}_1$	0.0027	0.0083	0.0137	0.0074	0.022	0.0368
	AMSE		0.0081	0.0245	0.0408	0.0224	0.0673	0.1121
Bootstrap	MSE	$\hat{\beta}_0$	0.0136	0.0406	0.0677	0.0360	0.1078	0.1798
		$\hat{\beta}_1$	0.0028	0.0083	0.0138	0.0076	0.0228	0.0381
	AMSE		0.0082	0.0244	0.0407	**0.0218**	**0.0653**	**0.1089**

หมายเหตุ : **ตัวหนา** หมายถึง ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (AMSE) มีค่าน้อยที่สุดจากวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 วิธี

เอกสารอ้างอิง

[1]ภูวษา แซ่อุ้ย ธิดาพร ศุภภากร และประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์ ,"การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยวิธีเบย์เซียน วิธีกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีบูตสแตรปใช้พารามิเตอร์," วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559, 24(3), หน้า 363-369.

[2] T. Zaman and K. Alakus, " A Study Based on the Application of Bootstrap and Jackknife Methods in Simple Linear Regression Analysis," International Journal of Sciences : Basic and Applied Research, 2016, 30(5), pp. 63-74.

[3] Z. Y. Algamal and K. B. Rasheed, "Re-sampling in Linear Regression Model Using Jackknife and Bootstrap," Iraqi Journal of Statistical Science, 2010, pp 59-73.

[4] W.B. Yahya, O.R. Olaniran, and S. O. Ige, "On Bayesian Conjugate Normal Linear Regression and Ordinary Least Square Regression Methods : A Monte Carlo Study," Ilorin Journal of Science, 2014, 1(1), pp 216-227.

[5] G. Edward, Introduction to Bayesian Econometrics. 1. New York: Cambridge University Press, 2008.

[6] S. Geman, D. Geman, " Stochastic Relaxation, Gibbs Distributions and the Bayesian Restoration of Images," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1984, 6, pp. 721-741.

[7] E. Bradley, R. J. Tibshirani. An Introduction to the Bootstrap. The United States of America: Chapman & Hall, 1993.

รศ.ดร.อัชฌา อระวีพร อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. สนใจด้านการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ

การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยของการแจกแจงปรกติและปรกติปลอมปน
The Comparison on Mean Estimations of Normal and Contaminated Normal Distribution

อัชฌา อระวีพร[1*]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] kaautcha@hotmail.com
กันยารัตน์ มีชัย[2] ณิชกานต์ สุทธิวรรณ[2] กุลชญา ด่านวนิช[2] คุณานนท์ ชีวะธรรมนนท์[2]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [2] autcha.ar@ kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประมาณค่าเฉลี่ยของข้อมูลเชิงปริมาณ ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด วิธีของเบส์ วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ และวิธีบูตสแตรป โดยสุ่มข้อมูลปรกติ มีค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 3 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 3, 9 และ 27 และจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติปลอมปน ที่มีค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนเท่ากับการแจกแจงปรกติ โดยกำหนดสัดส่วนการปลอมปน (p) เท่ากับ 0.05 และ 0.15 และ สเกลแฟคเตอร์ (c) เท่ากับ 5 และ 10 ขนาดตัวอย่าง (n) ที่ใช้ในการศึกษา คือ 15, 30, 50 และ 100 ในการจำลองข้อมูลใช้โปรแกรมอาร์ในการวิจัย โดยทำซ้ำ 5,000 รอบในแต่ละสถานการณ์ เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาหาวิธีการประมาณที่ดีที่สุดจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อข้อมูลเป็นการแจกแจงแบบปรกติ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่มากวิธีเบส์จะให้ผลการประมาณที่ดี แต่เมื่อขนาดตัวอย่างมากวิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟจะให้ผลการประมาณที่ดีกว่าวิธีอื่น ส่วนการแจกแจงแบบปรกติปลอมปนของเบส์จะให้ผลที่ดีกว่าวิธีอื่น แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นและความแปรปรวนมากขึ้นวิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟจะให้ผลดีที่สุด

คำสำคัญ: การแจกแจงปรกติปลอมปน, ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด, เบส์, มอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ, บูตสแตรป

Abstract

The objective of this research is to compare the mean estimation of quantity data by Maximum Likelihood (ML), Bayes, Markov Chain Monte Carlo (MCMC), and bootstrap methods. The data sample are generated from the normal distribution with the parameter of mean (μ) 3 and variance (σ^2) 3, 9 and 27. The mean and variance of contaminated normal distribution is the same as the normal distribution, but proportions of contamination (p) is 0.05 and 0.15 and scale factor (c) is 5 and 10. The sample sizes (n) for this study are set as 15, 30, 50 and 100. The simulated data is generated by R program and repeated 5,000 times in each situation. The criterion to consider the best estimation is a minimum value of Mean Square Error (MSE). On normal distribution, the results are shown that Bayes is a good estimation on small sample sizes, but Markov Chain Monte Carlo method is better than the other methods on large sample sizes. For contaminated normal distribution, Bayes method outperforms the other methods, but Markov Chain Monte Carlo method is also the best estimation when increased variance and sample sizes.

Keywords: Contaminated Normal Distribution, Maximum Likelihood, Bayes, Markov Chain Monte Carlo, Bootstrap

1. บทนำ

การอนุมานเชิงสถิติ (Statistical Inference) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การประมาณค่า (Estimation) และการทดสอบสมมติฐาน (Testing Statistical Hypothesis) เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้ข้อมูลในบางส่วนจากประชากร (Population) ที่เรียกว่า ตัวอย่าง (Sample) โดยอ้างอิงจากค่าที่คำนวณได้จากตัวอย่างเรียกว่า ค่าสถิติ (Statistics) เพื่ออธิบายถึงลักษณะของประชากรซึ่ง เรียกว่า ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ สามารถประมาณค่าได้ทั้งการประมาณค่าแบบจุด และการประมาณค่าแบบช่วง ในงานวิจัยนี้สนใจการประมาณค่าแบบจุด ซึ่งเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยค่าๆหนึ่ง หรือจุดๆหนึ่ง จากค่าสถิติเพียงค่าเดียว การประมาณแบบนี้อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ถ้ากลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาไม่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร ดังนั้นจึงมีการกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้วัดคุณภาพหรือคุณสมบัติของตัวประมาณ เรียกว่าตัวประมาณไม่เอนเอียงที่มีค่าแปรปรวนต่ำสุด (Minimum Variance Unbiased Estimator) [1] ได้แก่ ความคงเส้นคงวา (Consistency) ความไม่เอนเอียง

* Corresponding author: E-mail: kaautcha@hotmail.com
[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง
[2] ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง

(Unbiasedness) ความมีประสิทธิภาพ (Efficiency) ความพอเพียง (Sufficient)

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์มีหลายวิธีที่นิยมใช้ เช่น วิธีโมเมนต์ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด วิธีไคกำลังสอง วิธีกำลังสองต่ำสุด ซึ่งวิธีเหล่านี้ใช้ค่าสังเกตในการประมาณเท่านั้น แต่มีการนำเสนอวิธีที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ของค่าสังเกตเรียกว่าวิธีของเบส์ โดยวิธีทั่วไปจะถือว่าค่าพารามิเตอร์เป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า และเป็นค่าของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแสดงได้ในรูปการแจกแจงความน่าจะเป็น ซึ่งเรียกว่า การแจกแจงก่อน (Prior Distribution) เป็นรูปแบบการแจกแจงที่กำหนดขึ้นก่อนที่จะมีการรวบรวมข้อมูล เมื่อมีการรวบรวมข้อมูลจะใช้ความรู้ที่ได้จากข้อมูลมาปรับปรุงการแจกแจงก่อน การแจกแจงที่ได้จากการปรับปรุงนี้ เรียกว่า การแจงแจงภายหลัง (Posterior Distribution) โดยตัวประมาณเบส์คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการแจกแจงภายหลังซึ่งขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ของการแจกแจงก่อน

วิธีการของเบส์นี้ก็ยังมีปัญหาในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงก่อน ซึ่งจะประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ยาก จึงได้นำวิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo Method) [2] มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยวิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟเป็นวิธีที่นิยมใช้เมื่อไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันการแจกแจงก่อนของตัวแปรสุ่ม โดยประกอบด้วยการสุ่มตัวอย่างตัวแปรจาก วิธีโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain) จากฟังก์ชันการแจกแจงก่อน และทำการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ (Gibb Sampling) [3] ซึ่งวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในการสร้างค่าการแจกแจงภายหลัง ซึ่งประมาณเป็นตัวประมาณค่ามอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ

นอกจากนี้ยังมีอีกหนึ่งเป็นวิธีทางสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric) ซึ่งใช้ลดความเอนเอียงของตัวประมาณสำหรับข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ เรียกว่าวิธีบูตสแตรป (Bootstrap) [4] เป็นวิธีที่ให้การสุ่มตัวอย่างเพียงชุดเดียวและสุ่มซ้ำแบบแทนที่ (With Replacement) ไปเรื่อยๆจนครบตามที่กำหนด แล้วจึงทำการประมาณค่า

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงปริมาณอยู่ในรูปของการแจกแจงปรกติ ซึ่งเป็นข้อมูลที่พบเจอได้ทั่วไป เช่น รายได้ ค่าใช้จ่าย เป็นต้น และข้อมูลที่มีค่านอกเกณฑ์ (Outlier) เช่น ข้อมูลทางการแพทย์ ผลเลือด ผลจากการรับประทานยาบางชนิด หรือการเกิดความผิดพลาดในการเก็บหรือกรอกข้อมูล โดยสุ่มมาการแจกแจงปรกติปลอมปน (Contaminated Normal Distribution) ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน โดยที่ส่วนแรกเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปรกติ มีพารามิเตอร์คือ ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนกลุ่มที่ 1 ส่วนที่สองเป็นตัวแปรสุ่มที่มีพารามิเตอร์คือ ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนกลุ่มที่ 2 โดยข้อมูลส่วนที่สองจะใช้สัดส่วนของการปลอมปนเพื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็น

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยโดย วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method) วิธีของเบส์ (Bayes Method) วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo Method) และวิธีบูตสแตรป (Bootstrap Method) ของข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติและข้อมูลที่มีการแจกแจงปรกติปลอมปน โดยการจำลองข้อมูลตามสถานการณ์ต่างๆ

2. วิธีการประมาณค่าในงานวิจัย

2.1 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method)

ให้ $X_1,\dots,X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติโดยมีพารามิเตอร์คือ μ และ σ^2 กำหนดให้ μ เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณ และให้ $\hat{\mu}_{ML}$ เป็นค่าประมาณของพารามิเตอร์ μ จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด โดยพิจารณาจากฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงปรกติดังนี้

$$f(x_i;\mu,\sigma^2)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}e^{-\frac{(x_i-\mu)^2}{2\sigma^2}},-\infty<x_i<\infty$$

และฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Function) ดังนี้

$$L(\mu,\sigma^2;x_1,x_2,\dots,x_n)=\prod_{i=1}^{n}f(x_i;\mu,\sigma^2)$$

$$=\left[2\pi\sigma^2\right]^{-\frac{n}{2}}e^{-\frac{1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\mu)^2}$$

$$\ln L(\mu,\sigma^2;x_1,x_2,\dots,x_n)=-\frac{n}{2}\ln 2\pi\sigma^2-\frac{1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\mu\right)^2$$

แล้วจึงทำการอนุพันธ์เทียบกับพารามิเตอร์ μ

$$\frac{\partial}{\partial\mu}\ln L(\mu,\sigma^2;x_1,x_2,\dots,x_n)=-\frac{1}{2\sigma^2}2\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\mu\right)\left(-1\right)=0$$

จะได้ตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดคือ

$$\therefore\quad \hat{\mu}_{ML}=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_i}{n}=\bar{x}$$

นั่นคือตัวประมาณของ μ ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดคือ

$$\hat{\mu}_{ML}=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_i}{n}=\bar{x}$$

โดยตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดเป็นตัวประมาณไม่เอนเอียงที่มีค่าแปรปรวนต่ำสุด (Minimum Variance Unbiased Estimator) [1]

2.2 วิธีของเบส์ (Bayes Method)

พิจารณาฟังก์ชันการแจกแจงก่อนของพารามิเตอร์ μ เป็นการแจกแจงปรกติที่ค่าเฉลี่ย μ_0 และค่าความแปรปรวน σ_0^2 $(\mu\sim Normal(\mu_0,\sigma_0^2))$ เมื่อฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นการแจกแจงปรกติ และฟังก์ชันการแจกแจงก่อนเป็นการแจกแจงปรกติ จะสามารถเขียนฟังก์ชันการแจกแจงภายหลัง เมื่อ $\underset{\sim}{x}=(x_1,x_2,\dots,x_n)$ ได้ดังนี้

$$f(\mu\,|\,\sigma^2,\underset{\sim}{x})\propto\ L(\mu,\sigma^2;\underset{\sim}{x})\ g(\mu\,|\,\sigma^2)$$

$$\propto\left[2\pi\sigma^2\right]^{-\frac{n}{2}}\exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}\left(\sum_{i=1}^{n}x_i^2+n\mu^2-2n\mu\bar{x}\right)\right)$$

$$\times(2\pi\sigma_0^2)^{-\frac{1}{2}}\exp\left(-\frac{1}{2\sigma_0^2}(\mu-\mu_0)^2\right)$$

$$\propto\exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(n\mu^2-2n\mu\bar{x})-\frac{1}{2\sigma^2}(\mu^2-2\mu\mu_0)\right)$$

$$\propto\exp\left(-\frac{1}{2}\left\{\left[\frac{n}{\sigma^2}+\frac{1}{\sigma_0^2}\right]\mu^2-2\mu\left[\frac{n\bar{x}}{\sigma^2}+\frac{\mu_0}{\sigma_0^2}\right]\right\}\right)$$

$$\propto \exp\left(-\frac{1}{2}\left[\frac{n\sigma_0^2+\sigma^2}{\sigma^2\sigma_0^2}\right]\left\{\mu^2-2\mu\left[\frac{n\bar{x}\sigma_0^2+\mu_0\sigma^2}{n\sigma_0^2+\sigma^2}\right]\right\}\right)$$

หรือค่าพารามิเตอร์ μ สามารถเขียนในรูปการแจกแจงปรกติได้

$$\mu\,|\,\sigma^2,\underset{\sim}{x} \sim Normal\left(\frac{n\bar{x}\sigma_0^2+\mu_0\sigma^2}{n\sigma_0^2+\sigma^2},\frac{\sigma^2\sigma_0^2}{n\sigma_0^2+\sigma^2}\right)$$

ดังนั้นฟังก์ชันการแจกแจงภายหลัง เป็นการแจกแจงปรกติ ซึ่งอยู่ในรูปแบบของวงศ์คู่สังยุค (Conjugate function) ซึ่งค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันการแจกแจงภายหลังเรียกว่าตัวประมาณของเบส์ (Bayes estimator) คือ

$$E(\mu\,|\,\underset{\sim}{x}) \;=\; \hat{\mu}_{Bayes} \;=\; \frac{n\bar{x}\sigma_0^2+\mu_0\sigma^2}{n\sigma_0^2+\sigma^2}$$

โดยในกรณีนี้ได้กำหนดให้ μ_0 เท่ากับ 1 และ σ_0^2 เท่ากับ 12 โดยศึกษามาจากงานวิจัยของ Araveeporn [5]

2.3 วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Monte Carlo Method)

วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ เป็นวิธีที่นำมาใช้เมื่อไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันการแจกแจงก่อนของตัวแปรสุ่ม โดยประกอบด้วยการสุ่มตัวอย่างตัวแปรจากวิธีโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain) จากฟังก์ชันการแจกแจงก่อน และทำการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ (Gibbs Sampling) จากนั้นทำการประมาณค่าด้วยมอนติคาร์โล (Monte Carlo) จากฟังก์ชันการแจกแจงภายหลัง [6]

กำหนดตัวแปร X มีการแจกแจงปรกติ ด้วยค่าเฉลี่ย μ และค่าความแปรปรวน σ^2 โดยที่ μ มีการแจกแจงปรกติด้วยค่าเฉลี่ย μ_0 และค่าความแปรปรวน σ_0^2 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ คือ μ_0

ขั้นตอนการสร้างสุ่มตัวอย่างจากวิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟประกอบด้วย

1. กำหนดค่าเริ่มต้น $\mu^{(t)}$ และ $\sigma^{2(t)}$ จากฟังก์ชันการแจกแจงปรกติ
2. สร้างค่าจากข้อ 1. มา T ค่า เมื่อ $t=1,2,\ldots,T$
3. สร้างค่า $\mu^{(t)}$ จากฟังก์ชันการแจกแจงภายหลังของการแจกแจงปรกติ ด้วยค่าเฉลี่ย μ_0 จากการแจกแจงปรกติ และค่าความแปรปรวน σ_0^2 จากการแจกแจงแกมมา
4. สร้างกราฟเพื่อดูลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันการแจกแจงภายหลังเพื่อดูความผิดปกติของข้อมูล
5. คำนวณค่าเฉลี่ย จากฟังก์ชันการแจกแจงภายหลัง สามารถประมาณค่า μ ได้โดย $\hat{\mu}_{MCMC} \;=\; \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\mu^{(t)}$

2.4 วิธีบูตสแตรป (Bootstrap Method)

บูตสแตรปเป็นการสุ่มตัวอย่างโดยคำนวณจากการสุ่มตัวอย่างแบบแทนที่จำนวน n ตัว จากตัวอย่างสุ่ม $X_1,X_2,\ldots,X_n$ ที่มีการแจกแจงปรกติและการแจกแจงปรกติปลอมปน จะได้ตัวอย่างสุ่มชุดใหม่คือ $x_1^*,x_2^*,x_3^*,\ldots,x_n^*$ ซึ่งเรียกว่า ตัวอย่างบูตสแตรป โดยการหาค่าประมาณด้วยวิธีบูตสแตรป จะเริ่มจาก

ครั้งที่ 1 ทำการสุ่มตัวอย่างทีละ 1 ค่า แบบแทนที่จำนวน n ครั้ง จากชุดของตัวอย่างจะได้ $x_1^*,x_2^*,x_3^*,\ldots,x_n^*$ แล้วคำนวณค่าประมาณของ μ จะได้ค่าประมาณคือ $\bar{X}_1^*$

สำหรับครั้งที่ 2,3,4,..., B ทำในทำนองเดียวกับครั้งที่ 1 จะได้ $x_1^*,x_2^*,x_3^*,\ldots,x_n^*$ แล้วคำนวณค่าประมาณของ μ จะได้ค่าประมาณคือ $\bar{X}_2^*,\bar{X}_3^*,\bar{X}_4^*,\ldots,\bar{X}_B^*$

ด้วยการทำซ้ำข้างต้นจำนวน B ครั้ง จะได้ค่าประมาณของ μ จำนวน B ตัว คือ $\bar{X}_1^*,\bar{X}_2^*,\bar{X}_3^*,\ldots,\bar{X}_B^*$ โดยกำหนดให้แต่ละตัวมีค่าความน่าจะเป็นเท่ากัน คือ $\frac{1}{B}$ และเมื่อให้ $\hat{\mu}_B$ เป็นค่าประมาณของพารามิเตอร์ μ ด้วยวิธีบูตสแตรป ด้วยการหาค่าประมาณเฉลี่ยคือ

$$\hat{\mu}_B \;=\; \frac{\sum_{i=1}^{B}\bar{X}_{(i)}^*}{B}$$

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 จำลองข้อมูลและสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยโปรแกรม R ให้ข้อมูลมีการแจกแจงปรกติที่ค่าเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 3 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 3, 9 และ 27 และจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติปลอมปน ที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเท่ากับการแจกแจงปรกติ แต่กำหนดสัดส่วนการปลอมปน (p) เท่ากับ 0.05 และ 0.15 และ สเกลแฟคเตอร์ (c) เท่ากับ 5 และ 10 กำหนดขนาดตัวอย่าง (n) ที่ใช้ในการศึกษา คือ 15, 30, 50 และ 100

3.2 ประมาณค่าเฉลี่ยของการแจกแจงปรกติและการแจกแจงปรกติปลอมปน ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด วิธีของเบส์ วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ และวิธีบูตสแตรป จากการทำซ้ำ 5,000 รอบ

3.3 คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) จาก

$$MSE=\frac{\sum_{j=1}^{5000}(\mu-\hat{\mu}_j)^2}{5000}$$

เมื่อ μ แทน ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด

$\hat{\mu}_j$ แทน ค่าประมาณของพารามิเตอร์จากทั้ง 4 วิธี ในการทำซ้ำครั้งที่ j

3.4 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดของการประมาณค่าพารามิเตอร์ เพื่อหาวิธีการประมาณที่ดีที่สุดในแต่ละสถานการณ์

4. ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยของการแจกแจงปรกติและปรกติปลอมปน ของ 4 วิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยจะทำเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย เพื่อหาวิธีการประมาณที่ดีที่สุดในแต่ละสถานการณ์ จะนำเสนอในรูปแบบของตาราง โดยสัญลักษณ์แทนความหมายต่าง ๆ ดังนี้

μ แทน ค่าเฉลี่ย

σ^2 แทน ค่าความแปรปรวน

p แทน สัดส่วนการปลอมปนของการแจกแจงปรกติปลอมปน

c แทน สเกลแฟคเตอร์ของการแจกแจงปรกติปลอมปน

4.1 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

กำหนดให้ ML แทน วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด
Bayes แทน วิธีของเบส์
MCMC แทน วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ
Bootstrap แทน วิธีบูตสแตรป

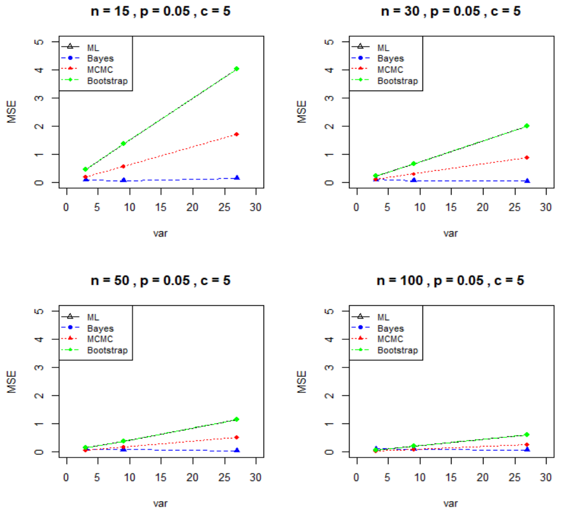
ตารางที่ 1 จะแสดงผลของการสุ่มข้อมูลที่มาจากการแจกแจงปรกติ ส่วนตารางที่ 3 จะแสดงผลของของการสุ่มข้อมูลที่มาจากการแจกแจงปรกติปลอมปน

ตารางที่ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของวิธีภาวะน่าจะเป็นเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ

ขนาดตัวอย่าง (n)	ความแปรปรวนเมื่อค่าเฉลี่ย μ =3	ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE)			
		ML	Bayes	MCMC	Bootstrap
15	σ^2 =3	0.2018	**0.1963**	0.2089	0.2018
	σ^2 =9	0.6032	**0.5593**	0.6258	0.6033
	σ^2 =27	1.8123	**1.4438**	1.8796	1.8122
30	σ^2 =3	0.0996	**0.0981**	0.1023	0.0996
	σ^2 =9	0.2928	**0.2816**	0.3067	0.2929
	σ^2 =27	0.9102	**0.8093**	0.9211	0.9103
50	σ^2 =3	0.0592	0.0586	**0.0580**	0.0591
	σ^2 =9	0.1773	**0.1732**	0.1742	0.1773
	σ^2 =27	0.5417	**0.5038**	0.5232	0.5418
100	σ^2 =3	0.0300	0.0299	**0.0291**	0.0300
	σ^2 =9	0.0919	0.0908	**0.0871**	0.0918
	σ^2 =27	0.2771	0.2673	**0.2616**	0.2772

หมายเหตุ : ตัวหนา หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุดในแต่ละระดับขนาดตัวอย่างและค่าพารามิเตอร์

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าวิธีของเบส์ มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุดที่ขนาดตัวอย่าง 15 และ 30 และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 9 และ 27 แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มเป็น 100 วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด และที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 3 แสดงผลสรุปของวิธีต่าง ๆ ซึ่งจากผลการวิจัยในการประมาณค่าเฉลี่ยนนั้นถ้ามีการทราบข้อมูลของพารามิเตอร์จะทำให้การประมาณค่าแม่นยำขึ้น ส่วนในตารางที่ 2 โดยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความแปรปรวนเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (ML) วิธีของเบส์ (Bayes) วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ (MCMC) และวิธีบูตสแตรป (Bootstrap) เมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้นจำแนกตามขนาดตัวอย่าง

ตารางที่ 2 วิธีการประมาณค่าเฉลี่ยที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด (MSE) จำแนกตามขนาดตัวอย่าง และค่าพารามิเตอร์ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ

ขนาดตัวอย่าง (n)	ความแปรปรวนเมื่อค่าเฉลี่ย μ =3		
	σ^2 =3	σ^2 =9	σ^2 =27
15	Bayes	Bayes	Bayes
30	Bayes	Bayes	Bayes
50	MCMC	Bayes	Bayes
100	MCMC	MCMC	MCMC

จากตารางที่ 2 วิธีของเบส์ มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด 8 สถานการณ์จาก 12 สถานการณ์ คิดเป็นร้อยละ 66.67 และวิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด 4 สถานการณ์จาก 12 สถานการณ์ คิดเป็นร้อยละ 33.33

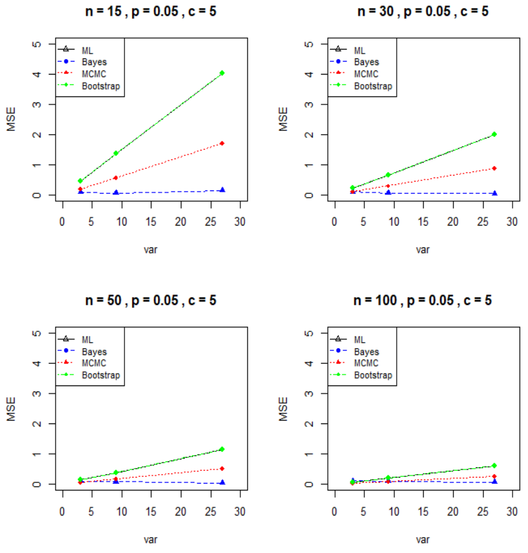
ตารางที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปรกติปลอมปน

ขนาดตัวอย่าง (n)	ความแปรปรวน เมื่อค่าเฉลี่ย μ =3	p	c	ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE)			
				ML	Bayes	MCMC	Bootstrap
15	σ^2 =3	0.05	5	0.4565	**0.0798**	0.1909	0.4564
		0.15	5	0.9301	**0.0537**	0.1915	0.9300
		0.05	10	1.1470	**0.0858**	0.1914	1.1460
		0.15	10	3.1927	**0.1198**	0.1908	3.1948
	σ^2 =9	0.05	5	1.3595	**0.0544**	0.5729	1.3593
		0.15	5	2.6616	**0.0758**	0.5744	2.6627
		0.05	10	3.5855	**0.1791**	0.5734	3.5837
		0.15	10	9.3024	**0.4925**	0.5741	9.3025
	σ^2 =27	0.05	5	4.0170	**0.1346**	1.7205	4.0164
		0.15	5	8.1279	**0.3847**	1.7232	8.1238
		0.05	10	10.8476	**0.4679**	1.7227	10.8524
		0.15	10	27.4705	**1.2443**	1.7190	27.4826
30	σ^2 =3	0.05	5	0.2186	**0.0967**	0.0975	0.2187
		0.15	5	0.4468	**0.0737**	0.0975	0.4468
		0.05	10	0.5847	**0.0736**	0.0974	0.5849
		0.15	10	1.5286	**0.0369**	0.0975	1.5284
	σ^2 =9	0.05	5	0.6557	**0.0614**	0.2926	0.6554
		0.15	5	1.3813	**0.0309**	0.2922	1.3816
		0.05	10	1.7712	**0.0682**	0.2922	1.7711
		0.15	10	4.7044	**0.1662**	0.2917	4.7064
	σ^2 =27	0.05	5	2.0015	**0.0393**	0.8757	2.0020
		0.15	5	4.1155	**0.1124**	0.8774	4.1149
		0.05	10	5.5389	**0.2440**	0.8782	5.5388
		0.15	10	14.5637	**0.7700**	0.8764	14.5684
50	σ^2 =3	0.05	5	0.1364	0.1064	**0.0578**	0.1365
		0.15	5	0.2817	0.0897	**0.0579**	0.2817
		0.05	10	0.3631	0.0843	**0.0579**	0.3632
		0.15	10	0.9655	**0.0406**	0.0578	0.9653
	σ^2 =9	0.05	5	0.3900	**0.0787**	0.1735	0.3900
		0.15	5	0.8009	**0.0455**	0.1734	0.8011
		0.05	10	1.0821	**0.0496**	0.1735	1.0824
		0.15	10	2.7906	**0.0446**	0.1735	2.7907
	σ^2 =27	0.05	5	1.1426	**0.0339**	0.5204	1.1427
		0.15	5	2.4228	**0.0270**	0.5200	2.4238
		0.05	10	3.2539	**0.0980**	0.5198	3.2524
		0.15	10	8.5507	**0.4098**	0.5204	8.5510
100	σ^2 =3	0.05	5	0.0665	0.1146	**0.0290**	0.0665
		0.15	5	0.1387	0.1053	**0.0291**	0.1387
		0.05	10	0.1705	0.1012	**0.0290**	0.1705
		0.15	10	0.4624	0.0698	**0.0290**	0.4622
	σ^2 =9	0.05	5	0.1973	0.0982	**0.0871**	0.1973
		0.15	5	0.4032	**0.0754**	0.0871	0.4033
		0.05	10	0.5344	**0.0676**	0.0871	0.5342
		0.15	10	1.4077	**0.0192**	0.0870	1.4078
	σ^2 =27	0.05	5	0.6044	**0.0596**	0.2612	0.6043
		0.15	5	1.2236	**0.0225**	0.2610	1.2234
		0.05	10	1.6316	**0.0286**	0.2610	1.6316
		0.15	10	4.2855	**0.0928**	0.2615	4.2869

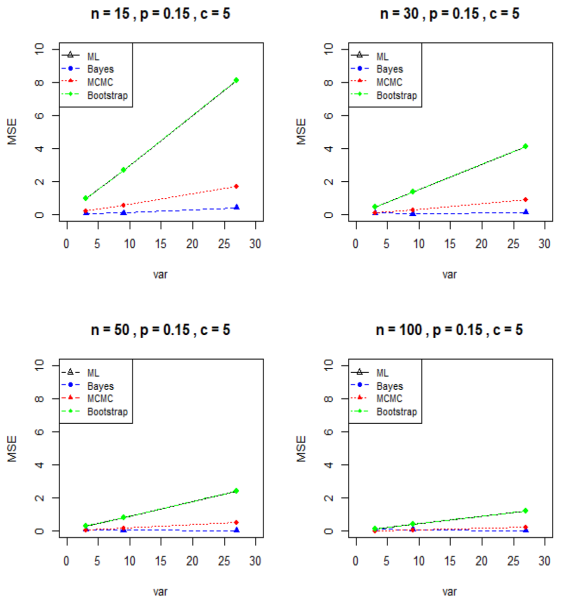
จากตารางที่ 3 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ได้โดยที่ตัวอักษรที่หนาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุดในแต่ละระดับขนาดตัวอย่างและค่าพารามิเตอร์ จากวิธีการประมาณทั้ง 4 วิธี จะได้วิธีการประมาณที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด

- วิธีของเบส์ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 และ 30 ที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 3, 9 และ 27 ในทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 3 สัดส่วนการปลอมปนเท่ากับ 0.15 และสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10 และที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 9 และ 27 ในทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษา เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 9 และ 27 ในทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษา ยกเว้น กรณีที่สัดส่วนการปลอมปนเท่ากับ 0.05 และสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5

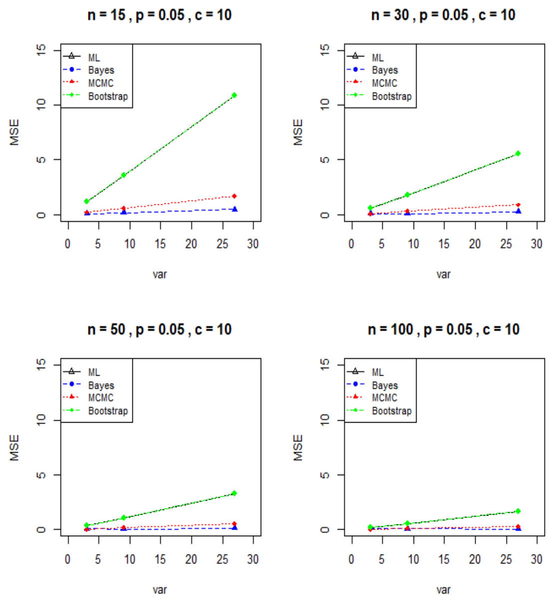
- วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 3 ในทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษา ยกเว้น กรณีที่สัดส่วนการปลอมปนเท่ากับ 0.15 และสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 10 และเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ที่ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 3 ในทุกสถานการณ์ที่ทำการศึกษา และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 9 ที่สัดส่วนการปลอมปนเท่ากับ 0.05 และสเกลแฟคเตอร์เท่ากับ 5 ซึ่งวิธีนี้ให้ผลดีเมื่อขนาดตัวอย่างมีจำนวนมากและความแปรปรวนน้อยเนื่องจากเกิดจากการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ก่อนที่จะประมาณค่าทำให้การประมาณดีกว่าวิธีอื่น ๆ โดยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความแปรปรวนเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 2-5



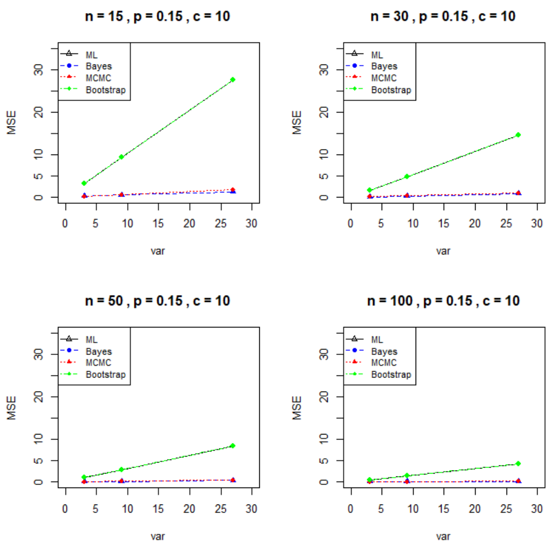
รูปที่ 2 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (ML) วิธีของเบส์ (Bayes) วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ (MCMC) และวิธีบูตสแตรป (Bootstrap) เมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้น จำแนกตามขนาดตัวอย่าง ค่าสัดส่วนการปลอมปน (p) เท่ากับ 0.05 และ สเกลแฟคเตอร์ (c) เท่ากับ 5



รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (ML) วิธีของเบส์ (Bayes) วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ (MCMC) และวิธีบูตสแตรป (Bootstrap) เมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้น จำแนกตามขนาดตัวอย่าง ค่าสัดส่วนการปลอมปน (p) เท่ากับ 0.15 และ สเกลแฟคเตอร์ (c) เท่ากับ 5



รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (ML) วิธีของเบส์ (Bayes) วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ (MCMC) และวิธีบูตสแตรป (Bootstrap) เมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้น จำแนกตามขนาดตัวอย่าง ค่าสัดส่วนการปลอมปน (p) เท่ากับ 0.05 และ สเกลแฟคเตอร์ (c) เท่ากับ 10



รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (ML) วิธีของเบส์ (Bayes) วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ (MCMC) และวิธีบูตสแตรป (Bootstrap) เมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้น จำแนกตามขนาดตัวอย่าง ค่าสัดส่วนการปลอมปน (p) เท่ากับ 0.05 และ สเกลแฟคเตอร์ (c) เท่ากับ 10

ตารางที่ 4 วิธีการประมาณที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) น้อยที่สุด สเกลแฟคเตอร์ ($c = 5$)

ขนาดตัวอย่าง (n)	สัดส่วนการปลอมปน	ความแปรปรวน เมื่อค่าเฉลี่ย μ =3		
		σ^2 = 3	σ^2 = 9	σ^2 =27
15	0.05	Bayes	Bayes	Bayes
	0.15	Bayes	Bayes	Bayes
30	0.05	Bayes	Bayes	Bayes
	0.15	Bayes	Bayes	Bayes
50	0.05	MCMC	Bayes	Bayes
	0.15	MCMC	Bayes	Bayes
100	0.05	MCMC	MCMC	Bayes
	0.15	MCMC	Bayes	Bayes

ตารางที่ 5 วิธีการประมาณที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) น้อยที่สุด สเกลแฟคเตอร์ ($c = 10$)

ขนาดตัวอย่าง (n)	สัดส่วนการปลอมปน	ความแปรปรวน เมื่อค่าเฉลี่ย μ =3		
		σ^2 = 3	σ^2 = 9	σ^2 =27
15	0.05	Bayes	Bayes	Bayes
	0.15	Bayes	Bayes	Bayes
30	0.05	Bayes	Bayes	Bayes
	0.15	Bayes	Bayes	Bayes
50	0.05	MCMC	Bayes	Bayes
	0.15	Bayes	Bayes	Bayes
100	0.05	MCMC	Bayes	Bayes
	0.15	MCMC	Bayes	Bayes

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่าวิธีของเบส์ มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด 40 สถานการณ์จาก 48 สถานการณ์ คิดเป็นร้อยละ 83.33 และวิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ มีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด 8 สถานการณ์จาก 48 สถานการณ์ คิดเป็นร้อยละ 16.67 และสามารถสรุปวิธีต่าง ๆ ดังตารางที่ 4-5

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบการประมาณค่าเฉลี่ยของการแจกแจงปรกติและปรกติปลอมปน ที่ได้จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด วิธีของเบส์ วิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟ และวิธีบูตสแตรป เพื่อหาวิธีการประมาณที่ดีที่สุดในแต่ละสถานการณ์ ค่าเฉลี่ยที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ผลการวิจัยพบว่า กรณีข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ วิธีของเบส์จะเป็นวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ เมื่อขนาดตัวอย่างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 แต่เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 30 และวิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟจะเป็นวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ข้อมูลมีการแจกแจงปรกติปลอมปน วิธีของเบส์จะเป็นวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ทุกขนาดตัวอย่าง ที่ความแปรปรวนมากกว่าหรือเท่ากับ 9 และวิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 50 ที่ความแปรปรวนน้อยกว่า 9 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีบูตสแตรปให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยใกล้เคียงกันเนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้ค่าของข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ถ้าทราบค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลก็จะทำให้การประมาณค่าเฉลี่ยที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ได้แก่ วิธีของเบส์ ส่วนวิธีมอนติคาร์โลโซ่มาร์คอฟซึ่งใช้หลักการเดียวกับวิธีเบส์คือประมาณค่าพารามิเตอร์จากการสุ่มจะมีประสิทธิภาพเมื่อข้อมูลมีสัดส่วนการปลอมปนและขนาดตัวอย่างที่สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ประชุม สุวัตถี (2545) ทฤษฎีการอนุมานเชิงสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

[2] W. Gilks, S. Richardson, and D. Speigelhalter D. Markov Chain Monte Carlo in Practice, 1996, Chapman and Hall, Suffolk.

[3] A. Gelfand, S, Hills, P.A. Racine, and A. Smith, “Illustration of Bayesian inference in normal data models using Gibbs sampling,” Journal of the American Statistical Association, 1996, 85, pp. 972-985.

[4] B. Efron, “Bootstrapping methods : Another Look at the Jackknife,” The Annals of Statistics, 1979, 7, pp. 1-26.

[5] A. Araveeporn, A. 2016. The Interval Estimation for the mean of Normal Distribution by Markov Chain Monte Carlo Method, Proceeding of the International Conference on Applied Statistics 2016, Phuket, Thailand, pp. O1-O6.

[6] D. Gamerman, Markov Chain Monte Carlo: Stochastic simulation for Bayesian inference, 1997, London: Chapman & Hall.

รศ.ดร.อัชฌา อระวีพร อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. สนใจด้านการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ

การจัดกลุ่มพนักงานจากอัตราการคืนกลับโลหะมีค่าที่ได้จากกระบวนการขัด กรณีศึกษา บริษัทจิวเวลรี่แห่งหนึ่ง

Classification of Workers from Return of Recovered Precious Metal Scrap in the Polishing Process: Case Study of A Jewelry company

กนกกรรณ์ ลี้โรจนาประภา[1*], พชรวรรณ พงษ์สร้อย, ภัณฑิรา เภอบาง, มินตรา โสนิราช, และสุนิตา คำสุข
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] kanogkan.le@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ต้องการตรวจสอบความสูญเสียของโลหะมีค่าในโรงงานจิวเวลรี่ในกระบวนการขัด โดยทำการเก็บข้อมูลจากโรงงานในช่วงเดือนมิถุนายน – ธันวาคม 2561 ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้กำหนดหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3 ข้อ ดังต่อไปนี้ 1) จัดกลุ่มพนักงานแผนกขัดด้วยวิธีการทดสอบสมมุติฐานเพื่อทดสอบว่าพนักงานแต่ละคนมีอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ 2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง ตามคุณลักษณะส่วนบุคคลของพนักงาน และ 3) จำแนกกลุ่มพนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดตามคุณลักษณะของพนักงานแต่ละคนในแผนกขัดจิวเวลรี่ จำนวน 73 คน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS และ WEKA มาช่วยในการวิเคราะห์และประมวลผล

ผลจากการกำหนดเกณฑ์อัตราการคืนกลับเศษทองโดยใช้ค่าเฉลี่ยและความคิดเห็นจากหัวหน้างานที่เกี่ยวข้อง ทำให้สามารถกำหนดเกณฑ์ที่อัตราการคืนกลับเศษทองที่ 0.08 จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ไปทำการทดสอบสมมุติฐานและพบว่ามีพนักงานจำนวน 17 คน ที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อทำการทดสอบสมมุติฐานความแตกต่างค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทองตามคุณลักษณะส่วนบุคคลของพนักงาน พบว่าระดับรายได้เฉลี่ย ช่วงอายุงาน และสถานภาพสมรส มีค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลจากการเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มพนักงานด้วยวิธีนาอีฟเบส์และวิธีต้นไม้ตัดสินใจ พบว่าวิธีต้นไม้ตัดสินใจมีความเหมาะสมกว่าวิธีนาอีฟเบส์ โดยให้ค่าความถูกต้อง 76.71% ค่าความแม่นยำ 76.70% ค่าความระลึก 73.70% ค่าประสิทธิภาพ 74.40% ที่สูงกว่าวิธีนาอีฟเบส์ ซึ่งทางบริษัทสามารถนำโมเดลดังกล่าวมาช่วยในการตรวจสอบกลุ่มพนักงานที่อาจมีค่าอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

คำสำคัญ: การคืนกลับโลหะมีค่า, การทดสอบสมมุติฐาน, การจำแนกกลุ่ม

Abstract

This study investigated the loss of precious metal, at a jewelry manufacturer, focusing on workers who lost a higher amount of gold scrap than specified by a criterion constructed from the manufacturer past records of precious metal loss from June to December 2018. This study focuses in 3 objectives as: 1) to defined group of workers who lost high amount of gold scrap by hypothesis testing, 2) to investigate the difference of amount of gold scrap by their personal characteristics, who had lost a higher amount of gold scrap than specified by the constructed criterion, and 3) to classify workers who who lost high amount of gold scrap with Naïve Bayes classifier, Decision tree. Records of gold scraps lost by 73 workers in the Jewelry Polishing Department (Gold) of the manufacturer. They were analyzed by SPSS statistical software and WEKA.

The analysis results showed that 17 workers had lost a higher amount of gold scrap than specified by the criterion (0.08). Workers' average salary, work experience (in years), and marital status strongly correlated with the average amount of lost gold scrap, statistically significant at p-value < 0.05. Lastly, the result of workers classification to compare between the Naïve Bayes and decision tree classifiers tested, the decision tree provided higher test metric values than Naïve Bayes did. Decision tree can perform higher value of accuracy (76.71%), precession (76.70%), recall (73.70%), and F (74.40%) than Naïve Bayes. The company can use this classification model to be a guideline for further investigation.

Keywords: Return of recovered precious metal scrap, Hypothesis testing, Classification

* Corresponding author: E-mail: kanogkan.le@kmitl.ac.th
[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2] ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. คำนำ

อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับเป็นอุตสาหกรรมหนึ่ง ที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย ไม่น้อยไปกว่ากลุ่มอุตสาหกรรมหรือธุรกิจอื่นๆ จึงมีภาวะของการแข่งขันทางการค้าและการตลาดที่รุนแรง ทำให้ผู้ประกอบการต้องพัฒนาองค์กรอย่างต่อเนื่องในทุกๆ ด้าน เพื่อเพิ่มผลผลิต เมื่อพิจารณาจากข้อมูลสินค้าส่งออกสำคัญของไทยระหว่างปี พ.ศ.2556 – 2560 พบว่า สินค้าอัญมณีและเครื่องประดับเป็นสินค้าที่มีมูลค่าส่งออกสูง 1 ในสินค้าส่งออก 10 อันดับแรกของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ.2560 มีมูลค่าส่งออก 434,890.7 ล้านบาท สูงเป็นอันดับที่ 3 ของสินค้าส่งออกสำคัญของไทย [1]

แต่ละบริษัทต่างต้องการความเปรียบทางการแข่งขันในอุตสาหกรรมอัญมณี จึงจำเป็นต้องปรับปรุงการผลิตให้ดีขึ้นและลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง ผู้ประกอบการจะต้องควบคุมและหาแนวทางในการลดต้นทุนอย่างต่อเนื่อง หนึ่งในกระบวนการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตต่างๆ จะถือเป็นความสูญเสียเปล่า ที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นโดยไม่จำเป็นและส่งผลให้ผลผลิตลดลง การลดของเสียมีความสำคัญมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อของเสียเป็นของที่มีค่าและสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาให้กับทางบริษัท ที่ประสบปัญหาการอัตราการคืนกลับเศษทองที่ต่ำเกินไป ส่งผลให้บริษัทเกิดความสูญเสีย มีต้นทุนการผลิตสูงจากขั้นตอนนี้อย่างสูญเปล่า แต่เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษามีผลิตภัณฑ์หลายประเภท ทางคณะผู้วิจัยจึงทำการเลือกศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญมากที่สุดกับบริษัท ซึ่งก็คือผลิตภัณฑ์ประเภททองมาเป็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นกับกรณีศึกษา โดยงานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลอัตราการคืนกลับโลหะมีค่าที่ได้จากกระบวนการขัดของพนักงานแต่ละคน ด้วยการใช้เทคนิคทางสถิติและการทำเหมืองข้อมูลมาช่วยวิเคราะห์

คณะผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการทางสถิติมาประยุกต์กับแนวคิดการลดต้นทุนการผลิตใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว สำหรับวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิจัยการจัดกลุ่มพนักงานจากอัตราการคืนกลับโลหะมีค่าที่ได้จากกระบวนการขัด คือวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ว่าพนักงานคนใดที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้การทดสอบสมมุติฐาน วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง ตามคุณลักษณะส่วนบุคคลของพนักงานที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง โดยใช้การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ และทำการจำแนกข้อมูลตามคุณลักษณะของพนักงานแต่ละคน โดยการเปรียบเทียบเลือกวิธีการจำแนกที่ดีที่สุดระหว่างวิธีนาอีฟเบส์และวิธีต้นไม้ตัดสินใจ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถิติที่ใช้ทดสอบ

งานวิจัยเนื้อใช้สถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) [2] เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านจำนวนข้อมูลที่บริษัทเก็บรวบรวมไว้มีจำนวนจำกัด โดยทำการเก็ยข้อมูลการคืนเศษทองเพียงเดือนละ 1 ครั้ง เนื่องจากกระบวนการหลอมเศษทองต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก ด้วยข้อจำกัดดังกล่าวทำให้ข้อมูลที่มีไม่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยสถิติที่ใช้ในการทดสอบรวมทั้งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องแสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1.1 การทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายของวิลคอกซันกรณีตัวอย่างเดียว (The Wilcoxon Signed Rank Test For One Sample)

ทดสอบลำดับที่ที่มีเครื่องหมายของวิลคอกซัน เป็นการทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ โดยใช้สถิติทดสอบที่เป็นผลรวมของลำดับที่ของชุดตัวอย่างที่มีขนาดเล็กและประชากรมีการแจกแจงไม่ปกติ [3]

สมมุติฐานการทดสอบ

$H_0 : M = M_0$

$H_1 : M \neq M_0$ หรือ $H_1 : M > M_0$ หรือ $H_1 : M < M_0$

โดย M_0 เป็นค่าของมัธยฐาน

T_+ เป็นผลบวกของลำดับที่มีประเภทบวก

T_- เป็นผลบวกของลำดับที่มีประเภทลบ

n เป็นขนาดของตัวอย่างของข้อมูลประเภทบวกและลบ

T_+ รวมกับ T_- มีค่าเท่ากับ $\frac{n(n+1)}{2}$

ในกรณีที่ $H_1 : M \neq M_0$ ค่าตัวสถิติทดสอบคือ $T = min(T_+, T_-)$ จะปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 เมื่อ p-value $< \alpha$

ในกรณีที่ $H_1 : M > M_0$ ค่าตัวสถิติทดสอบคือ $T = T_-$ จะปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α เมื่อ p-value $< 2\alpha$

ในกรณีที่ $H_1 : M < M_0$ ค่าตัวสถิติทดสอบคือ $T = T_+$ จะปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α เมื่อ p-value $< 2\alpha$

2.1.2 การทดสอบผลรวมลำดับที่แมนน์-วิทนีย์ (Mann and Whitney Rank Sum Test)

การทดสอบนี้ใช้เมื่อต้องการทดสอบความแตกต่างของข้อมูล 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระกัน [3]

สมมุติฐานการทดสอบ

H_0 : ข้อมูล 2 กลุ่มมีค่ากลางไม่แตกต่างกัน

H_1 : ข้อมูล 2 กลุ่มมีค่ากลางแตกต่างกัน

นำตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มารวมเข้าด้วยกันถือเสมือนเป็นตัวอย่างกลุ่มเดียวกัน และเรียงลำดับจากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด แล้วให้ค่าลำดับที่ของข้อมูลแต่ละตัว โดยมีตัวสถิติทดสอบ คือ

W = ผลรวมของค่าลำดับที่ของ $Y_1, \ldots, Y_{n_2}$ เมื่อ $n_2 \leq n_1$

$$W = \sum_{i=1}^{n_2} S_i \quad (1)$$

โดยที่ S_i แทน ค่าลำดับที่ของ Y_i

สำหรับการทดสอบแบบ สองทางจะปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 ถ้า $W \geq W_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $W \leq n_2\left(n_1+n_2+1\right)-W_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือเมื่อ p-value $< \alpha$

2.1.3 การทดสอบของครัสคาล-วอลลิส (The Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance by Rank Test)

การทดสอบนี้ใช้ทดสอบว่าประชากร k กลุ่ม (k ≥ 3) ว่ามีค่ามัธยฐานเท่ากันหรือไม่ เป็นสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์เพื่อใช้แทนการทดสอบ ANOVA กรณีที่ข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการทดสอบแบบ ANOVA [3]

สมมุติฐานการทดสอบ

H_0 : ข้อมูล k กลุ่มมีค่ากลางไม่แตกต่างกัน

H_1 : ข้อมูล k กลุ่มมีค่ากลางแตกต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม

นำค่าสังเกตทั้งหมด n ค่า มาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก หา $R_i =$ ผลบวกของค่าลำดับที่ของค่าสังเกตในกลุ่มที่ i

$$R_i = \sum_{j=1}^{n_i} r_{ij} \qquad (2)$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$H = \left[\frac{12}{n(n+1)}\sum_{i=1}^{k}\frac{R_i^2}{n_i}\right] - 3(n-1) \qquad (3)$$

จะปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 ถ้า $H \geq h_\alpha$

โดยที่ h_α คือ ค่าคงที่ที่ทำให้ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ α ค่าของ h_α สามารถเปิดได้จากตารางครัสคาล-วอลลิส หรือพิจารณาจากค่า p-value โดยจะปฏิเสธสมมุติฐาน เมื่อ p-value $< \alpha$

2.1.4 การเปรียบเทียบพหุคูณ

จากการทดสอบครัสคาลวอลลิสหากมีการปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ต้องทำการเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทองแต่ละคู่ ตามคุณลักษณะส่วนบุคคลของพนักงานที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง ด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยสถิติแมนน์วิทนีย์

2.2 การจำแนกกลุ่ม

2.2.1 วิธีนาอีฟเบส์ (Naïve Bayes)

เทคนิคนาอีฟเบยส์ เป็นเทคนิคที่ใช้ในการคัดแยกกลุ่ม โดยใช้หลักการของความน่าจะเป็นที่ใช้ทฤษฎีของเบส์ (Baye's Theorem) โดยมีเงื่อนไขของการกำหนดให้เหตุการณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการจัดกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน (Independence) เทคนิค Naïve Bayesian ได้ดังนี้

$$P(c \mid x) = \frac{P(x \mid c)P(c)}{P(x)} \qquad (4)$$

โดย $P(c \mid x)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ข้อมูลที่มีคุณลักษณะ x ที่จะอยู่ในกลุ่ม c

X คือ เซตของเหตุการณ์หนึ่งๆ จะได้

$X = \{x_1, x_2, \ldots, x_M\}$

M คือ จำนวนคุณลักษณะ

$P(c)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของชั้น c

$P(x)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของคุณลักษณะ x

2.2.2 วิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

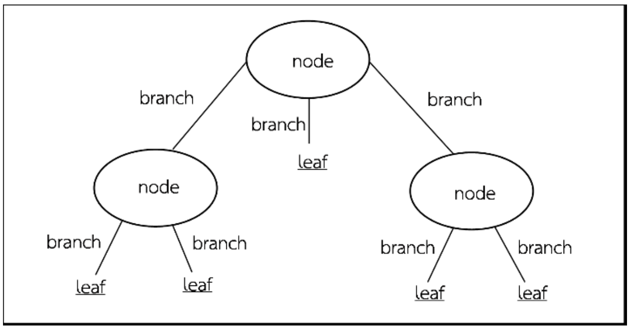
ต้นไม้ตัดสินใจ คือ โมเดล (Model) ที่ใช้ในการจำแนกของข้อมูล (Classification) โดยใช้คุณลักษณะ (Attribute) ในการจำแนก แสดงได้ดังรูปที่ 1

ส่วนประกอบของต้นไม้ตัดสินใจ มีดังนี้

โหนด (Node) คือ คุณลักษณะต่างๆ ของข้อมูล

กิ่ง (Branch) คือ ค่าของคุณลักษณะ

ใบ (Leaf) คือ ชั้น (Class) ของข้อมูล



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของต้นไม้ตัดสินใจ

การสร้างต้นไม้ตัดสินใจ มีแนวคิดคือ เลือกคุณลักษณะที่ดีที่สุดมาสร้างโหนดเสมอ โดยพิจารณาจากค่าค่าเกณฑ์ (Gain)

ค่าเกณฑ์ (Gain) เป็นค่าที่ใช้บอกความมีระเบียบของข้อมูลหลังการจำแนก สามารถหาได้จากสูตร

$$Gain(S,A) = Entropy(S) - \sum_{V \in Value(A)} \frac{|S_v|}{|S|} Entropy(S_v) \qquad (5)$$

เอนโทรปี (Entropy) เป็นค่าที่ใช้บอกความไม่เป็นระเบียบของข้อมูลมีค่าอยู่ระหว่าง $0 \leq Entropy \leq 1$

$$Entropy(S) = -p_+ \log_2 p_+ - p_- \log_2 p_- \qquad (6)$$

โดยที่

S คือ กลุ่มของข้อมูลก่อนจำแนก

A คือ คุณลักษณะที่ใช้จำแนกข้อมูลใน S

$S_v = \left\{ s \in S \middle| A_{(S)} = v \right\}$

$|S_v|$ คือ จำนวนข้อมูลของ S_v

$|S|$ คือ จำนวนข้อมูลของ S

2.2.3 ตัววัดประสิทธิภาพของโมเดล

เมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) คือการประเมินผลลัพธ์การทำนาย เปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริงๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เมทริกซ์ความสับสน

ค่าทำนาย	ค่าจริง	
	Positive	Negative
Positive	TP	FP
Negative	FN	TN

True Positives (TP): จำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าอยู่ในกลุ่มจริง และเขาอยู่ในกลุ่มนี้จริง

True Negatives (TN): จำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าไม่อยู่ในกลุ่ม และเขาไม่อยู่ในกลุ่มจริง

False Positives (FP): จำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าอยู่ในกลุ่มแต่จริงๆ แล้วเขาไม่อยู่ในกลุ่มนี้จริง

False Negatives (FN): จำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าไม่อยู่ในกลุ่มแต่จริงๆ แล้วเขาอยู่ในกลุ่มนี้จริง

ค่าความถูกต้อง (Accuracy) คือ ค่าที่บอกว่าโมเดลสามารถทำนายได้ถูกต้องเท่าใด หาได้จาก

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (7)$$

ค่าความแม่นยำ (Precision) คือ ค่าที่บอกว่าค่าทำนายมีความแม่นยำเท่าใด หาได้จาก

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (8)$$

ค่าความระลึก (Recall True Positive Rate) คือ ค่าความแม่นยำที่บอกว่าทำนายได้ว่าจริงเป็นอัตราส่วนเท่าไรของที่เป็นค่าจริงทั้งหมดหาได้จากสมการที่ (9)

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (9)$$

ค่าประสิทธิภาพ (F-Measure) หมายถึง การวัดประสิทธิภาพโดยรวมของทั้งสองค่าระหว่างค่าความแม่นยำ และค่าความระลึก ซึ่งนำค่าทั้งสองมาคำนวณร่วมกัน

$$F1 = 2\left(\frac{Precision * Recall}{Precision + Recall}\right) \quad (10)$$

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้สถิติเพื่อการตัดสินใจมีการใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งการใช้สถิติที่ใช้พารามิเตอร์ (Parametric Statistics) และไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) สำหรับงานวิจัยนี้จะสนใจศึกษาเฉพาะสถิติไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) เนื่องจากมีความเหมาะสมกับข้อมูลที่มีจากกรณีศึกษา

การประยุกต์ใช้สถิติแบบบไม่ใช้พารามิเตอร์มีการศึกษาไว้ในงานวิจัย เช่นสุภาพันรัตน์ และคณะ [4] ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบลำดับที่มีเครื่องหมายของวิลคอกซัน (Wilcoxon Signed Rank Test) และใช้สถิติทดสอบแมนวิทนีย์ ยูเทส (Mann-Whitney U-Test) การศึกษากึ่งทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิร่างกายผู้ป่วยโรคสมองขาดเลือดในระยะเฉียบพลัน ระหว่างกลุ่มผู้ใช้ยา Acetminophems ร่วมกับการเช็ดตัว กับกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาตามปกติ จำนวน 20 ราย เลือกตัวอย่างเฉพาะเจาะจงตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 10 ราย

ในขณะที่โมเดลนาอีฟเบส์ ถูกนำมาใช้ในการจำแนกกลุ่มที่มีการประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น นฤพนธ์ และจักรกฤษณ์ [5] ทำการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจัดหมวดหมู่เว็บไซต์ท่องเที่ยวประเทศไทยระหว่างอัลกอริทึม LSI นาอีฟเบส์และนาอีฟเบส์ที่ปรับปรุงแล้ว โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านต่างๆ เช่น F-Measure ค่าความแม่นยำเท่ากับ ค่าความระลึกในการเปรียบเทียบ

นอกจากนี้ยังมีการยังพบว่า มีการนำเทคนิคทางการทำเหมืองข้อมูลเช่น ต้นไม้ตัดสินใจ และนาอีฟเบส์ มาใช้เพื่อวิเคราะห์สาเหตุหลักของการลาออก โดยการพิจารณาจากคุณลักษณะของลูกจ้างแต่ละคน [6] เป็นต้น

3. ข้อมูล ขั้นตอนและวิธีการ

3.1 ข้อมูล

ข้อมูลที่จากจากโรงงานเป็นข้อมูลรายเดือนของพนักงานแต่ละคน จำนวนทั้งสิ้น 73 คน ระหว่างเดือนมิถุนายน – ธันวาคม พ.ศ. 2561 การกำหนดค่าอัตราการคืนกลับเศษทอง ของพนักงานแต่ละคนคำนวณได้จากได้จากการนำค่าคืนกลับเศษทอง (Refine) หารด้วยค่าน้ำหนักหลังการขัด (Output) ของพนักงานแต่ละคนเฉลี่ยต่อเดือน นอกจากนี้จึงนำข้อมูลส่วนบุคคลของพนักงานทั้ง 73 คน มาร่วมทำการวิเคราะห์ต่อไป

3.2 ขั้นตอนและวิธีการ

3.2.1 ขอบเขตการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ พนักงานแผนกขัดจิวเวลรี่ ประเภททอง จำนวน 73 คน โดยรวบรวมข้อมูลในเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561

3.2.2 ขั้นตอนการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1) ศึกษาขั้นตอนการทำงานในแผนกขัดจิวเวลรี่ประเภททอง

2) เก็บรวบรวมข้อมูลค่าน้ำหนัก คือ น้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังขัด (Output) ค่าคืนกลับเศษทอง (Refine)

3) ศึกษารวบรวมข้อมูลคุณลักษณะของพนักงานในแผนกขัดจิวเวลรี่แต่ละคน

5) ศึกษาหลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์กลุ่มพนักงานที่มีค่ามัธฐานอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

6) การวิเคราะห์กลุ่มพนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ด้วยการทดสอบโดยลำดับที่มีเครื่องหมายของ วิลคอกซัน กรณีตัวอย่างเดียว (The Wilcoxon Signed Rank Test for One Sample)

7) การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง ในแต่ละคุณลักษณะส่วนบุคคลของพนักงาน และจำแนกคุณลักษณะของพนักงานแต่ละคน ด้วยสถิติผลรวมลำดับที่แมนน์-วิทนีย์ (Mann and Whitney Rank Sum Test) หรือการทดสอบของครัสคาลวอลลิส (The Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance by Rank Test) รวมทั้งการเปรียบเทียบพหุคูณ 2 ด้าน ด้วยค่าลำดับที่ใช้เมื่อผลการทดสอบครัสคาลวอลลิส โดยใช้โปแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล

8) วิเคราะห์และเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มพนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทอง ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และกลุ่มพนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทอง ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโดยใช้วิธีนาอีฟเบส์ (Naïve Bayes) และวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree Method) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีการกำหนดตัวแปรเป้าหมาย มาจากผลการทดสอบโดยลำดับที่มีเครื่องหมายของ วิลคอกซัน กรณีตัวอย่างเดียวทำให้สมารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม (จากขั้นที่ 6) คือ กลุ่มพนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และกลุ่มพนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทองไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยโปรแกรม WEKA [7] สำหรับการวิเคราะห์

9) สรุปผลการศึกษา

3.2.3 กระบวนการคือกลับเศษทอง

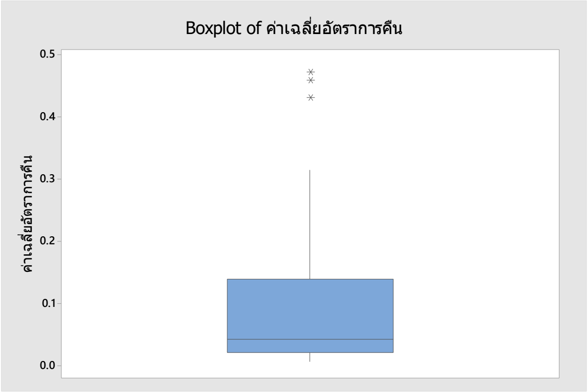
ในขั้นตอนการคืนกลับเศษทอง (Refine) เริ่มต้นจากทำการรับเศษผงทองจากกระบวนการขัดเงามาเผาเศษผงทองด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2 ชั่วโมง นำเศษผงทองที่ได้มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นหรือตำ ชั่งน้ำหนักผงขัดที่ได้และบันทึกลงในแบบฟอร์มกระบวนการเผาผงขัดจิวเวลรี่ ผสมกรดกัดทอง คือ กรดไนตริก 1 ส่วนและกรดไฮรโดรคลอริก 3 ส่วน โดยปริมาณกรดทั้งสองชนิดต้องรวมกันมากกว่าเศษผงทอง 30-50 % เทลงในบิกเกอร์ที่มีเศษผงทอง แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30-40 นาที นำส่วนผสมมากรองโดยการแยกกรดกับโคลน โดยนำส่วนที่เป็นกรดได้จะนำมาทำการตกทอง โดยใช้โซเดียมเมต้าไบต์ซัลไฟต์ทยอยใส่จนกว่ากรดจะไม่ทำปฏิกิริยา จะสังเกตเห็นตะกอนทอง แล้วนำมากรองแยกตะกอนทองกับน้ำกรด เพื่อนำตะกอนไปหลอมให้เป็นเม็ดโลหะและตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ทอง ส่วนน้ำกรดและโคลนจะนำไปใส่ถัง ส่งให้ Supplier Refine ต่อไป

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลจากการวิเคราะห์แสดงได้ดังหัวข้อต่างๆ ต่อไปนี้

4.1 รูปแบบและลักษณะการกระจายของข้อมูล

จากข้อมูลที่รวบรวมได้พบว่าพนักงานแต่ละคนมีข้อมูลการคืนเศษทองไม่ครบทั้ง 6 เดือน เนื่องจากพนักงานบางคนมีการผลัดเปลี่ยนย้ายไปทำงานที่แผนกอื่นๆ ที่ไม่ใช่แผนกขัด หรือพนักงานบางคนเพิ่งจะเข้ามาทำงาน ข้อมูลค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทองของแต่ละคนอาจคำนวณมาจากจำนวนข้อมูลไม่เท่ากัน (ตามจำนวนเดือนที่มีข้อมูลทำการขัด) โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแสดงด้วยบ๊อกซ์พล็อต (Boxplot) ได้ดังนี้



รูปที่ 2 การกระจายของข้อมูลอัตราการคืนกลับเศษทอง

จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าข้อมูลชุดนี้ มีพนักงาน 3 คน ที่มีค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทองมากผิดปกติคือ พนักงานคนที่ 10, 22 และ 24 เมื่อเทียบกับคนอื่นๆ เส้นมัธยฐานอยู่ด้านล่างกล่อง ประมาณได้ว่า พนักงานส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง น้อย การกระจายของข้อมูลสามารถระบุได้ว่า การแจกแจงของข้อมูลมีลักษณะเบ้ขวา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

4.2 ผลการวิเคราะห์การกำหนดเกณฑ์อัตราการคืนกลับ

เนื่องจากบริษัทไม่มีเกณฑ์มาตรฐานอัตราการคืนกลับที่เหมาะสมไว้ ทางผู้วิจัยจึงต้องเริ่มต้นจากการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานเพื่อใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน โดยนำข้อมูลพนักงานทั้งหมด 73 คน ที่มีการบันทึกไว้ของบริษัทตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 นำค่าอัตราการคืนกลับเศษทองรายเดือน ของข้อมูลทั้งสิ้น 337 ข้อมูล (เฉพาะนักงานที่ทำงานในแผนกขัดที่ทำงานในช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล) มาหาค่าเฉลี่ยได้ 0.0779 และนำมาหาค่ามัธยฐานของอัตราการคืนกลับเศษทองได้ 0.0439 เมื่อนำค่าที่ได้วิเคราะห์เบื้องต้นไปปรึกษากับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของบริษัทเพื่อพิจารณาตัดสินใจเลือกเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยพิจารณาแบ่งกลุ่มว่าเกณฑ์ใดสามารถแบ่งกลุ่มคนที่บริษัททราบว่ามักมีประวัติการคืนเศษทองไม่ครบและนำไปขาย ได้ผลสรุปโดยเลือกใช้เกณฑ์ 0.08 ซึ่งมีค่าใกล่เคียงค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลและเลือกใช้เกณฑ์นี้กำหนดเป็นเกณฑ์แบ่งกลุ่มพนักงานออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทองสูงและต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่ 0.08

4.3 แบ่งกลุ่มพนักงานด้วยวิธีการทดสอบสมมุติฐาน

การทดสอบสมมุติฐานเพื่อวิเคราะห์ว่าพนักงานแต่ละคนมีอัตราการคืนกลับต่ำกว่าเกณฑ์และไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ โดยเลือกการทดสอบแบบไม่ใช้พาราเมตริกซ์ ด้วยการทดสอบโดยเครื่องหมายลำดับที่ของวิลคอกซันกรณีตัวอย่างเดียว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยกำหนดสมมุติฐานดังนี้

H_0 : พนักงานคนที่ i มีค่ามัธยฐานอัตราการคืนกลับเศษทอง ไม่ต่ำกว่า 0.08

H_1 : พนักงานคนที่ i มีค่ามัธยฐานอัตราการคืนกลับเศษทอง ต่ำกว่า 0.08

โดยที่

i คือ ลำดับพนักงานคนที่ 1, 2, ..., 73

ผลจากการทดสอบสมมุติฐานพบว่ามีพนักงานทั้งสิ้น 17 คน จาก 73 คน ที่มีค่ามัธยฐานอัตราการคืนกลับเศษทอง ต่ำกว่า 0.08 ได้แก่ พนักงานคนที่ 4, 11, 13, 19, 25, 27, 28, 34, 40, 45, 46, 50, 51, 53, 57, 58 และ 60 ซึ่งเป็นการทดสอบที่ความเชื่อมั่น 95%

4.4 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง ตามคุณลักษณะส่วนบุคคลของพนักงาน

จากการทดสอบสมมุติฐานเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง ตามคุณลักษณะส่วนบุคคลของพนักงานที่แตกต่างกัน ด้วยสถิติแมนน์วิทนีย์ หรือครัสคาล-วอลลิส การแบ่งกลุ่มข้อมูลตามปัจจัยส่วนบุคคลเกี่ยวกับเพศเป็น 2 กลุ่ม (ชาย, หญิง) สถานภาพสมรส (โสด, สมรส) ระดับรายได้ โดยกำหนดรายได้เฉลี่ยของพนักงานโดยแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับรายได้น้อย (5,000 – 15,000 บาท) ระดับรายได้ปานกลาง (15,001 – 25,000 บาท) และระดับรายได้มาก (มากกว่า 25,000 บาท) ส่วนช่วงอายุงานและช่วงอายุของพนักงานแต่ละคน แบ่งเป็น 3 และ 4 กลุ่ม ตามลำดับ ผลจากการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ แสดงผลดังตารางที่ 2

พนักงานที่มีสถานภาพสมรส ระดับรายได้ และช่วงอายุ ที่แตกต่างกันทำให้มีค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจาก p-value < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 2 ผลทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง ตามคุณลักษณะส่วนบุคคลที่สำคัญ

ลักษณะ	จำนวน	ค่ามัธยฐาน	ตัวสถิติทดสอบ	ค่าเฉลี่ยลำดับที่	p-value
เพศ					
หญิง	53	0.0513	W =	-	0.119
ชาย	20	0.0284	2,057.00	-	
สถานภาพสมรส					
สมรส	53	0.0566	W =	-	0.001*
โสด	20	0.0222	2,226.00	-	
ระดับรายได้					
น้อย	22	0.0206	H	22.0	0.000*
ปานกลาง	42	0.0566	=16.58	42.1	
มาก	9	0.1979		49.7	
ช่วงอายุงาน (ปี)					
0 – 5	54	0.0388	H =	34.2	0.169
6 – 10	14	0.0534	3.56	44.7	
11 – 15	5	0.1513		45.4	
ช่วงอายุ (ปี)					
27 – 33	26	0.0357	H =	32.7	0.034*
20 – 26	28	0.0353	8.7	33.0	
34 – 40	12	0.0735		45.3	
41 – 47	7	0.1979		54.6	

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทองในแต่ละระดับรายได้ของพนักงาน

รายได้ (บาท)	ผลต่างค่าเฉลี่ยลำดับที่	ตัวสถิติทดสอบ	p-value
น้อยกับปานกลาง	-20.074	-20.074	0.001*
น้อยกับมาก	-27.621	-27.621	0.003*
ปานกลางกับมาก	-7.548	-7.548	0.998
ระดับรายได้น้อย	**ระดับรายได้ปานกลาง**	**ระดับรายได้มาก**	

หมายเหตุ : * หมายถึง มีค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทองในแต่ละช่วงอายุของพนักงาน

ช่วงอายุ (ปี)	ผลต่างค่าเฉลี่ยลำดับที่	ตัวสถิติทดสอบ	p-value
27 - 33 กับ 20 – 26	0.343	0.343	0.953
27 - 33 กับ 34 – 40	-12.641	-12.641	0.088
27 - 33 กับ 41 – 47	-21.879	-21.879	0.015*
20 - 26 กับ 34 – 40	-12.298	-12.298	0.093
20 – 26 กับ 41 – 47	-21.536	-21.536	0.016*
34 - 40 กับ 41 – 47	-9.238	-9.238	0.360
27 – 33 ปี	**20 – 26 ปี**	**34 – 40 ปี**	**41 – 47 ปี**

หมายเหตุ : * หมายถึง มีค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทองของพนักงานที่มีสถานภาพสมรสต่างกัน พบว่าพนักงานที่มีสถานภาพสมรสมีค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทองมากกว่าพนักงานที่มีสถานภาพโสด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ขั้นต่อไปจึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทองเป็นรายคู่สำหรับปัจจัยที่มีการแบ่งระดับของปัจจัยตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป ด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยสถิติแมนน์วิทนีย์

ผลจากการทดสอบระดับรายได้คู่ใดบ้างที่แตกต่างกันแต่ละคู่รวม 3 คู่ ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ดังแสดงผลในตารางที่ 3 พบว่าพนักงานที่มีระดับรายได้น้อยแตกต่างกับพนักงานที่มีระดับรายได้ปานกลาง และพนักงานที่มีระดับรายได้น้อยแตกต่างกับพนักงานที่มีระดับรายได้มาก

ผลจากการทดสอบค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง โดยพนักงานช่วงอายุคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันแต่ละคู่รวม 6 คู่ ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ดังแสดงผลในตารางที่ 4 พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง ของพนักงานที่มีช่วงอายุ 27 - 33 ปี แตกต่างกับ พนักงานที่มีช่วงอายุ 41 - 47 ปี และพนักงานที่มีช่วงอายุ 20 - 26 ปี แตกต่างกับพนักงานที่มีช่วงอายุ 41 - 47 ปี

4.4 ผลการจำแนกกลุ่มพนักงานด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล

ผลจากการจำแนกกลุ่มพนักงานด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลด้วยวิธีนาอีฟเบส์และวิธีต้นไม้ตัดสินใจได้ผลดังนี้

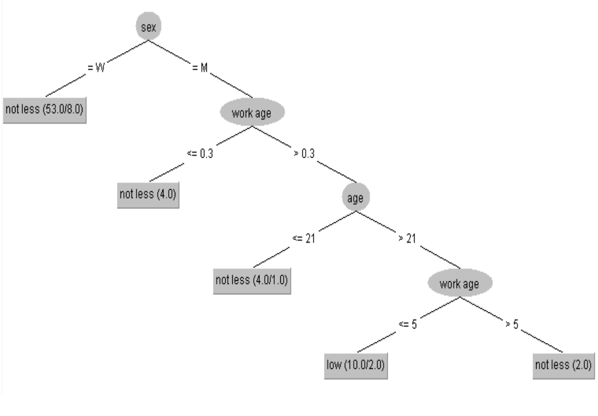
4.4.1 วิธีนาอีฟเบส์ (Naïve Bayes)

วิธีนาอีฟเบส์เป็นวิธีจำแนกประเภทข้อมูลที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง โดยที่ใช้งานได้ดีและง่ายต่อการประมวลผล วิธีของการเรียนรู้แบบเบย์อย่างง่ายนี้ มีการทำงานที่ไม่ซับซ้อนเหมือนวิธีการอื่นๆ ซึ่งเป็นหลักการเดียวกับความน่าจะเป็น การจำแนกโดยกำหนดกลุ่มที่ใช้ในการจำแนก คือกลุ่มพนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มีจำนวน 17 คน และกลุ่มพนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทอง ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มีจำนวน 56 คน โดยแบ่งข้อมูลเรียนรู้เป็น 10 ส่วนเท่าๆ กัน ด้วยวิธีการตรวจสอบไขว้ (Cross-Validation) โดยใช้ข้อมูล 9 ส่วน เพื่อทำการสร้างตัวแบบ และใช้ข้อมูลที่เหลือ 1 ส่วน เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบ

การพิจารณาผลการทำนายโดยจัดกลุ่มให้กับพนักงานแต่ละคนจากการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่คำนวณด้วยวิธีอีฟเบส์ได้ผลการทำนายเทียบกับค่ากลุ่มที่กำหนดไว้ แสดงดังตารางที่ 5

4.4.2 วิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree Method)

วิธีต้นไม้ตัดสินใจเป็นวิธีที่สอดคล้องกับการตัดสินใจจริงของมนุษย์ สามารถทำงานได้ดีกับข้อมูลที่มีความเกี่ยวพันของข้อมูลสูง ซึ่งให้ผลเร็วเมื่อเทียบกับวิธีอื่น โดยการนำข้อมูลมาสร้างตัวแบบการพยากรณ์ ในรูปแบบของโครงสร้างต้นไม้ จะทำการจำแนกกลุ่มโดยกำหนดให้กลุ่มพนักงานคือ พนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (low) มีจำนวน 17 คน และพนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทอง ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (not less) มีจำนวน 56 คน โดยพนักงานทั้งสองกลุ่ม มีจำนวนทั้งหมด 73 คน โดยแบ่งข้อมูลเรียนรู้เป็น 10 ส่วนเท่าๆ กัน ด้วยวิธีการตรวจสอบไขว้ โดยใช้ข้อมูล 9 ส่วน เพื่อทำการสร้างตัวแบบ และใช้ข้อมูลที่เหลือ 1 ส่วน เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบ



รูปที่ 3 แผนภาพการจำแนก โดยใช้วิธีต้นไม้ตัดสินใจ

จากผลการจำแนกด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ สามารถใช้เป็นแนวทางให้กับบริษัท ในการจำแนกกลุ่มพนักงานในแผนกขัดจิวเวลรี่ โดยกลุ่มพนักงานมีคุณลักษณะที่ควรระวัง (พนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทอง ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด) คือ กลุ่มพนักงานเพศชาย ที่มีอายุมากกว่า 21 ปี และมีช่วงอายุงานมากกว่า 3 เดือน แต่ไม่เกิน 5 ปี

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกด้วยวิธีนาอีฟเบส์ และวิธีต้นไม้ตัดสินใจ

เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพ	วิธีนาอีฟเบส์	วิธีต้นไม้ตัดสินใจ
ความถูกต้อง (%)	73.97	76.71
ความแม่นยำ (%)	74.0	76.7
ความระลึก (%)	71.3	73.7
ค่าประสิทธิภาพ (%)	72.3	74.4

จากตารางที่ 5 แสดงการทดสอบการจำแนกกลุ่มพนักงานที่มีอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ ด้วยการใช้วิธีการจำแนก 2 วิธี คือ วิธีนาอีฟเบส์ และวิธีต้นไม้ตัดสินใจ ด้วยเกณฑ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยเกณฑ์ความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก และค่าประสิทธิภาพ จากผลการทดสอบพบว่าวิธีต้นไม้ตัดสินใจ ให้ผลความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก และมีค่าประสิทธิภาพ สูงกว่าวิธีอีฟเบส์ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเลือกวิธีต้นไม้ตัดสินใจสร้างโมเดลการพยากรณ์ และพัฒนาต้นแบบการพยากรณ์คุณลักษณะของพนักงานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจรับพนักงานเข้าทำงานต่อไป

4. สรุป

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบว่ามีพนักงานคนใดบ้างที่มีอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดไว้ที่ 0.08 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการเก็บข้อมูลตัวอย่างเฉพาะช่วงเดือนมิถุนายน – ธันวาคม พ.ศ.2561 เพื่ออนุมานถึงค่าเฉลี่ยอัตราการคืนกลับเศษทอง ของพนักงานแต่ละคน พบว่ามีพนักงาน 17 คน ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีอัตราการคืนกลับเศษทอง ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญ

จากการวิเคราะห์เพื่อให้เข้าใจปัจจัยที่ส่งผลต่อมีอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ด้วยการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติพบว่าคือ กลุ่มพนักงานที่มีสถานะโสด มีระดับรายได้น้อย และเป็นกลุ่มที่มีอายุน้อย (ระหว่าง 20 - 33 ปี)

จากการวิเคราะห์เพื่อสร้างโมเดลพยากรณ์เพื่อการจำแนกกลุ่มด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ โดยทำให้เห็นว่าจากผลการจำแนกด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ สามารถใช้เป็นแนวทางให้กับบริษัทในการจำแนกกลุ่มพนักงานในแผนกขัดจิวเวลรี่ โดยกลุ่มพนักงานมีคุณลักษณะที่ควรระวัง (พนักงานที่มีค่าอัตราการคืนกลับเศษทองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด) คือ พนักงานเพศชาย ที่มีอายุมากกว่า 21 ปี และมีช่วงอายุงานมากกว่า 3 เดือน แต่ไม่เกิน 5 ปี

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้สถิติและการทำเหมืองข้อมูลมาใช้เพื่อให้เข้าใจกลุ่มพนักงานที่มีอัตราการคืนกลับเศษทองที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา และจัดเป็นการ

สูญเสียของบริษัทที่สำคัญ การเข้าใจลักษณะของพนักงานเป็นกลุ่มที่มีพฤติกรรมในการคืนกลับเศษทอง ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้บริษัทเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้น และจะทำให้บริษัทสามารถวางแผนเพื่อแก้ปัญหาที่เหมาะสมและเป็นแนวทางในการคัดเลือกพนักงานให้กับบริษัทต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบริษัทจิวเวลรี่ ที่เป็นกรณีศึกษา ซึ่งให้ความช่วยเหลือทั้งการให้ข้อมูล ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์กับคณะผู้จัดทำได้ไปเก็บข้อมูลและศึกษาถึงกระบวนการผลิต

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมศุลกากร (2560) สินค้าส่งออกสำคัญ 10 รายการของไทยประจำปี 2560 (เดือนมิถุนายน). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www2.ops3.moc.go.th/.

[2] กัลยา วานิชย์บัญชา (2554) สถิติสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติ, คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] สายชล สินสมบูรณ์ทอง (2552) สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ = Nonparametric Statistics. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.

[4] สุภาพันรัตน์ คำหอม, ปรารถนา จับมณี, ดุษณี วินิจฉัย, ภาสิกา กิมหงษ์, และจรวยพร วงศ์ขจิต (2558) "ผลของการใช้ยา acetaminophens ร่วมกับการเช็ดตัวต่ออุณหภูมิร่างกายของผู้ป่วยโรคสมองขาดเลือดในระยะเฉียบพลัน". วารสารพยาบาลสภากาชาดไทย. 8(1), 101-112.

[5] นฤพนธ์ พนาวงศ์ และจักรกฤษณ์ เสน่ห์ นมะหุต (2558) "การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจัดหมวดหมู่เว็บไซตทองเที่ยวประเทศไทยระหวางอัลกอริทึม LSI นาอีฟเบส์และนาอีฟเบส์ที่ปรับปรุงแล้ว". วารสารวิทยาศาสตรลาดกระบัง, 24(1), 43-61.

[6] G. Ying and V. Valkovsky, "Using Decision Tree to Analyze the Turnover of Employees," 2017. [Online]. Available: https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1113084/FULLTEXT01.pdf

[7] The University of Waikato, "Weka 3: Machine Learning Software in Java." [Online]. Available: https://towardsdatascience.com/getting-started-with-weka-3-machine-learning-on-gui-7c58ab684513

ผศ.ดร.กนกกรรณ์ ลี้โรจนาประภา อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. สนใจการใช้เครื่องมือทางสถิติและการวิจัยดำเนินงานในการตัดสินใจ ความเสี่ยงในโซ่อุปทาน และการประยุกต์ใช้การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ

นางสาวมินตรา โสนิราช สนใจวิชาทฤษฎีการตัดสินใจ การทำเหมืองข้อมูล งานวิจัยที่สนใจคือวิจัยที่นำผลที่ได้นั้นไปใช้ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคต

นางสาวภัณฑิรา เภอบาง สนใจวิชาสถิติทางคณิตศาสตร์ การทำเหมืองข้อมูล โลจิสติกส์ งานวิจัยที่สนใจคือปัจจัยที่ทำให้ประสบความสำเร็จในการทำงาน

นางสาวพชรวรรณ พงษ์สร้อย สนใจวิชาสถิติทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีการตัดสินใจ งานวิจัยที่สนใจคือวิจัยที่นำสถิติที่ได้นั้นไปใช้เพื่อนำมาตัดสินใจ

นางสาวสุนิตา คำสุข สนใจวิชา การวางแผนการผลิต การทำเหมืองข้อมูล การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ งานวิจัยที่สนใจคือวิจัยที่นำผลที่ได้นั้นไปใช้ในการพยากรณ์เพื่อการงานแผน

การพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยโดยวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้ม

A Forecasting Methods for the Number of International Tourists in Thailand: Bagging Holt-Winters with Damped Trend

ฉัฐวุฒิ สมานวงษ์[1*] สมศรี บัณฑิตวิไล[2]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] 61605092@kmitl.ac.th, [2] somsri.ba@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาประเทศไทยด้วยเทคนิคผสมระหว่างวิธีแบกกิ้ง (Bootstrap Aggregating, Bagging) และวิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้ม โดยวิธีการพยากรณ์นั้นจะแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาเป็นสามส่วน ได้แก่ ฤดูกาล แนวโน้ม และเศษเหลือ จากนั้นนำเศษเหลือมาสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืนจะได้เศษเหลือชุดใหม่หลายชุด แล้วจึงนำไปรวมกับแนวโน้มและฤดูกาลจะได้อนุกรมเวลาชุดใหม่หลายชุด ต่อมาจะใช้วิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มในการพยากรณ์ในแต่ละอนุกรมเวลา สุดท้ายค่าพยากรณ์หลายชุดจะนำไปหาค่ามัธยฐานได้เป็นค่าพยากรณ์ชุดสุดท้ายเพียงชุดเดียว ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์เป็นข้อมูลรายเดือนเก็บรวบรวมมาจากกรมการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ทั้งหมด 96 เดือน ข้อมูลชุดนี้ถูกใช้หาตัวแบบที่เหมาะสมโดยพิจารณาด้วยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (root mean square error, RMSE) นอกจากนี้ข้อมูลตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ทั้งหมด 12 เดือน ถูกใช้ทดสอบความแม่นยำในการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (mean absolute percent error, MAPE) ผลจากการศึกษาพบว่า วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวกได้ค่า RMSE ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับตัวแบบพยากรณ์อื่นๆ และ MAPE เท่ากับ 4.76% เมื่อใช้วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาประเทศไทย

คำสำคัญ: การพยากรณ์, จำนวนนักท่องเที่ยว, การวิเคราะห์อนุกรมเวลา, แบกกิ้ง

Abstract

This research aimed to study the efficiency of forecasting the number of international tourists in Thailand by using a combination of Bootstrap aggregating (Bagging) and Holt-Winters with damped trend methods. The methodology involved decomposing the time series into three components: seasonal, trend and remainder. After that, new time series created by bootstrap resampling the remainder components and adding back the seasonal and trend. Then, Holt-Winters with damped trend method was used to forecast each time series. Lastly, the final forecast obtained by calculating median of all aggregating forecasts. Data used to create forecasting models were monthly data from January 2010 to December 2017 (96 months) collected by the department of Tourism, Ministry of Tourism and Sports. This data used for selection the forecasting models which used root mean square error (RMSE). Moreover, data from January 2018 to December 2018 (12 months) used for testing accuracy of forecasting model by mean absolute percent error (MAPE). The experimental results showed that Bagging Holt-Winters with damped trend additive method gave the lowest RMSE when compare to the other forecasting methods and MAPE was 4.76% when employing this method to forecast the number of international tourists in Thailand.

Keywords: Forecasting, Number of Tourist, Time series Analysis, Bagging

* Corresponding author: E-mail: 61605092@kmitl.ac.th
[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง

1. บทนำ

การท่องเที่ยวเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก จากรายงานประจำปีของสภาการเดินทางและการท่องเที่ยวโลก (World Travel and Tourism Council: WTTC) ระบุว่าในปี พ.ศ. 2559 อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวได้ส่งผลกระทบทางตรงต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย คิดเป็นมูลค่า 1.29 ล้านล้านบาท หรือร้อยละ 9.20 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) โดยกรมการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาได้คาดการณ์มูลค่าของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวไทยจะมีการเติบโตโดยเฉลี่ยร้อยละ 6.7 ต่อปี ต่อเนื่องไปจนถึงปี พ.ศ. 2570 โดยคาดว่าในปี พ.ศ. 2570 อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวของไทยจะมีมูลค่าประมาณ 2.71 ล้านล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 14.30 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ [1] อย่างไรก็ตามในช่วงหลายปีที่ผ่านมาจำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมายังประเทศไทยมีอัตราการเจริญเติบโตของแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าสถานการณ์ภายในประเทศไทยจะมีความสงบเรียบร้อย แต่ทว่าปัญหาทางด้านเศรษฐกิจและการเมืองระหว่างประเทศเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้จำนวนนักท่องเที่ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง ถึงแม้ว่าสภาพเศรษฐกิจของประเทศไทยจะเติบโตไม่มาก การท่องเที่ยวของประเทศไทยก็ยังคงเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถสร้างรายได้ให้ประเทศไทยได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากประเทศไทยยังคงได้รับความสนใจจากนักท่องเที่ยวต่างชาติ โดยในปี พ.ศ. 2560 World Economic Forum (WEF) ได้ทำการจัดอันดับขีดความสามารถในการแข่งขันทางด้านการท่องเที่ยว โดยประเทศไทยอยู่อันดับที่ 32 จากทั้งหมด 137 ประเทศ ซึ่งมีอันดับสูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2559 อันเนื่องมาจากประเทศไทยมีความหลากหลายของแหล่งท่องเที่ยวตามธรรมชาติ ประเพณี และศิลปวัฒนธรรมที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละภูมิภาค ตลอดจนการส่งเสริมการท่องเที่ยวของภาครัฐและหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้มีการรณรงค์จัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว ส่งผลให้สามารถเพิ่มการขยายตัวของนักท่องเที่ยวได้

ปัจจุบันเทคนิคสำหรับพยากรณ์มีหลากหลายวิธีที่สามารถใช้คาดการณ์จำนวนนักท่องเที่ยวได้ หนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมก็คือการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคปรับให้เรียบ (Smoothing Method) เป็นการนำข้อมูลในอดีตที่ถูกเก็บมาอย่างต่อเนื่องมาสร้างตัวแบบหรือสมการเชิงคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต การเลือกวิธีพยากรณ์จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอนุกรมเวลา เช่น Holt [2] ได้เสนอวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบเส้นตรง โดยวิธีนี้เหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม (Trend) แต่ไม่มีฤดูกาล (Seasonal) ต่อมา Winters [3] ได้พัฒนาเป็นวิธีโฮลท์-วินเทอร์ สามารถพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีทั้งแนวโน้มและฤดูกาลได้ โดยมีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ระยะสั้นและระยะปานกลาง ถัดมาได้ถูกพัฒนาเป็นวิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้ม เหมาะสำหรับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและมีฤดูกาล แต่ข้อมูลมีอัตราการเจริญเติบโตหรืออัตราการหดตัวที่ลดลง วิธีนี้จึงมีความเหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางเข้ามายังประเทศไทยในตอนนี้ เนื่องจากสถานการณ์การท่องเที่ยวของประเทศไทยที่จำนวนนักท่องเที่ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่อัตราการเจริญเติบโตลดลง

การพัฒนาวิธีพยากรณ์ปริมาณนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยให้มีความแม่นยำมากขึ้นจะส่งผลให้หน่วยงานของรัฐบาลและองค์กรต่างๆ สามารถจัดเตรียมนโยบายและโครงสร้างพื้นฐานให้เหมาะสมกับปริมาณนักท่องเที่ยวได้ ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวสามารถเพิ่มหรือลดขนาดการให้บริการได้เหมาะสมกับปริมาณนักท่องเที่ยว ส่งผลให้ต้นทุนการประกอบกิจการลดลง ตลอดจนนักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจมากขึ้น ปัจจุบันได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคแบกกิ้ง (Bootstrap Aggregating, Bagging) ที่เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งทางด้านสถิติ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4] ได้แยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาเป็น 3 องค์ประกอบ คือ แนวโน้ม ฤดูกาล และเศษเหลือ (Remainder) ต่อจากนั้นจะนำเศษเหลือมาสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน ทำให้ได้เศษเหลือชุดใหม่หลายชุด แล้วนำไปรวมกับแนวโน้มและฤดูกาลจะได้อนุกรมเวลาใหม่หลายชุด ถัดจากนั้นจะพยากรณ์แต่ละชุดอนุกรมเวลาด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์ ต่อจากนั้นได้นำผลการพยากรณ์ทุกชุดอนุกรมเวลามาหาค่ามัธยฐานของแต่ละช่วงเวลาจะได้ค่าพยากรณ์เพียงอนุกรมเวลาเดียวที่มีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งข้อดีของการสุ่มค่าเศษเหลือจะทำให้ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ขณะเดียวกันการพยากรณ์ก็แม่นยำมากขึ้น อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้วิธีโฮลท์-วินเทอร์นี้จะเหมาะสมกับการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่แนวโน้มมีอัตราการเจริญเติบโตหรืออัตราการหดตัวคงที่เท่านั้น [5] ในทางกลับกันการประยุกต์ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีอัตราการเจริญเติบโตหรืออัตราการหดตัวที่ลดลงจะมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ต่ำลง ปัจจุบันยังไม่เคยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคผสมแบกกิ้งกับวิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีอัตราการเจริญเติบโตหรืออัตราการหดตัวที่ลดลงในอนาคต

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาประสิทธิภาพของการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยที่มีความแม่นยำมากขึ้นโดยการประยุกต์ใช้วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้ม เนื่องจากปัจจุบันจำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ทว่าอัตราการเจริญเติบโตของแนวโน้มลดลง ผู้วิจัยจึงคาดหวังว่าการพยากรณ์ด้วยเทคนิคผสมนี้จะสามารถเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยได้ งานวิจัยนี้ได้พิสูจน์ประสิทธิภาพการพยากรณ์ โดยการนำเทคนิคผสมนี้ไปเปรียบเทียบกับการพยากรณ์ด้วยวิธีโฮลท์-วินเทอร์และวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์

2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การปรับให้เรียบ (Smoothing Method) คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยใช้ค่าสังเกตในอดีตบางส่วนหรือทั้งหมดไปสร้างตัวแบบพยากรณ์ ยิ่งกว่านั้นค่าสังเกตแต่ละค่าจะมีการให้น้ำหนักที่แตกต่างกัน การปรับให้เรียบมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุกรมเวลาว่ามีแนวโน้มหรือฤดูกาลหรือไม่ ปกติข้อมูลนักท่องเที่ยวจะมีองค์ประกอบของฤดูกาลที่ชัดเจน ในทางกลับกันองค์ประกอบของแนวโน้มอาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ของแต่ละประเทศ ปัจจุบันปริมาณนักท่องเที่ยวต่างชาติของประเทศไทยมีองค์ประกอบของฤดูกาล

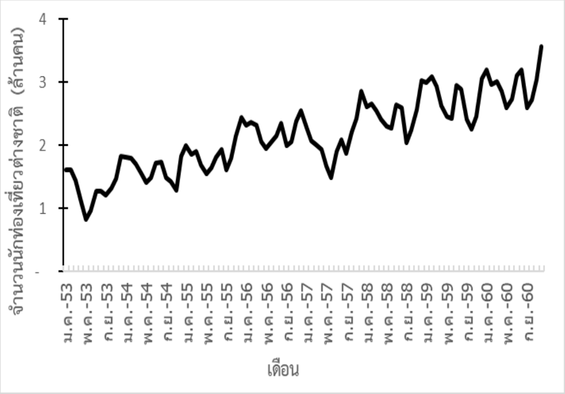
พร้อมๆ กันนั้นก็มีองค์ประกอบของแนวโน้ม ถึงแม้ว่าอัตราการเจริญเติบโตของแนวโน้มจะลดลง ปัจจุบันวิธีการปรับให้เรียบที่นิยมใช้กับข้อมูลประเภทนี้ คือ วิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้ม (Holt-Winters with Damped Trend) ถูกนำเสนอโดย Grubb และ Mason [6] ซึ่งได้นำวิธีนี้ไปพยากรณ์ปริมาณผู้โดยสารรายเดือนของสนามบินในสหราชอาณาจักร โดยได้ใช้วิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณเปรียบเทียบกับวิธีปรับให้เรียบวิธีอื่นๆ พบว่าการพยากรณ์มีความแม่นยำสูงเมื่อใช้กับข้อมูลที่มีอัตราการเจริญเติบโตของแนวโน้มที่ลดลง เพราะว่านอกจากตัวแบบจะมีพารามิเตอร์สำหรับปรับน้ำหนักของแนวโน้ม ฤดูกาล และความชันแล้ว วิธีการนี้ได้เพิ่มพารามิเตอร์สำหรับปรับน้ำหนักของอัตราการเจริญเติบหรืออัตราการหดตัวของแนวโน้ม ทำให้วิธีการนี้เหมาะกับการพยากรณ์ปริมาณนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทย ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่อัตราการเจริญเติบโตลดลง

บูทสแตรป (Bootstrap) เป็นหนึ่งในวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบใส่กลับคืน โดยตัวอย่างทุกตัวมีโอกาสที่จะถูกเลือกเท่าๆ กัน วิธีนี้เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งในสาขาสถิติที่ถูกตีพิมพ์ในปี พ.ศ. 2522 โดย Efron [7] ต่อมาเมื่อการประมวลผลของคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น บูทสแตรปก็ถูกนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับงานวิจัยในสาขาปัญญาประดิษฐ์ซึ่งถูกนำเสนอโดย Breiman [8] เมื่อปี พ.ศ.2539 เรียกว่า เทคนิคแบกกิ้ง ซึ่งจะสร้างชุดข้อมูลขึ้นมาหลายๆ ชุดจากชุดข้อมูลเพียงชุดเดียวก่อนที่จะนำข้อมูลแต่ละชุดไปคำนวนเพื่อหาค่าพยากรณ์ในแต่ละชุด ถัดจากนั้นจะนำค่าพยากรณ์ที่มีหลายชุดรวบรวมให้เป็นค่าพยากรณ์เพียงชุดเดียวด้วยค่าเฉลี่ยหรือค่ามัธยฐาน เทคนิคนี้ได้รับความนิยมในขอบเขตของงานวิจัยปัญญาประดิษฐ์ แต่ทว่าในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้เริ่มมีการนำเทคนิคแบกกิ้งไปประยุกต์ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์อนุกรมเวลา Conderio และ Neves [9] ได้เสนอการนำเทคนิคร่วมกันระหว่างวิธีแบกกิ้งและวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล ต่อมาในปี พ.ศ. 2559 Bergmeir และคณะ [10] ได้ทดลองใช้เทคนิคผสมนี้พยากรณ์อนุกรมเวลาต่างๆ มากกว่า 3,000 ชุดโดยมีแหล่งที่มาจากหลากหลายขอบเขตที่แตกต่างกัน เช่น เศรษฐศาสตร์มหภาค ฐานข้อมูลประชากร อุตสาหกรรม ฯลฯ เป็นต้น การพยากรณ์มีผลลัพธ์ที่แม่นยำสูงขณะเดียวกันก็มีความยืดหยุ่นสามารถใช้ได้กับข้อมูลจากขอบเขตที่แตกต่างกัน ณ ปัจจุบัน พ.ศ 2562 Dantas และคณะ [4] ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคผสมระหว่างวิธีแบกกิ้งและวิธีโฮลท์-วินเทอร์ เพื่อพยากรณ์ความต้องการขนส่งทางอากาศทั้งสิ้น 14 ประเทศ ได้แก่ เบลเยียม สาธารณรัฐเช็ก เดนมาร์ก เยอรมนี กรีซ ไอร์แลนด์ อิตาลี เนเธอร์แลนด์ โปรตุเกส สเปน สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย บราซิล และสหรัฐอเมริกา ลักษณะอนุกรมเวลาเป็นข้อมูลรายเดือน ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ.2557 เพื่อนำมาสร้างตัวแบบพยากรณ์ ถัดจากนั้นจึงทำการวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ด้วยค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสมมาตร (Symmetric Mean Absolute Percentage Error, sMAPE) ซึ่งเทียบกับการพยากรณ์วิธีต่างๆ เช่น วิธีผสมระหว่างวิธีแบกกิ้งและวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล วิธีโฮลท์-วินเทอร์ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ผลการพยากรณ์พบว่าเทคนิคผสมระหว่างวิธีแบกกิ้งและวิธีโฮลท์-วินเทอร์ สามารถพยากรณ์ได้แม่นยำมากกว่าวิธีอื่นๆ ตอนนี้ยังไม่มีการเผยแพร่เทคนิคการพยากรณ์ร่วมกันระหว่างเทคนิคแบกกิ้งและวิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้ม

ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาประสิทธิภาพการพยากรณ์ร่วมกันระหว่างวิธีแบกกิ้งที่เป็นที่นิยมใช้กันในงานด้านปัญญาประดิษฐ์และวิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มซึ่งเป็นที่แพร่หลายสำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของการพยากรณ์ด้วยวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้ม โดยการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ยิ่งไปกว่านั้นผู้วิจัยจะนำตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดไปใช้พยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยเพื่อทดสอบความแม่นยำในพยากรณ์

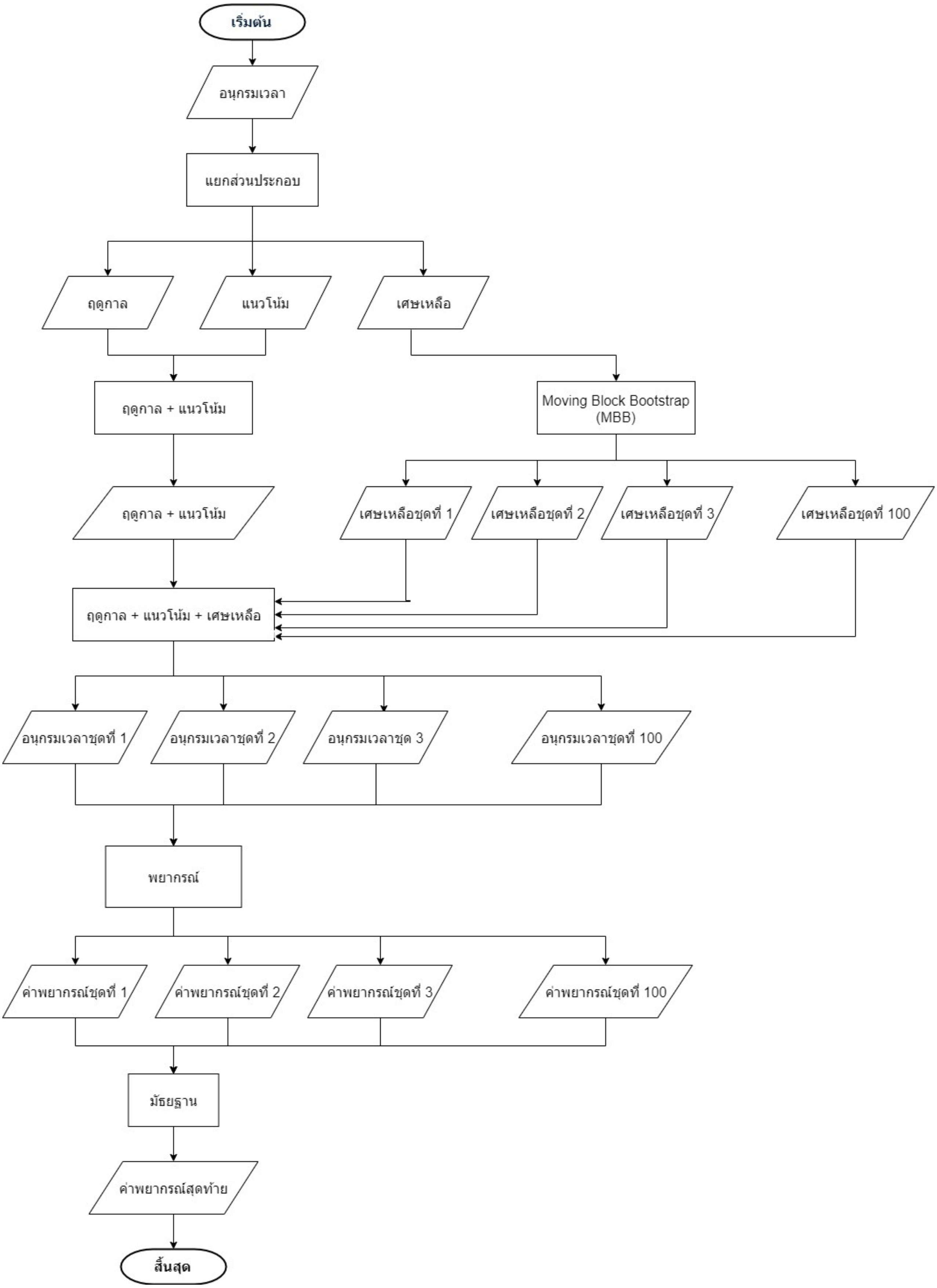
3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ได้เก็บข้อมูลนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยจากกรมการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ทั้งหมด 96 เดือน เป็นข้อมูลชุดที่ 1 สำหรับใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ และนำไปใช้ในการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน ขณะเดียวกันข้อมูลชุดที่ 2 ได้เก็บข้อมูลตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ทั้งหมด 12 เดือน เพื่อใช้เปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีองค์ประกอบของแนวโน้มและฤดูกาล แต่ทว่าแนวโน้มมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560

ผู้วิจัยได้พยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยด้วยวิธีผสมระหว่างแบกกิ้งและวิธีโฮลท์-วินเทอร์ทั้งหมด 4 ตัวแบบ ได้แก่ วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก และวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณ ผังการทำงานของวิธีการพยากรณ์เหล่านี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 โดยมีขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอน สามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2 ขั้นตอนการพยากรณ์วิธีผสมระหว่างวิธีแบกกิ้งและวิธีโฮลท์-วินเทอร์

3.1 การแยกส่วนประกอบ

งานวิจัยนี้ได้นำอนุกรมเวลาที่ได้จากการเก็บข้อมูลชุดที่ 1 มาแยกส่วนประกอบเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ แนวโน้ม ฤดูกาล และเศษเหลือ ต่อจากนั้นจะนำองค์ประกอบแนวโน้มและฤดูกาลกลับมารวมเข้าด้วยกัน ขณะเดียวกันนั้นจะนำเศษเหลือไปทำการจำลองแบบในขั้นตอนต่อไป

3.2 การจำลองแบบ

เศษเหลือจากขั้นตอนการแยกส่วนประกอบจะถูกนำไปทำบูทสแตรป เพื่อที่จะสร้างเศษเหลือชุดใหม่หลายๆ ชุดด้วยการสุ่มค่าจากเศษเหลือที่อยู่ใกล้เคียงกัน วิธีการทำบูทสแตรปมีหลากหลายวิธี ขึ้นอยู่กับการกำหนดขอบเขตของการสุ่มข้อมูล เช่น วิธีบูทสแตรปแบบสุ่มไม่ซ้อนทับช่วง (non-Overlapping Block Bootstrap) วิธีบูทสแตรปแบบสุ่มเป็นวงกลม (Circular Block Bootstrap) วิธีบูทสแตรปแบบสุ่มขนาดคงที่ (Stationary Block Bootstrap) เป็นต้น แต่ทว่าวิธีการที่งานวิจัยนี้เลือกใช้ คือ วิธีบูทสแตรปแบบช่วงเคลื่อนที่ (Moving Block Bootstrap, MBB) ซึ่งถูกนำเสนอโดย Kunsch [11] วิธีการนี้จะสุ่มค่าของเศษเหลือในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งด้วยเศษเหลือที่อยู่ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน โดยการสุ่มนั้นเป็นการสุ่มแบบใส่คืนและขอบเขตของการสุ่มจะขึ้นอยู่กับข้อมูล วิธีการนี้จะเหมาะสมกับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาเนื่องจากเศษเหลือที่สุ่มได้จากเศษเหลือที่ในช่วงเวลาใกล้เคียงกันมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ถัดมาจะนำเศษเหลือไปรวมกับองค์ประกอบแนวโน้มและฤดูกาลที่ได้แยกไว้ในขั้นตอนแยกส่วนประกอบจะทำให้ได้อนุกรมเวลาชุดใหม่ ขั้นตอนนี้จะทำการสุ่มซ้ำทั้งหมด 100 รอบ ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะได้เป็นอนุกรมเวลาชุดใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นรวมทั้งสิ้น 100 ชุด

3.3 การพยากรณ์

ขั้นตอนนี้จะนำอนุกรมเวลาแต่ละชุดจากขั้นตอนการจำลองแบบไปทำการพยากรณ์ด้วยวิธีพยากรณ์ต่างๆ ได้แก่ วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ วิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก และวิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณ โดยพยากรณ์อนุกรมเวลาที่สร้างขึ้นใหม่ทั้งหมด 100 ชุด และทำการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน ซึ่งภายหลังจากขั้นตอนนี้จะได้ค่าพยากรณ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด 100 ชุด ขั้นตอนการคำนวนสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ [12]

3.3.1 วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวกมีสมการพยากรณ์ h ช่วงเวลาล่วงหน้าที่เวลา t ดังสมการที่ (1), (2), (3), และ (4)

$$l_t = \alpha(Y_t - S_{t-m}) + (1-\alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \quad (1)$$

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \quad (2)$$

$$s_t = \gamma(Y_t - l_{t-1} - b_{t-1}) + (1-\gamma)S_{t-m} \quad (3)$$

$$\hat{Y}_{t+h} = l_t + hb_t + S_{t-m+h} \quad (4)$$

3.3.2 วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณมีสมการพยากรณ์ h ช่วงเวลาล่วงหน้าที่เวลา t ดังสมการที่ (5), (6), (7), และ (8)

$$l_t = \alpha\frac{Y_t}{S_{t-m}} + (1-\alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \quad (5)$$

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \quad (6)$$

$$s_t = \gamma\frac{Y_t}{(l_{t-1} - b_{t-1})} + (1-\gamma)S_{t-m} \quad (7)$$

$$\hat{Y}_{t+h} = (l_t + hb_t)S_{t-m+h} \quad (8)$$

3.3.3 วิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก มีสมการพยากรณ์ h ช่วงเวลาล่วงหน้าที่เวลา t ดังสมการที่ (9), (10), (11), และ (12)

$$l_t = \alpha(Y_t - S_{t-m}) + (1-\alpha)(l_{t-1} + \phi b_{t-1}) \quad (9)$$

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1-\beta)\phi b_{t-1} \quad (10)$$

$$s_t = \gamma(Y_t - l_{t-1} - \phi b_{t-1}) + (1-\gamma)S_{t-m} \quad (11)$$

$$\hat{Y}_{t+h} = l_t + \phi h b_t + S_{t-m+h} \quad (12)$$

3.3.4 วิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณ มีสมการพยากรณ์ h ช่วงเวลาล่วงหน้าที่เวลา t ดังสมการที่ (13), (14), (15), และ (16)

$$l_t = \alpha\frac{Y_t}{S_{t-m}} + (1-\alpha)(l_{t-1} + \phi b_{t-1}) \quad (13)$$

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1-\beta)\phi b_{t-1} \quad (14)$$

$$s_t = \gamma\frac{Y_t}{(l_{t-1} - \phi b_{t-1})} + (1-\gamma)S_{t-m} \quad (15)$$

$$\hat{Y}_{t+h} = [l_t + (\phi + \phi^2 + \ldots + \phi^h)b_t]S_{t-m+h} \quad (16)$$

Y_t คือ ค่าสังเกต ณ เวลา t
$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t
l_t คือ ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t
b_t คือ ค่าความชัน ณ เวลา t
s_t คือ ค่าดัชนีฤดูกาล ณ เวลา t
m คือ จำนวนฤดูกาลของอนุกรมเวลาใน 1 ปี
h คือ จำนวนช่วงเวลาที่พยากรณ์นับจากปัจจุบัน
α คือ ค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม
β คือ ค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าความชัน
γ คือ ค่าปรับน้ำหนักสำหรับอิทธิพลของฤดูกาล
Φ คือ ค่าปรับน้ำหนักสำหรับอัตราการเพิ่มขึ้นของแนวโน้ม

ค่าพารามิเตอร์ปรับให้เรียบทั้ง 4 ค่า คือ α, β, γ และ Φ จะต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ในขณะเดียวกัน m จะกำหนดให้เท่ากับ 12 เนื่องจากข้อมูลที่ใช้พยากรณ์เป็นข้อมูลรายเดือน ตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดจะต้องมี RMSE ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับข้อมูลชุดที่ 1 งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้โมดูล Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ปรับให้เรียบ α, β, γ และ Φ ให้เหมาะสมที่จะทำให้ตัวแบบพยากรณ์มีค่า RMSE ต่ำที่สุด

3.4 การรวบรวมค่าพยากรณ์

ขั้นตอนนี้จะนำผลการพยากรณ์ทั้งหมด 100 ชุดมาหาค่ากลางเพื่อได้ผลลัพธ์ที่เป็นค่าพยากรณ์สุดท้ายเพียงชุดเดียว งานวิจัยนี้ได้ใช้ค่ามัธยฐานเป็นค่ากลาง เพราะค่ามัธยฐานจะมีความไวต่อค่านอก

เกณฑ์ (Outlier) ที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับค่ากลางอื่นๆ เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเฉลี่ยปรับน้ำหนัก (Weighted Mean) เป็นต้น

3.5 การเปรียบเทียบตัวแบบที่เหมาะสมและการทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์

งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวแบบจากการพยากรณ์ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าจริง (Y_t) กับค่าพยากรณ์ ($\widehat{Y}_t$) ของตัวแบบที่ทดลองทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่ วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก และวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณ ในขณะเดียวกันยังเปรียบเทียบความเหมาะสมของกับตัวแบบโฮลท์-วินเทอร์แบบทั่วไปทั้งหมด 4 วิธี คือ วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ วิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก และวิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณ การตัดสินใจเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่ถูกสร้างจากข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งเป็นข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาประเทศไทยทั้งหมด 96 เดือน ตัวแบบที่เหมาะสมจะมีความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์น้อยที่สุด ตัวแบบที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด นอกจากนี้ความคลาดเคลื่อนของตัวแบบที่เหมาะสมจะต้องมีการแจกแจงปกติ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ด้วยการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงปกติของ Anderson-Darling ในโปรแกรม Minitab 18 ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยสมมติฐานหลัก (H_0) และ สมมติฐานรอง (H_1) แสดงได้ดังนี้

H_0 : ความคลาดเคลื่อนของตัวแบบพยากรณ์มีการแจกแจงปกติ

H_1 : ความคลาดเคลื่อนของตัวแบบพยากรณ์ไม่มีการแจกแจงปกติ

ขั้นตอนต่อมาผู้วิจัยได้ตรวจสอบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ด้วยข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งเป็นข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวทั้งหมด 12 เดือน (เริ่มตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 จนถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561) เพื่อพิจารณาว่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์มีมากหรือน้อยเพียงใด กรณีนี้จะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) โดยสมการของ RMSE และ MAPE สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (9) และ (10) ตามลำดับ

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} e_t^2} \qquad (9)$$

$$\text{MAPE} = \frac{100}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{e_t}{y_t}\right| \qquad (10)$$

กำหนดให้ e_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ โดย $e_t = Y_t - \widehat{Y}_t$ และ n คือ ขนาดของอนุกรมเวลา

4. ผลการวิจัย

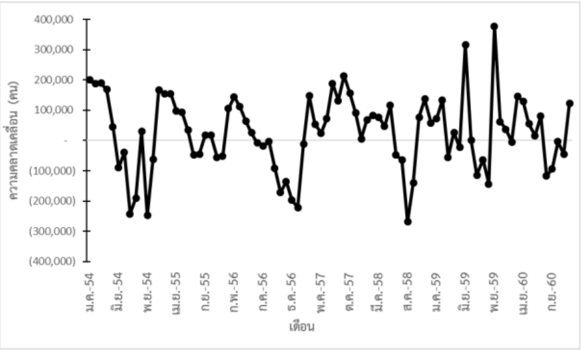
4.1 ผลการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

การสร้างตัวแบบพยากรณ์จากการใช้ข้อมูลชุดที่ 1 ด้วยวิธีต่างๆ ทั้งหมด 8 วิธี ได้แก่ วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ วิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก วิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณ วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก และวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณ ผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวแบบด้วย RMSE จะแสดงดังตารางที่ 1 ผลการทดลองพบว่าตัวแบบแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวกมีค่า RMSE ต่ำที่สุด (RMSE เท่ากับ 126,081) และขอบเขตของการสุ่มค่าเศษเหลือที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบนี้ คือ 3 ช่วงเวลา

ตารางที่ 1 ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์

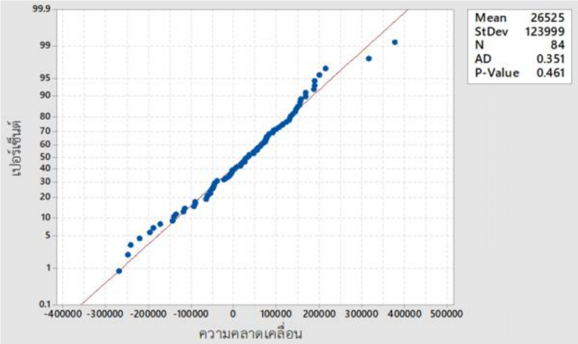
ตัวแบบพยากรณ์	RMSE
โฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก	163,754
โฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ	210,348
แบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก	140,018
แบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ	155,404
โฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก	153,902
โฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณ	178,641
แบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก	126,081
แบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณ	156,782

ความคลาดเคลื่อนของตัวแบบพยากรณ์แบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวกมีการกระจายตัวดังรูปที่3



รูปที่ 3 ความคลาดเคลื่อนของตัวแบบแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก

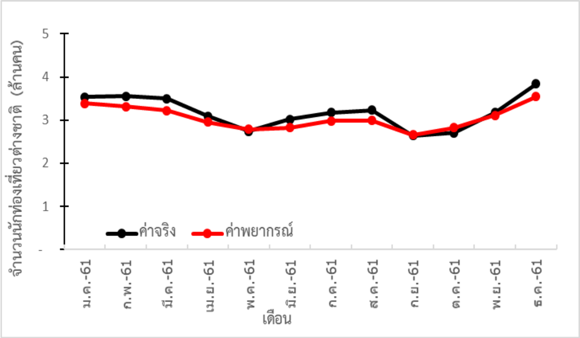
ภายหลังจากการนำความคลาดเคลื่อนของตัวแบบแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวกไปทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยวิธีของ Anderson-Darling ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4 ความคลาดเคลื่อนมีค่า P-Value เท่ากับ 0.461 เมื่อ P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ว่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวกมีการแจกแจงปกติ ดังนั้นตัวแบบนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้พยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทย



รูปที่ 4 การทดสอบการแจกแจงปกติของความคลาดเคลื่อนด้วยตัวแบบแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการพยากรณ์

ตัวแบบพยากรณ์แบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวกแบบปรับค่าแนวโน้มเป็นวิธีที่มีความถูกต้องสำหรับการพยากรณ์มากที่สุด เนื่องจากมีค่า RMSE ที่ต่ำที่สุด จากการทดสอบกับชุดข้อมูลที่ 1 และความคลาดเคลื่อนของตัวแบบเป็นอิสระกันและมีการแจกแจงปกติ ตัวแบบจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้พยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยและใช้ในการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน การทดสอบประสิทธิภาพการพยากรณ์สามารถทำได้โดยนำค่าพยากรณ์ไปเทียบกับค่าจริงจากข้อมูลชุดที่ 2 ดังรูปที่ 2 ที่แสดงจำนวนนักท่องเที่ยวจริงเทียบกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก ผลการศึกษาพบว่าค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง โดยค่า MAPE เท่ากับ 4.97%



รูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบจำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยจริงและค่าพยากรณ์

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอประสิทธิภาพการพยากรณ์ด้วยวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มสำหรับประยุกต์ใช้พยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทย วิธีนี้เป็นเทคนิคผสมระหว่างวิธีแบกกิ้งซึ่งเป็นที่นิยมในงานวิจัยทางด้านปัญญาประดิษฐ์และวิธีปรับให้เรียบโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มโดยเป็นที่แพร่หลายในงานวิจัยทางด้านการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะถูกแบ่งเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 จะถูกเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ทั้งหมด 96 เดือน ใช้สำหรับสร้างตัวแบบพยากรณ์ทั้ง 8 วิธี ได้แก่ วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก วิธีโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ วิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก วิธีโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณ วิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวก และวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบคูณ เกณฑ์การพิจารณาจะใช้ค่า RMSE ที่ต่ำที่สุด ผลการทดลองพบว่าตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวกเป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุด เพราะมีค่า RMSE ต่ำที่สุด (RMSE เท่ากับ 126,081) ดังแสดงในตารางที่ 1 และความคลาดเคลื่อนของตัวแบบพยากรณ์มีการแจกแจงปกติ ดังรูปที่ 4 ในขณะเดียวกันเมื่อนำตัวแบบไปพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์กับข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งถูกเก็บข้อมูลตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ทั้งหมด 12 เดือน ผลการทดสอบพบว่าวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มรูปแบบบวกสามารถพยากรณ์ปริมาณนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยได้ใกล้เคียงกับค่าจริงโดยค่า MAPE เท่ากับ 4.97% ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีแบกกิ้งโฮลท์-วินเทอร์แบบปรับค่าแนวโน้มมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยที่แม่นยำและเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้พยากรณ์ข้อมูลอื่นๆ ที่ประกอบไปด้วยแนวโน้มและฤดูกาลแต่มีอัตราการเจริญเติบโตหรืออัตราการหดตัวของแนวโน้มที่ลดลง

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมการท่องเที่ยว. 2561. แผนยุทธศาสตร์พัฒนาการท่องเที่ยว พ.ศ. 2561-2564 ของกรมการท่องเที่ยว. พิมพ์ครั้งที่ 1. วีไอพีก็อปปี้ปริ้น.

[2] C.C. Holt, “Forecasting Trends and Seasonals by Exponentially Weighted Averages,” Carnegie Institute of Technology, 1957

[3] P.R. Winters, “Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages,” Management of Science., vol. 6, no. 3, pp. 231-362, 1960

[4] T.M. Dantas, F.L.C. Oliveria, and H.M.V. Repolho “Air transportation demand forecast through Bagging Holt Winters methods,” Journal of Air Transport Management., vol.59, pp. 116-123, 2017

[5] B.L. Bowerman, R.T. O’Connell, A.B. Koehler. 2005. Forecasting, time series, and regression : an applied approach. 4th Edition. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole.

[6] H. Grubb and A. Mason, “Long lead-time forecasting of UK air passengers by Holt–Winters methods with damped trend,” International Journal of Forecasting., vol. 17, no. 1, pp. 71-82, January 2001

[7] B. Efron (1979). Breakthroughs in Statistics. Springer. pp. 569-593

[8] L. Breiman, “Bagging Predictors,” Machine Learning., vol.24, no.2, pp. 123-140, August 1996

[9] C. Cordeiro and M. Neves, “Forecast Time Series Boot .Expos Procedure,” Revstat Statistical Journal., vol. 7, no. 2, pp. 135-149, 2009

[10] C. Bergmeir, R.j. Hyndman, J.M. Benitez, “Bagging exponential smoothing methods using STL decomposition and Box-Cox transformation,” International Journal of Forecast., vol. 32, no. 2, pp. 303-312, April 2016

[11] H.R. Kunsch, “the Jacknife and the Bootstrap Bootstrap for General Stationary Observations,” the Annals of Statistics., vol. 17, no. 3, pp. 1217-1241, 1989

[12] R.J. Hyndman, G. Athanasopoulos. 2013. Forecasting Principles and Practice. 2nd edition. Otexts: Melbourne. Australia.

นายฉัฐวุฒิ สมานวงษ์

ประวัติการศึกษา

- วศ.บ. (วิศวกรรมวัสดุนาโน) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผศ. ดร. สมศรี บัณฑิตวิไล

ประวัติการศึกษา

- วท.บ. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน
- พบ.ม. (สถิติประยุกต์) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- M.S. (Computer Science), Florida Institute of Technology, USA
- Ph.D. (Computer Science), Florida Institute of Technology, USA

การประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อหาปริมาณความต้องการสินค้า กรณีศึกษากระบวนการบดปูนซีเมนต์
The Application of Forecasting Techniques for Product Demand Case Study Cement Grinding Process

สุธินี หนูหนุน[1], สุมิตรา ยาวุธ[2], ภัทราภรณ์ วงศ์แก้วมูล[3] และณัฐนารี สุขเสกสรรค์[4*]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาปราจีนบุรี ถนนปราจีนบุรี-เขาใหญ่ ตำบลเนินหอม อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี 25230
E-mail: [1]suthineesn305@gmail.com, [2]sumittra.5832020016@gmail.com, [3]Pattaraporn09150@gmail.com and [4*]natanaree.s@fitm.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์เพื่อหาความต้องการปูนซีเมนต์ในแต่ละชนิด เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานคือศึกษาข้อมูลปริมาณยอดจ่ายปูนซีเมนต์แต่ละประเภทย้อนหลังตั้งแต่มกราคมถึงธันวาคม พ.ศ.2561 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาพยากรณ์โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียล และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลซ้ำสองครั้ง จากนั้นทำการเปรียบเทียบเพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE และค่า MAD ต่ำที่สุด โดยใช้โปรแกรม Minitab และนำวิธีการพยากรณ์ที่ได้มาพยากรณ์ความต้องการและคำนวณหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าวิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลเหมาะสำหรับปูนซีเมนต์ B C และ F ในขณะที่วิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลซ้ำสอง เหมาะสำหรับปูนซีเมนต์ A D และ E จากนั้นทำการพยากรณ์ความต้องการปูนซีเมนต์ตลอดทั้งปีเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสม

คำสำคัญ: เทคนิคการพยากรณ์, การประยุกต์ใช้, กระบวนการบดปูนซีเมนต์

Abstract

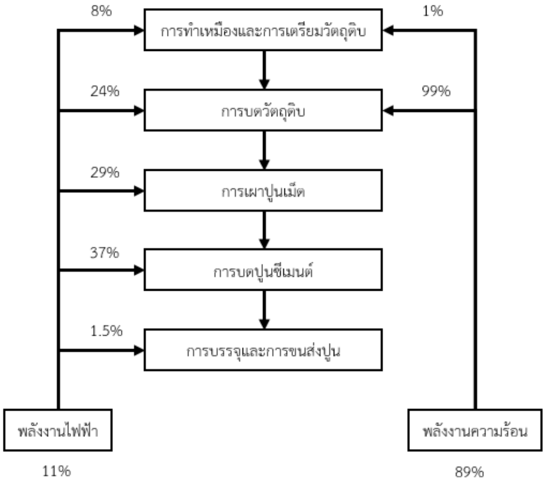
The objective of this article is to apply forecasting techniques for product demand. After that, the Economic Production Quantity (EPQ) is determined. The process of this study is to collect the quantity of cement in each type from January to December 2018. Next, moving average, single exponential smoothing, and double exponential smoothing techniques are used to forecast the product demand. Mean absolute percent error (MAPE) and mean absolute deviation (MAD) in each technique are compared for finding the minimum value by using Minitab program. After that, suitable forecasting techniques are used to forecast the demand and EPQ is determined. The results show that the single exponential smoothing technique is suitable for cement type B, C, and F. While the double exponential smoothing technique is suitable for cement type A, D, and E. After that, all cement types are forecasted and the EPQ is determined.

Keywords: Forecasting Techniques, Application, Cement Grinding Process

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีความสำคัญสำหรับการก่อสร้าง โดยกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ของโรงงานกรณีศึกษาได้แบ่งขั้นตอนการผลิตออกเป็น 5 ขั้นตอน ซึ่งมีการใช้พลังงานจาก 2 แหล่ง ได้แก่ พลังงานความร้อน และพลังงานไฟฟ้า ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 พบว่าพลังงานความร้อนมีการใช้มากถึง 89 % แต่พบว่าต้นทุนการผลิตต่อหน่วยถูกกว่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะพิจารณาพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นต้นทุนที่มีราคาแพงมากกว่า โดยในส่วนของแหล่งพลังงานไฟฟ้านั้น พบว่าในขั้นตอนการบดปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่จะได้ผลผลิตเป็นปูนซีเมนต์ชนิดต่างๆสำหรับจ่ายให้ลูกค้า ขั้นตอนนี้ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดถึงร้อยละ 37



รูปที่ 1 พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์

* Corresponding author: E-mail: natanaree.s@fitm.kmutnb.ac.th

[4] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์บริษัทกรณีศึกษานี้ยังไม่ได้มีการวางแผนในการผลิตที่เหมาะสม ทำให้กระบวนการผลิตมีการใช้พลังงานในช่วง On Peak ซึ่งมีค่าไฟฟ้าสูงกว่าช่วง Off Peak ดังนั้นในบทความนี้จะนำเสนอวิธีการพยากรณ์ความต้องการปูนซีเมนต์แต่ละประเภท และนำมาหาปริมาณการผลิตที่ประหยัด (Economic Production Quantity; EPQ) เพื่อนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวางแผนการผลิตต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่ใช้ในบทความนี้จะใช้ 2 ทฤษฎีหลักได้แก่ 1. ทฤษฎีเกี่ยวกับการพยากรณ์ความต้องการ 3 วิธีได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียล (Single Exponential Smoothing) และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลซ้ำสองครั้ง (Double Exponential Smoothing) รวมถึงการคำนวณหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation: MAD) ซึ่งการพิจารณาหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมจะใช้การเปรียบเทียบค่า MAPE และ MAD โดยวิธีใดให้ค่าน้อยที่สุดแสดงว่าวิธีการพยากรณ์แบบนั้นเหมาะสม และ 2. ทฤษฎีการหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งเป็นนโยบายที่มีอัตราการเติมเต็มสินค้าจำกัดและเป็นค่าคงที่ หรือเป็นนโยบายที่สินค้าถูกเติมเต็มจากการผลิตของหน่วยผลิตสินค้า โดยมีสมมติฐานคือ ทราบปริมาณความต้องการต่อปี อัตราการใช้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง อัตราการผลิตคงที่แต่เกิดขึ้นเป็นช่วง ๆ ระยะเวลาการรอคอยไม่เปลี่ยนแปลง ไม่มีส่วนลดในการผลิต และไม่มีสินค้าขาดมือ

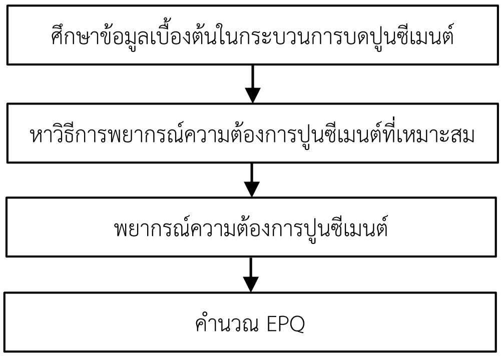
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์มีหลากหลายงานวิจัย อย่างไรก็ตามในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงแค่บางส่วนเท่านั้น

มธุรส และสุขสันติ์ (2562) [1] ได้ศึกษาการปรับปรุงการวางแผนการผลิต เพื่อการพยากรณ์การสั่งซื้อวัตถุดิบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าและนำไปเป็นข้อมูลในการสั่งซื้อวัตถุดิบจากต่างประเทศ โดยใช้วิธีการพยากรณ์ 5 วิธี คือ แบบถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่ แบบปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย แบบวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์ แบบฤดูกาลของวินเทอร์ และแบบวิธีบอกซ์-เจนกินส์ มาทำการเปรียบเทียบโดยวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ ค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ ค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน และค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง พบว่าการพยากรณ์แบบฤดูกาลของวินเทอร์ มีค่าความผิดพลาดต่ำที่สุด จึงได้นำวิธีนี้มาเพื่อเป็นข้อมูลจัดตารางการสั่งซื้อวัตถุดิบและการวางแผนการผลิตสินค้า วรัญญู และคณะ (2561) [2] ได้ศึกษาการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาเพื่อหาปริมาณการผลิตเสาปูนคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหมาะสมโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้วิธีการพยากรณ์ 2 วิธี คือ 1) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล จากนั้นจึงใช้วิธีการเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ มาคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม แล้วจึงนำยอดขายที่ได้จากการพยากรณ์มาคำนวณหาปริมาณการผลิตเสาปูนคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหมาะสม โดยประยุกต์ใช้ตัวแบบของโปรแกรมเชิงเส้น และใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ นัทธพงศ์ (2561) [3] ได้ศึกษาการหาตัวแบบการพยากรณ์ความต้องการสินค้าประเภทยาและเวชภัณฑ์ที่เหมาะสมสาหรับผู้ประกอบกิจการค้าส่งยาและเวชภัณฑ์ ตัวแบบที่ทำการศึกษาประกอบด้วยตัวแบบการพยากรณ์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ตัวแบบการพยากรณ์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ตัวแบบการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียล และตัวแบบการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลเส้นตรง โดยวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์โดยพิจารณาจากร้อยละของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ ผลการศึกษาพบว่าสินค้าแต่ละประเภทมีความเหมาะสมกับตัวแบบการพยากรณ์ต่างกันโดยขึ้นอยู่กับรูปแบบของความต้องการ สุคนธ์ทิพย์ และอารยา (2561) [4] ได้พยากรณ์ความต้องการของสินค้าคงคลังสำเร็จรูปประเภทขวดโหล ของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกแห่งหนึ่งโดยใช้วิธีการพยากรณ์ 5 วิธี คือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย วิธีปรับเรียบเอ็กโพเนนเชียลซ้ำสองครั้ง วิธีแยกส่วนประกอบ และวิธีฤดูกาลของวินเตอร์ พบว่าวิธีแยกส่วนประกอบมีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลและให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ต่ำที่สุด ภัทราพล และนุจิรา (2560) [5] ได้ศึกษาการพยากรณ์ยอดขายของข้าวฮางงอก: กรณีศึกษากลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้อยจอมศรี จังหวัดสกลนคร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์ 7 วิธี ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก วิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โปแนนเชียล วิธีปรับเรียบแบบดับเบิลเอกซ์โปแนนเชียล วิธีแนวโน้มเชิงเส้น วิธีแนวโน้มดัชนีฤดูกาล และการพยากรณ์แบบวินเตอร์ พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน 3 ชนิด คือค่า MAD MSE และ MAPE พบว่าเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมคือ วิธีการพยากรณ์แนวโน้มดัชนีฤดูกาล

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานในงานวิจัยนี้แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ข้อมูลเบื้องต้นในกระบวนการบดปูนซีเมนต์

ณ ปัจจุบันในการผลิตปูนซีเมนต์มีทั้งหมด 6 ประเภทได้แก่ปูนชนิด A B C D E และ F (ชื่อสมมุติ) โดยในกระบวนการบดจะมีหม้อบดปูนซีเมนต์จำนวน 11 หม้อ ซึ่งแต่ละหม้อจะสามารถใช้บดปูนซีเมนต์

แต่ละประเภทได้แตกต่างกัน ทั้งในด้านการใช้ไฟฟ้าและกำลังการผลิต โดยมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 กำลังไฟฟ้าของหม้อบดในการผลิตปูนซีเมนต์แต่ละชนิด

เครื่อง	ปูนซีเมนต์ (kWh/ตัน)					
	A	B	C	D	E	F
CM1	38.7	48.4				
CM2				42.5	72.2	
CM3	38.5			40.5	72.3	
CM4	36.4		57.4			38.5
CM5	34.8					38.2
CM6	34.9					36.8
CM7	36.8					40.5
CM8	38.4		57.7			42.6
CM9	34.5					
CM10	33.9					
CM11	33.4					

ตารางที่ 2 กำลังการผลิตของหม้อบดในการผลิตปูนซีเมนต์แต่ละชนิด

เครื่อง	**ปูนซีเมนต์ (ตัน/ชั่วโมง)**					
	A	B	C	D	E	F
CM1	65	50				
CM2				57	32	
CM3	100			100	75	
CM4	146		93			130
CM5	151					142
CM6	157					130
CM7	119					108
CM8	115		76			113
CM9	166					
CM10	180					
CM11	180					

นอกจากนี้ยังได้มีการเก็บข้อมูลปริมาณยอดจ่ายปูนซีเมนต์แต่ละประเภทย้อนหลัง ซึ่งทางผู้ศึกษามีข้อจำกัดคือทางบริษัทสามารถให้ข้อมูลย้อนหลังได้เพียง 1 ปี เนื่องจากทางบริษัทไม่มีการเก็บข้อมูลในส่วนดังกล่าว ดังนั้นจึงมีข้อมูลยอดจ่ายปูนซีเมนต์ตั้งแต่มกราคมถึงธันวาคม พ.ศ.2561 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณยอดจ่ายปูนซีเมนต์แต่ละประเภท (ตัน)

เดือน	A	B	C	D	E	F
ม.ค.	428,773	15,329	49,268	16,952	24,124	32,298
ก.พ.	456,820	14,694	48,568	14,483	27,771	28,599
มี.ค.	503,248	17,418	50,683	17,426	28,991	30,311
เม.ย.	357,216	12,380	42,280	12,227	23,667	22,053
พ.ค.	405,857	13,549	42,004	15,537	21,731	27,286
มิ.ย.	437,412	12,450	62,922	14,820	26,126	33,666
ก.ค.	408,729	14,650	41,878	13,737	19,508	33,654
ส.ค.	473,225	12,130	53,621	17,157	38,134	30,296
ก.ย.	388,497	13,325	47,972	15,496	22,317	23,705
ต.ค.	384,299	14,797	44,232	13,304	19,401	33,126
พ.ย.	412,110	16,051	32,685	12,980	15,674	37,964
ธ.ค.	415,321	16,385	39,297	12,687	21,371	37,026

4.2 ผลการหาวิธีการพยากรณ์ความต้องการปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม

จากการศึกษาข้อมูลย้อนหลังพบว่าข้อมูลที่ได้มามีแนวโน้มและปัจจัยเชิงสุ่ม และเนื่องจากข้อมูลที่เก็บมาย้อนหลังได้เพียงแค่ 1 ปี จึงไม่สามารถเห็นในส่วนของฤดูกาลได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทดลองใช้วิธีการพยากรณ์เพียง 3 วิธี ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียล (Single Exponential Smoothing) และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลซ้ำสองครั้ง (Double Exponential Smoothing) จากนั้นทำการเปรียบเทียบเพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE และค่า MAD ต่ำที่สุด โดยใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการคำนวณหาค่า ดังแสดงผลในตารางที่ 4

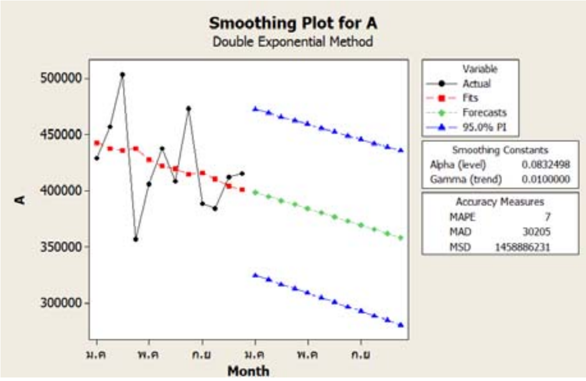
ตารางที่ 4 ค่า MAPE และค่า MAD ของแต่ละวิธีพยากรณ์

ปูนซีเมนต์ A	วิธีการพยากรณ์		
	Moving Average	Single Exponential (Alpha = 0.029)	Double Exponential (Alpha = 0.083, Gamma = 0.01)
ค่า MAPE	9	7	**7**
ค่า MAD	36,977	31,002	**30,205**
ปูนซีเมนต์ B	วิธีการพยากรณ์		
	Moving Average	Single Exponential (Alpha = 0.112)	Double Exponential (Alpha = 0.455, Gamma = 0.208)
ค่า MAPE	13	**10**	12
ค่า MAD	1,774	**1,460**	1,749
ปูนซีเมนต์ C	วิธีการพยากรณ์		
	Moving Average	Single Exponential (Alpha = 0.166)	Double Exponential (Alpha = 0.199, Gamma = 0.262)
ค่า MAPE	17	**14**	**14**
ค่า MAD	7,655	**6,244**	6,346
ปูนซีเมนต์ D	วิธีการพยากรณ์		
	Moving Average	Single Exponential (Alpha = 0.122)	Double Exponential (Alpha = 0.287, Gamma = 0.284)
ค่า MAPE	12	**11**	**11**
ค่า MAD	1,560	1,562	**1,537**
ปูนซีเมนต์ E	วิธีการพยากรณ์		
	Moving Average	Single Exponential (Alpha = 0.143)	Double Exponential (Alpha = 0.197, Gamma = 0.343)
ค่า MAPE	28	20	**19**
ค่า MAD	6,195	4,611	**4,574**
ปูนซีเมนต์ F	วิธีการพยากรณ์		
	Moving Average	Single Exponential (Alpha = 0.173)	Double Exponential (Alpha = 0.354, Gamma = 0.269)
ค่า MAPE	19	**14**	**14**
ค่า MAD	5,564	**3,995**	4,033

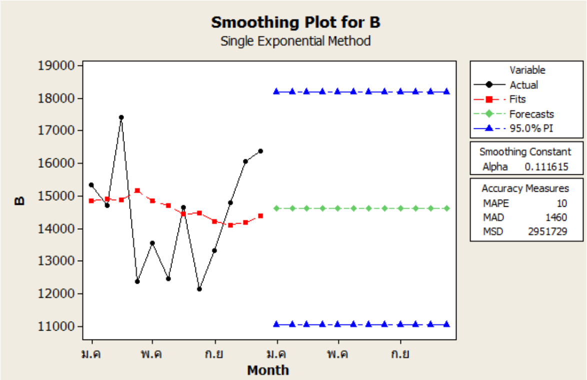
จากตารางที่ 4 พบว่าวิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียล (Single Exponential Smoothing) เหมาะสำหรับปูนซีเมนต์ B C และ F ในขณะที่วิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลซ้ำสองครั้ง (Double Exponential Smoothing) เหมาะสำหรับปูนซีเมนต์ A D และ E

4.3 ผลการพยากรณ์ความต้องการปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม

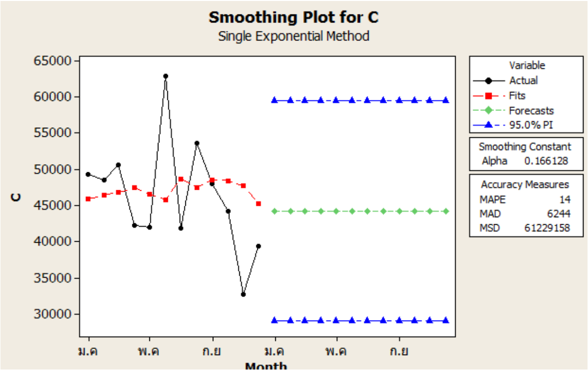
หลังจากที่เราได้วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมแล้ว จึงนำข้อมูลปริมาณยอดการจ่ายปูนซีเมนต์ของปีพ.ศ.2561 มายอดจ่ายปูนของปี พ.ศ.2562 โดยใช้โปรแกรม Minitab ผลการพยากรณ์ดังแสดงรูปที่ 3 ถึงรูปที่ 8 และสรุปผลในตารางที่ 5



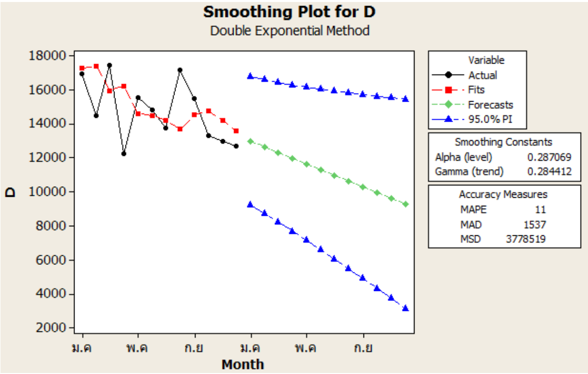
รูปที่ 3 การพยากรณ์ยอดจ่ายปูนซีเมนต์ A โดยวิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลซ้ำสองครั้ง



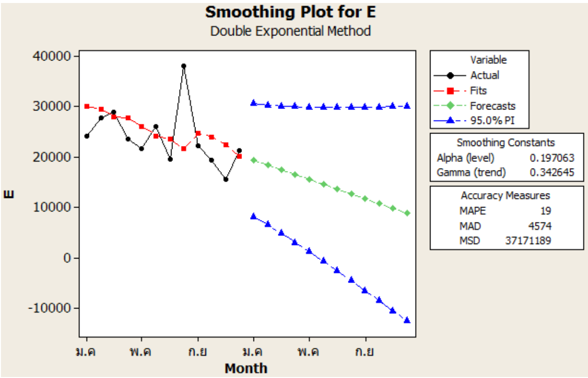
รูปที่ 4 การพยากรณ์ยอดจ่ายปูนซีเมนต์ B โดยวิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียล



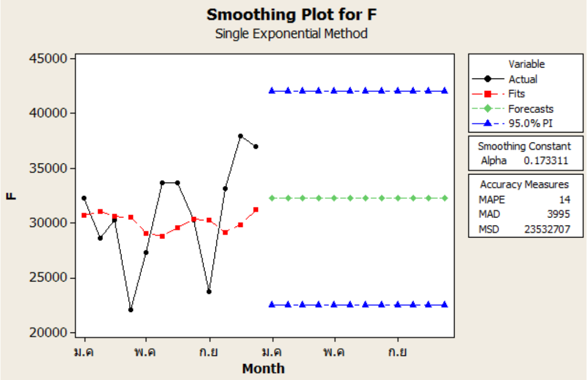
รูปที่ 5 การพยากรณ์ยอดจ่ายปูนซีเมนต์ C โดยวิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียล



รูปที่ 6 การพยากรณ์ยอดจ่ายปูนซีเมนต์ D โดยวิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลซ้ำสองครั้ง



รูปที่ 7 การพยากรณ์ยอดจ่ายปูนซีเมนต์ E โดยวิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลซ้ำสองครั้ง



รูปที่ 8 การพยากรณ์ยอดจ่ายปูนซีเมนต์ F โดยวิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียล

ตารางที่ 5 ปริมาณยอดจ่ายปูนซีเมนต์แต่ละประเภทจากการพยากรณ์

เดือน	A	B	C	D	E	F
ม.ค.	398,760	14,618	44,259	12,987	19,400	32,258
ก.พ.	395,078	14,618	44,259	12,651	18,437	32,258
มี.ค.	391,397	14,618	44,259	12,315	17,475	32,258
เม.ย.	387,715	14,618	44,259	11,978	16,512	32,258
พ.ค.	384,034	14,618	44,259	11,642	15,550	32,258
มิ.ย.	380,352	14,618	44,259	11,306	14,587	32,258
ก.ค.	376,670	14,618	44,259	10,969	13,625	32,258
ส.ค.	372,989	14,618	44,259	10,633	12,662	32,258
ก.ย.	369,307	14,618	44,259	10,297	11,700	32,258
ต.ค.	365,625	14,618	44,259	9,961	10,737	32,258
พ.ย.	361,944	14,618	44,259	9,624	9,775	32,258
ธ.ค.	358,262	14,618	44,259	9,288	8,812	32,258

4.4 ผลการคำนวณหาปริมาณการผลิตปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม (Economic Production Quantity : EPQ)

หลังจากได้ค่าพยากรณ์ปริมาณจ่ายปูนซีเมนต์ตลอดทั้งปี พ.ศ.2562 แล้ว จึงนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาค่าปริมาณการผลิตที่เหมาะสม โดยนำข้อมูลต้นทุนในการผลิตสินค้า ต้นทุนในการถือครองและเก็บรักษาสินค้า อัตราความต้องการสินค้า และอัตราการผลิตสินค้ามาประกอบการคำนวณโดยใช้สูตรในสมการที่ *(1)*

$$EPQ = \sqrt{\frac{2DS}{H\left(1-\frac{d}{p}\right)}} \qquad (1)$$

โดยที่

D หมายถึงความต้องการสินค้ารายปี

S หมายถึงต้นทุนในการผลิตสินค้า

H หมายถึงต้นทุนในการถือครองและเก็บรักษาสินค้า

d หมายถึงอัตราความต้องการสินค้า

p หมายถึงอัตราการผลิตสินค้า

โดยค่าความต้องการสินค้ารายปีนั้นนำค่าที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละเดือนมารวมกัน และคิดออกมาเป็นหน่วยชั่วโมงเพื่อจะได้นำข้อมูลผลการคำนวณไปวางแผนการผลิตต่อไป ส่วนต้นทุนในการผลิตสินค้าได้มาจากการนำกำลังไฟฟ้าที่ได้จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 มาเป็นข้อมูลประกอบการคำนวณ ต้นทุนในการถือครองและเก็บรักษาสินค้า อัตราความต้องการสินค้า อัตราการผลิตสินค้า ได้ข้อมูลมาจากบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งข้อมูลส่วนนี้ขอไม่เปิดเผยในบทความ อย่างไรก็ตามค่าอัตราความต้องการสินค้าของบริษัท น้อยกว่าอัตราการผลิตสินค้า ซึ่งจะทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณไม่ติดลบ ผลการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณการผลิตที่เหมาะสมของปูนซีเมนต์แต่ละชนิด

ปูนซีเมนต์	ปริมาณการผลิตที่เหมาะสม (ชั่วโมง)
A	2,906
B	204
C	377
D	302
E	291
F	836

หลังจากได้ปริมาณการผลิตที่เหมาะสมของปูนซีเมนต์แต่ละชนิดแล้ว สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปวางแผนการผลิตที่เหมาะสมต่อไป

5. สรุปผลการดำเนินการ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ทฤษฎีการพยากรณ์เพื่อหาความต้องการปูนซีเมนต์ในแต่ละชนิด เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสม โดยได้นำข้อมูลย้อนหลังมาพยากรณ์โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียล และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลซ้ำสองครั้ง จากนั้นทำการเปรียบเทียบเพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE และค่า MAD ต่ำที่สุด โดยใช้โปรแกรม Minitab ผลการศึกษาพบว่าวิธีการพยากรณ์แต่ละวิธีจะเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท โดยปูนซีเมนต์ B C และ F จะใช้วิธีพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียล จะให้ค่า MAPE และค่า MAD ต่ำที่สุด ในขณะที่ปูนซีเมนต์ A D และ E ใช้วิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลซ้ำสอง จะให้ค่าค่า MAPE และค่า MAD ต่ำที่สุด จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสม

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ต้องขอขอบพระคุณบริษัทปูนซีเมนต์กรณีศึกษาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงคำแนะนำที่เป็นประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

[1] มธุรส เสือขา และสุขสันติ์ พรหมปัญพงศ์ “การปรับปรุงการวางแผนการผลิต เพื่อการพยากรณ์การสั่งซื้อวัตถุดิบ” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2562 หน้า 601-607

[2] วรัญญู ทิพย์โพธิ์, ณัฐพงษ์ สมบัติหลาย, วัชระ ไตรภพ และวิโรจน์ ขาวสะอาด “การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาเพื่อหาปริมาณการผลิตเสาปูนคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหมาะสมโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้น” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2561 หน้า 1382-1386

[3] นัทธพงศ์ นันทสำเริง “การพยากรณ์ความต้องการสินค้าประเภทยาและเวชภัณฑ์ในคลังสินค้าของผู้ค้าส่ง” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2561 หน้า 1427-1431

[4] สุคนธ์ทิพย์ เพิ่มศิลป์ และ อารยา นุยา การพยากรณ์เพื่อควบคุมสินค้าคงคลังประเภทขวดโหล: กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2561 หน้า 1516-1520

[5] ภัทราพล กองทรัพย์ และนุจิรา กองทรัพย์ “การพยากรณ์ยอดขายของข้าวฮางงอก: กรณีศึกษากลุ่มวิสาหกิจ ชุมชนบ้านน้อยจอมศรี จังหวัดสกลนคร” วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2560)

ประวัติผู้เขียนบทความ

สุธินี หนูหนุน สำเร็จการศึกษาหลักสูตรอสบ. การจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี มีความสนใจเกี่ยวกับการพยากรณ์และการวางแผนการผลิต

สุมิตรา ยาวุ สำเร็จการศึกษาหลักสูตรอสบ.การจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี มีความสนใจเกี่ยวกับการพยากรณ์และการวางแผนการผลิต

ภัทราภรณ์ วงศ์แก้วมูล สำเร็จการศึกษาหลักสูตรอสบ.การจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี มีความสนใจเกี่ยวกับการพยากรณ์และการวางแผนการผลิต

ณัฐนารี สุขเสกสรรค์ ปัจจุบันเป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์ สังกัดภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาเอก สาขา Industrial Engineering & Management จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย งานวิจัยที่สนใจเกี่ยวกับการออกแบบคลังสินค้า ระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน

การประชุมวิชาการการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ. 2563
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
19-21 กุมภาพันธ์ 2563 กรุงเทพฯ

การหาจังหวะซื้อขายหุ้นภายใต้แนวคิดดัชนี *Dimbeta*

Stock trading rules based on *Dimbeta* indicator

เอกนรินทร์ แซ่ฉิน[1], สุดา ตระการเถลิงศักดิ์[2], ไพโรจน์ ขาวสิทธิวงษ์[3]
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม 73000

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาวิธีการหาจังหวะในการซื้อขายหุ้น ภายใต้แนวคิดดัชนี *Dimbeta* ที่ถูกปรับวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ 2) เปรียบเทียบอัตรากำไรที่ได้รับจากการซื้อขายหุ้นตามจังหวะการซื้อขายที่ได้จากวิธีการข้างต้น กับอัตรากำไรที่ได้รับจากการซื้อขายหุ้นตามจังหวะการซื้อขายที่ได้จากวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิดรายวัน ในการศึกษานี้ใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 วิธี คือ (1) ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (2) ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเชิงเส้น (3) ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอกซ์โพเนนเชียลแบบกำหนดค่า smoothing factor และ (4) ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอกซ์โพเนนเชียลแบบหาค่า smoothing factor เหมาะสุด โดยใช้วิธี Genetic Algorithm ในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละวิธี ผลการศึกษาพบว่า กรณีที่ใช้ดัชนี *Dimbeta* ร่วมกับการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบหาค่า smoothing factor เหมาะสุด สามารถสร้างอัตรากำไรได้ดีมากในช่วงข้อมูล Training set แต่ในช่วงข้อมูล Test set วิธีการหาจังหวะในการซื้อขายหุ้นภายใต้ดัชนี *Dimbeta* ไม่ได้ให้อัตราผลกำไรที่ดีกว่ากรณีการใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด

คำสำคัญ: หุ้น, ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่, วิธี Genetic algorithm

Abstract

The objectives of this paper are 1) To investigate the stock trading rules based on *Dimbeta indicator* incorporated with various moving average methods. 2) To compare rate of profit obtained from those methods with rate of profit obtained from the trading rules based on daily closed price. The Four moving average techniques including (1) Simple moving average (SMA), (2) Weighted moving average (WMA), (3) Exponential moving average (EMA) with assigned smoothing factors and (4) EMA with optimal smoothing factor are employed in this study. The Genetic Algorithm (GA) is used to optimize the parameters in each case. The results of this study show that the trading signals obtained from *Dimbeta indicator*, using the EMA with optimal smoothing factor in computing, provide highest rate of profit in Training set. However, the stock trading rules based on *Dimbeta indicator* do not provide higher rate of profit than the trading rules based on daily closed price in Test set.

Keywords: Stock, Moving average, Genetic algorithm

1. บทนำ

การลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ นอกจากการพิจารณาคัดเลือกหุ้นที่น่าสนใจและกำหนดน้ำหนักในการลงทุนกับหุ้นในพอร์ตแล้ว การหาจังหวะในการซื้อขายหุ้นก็เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อผลตอบแทนที่จะได้รับอย่างมาก

แนวทางที่นักลงทุนนิยมใช้หาจังหวะในการซื้อขายหุ้น คือการวิเคราะห์ทางเทคนิค (Technical analysis) ที่อาศัยหลักการทางสถิติในการวิเคราะห์พฤติกรรมหรือรูปแบบของราคาหุ้น รวมถึงปริมาณ มูลค่าการซื้อขายในอดีต เพื่อนำมาใช้คาดการณ์แนวโน้มของราคาหุ้นในอนาคต โดยนักลงทุนจะสร้างเป็นกฎการเทรด (Trading rule) ซึ่งกฎการเทรดที่นักลงทุนนิยมใช้คือ การหาจุดที่เกิดสัญญานซื้อขาย ซึ่งเป็นจุดตัดกันของเส้นแนวโน้ม 2 เส้นที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Averages) ของราคาหุ้นย้อนหลังตามจำนวนวันที่กำหนดไว้ [1]

วิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ที่นิยมใช้ในการสร้างกฎการเทรดมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย (Simple Moving Average หรือ SMA) เป็นการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) ของราคาหุ้นย้อนหลังตามช่วงเวลาที่กำหนด โดยข้อมูลที่นำมาคำนวณจะถูกถ่วงน้ำหนักที่เท่ากัน ซึ่งอาจทำให้วิธี SMA ขาดความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาหุ้นในช่วงที่มีความผันผวนมาก

วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบกำหนดน้ำหนักไม่เท่ากันจึงถูกนำมาใช้เพื่อลดข้อด้อยของวิธี SMA [2] ซึ่งมีวิธีการคำนวณได้หลายวิธี เช่น วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก (Weighted Moving Average หรือ WMA) [3] และวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Moving Average หรือ EMA) [4] เป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยกำหนดค่าน้ำหนักกับราคาหุ้นแต่ละค่าในช่วงเวลาที่ใช้ในการคำนวณไม่เท่ากัน ซึ่งส่วนใหญ่จะให้น้ำหนักกับค่าในช่วงเวลาปัจจุบันมากกว่าค่าในอดีต จึงทำให้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบนี้ มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาหุ้นมากกว่าวิธี SMA

โดยทั่วไป กฎการเทรดจะใช้การตัดกันของเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 เส้นที่มีการกำหนดจำนวนวันต่างกัน เพื่อทำนายแนวโน้มของราคาหุ้น โดยเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะสั้นจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาหุ้นมากกว่าเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะยาว ถ้าเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะสั้นมีการเพิ่มระดับจนตัดขึ้นกับเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะยาวแสดงถึงราคาหุ้นมีแนวโน้มสูงขึ้น และเมื่อเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะสั้นมีการลดระดับ

[1] นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร e-mail: saechin_a@su.ac.th
[2] รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร e-mail: tragantalerngsa_s@su.ac.th
[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร e-mail: khawsithiwong_p@silpakorn.edu

จนตัดลงกับเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะยาวแสดงถึงราคาหุ้นอาจมีการปรับราคาลง ซึ่งนักลงทุนสามารถใช้การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นแนวทางในการหาจังหวะซื้อขายหุ้นได้

แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการหาจังหวะเข้าซื้อขายหุ้นที่ได้จากการพิจารณาเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ จะขึ้นอยู่กับจำนวนวันที่ใช้คำนวณ [5] โดยจำนวนวันที่ใช้อาจเป็นค่าที่นักลงทุนกำหนดหรือเป็นค่าที่นิยมใช้โดยทั่วไปเช่น ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 5-10 วัน ใช้สำหรับการลงทุนระยะสั้น ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 25-50 วัน ใช้สำหรับการลงทุนระยะปานกลาง และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 200 วัน ใช้สำหรับการลงทุนระยะยาว เป็นต้น

แต่เนื่องจากหุ้นแต่ละตัวมีลักษณะการผันแปรของราคาหุ้นที่แตกต่างกัน การใช้ค่าจำนวนวันข้างต้นในการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ อาจไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมในการหาจังหวะเข้าซื้อขายหุ้น Tharavanij et al. (2015) [6] ดังนั้นการสร้างกฎการเทรด เพื่อให้ได้อัตราผลตอบแทนที่ดีนั้น จำเป็นจะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม วิธีหนึ่งที่มีนิยมใช้ในการหาค่าเหมาะสุดของพารามิเตอร์คือ วิธี Genetic algorithms (GA) [7]

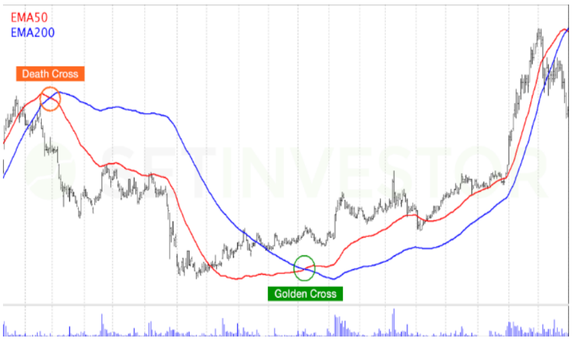
วิธี GA ถูกพัฒนาขึ้นโดย Holland (1975) [8] เป็นวิธีการทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ค้นหาผลลัพธ์เหมาะสุด ซึ่งมีแนวคิดมาจากทฤษฎีการวิวัฒนาการทางธรรมชาติของ Charles Darwin กระบวนการทำงานของวิธี GA จะเริ่มจากการสุ่มประชากรรุ่นแรกเพื่อค้นหาผลลัพธ์เริ่มต้น และอาศัยแนวคิดการวิวัฒนาการทางธรรมชาติเพื่อสร้างประชากรรุ่นต่อๆ มา โดยมุ่งหวังว่าผลลัพธ์ที่ได้จากประชากรรุ่นใหม่นี้จะดีขึ้นเรื่อยๆ

Papadamou และ Stephanides (2007) [9] ได้พัฒนาเครื่องมือเพื่อหาจังหวะในการซื้อขายหุ้นที่เรียกว่า *GATradeTool* โดยคำนวณเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 เส้น เส้นแรกเป็นอัตราการเบี่ยงเบน (Deviation) ของราคาปิดของหุ้นจากค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ตามจำนวนวันที่กำหนด ซึ่งเรียกค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เส้นนี้ว่า *Dimbeta* และหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เส้นที่ 2 จากการนำค่า *Dimbeta* ที่คำนวณได้มาหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยใช้จำนวนวันที่กำหนด จากนั้นทำการหาจังหวะในการซื้อขายหุ้นโดยพิจารณาจากจุดตัดของเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนทั้ง 2 เส้น ถ้าเส้น *Dimbeta* ตัดขึ้นกับเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของค่า *Dimbeta* แสดงถึงราคาหุ้นมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งเป็นจังหวะที่นักลงทุนอาจพิจารณาซื้อหุ้นเข้าพอร์ต แต่ถ้าเส้น *Dimbeta* ตัดลงกับเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของค่า *Dimbeta* แสดงถึงราคาหุ้นมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเป็นจังหวะที่นักลงทุนอาจพิจารณาขายหุ้นในพอร์ต โดย Papadamou และ Stephanides ใช้วิธี GA ในการหาจำนวนวันที่เหมาะสม และในการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ นอกจากนี้ Papadamou และ Stephanides ยังได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม *GATradeTool* กับโปรแกรม *FinTradeTool* และโปรแกรม *Metastock* พบว่าโปรแกรม *GATradeTool* ใช้เวลาน้อยสุดในการหาค่าผลลัพธ์เหมาะสุด

จากแนวคิดที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการหาจังหวะในการซื้อขายหุ้น โดยการปรับวิธีที่ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของดัชนี *Dimbeta* และเปรียบเทียบอัตรากำไรที่ได้รับกับกรณีที่ใช้จังหวะการซื้อขายจากการตัดกันของเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด โดยแต่ละแนวทาง จะใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 วิธีคือ 1) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) 2) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเชิงเส้น (WMA) 3) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอกซ์โพเนนเชียล (EMA) กรณีกำหนดค่า smoothing factor และ 4) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอกซ์โพเนนเชียลกรณีหาค่า smoothing factor ที่เหมาะสุด โดยใช้วิธี GA ในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แต่ละวิธี

2. การหาจังหวะซื้อขายด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด

วิธีการที่นักลงทุนนิยมใช้ในการหาจังหวะการลงทุนคือวิธีการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะสั้นกับเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะยาว หากเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะสั้นมีการเพิ่มระดับจนตัดขึ้นกับเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะยาวจะแสดงถึงแนวโน้มของราคาหุ้นที่สูงขึ้น ซึ่งเรียกจุดตัดนี้ว่า *Golden Cross* แต่ถ้าหากเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะสั้นมีการลดระดับจนตัดลงกับเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ระยะยาวแสดงถึงแนวโน้มของราคาหุ้นที่อาจปรับตัวลง ซึ่งเรียกจุดตัดนี้ว่า *Death Cross* ดังภาพ 1



ภาพ 1 การเกิดสัญญาณซื้อขายทางเทคนิค

จากแนวความคิดข้างต้นทำให้สามารถหาจังหวะในการซื้อขายหุ้นจากการตัดกันค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่สองเส้นได้ โดยวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่นิยมใช้มีหลายวิธี เช่น

2.1 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย (Simple Moving Average: SMA)

ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่ายเกิดจากการหาผลรวมของราคาปิดของหุ้นตามจำนวนวันที่กำหนดและหารด้วยจำนวนวันที่นำมาคำนวณ แสดงดังสมการ

$$SMA_t = SMA_{t-1} + \frac{Close_t - Close_{t-\theta}}{\theta}$$

โดยที่

$Close_t$	คือ	ราคาปิดของหุ้น ณ วันที่ t
θ	คือ	จำนวนวันที่นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในช่วงเวลาที่กำหนด

2.2 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเชิงเส้น (Linear Weighted Moving Average หรือ WMA)

ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเชิงเส้น เป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยโดยให้น้ำหนักกับค่าในช่วงเวลาปัจจุบันมากกว่าค่าในอดีต จึงทำให้ค่าเฉลี่ยนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาหุ้นมากกว่าวิธี SMA การกำหนดค่าน้ำหนักที่นิยมใช้คือการให้น้ำหนักกับข้อมูล ณ วันปัจจุบันมากสุดและค่าน้ำหนักจะลดลงตามระยะเวลาแบบเชิงเส้น Perry (2010) [3] ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$WMA_t = \frac{\sum_{i=0}^{\theta-1}(\theta-i)Close_{t-i}}{\sum_{i=0}^{\theta-1}(\theta-i)}$$

โดยที่

$Close_t$	คือ	ราคาปิดของหุ้น ณ วันที่ t
θ	คือ	จำนวนวันที่นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในช่วงเวลาที่กำหนด

2.3 ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Moving Average หรือ EMA)

ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอกซ์โพเนนเชียลเป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยที่ให้ค่าน้ำหนักกับราคาหุ้นในช่วงเวลาปัจจุบันมากกว่าช่วงเวลาในอดีต เช่นเดียวกับวิธี WMA แต่ค่าน้ำหนักที่ถูกกำหนดให้กับราคาปิดจะลดลงตามค่าของพารามิเตอร์ α ในฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอกซ์โพเนนเชียลมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$EMA_t = EMA_{t-1} + \alpha(\mathbf{Close}_t - EMA_{t-1})$$

โดยที่

$Close_t$	คือ	ราคาปิดของหุ้น ณ วันที่ *t*
α	คือ	Constant smoothing factor ($0<\alpha<1$)

3. การหาจังหวะซื้อขายด้วยดัชนี *Dimbeta*

Papadamou และ Stephanides (2007) [9] เสนอกฎการ เทรด โดยพิจารณาจังหวะการซื้อขายสร้างจากจุดตัดของเส้นอัตราการเบี่ยงเบน (Deviation) ของราคาปิดของหุ้นจากค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ตามจำนวนวันที่กำหนด (θ_1) ซึ่งเรียกว่าเส้น *Dimbeta* กับเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของ *Dimbeta* ตามจำนวนวันที่กำหนด (θ_2) ซึ่งวิธีการคำนวณดังนี้

3.1 ดัชนี *Dimbeta* แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย

$$\mathbf{Dimbeta}_t = \frac{\mathbf{Close}_t - \mathbf{SMA}_t(\mathbf{Close}, \boldsymbol{\theta}_1)}{\mathbf{SMA}_t(\mathbf{Close}, \boldsymbol{\theta}_1)}$$

โดยที่

$\mathbf{Close}_t$	คือ	ราคาปิดของหุ้น ณ วันที่ t
$\mathbf{SMA}_t(\mathbf{Close}, \boldsymbol{\theta}_1)$	คือ	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่ายของราคาปิด θ_1 วัน ณ วันที่ t
$\boldsymbol{\theta}_1$	คือ	จำนวนวันที่กำหนด

และหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เส้นที่ 2 โดยนำค่า *Dimbeta* มาหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้จำนวนวันที่กำหนด (θ_2) ดังสมการ

$$\mathbf{MovAv}_t = \frac{1}{\boldsymbol{\theta}_2}\sum_{i=0}^{\boldsymbol{\theta}_2-1} \mathbf{Dimbeta}_{t-i}$$

โดยที่

$\mathbf{MovAv}_t$	คือ	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่ายของ *Dimbeta* จำนวน θ_2 วัน ณ วันที่ t
$\boldsymbol{\theta}_2$	คือ	จำนวนวันที่กำหนด

ถ้าเส้น *Dimbeta* ตัดขึ้นกับเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ *MovAv* แสดงถึงราคาหุ้นมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งเป็นจังหวะที่นักลงทุนอาจพิจารณาซื้อหุ้นเข้าพอร์ต แต่ถ้าเส้น *Dimbeta* ตัดลงกับเส้น *MovAv* แสดงถึงราคาหุ้นมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเป็นจังหวะที่นักลงทุนอาจพิจารณาขายหุ้นในพอร์ต

จากวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่ายอาจขาดความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาหุ้นที่ผันผวน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาวิธีการหาจังหวะในการลงทุนโดยการปรับดัชนี *Dimbeta* ข้างต้นโดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเชิงเส้นและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอกซ์โพเนนเชียลแทนค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย วิธีการคำนวณแสดงดังนี้

3.2 ดัชนี *Dimbeta* แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเชิงเส้น (*WDimbeta*)

$$\mathbf{WDimbeta}_t = \frac{\mathbf{Close}_t - WMA_t(\mathbf{Close}, \boldsymbol{\theta}_1)}{WMA_t(\mathbf{Close}, \boldsymbol{\theta}_1)}$$

โดยที่

$\mathbf{Close}_t$	คือ	ราคาปิดของหุ้น ณ วันที่ t
$WMA_t(\mathbf{Close}, \boldsymbol{\theta}_1)$	คือ	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักเชิงเส้นของราคาปิด θ_1 วัน ณ วันที่ t
$\boldsymbol{\theta}_1$	คือ	จำนวนวันที่กำหนด

จากนั้นนำค่า *WDimbeta* มาหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้จำนวนวันที่กำหนด (θ_2) ดังสมการ

$$\mathbf{WMovAv}_t = \frac{2}{\boldsymbol{\theta}_2(\boldsymbol{\theta}_2+1)}\sum_{i=0}^{\boldsymbol{\theta}_2-1}(\boldsymbol{\theta}_2 - i)\mathbf{WDimbeta}_{t-i}$$

โดยที่

$\mathbf{WMovAv}_t$	คือ	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเชิงเส้นของ *WDimbeta* จำนวน θ_2 วัน ณ วันที่ t
$\boldsymbol{\theta}_2$	คือ	จำนวนวันที่กำหนด

3.3 ดัชนี *Dimbeta* แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอกซ์โพเนนเชียล (*EDimbeta*)

$$\mathbf{EDimbeta}_t = \frac{\mathbf{Close}_t - (EMA_{t-1} + \alpha_1(\mathbf{Close}_t - EMA_{t-1}))}{EMA_{t-1} + \alpha_1(\mathbf{Close}_t - EMA_{t-1})}$$

โดยที่

$\mathbf{Close}_t$	คือ	ราคาปิดของหุ้น ณ วันที่ t
EMA_{t-1}	คือ	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอกซ์โพเนนเชียลของราคาปิด θ_1 วัน ณ วันที่ t-1
α_1	คือ	Constant smoothing factor
θ_1	คือ	จำนวนวันที่กำหนด

จากนั้นนำค่า *EDimbeta* มาหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เอกซ์โพเนนเชียลโดยใช้จำนวนวันที่กำหนด (θ_2) ดังสมการ

$$\mathbf{EMovAv}_t = \mathbf{EMovAv}_{t-1} + \alpha_2(\mathbf{EDimbeta}_t - \mathbf{EMovAv}_{t-1})$$

โดยที่

$\mathbf{EDimbeta}_t$	คือ	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอกซ์โพเนนเชียลของ *EDimbeta* จำนวน θ_1 วัน ณ วันที่ t
$\mathbf{EMovAv}_{t-1}$	คือ	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอกซ์โพเนนเชียลของ *EMovAv* จำนวน θ_2 วัน ณ วันที่ t-1
α_2	คือ	Constant smoothing factor
θ_2	คือ	จำนวนวันที่กำหนด

งานวิจัยนี้ใช้วิธี Genetic algorithms ในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสุดของแต่ละวิธี ตาราง 1 แสดงสัญลักษณ์ของวิธีการและพารามิเตอร์ที่จะหาค่าเหมาะสุด

ตาราง 1 สัญลักษณ์วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่และพารามิเตอร์ที่ต้องการหาค่าของแต่ละวิธี

วิธีการคำนวณ	สัญลักษณ์		พารามิเตอร์
	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด	ดัชนี *Dimbeta*	
SMA	$SMA(\theta_1,\theta_2)$	$Dimbeta(\theta_1,\theta_2)$	θ_1,θ_2
WMA	$WMA(\theta_1,\theta_2)$	$WDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	θ_1,θ_2
EMA กรณีกำหนดค่า $\alpha_i=\frac{2}{\theta_i+1};i=1,2$	$EMA(\theta_1,\theta_2)$	$EDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	θ_1,θ_2
EMA กรณีหาค่าเหมาะสุดของ α_1,α_2	EMA $(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	$EDimbeta$ $(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	θ_1,θ_2 α_1,α_2

4. วิธี Genetic algorithms (GA)

วิธี GA มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ 1) การกำหนดรูปแบบของโครโมโซม 2) การกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม และ 3) ตัวดำเนินการของวิธี GA ซึ่งประกอบไปด้วยการคัดเลือก (Selection), การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) ซึ่งรายละเอียดแสดงเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

4.1 การกำหนดรูปแบบของโครโมโซม (Chromosomes encoding)

การกำหนดรูปแบบของโครโมโซม ในงานวิจัยนี้ใช้แบบไบนารี (Binary encoding) โดยวิธี $SMA(\theta_1,\theta_2)$, $WMA(\theta_1,\theta_2)$, $EMA(\theta_1,\theta_2)$, $Dimbeta(\theta_1,\theta_2)$, $WDimbeta(\theta_1,\theta_2)$ และ $EDimbeta(\theta_1,\theta_2)$ กำหนดจำนวนบิตในหนึ่งโครโมโซมเท่ากับ 16 บิต โดยจำนวนบิต 8 หลักแรกแทนค่าของ θ_1 และจำนวนบิต 8 หลักหลังแทนค่าของ θ_2

วิธี $EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ และ $EDimbeta$ $(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ กำหนดจำนวนบิตในหนึ่งโครโมโซมเท่ากับ 36 บิต โดยจำนวนบิต 8 หลักแรกแทนค่าของ θ_1 จำนวนบิต 8 หลักถัดมาแทนค่าของ θ_2 จำนวนบิต 10 หลักถัดมาแทนค่าของ α_1 และจำนวนบิต 10 หลักสุดท้ายแทนค่าของ α_2 ซึ่งค่าของ α_1 และ α_2 จะถูกหารด้วย 1,000 เพื่อให้มีค่าไม่เกิน 1

4.2 การกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function)

ฟังก์ชันความเหมาะสมเป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละโครโมโซม โดยโครโมโซมที่ให้ค่าความเหมาะสม (Fitness value) ที่ดีจะมีโอกาสสูงที่จะถูกเลือกเพื่อสร้างประชากรรุ่นต่อไป งานวิจัยนี้ใช้อัตรากำไรเป็นฟังก์ชันความเหมาะสม ตามวิธีของ Papadamou และ Stephanides (2007) [9] ซึ่งคำนวณดังนี้

$$\text{อัตรากำไร} = \frac{W_{(T)}-W_0}{W_0}\times 100$$

โดยที่

W_0 คือ เงินลงทุนเริ่มต้น

$W_{(T)}$ คือ มูลค่าหุ้น ณ วันที่ T

ซึ่งคำนวณดังนี้

$$W_{(T)} = W_0\prod_{t=1}^{T}\left(1+F_{t-1}r_t\right)\left\{1-\delta\left|F_t-F_{t-1}\right|\right\}$$

$r_t=\frac{Close_t}{Close_{t-1}}-1$ คือ อัตราผลตอบแทนของหุ้น ณ วันที่ t

δ คือ ค่าธรรมเนียมในการซื้อขายหุ้นซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.222346%

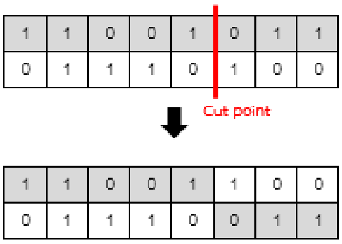
F_t คือ ตัวแปรไบนารีที่แสดงการเกิดสัญญาณซื้อ ($F_t=1$) หรือสัญญาณขาย ($F_t=0$

4.3 ตัวดำเนินการของวิธี GA

การคัดเลือก (Selection) เป็นกระบวนการคัดเลือกโครโมโซมโดยวิธีการสุ่มด้วยความน่าจะเป็น โดยโครโมโซมที่ให้ค่าความเหมาะสมที่ดี จะมีโอกาสมากที่จะถูกเลือกไปใช้สร้างประชากรในรุ่นถัดไป เนื่องจากค่าวัดความเหมาะสมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นอัตรากำไรจากการลงทุน ซึ่งอาจมีค่าเป็นลบได้ ดังนั้นการคัดเลือกจึงใช้วิธี Linear Ranking selection ที่เสนอโดย Baker (1985) [10] โครโมโซมจะถูกกำหนดน้ำหนักตามลำดับค่าความเหมาะสม นั่นคือโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุดจะถูกกำหนดค่าน้ำหนักเท่ากับ N (N คือจำนวนประชากรในแต่ละรุ่น) และโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูงเป็นลำดับถัดมาจะถูกกำหนดค่าน้ำหนักเท่ากับ N-1 กระทำเช่นนี้จนกระทั่ง โครโมโซมตัวสุดท้ายจะมีค่าน้ำหนักเป็น 1 ให้ w_i แทนค่าน้ำหนักของโครโมโซม i ความน่าจะเป็นที่โครโมโซม i จะถูกเลือกคือ

$$p_i=\frac{w_i}{\sum_{i=1}^{N}w_i}$$

การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) โครโมโซมที่ถูกคัดเลือกจะถูกสุ่มเพื่อมาจับคู่กันและทำการสลับตำแหน่งยีน (Gene) ในโครโมโซม งานวิจัยนี้ใช้วิธี Single-point crossover ซึ่งเป็นกระบวนการที่สุ่มตัวเลขที่ใช้แทนตำแหน่งในการสลับยีนบนโครโมโซมของประชากรรุ่นพ่อแม่เพื่อสร้างประชากรรุ่นลูกเพียงจุดเดียว ดังแสดงในภาพ 2



ภาพ 2 Single-point crossover

การกลายพันธุ์ (Mutation) ในบางครั้งการค้นหาคำตอบของวิธี GA อาจจะติดอยู่ใน Local Optimal ขั้นตอนการกลายพันธุ์จะช่วยแก้ไขปัญหานี้ งานวิจัยนี้ใช้วิธี **Uniform random mutation** ซึ่งเป็นการสร้างโครโมโซมที่ประกอบไปด้วยยีนที่มีค่า 0 และ 1 อย่างสุ่มเพื่อนำไปแทนที่ประชากรรุ่นพ่อแม่ที่ถูกเลือกมาเพื่อทำการกลายพันธุ์

ในการกำหนดขนาดประชากรในแต่ละรุ่น (Population size) ของวิธี $SMA(\theta_1,\theta_2)$, $WMA(\theta_1,\theta_2)$, $EMA(\theta_1,\theta_2)$, $Dimbeta(\theta_1,\theta_2)$, $WDimbeta(\theta_1,\theta_2)$ และ $EDimbeta(\theta_1,\theta_2)$ กำหนดเท่ากับ 30

เนื่องจากวิธี $EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ กับวิธี $EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ มีจำนวนค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการหาค่าเพิ่มขึ้น และจากการทำการทดลองหา Population size ที่เหมาะสมซึ่งได้ แก่ 30, 50, 80, 100, 150 และ 200 พบว่า Population size ตั้งแต่ 100 ขึ้นไปให้ค่าผลลัพธ์เหมาะสุดไม่แตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกำหนด Population size สำหรับวิธีข้างต้นเท่ากับ 100

สำหรับค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ในกระบวนการ GA ในงานวิจัยนี้กำหนดตามงานวิจัยที่เสนอโดย Goldberg (1989) [11], Bauer (1992) [12], Papadamou และ Stephanides (2007) [9] ดังนี้

กำหนดอัตราการข้ามสายพันธุ์ 60% อัตราการกลายพันธุ์ 10% และการสิ้นสุดกระบวนการ (Termination) กำหนดจำนวนรอบในการดำเนินการ 300 รอบ

5. ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลทุติยภูมิของราคาปิด (Closing price) ที่รวบรวมจากเว็บไซต์ www.investing.com โดยใช้หุ้นที่ได้คัดเลือกและกำหนดสัดส่วนการลงทุนจากงานวิจัยของ Saechin และ Tragantalerngsak [13] ในการสร้างพอร์ตปี 2560 และปี 2561 (ตามตาราง 2)

ตาราง 2 รายชื่อหุ้นและสัดส่วนการลงทุนของพอร์ตปี 2560และ 2561

พอร์ตปี 2560	หุ้นในพอร์ต	CBG	INTUCH	PTT	PTTEP	SCC
	สัดส่วนการลงทุน	11.91%	29.12%	32.88%	23.72%	2.36%
พอร์ตปี 2561	หุ้นในพอร์ต	BPP	INTUCH	PTT	PTTEP	TASCO
	สัดส่วนการลงทุน	4.39%	18.87%	23.33%	28.36%	25.05%

ราคาปิดของหุ้นต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับพอร์ตปี 2560 และปี 2561 จะถูกแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ข้อมูลช่วง Training set ใช้สำหรับการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในแต่ละวิธี และข้อมูลในช่วง Test set ใช้สำหรับทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่ได้ โดยช่วงข้อมูลดังกล่าวในแต่ละปีแสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 ช่วงของข้อมูล Training set และ Test set

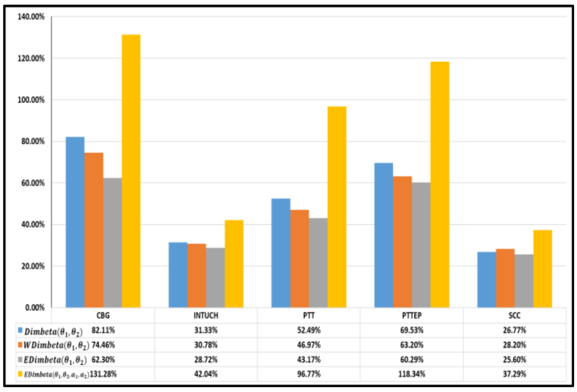
ข้อมูล	พอร์ตปี 2560	พอร์ตปี 2561
Training set	5 ม.ค. 2558 -30 มี.ค. 2560	4 ม.ค. 2559 – 31 มี.ค. 2561
Test set	3 เม.ย. 2560 - 30 มี.ค. 2561	2 เม.ย. 2561- 29 มี.ค. 2562

<u>หมายเหตุ</u> หุ้น BPP ได้เปิดทำการซื้อขายวันแรกในวันที่ 28 ตุลาคม 2559 จึงมีข้อมูลราคาปิดวันแรกเป็นวันที่ 31 ตุลาคม 2559 ดังนั้นสำหรับหุ้น BPP ช่วงของข้อมูล Training set เป็น 31 ตุลาคม 2559 ถึง 28 ธันวาคม 2562 และช่วงของข้อมูล Test set เป็น 2 มกราคม 2562 ถึง 28 มิถุนายน 2562

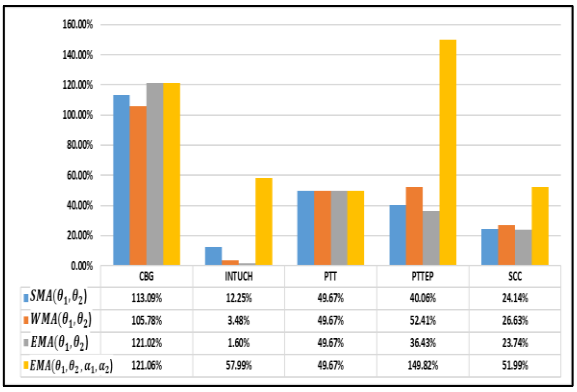
6. ผลการศึกษา

6.1 พอร์ตการลงทุนในปี 2560

ภาพ 3 แสดงการเปรียบเทียบอัตรากำไรที่ได้จากการการเทรดตามจังหวะการซื้อขายหุ้นแต่ละบริษัทในพอร์ตการลงทุน ปี 2560 ในช่วงข้อมูล Training set จากกรณีที่ใช้ดัชนี *Dimbeta* (ภาพ ก) พบว่าวิธี $EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ ให้อัตรากำไรของหุ้นแต่ละบริษัทสูงสุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่น สำหรับกรณีที่ใช้การเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด (ภาพ ข) พบว่าวิธี $EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ให้อัตรากำไรของหุ้น PTTEP, INTUCH และ SCC สูงกว่าวิธีอื่น นอกนั้นอยู่ในระดับใกล้เคียงกันในทุกวิธี



(ก)



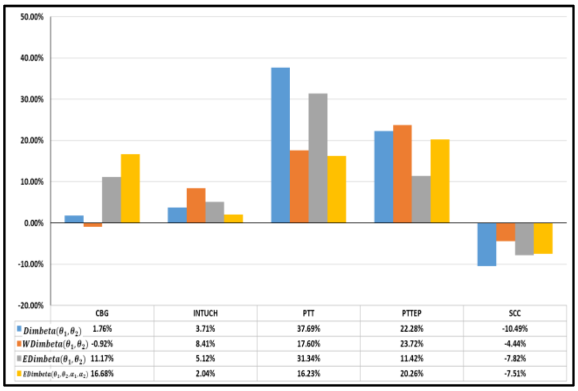
(ข)

ภาพ 3 เปรียบเทียบอัตรากำไรของหุ้นในพอร์ตปี 2560 จากการเทรดตามจังหวะการซื้อขายในช่วง Training set (ก) กรณีดัชนี *Dimbeta* (ข) กรณีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด

ภาพ 4 แสดงผลอัตรากำไรของหุ้นแต่ละบริษัทที่ได้จากการนำพารามิเตอร์ที่ได้มาใช้เพื่อหาจังหวะการซื้อขายกับข้อมูลในช่วง Test set โดยกรณีดัชนี *Dimbeta* (ภาพ ก) พบว่าวิธี $EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ ไม่ได้ให้อัตรากำไรสูงนัก วิธี $Dimbeta(\theta_1,\theta_2)$ให้อัตรากำไรของหุ้น PTT สูงสุด สำหรับกรณีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด (ภาพ ข) หุ้น PTT ให้อัตรากำไรสูงสุด โดยวิธีคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ทั้ง 4 ให้อัตรากำไรใกล้เคียงกัน

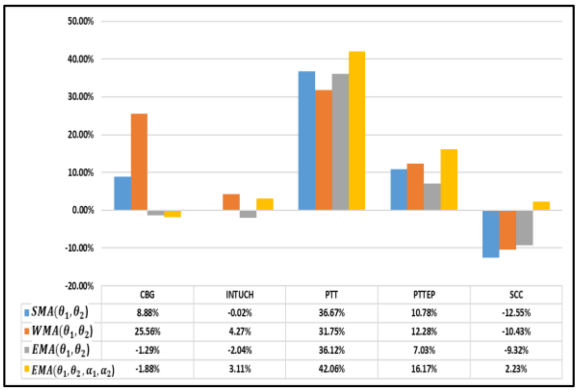
6.2 พอร์ตการลงทุนในปี 2561

ภาพ 5 แสดงการเปรียบเทียบกำไรที่ได้จากการการเทรดตามจังหวะการซื้อขายหุ้นในพอร์ตการลงทุน ปี 2561 พบว่ากำไรส่วนใหญ่ของพอร์ตมาจากหุ้น PTT หุ้น PTTEP กรณีที่ใช้ดัชนี *Dimbeta* (ภาพ ก) วิธี $EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ ให้อัตรากำไรสูงมากในหุ้น PTT และ PTTEP สำหรับวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด (ภาพ ข) วิธี $EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ ให้อัตรากำไรสูงสุดในหุ้นเกือบทุกบริษัท



	CBG	INTUCH	PTT	PTTEP	SCC
$Dimbeta(\theta_1,\theta_2)$	1.76%	3.71%	37.69%	22.28%	-10.49%
$WDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	-0.92%	8.41%	17.60%	23.72%	-4.44%
$EDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	11.17%	5.12%	31.34%	11.42%	-7.82%
$EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	16.68%	2.04%	16.23%	20.26%	-7.51%

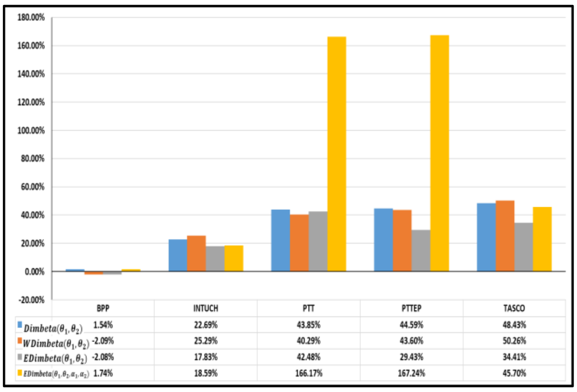
(ก)



	CBG	INTUCH	PTT	PTTEP	SCC
$SMA(\theta_1,\theta_2)$	8.88%	-0.02%	36.67%	10.78%	-12.55%
$WMA(\theta_1,\theta_2)$	25.56%	4.27%	31.75%	12.28%	-10.43%
$EMA(\theta_1,\theta_2)$	-1.29%	-2.04%	36.12%	7.03%	-9.32%
$EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	-1.88%	3.11%	42.06%	16.17%	2.23%

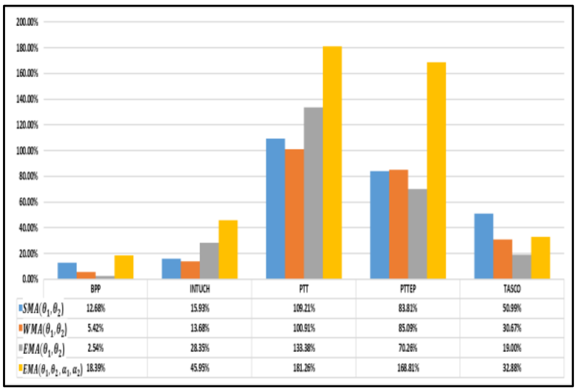
(ข)

ภาพ 4 เปรียบเทียบอัตรากำไรของหุ้นในพอร์ตปี 2560 จากการเทรดตามจังหวะการซื้อขายในช่วง Test set (ก) กรณีดัชนี *Dimbeta* (ข) กรณีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด



	BPP	INTUCH	PTT	PTTEP	TASCO
$Dimbeta(\theta_1,\theta_2)$	1.54%	22.69%	43.85%	44.59%	48.43%
$WDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	-2.09%	25.29%	40.29%	43.60%	50.26%
$EDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	-2.08%	17.83%	42.48%	29.43%	34.41%
$EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	1.74%	18.59%	166.17%	167.24%	45.70%

(ก)

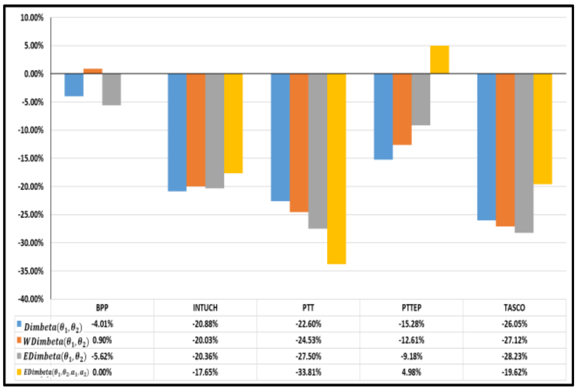


	BPP	INTUCH	PTT	PTTEP	TASCO
$SMA(\theta_1,\theta_2)$	12.68%	15.93%	109.21%	83.81%	50.99%
$WMA(\theta_1,\theta_2)$	5.42%	13.68%	100.91%	85.09%	30.67%
$EMA(\theta_1,\theta_2)$	2.54%	28.35%	133.38%	70.26%	19.00%
$EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	18.39%	45.95%	181.26%	168.81%	32.88%

(ข)

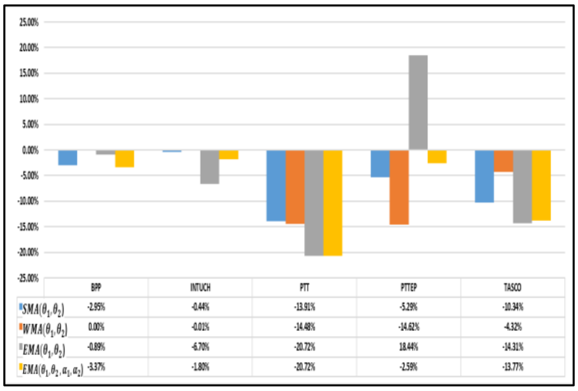
ภาพ 5 เปรียบเทียบอัตรากำไรของหุ้นในพอร์ตปี 2561 จากการเทรดตามจังหวะการซื้อขายในช่วง Training set (ก) กรณีดัชนี *Dimbeta* (ข) กรณีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด

สำหรับช่วง Test set ดังแสดงในภาพ 6 จะเห็นว่าหุ้นส่วนใหญ่ให้ผลกำไรติดลบในทุกวิธี ยกเว้นกรณีการหาจังหวะซื้อขายด้วยดัชนี *Dimbeta* ที่ใช้วิธี $EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ และกรณีที่ใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด ที่ใช้วิธี $EMA(\theta_1,\theta_2)$ ที่ยังคงให้อัตรากำไรของหุ้น PTTEP เป็นบวก



	BPP	INTUCH	PTT	PTTEP	TASCO
$Dimbeta(\theta_1,\theta_2)$	-4.01%	-20.88%	-22.60%	-15.28%	-26.05%
$WDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	0.90%	-20.03%	-24.53%	-12.61%	-27.12%
$EDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	-5.62%	-20.36%	-27.50%	-9.18%	-28.23%
$EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	0.00%	-17.65%	-33.81%	4.98%	-19.62%

(ก)



	BPP	INTUCH	PTT	PTTEP	TASCO
$SMA(\theta_1,\theta_2)$	-2.95%	-0.44%	-13.91%	-5.29%	-10.34%
$WMA(\theta_1,\theta_2)$	0.00%	-0.01%	-14.48%	-14.62%	-4.32%
$EMA(\theta_1,\theta_2)$	-0.89%	-6.70%	-20.72%	18.44%	-14.31%
$EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	-3.37%	-1.80%	-20.72%	-2.59%	-13.77%

(ข)

ภาพ 6 เปรียบเทียบอัตรากำไรของหุ้นในพอร์ตปี 2561 จากการเทรดตามจังหวะการซื้อขายในช่วง Test set (ก) กรณีดัชนี *Dimbeta* (ข) กรณีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด

ตาราง 4 และตาราง 5 แสดงผลสรุป เงินลงทุนเริ่มต้น (W_0) มูลค่าของหุ้น ณ วันสุดท้ายของการลงทุน ($W_{(T)}$) และกำไรรวมของพอร์ตที่ได้จากการลงทุนของเงิน 1 บาท ในช่วงข้อมูล Test set ของพอร์ตปี 2560 และพอร์ตปี 2561 ตาม ตามลำดับ

สำหรับพอร์ตปี 2560 พบว่าวิธี $Dimbeta(\theta_1,\theta_2)$ และ วิธี $EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ ให้กำไรรวมของพอร์ตสูงสุด เท่ากับ 18.7% และ 18.4% ตามลำดับ แต่สำหรับวิธี $EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ ให้กำไรรวมของพอร์ตน้อยสุด เพียง 12.5%

สำหรับพอร์ตปี 2561 พบว่าทุกวิธีให้กำไรรวมของพอร์ตติดลบ แต่วิธี $EMA(\theta_1,\theta_2)$ และวิธี $SMA(\theta_1,\theta_2)$ ให้กำไรรวมของพอร์ตติดลบน้อยสุด คือ -4.5% และ -7.5% ตามลำดับ ส่วนวิธี $EDimbeta(\theta_1,\theta_2)$ ให้กำไรรวมของพอร์ตติดลบมากสุด -20.3%

ตาราง 4 กำไรรวมของพอร์ตที่ได้จากแต่ละวิธีของข้อมูล Test set ของพอร์ตปี 2560

หุ้นในพอร์ต		CBG	INTUCH	PTT	PTTEP	SCC	รวม
สัดส่วนการลงทุน / วิธีคำนวณ	W_0	0.119	0.291	0.329	0.237	0.024	1.000
$SMA(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.130	0.291	0.450	0.263	0.021	1.154
	กำไร	0.011	0.000	0.121	0.026	-0.003	0.154
$WMA(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.149	0.303	0.433	0.266	0.021	1.174
	กำไร	0.030	0.012	0.104	0.029	-0.003	0.174
$EMA(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.117	0.285	0.448	0.254	0.022	1.126
	กำไร	-0.002	-0.006	0.119	0.017	-0.002	0.126
$EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	$W_{(T)}$	0.117	0.300	0.467	0.275	0.025	1.184
	กำไร	-0.002	0.009	0.138	0.038	0.001	0.184
$Dimbeta(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.121	0.302	0.453	0.290	0.021	1.187
	กำไร	0.002	0.011	0.124	0.053	-0.003	0.187
$WDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.118	0.315	0.387	0.293	0.023	1.136
	กำไร	-0.001	0.024	0.058	0.056	-0.001	0.136
$EDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.132	0.306	0.432	0.264	0.022	1.156
	กำไร	0.013	0.015	0.103	0.027	-0.002	0.156
$EDimbeta$ $(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	$W_{(T)}$	0.139	0.297	0.382	0.285	0.022	1.125
	กำไร	0.020	0.006	0.053	0.048	-0.002	0.125

หมายเหตุ วันสุดท้ายของการลงทุน (T) คือ 30 มี.ค. 2561และกำไร = $W_{(T)}$ - W_0

ตาราง 5 กำไรรวมของพอร์ตที่ได้จากแต่ละวิธีของข้อมูล Test set ของพอร์ตปี 2561

หุ้นในพอร์ต		BPP	INTUCH	PTT	PTTEP	TASCO	รวม
สัดส่วนการลงทุน / วิธีคำนวณ	W_0	0.044	0.189	0.233	0.284	0.250	1.000
$SMA(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.043	0.188	0.201	0.269	0.224	0.925
	กำไร	-0.001	-0.001	-0.032	-0.015	-0.026	-0.075
$WMA(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.044	0.189	0.199	0.242	0.239	0.914
	กำไร	0.000	0.000	-0.034	-0.042	-0.011	-0.086
$EMA(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.044	0.176	0.185	0.336	0.214	0.955
	กำไร	0.000	-0.013	-0.048	0.052	-0.036	-0.045
$EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	$W_{(T)}$	0.043	0.186	0.185	0.277	0.216	0.905
	กำไร	-0.001	-0.003	-0.048	-0.007	-0.034	-0.095
$Dimbeta(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.042	0.150	0.180	0.241	0.185	0.797
	กำไร	-0.002	-0.040	-0.053	-0.043	-0.065	-0.203
$WDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.044	0.151	0.176	0.248	0.182	0.802
	กำไร	0.000	-0.038	-0.057	-0.036	-0.068	-0.198
$EDimbeta(\theta_1,\theta_2)$	$W_{(T)}$	0.042	0.151	0.143	0.258	0.179	0.773
	กำไร	-0.003	-0.039	-0.090	-0.026	-0.071	-0.227
$EDimbeta$ $(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$	$W_{(T)}$	0.044	0.156	0.154	0.298	0.201	0.853
	กำไร	0.000	-0.033	-0.079	0.014	-0.049	-0.147

หมายเหตุ วันสุดท้ายของการลงทุน (T) คือ 29 มี.ค. 2562 และกำไร = $W_{(T)}$ - W_0

6. สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยการหาจังหวะในการซื้อขายของหุ้น สำหรับพอร์ตปี 2560 พบว่า ในช่วง Training set กรณีดัชนี *Dimbeta* ที่ใช้วิธี $EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ ให้อัตรากำไรสูงสุดในหุ้นทุกบริษัท ในขณะที่กรณีที่ใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด วิธี $EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ จะให้อัตรากำไรสูงสุดในหุ้น PTT และ INTUCH ส่วนหุ้นที่เหลือ วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ทั้ง 4 วิธีให้อัตรากำไรไม่แตกต่างกันมากนัก สำหรับในช่วง Test set มีเพียงหุ้น PTT มีสามารถให้อัตราผลตอบแทนที่สูง โดยกรณีดัชนี *Dimbeta* วิธี $Dimbeta(\theta_1,\theta_2)$ ให้อัตรากำไรสูงสุด ส่วนวิธี $EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ ไม่ได้ให้อัตรากำไรที่สูงโดดเด่น ซึ่งต่างจากในช่วง training set สำหรับกรณีการใช้ราคาปิดในการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ไม่มีวิธีใดที่แสดงถึงลักษณะที่โดดเด่นอย่างชัดเจน

สำหรับพอร์ตปี 2561 พบว่าในช่วง Training set กรณีดัชนี *Dimbeta* วิธี $EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ และกรณีที่ใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิด วิธี $EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ ต่างให้อัตรากำไรสูงสุดในหุ้น PTT และ PTTEP ส่วนหุ้นที่เหลือทั้ง 4 วิธีให้อัตรากำไรไม่แตกต่างกันมากนัก สำหรับในช่วง Test set หุ้นเกือบทั้งหมดให้อัตรากำไรติดลบ แต่การหาจังหวะการซื้อขายโดยการใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาปิดให้ค่าติดลบน้อยกว่ากรณีที่ใช้ดัชนี *Dimbeta*

การคำนวณด้วยวิธี $EDimbeta(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ ในดัชนี *Dimbeta* และวิธี $EMA(\theta_1,\theta_2,\alpha_1,\alpha_2)$ ในกรณีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่สามารถสร้างอัตรากำไรได้ดีมากในช่วง Training set ทั้งพอร์ตการลงทุนในปี 2560 และปี 2561 เนื่องจากมีพารามิเตอร์ที่ต้องการหาถึง 4 ค่าคือ จำนวนวันที่ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ θ_1,θ_2 และค่า Smoothing factor α_1,α_2 จึงสามารถจับการผันแปรของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณได้ดี แต่ทำให้ขาดความไวในการปรับตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการผันแปรในข้อมูล ดังนั้นเมื่อนำจังหวะการซื้อขายนั้นไปใช้กับข้อมูลในช่วง Test set จึงให้ผลที่ไม่ดีนัก

7. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

1. กฎการเทรดหรือจังหวะในการซื้อขายหุ้นนี้อยู่บนพื้นฐานของแนวคิดที่ว่าราคาหุ้นในอดีตสามารถใช้คาดการณ์แนวโน้มของราคาในอนาคต แต่ในสถานการณ์ที่ราคาในตลาดหุ้นมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วและมีความผันผวนมาก จึงอาจทำให้การคาดการณ์แนวโน้มของราคาหุ้นในอนาคตเกิดความคลาดเคลื่อนอย่างมาก การใช้เทคนิคการพยากรณ์ราคาหุ้นในอนาคตมาใช้ร่วมพิจารณาด้วย อาจทำให้ได้จังหวะในการซื้อขายที่เหมาะสมยิ่งขึ้นและสามารถวางแผนการลงทุนล่วงหน้าได้

2. ในการคำนวณอัตรากำไรจากการซื้อขายนั้น ในงานวิจัยนี้อยู่ภายใต้ข้อกำหนดว่านักลงทุนจะซื้อหุ้นเต็มสัดส่วนของเงินลงทุนเมื่อเกิดสัญญาณซื้อครั้งแรก และขายหุ้นทั้งหมดเมื่อเกิดสัญญาณขาย แล้วนำกำไรที่ได้พร้อมกับเงินลงทุนเดิมทั้งหมดไปลงทุนใหม่ เมื่อเกิดสัญญาณซื้ออีกครั้ง และเป็นเช่นนี้จนสิ้นสุดกำหนดระยะเวลาในการลงทุน ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับรูปแบบการลงทุนของนักลงทุนส่วนใหญ่ จึงเป็นข้อจำกัดข้อหนึ่งในการนำวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง

เอกสารอ้างอิง

1. Straβburg, J., C. Gonzàlez-Martel, and V. Alexandrov, *Parallel genetic algorithms for stock market trading rules.* Procedia Computer Science, 2012. 9: p. 1306-1313.
2. Kolkova, A., *Indicators of Technical Analysis on the Basis of Moving Averages as Prognostic Methods in the Food Industry.* Journal of Competitiveness, 2018. 10(4): p. 102-119.
3. Perry, M.B., *The Weighted Moving Average Technique*, in *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*. 2011.
4. Raudys, A. and Ž. PabarŠKaitĖ, *Optimising the Smoothness and Accuracy of Moving Average for Stock Price Data.* Technological and Economic Development of Economy, 2018. 24(3): p. 984-1003.
5. Wang, L., et al., *Generating Moving Average Trading Rules on the Oil Futures Market with Genetic Algorithms.* Mathematical Problems in Engineering, 2014: p. 1-10.

6. Tharavanij, P., V. Siraprapasiri, and K. Rajchamaha, *Performance of technical trading rules: evidence from Southeast Asian stock markets.* Springerplus, 2015. 4: p. 552.
7. Lingaraj, H., *A Study on Genetic Algorithm and its Applications.* International Journal of Computer Sciences and Engineering, 2016. 4: p. 139-143.
8. Holland, J.H., *Genetic Algorithms and Adaptation*, in *Adaptive Control of Ill-Defined Systems*, O. G. Selfridge, E.L. Rissland, and M.A. Arbib, Editors. 1984, Springer US: Boston, MA. p. 317-333.
9. Papadamou, S. and G. Stephanides, *Improving technical trading systems by using a new MATLAB-based genetic algorithm procedure.* Mathematical and Computer Modelling, 2007. 46(1-2): p. 189-197.
10. Baker, J.E., Adaptive Selection Methods for Genetic Algorithms, in Proceeding of the first International Conference on Genetic Algorithms. 1985, L. Erlbaum Associates Inc. p. 101-111
11. Goldberg, D. E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. 1989: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. 372.
12. Bauer, R.J., *Genetic Algorithms and the Management of Exchange Rate Risk*, in *Evolutionary Algorithms in Management Applications*, J. Biethahn and V. Nissen, Editors. 1995, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. p. 253-263.
13. Saechin A. and Tragantalerngsak S., *Portfolio selection based on Data Envelopment Analysis*. 2019, Thai Journal of Operations Reseach : TJOR, vol. 7, no. 1, pp. 15-24.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายเอกนรินทร์ แซ่ฉิน
วัน เดือน ปี เกิด 22 สิงหาคม 2531
สถานที่เกิด นครปฐม
วุฒิการศึกษา
- สำเร็จปริญญาตรีสาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2553
- สำเร็จปริญญาโทสาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2563

ที่อยู่ปัจจุบัน
642/55 ถ.ทหารบก ต.พระปฐมเจดีย์ อ.เมือง จ.นครปฐม รหัสไปรษณีย์ 73000
ผลงานตีพิมพ์
การคัดเลือกหุ้นเพื่อสร้างพอร์ตการลงทุนภายใต้แนวคิด DEA
งานวิจัยที่สนใจ
- งานวิจัยด้านการจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูล
- งานวิจัยด้านตลาดหลักทรัพย์
- งานวิจัยดำเนินงาน

การออกแบบและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมผลิตข้าวผสม
System Design and Development of Decision Support for Production Planning in Mixed Rice Industry

อัญญา อำไพ[1]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
E-mail: [1] aunyaa56@nu.ac.th

ศรีสัจจา วิทยศักดิ์[2]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
E-mail: [2] srisatjav@nu.ac.th

และภูพงษ์ พงษ์เจริญ[3,*]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
* Corresponding E-mail: [3]pupongp@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญและมีปริมาณการส่งออกสูงสุดเป็นอันดับหนึ่งในปี 2557 ด้วยปริมาณการส่งออก 10.9 ล้านเมตริกตัน โดยคิดเป็นมูลค่าการส่งออกประมาณ 5,438 ล้านดอลลาร์สหรัฐ สถานประกอบการผู้ผลิตข้าวสูตรผสมแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร ประสบปัญหาในเรื่องการวางแผนการผลิตที่ไม่สอดคล้องต่อปริมาณความต้องการในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้การพัฒนาระบบสนับสนุนการวางแผนและควบคุมการผลิต โดยโปรแกรมมีการทำงานทั้งหมด 6 งาน คือ งานจัดการคำสั่งซื้อของลูกค้า (Order management) งานพยากรณ์ (Forecast) งานวางแผนการผลิต (Capacity resource planning) งานสั่งซื้อวัตถุดิบ (Purchasing) งานควบคุมของคงคลัง (Inventory) และการเรียกดูข้อมูลของผู้บริหาร (Manager) สำหรับข้าวสูตรผสม 5 สูตร คือ ข้าวรวมใหม่ 25% ข้าวสีปล่อย ข้าวเหลืองอ่อน ข้าวหอมใบเตย และข้าวหอมมะลิใหม่ พบว่า หากมีการใช้โปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต สามารถช่วยลดมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขาย เนื่องจากวัตถุดิบไม่เพียงพอต่อการผลิตลงได้ 60,579.38 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 15.38 พร้อมทั้งยังช่วยลดการจัดเก็บวัตถุดิบในคลังสินค้าลง 15.79 ตัน/เดือน คิดเป็นร้อยละ 3.06
คำสำคัญ: การออกแบบ, การพัฒนาระบบสนับสนุน, วางแผนการผลิต, ข้าวสูตรผสม

Abstract

Rice is one of the most important Thai agricultural products. In 2014, Thai rice was exported 10.9 million metric tons and worth US$5,438 million. A mixed rice production company in Phichit province currently encounters manufacturing planning problems. In this work, a decision support system program for production planning and control was developed. The program consists of 6 parts: order management; sale forecast; capacity resource planning; raw materials procurement; inventory control; and reports for executives. After conducting a series of computational experiments, it was found that the cost of opportunity loss was reduced by 60,579.38 Baht per month (or 15.38%) as well as the reduction of 15.79 (or 3.06%) ton per month of raw materials in the warehouse.

Keywords: System Design, Support System, Production Planning, Mixed Rice.

1. คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จากข้อมูลธนาคารแห่งประเทศไทยในปี 2557 พบว่าข้าวเป็นสินค้าเกษตรที่มีปริมาณการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของสินค้าเกษตรกรรมทั้งหมด คือ 10.9 ล้านเมตริกตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 5,438 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ดังตาราง 1 และประเทศไทยได้ทำการส่งออกข้าวเป็นอันดับ 1 ของโลก ดังตาราง 2 และจากข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross domestic product: GDP) ไตรมาสที่ 2 ของปี 2559 พบว่าการผลิตภาคเกษตรมีการปรับตัวเพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละปี ทำให้ผู้ประกอบการทางภาคเกษตรต้องมีการปรับตัวตาม เนื่องจากสินค้าทางการเกษตรส่วนใหญ่เป็นสินค้าที่มีข้อจำกัดในด้านอายุของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหากไม่มีการวางแผนวางแผนการจัดการของคงคลังที่ดี อาจทำให้คุณภาพของสินค้า

* Corresponding author: E-mail: pupongp@nu.ac.th
[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[2,3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะส่งผลต่อราคาขาย ชื่อเสียง และความน่าเชื่อถือของผู้ประกอบการ

ตารางที่ 1 ปริมาณและมูลค่าสินค้าส่งออกสินค้าเกษตร ปี 2557

สินค้าเกษตร	มูลค่า (ล้านดอลลาร์สหรัฐ)	ปริมาณ (เมตริกตัน)
1. ข้าว	5,438.69	10,969,370.45
2. ยาง	6,021.54	3,409,387.42
3. มันสำปะหลัง	2,812.68	9,821,768.36
4. ผลไม้	1,205.24	1,397,053.29
5. สินค้ากสิกรรมอื่นๆ	1,574.73	-
6. ผลิตภัณฑ์จากสัตว์	919.66	-

หมายเหตุ1 : เมตริกตัน เท่ากับ 1,000 กิโลกรัม
ที่มา: ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557

ห่วงโซ่อุปทานข้าวของไทย (Thai rice supply chain) เป็นหนึ่งในประเด็นที่รัฐบาลทุกยุคทุกสมัยให้ความสำคัญอย่างต่อเนื่อง โดยมีหน่วยงานของรัฐหลายหน่วยงานที่มีหน้าที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะ และ/หรือเข้าไปช่วยเหลือตามกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทานข้าว ดังรูปที่ 1 ซึ่งทีมนักวิจัย ได้มีโอกาสเข้าไปศึกษาการทำงานของสถานประกอบการแห่งหนึ่ง ที่ทำการผลิตข้าวผสมกว่า 10 สูตรผสม ซึ่งสถานประกอบการ มีปริมาณยอดขายข้าวสูตรผสมใน ปี 2556 กว่า 1.35 ล้านตัน จากการพูดคุยสัมภาษณ์พบว่า สถานประกอบการประสบปัญหาในเรื่องการวางแผนการผลิตที่ไม่สอดคล้องต่อปริมาณความต้องการในแต่ละช่วงเวลา ทำเกิดต้นทุนสินค้าคงคลัง (Inventory cost) และเกิดมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขาย เมื่อทำการปรึกษาร่วมกับสถานประกอบการพบว่า ทางสถานประกอบขาดโปรแกรมช่วยในการตัดสินใจวางแผนการผลิต ซึ่งโปรแกรมช่วยในการตัดสินใจวางแผนการผลิตที่จำหน่ายตามท้องตลาดนั้นมีราคามากกว่า 5,000 บาท โดยโปรแกรมที่มีความสามารถในการพยากรณ์ยอดขายสินค้าจะมีราคาที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม สถานประกอบการจัดเป็นวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) โดยหากแบ่งตามจำนวนพนักงานแล้วนั้น สถานประกอบการจัดอยู่ในกลุ่มวิสาหกิจขนาดย่อม ซึ่งมีทุนทรัพย์ค่อนข้างจำกัด และอาจไม่เข้าใจถึงประโยชน์ของการใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจและการจัดการผลิต จึงอาจจะไม่ซื้อโปรแกรมดังกล่าวเพื่อนำมาใช้ในสถานประกอบการ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้การพัฒนาระบบสนับสนุนการวางแผนและควบคุมการผลิต โดยโปรแกรมมีการทำงานทั้งหมด 6 งาน คือ งานจัดการคำสั่งซื้อของลูกค้า (Order management) งานพยากรณ์ (Forecast) งานวางแผนการผลิต (Capacity resource planning) งานสั่งซื้อวัตถุดิบ (Purchasing) งานควบคุมของคงคลัง (Inventory) และการเรียกดูข้อมูลของผู้บริหาร (Manager) โดยในส่วนของการพยากรณ์ ได้ประยุกต์ใช้วิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา 12 วิธี และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN)

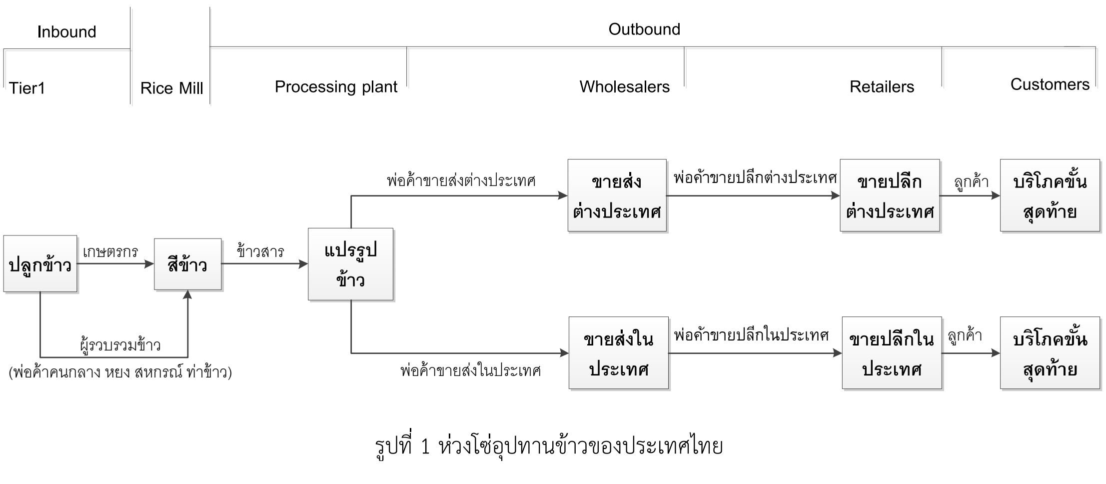
ตารางที่ 2 ปริมาณการส่งออกข้าวของโลก หน่วย :1,000 เมตริกตัน ข้าวสาร

ประเทศ	2554/ 55	2555/ 56	2556 /57	2557 / 58*	2558 / 59*	% เปลี่ยนแปลง จากปีที่แล้ว
ไทย	6,945	6,722	10,969	9,000	10,200	13.33
อินเดีย	10,250	10,480	10,907	11,500	9,500	-17.39
เวียดนาม	7,717	6,700	6,325	6,200	7,000	12.90
ปากีสถาน	3,399	4,126	3,600	4,000	4,000	0.00
สหรัฐอเมริกา	3,298	3,295	2,998	3,350	3,250	-2.99
เมียนม่าร์	1,357	1,163	1,688	2,000	1,800	-10.00
กัมพูชา	900	1,075	1,000	1,100	1,000	-9.09
อุรุกวัย	1,056	939	957	950	950	0.00
บราซิล	1,105	830	850	800	800	0.00

หมายเหตุ: ปี 2557/58 เป็นการประเมินเบื้องต้น ขณะที่ปี 2558/59 เป็นค่าพยากรณ์ (1 เมตริกตัน เท่ากับ 1,000 กิโลกรัม)
ที่มา: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2558

2. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ ในส่วนของการพยากรณ์ ได้ประยุกต์ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม เข้ามาช่วยในการพยากรณ์ จึงได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งพบว่า ในปัจจุบันโครงข่ายประสาทเทียมถูกนำมาใช้สำหรับการแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายในด้านวิศวกรรม ปัญหาเพื่อธุรกิจเศรษฐศาสตร์และการเงิน [1] รวมไปถึงปัญหาอื่นๆ ที่ยากต่อการพยากรณ์ ดังเช่น Lapedes and Farber ในปี 1987 [2] ได้มีการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการประมวลผลสัญญาณที่เป็นลักษณะไม่เชิงเส้น และในปี 1995 Kuo and Reitsch [3] ได้ทำการศึกษาวิธีโครงข่ายประสาทเทียมกับวิธีการพยากรณ์แบบเดิม พบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมนั้นมีแนวโน้มที่จะได้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่า ขณะที่ Smith and Gupta (2000) ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในธุรกิจ เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมมีความคล้ายคลึงกับธรรมชาติของธุรกิจมากกว่าวิธีทางสถิติและเทคนิคการวิจัยการดำเนินงาน ในปี 2002 Shachmurove [4]



รูปที่ 1 ห่วงโซ่อุปทานข้าวของประเทศไทย

ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อแก้ปัญหาธุรกิจเศรษฐศาสตร์และการเงิน นอกจากนี้ Boosarawongse [5] ได้ศึกษาการพยากรณ์การส่งออกของประเทศไทย ซึ่งข้าวนั้นมีอุปสงค์และอุปทานที่มีความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นผลกระทบมาจากปัจจัยหลายปัจจัยที่ไม่เราสามารถคาดเดาได้ล่วงหน้ามาเกี่ยวข้อง จึงทำให้ยากต่อการพยากรณ์ ทำให้มีการประยุกต์ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อแก้ปัญหาการพยากรณ์ และพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมนั้นสามารถให้คำตอบที่มีดีกว่าวิธี Holt–Winters และ Box-Jenkins models พร้อมทั้งพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมสามารถติดตามแนวโน้มของปัญหารูปแบบไดนามิกส์ที่ไม่เชิงเส้นได้ [5] ต่อมาปี 2010 Wong ได้เสนอผลงานวิจัย โครงข่ายประสาทเทียมมีความยืดหยุ่นสำหรับการแก้ปัญหาไม่เชิงเส้น [6] ในปีเดียวกันนั้น Thomassey (2010) [7] ได้ศึกษาการพยากรณ์ยอดขายสินค้าของอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในพฤติกรรมแบบฤดูกาล การที่ข้อมูลยอดขายมีความผันผวนตลอดเวลา มีรูปแบบความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน ไม่แน่นอน มีข้อจำกัดในเรื่องของพารามิเตอร์สำหรับข้อมูลในอดีต และในบางครั้งอาจจะไม่ครบถ้วนตามที่ต้องการ ทำให้ Thomassey ได้เลือกใช้ ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic), โครงข่ายประสาทเทียม และการทำเหมืองข้อมูล (Data mining) มาใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งการพยากรณ์ในระยะสั้น ปรากฏว่าโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องที่สุด ต่อมาในปี 2011 Choi นำเสนอการใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์ยอดขายเครื่องแต่งกาย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า โครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพดี [8] และในการแก้ไขข้อจำกัดของการแก้ปัญหาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาไม่เชิงเส้น ปัญหาค่าผิดปกติ หรือปัญหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆนั้น พบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ แสดงให้เห็นว่าในทางคณิตศาสตร์นั้น วิธีโครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีการประมาณค่าสากล [9]

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

3.1 การออกแบบระบบ

ในการออกแบบและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมผลิตข้าวผสม ได้ใช้เครื่องมือในการออกแบบระบบที่เรียกว่าการวิเคราะห์และออกแบบระบบตามแนวทางใหม่ (Modern system analysis and design) 12 ขั้นตอน [10] ประกอบด้วย

Basic System Analysis 8 ขั้นตอน

1) ความต้องการของระบบ (System Requirement)
2) การกำหนดประเภทบริบท (Context Description)
3) การออกแบบโครงสร้างบริบท (Context Diagram)
4) การเขียนแผนผังแสดงความสัมพันธ์ของกระบวนการ (Process hierarchy chart)
5) การเขียนแผนผังการไหลของข้อมูลในระดับต่างๆ (Data Flow Diagram: DFD)
6) การอธิบายรายละเอียดของกระบวนการ (Process Description)
7) แบบจำลองข้อมูล (Data Modeling)
8) พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary)

Advance System Analysis 4 ขั้นตอน

1) การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design)
2) คำอธิบายตารางข้อมูล (Data Table Description)
3) การออกแบบส่วนแสดงผล (Output Design)
4) การออกแบบส่วนนำเข้าข้อมูล (Input Design)

3.2 การพยากรณ์ (Forecasting)

ในงานวิจัยนี้ได้มีการประยุกต์ใช้วิธีการพยากรณ์ 13 วิธี คือ Last Period Demand (LPD), LPD with Seasonal (LPD+S), Arithmetic Average (AA), AA with Seasonal (AA+S), Moving Average (MA), MA with Seasonal Correction (MA+S), Regression Analysis (RA), RA with Seasonal Correction (RA+S), Exponentially Weighted Moving Average (EWMA), EWMA with Trend Correction (EWMA+T), EWMA with Seasonal Correction (EWMA+S), EWMA with Trend and Seasonal Correction (EWMA+T+S) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ที่ใช้การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ (Back propagation) โดยสามารถตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ได้ 7 วิธี คือ Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Square Error (MSE), Standard deviation of regression (Sr), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Mean Error (ME), Mean Percent Error (MPE), และ Tracking Signal (TS) โดยในการหาโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุดของชุดฝึกฝนของแต่ละการทดลอง (Training) นั้น จะใช้วิธีรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error: RMSE)

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

4.1 การสร้างความต้องการของผู้ใช้งานโปรแกรมช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและการจัดการในอุตสาหกรรมผลิตข้าวผสม

โปรแกรมช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและการจัดการในอุตสาหกรรมผลิตข้าวผสมได้รับการพัฒนาเพื่อรองรับความต้องการใช้งานของผู้ใช้ ได้แก่ พนักงานขาย (Order management: O) พนักงานพยากรณ์ (Forecast: F) พนักงานฝ่ายผลิต (Capacity resource planning: C) พนักงานคลังสินค้า (Inventory: I) พนักงานสั่งซื้อวัตถุดิบ (Purchasing: P) และผู้บริหาร (Manager: M) จึงเรียกโปรแกรมนี้ว่า โปรแกรม FICOMP โดยความต้องการของผู้ใช้งานโปรแกรม FICOMP ได้จากการวิเคราะห์และขอคำปรึกษาจากทางสถานประกอบ ซึ่งสิทธิการใช้งานของผู้ใช้งานได้ดังตารางที่ 3

4.2 การวิเคราะห์ระบบและออกแบบโปรแกรมช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและการจัดการในอุตสาหกรรมผลิตข้าวผสม

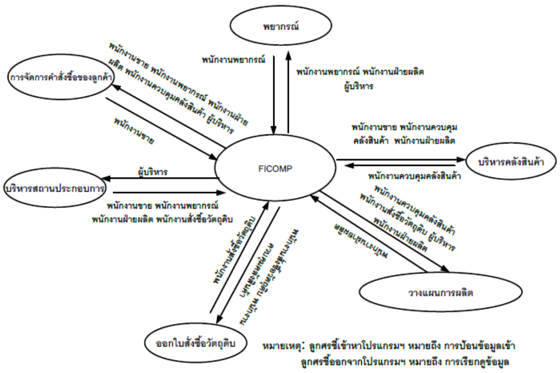
วิเคราะห์และออกแบบรูปแบบความสามารถในการทำงานของโปรแกรมช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและการจัดการในอุตสาหกรรมผลิตข้าวผสมที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น สามารถรองรับการทำงานของงานต่างๆ ทั้งหมด 6 งาน คือ งานจัดการคำสั่งซื้อของลูกค้า (Order management) งานพยากรณ์ (Forecast) งานวางแผนการผลิต (Capacity resource planning) งานสั่งซื้อวัตถุดิบ (Purchasing) งานควบคุมของคงคลัง (Inventory) และการเรียกดูข้อมูลของผู้บริหาร

ตารางที่ 3 สิทธิการใช้งานของผู้ใช้งาน

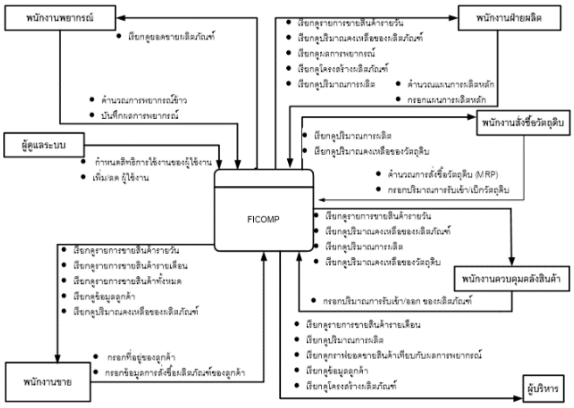
สิทธิ / User	1. เรียกดูรายการขายสินค้ารายวัน	2. เรียกดูรายการขายสินค้ารายเดือน	3. เรียกดูรายการขายสินค้าทั้งหมด	4. กรอกข้อมูลสั่งซื้อสินค้า	5. กรอกที่อยู่ของลูกค้า	6. เรียกดูข้อมูลลูกค้า	7. เรียกดูปริมาณคงเหลือของผลิตภัณฑ์	8. เรียกดูปริมาณการผลิต	9. เรียกดูกราฟยอดขายสินค้าเทียบกับผลการพยากรณ์	10. กรอกปริมาณการรับเข้า/ออก ของผลิตภัณฑ์	11. เรียกดูปริมาณคงเหลือของวัตถุดิบ	12. คำนวณการสั่งซื้อวัตถุดิบ (MRP)	13. กรอกปริมาณการรับเข้า/เบิกวัตถุดิบ	14. เรียกดูผลการพยากรณ์	15. เรียกดูโครงสร้างผลิตภัณฑ์	16. คำนวณแผนการผลิตหลัก	17. กรอกแผนการผลิตหลัก	18. คำนวณการพยากรณ์ข้าว	19. บันทึกผลการพยากรณ์	20. กำหนดสิทธิการใช้งานของผู้ใช้งาน (User)	21. เพิ่ม/ลด ผู้ใช้งาน
O	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓														
F		✓																✓	✓		
C	✓						✓	✓						✓	✓	✓	✓				
I	✓						✓	✓		✓	✓										
P								✓			✓	✓	✓								
M		✓				✓		✓	✓						✓						
A																				✓	✓

หมายเหตุ: เมื่อ O แทนพนักงานขาย, F แทนพนักงานพยากรณ์, C แทนพนักงานฝ่ายผลิต, I แทนพนักงานคลังสินค้า, P แทนพนักงานสั่งซื้อวัตถุดิบ, M แทนผู้บริหาร, A แทนผู้ดูแลระบบ

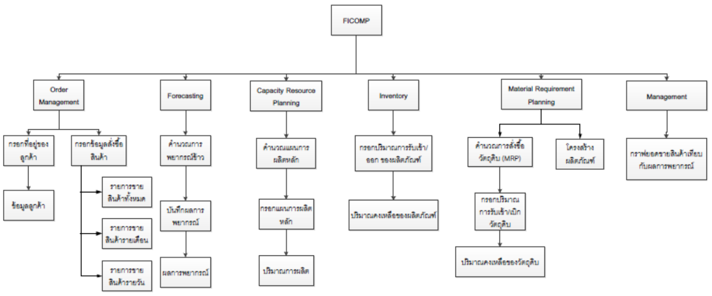
(Manager) โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังรูป 2-11 และจากตารางที่ 3 สามารถนำมาทำการออกแบบโปรแกรมช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและการจัดการในอุตสาหกรรมผลิตข้าวผสม (Concept design) แสดงการทำงานเชื่อมโยงของแต่ละงานได้ดังรูป 2 และนำมาเขียนแผนภาพบริบท แสดงความสามารถที่แต่ละงานสามารถทำได้ ดังรูปที่ 3 และจากรูปที่ 3 สามารถนำมาเขียน Process hierarchy chart ให้เห็นลำดับการทำงานของแต่ละงานได้ดังรูปที่ 4 และจากรูปที่ 4 สามารถนำมาเขียน แผนภาพกระแสข้อมูล ระดับ 1 ดังรูป 5 ซึ่งจะเป็นภาพรวมการทำงานของโปรแกรม FICOMP เช่น งานพยากรณ์ ทำการพยากรณ์ยอดขาย โดยใช้ข้อมูลจากยอดขายสินค้า และข้อมูลความต้องการของลูกค้า และผลที่ได้ออกมาคือ ผลการพยากรณ์ เป็นข้อมูลการพยากรณ์เพื่อส่งไปให้งานวางแผนการผลิตใช้ประโยชน์ต่อไป และสามารถเขียนแผนภาพกระแสข้อมูล ระดับ 2 ดังรูปที่ 6-11 ยกตัวอย่างเช่น งานพยากรณ์ จะมีการพยากรณ์สินค้า ซึ่งจะใช้ยอดขายย้อนหลัง และความต้องการของลูกค้า ผลที่ได้คือ ข้อมูลการพยากรณ์ ซึ่งจะถูกส่งไปยังการบันทึกผลการพยากรณ์ ซึ่งจะได้ผลการพยากรณ์ เป็นต้น



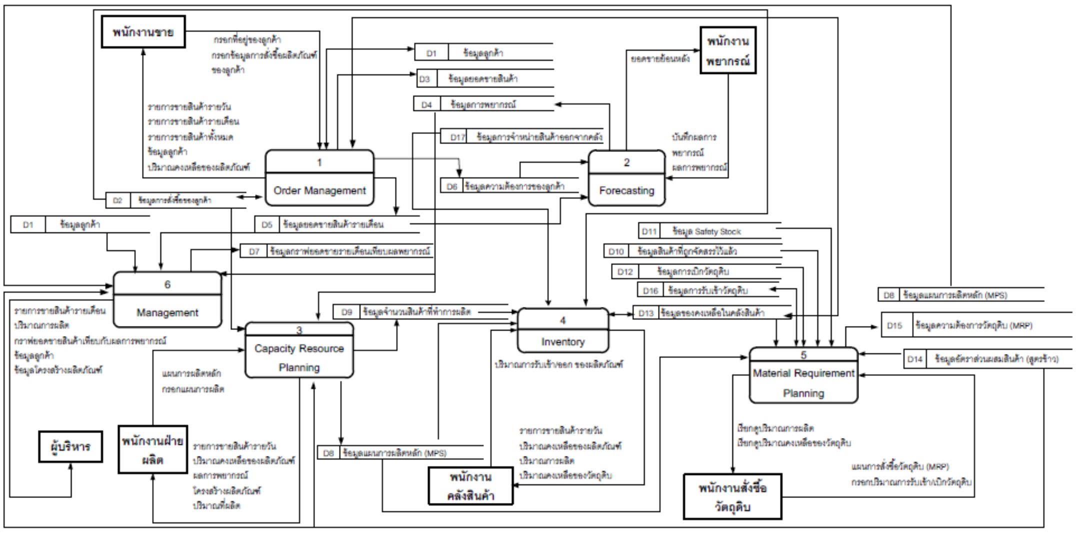
รูปที่ 2 การออกแบบโปรแกรมช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและการจัดการในอุตสาหกรรมผลิตข้าวผสม (Concept design)



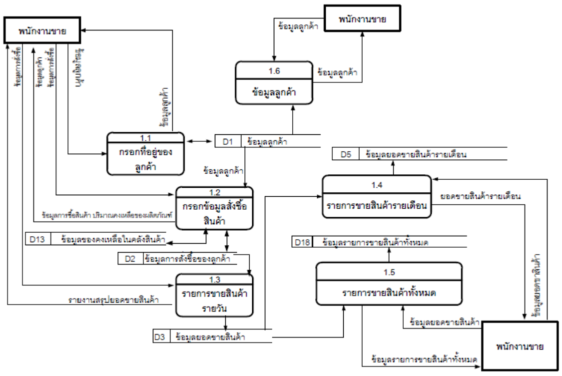
รูปที่ 3 แผนภาพบริบท (Context diagram)



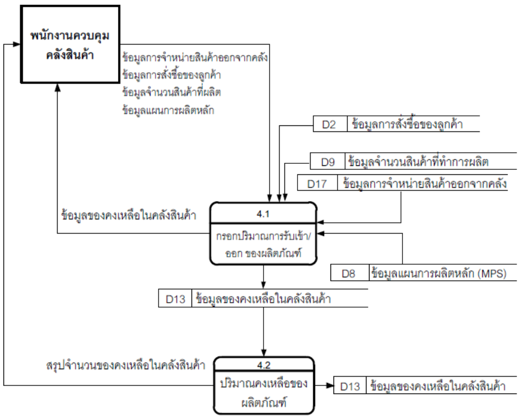
รูปที่ 4 Process hierarchy chart



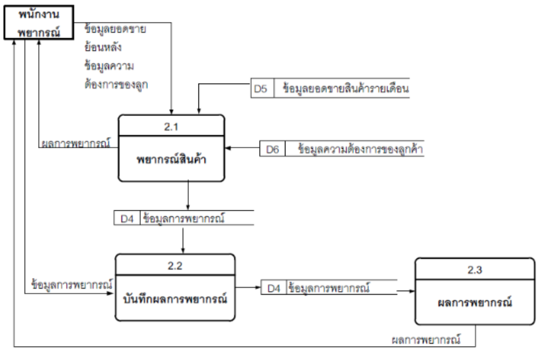
รูปที่ 5 แผนภาพกระแสข้อมูล ระดับ 1 (Data Flow Diagram Level 1)



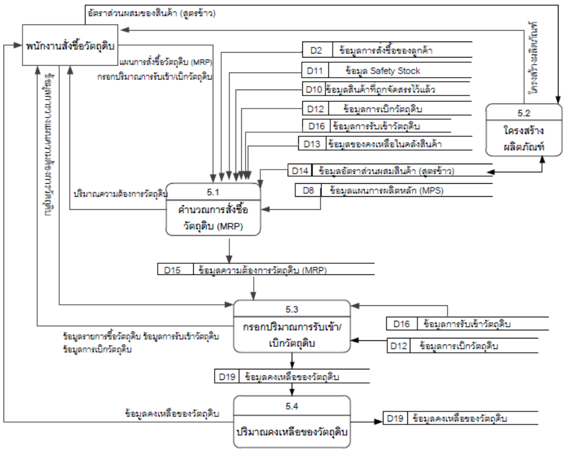
รูปที่ 6 แผนภาพกระแสข้อมูล ระดับ 2 ของงานจัดการคำสั่งซื้อของลูกค้า



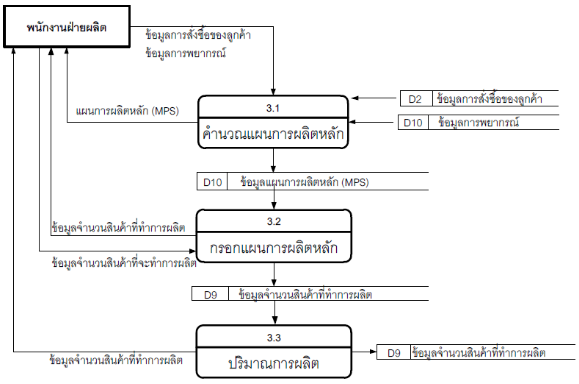
รูปที่ 9 แผนภาพกระแสข้อมูล ระดับ 2 ของงานควบคุมของคงคลัง



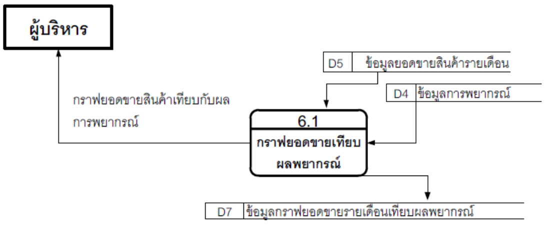
รูปที่ 7 แผนภาพกระแสข้อมูล ระดับ 2 ของงานพยากรณ์



รูปที่ 10 แผนภาพกระแสข้อมูล ระดับ 2 ของงานสั่งซื้อวัตถุดิบ



รูปที่ 8 แผนภาพกระแสข้อมูล ระดับ 2 ของงานวางแผนการผลิต



รูปที่ 11 แผนภาพกระแสข้อมูล ระดับ 2 ของการเรียกดูข้อมูลของผู้บริหาร

4.3 การวิเคราะห์มูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขาย และการวิเคราะห์ปริมาณของคงคลัง

ในงานวิจัยนี้ได้มีการวิเคราะห์มูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขาย โดยการหาผลต่างเฉลี่ยต่อเดือนระหว่างยอดขายจริงกับผลการพยากรณ์ที่ได้ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2557 – เดือนสิงหาคม 2557 ของข้าวสูตรผสม 5 สูตร และวิเคราะห์ปริมาณของคงคลัง จากปริมาณของคงคลังก่อนและหลังการทำวิจัย ซึ่งจากการพูดคุยสัมภาษณ์ทางสถานประกอบการ พบว่าทางสถานประกอบการมีการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าด้วยประสบการณ์ของผู้บริหาร และดูจากข้อมูลปริมาณยอดขายในเดือนก่อนหน้า ซึ่งเป็นวิธีการพยากรณ์ที่ตรงกับเทคนิคการพยากรณ์แบบ Last Period Demand (LPD) ดังนั้นในการวิเคราะห์ปริมาณของคงคลังก่อนและหลังการทดลอง จึงได้กำหนดให้การพยากรณ์ของทางสถานประกอบการเป็นข้อมูลความต้องการสินค้าที่ได้จากวิธี LPD

5. ผลการดำเนินงานวิจัย

5.1 วิเคราะห์มูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขาย

วิเคราะห์มูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขาย โดยการหาผลต่างเฉลี่ยต่อเดือนระหว่างยอดขายจริงกับผลการพยากรณ์ที่ได้ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2557 – เดือนสิงหาคม 2557 ของข้าวสูตรผสม 5 สูตร ซึ่งมียอดขายอยู่ที่ร้อยละ 90 ของยอดขายข้าวผสมทุกสูตรทั้งหมด พบว่า ข้าวรวมใหม่ 25% มีผลต่างเฉลี่ย -0.67 ตัน/เดือน นั่นหมายถึงมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขายเป็นศูนย์ สำหรับข้าวสีปล่อยมีผลต่างเฉลี่ย -5.88 ตัน/เดือน ทำให้ไม่มีมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขาย ขณะที่ข้าวหอมใบเตย มีผลต่างเฉลี่ย 8.69 ตัน/เดือน จะมีมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขาย (8.69 *1000)*23.33 = 202,769.38 บาท/เดือน เมื่อราคาข้าวหอมใบเตยอยู่ที่กิโลกรัมละ 23.33 บาท ส่วนข้าวหอมมะลิใหม่ มีผลต่างเฉลี่ย -0.05 ตัน/เดือน ทำให้มูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขายเป็นศูนย์ สุดท้ายข้าวเหลืองอ่อน มีผลต่างเฉลี่ย 6.31 ตัน/เดือน มูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขาย(6.31*1000)* 20.67 = 130,437.04 บาท/เดือน เมื่อราคาข้าวเหลืองอ่อนอยู่ที่ กิโลกรัมละ 20.67 บาท

จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า หากมีการใช้ผลการพยากรณ์ที่ได้จากโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต สามารถลดมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขายข้าวผสมของสถานประกอบการเนื่องมาจากวัตถุดิบไม่เพียงพอต่อการผลิตลงได้ (2,362,714.77/6) – (202,769.38+130,437.04) = 60,579.38 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 15.38 ของการสูญเสียโอกาสในการขายก่อนใช้โปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต เมื่อมูลค่าจากการสูญเสียโอกาสในการขายข้าวผสมกลุ่มหนึ่งของสถานประกอบการตั้งแต่มกราคม 2557 ถึง มิถุนายน 2557 อันเนื่องมาจากการที่มีวัตถุดิบไม่เพียงพอต่อการผลิต มีมูลค่าเป็น 2,362,714.77 บาท

5.2 วิเคราะห์ปริมาณของคงคลัง

5.2.1 ข้าวรวมใหม่ 25%

หากพยากรณ์โดยจากการคาดคะเนของทางสถานประกอบการปริมาณวัตถุดิบที่จัดเก็บในคลังสินค้าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 106.23 ตัน/เดือน แต่ถ้ามีการใช้ผลการพยากรณ์ที่ได้จากโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต ปริมาณวัตถุดิบที่จัดเก็บในคลังสินค้าเฉลี่ย จะอยู่ที่ 104.23 ตัน/เดือน นั่นหมายถึง สามารถลดปริมาณของคงคลังลงได้ 2 ตัน/เดือน

5.2.2 ข้าวสีปล่อย

หากพยากรณ์โดยจากการคาดคะเนของทางสถานประกอบการปริมาณวัตถุดิบที่จัดเก็บในคลังสินค้าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 112.16 ตัน/เดือน แต่ถ้ามีการใช้ผลการพยากรณ์ที่ได้จากโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต ปริมาณวัตถุดิบที่จัดเก็บในคลังสินค้าเฉลี่ย จะอยู่ที่ 116.88 ตัน/เดือน

5.2.3 ข้าวหอมใบเตย

หากพยากรณ์โดยจากการคาดคะเนของทางสถานประกอบการปริมาณวัตถุดิบที่จัดเก็บในคลังสินค้าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 54.10 ตัน/เดือน แต่ถ้ามีการใช้ผลการพยากรณ์ที่ได้จากโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต ปริมาณวัตถุดิบที่จัดเก็บในคลังสินค้าเฉลี่ย จะอยู่ที่ 47.58 ตัน/เดือน นั่นหมายถึง สามารถลดปริมาณของคงคลังลงได้ 6.52 ตัน/เดือน

5.2.4 ข้าวหอมมะลิใหม่

หากพยากรณ์โดยจากการคาดคะเนของทางสถานประกอบการปริมาณวัตถุดิบที่จัดเก็บในคลังสินค้าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 55.96 ตัน/เดือน แต่ถ้ามีการใช้ผลการพยากรณ์ที่ได้จากโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต ปริมาณวัตถุดิบที่จัดเก็บในคลังสินค้าเฉลี่ย จะอยู่ที่ 54.40 ตัน/เดือน นั่นหมายถึง สามารถลดปริมาณของคงคลังลงได้ 1.56 ตัน/เดือน

5.2.5 ข้าวเหลืองอ่อน

หากพยากรณ์โดยจากการคาดคะเนของทางสถานประกอบการปริมาณวัตถุดิบที่จัดเก็บในคลังสินค้าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 187.18 ตัน/เดือน แต่ถ้ามีการใช้ผลการพยากรณ์ที่ได้จากโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต ปริมาณวัตถุดิบที่จัดเก็บในคลังสินค้าเฉลี่ย จะอยู่ที่ 176.75 ตัน/เดือน นั่นหมายถึง สามารถลดปริมาณของคงคลังลงได้ 10.43 ตัน/เดือน

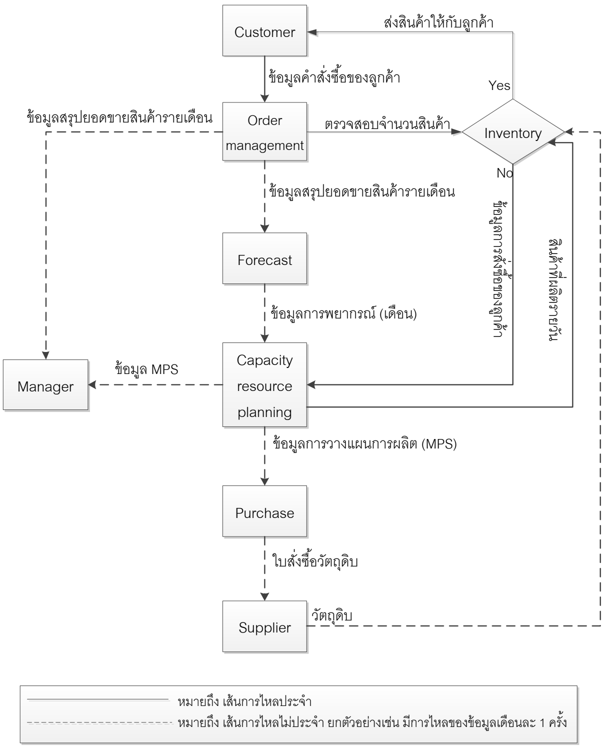
จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ทางสถานประกอบการมีการจัดเก็บวัตถุดิบของข้าวผสม 5 ชนิด เท่ากับ 106.23 + 112.16 + 54.1 + 55.96 + 187.18 = 515.63 ตัน/เดือน แต่หากมีการใช้ผลการพยากรณ์ที่ได้จากโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต สามารถลดปริมาณการจัดเก็บวัตถุดิบของสถานประกอบการลงได้ 515.63 – (104.23 + 116.88 + 47.58 + 54.4 + 176.75) = 15.79 ตัน/เดือน คิดเป็นร้อยละ 3.06 ของปริมาณการจัดเก็บวัตถุดิบก่อนใช้โปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต

6. สรุปผลงานวิจัย

ในการการออกแบบและพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมผลิตข้าวผสมนั้น ได้ทำการออกแบบระบบการทำงานของโปรแกรมให้ทำงานตามลักษณะระบบการวางแผนการผลิตของสถานประกอบการที่เป็นกรณีศึกษา โดยเริ่ม

จาก เมื่อลูกค้า (Customer) มีคำสั่งซื้อเข้ามา พนักงานที่ทำหน้าที่จัดการคำสั่งซื้อของลูกค้า (Order management) จะทำการตรวจสอบจำนวนสินค้าในคลังสินค้า (Inventory) ว่ามีพร้อมส่งตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการหรือไม่ หากมีเพียงพอ จะทำการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าได้ทันที หากไม่เพียงพอ จะทำการส่งข้อมูลการสั่งซื้อของลูกค้าไปยังงานวางแผนการผลิต (Capacity resource planning) เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนการผลิตต่อไป และพนักงานที่ทำหน้าที่จัดการคำสั่งซื้อของลูกค้า จะทำการสรุปข้อมูลยอดขายสินค้ารายเดือน เพื่อรายงานให้กับผู้บริหาร (Manager) และส่งให้พนักงานที่ทำหน้าที่พยากรณ์ความต้องการของสินค้า (Forecast) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพยากรณ์ต่อไป เมื่อพนักงานที่ทำหน้าที่พยากรณ์ ทำการพยากรณ์ ผลการพยากรณ์จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลการวางแผนการผลิตหลัก (Master Production Schedule: MPS) ในส่วนของงานวางแผนการผลิต (Capacity resource planning) ต่อไป เมื่อพนักงานที่ทำหน้าที่ในงานวางแผนการผลิต (Capacity resource planning) ทำการวางแผนการผลิตเรียบร้อยแล้ว จะทำการรายงานแผนการผลิตหลักให้กับผู้บริหาร และทำการส่งแผนการผลิตหลักให้กับพนักงานที่ทำหน้าที่ในส่วนของงานสั่งซื้อวัตถุดิบ (Purchasing) เพื่อใช้ในการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบต่อไป (Material Requirement Planning: MRP) เมื่อพนักงานที่ทำหน้าที่ในส่วนของงานสั่งซื้อวัตถุดิบ ทำ MRP เรียบร้อยแล้ว จะได้ข้อมูลในการสั่งซื้อวัตถุดิบ โดยจะทำการส่งใบสั่งซื้อวัตถุดิบให้กับผู้จัดหาสินค้า (Supplier) ต่อไป และเมื่อได้วัตถุดิบจากผู้จัดหาสินค้าแล้วนั้น วัตถุดิบจะถูกนำไปเก็บเข้าคลังสินค้า และปริมาณสินค้าที่ทำการผลิตในแต่ละวันนั้น จะถูกส่งไปเก็บในคลังสินค้าเช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 12

จากผลการทดลอง พบว่า การหากมีการใช้โปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต สามารถช่วยลดมูลค่าการสูญเสียโอกาสในการขายของทางสถานประกอบการ เนื่องจากวัตถุดิบไม่เพียงพอต่อการผลิตลงได้ 60,579.38 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 15.38 ของการสูญเสียโอกาสในการขายก่อนใช้โปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต พร้อมทั้งยังช่วยลดปริมาณของคงคลังลงจากเดิม 15.79 ตัน/เดือน คิดเป็นร้อยละ 3.06 ของปริมาณการจัดเก็บวัตถุดิบก่อนใช้โปรแกรมช่วยตัดสินใจในการวางแผนผลิต



รูปที่ 12 ระบบการวางแผนการผลิต และการจัดการคำสั่งซื้อของทางสถานประกอบการ

เอกสารอ้างอิง

[1] Smith, K. A. & Gupta, J. N. D. (2000). Neural networks in business: Techniques and applications for the operations researcher. Computers & Operations Research, 27(11–12), 1023–1044.

[2] Lapedes, A., & Farber, R. (1987). Nonlinear Signal Processing Neural Information Processing System – Natural and Synthetic.

[3] Kuo, C., & Reitsch, A. (1995). Neural networks vs. conventional methods of forecasting. Journal of Business Forecasting, Methods and Systems, 14(4), 17–22.

[4] Shachmurove, Y. (2002). Applying artificial neural networks to business, economics and finance, departments of economics. The City College of the City University of New York.

[5] Co, H. C., and Boosarawongse, R. (2007). Forecasting Thailand's rice export: Statistical techniques vs. artificial neural networks. Computers & Industrial Engineering, 53(4), 610-627.

[6] Wong, W. K., Xia, M., and Chu, W. C. (2010). Adaptive neural network model for time-series forecasting. European Journal of Operational Research, 207(2), 807-816.

[7] Thomassey, S. (2010). Sales forecasts in clothing industry: The key success factor of the supply chain management. International Journal of Production Economics, 128(2), 470-483.

[8] Choi, T.-M., Yu, Y., and Au, K.-F. (2011). A hybrid SARIMA wavelet transform method for sales forecasting. Decision Support Systems, 51(1), 130-140.

[9] Garetti, M., & Taisch, M. (1999). Neural networks in production planning and control. Production Planning and Control, 10(4), 324–339.

[10] รัตนา ขาวมีศรี. (2551). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการหน่วยกิจการนิสิต กรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาวอัญญา อำไพ จบการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยนเรศวร ในปีการศึกษา พ.ศ. 2555 จบการศึกษาระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ ในปีการศึกษา พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยนเรศวร และเคยเป็นผู้ช่วยวิจัยในหน่วยวิจัยด้านการวิจัยการดำเนินงานและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม (Centre for Operations Research and Industrial Applications: CORIA) ซึ่งเป็นหน่วยวิจัยภายใต้การกำกับของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปัจจุบันประกอบอาชีพเป็น อาจารย์ สังกัดสาขาวิชา การจัดการวิศวกรรมการผลิตและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่ผ่านมา นางสาวอัญญามีความเชี่ยวชาญหรือมีความสนใจในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพโลจิสติกส์อุตสาหกรรม การประยุกต์ใช้วิธีเมต้าฮิวริสติกส์ในการวางแผนการผลิตและการวางผังโรงงาน เป็นต้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2539 ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2543 และระดับปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ จากมหาวิทยาลัยนเรศวร ในปี พ.ศ. 2559 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง อาจารย์ สังกัดหน่วยวิจัยด้านการวิจัยดำเนินงานและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผศ.ดร.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์ มีความเชี่ยวชาญและสนใจในด้านการประยุกต์ใช้หลักการวิจัยดำเนินงานและสถิติประยุกต์ในงานสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ รวมทั้ง การพัฒนาและปรับปรุงวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยการประมาณค่า (Approximating optimisation algorithm) เพื่อแก้ปัญหาการออกแบบผังเครื่องจักรผู้ช่วยศาสตราจารย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จาก Asian Institute of Technology และระดับปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต จาก University of Newcastle, ประเทศอังกฤษ ในปี พ.ศ. 2544 ปัจจุบันผู้อำนวยการหน่วยวิจัยด้านการวิจัยดำเนินงานและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม สังกัดภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผลงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะเป็นทางด้านการประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบต่างๆ เพื่อการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม หรือปัญหาการจัดการห่วงโซ่อุปทานหรือโลจิสติกส์ เช่น Nature-inspired optimisation algorithms or computational intelligence เป็นต้น

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ของเกษตรกรอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี

Costs and Returns Analysis on Monthong Durian Cultivation of Farmers in Thamai District, Chanthaburi Province

วรณิภา โรจน์จันทร์แสง[1*]
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] woranipanan@gmail.com
และ เชาวลิต หามนตรี[2]
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [2] chaowalit.ha@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองของเกษตรกร อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการลงทุนปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลจากพื้นที่จริงของเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองเฉพาะอำเภอท่าใหม่ จำนวน 9 ราย เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองมากที่สุด การศึกษาครั้งนี้แบ่งกลุ่มการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระยะห่างในการปลูก โดยมีอายุโครงการ 30 ปี ใช้อัตราคิดลดที่ร้อยละ 7 ต่อปี และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีระยะเวลาคืนทุนที่ปรับค่าของเวลา มูลค่าปัจจุบัน อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน และความอ่อนไหวของโครงการ ผลการศึกษาพบว่าการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่มีระยะห่างในการปลูก 12X12 เมตร มีต้นทุนน้อยที่สุดในการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองเฉลี่ยต่อไร่ เป็นจำนวนเงิน 39,788.23 บาท และมีรายได้เฉลี่ยต่อไร่ เป็นจำนวนเงิน 119,345.42 บาท และให้ผลตอบแทนดีที่สุดทำให้มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 12 ปี 9 เดือน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่อัตราผลตอบแทนร้อยละ 7 เท่ากับ 12,180,594 บาท อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1.88 อัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 88.50 และวิเคราะห์ความอ่อนไหวแบ่งได้เป็น 2 กรณีคือ การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านทุนเท่ากับร้อยละ 88.50 ส่วนการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านผลตอบแทนเท่ากับร้อยละ 46.94 ซึ่งสูงกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการจึงสมควรพิจารณาลงทุนในโครงการนี้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ทางการเงิน, ต้นทุนและผลตอบแทน, ทุเรียน

Abstract

The purpose of this research was to study costs and returns analysis on Monthong Durian Cultivation of Farmers in Thamai District, Chanthaburi Province in order to use in decision making for Monthong Durian Cultivation investment. In this study, data was collected from actual locations of 9 Monthong Durian producers in Thamai District, the area of largest Monthong Durian farmland. In this study, Monthong Durian was divided into 3 groups to type of planting distance. Project time is 30 years, using a discount rate of 7% per year. The data was analyzed using discounted payback period, net present value, Internal rate of return, Benefit cost ratio and sensitivity analysis on investment methods. The least cost of growing Monthong Durian in average per rai amount of 39,788.23 baht and has an average income per rai amount of 119,345.42 baht, Resulting in a discounted payback period of project at 12 years 9 month, net present value, based on minimum rate of return of 7% were 12,180,594 bath, Benefit cost ratio is 1.88, Internal rate of return on investment were 88.50 percent, and the project sensitivity analysis is divided into 2 cases, the switching value test of cost is 88.50%, the switching value test of benefit is 46.94%. These number were higher than the discount rate so it was appropriate.

Keywords: Financial Analysis, Cost and Return , Durian

* Corresponding author: E-mail: woranipanan@gmail.com
[1] นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังลาดกระบัง

1. คำนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ทุเรียนเป็นผลไม้เมืองร้อนที่ได้รับการยกย่องให้เป็นราชาแห่งไม้ผล (King of fruits) ที่นิยมบริโภคและส่งออกกันโดยทั่วไปคือ ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีกลิ่นไม่แรงมาก รสชาติอร่อยหวานมันกำลังดี เนื้อละเอียดและแห้ง เมล็ดเล็กและลีบ ที่สำคัญต้องมีรสชาติที่ไม่หวานจนเกินไป และราคาที่จำหน่ายต่อกิโลกรัมสูง จึงทำให้เกษตรกรมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่จากการปลูกยางมาเป็นการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองแทน [1]

ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจในการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองว่าจะได้รับผลตอบแทนคุ้มค่ากับต้นทุนที่ลงทุนปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองหรือไม่ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับเกษตรกร และเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจรวมถึงหน่วยงานภาครัฐสำหรับเป็นข้อมูลในการส่งเสริมและช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

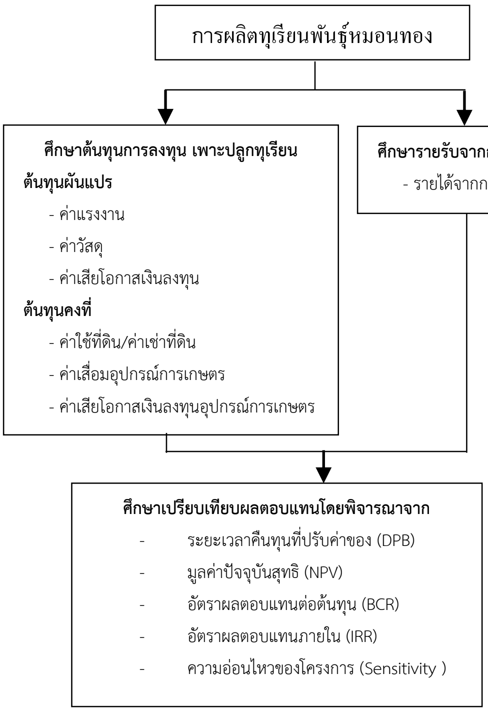
1.2.1. เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปเกี่ยวกับผลผลิตทุเรียน

1.2.2. เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินจากการผลิตของเกษตรกรในแหล่งผลิตที่สำคัญ

1.3 ขอบเขต

ในการศึกษาครั้งนี้จะเน้นการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ปี 2559-2560 จากการปลูกทุเรียนของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี โดยจำแนกตามช่วงอายุของทุเรียน เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของการผลิตทุเรียน

1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย



" ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย "

1.5 สมมติฐาน

1. ระยะเวลาคืนทุนที่ปรับค่าของเวลา (Discounted Payback Period: DPB) ต้องมีระยะเวลาคืนทุนเร็ว

2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) ต้องมีค่าเป็นบวก

3. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR) ต้องมีค่ามากกว่า 1

4. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio : BCR) ต้องมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองของเกษตรกร อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ครั้งนี้ได้นำทฤษฎีเกี่ยวกับต้นทุนและผลตอบแทน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการศึกษาโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ต้นทุนการผลิตไม้ผล

การคิดต้นทุนการผลิตไม้ผลไม้ยืนต้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) [2] จึงแบ่งออกเป็น 2 ช่วงดังนี้

2.1.1 ต้นทุนก่อนให้ผลผลิต เป็นต้นทุนของค่าใช้จ่ายทั้งหมดรวมตั้งแต่เริ่มต้นการเพาะปลูกจนสิ้นสุดกิจกรรมปีก่อนให้ผลผลิต

2.1.2 ต้นทุนปีที่ให้ผลผลิต หมายถึง ค่าใช้จ่ายในรอบปีนั้นซึ่งอยู่ในช่วงอายุพืชให้ผลผลิตและเป็นค่าใช้จ่าย เริ่มตั้งแต่กิจกรรมบำรุงรักษาหลังการเก็บเกี่ยวฤดูที่ผ่านมา จนถึงการเก็บเกี่ยวครั้งใหม่แล้วเสร็จ

2.2 ต้นทุนการผลิต

2.2.1 ต้นทุนผันแปร ประกอบด้วย

1. ค่าแรงงาน ประกอบด้วย ค่าเตรียมดิน ค่าปลูก ค่าดูแลรักษา ค่าเก็บเกี่ยวเป็นค่าจ้างในกิจกรรมเก็บเกี่ยวผลผลิต

2. ค่าวัสดุ ประกอบด้วย ค่าพันธุ์ ค่าปุ๋ย ค่ายากำจัดวัชพืชและศัตรูพืช ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าไฟ ค่าวัสดุสิ้นเปลืองอื่นๆ และค่าซ่อมแซมอุปกรณ์

3. ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนคือค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการลงทุนในการจัดซื้อจัดหาปัจจัยการผลิต ที่เป็นปัจจัยผันแปรทั้งค่าแรง และค่าวัสดุ นำไปคิดประเมินเป็นค่าเสียโอกาสเงินลงทุน

2.2.2 ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย

1. ค่าเช่าที่ดินหรือค่าใช้ที่ดิน
2. ค่าเสื่อมราคาทรัพย์สินหรืออุปกรณ์การเกษตร
3. ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนในทรัพย์สินหรืออุปกรณ์การเกษตร

2.3 การวิเคราะห์การตัดสินใจเพื่อการลงทุน

การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้การวิเคราะห์โครงการทางการเงิน (Financial Analysis: FA) โดยเปรียบเทียบเงินลงทุนหรือค่าใช้จ่าย (Cost) กับรายได้หรือผลประโยชน์ (Benefit) จากโครงการที่แสดงให้เห็นความสามารถของโครงการที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ ในการวิเคราะห์นี้จะใช้หลักเกณฑ์ 5 ประการคือ (นงนุช อังยุรีกุล, 2552) [3] ได้แก่

2.3.1 ระยะเวลาคืนทุนที่ปรับค่าของเวลา (Discounted Payback Period: DPB) คือระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานที่ปรับค่าของเวลาแล้ว มีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก วิธีการนี้จะคำนึงถึงมูลค่าของเงินตามเวลา โดยใช้อัตราคิดลดเป็นตัวปรับค่าเวลา หากโครงการใดมีระยะเวลาคืนทุนเร็ว โครงการนั้นก็จะน่าลงทุน โดยสูตรการปรับค่าของเวลาดังนี้

$$PV = \sum_{t=1}^{n} \frac{F_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

โดยกำหนดให้

PV = มูลค่าปัจจุบัน ณ ปัจจุบัน

F_t = จำนวนเงินที่ได้รับในแต่ละปี

r = อัตราคิดลด (discount rate)

t = ปีที่ 1 ถึง n

n = อายุของโครงการ

2.3.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) คือ ผลรวมของผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของเงินสดไหลเข้ากับมูลปัจจุบันของเงินสดไหลออก ซึ่งหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกโครงการ คือ จะเลือกโครงการที่ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์หรือเป็นบวก

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

โดยกำหนดให้ NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

B_t = มูลค่าผลตอบแทน ณ ปีที่ t

C_t = มูลค่าต้นทุน ณ ปีที่ t

2.3.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR) คือ อัตราผลตอบแทนที่วิเคราะห์นี้ เป็นอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงตลอดอายุโครงการการลงทุน ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดไหลเข้า เท่ากับ มูลค่าปัจจุบันของเงินสดออก ซึ่งจะอยู่ที่ค่าของมูลค่าปัจจุบันสิทธิ เท่ากับ ศูนย์ ซึ่งมีเกณฑ์การตัดสินใจเลือกโครงการคือ จะเลือกโครงการที่ IRR มากกว่าค่าเสียโอกาสเงินลงทุน

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (3)$$

โดยกำหนดให้ IRR = อัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ทำให้ NPV = 0

2.3.4 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio : BCR) คืออัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน เป็นการหาอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับจากการลงทุน เป็นกี่เท่าของมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ซึ่งหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกโครงการ คือ จะเลือกโครงการที่ B/C Ratio มากกว่า 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงการลงทุนนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้น

$$\text{B/C Ratio} = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} \Big/ \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (4)$$

2.3.5 ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)

ในการประเมินค่าโครงการโดยเฉพาะสถาบันการเงินที่จะให้การสนับสนุนเงินกู้แก่โครงการหรือไม่นั้น มักจะมีการพิจารณา โดยนำความเสี่ยงและความไม่แน่นอนที่อาจจะมีผลกระทบต่อต้นทุน และผลตอบแทนทางการเงินของโครงการที่ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง มาวิเคราะห์ด้วยโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยการเปลี่ยนข้อสมมติต่างๆ ไปในทิศทางที่คาดว่าจะเกิดขึ้น แล้วทำการวิเคราะห์ผลตามข้อสมมติใหม่เพื่อตรวจดูว่าผลลัพธ์ที่ได้ยังคงเป็นที่ยอมรับได้อยู่อีกหรือไม่ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี

1). กรณีต้นทุน (Cost)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการโดยวิธีการทดลองสอบมูลค่าการเปลี่ยนไป กรณีต้นทุนเพื่อวิเคราะห์ว่าต้นทุนของโครงการจะสามารถเพิ่มขึ้นได้ร้อยละเท่าไร จึงจะทำให้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 0 และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1 โดยสูตรทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านทุน ดังนี้

$$SVT_C = \frac{NPV}{PVC} \times 100 \quad (5)$$

โดยกำหนดให้ SVT_C = Switching Value Test ของต้นทุน

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

PVC = มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

2). กรณีผลตอบแทน (Benefit)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการโดยวิธีการทดสอบมูลค่าการเปลี่ยนไป กรณีผลตอบแทนเพื่อวิเคราะห์ว่าผลตอบแทนของโครงการจะสามารถลดลงได้ร้อยละเท่าไร จึงจะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 0 และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1 โดยสูตรทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านทุน ดังนี้

$$SVT_B = \frac{NPV}{PVB} \times 100 \quad (6)$$

โดยกำหนดให้ SVT_B = Switching Value Test ของผลตอบแทน

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

PVB = มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กมลชนก แข็งมาก และ สมศักดิ์ เพียบพร้อม (2559) [4] ทำการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน ในตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเกษตรกรรายย่อย จำนวน 60 ตัวอย่าง แบ่งเป็นเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมันอย่างละ 30 ตัวอย่าง โดยใช้ขนาดพื้นที่เฉลี่ย 11 ไร่ ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ ณ อัตราคิดลดร้อยล่ะ 2.25 ต่อปี กำหนดอายุโครงการ 25 ปี และใช้ตัววัดผลทางการเงิน 3 ตัวชี้วัดได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อการลงทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนโครงการ (IRR) ผลการวิเคราะห์ทางการเงินชี้ให้เห็นว่า การลงทุนทำสวนยางพาราและปาล์มน้ำมันมีความคุ้มค่าทั้งคู่ เนื่องจาก NPV BCR IRR มีค่าเป็นบวก มีค่ามากกว่า 1 และมีค่ามากกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาส ตามลำดับ

Babatunde T.O. (2018) [5] การศึกษามุ่งเน้นไปที่การประเมินต้นทุนและโครงสร้างผลตอบแทนในอุตสาหกรรมไม้เนื้อแข็งใน Sagamu, Ogun State การศึกษาใช้เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามและใช้วิธีการทางสถิติเชิงอนุมานในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่าอุตสาหกรรม 44% เป็นร้านค้าปลีกในขณะที่ 25% เป็นผู้ค้าส่งไม้เนื้อแข็ง และทั้ง 2 มีอุปทานของผลิตภัณฑ์ คือทุนการดำเนินงานในหมู่ไม้ธุรกิจ 3,641,905.6 ไนราไนจีเรีย และรายได้ต่อปี 500,000 ถึง 2,000,000 ไนราไนจีเรีย การวิเคราะห์งบประมาณพบว่ากำไรรวม

ประจำปีสำหรับผู้ค้าไม้เนื้อแข็งอยู่ระหว่าง 1,273,103.63 ไนราไนจีเรีย และ 2,394,341.77 ไนราไนจีเรีย

Pitan Sanpakdee (2019) [6] การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนจากการการปลูกมะนาวแบบบ่อซีเมนต์กับแบบปลูกลงดินของเกษตรกร ทำการสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 20 ราย โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากเกษตรกร ที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดในตำบล 10 อันดับแรก มีกลุ่มเกษตรกรที่ใช้วิธีการปลูกมะนาวแบบใช้บ่อซีเมนต์ 10 ราย และปลูกแบบลงดิน 10 ราย แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า การวิเคราะห์ต้นทุนจากการปลูกมะนาวแบบบ่อซีเมนต์ ต่ำกว่าการปลูกแบบลงดิน วิเคราะห์อัตราผลตอบแทนจาการลงทุน พบว่า อัตราผลตอบแทนจากการปลูกมะนาวแบบลงดินให้ผลตอบแทน มากกว่าการปลูกแบบบ่อซีเมนต์ วิเคราะห์กาไรส่วนเกินพบว่า จาการปลูกมะนาวแบบลงดินมีกำไรส่วนเกินมากกว่าการปลูกแบบบ่อซีเมนต์ วิเคราะห์จุดคุ้มทุน พบว่า จะต้องขายมะนาวจากการปลูกแบบบ่อซีเมนต์มากกว่าการปลูกแบบลงดิน และการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน พบว่าระยะเวลาคืนทุนของการปลูกมะนาวแบบลงดินคืนทุนได้เร็วกว่าการปลูกแบบบ่อซีเมนต์

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลจากเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน ในพื้นที่อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 9 ตัวอย่าง โดยมีการจำแนกระยะห่างในการปลูก 3 กลุ่ม คือ ระยะ 12X12, 10X10, 3X13 เมตร กลุ่มละ 3 ตัวอย่าง คำนวณโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Version 2013 เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการผลิตทุเรียน

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1. การประมวลผลและการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

1). นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตทุเรียน ในพื้นที่อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ปี 2559/2560 มาทำการบันทึกข้อมูลและประมวลผลในโปรแกรมที่จัดเตรียมไว้ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจะแยกตามช่วงอายุก่อนให้ผลผลิตและช่วงให้ผลผลิต

2). นำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นการบรรยายสภาพทั่วไปด้านการผลิตตลอดจนปัญหาอุปสรรคที่เกี่ยวข้องเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ของเกษตรกรได้แก่ ต้นทุนการผลิตทุเรียนในแต่ละกิจกรรม รายได้ที่ได้ของเกษตรกร ผลผลิตต่อไร่ของทุเรียน ในแต่ละระยะห่างของการปลูกทุเรียนคือ 12X12, 10X10, 3x13 เมตร ของจังหวัดจันทบุรี

3.2.2. การประมวลผลและวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนทางการเงินของโครงการ

สำหรับการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนทางการเงินโครงการสำหรับการลงทุนปลูกทุเรียน เนื่องจากการลงทุนมีอายุหลายปี ทำให้มูลค่าของเงินตามเวลามีผลให้ค่าของเงินในวันนี้กับวันหน้ามีค่าแตกต่างกันจึงควรใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลาในการวิเคราะห์ โดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 7 ต่อปี เนื่องจากเป็นค่าเสียโอกาสเงินลงทุนของเกษตรกร อ้างอิงจากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลูกค้ารายย่อยชั้นดี (Minimum Retail Rate) ของธนาคารเกษตรกรและสหกรณ์เพื่อการเกษตร (ธ.ก.ส.) และกำหนดระยะสิ้นสุดโครงการที่ 30 ปี เนื่องจากเกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่นิยมปลูกและโค่นทิ้งสวนเก่าที่อายุ 30 ปี ทำการศึกษาครั้งนี้ใช้ขนาดเนื้อที่ยืนต้น 20 ไร่ เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ยของขนาดสวนทุเรียนต่อครัวเรือนตัวอย่าง

โดยจำแนกการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนทางการเงินของโครงการ แยกตามระยะห่างของการปลูกทุเรียนใช้หลักเกณฑ์การตัดสินใจดังนี้

1). ระยะเวลาคืนทุนที่ปรับค่าของเวลา (Discounted Payback Period: DPB)

2). มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV)

3). อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR)

4). อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio : BCR)

5). ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)

4. ผลการวิจัย

4.1 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของการผลิตทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

การศึกษาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของทุเรียนพันธุ์หมอนทองครั้งนี้ได้ศึกษาสภาพพื้นที่จริงของการปลูกทุเรียน ในพื้นที่อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ซึ่งได้สำรวจต้นทุนการผลิตเป็นครัวเรือนที่มีการปลูกแบบสวนเฉพาะ เนื้อที่ 20 ไร่ จำแนกระยะห่างในการปลูกเป็น 3 กลุ่มคือ 10x10 12x12 และ 3x13 เมตร

ยกตัวอย่างข้อมูลค่าใช้จ่ายในการลงทุนและดำเนินการทำสวนทุเรียนที่ใช้ในการคำนวณเฉพาะการปลูกทุเรียนที่มีระยะห่างในกระปลูก 12x12 เมตร ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

“ตาราง 1 ค่าใช้จ่ายในการลุงทุนทำสวนทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 12X12 เมตร”

การลงทุน	จำนวน		ราคาต่อหน่วย (บาท)	อายุใช้งาน (ปี)	มูลค่าซาก (บาท)	มูลค่าคงเหลือ (บาท)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท)
1.ค่าที่ดิน	20	ไร่	400,000	-	-	-	8,000,000
2.ปรับพื้นที่	20	ไร่	3,500	-	-	-	70,000
3.ขุดสระพร้อมที่ดิน	1		535,000	-	-	-	535,000
4.โรงเรือน	1		100,000	15	-	-	100,000
5.อุปกรณ์คงทน							
5.1 อุปกรณ์เครื่องพ่นยา	1		7,500	10	200	200	7,500
5.2 เครื่องสูบน้ำ/ปั๊มไฟฟ้า	1		6,500	10	500	500	6,500
5.3 เครื่องตัดหญ้า	1		3,500	10	300	300	3,500
5.4 ระบบสปริงเกอร์	1		30,000	30	1,000	1,000	30,000
5.5 มีด	2		150	5			300
5.6 กรรไกรตัดแต่ง	2		250	5			500
5.7 ตะกร้า	10		100	5			1,000
5.8 บันได	2		200	5			400
รวม						2,000	8,754,700

ที่มา: จากการสำรวจ

"ตาราง 2 ค่าใช้จ่ายในการลุงทุนและดำเนินการทำสวนทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 12X12 เมตร (ยกตัวอย่างกระแสเงินสดปีที่ 1-6 : บาท)"

รายการ	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6
ค่าลงทุน	8,754,700					2,200
ค่าที่ดิน	8,000,000					
ค่าปรับที่ดิน	70,000					
ค่าขุดสระพร้อมที่ดิน	535,000					
ค่าโรงเรือน	100,000					
ค่าอุปกรณ์คงทน	49,700					2,200
ค่าดำเนินการ	386,938	241,634	241,634	241,634	496,245	496,245
ค่าแรงงาน	231,500	141,000	141,000	141,000	321,000	321,000
ค่าวัสดุ	155,438	100,634	100,634	100,634	175,245	175,245
ค่าภาษีที่ดิน		1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
รวมรายจ่าย	9,141,638	242,734	242,734	242,734	497,345	499,545
รวมรายได้					897,500	2,369,400
รายได้สุทธิ	-9,141,638	-242,734	-242,734	-242,734	400,155	1,869,855

ที่มา: จากการสำรวจ

4.1.1 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 10X10 เมตร พบว่า ต้นทุนการผลิตทุเรียนเฉลี่ย 40,484.63 บาท/ไร่ แยกเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 28,055.12 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 69.30 ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนคงที่เฉลี่ย 12,429.51 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 30.70 ของต้นทุนทั้งหมด ผลตอบแทนจากการผลิตพบว่า ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 1,969.23 กิโลกรัม ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 20.56 บาท ราคาที่เกษตรกรขายได้ 71.8 บาท/กิโลกรัม ผลตอบแทนต่อไร่ 100906.14 บาท กำไรต่อไร่ 60,421.50 บาท หรือกำไรกิโลกรัมละ 30.68 บาท (ตารางที่ 3)

4.1.2 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 12X12 เมตร พบว่า ต้นทุนการผลิตทุเรียนเฉลี่ย 39,788.23 บาท/ไร่ แยกเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 27,413.13 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 68.90 ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนคงที่เฉลี่ย 12,375.10 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 31.10 ของต้นทุนทั้งหมด ผลตอบแทนจากการผลิตพบว่า ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 2,216.35 กิโลกรัม ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 17.95 บาท ราคาที่เกษตรกรขายได้ 71.8 บาท/กิโลกรัม ผลตอบแทนต่อไร่ 119,345.42 บาท กำไรต่อไร่ 79,557.19 บาท หรือกำไรกิโลกรัมละ 35.90 บาท (ตารางที่ 3)

4.1.3 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 3X13 เมตร พบว่า ต้นทุนการผลิตทุเรียนเฉลี่ย 52,975.13 บาท/ไร่ แยกเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 36,678.33 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 69.24 ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนคงที่เฉลี่ย 16,296.80 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 30.76 ของต้นทุนทั้งหมด ผลตอบแทนจากการผลิตพบว่า ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 1,736.54 กิโลกรัม ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 30.51 บาท ราคาที่เกษตรกรขายได้ 71.8 บาท/กิโลกรัม ผลตอบแทนต่อไร่ 71,708.33 บาท กำไรต่อไร่ 18,733.20 บาท หรือกำไรกิโลกรัมละ 10.79 บาท (ตารางที่ 3)

" ตารางที่ 3 ต้นทุนการผลิตทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 10X10 12X12 และ 3X13 เมตร ปี 2559/2560 เฉลี่ยทุกช่วงอายุ"

หน่วย : บาท/ไร่

รายการ	ระยะห่างในการปลูก (เมตร)		
	10x10	12x12	3x13
1.ต้นทุนผันแปร	28,055.12	27,413.13	36,678.33
1.1 ค่าแรงงาน	16,050.00	16,050.00	22,800.00
ดูแลรักษา	7,050.00	7,050.00	13,800.00
เก็บเกี่ยว	9,000.00	9,000.00	9,000.00
1.2 ค่าวัสดุ	10,169.74	9,569.74	11,478.82
ค่าปุ๋ย	2,554.76	2,956.06	3,627.37
ค่ายาปราบศัตรูพืชและวัชพืช	6,250.00	5,368.78	6,577.02
ค่าวัสดุอื่นๆค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าซ่อมแซมอุปกรณ์	1,364.98	1,244.91	1,274.43
1.3 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	1,835.38	1,793.38	2,399.52
2. ต้นทุนคงที่	12,429.51	12,375.10	16,296.80
2.1 ค่าเช่าที่ดิน	5,000.00	5,000.00	5,000.00
2.2 ค่าเสื่อมอุปกรณ์การเกษตร	1,494.40	1,494.40	1,518.4
2.3 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนอุปกรณ์การเกษตร	22.93	22.93	23.61
2.4 เฉลี่ยต้นทุนก่อนให้ผลผลิต	5,912.18	5,857.77	9,754.79
3.ต้นทุนรวมต่อไร่	40,484.64	39,788.23	52,975.13
4.ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัม	20.56	17.95	30.51
5.ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	1,969.23	2,216.35	1,736.54
6.ราคาที่เกษตรกรขายได้ (บาท/กิโลกรัม)	71.80	71.80	71.80
7.ผลตอบแทนต่อไร่	100,906.14	119,345.42	71,708.33
8.ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่	60,421.50	79,557.19	18,733.20
9.ผลตอบแทนสุทธิต่อกิโลกรัม	30.68	35.90	10.79

ที่มา: จากการสำรวจ

4.2 ผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนทำสวนทุเรียนโดยจำแนกระยะห่างในการปลูก

4.2.1 หลักการวิเคราะห์โครงการทางการเงิน (Financial Analysis: FA) มีการวัดผลตอบแทนตามเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน 4 เกณฑ์ ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุนที่ปรับค่าของเวลา (Discounted Payback Period) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio : BCR) โดยจำแนกการวิเคราะห์ผลตอบแทนตามระยะห่างในการปลูกทุเรียนออกเป็น 3 กรณี คือ 10X10 12X12 และ 3X13 เมตร

ยกตัวอย่างข้อมูลการคำนวณผลตอบแทนทางด้านการเงินในการทำสวนทุเรียนเฉพาะการปลูกทุเรียนที่มีระยะห่างในกระปลูก 12x12 เมตร ดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5

“ตารางที่ 4 ผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนทำสวนทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 12X12 เมตร”

ปีที่	มูลค่าปัจจุบัน		มูลค่าปัจจุบันสะสม		NPV	B/C Ratio
	รายได้	ต้นทุน	รายได้	ต้นทุน	อัตราส่วนลด = 7%	
1	0	9141638	0	9141638	-8543586.92	0.00
2	0	242734.05	0	9384372	-212013.32	0.00
3	0	242734.05	0	9627106	-198143.29	0.00
4	0	242734.05	0	9869840	-185180.64	0.00
5	897,500	497344.65	897500	10367185	285305.23	1.80
.						
.						
30	3,769,500	529720.25	82749500	23350557	425600.53	7.12
มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) คือ					12,180,594	
ผลตอบแทนภายใน (IRR)					27.85%	
B/C Ratio					1.88	

ที่มา : จากการคำนวณ

“ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนทำสวนทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 12X12 เมตร”

ปีที่	PV รายได้ (B)	PV ต้นทุน (C)	ผลตอบแทนสุทธิ	ผลตอบแทนสุทธิสะสม
1	0	8543587	-8543587	-8543587
2	0	212013.3	-212013	-8755600
3	0	198143.3	-198143	-8953744
4	0	185180.6	-185181	-9138924
5	639905.1	354599.9	285305.2	-8853619
6	1578831	332867.7	1245964	-7607655
7	1475543	309721.3	1165822	-6441833
8	1379012	289459.1	1089553	-5352280
9	1288797	270522.5	1018274	-4334006
10	1204483	252824.8	951658	-3382348
11	1535025	249444.9	1285580	-2096768
12	1434603	224379.1	1210224	-886545
13	1340750	209700.1	1131050	244505.5
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
30	495,188.35	69,587.82	425600.5	12180594
PVB (บาท)				25,944,383.51
PVC (บาท)				13,763,790

ที่มา : จากการคำนวณ

1) กรณีเกษตรกรผลิตทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 10X10 เมตร ผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนปลูกทุเรียน พบว่ามีมูลปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 9,369,276 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) เท่ากับ 1.69 และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เท่ากับร้อยละ 26.92 และระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนปลูกทุเรียน เท่ากับ 14 ปี 2 เดือน (ตารางที่ 6)

2) กรณีเกษตรกรผลิตทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 12X12 เมตร ผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนปลูกทุเรียน พบว่ามีมูลปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 12,180,594 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) เท่ากับ 1.88 และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เท่ากับร้อยละ 27.85 และระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนปลูกทุเรียน เท่ากับ 12 ปี 9 เดือน (ตารางที่ 6)

3) กรณีเกษตรกรผลิตทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 3X13 เมตร ผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนปลูกทุเรียน พบว่ามีมูลปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 4,977,530 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) เท่ากับ 1.31 และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เท่ากับร้อยละ 24.93 และระยะเวลาคืนทุนของการลงทุนปลูกทุเรียน เท่ากับ 17 ปี 7 เดือน (ตารางที่ 6)

จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนการปลูกทุเรียนทั้ง 3 กรณีโดยมีระยะห่างในการปลูก คือ 10x10 12x12 และ 3x13 เมตร พบว่าให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากเมื่อพิจารณา NPV แล้วมีค่าเป็นบวก แสดงว่า ผลตอบแทนเมื่อคิดมูลค่าปัจจุบันแล้วมีค่าสูงกว่ามูลค่าปัจจุบันของรายจ่าย ส่วน (B/C Ratio) มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโครงการลงทุนนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้น และ IRR มีค่าสูงกว่าค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนร้อยละ 7

“ตารางที่ 6 ผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนทำสวนทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 10X10 12X12 และ 3X13 เมตร”

ผลตอบแทน	ระยะห่างในการปลูก (เมตร)		
	10X10	12X12	3X13
NPV	9,369,276 บาท	12,180,594 บาท	4,977,530 บาท
IRR	26.92%	27.85%	24.93%
B/C Ratio	1.69	1.88	1.31
DPB	14 ปี 2 เดือน	12 ปี 9 เดือน	17 ปี 7 เดือน

ที่มา : จากการคำนวณ

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวโครงการของการลงทุนทำสวนทุเรียนแบ่งตามระยะห่างในการปลูก โดยจำแนกการวิเคราะห์ผลตอบแทนตามระยะห่างในการปลูกทุเรียนออกเป็น 3 กรณี คือ ระยะห่างในการปลูก 10X10 12X12 และ 3X13 เมตร

ผลวิธีการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test) ของการลงทุนปลูกทุเรียนโดยแบ่งตามระยะห่างในการปลูก 10X10 12X12 และ 3X13 เมตร พบว่า การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านทุน (STV_C) คือร้อยละ 66.83 88.50 และ 31.10 ตามลำดับ หมายความว่า ต้นทุนของโครงการการลงทุนปลูกทุเรียนโดยมีระยะห่างในการปลูก 10X10 12X12 และ 3X13 เมตร สามารถเพิ่มขึ้นได้ ร้อยละ 66.83 88.50 และ 31.10 ตามลำดับ ที่จะทำให้ผลตอบแทนเท่ากับต้นทุน ส่วนการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านผลตอบแทน (STV_B) คือร้อยละ 40.06 46.94 และ 23.72 ตามลำดับ หมายความว่า ผลตอบแทนโครงการการลงทุนปลูกทุเรียนนี้สามารถลดลงได้ร้อยละ 40.06 46.94 และ 23.72 ที่จะทำให้ผลตอบแทนเท่ากับต้นทุน (ตารางที่ 7)

“ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test)”

การทดสอบความแปรเปลี่ยน	ระยะห่างการปลูก (เมตร)		
	12X12	10X10	3X13
ด้านทุน (STV_C)	66.83	88.50	31.10
ผลตอบแทน (STV_B)	40.06	46.94	23.72

ที่มา:จากการวิเคราะห์

4.2.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การลงทุนทางการเงินของการผลิตทุเรียน จากผลการวิเคราะห์การลงทุนทางการเงินของการลงทุนปลูกทุเรียน ในการแบ่งระยะห่างการปลูกทั้ง 3 กลุ่ม สามารถเปรียบเทียบตามเกณฑ์การตัดสินใจลงทุนได้ พบว่า ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าทุกกรณี โดยเกษตรกรผลิตทุเรียนระยะการปลูก 12X12 เมตร มีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนการลงทุนสูงสุด ดังนั้นการลงทุนปลูกทุเรียนที่มีระยะห่างในการปลูก 12X12 เมตร คุ้มค่าแก่การลงทุนสูงสุด รองลงมาเกษตรกรผลิตทุเรียนที่มีระยะห่างในการปลูก 10X10 เมตร และสุดท้ายการปลูกทุเรียนที่มีระยะห่าง 3X13 เมตร มีระยะเวลาคืนทุนช้าที่สุด ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนการลงทุนต่ำสุด ดังนั้นการส่งเสริมการผลิตทุเรียน ในพื้นที่อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ควรส่งเสริมให้ปลูกทุเรียนที่มีระยะห่างในการปลูก 12X12 เมตรเป็นลำดับแรกซึ่งมีความคุ้มค่าของผลตอบแทนทางการเงินสูงสุด (ตารางที่ 8)

“ตารางที่ 8 เปรียบเทียบผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนทำสวนทุเรียน ตามเกณฑ์การตัดสินใจลงทุน”

เกณฑ์การตัดสินใจลงทุน	ระยะห่างการปลูก (เมตร)		
	12X12	10X10	3X13
ระยะเวลาคืนทุน	14 ปี 2 เดือน	12 ปี 9 เดือน	17 ปี 7 เดือน
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	9,369,276	12,180,594	4,977,530
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน	1.69	1.88	1.31
อัตราผลตอบแทนการลงทุน (ร้อยละ)	26.92	27.85	24.93
STV_C (ร้อยละ)	66.83	88.50	31.10
STV_B (ร้อยละ)	40.06	46.94	23.72
ต้นทุนเฉลี่ยต่อกิโลกรัม (บาท)	20.56	17.95	30.51

ที่มา:จากการวิเคราะห์

5. สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงต้นทุนและผลตอบแทนของเกษตรกรที่ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี โดยทำการสำรวจและเก็บข้อมูลจากเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน ในพื้นที่อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ซึ่งเป็นแหล่งผลิตที่สำคัญและผลิตรวมมากสุดในจังหวัดจันทบุรี โดยทำการเลือกเฉพาะเกษตรกรที่ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง จำนวน 9 ตัวอย่าง โดยมีการจำแนกระยะห่างในการปลูก 3 กลุ่ม คือ ระยะ 10X10, 12X12, 3X13 เมตร กลุ่มละ 3 ตัวอย่าง

การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ได้ผลสรุปดังต่อไปนี้

ระยะห่างในการปลูก 10X10 12X12 และ 3X13 เมตร มีต้นทุนในการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองเฉลี่ยต่อไร่เป็นจำนวนเงิน 40,484.64 บาท 39,788.23 บาท และ 52,975.13 บาท ตามลำดับ และมีรายได้เฉลี่ยต่อไร่ เป็นจำนวนเงิน 100,906.14 บาท 119,345.42 บาทและ 71,708.33 บาท ตามลำดับ ทำให้มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 14 ปี 2 เดือน 12 ปี 9 เดือน และ17 ปี 7 เดือน ตามลำดับ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่อัตราร้อยละ 7 เท่ากับ 9,369,276 บาท 12,180,594 บาทและ 4,977,530 บาท ตามลำดับ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 1.69 1.88 และ 1.31 และอัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 66.83 88.50 และ 31.10 ตามลำดับ

ดังนั้นการลงทุนปลูกทุเรียนที่มีระยะห่างในการปลูก 12X12 เมตร คุ้มค่าแก่การลงทุนสูงสุด รองลงมาเกษตรกรผลิตทุเรียนที่มีระยะห่างในการปลูก 10X10 เมตร และสุดท้ายการปลูกทุเรียนที่มีระยะห่าง 3X13 เมตร มีระยะเวลาคืนทุนช้าที่สุด ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนการลงทุนต่ำสุด ดังนั้น ควรส่งเสริมให้ปลูกทุเรียนที่มีระยะห่างในการปลูก 12X12 เมตร เป็นลำดับแรกซึ่งมีความคุ้มค่าของผลตอบแทนทางการเงินสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2558). สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2558. กระทรวงเกษตร และสหกรณ์

[2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2554). สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2554. กระทรวงเกษตร และสหกรณ์

[3] นงนุช อังยุรีกุล. (2552). หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจโครงการลงทุน. เอกสารประกอบอบรม ณ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เดือนมิถุนายน 2552. หน้า 20-29

[4] กมลชนก แข็งมาก และ สมศักดิ์ เพียบพร้อม. (2559). การศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบ ผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนปลูกยางพาราและปาล์มน้ำมัน ในตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[5] T.O. Babatunde “EVALUATION OF COST AND RETURN STRUCTURE IN HARDWOOD INDUSTRY IN SAGAMU, OGUN STATE, NIGERIA,”Journal of Global Biosciences., vol 7, no. 9 ,pp.5662-5671, 2018.

[6] Pitan Sanpakdee “cost and returns planting lemons in cement blocks and on the ground by farmers in Wang Luek, Samchuk, Suphanburi,” Journal of Interdisciplinary Research: Graduate Studies., Vol. 8, No. 2, 2019

ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาววรณิภา โรจน์จันทร์แสง
นักศึกษาปริญญาโท
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้แนวคิดต้นทุนตามกิจกรรม กรณีศึกษาคลังเก็บชิ้นส่วนรถยนต์
Application of Activity Based Costing Concept: A Case Study of Automotive Part Warehouse

โชคดี ฉัตรเจริญพร[1*]
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] chokdee.chat@gmail.com
และ เชาวลิต หามนตรี[2]
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [2] chaowalit.ha@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาด้านต้นทุนของผู้ประกอบการด้านการขนส่งและคลังสินค้าแห่งหนึ่ง ที่ได้รับว่าจ้างจากลูกค้ากลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ให้ดูแลงานด้านคลังสินค้า โดยคลังสินค้าที่ผู้ทำวิจัยเข้าไปศึกษา เป็นคลังสินค้าภายนอก (External warehouse) โดยกิจกรรมหลักของคลังสินค้าจะเริ่มตั้งแต่รับสินค้า (Receiving), เก็บสินค้า (Put Away), จัดสินค้า (Picking) และการส่งสินค้า (Shipping) ปัญหาสำคัญที่พบคือค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานในคลังสินค้าที่สูงและมีบางกิจกรรมที่ไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการลดต้นทุนการดำเนินงานและปรับปรุงกิจกรรมภายในคลังสินค้า เช่น ทักษะของพนักงาน ค่าใช้จ่ายต่อกิจกรรม การจัดตารางการจัดสรรทรัพยากร และค่าใช้จ่ายต่อกิจกรรม แบบจำลองการคิดต้นทุนตามกิจกรรม (ABC) ได้ถูกนำไปใช้ในกรณีศึกษานี้ เพื่อให้เห็นถึงต้นทุนของกิจกรรม และสามารถระบุถึงกิจกรรมที่ไม่มีประสิทธิภาพ เพื่อกำหนดต้นทุนกิจกรรมที่แท้จริงเพื่อนำไปใช้สนับสนุนการดำเนินงานและกลยุทธ์ในการตัดสินใจในการแข่งขันทางธุรกิจ

คำสำคัญ: การคิดต้นทุนตามกิจกรรม, การบริหารต้นทุนคลังสินค้า

Abstract

This research aims to analyze the cost structures in the warehouse by using Activity Based Costing (ABC) where the warehouse is serviced by the logistics service company. This case is studied in an external warehouse that has four main activities included of receiving, put away, picking, and shipping activities. The main problem is the high operating cost and inefficiency performance of some activities in a warehouse. Thus, the company needs to reduce the operating costs and improve the process activities that are including of labor skills, cost per activity, resources scheduling and cost per activity. The Activity based costing (ABC) model has been applied in this case study to increase the cost visibility over a warehouse operation. Moreover, after considering real data from the warehouse operation, it can be identified inefficiency activities and determined the activity costs that are useful to support operation and strategies for making decisions in business competition.

Keywords: Activity Based Costing, Warehouse Cost management

1. คำนำ

จากสถานการณ์เศรษฐกิจโลกในปัจจุบันที่มีการแข่งขันค่อนข้างสูง ทั้งในภาคการผลิตและการให้บริการ ส่งผลกระทบต่อผลกำไรของผู้ประกอบการโดยตรง ทำให้ผู้ประกอบการต้องแสวงหาหนทางในการแข่งขันทุกวิถีทาง ซึ่งในภาคธุรกิจการขนส่งและคลังสินค้าเป็นอีกหนึ่งธุรกิจที่ได้รับผลกระทบ จากข้อมูลสัดส่วนมูลค่าต้นทุนโลจิสติกส์ต่อ GDP ของประเทศไทย [1] พบว่ามีการหดตัวลงอย่างมาก ซึ่งมีที่มาจาก 1) การชะลอตัวของเศรษฐกิจโลก ทำให้อัตราการเติบโตของเศรษฐกิจในภาพรวมหดตัวลง ซึ่งกระทบต่อไปยังปริมาณการผลิตสินค้า ปริมาณการขนส่งสินค้า และมูลค่าสินค้าคงคลังที่ลดลง รวมทั้งการปรับลดของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้อีกด้วย 2) การปรับตัวทางธุรกิจของผู้ประกอบการเพื่อรับมือกับการชะลอตัวโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพของกิจกรรมด้านโลจิสติกส์ เช่น การลดต้นทุน การลดการขยายขนาดด้านธุรกิจของตนเองเป็นต้น ส่งผลให้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ต้องดำเนินธุรกิจภายใต้ความกดดันในการตัดสินใจในด้านต่างๆ ทั้งการมุ่งเน้นเรื่องการให้บริการที่มีคุณภาพแต่ยังคงราคาที่ต่ำไว้ได้ เป็นต้น แต่ในขณะเดียวกันผู้ประกอบการก็ต้องทำให้แน่ใจด้วยว่าธุรกิจจะสามารถดำรงอยู่ได้ และมีผลกำไร [2] ซึ่งการบริหารต้นทุนถือเป็นเรื่องสำคัญลำดับต้นๆ ในการดำเนินธุรกิจให้มีผลกำไร การประยุกต์ใช้การคิดต้นทุนตามกิจกรรม

* Corresponding author: E-mail: chokdee.chat@gmail.com
[1] นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง

127

(Activity based costing : ABC) จึงถือเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่สามารถช่วยในการบริหารต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ต้นทุนตามกิจกรรม เป็นระบบการบริหารต้นทุนที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้บริหารหันมาสนใจการบริหารกิจกรรมและต้นทุนที่เกี่ยวข้องกันในการดำเนินธุรกิจ จะต้องจำแนกและแบ่งกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น และถือว่ากิจกรรมต่างๆนั้นเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดต้นทุน ส่วนสินค้าหรือบริการเป็นสิ่งที่ได้จากการดำเนินกิจกรรม ซึ่งนอกจากต้นทุนตามกิจกรรมจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนของสินค้าหรือบริการได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังเป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพของกิจกรรมแต่ละกิจกรรมในการดำเนินธุรกิจต่อไปได้อีกด้วย

2. ทฤษฎี แนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การคำนวณต้นทุนแบบดั้งเดิม

การคำนวณต้นทุนแบบดั้งเดิม (Traditional cost systems) จะใช้ตัวผลักดันมูลค่าเป็นหลักในการแบ่งสัดส่วนต้นทุน ยกตัวอย่างเช่น ต้นทุนค่าแรงทางตรง ชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร จำนวนหน่วยผลิต จำนวนการขาย เป็นต้น โดยไม่ได้คำนึงถึงความต้องการของทรัพยากรอื่นๆ ที่ไม่ได้ขึ้นตรงต่อจำนวนการผลิต หรือยอดการขาย ทำให้การประมาณต้นทุนของทรัพยากรที่ใช้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ [3] หรืออาจกล่าวได้ว่า การคำนวณต้นทุนแบบดั้งเดิมจะเน้นการปันส่วนค่าใช้จ่ายการผลิตเข้าสู่สินค้าหรือบริการด้วยวิธีอย่างง่าย คืออ้างอิงกับการประมาณจำนวนการผลิตเป็นเกณฑ์ วิธีการนี้อาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความบิดเบือนได้ เพราะการปันส่วนแบบนี้ไม่ได้พิจารณาที่ความซับซ้อนของกระบวนการผลิต แต่จะปันส่วนต้นทุนให้กับสินค้าที่หรือบริการที่มีจำนวนการผลิตมากๆ ส่วนสินค้าใดมีปริมาณการผลิตน้อยจะได้รับการปันส่วนค่าใช้จ่ายในการผลิตน้อยเช่นเดียวกัน ทำให้การประมาณต้นทุนอาจไม่ถูกต้อง ซึ่งในบางกรณี สินค้าที่มีปริมาณการผลิตน้อยแต่มีกระบวนการที่ซับซ้อนมาก จะมีผลกระทบได้รับการปันส่วนน้อยตามไปด้วย [4]

การคิดต้นทุนแบบดั้งเดิมกำหนดให้ต้นทุนการผลิต จัดสรรเข้าเป็นต้นทุนผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ต้นทุนการผลิตที่เกิดขึ้นตามรหัสบัญชีต้นทุน (Cost Element) ได้รับการปันส่วนเข้าสู่กลุ่มต้นทุนตามแผนกหรือสายการผลิต

2. ต้นทุนการผลิตตามกลุ่มต้นทุนต่างๆ (Cost Pool) ถูกจัดสรรเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ตามเกณฑ์ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลิตภัณฑ์

2.2 การคำนวณต้นทุนตามกิจกรรม

การคำนวณต้นทุนตามกิจกรรม (Activity-based cost) เป็นวิธีการประมาณการต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการระดับฐานราก ซึ่งเป็นการคิดต้นทุนเพื่อการบริหาร ไม่ได้เป็นระบบบัญชีตามมาตรฐานของบัญชีปัจจุบันหลายองค์กรได้นำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย [5]

การคำนวณต้นทุนตามกิจกรรม [5] คือ การคิดต้นทุนแบ่งแยกตามกิจกรรม โดยต้นทุนของผลิตภัณฑ์จะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องว่ามีมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะได้ต้นทุนที่ชัดเจนกว่าการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิม ที่อ้างอิงจำนวนการผลิตเป็นเกณฑ์เท่านั้นในการปันส่วนต้นทุน อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ต้นทุนตามกิจกรรม ต้องคำนึงถึงการปันส่วนต้นทุนทางอ้อมที่ไม่ได้จัดสรรให้กับผลิตภัณฑ์หรือบริการใดๆของกิจการเป็นหลัก เช่น เงินเดือนพนักงานฝ่ายบัญชี ฝ่ายบุคคล ควรมีการจัดสรรให้กับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เพื่อสะท้อนต้นทุนที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์ และเพื่อตัดสินใจในการคงไว้หรือเลิกผลิตสินค้าหรือยกเลิกการให้บริการนั้น ซึ่งขั้นตอนการจัดสรรต้นทุนมี 2 ขั้นตอนคือ

1. จัดเก็บข้อมูลกิจกรรมที่มีความเกี่ยวข้อง เพื่อจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกันเข้าเป็นกลุ่มต้นทุนกิจกรรม (Activity Cost Pool) การกระทำหลายกิจกรรมต่อการผลิตหรือการให้บริการ จำเป็นต้องมีการจัดสรรเข้าเป็นต้นทุนของกิจกรรมต่างๆ

2. กำหนดปัจจัยที่ก่อให้เกิดต้นทุนในแต่ละกิจกรรม ที่เรียกว่าตัวผลักดันต้นทุน (Cost Driver) เพื่อจัดสรรต้นทุนให้แต่ละกิจกรรม

อย่างไรก็ตาม ต้นทุนตามกิจกรรมไม่ได้เป็นเครื่องมือเพียงอย่างเดียวที่ช่วยแก้ปัญหาให้กับทั้งองค์กร ต้นทุนตามกิจกรรมเป็นเพียงเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้การบริหารงานมีประสิทธิภาพ และเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจ โดยควรใช้คู่กับเครื่องมืออื่นๆ เช่น Six-Sigma, การปรับโครงสร้างกระบวนการ และการบริการคุณภาพโดยรวม เป็นต้น [6]

2.3 ขั้นตอนการวางระบบต้นทุนตามกิจกรรม

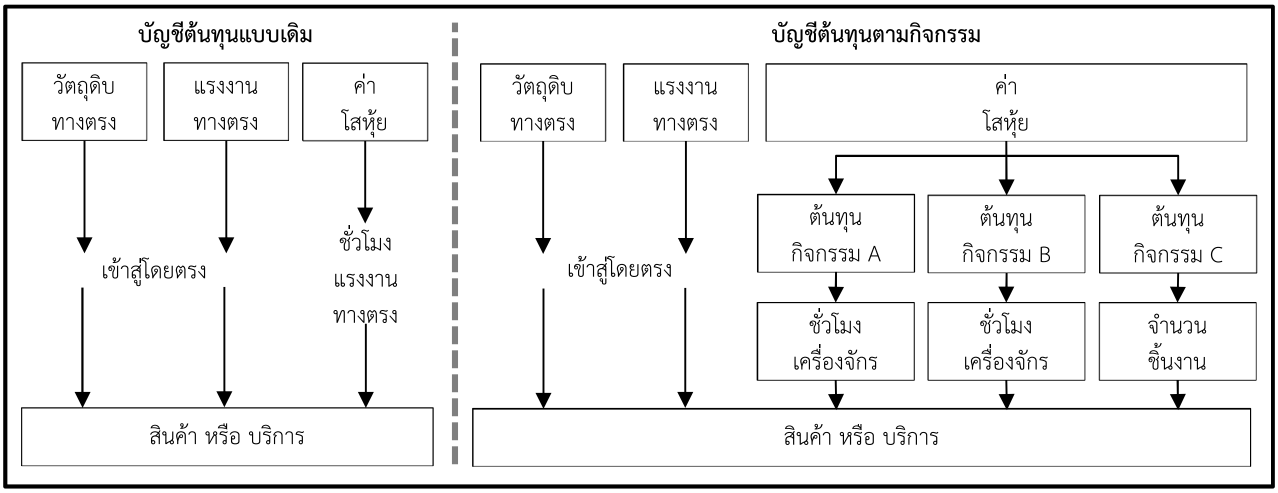
การวางระบบ สามารถแบ่งได้ 5 ขั้นตอน [7] ตามลำดับดังนี้

2.3.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของระบบหรือสิ่งที่ต้องการจะคิดต้นทุน (Activity-Based Costing Objective) ถือเป็นสิ่งสำคัญลำดับแรกที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากความซับซ้อนของต้นทุนตามกิจกรรมจะขึ้นอยู่กับการกำหนดวัตถุประสงค์ เช่น มีวัตถุประสงค์ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานบางหน่วยงาน จึงไม่จำเป็นต้องประยุกต์ใช้ต้นทุนตามกิจกรรมกับทั้งกิจการ ซึ่งการวางวัตถุประสงค์ที่กว้างเกินไป จะส่งผลต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในการวางระบบมากขึ้นด้วย

2.3.2 วิเคราะห์และระบุกิจกรรม (Activity Analysis) คือ การศึกษาลักษณะการดำเนินงาน เพื่อระบุ อธิบาย จำแนก และประเมินกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. การวิเคราะห์เพื่อระบุกิจกรรม (Identify Activities) มีหลายหลายวิธี โดยในการทดลองนี้ ใช้การพิจารณากระบวนการทางธุรกิจ (Business Process) แล้วจึงแยกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องออกมา กิจกรรมที่ได้มาจะมีลักษณะเป็นลำดับก่อนหลังตามกระบวนการทางธุรกิจ เช่น เริ่มต้นด้วยกิจกรรมการจัดเตรียมวัตถุดิบ ตามด้วยกิจกรรมการแปรรูป กิจกรรมการประกอบชิ้นส่วน กิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพ และกิจกรรมการจัดส่งเป็นต้น ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ เมื่อนำผลลัพธ์และทรัพยากรของทุกกิจกรรมมาเชื่อมโยงกันทั้งหมดก็จะทำให้เกิดกระบวนการทางธุรกิจขึ้นมา

2. การระบุระดับกิจกรรม (Activities Hierarchy) เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมที่มีผลต่อต้นทุน ซึ่งการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิมจะกำหนดให้ค่าแรงทางตรงและชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายทางอ้อมและกิจกรรมสนับสนุนต่างๆ แต่การคิดต้นทุนตามกิจกรรมจะต้องคิดต้นทุนเหล่านี้เข้าสู่กิจกรรมผ่านทางตัวผลักดันต้นทุน ซึ่งวิธีการแบบนี้ ผู้บริหารจะต้องคำนึงถึงความ



รูปที่ 2-1 เปรียบเทียบวิธีการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิมกับวิธีการคิดต้นทุนตามกิจกรรม

สัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมและทรัพยากรที่ต้นเองใช้ไปในทุกระดับ [8] โดยการแบ่งระดับกิจกรรมได้เป็น 4 ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 2-2 และตัวอย่างการแบ่งระดับกิจกรรมในคลังสินค้าดังรูปที่ 2-3

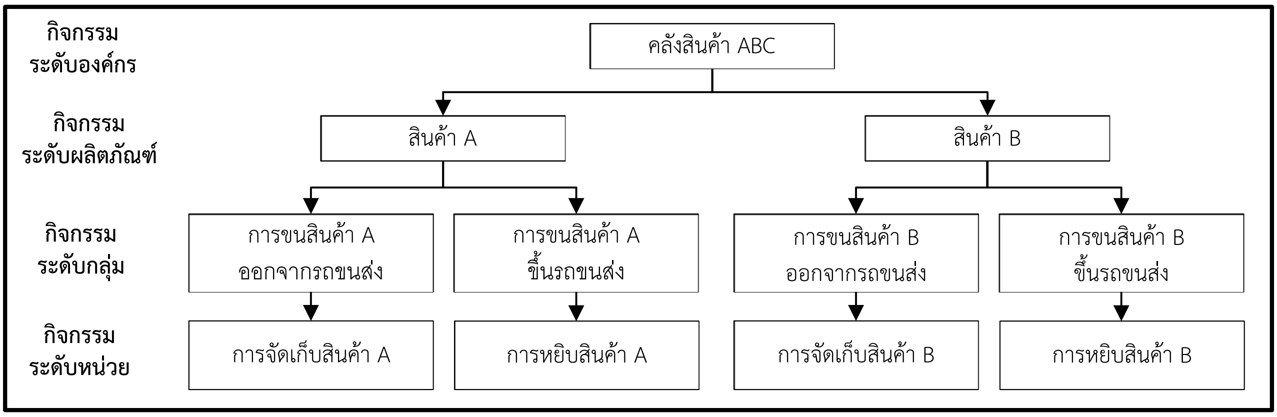
ก) กิจกรรมระดับหน่วย (Unit - Level Activities) คือ ระดับกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตหรือการให้บริการหนึ่งหน่วย เช่น กิจกรรมการหยิบสินค้าทีละกล่อง ต้นทุนทรัพยากรที่ใช้ในกิจกรรมนี้สามารถระบุได้โดยตรง เช่น ชั่วโมงการทำงานของพนักงานหยิบสินค้า เป็นต้น ซึ่งต้นทุนจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณกล่อง

ข) กิจกรรมระดับกลุ่ม (Batch - Level Activities) คือ ระดับกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งที่ทำกิจกรรม หรือกระทำเมื่อต้องการสินค้าหรือบริการในครั้งเดียว เช่น การจัดสินค้าเป็นพาเลทเมื่อทำการหยิบเสร็จแล้ว เป็นต้น ต้นทุนกิจกรรมนี้จะผันแปรตามปริมาณกลุ่มที่กระทำ (Batch) เช่นจำนวนพาเลท โดยไม่เกี่ยงข้องกับจำนวนหน่วยในกลุ่มผลิตภัณฑ์

ค) กิจกรรมระดับผลิตภัณฑ์ (Product-Sustaining Activities) คือ ระดับกิจกรรมที่สัมพันธ์กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ทำเพื่อสนับสนุนการผลิตหรือการให้บริการ ในแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น การวางแผนการจัดเก็บ เป็นต้น ต้นทุนของกิจกรรมขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ แต่ไม่มีสัมพันธ์กับจำนวนการผลิต จำนวนครั้งการผลิต

ง) กิจกรรมระดับองค์กร (Facility- Sustaining Activities) คือ ระดับกิจกรรมที่ใหญ่ที่สุด ดำเนินการเพื่ออำนวยความสะดวกให้กิจการ โดยไม่สัมพันธ์กับจำนวน กลุ่มของผลิตภัณฑ์ และแบบผลิตภัณฑ์ แต่มีความจำเป็น เช่น ค่าเสื่อมราคาคลังสินค้า การบริหารโรงงาน กิจกรรมการซ่อมบำรุงอาคารหรือเครื่องจักร เป็นต้น

รูปที่ 2-2 การแบ่งระดับกิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรม [8]



รูปที่ 2-3 ตัวอย่างการระบุระดับของกิจกรรมในคลังสินค้า ABC

3. การวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรม (Value Activities) เป็นการแบ่งกิจกรรมออกเป็นกิจกรรมที่จำเป็น หรือไม่จำเป็น รวมถึงวิเคราะห์ว่ากิจกรรมนั้นเป็นกิจกรรมที่เพิ่มค่า (Value Added Activities) หรือกิจกรรมที่ไม่เพิ่มค่า (Non-Value Added Activities)

2.3.3 การระบุต้นทุนกิจกรรม (Activity Costing) คือ การกำหนดกิจกรรมที่ได้จากการวิเคราะห์ ให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อใช้คำนวณต้นทุน

2.3.4 การกำหนดตัวผลักดันต้นทุนและการคำนวณอัตราต้นทุนกิจกรรม (Cost Driver) คือ การกำหนดตัวแปรที่ทำให้กิจกรรมเกิดต้นทุน หรือพิจารณาว่าต้นทุนมีสาเหตุมาจากอะไร เช่น จำนวนพาเลทเป็นตัวผลักดันต้นทุนของการตักสินค้า เป็นต้น โดยอัตราต้นทุนเกิดจากการนำต้นทุนรวมของแต่ละกิจกรรมหารด้วยจำนวนของตัวผลักดันต้นทุน

2.3.5 การคำนวณต้นทุนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ (Product Cost) คือ การนำอัตราต้นทุนกิจกรรมคูณกับจำนวนปริมาณการใช้กิจกรรมของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้ต้นทุนของแต่ละผลิตภัณฑ์ออกมา

2.4 กิจกรรมในคลังสินค้า (Warehouse Operation)

ขั้นตอนในคลังสินค้าส่วนใหญ่จะเป็นงานด้านการยกขน จัดเก็บ และหยิบสินค้าตามใบสั่งซื้อ [9] โดยแจกแจงขั้นตอนออกได้ดังนี้

2.4.1 การรับสินค้า (Receiving) เมื่อสินค้ามาถึงคลัง จะมีกิจกรรมหลัก คือ 1) ขนถ่ายสินค้าออกจากยานพาหนะ (Unloading) และวางไว้ที่พื้นที่รับสินค้า 2) ตรวจนับจำนวน (Counting) โดยนับจำนวนหีบห่อ หรือจำนวนชิ้นสินค้าตามเอกสารกำกับสินค้า หากจำนวนไม่ถูกต้อง ต้องบันทึกไว้ในเอกสารรับสินค้าเพื่อเป็นหลักฐานเรียกค่าเสียหาย และ 3) การตรวจสภาพสินค้า (Survey) คือ การตรวจสภาพภายนอกหีบห่อ หากมีความเสียหาย ต้องมีการบันทึกไว้เพื่อหลักฐานเรียกร้องค่าเสียหาย

2.4.2 การระบุประเภทและจัดกลุ่มสินค้า (Identifying and sorting) สินค้าขาเข้าเมื่อนับจำนวนและตรวจสภาพแล้ว ต้องระบุประเภทและจัดกลุ่มสินค้า โดยต้องทำเครื่องหมายเพื่อระบุประเภทสินค้าที่กล่องสินค้า

2.4.3 การจัดเก็บสินค้า (Storage) มีขั้นตอนดังนี้คือ 1) ทำแผนจัดเก็บ (Storage plan) โดยพิจารณาปัจจัยด้านสินค้าและพื้นที่คลังสินค้า เช่น ความถี่การเข้า-ออกของสินค้าแต่ละชนิด มูลค่าสินค้า เป็นต้น 2) ระบบจัดเก็บ (Storage system) ต้องพิจารณาระบบการจัดเก็บให้เหมาะสมกับสินค้านั้นๆ เช่น ระบบการระบุตำแหน่งสินค้าแบบตายตัว เป็นต้น

2.4.4 การหยิบสินค้า (Order picking) เมื่อได้รับใบสั่งจ่ายสินค้า พนักงานหยิบแต่ละคนจะทำการหยิบสินค้าตามใบสั่งจ่าย ซึ่งใบสั่งจ่ายต้องระบุประเภท ชนิด ปริมาณ (จำนวน) การหีบห่อ และการขนส่ง เมื่อสินค้าถูกหยิบแล้ว จะถูกนำไปวางพักไว้ที่ลานหีบห่อ

2.4.5 การบรรจุหีบห่อเพื่อการขนส่ง (Packing) เพื่อปกป้องความเสียหายสินค้าจากการขนส่ง และใช้ประโยชน์พื้นที่ระวางยานพาหนะให้ได้สูงสุด สินค้าที่หยิบจะเป็นหน่วยขนาดเล็กหรือแบ่งจากหน่วยใหญ่

2.4.6 การขนสินค้าขึ้นยานพาหนะ (Loading) เป็นกิจกรรมหลังจากสินค้าถูกบรรจุหีบห่อและนำอยู่ที่ลานสินค้าขาออก พนักงานจะทำการตรวจสอบและนับจำนวนสินค้าอีกครั้งก่อนขนขึ้นยานพาหนะ

2.4.7 การดูแลรักษาสินค้า (Damage protection) คือการตรวจตราสินค้าในคลังสินค้า เพื่อตรวจความเสี่ยงการเสียหายของสินค้า

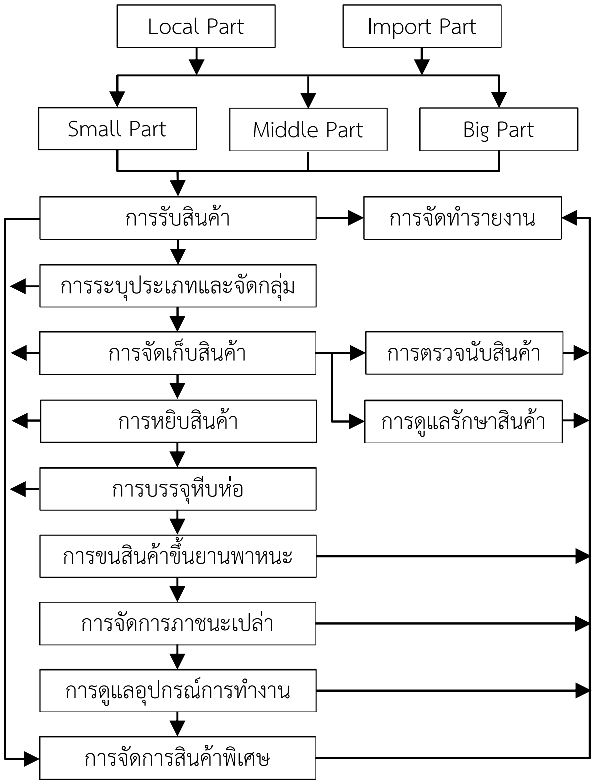
2.4.8 การตรวจนับสินค้า (Inventory Checking) เป็นการตรวจสอบสินค้า เพื่อเปรียบเทียบกับสถิติสินค้าที่ได้รับเข้าและจ่ายออก และตรวจสอบสภาพและตำแหน่งที่จัดเก็บ มีด้วยกัน 2 วิธี คือ 1) ตรวจเป็นงวด (Periodic Inventory Checking) อาจตรวจนับ 4 ครั้งต่อปี 2 ครั้งต่อปี หรือปีละครั้ง การตรวจนับสินค้าแบบนี้จะทำให้ทราบถึงสถานะของสินค้าคงคลัง ณ ขณะนั้น และใช้เป็นข้อมูลเพื่อจัดการสินค้าคงคลังต่อไป 2) การตรวจนับแบบต่อเนื่อง (Cycle Checking) จะตรวจนับตลอดทั้งปีโดยพนักงาน ทำให้ทราบสถานะสินค้าอยู่เสมอ

2.4.9 การจัดทำรายงาน (Reporting) เป็นขั้นตอนสุดท้ายในคลังสินค้าเพื่อแสดงปริมาณสินค้าผ่านเข้า-ออกคลังสินค้า การรับ-จ่ายสินค้า สินค้าเสียหาย และปริมาณสินค้าในคลัง ณ สิ้นงวด หรือสิ้นปี

อย่างไรก็ตาม คลังสินค้าบางแห่งจะมีกิจกรรมอื่นๆที่เกี่ยวข้องอีก เช่น การเติมสินค้า (Replenishment), การขนส่งผ่านคลัง (Cross-Docking), การขนส่งขากลับ (Reverse Logistics) และการปรับปรุงการขนส่งด้วยเทคโนโลยีใหม่ (Smart innovation and digitization) [10]

3. กรณีศึกษา

คลังสินค้านี้ เป็นคลังสินค้าของผู้ว่าจ้าง ที่ว่าจ้างบริษัทเข้าให้ดำเนินการเกี่ยวกับชิ้นส่วนนำเข้า (Import Part) และชิ้นส่วนภายในประเทศ (Local Part) ซึ่งกลุ่มชิ้นส่วนถูกแบ่งเป็น ชิ้นส่วนขนาดเล็ก (Small part), ขนาดกลาง (Middle Part) และขนาดใหญ่ (Big Part) ซึ่งผู้ว่าจ้างกำหนดให้ดำเนินการตั้งแต่การรับสินค้า (Receiving) จนถึงการขนชิ้นส่วนขึ้นยานพาหนะ (Loading) ดังแสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 กิจกรรมที่เกิดขึ้นในคลังสินค้าภายนอก

3.1 สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น

ปัญหาของการคำนวณต้นทุนการให้บริการแบบเดิมพบว่า รายงานต้นทุนการให้บริการ จะได้รับมาจากการคำนวณทางการเงินของฝ่ายบัญชีตามรหัสบัญชี (Cost Center) เท่านั้น แต่ไม่มีการแจกแจงรายละเอียดว่า ในแต่ละกิจกรรมที่เป็นการให้บริการลูกค้า(Service) แต่ละชนิดใช้ต้นทุนเท่าใด ทำให้ไม่สามารถรับรู้ต้นทุนของแต่ละบริการได้ ซึ่งต้นทุนของคลังสินค้านี้ สามารถจำแนกตามลักษณะบริการได้ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 วัตถุดิบทางตรง ประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้า และบรรจุสินค้า ในที่นี้กำหนดให้เป็นลาเบลที่ต้องติดที่กล่อง

กลุ่มที่ 2 แรงงานทางตรง ประกอบด้วย ค่าแรงพนักงานจัดเก็บสินค้า หยิบสินค้า และบรรจุสินค้าลงหีบห่อ

กลุ่มที่ 3 ค่าโสหุ้ย ประกอบด้วย ค่าเช่ารถยก ค่าวัสดุอุปกรณ์สำนักงาน ค่าจ้างพนักงานออฟฟิต เป็นต้น

โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษา เป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ.2562 จนถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ.2562 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 6 เดือน ซึ่งสามารถแจกแจงประเภทต้นทุนตามตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ต้นทุนตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ.2562 - สิงหาคม พ.ศ.2562

ประเภทต้นทุน	ต้นทุน	มูลค่า (บาท)
วัตถุดิบทางตรง	ค่าลาเบลติดกล่อง	378,362
ค่าแรงทางตรง	ค่าแรงพนักงานยกของ	1,152,000
	ค่าแรงพนักงานขับรถยก	540,000
	ค่าแรงพนักงานสแกนลาเบล	1,200,000
ค่าโสหุ้ย	ค่าแรงหัวหน้างาน	210,000
	ค่าแรงพนักงานดูแลลูกค้า	1,080,000
	สวัสดิการพนักงาน	842,580
	ค่าเช่าและซ่อมบำรุงรถยก	750,000
	ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	83,000
	ค่าดูแลระบบสารสนเทศน์	33,000
	ค่ารถรับส่งพนักงาน	600,000
	ค่าเสื่อมราคา	50,100
	ค่าบริการจากส่วนกลาง	627,750

หากใช้วิธีการคำนวณต้นทุนแบบดั้งเดิม จะเป็นการนำต้นทุนทั้งหมดหารด้วยจำนวนการให้บริการ ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เป็นจำนวนกล่องสินค้า(ขนาดของกล่องเป็นมาตรฐาน ที่ใกล้เคียงกัน) ได้สมการดังนี้

$$\text{การคิดต้นทุนแบบดั้งเดิม} = \frac{\text{ผลรวมของต้นทุนทั้งหมด}}{\text{จำนวนกล่องขาเข้า + ขาออก}} \quad (1)$$

เมื่อนำต้นทุนทั้งหมดที่ได้กล่าวมาตามตารางที่ 3.1 หารด้วยผลรวมของกล่องขาเข้าและกล่องขาออก จะได้ต้นทุนต่อกล่องดังนี้

$$\text{ต้นทุนบริการ} = \frac{7{,}546{,}792}{273{,}670 + 230{,}813}$$

$$= 14.96 \text{ บาทต่อกล่อง}$$

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้ทำวิจัยต้องการมาตรฐานต้นทุนการให้บริการที่น่าเชื่อถือ ที่ช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหารก่อนทำสัญญารับช่วงต่อกิจการ เพื่อป้องกันการประเมินราคาผิดพลาด และการกำหนดต้นทุนที่แท้จริง เพื่อให้ผู้บริหารทราบถึงต้นทุนที่แท้จริง ซึ่งระบบต้นทุนตามฐานกิจกรรม (Activity Based Costing) สามารถช่วยแก้ปัญหาได้

3.2 การประยุกต์ใช้ต้นทุนตามกิจกรรมในคลังสินค้าตัวอย่าง

การนำวิธีการบัญชีต้นทุนตามกิจกรรมมาประยุกต์ใช้ในการประมาณต้นทุนของคลังสินค้าแห่งนี้ มีขั้นตอนดังนี้คือ

3.2.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้ต้นทุนตามกิจกรรม โดยวัตถุประสงค์คือ ผู้บริหารต้องทราบต้นทุนการให้บริการแต่ละบริการที่ถูกต้องเพื่อใช้ในการเจรจาต่อรองกับลูกค้า และทราบถึงกิจกรรมในคลังสินค้าที่ใช้ต้นทุนสูงเกินไป เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการ

3.2.2 วิเคราะห์และระบุกิจกรรม ได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การวิเคราะห์เพื่อระบุกิจกรรม (Identify Activities) ได้พิจารณากระบวนการทางธุรกิจ (Business Process) ทำการจัดโครงสร้าง และรวมกลุ่มกิจกรรม (Clusters of Activities) โดยเริ่มจากวางกิจกรรมในศูนย์กิจกรรมระดับฝ่ายงานก่อน ซึ่งจะสามารถแบ่งแยกได้ 2 ศูนย์กิจกรรม คือ 1) การจัดการสินค้าขาเข้า และ 2) การจัดการสินค้าขาออก จากนั้นจึงทำการระบุกิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อยที่เกิดขึ้นของแต่ละศูนย์กิจกรรม ดังแสดงการะบุกิจกรรมในตารางที่ 3.2 ช่อง (A-C)

2. การวิเคราะห์และระบุขั้นกิจกรรม (Activity Hierarchy) หรือการแบ่งระดับขั้นกิจกรรม มี 4 ระดับคือ 1) กิจกรรมระดับหน่วย (Unit - Level Activities) ได้มีการกำหนดให้มีหน่วยเป็นกล่อง 2) กิจกรรมระดับกลุ่ม (Batch - Level Activities) ประกอบด้วยการเปิดตู้สินค้า การเคลื่อนย้ายสินค้า การเปิดพาเลทสินค้า การขนสินค้าขึ้นยานพาหนะ 3) กิจกรรมระดับผลิตภัณฑ์ (Product-Sustaining Activities) ประกอบด้วย การจัดทำใบสั่งดำเนินการ การจัดทำรายงาน การจัดการสินค้าพิเศษ การตรวจนับสินค้า การดูแลรักษาสินค้า และ 4) กิจกรรมระดับอำนวยการ (Facility-Sustaining Activities) ประกอบด้วย การดูแลรักษาเครื่องมืออุปกรณ์การทำงาน การทำ 5ส ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ช่อง (D)

3. การวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรม (Value Activities) แบ่งเป็น 4 ระดับคือ ระดับ 1 (Cannot) คือกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์และไม่สามารถตัดออกได้ ระดับ 2 (Can be) คือกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์ แต่สามารถลดได้ในอนาคต ระดับ 3 (Eventually) คือกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์และแต่มีความจำเป็น ซึ่งในอนาคตควรหาวิธีตัดออก และระดับ 4 (In the short run) คือกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์และและไม่มีความจำเป็น ซึ่งควรตัดออกทันที ดังแสดงการวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรมในตารางที่ 3.2 ช่อง (E)

3.2.3 ระบุต้นทุนกิจกรรม เมื่อวิเคราะห์และระบุกิจกรรมแล้ว ต้องกำหนดตัวผลักดันต้นทุนทรัพยากร (Cost Driver) เพื่อใช้ในการคำนวณหาทรัพยากรที่จะถูกจัดสรรไปอย่างแต่ละกิจกรรม ซึ่งทรัพยากรและตัวผลักดันมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\text{ทรัพยากรที่ถูกจัดสรร} = \text{จำนวนของตัวผลักดัน} \times \text{อัตราต้นทุน} \quad (2)$$

ยกตัวอย่างเช่น กิจกรรมการหยิบสินค้า ตัวผลักดันต้นทุนคือจำนวนกล่องที่หยิบ อัตราต้นทุนคือ เวลาการทำงานที่พนักงาน 1 คนใช้ไปในการหยิบกล่องสินค้า 1 กล่อง ดังนั้นทรัพยากรที่ถูกจัดสรรไปยังกิจกรรมการหยิบสินค้า คือ ผลคูณระหว่างจำนวนกล่องสินค้าที่ถูกหยิบกับเวลาในการหยิบสินค้า 1 กล่อง

3.2.4 การกำหนดตัวผลักดันต้นทุนและอัตราต้นทุนของแต่ละกิจกรรม ผู้ทำวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในคลังสินค้า เพื่อสรุปตัวผลักดันต้นทุนที่มีความสัมพันธ์กับแต่ละกิจกรรมหลัก โดยตัวผลักดันต้นทุนจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ที่ได้จากกิจกรรมนั้นๆ เช่น กิจกรรมการรับสินค้าจะมีต้นทุนผันแปรกับจำนวนพาเลทสินค้าที่รับ เป็นต้น โดยตัวผลักดันต้นทุนที่ถูกกำหนดให้แต่ละกิจกรรมหลัก แสดงในตารางที่ 3-2 ช่อง (F) และประมาณการจำนวนตัวผลักดันแสดงในตารางที่ 3-2 ช่อง (G)

สำหรับอัตราต้นทุน จะอ้างอิงจากการใช้เวลาการทำงาน หรือจำนวนทรัพยากรที่ใช้ไปต่อหนึ่งหน่วยตัวผลักดัน เช่น เวลาในการรับสินค้า 1 พาเลท จำนวนลาเบลที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้า 1 กล่อง ซึ่งทำให้เกิดทรัพยากรที่ถูกจัดสรรให้แต่ละกิจกรรมหลักโดยใช้สมการที่ (2) และได้ทรัพยากรที่ถูกจัดสรรให้แต่ละกิจกรรมตามตารางที่ 3-3 ช่อง (C)

3.2.5 การคำนวณต้นทุนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ (Product Cost) เมื่อได้จำนวนทรัพยากรที่ต้องใช้ในแต่ละกิจกรรมแล้ว ตามตารางที่ 3-3 ช่อง (D) จะนำราคาต่อหน่วยทรัพยากรดังแสดงในตารางที่ 3-3 ช่อง (E) มาคูณ เพื่อให้ได้ต้นทุนที่จะต้องใช้ไปกับการทำกิจกรรม ดังแสดงในตารางที่ 3-3 ช่อง (F) แล้วจึงนำต้นทุนทั้งหมดมารวมกันตามศูนย์กิจกรรม เพื่อให้ได้ต้นทุนรวมแต่ละศูนย์กิจกรรมดังแสดงในตารางที่ 3-3 ช่อง (G) แล้วจึงนำจำนวนหน่วยของกิจกรรมมาหาร ซึ่งในการทดลองนี้กำหนดหน่วยเป็นกล่องสินค้าที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะทำให้ได้ต้นทุนของศูนย์กิจกรรมสินค้าขาเข้ากับต้นทุนของศูนย์กิจกรรมสินค้าขาออก ดังแสดงในตารางที่ 3-3 ช่อง (H) โดยสามารถแจงแจงต้นทุนกิจกรรมได้ดังสมการดังต่อไปนี้

$$X_n = \frac{\sum_{j=1}^{m}(R_j \times P_j)}{U_n} \tag{3}$$

กำหนดให้ X_n คือ ต้นทุนตามกิจกรรมของกิจกรรมที่ n

U_n คือ จำนวนหน่วยของกิจกรรมที่ n

R_j คือ ทรัพยากรที่ใช้ไปในกิจกรรมที่ 1 ถึง j

P_j คือ ราคาของทรัพยากรที่ใช้ไปในกิจกรรมที่ 1 ถึง j

ตารางที่ 3-2 การจำแนกกิจกรรมในคลังสินค้าภายนอกและการประมาณการตัวผลักดันต้นทุนต่อเดือน

(A) ศูนย์กิจกรรม	(B) กิจกรรมหลัก	(C) กิจกรรมย่อย	(D) ระดับกิจกรรม	(E) คุณค่ากิจกรรม	(F) ตัวผลักดันต้นทุน	(G) ประมาณการ
1. การจัดการสินค้าขาเข้า	1.1 การรับสินค้า	- ขนสินค้าออกจากรถขนส่ง - ตรวจนับสินค้า - ตรวจสภาพสินค้า	กิจกรรมระดับกลุ่ม	1	จำนวนพาเลทขาเข้า	294 พาเลท
	1.2 การระบุประเภทและจัดกลุ่มสินค้า	- ระบุประเภทสินค้า - จัดกลุ่มประเภทสินค้า	กิจกรรมระดับหน่วย	2	จำนวนกล่องสินค้าขาเข้า	45,612 กล่อง
	1.3 การจัดเก็บสินค้า	- จัดเก็บแบบผสม	กิจกรรมระดับหน่วย	1	จำนวนกล่องสินค้าขาเข้า	45,612 กล่อง
	1.4 การจัดการสินค้าพิเศษ	- การจัดการสินค้าเสียหาย - การจัดการสินค้าทดลองผลิต	กิจกรรมระดับหน่วย	2	จำนวนกล่องสินค้าพิเศษ	14 กล่อง
	1.5 การดูแลรักษาสินค้า	- การตรวจ 5ส ประจำวัน - การซุ่มตรวจสอบการจัดเก็บ	กิจกรรมระดับอำนวยการ	2	จำนวนครั้งการตรวจสอบ	4 ครั้ง
	1.6 การตรวจนับสินค้า	- การตรวจนับเป็นงวด - การตรวจนับแบบต่อเนื่อง	กิจกรรมระดับกลุ่ม	3	จำนวนโลเคชั่นที่ตรวจสอบ	12 โลเคชั่น
	1.7 การทำรายงาน	- การทำรายงานสินค้าขาเข้า	กิจกรรมระดับผลิตภัณฑ์	2	จำนวนครั้งการเข้าของสินค้า	12 ครั้ง
	1.8 การดูแลรักษาอุปกรณ์ทำงาน	- การดูแลรถยกเบื้องต้น - การดูแลเครื่องสแกนลาเบล	กิจกรรมระดับอำนวยการ	3	จำนวนครั้งการตรวจสอบ	20 ครั้ง
2. การจัดการสินค้าขาออก	2.1 การหยิบสินค้า	- ระบบไม่กำหนดพื้นที่	กิจกรรมระดับหน่วย	1	จำนวนกล่องสินค้าขาออก	38,469 กล่อง
	2.2 การบรรจุหีบห่อ	- บรรจุรวมจุดจัดส่ง	กิจกรรมระดับหน่วย	1	จำนวนกล่องสินค้าขาออก	38,469 กล่อง
	2.3 การขนสินค้าขึ้นรถ	- ขนสินค้าขึ้นรถกระบะ 4 ล้อ - ขนสินค้าขึ้นรถ 6 ล้อ	กิจกรรมระดับกลุ่ม	1	จำนวนพาเลทขาออก	6,108 พาเลท
	2.4 การจัดการภาชนะเปล่า	- การจัดการกล่องพลาสติก - การจัดการพาเลท	กิจกรรมระดับกลุ่ม	1	จำนวนครั้งการจัดเก็บภาชนะ	1,018 ครั้ง
	2.5 การทำรายงาน	- การทำรายงานสินค้าขาออก	กิจกรรมระดับผลิตภัณฑ์	3	จำนวนครั้งการส่งสินค้า	237 ครั้ง
	2.6 การดูแลรักษาอุปกรณ์ทำงาน	- การดูแลรถยกเบื้องต้น - การดูแลเครื่องสแกนลาเบล	กิจกรรมระดับอำนวยการ	3	จำนวนครั้งการตรวจสอบ	20 ครั้ง

132

ตารางที่ 3-3 ทรัพยากรที่ใช้ในคลังสินค้าภายนอกต่อเดือน ต้นทุนรวม และต้นทุนต่อหน่วย

(A) ศูนย์กิจกรรม	(B) กิจกรรมหลัก	(C) ทรัพยากรที่ใช้	(D) จำนวนที่ใช้	(E) ราคา	(F) D X E
1. การจัดการสินค้าขาเข้า	1.1 การรับสินค้า 1.2 การระบุประเภทและจัดกลุ่มสินค้า 1.3 การจัดเก็บสินค้า 1.4 การจัดการสินค้าพิเศษ 1.5 การดูแลรักษาสินค้า 1.6 การตรวจนับสินค้า 1.7 การทำรายงาน 1.8 การดูแลรักษาอุปกรณ์ทำงาน	ลาเบลกล่อง	45,612 ใบ	0.75 บาท	34,209 บาท
		พนักงานยกของ	6 คน	16,000 บาท	96,000 บาท
		พนักงานขับรถยก	1 คน	18,000 บาท	18,000 บาท
		พนักงานสแกนลาเบล	2 คน	25,000 บาท	50,000 บาท
		พนักงานดูแลลูกค้า	2 คน	30,000 บาท	60,000 บาท
		หัวหน้างาน	0.5 คน	30,000 บาท	15,000 บาท
		สวัสดิการพนักงาน	10 คน	4,530 บาท	45,300 บาท
		ค่าเช่าและซ่อมบำรุงรถยก	1 คัน	25,000 บาท	25,000 บาท
		วัสดุสิ้นเปลือง	2% of Man Cost	194,000 บาท	3,880 บาท
		ระบบสารสนเทศน์	30% of Program	5,500 บาท	1,650 บาท
		รถรับส่งพนักงาน	10 คน	2,660 บาท	26,600 บาท
		ค่าเสื่อมราคาคอมพิวเตอร์	9 เครื่อง	348 บาท	3,132 บาท
		ค่าบริการจากส่วนกลาง	10 คน	2,700 บาท	27,000 บาท
		(G) ต้นทุนรวม			**405,771 บาท**
		(H) ต้นทุนต่อหน่วย			**8.90 บาทต่อกล่อง**
2. การจัดการสินค้าขาออก	2.1 การหยิบสินค้า 2.2 การบรรจุหีบห่อ 2.3 การขนสินค้าขึ้นรถ 2.4 การจัดการภาชนะเปล่า 2.5 การทำรายงาน 2.6 การดูแลรักษาอุปกรณ์ทำงาน	ลาเบลกล่อง	38,469 ใบ	0.75 บาท	28,852 บาท
		พนักงานยกของ	6 คน	16,000 บาท	96,000 บาท
		พนักงานขับรถยก	4 คน	18,000 บาท	72,000 บาท
		พนักงานสแกนลาเบล	6 คน	25,000 บาท	150,000 บาท
		พนักงานดูแลลูกค้า	2 คน	30,000 บาท	60,000 บาท
		หัวหน้างาน	0.5 คน	30,000 บาท	15,000 บาท
		สวัสดิการพนักงาน	18 คน	4,530 บาท	81,540 บาท
		ค่าเช่าและซ่อมบำรุงรถยก	4 คัน	25,000 บาท	100,000 บาท
		วัสดุสิ้นเปลือง	2% of Man Cost	378,000 บาท	7,560 บาท
		ระบบสารสนเทศน์	70% of Program	5,500 บาท	3,850 บาท
		รถรับส่งพนักงาน	18 คน	2,660 บาท	47,880 บาท
		ค่าเสื่อมราคาคอมพิวเตอร์	15 เครื่อง	348 บาท	5,220 บาท
		ค่าบริการจากส่วนกลาง	18 คน	2,700 บาท	48,600 บาท
		(G) ต้นทุนรวม			**716,502 บาท**
		(H) ต้นทุนต่อหน่วย			**18.63 บาทต่อกล่อง**

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการคำนวณต้นทุนการให้บริการของศูนย์กิจกรรมการจัดการสินค้าขาเข้า และการจัดการสินค้าขาออก โดยวิธีคิดต้นทุนตามกิจกรรมพบว่า ต้นทุนของศูนย์กิจกรรมขาเข้าที่คำนวณได้ น้อยกว่าต้นทุนที่ได้จากการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิมอยู่ 6.06 บาทต่อกล่อง (ต้นทุนแบบดั้งเดิมคือ 14.96 บาทต่อกล่อง) และต้นทุนของศูนย์กิจกรรมขาออกที่คำนวณได้ มากกว่าต้นทุนที่ได้จากการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิมอยู่ 3.67 บาทต่อกล่อง ซึ่งเป็นผลมาจากการพิจารณาจำนวนกล่องที่เกี่ยวข้องกับศูนย์กิจกรรมนั้น ๆ เท่านั้น แต่การคำนวณต้นทุนโดยวิธีการดั้งเดิมจะใช้จำนวนกล่องทั้งหมด หารผลรวมของต้นทุนของกิจการทั้งหมด ซึ่งทำให้ต้นทุนต่อหน่วยที่ได้ไม่เหมาะสมกับการนำมาคำนวณต้นทุนหากมีการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของปริมาณกล่องสินค้าขาเข้า และขาออก เพราะจะทำให้เกิดการคาดเคลื่อนของการประมาณต้นทุนเป็นอย่างมาก

นอกจากนั้นในการทำวิจัยนี้ ได้ทำการจับเวลา รวมทั้งหาข้อมูลการใช้ทรัพยากรของแต่ละกิจกรรมในคลังสินค้าจริง เพื่อนำมาประมาณการต้นทุนแต่ละศูนย์กิจกรรมดังตารางที่ 3-3 ซึ่งในศูนย์กิจกรรมการจัดการสินค้าขาออก มีจำนวนการใช้พนักงานบริการลูกค้าที่น้อยกว่าความเป็นจริงอยู่ 2 คน ดังแสดงในตารางที่ 4-1 เนื่องจากในการทำวิจัยได้จับเวลาที่พนักงานบริการลูกค้าใช้ไปในการจัดทำเอกสารและ

การทำรายงานสินค้าขาออก ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนการส่งสินค้า โดยการส่งสินค้า 1 ครั้ง พนักงานบริการลูกค้าจะใช้เวลาอยู่ที่ 90 นาที และในหนึ่งวันมีปริมาณการส่งสินค้าที่ประมาณ 11 ครั้ง ดังนั้นเวลาที่จะต้องใช้ใน 1 วันคือ 990 นาที ซึ่งจะใช้พนักงานอยู่ที่ 2 คน แต่ในปัจจุบันต้องเตรียมพนักงานไว้ 2 กะ คือกะกลางวันและกะกลางคืน เนื่องจากเป็นการจัดพนักงานตามการผลิตของโรงงานที่มีการผลิต 2 กะ ทำให้ต้องใช้พนักงานทั้งหมด 4 คน ซึ่งเป็นจุดที่ควรปรับปรุงในอนาคต

ตารางที่ 4-1 จำนวนพนักงานปัจจุบันกับจำนวนที่ได้จากการคำนวณ

ศูนย์กิจกรรม	ประเภทพนักงาน	จำนวนพนักงาน (คน)	
		ปัจจุบัน	คำนวณ
1. การจัดการสินค้าขาเข้า	พนักงานยกของ	6	6
	พนักงานขับรถยก	1	1
	พนักงานสแกนลาเบล	2	2
	พนักงานบริการลูกค้า	2	2
2. การจัดการสินค้าขาออก	พนักงานยกของ	6	6
	พนักงานขับรถยก	4	4
	พนักงานสแกนลาเบล	6	6
	พนักงานบริการลูกค้า	4	2
รวม		**31**	**29**

5. สรุปผลการทดลอง

จากการประยุกต์ใช้วิธีการคิดต้นทุนตามกิจกรรมกับกิจกรรมในคลังสินค้าพบว่า การประยุกต์ใช้ต้นทุนตามกิจกรรมต้องเริ่มจากตั้งวัตถุประสงค์ของการประยุกต์ใช้ก่อนเป็นสำคัญ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างมาตรฐานการคำนวณต้นทุน หลังจากนั้นจึงระบุและวิเคราะห์กิจกรรม เพื่อให้ทราบกิจกรรมย่อยและกิจกรรมหลัก ระบุระดับขั้นกิจกรรมเพื่อใช้หาตัวผลักดันต้นทุน และระบุระดับคุณค่ากิจกรรมเพื่อใช้ในการตัดสินใจในอนาคตเกี่ยวกับการดำเนินกิจกรรมต่างๆ หลังจากนั้นจึงกำหนดตัวผลักดันกิจกรรม และหาข้อมูลจำนวนตัวผลักดันกิจกรรมนั้น ๆ รวมถึงการจับเวลาและสำรวจการใช้ทรัพยากรในคลังสินค้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลอัตราต้นทุน และทำการคำนวณต้นทุนเข้าสู่กิจกรรมในขั้นตอนสุดท้าย โดยนำผลรวมของต้นทุนในแต่ละศูนย์กิจกรรม หารด้วยจำนวนกล่องที่เกี่ยวข้อง จะได้ต้นทุนกิจกรรมต่อหนึ่งหน่วย โดยข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้อ้างอิงในการคำนวณต้นทุนต่อไป

จากผลการทดลองพบว่า ต้นทุนที่ได้จากการประยุกต์ใช้วิธีคิดต้นทุนตามกิจกรรม จะได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างจากการคำนวณต้นทุนแบบดั้งเดิม ซึ่งผลที่ได้มีสาเหตุมาจาก 1) การใช้จำนวนกล่องที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนนั้นๆเท่านั้น นำมาคำนวณต้นทุน และ 2) การจับเวลาและการสำรวจการใช้ทรัพยากรจริงในคลังสินค้า ทำให้พบว่ามีการใช้ทรัพยากรที่มากกว่าความเป็นจริง ดังตัวอย่างในตารางที่ 4-1 ดังนั้นในการจัดทำราคาเพื่อใช้ในการประกวดราคาหรือต่อสัญญากิจการ ควรพิจารณาจำนวนหน่วยของการทำงานที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมนั้นๆ และควรศึกษาถึงทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้ในแต่ละศูนย์กิจกรรม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการคำนวณต้นทุนที่ผิดพลาด ซึ่งนำไปสู่การดำเนินการทางธุรกิจที่ผิดพลาดได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุน รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนสามารถศึกษาและทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. เชาวลิต หามนตรี ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณร่มไทร อระวีพร คุณธิติศักดิ์ พันธุพล และพนักงานของคลังสินค้าตัวอย่าง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและให้คำแนะนำในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

[1] สายฝน คงประเวศ ระพี กาญจนะ (2555), การทบทวนวรรณกรรมการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ด้วยวิธีต้นทุนตามฐานกิจกรรม, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2555 หน้า 2168-2176

[2] Zoltan Bokor and Rita Markovits-Somogyi (2015), Applying Activity-based Costing at Logistics Service Providers, Period. Polytech. Transp. Eng., pp. 98-105

[3] Robin Cooper and Robert S. Kaplan (1992), Activity-Based Systems: Measuring the Costs of Resource Usage, Accounting Horizons, pp. 1-13

[4] ผศ. ดร. สมบูรณ์ สารพัด, เปรียบเทียบการคิดต้นทุนแบบดั้งเดิมและต้นทุนกิจกรรม (2561) วารสารการวิจัยการบริหารการพัฒนา ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2561) หน้า 61-67

[5] พัทธนันท์ เวศวิฑูรย์ (2547), การประยุกต์ใช้ต้นทุนตามกิจกรรมในอุตสาหการ : กรณีศึกษา โรงงานทอผ้า, บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[6] Desti Kannaiah (2015), Activity Based Costing (ABC): Is It a Tool for Company to Achieve Competitive Advantage?, International Journal of Economics and Finance; Vol. 7, pp. 275-281

[7] สมพงษ์ ปัญญายิ่งยง (2553), การวิเคราะห์ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม : กรณีศึกษาผู้ให้บริการรับจ้างขนส่ง, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[8] Robin Cooper and Robert S. Kaplan (1991), Profit Priorities from Activity-Based Costing, Harward Business Review May-June 1991, pp.130-135

[9] ไชยยศ ไชยมงคล มยุขพันธ์ ไชยมงคล (2556), กลยุทธ์โลจิสติกส์และซัพพลายเชนเพื่อแข่งขันในตลาดโลก, (พิมพ์ครั้งที่ 7), นนทบุรี : สำนักพิมพ์ดวงกมล

[10] Ali Kamali (2019), Smart Warehouse vs. Traditional Warehouse–Review, CiiT International Journal of Automation and Autonomous System, Vol 11, No 1, January 2019, pp.9-16

ประวัติผู้เขียนบทความ โชคดี ฉัตรเจริญพร ปัจจุบันทำงานอยู่ที่บริษัท ยูเซ็น โลจิสติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด ในตำแหน่งหัวหน้างานอาวุโส แผนกคลังสินค้ากลุ่มผลิตภัณฑ์ยานยนต์ กำลังศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจคือการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน การใช้เครื่องจักร และอุปกรณ์การทำงานในคลังสินค้า

134

การวิเคราะห์โซ่อุปทานของใบชาอัสสัมอบแห้ง โดยใช้เทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ
Supply Chain Analysis of Roasted Assam Tea using Material Flow Cost Accounting

[1]ภาณุมาศ โศจิธรรมพร, [2]สิรภัทร สุโขบล, [3]ฤทัยทิตย์ เขม้นดี, และ [4*]ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
E-mail: [1]sojithampornphanumas@gmail.com, [2]nukkysiraphat97@gmail.com, [3]ruetaitid.yenjeab@gmail.com,
[4*]chompoonoot.kasemset@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุในห่วงโซ่อุปทานของชาอัสสัมอบแห้ง ตั้งแต่การเพาะปลูกจนถึงกระบวนการกระจายสินค้า ซึ่งประกอบด้วย 11 กระบวนการ เพื่อระบุต้นทุนที่มีมูลค่าลบ โดยมีวัตถุประสงค์หาแนวทางในการลดต้นทุนลบสูงสุดที่เกิดขึ้นภายในห่วงโซ่อุปทานของชาอัสสัมอบแห้ง โดยเริ่มจากการศึกษาห่วงโซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์ และทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ ร่วมกับการใช้หลักการทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis) เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา จากการวิเคราะห์พบว่า ต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบของผลิตภัณฑ์ชาอัสสัมอบแห้งที่ผลิตโดยกระบวนการผลิตที่มีแสงแดดเท่ากับ 10,211.70 บาท และต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบของกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดดเท่ากับ 11,483.69 บาท จากนั้นผู้ทำการวิจัยได้กำหนดแนวทางการปรับปรุงทั้งหมด 7 แนวทาง และประเมินผลทุกแนวทางตามการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุร่วมกับใช้หลักการตัดสินใจในการเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ได้ผลลัพธ์สำหรับกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด คือ การคำนวณหาต้นทุนแรงงานที่เหมาะสม ร่วมกับการนำเครื่องจักรมาใช้ในกระบวนการเก็บใบชา และผลลัพธ์สำหรับกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด คือ ใช้เครื่องจักรในกระบวนการเก็บใบชา และใช้พลังงานทางเลือก จากการใช้แนวทางข้างต้นสามารถลดต้นทุนที่มีมูลค่าลบของกระบวนการผลิตที่มีแสงแดดคิดเป็นร้อยละ 62.69 และสำหรับกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดดคิดเป็นร้อยละ 44.99

คำสำคัญ: บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ, ต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าลบ, หลักการทำไม-ทำไม, เทคนิคการตัดสินใจ

Abstract

In this research, Material Flow Cost Accounting (MFCA) was applied to analyze the supply chain of Roasted Assam Tea during cultivation process to distribution process which contain 11 processes in order to identify negative product cost. The aim of this research is finding the solution to reduce negative product cost which occurs in supply chain of roasted Assam tea. The research started from studying the supply chain of roasted Assam tea, and analyzing by using MFCA. Then, Why-Why analysis was used to discover the real cause of this issue. The results from MFCA presented that the negative cost of product from dried process was 10,211.70 Baht and from roasted process was 11,483.69 Baht. Then, 7 solutions were proposed and evaluated based on MFCA. Decision making techniques were applied to choose the appropriate solutions. Finally, the product with dried process was recommended to implement the solution that was using suitable labor cost and harvesting machine. Also, the product with roasted process was recommended to implement the solution as to use harvest machine and alternative energy. The results of implementing both solutions were the reduction in negative product cost of dried process as 62.69% and 44.99% for the product with roasted process.

Keywords: Material flow cost accounting, Negative product cost, Why-why analysis, Decision making techniques

* Corresponding author Email: chompoonoot.kasemset@cmu.ac.th
[1,2,3] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[4] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1. บทนำ

ชาอัสสัมเป็นชาอินเดียที่มีชื่อเสียงมากที่สุด ชาชนิดนี้จะชอบภูมิศาสตร์ที่เป็นภูเขาสูง และอากาศหนาวเย็นจึงได้ นำมาปลูกที่ดอยสะเก็ด สมัยนั้นเทือกเขาที่ดอยสะเก็ดจะมีภูเขาที่เชื่อมต่อเป็นแนวยาวถึงดอยวาวี ดอยแม่สลองและดอยตุง ปัจจุบันนี้ที่ดอยสะเก็ดและดอยวาวีก็ยังมีต้นชาอัสสัมอยู่ และ ได้รับการขนานนามใหม่ในการท่องเที่ยวว่า "ต้นชาร้อยปี" ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของชาอัสสัมซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของภาคเหนือ จึงทำการวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานของชาอัสสัมอบแห้ง พบว่า เกิดต้นทุนมากในการใช้พลังงาน (ไฟฟ้า, แก๊สหุงต้ม) ในกระบวนการผลิต รวมไปถึงตลอดโซ่อุปทานมีการใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ จึงได้นำ เอาหลักบัญชีการไหลของวัสดุ (Material Flow Cost Accounting: MFCA) มาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุปทาน และนำเสนอแนวทางในการลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าลบที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทานของชาอัสสัมอบแห้ง โดยใช้เทคนิคการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์เข้ามาช่วยเพื่อจะสามารถระบุทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้จริงในการผลิตต่อไป

2. ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ทฤษฎีการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ

บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อระบุความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิต หรือกระบวนการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยเริ่มจากการทำแบบจำลองการไหลของวัตถุดิบ (Material Flow Model) ที่เข้าสู่ในแต่ละกระบวนการผลิต โดยเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตกับปริมาณวัตถุดิบที่นำเข้า ซึ่งผลความแตกต่างที่มีปริมาณน้อยกว่าวัตถุดิบที่นำเข้าแสดงถึงความสูญเสียในรูปของต้นทุนผลิตภัณฑ์ (Product cost) ที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการหรือจากเทคโนโลยีที่ไม่มีประสิทธิภาพ จากนั้นประเมินความสูญเสียของวัตถุดิบออกมาในรูปของต้นทุน ซึ่งจำแนกต้นทุนเป็น 4 ประเภท คือ (1) ต้นทุนวัตถุดิบ (Material cost : MC) คือต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตทุกประเภท (2) ต้นทุนระบบ (System cost : SC) คือ ต้นทุนแรงงาน ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร ค่าโสหุ้ยในการผลิต และต้นทุนการบริหารจัดการ (3) ต้นทุนพลังงาน (Energy cost : EC) คือ ต้นทุนไฟฟ้า และพลังงานที่ใช้ภายในห่วงโซ่อุปทาน (4) ต้นทุนกำจัดของเสีย (Waste treatment cost : WC) คือ ต้นทุนที่เกิดจากการกำจัดของเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิต โดยต้นทุนทั้งหมดจะถูกแบ่งออกเป็น ต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดมูลค่าบวก (Positive product cost) และต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (มูลค่าลบ) หรือของเสีย (Negative product cost) ที่เกิดขึ้นในแต่ละศูนย์ปริมาณ (Quality center, QC) เพื่อนำไปสู่การหาว่าต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเกิดขึ้นที่ศูนย์ปริมาณใด และหาแนวทางในการลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าลบให้มากที่สุด โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ที่นำเอา MFCA มาใช้ มักเป็นการนำเอาเทคนิคนี้ใช้ระบุต้นทุนผลิตภัณฑ์ และหาต้นเหตุของต้นทุนผลิตภัณฑ์มูลค่าลบที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ก่อนนำเสนอแนวทางการลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าลบที่เกิดขึ้น เช่น งานวิจัย [1] ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลวัสดุเพื่อมาระบุความสูญเสียในกระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบาชนิดบล็อก จากงานวิจัยพบว่า สัดส่วนของมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่มูลค่าเป็นลบส่วนใหญ่ เกิดจากกระบวนการอบไอน้ำแรงดันสูง จึงนำไปสู่การกำหนดแนวทางการลดความสูญเสียของไอน้ำโดยการมุ่งจัดการรั่วไหลและความสูญเสียที่เห็นได้ชัดเจนในกระบวนการให้ลดลง งานวิจัย [2] ได้ใช้เทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลวัสดุร่วมกับเทคนิคลีน ในการวิเคราะห์หาต้นทุนความสูญเสีย และเสนอแนวทางการลดต้นทุนความสูญเสียในกระบวนการผลิตกางเกงขายาวผู้หญิง โดยระบุต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบที่สำคัญของกระบวนการ และทำการลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบนั้น ทำให้เกิดการลดต้นทุนผลิตภัณฑ์มูลค่าลบจากร้อยละ 22.66 ของต้นทุนนำเข้า เหลือเพียงร้อยละ 18.17 งานวิจัย [3] ได้ทำการประยุกต์ใช้เทคนิคลีน และการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลวัสดุในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวาน ร่วมกับการใช้เครื่องมือคุณภาพ ได้แก่ แผนภูมิพาเรโต และแผนผังก้างปลา หาสาเหตุของความสูญเปล่าของแต่ละกระบวนการ และหาแนวทางในการลดความสูญเสียที่วัตถุดิบพร้อมกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน ทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานได้ 6 คน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมที่มีคุณค่าเพิ่ม (VA) และไม่มีคุณค่าเพิ่ม (NVA) มีผลต่อโครงสร้างต้นทุนเมื่อนำเอา MFCA เข้ามาประยุกต์ใช้

จากงานวิจัยข้างต้น จะเห็นได้ว่า หลักบัญชีต้นทุนการไหลวัสดุมักถูกนำมาใช้ในกระบวนการวิเคราะห์หาต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบ ในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปสู่การลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าลบ ซึ่งในการนำเสนอแนวทางการปรับปรุง อาจจะมีมากกว่าหนึ่งวิธี หรือสามารถทำได้หลายวิธีพร้อมๆกัน หรือต้องทำการเลือกแนวทางการปรับปรุง โดยการตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงหลังจากการวิเคราะห์ MFCA สามารถทำได้โดยการหาทางเลือกที่ดีที่สุด โดยการใช้เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุด เช่น ในงานวิจัยของ [4, 5] ทำการประยุกต์ใช้เทคนิค MFCA เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุง และได้ใช้หลักการของ Dynamic Programming เข้ามาช่วยในการหาทางเลือกที่ดีที่สุดในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.2 เทคนิคการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์

เนื่องจากแนวทางในการปรับปรุงที่นำเสนอ อาจมีได้หลายแนวทาง ดังนั้น การตัดสินใจทำทุกแนวทางอาจจะไม่สามารถทำได้เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ เช่น การลงทุน อย่างเช่นในงานวิจัยที่ [6] หลังจากที่ทำการใช้ MFCA เข้ามาวิเคราะห์ จนได้แนวทางในการปรับปรุงหลายๆทางเลือก ได้มีการพิจารณาความยากง่ายของแต่ละแนวทาง และการลงทุน เพื่อนำเสนอแนวทางที่จะสามารถนำไปปรับปรุงได้จริง โดยเกิดความคุ้มค่ากับบริษัทมากที่สุด และสามารถนำไปปรับใช้ได้ทันที

การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi-criteria Decision Making: MCDM) เป็น วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจ เพื่อคัดทางเลือกที่มีคุณสมบัติสอดคล้อง หรือเหมาะสมมากที่สุดกับหลักเกณฑ์ (Criteria) โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้เทคนิควิธีการ [7] ดังต่อไปนี้

1. วิธีพิจารณาร่วมกับค่าน้ำหนักอย่างง่าย (Simple Additive Weighting: SAW) เป็นวิธีเป็นกระบวนการที่ง่าย ไม่ยุ่งยาก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง โดยผู้ตัดสินใจเป็นผู้กำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ คะแนนรวมของแต่ละ

ทางเลือก โดยคำนวณจากผลคูณของค่าน้ำหนักและค่าความเหมาะสมของแต่ละหลักเกณฑ์แล้วรวมผลคูณดังกล่าวของแต่ละหลักเกณฑ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน โดยทางเลือกที่ได้คะแนนสูงสุดจะถูกเลือกเป็นอันดับแรก

2. วิธีการ TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) มีหลักการคือ จะทำการสมมติว่าแต่ละหลักเกณฑ์ที่เป็นไปได้ทั้งลักษณะที่เพิ่มขึ้น และลดลง โดยผลลัพธ์ที่มีลักษณะมีค่าเพิ่มขึ้น เพื่อส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกผลลัพธ์ เช่น หลักเกณฑ์ด้านผลตอบแทน และผลลัพธ์ที่ได้ ต้องการให้มีลักษณะที่มีค่าลดลง เพื่อส่งผลต่อการ ตัดสินใจเลือกผลลัพธ์ เช่น หลักเกณฑ์ด้านต้นทุน เป็นต้น

3. วิธีการ ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ละเอียด และน่าเชื่อถือ คือจะให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ของแต่ละหลักเกณฑ์ด้วย โดยดูจากความสอดคล้องและไม่สอดคล้องของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในพิจารณา จากนั้นทำการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของลักษณะที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกล่าว ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจ ในส่วนของการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจนั้น น้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์ ได้ถูกกำหนดอย่างชัดเจน โดยไม่ได้ใช้ความเห็นของผู้ตัดสินใจ ทำให้ไม่เกิดความไม่แน่นอนในการตัดสินใจเลือก

4. กระบวนการวิเคราะห์ลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เป็นวิธีการตัดสินใจเลือกทางเลือก หรือจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก เมื่อมีเกณฑ์ในการพิจารณาหลายเกณฑ์ โดยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพและมีความสะดวก ในการจัดลำดับความสำคัญ และช่วยทำให้เกิดการตัดสินใจที่ดีที่สุดในสถานการณ์ที่ต้องมีการเลือก สามารถใช้ได้กับการตัดสินใจที่มีความยุ่งยากซับซ้อน และแสดงถึงเหตุผลอย่างชัดเจนว่าทำไมสิ่งที่เลือกนั้นถึงดีที่สุด

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลของห่วงโซ่อุปทานของใบชาอัสสัม

ศึกษาและสร้างแผนภาพห่วงโซ่อุปทานของใบชาอัสสัมอบแห้ง และศึกษาถึงลำดับขั้นภายในห่วงโซ่อุปทาน เพื่อระบุขอบเขตที่ทำการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่มีประสบการณ์ในกระบวนการผลิตใบชาอัสสัมอบแห้ง โดยการสัมภาษณ์ร่วมกับเก็บข้อมูลจริงด้วยตัวเองในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2561 โดยข้อมูลที่รวบรวมได้มีทั้งหมด 3 ประเภท คือ (1) ข้อมูลน้ำหนัก คือปริมาณน้ำหนักที่เข้า และออกในแต่ละกระบวนการ หรือศูนย์ปริมาณ (2) ข้อมูลเวลา คือระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการภายในกระบวนการผลิต และ (3) ข้อมูลเครื่องจักร คือ รายละเอียดเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต เช่น กำลังไฟฟ้า

3.2 สร้างแผนภาพการไหลของวัสดุ และระบุศูนย์ปริมาณ

สร้างแผนภาพการไหลของวัสดุ และระบุศูนย์ปริมาณ จากนั้นนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาสร้างแผนภาพการไหลของวัสดุ โดยใช้ข้อมูลประเภทน้ำหนักเพื่อระบุปริมาณที่ไหลเข้า และออกจากแต่ละศูนย์ปริมาณ เพื่อให้ทราบถึงปริมาณที่สูญเสียในแต่ละศูนย์ปริมาณ

3.3 วิเคราะห์ และแจกแจงต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละศูนย์ปริมาณ

วิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละศูนย์ปริมาณ โดยนำข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวมมาคำนวณหาต้นทุนในแต่ละศูนย์ปริมาณ ตามหลักการบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุออกเป็น 4 ประเภท แต่จากการศึกษาพบว่าไม่มีกระบวนการการกำจัดของเสียเกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทานของชาอัสสัมอบแห้ง จึงไม่คิดต้นทุนการกำจัดของเสีย(Waste treatment cost :WC) ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงมีเพียงต้นทุน 3 ประเภทเท่านั้น จากนั้นใช้สัดส่วนของปริมาณความสูญเสียของวัสดุในการปันส่วนของต้นทุนแต่ละประเภทออกเป็น ต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าบวก และต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าลบ

3.4 ระบุกระบวนการที่เป็นปัญหา และทำการนำเสนอแนวทางในการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์และแจกแจงต้นทุน ทำการระบุจุดปรับปรุงโดยพิจารณา ศูนย์ปริมาณที่เกิดต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าลบประมาณร้อยละ 80 ของทั้งหมดตามหลักการของพาเรโต จากนั้นใช้เครื่องมือในการระบุปัญหาได้แก่ หลักการทำไม-ทำไม ในการหาสาเหตุของต้นทุนที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่แนวทางในการปรับปรุง

3.5 ทำการวิเคราะห์ต้นทุนของแต่ละแนวทางตามหลักการของ MFCA

ทำการวิเคราะห์ และแจกแจงต้นทุนสำหรับแต่ละแนวทางในการปรับปรุง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแต่ละแนวทาง โดยพิจารณาต้นทุนผลิตภัณฑ์มูลค่าลบที่ลดลง

3.6 ประยุกต์ใช้เทคนิคการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ในการหาทางเลือกที่เหมาะสม

ทำการคัดเลือกเกณฑ์การตัดสินใจโดยการสอบถามจากผู้ประกอบการ และทำการหาแนวทางที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making : MCDM) ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้หลักการ Dynamic Programming เข้ามาช่วยในการหาทางเลือกที่ดีที่สุด โดยเหตุผลที่เลือกใช้เทคนิคการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ เนื่องจากเทคนิคนี้สามารถจัดโครงสร้างของปัญหาที่ชัดเจนและมีวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ได้กับข้อมูลหลากหลายประเภท ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพ และข้อมูลเชิงปริมาณ แต่เทคนิคนี้ก็ยังมีข้อเสีย คือ ผลลัพธ์ที่ได้อาจไม่มีความเที่ยงตรงและสมเหตุสมผล เนื่องจากมีการให้คะแนนจากผู้ตัดสินใจ อีกทั้งเทคนิคการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ยังมีความยุ่งยากในการคำนวณ และหลังจากทำการประมวลผลจากผลลัพธ์ของทั้ง 4 เทคนิคโดยใช้วิธีการรวมผลการจัดลำดับ (Aggregation Method) มาใช้สรุปผลการจัดลำดับอีกครั้งเพื่อให้ได้ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทาน และการไหลของวัสดุสำหรับใบชาอัสสัม

ห่วงโซ่อุปทานของใบชาอัสสัมอบแห้ง จะเริ่มตั้งแต่กระบวนการปลูก จนจบที่กระบวนการกระจายสินค้า ซึ่งสามารถทำการแบ่งศูนย์ปริมาณออกได้เป็น 11 ศูนย์ปริมาณ โดยชาอัสสัมอบแห้งที่พิจารณาจะมี 2 แบบ แบ่งตาม QC 5 ซึ่งเป็นการทำให้ใบชาแห้งโดยใช้แสงแดด (ตาก) หรือไม่ใช้แสงแดด (อบ) และในแต่ละศูนย์ปริมาณจะมีปริมาณวัตถุดิบขาเข้า และวัตถุดิบขาออก ตัวอย่างของแผนภาพการ

ไหลของวัสดุสำหรับการผลิตที่ใช้แสงแดด แสดงดังภาพที่ 1 โดยรายละเอียดของแต่ละศูนย์ปริมาณมีดังนี้

QC 1: การเพาะปลูก และการเก็บใบชา ในศูนย์ปริมาณนี้ไม่มีการนำเข้าของวัตถุดิบ และของเสีย เนื่องจากในการเพาะปลูกใบชาไม่มีการรดน้ำ และการใส่ปุ๋ยเป็นการปลูกตามธรรมชาติ อีกทั้งไร่ชาที่ได้ไปทำการวิจัยนั้นเป็นไร่ชาที่มีต้นชาปลูกอยู่แล้ว จึงไม่คำนึงถึงปริมาณเมล็ดที่นำมาเพาะปลูก

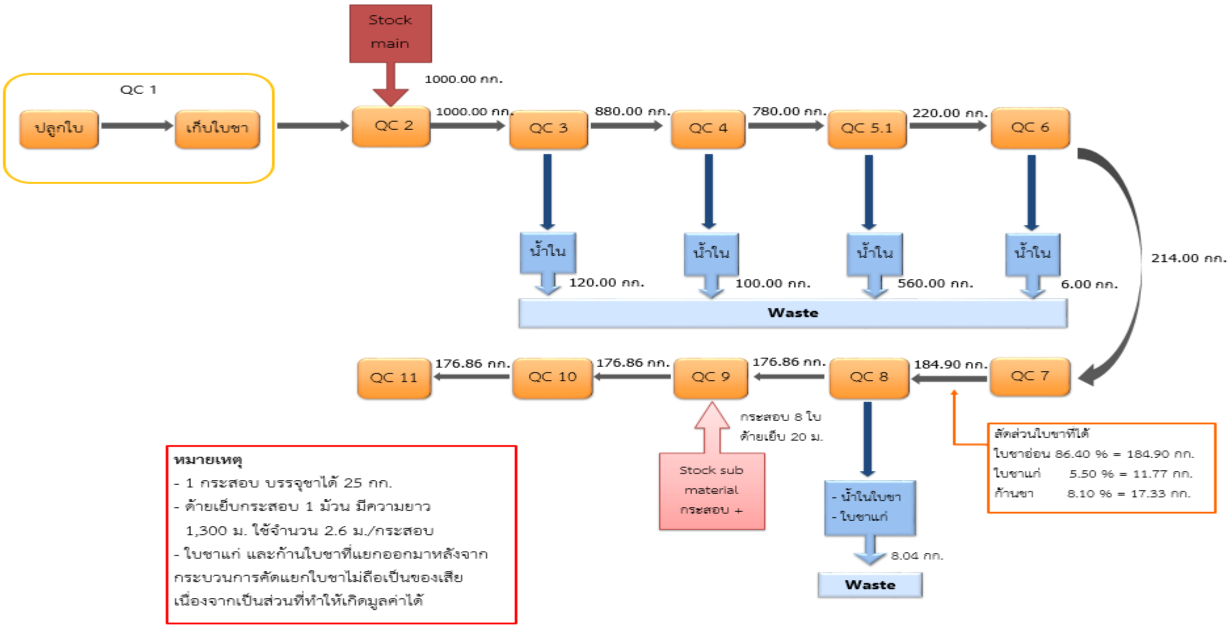
QC 2: กระบวนการผึ่งใบชา ในศูนย์ปริมาณนี้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากนำใบชาสดขนส่งมายังโรงงานที่ทำการผลิตใบชาอัสสัมอบแห้ง ซึ่งมีปริมาณใบชาสดเข้ามายังศูนย์ปริมาณนี้ทั้งหมด 1,000 กิโลกรัม และไม่มีของเสียในกระบวนการนี้

QC 3: กระบวนการคั่วใบชา กระบวนการนี้เป็นการนำใบชามาคั่วเพื่อกระตุ้นให้ใบชาคายน้ำออกมา เพื่อทำเป็นใบชาอบแห้ง โดยของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้ คือน้ำในใบชา ซึ่งคิดเป็นปริมาณ 120 กิโลกรัม

QC 4: กระบวนการนวดใบชา กระบวนการนี้เป็นการนำใบชาที่ถูกกระตุ้นในกระบวนการคั่ว มานวดเพื่อรีดน้ำออก ซึ่งมีของเสียเป็นน้ำในใบชาปริมาณ 100 กิโลกรัม

QC 5: กระบวนการทำใบชาให้แห้ง ซึ่งใน QC นี้จะมี 2 รูปแบบคือ

QC 5.1 การใช้แสงแดด หรือ กระบวนการตาก หลังจากการนวดเพื่อรีดน้ำในใบชาออกจะนำใบชาไปตากแดด ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีแสงแดดเท่านั้น โดยของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้คือน้ำในใบชา เท่ากับ 560 กิโลกรัม



ภาพที่ 1 แผนภาพการไหลของวัสดุของกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด

QC 5.2 กระบวนการอบ ในกรณีที่ฝนตก หรือแสงแดดไม่เพียงพอสำหรับการตาก กระบวนการอบจะถูกใช้แทนที่กระบวนการตาก โดยของเสียที่เกิดขึ้น คือน้ำในใบชา เท่ากับ 600 กิโลกรัม

QC 6: กระบวนการคั่วใบชา หลังจากการตากแดด หรือการอบใบชาเพื่อให้ใบชามีความแห้งแล้วนั้น จะนำใบชามาทำการคั่วอีกครั้งเพื่อให้ใบชาจับตัวกันแข็งขึ้น และมีน้ำในใบชาเป็นของเสีย เท่ากับ 6 กิโลกรัม สำหรับกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด และ 4 กิโลกรัมสำหรับกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด

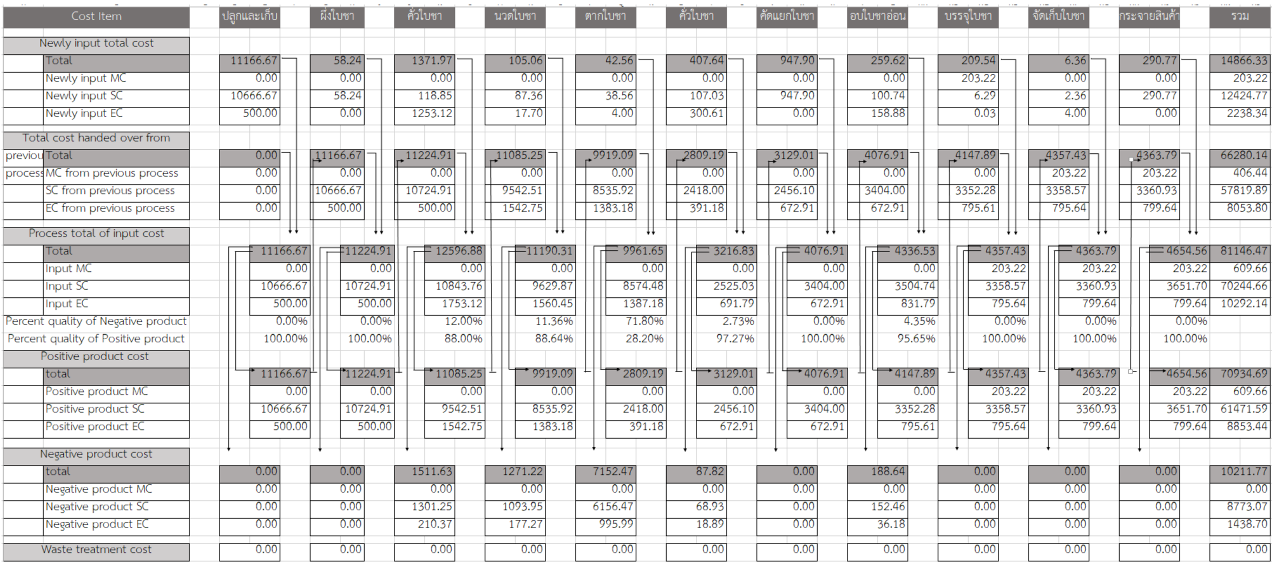
QC 7: กระบวนการคัดแยกใบชา ทำการคัดใบชาออกเป็น 3 ส่วนคือ ชาใบแก่, ชาใบอ่อน, และก้านใบชา โดยในกระบวนการนี้ไม่มีของเสีย แต่สามารถแยกใบชาอ่อนซึ่งจะนำไปใช้ในกระบวนการถัดไปเท่านั้น เท่ากับ 184.90 กิโลกรัมสำหรับกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด และ 159.28 กิโลกรัมสำหรับกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด

QC 8: กระบวนการอบใบชาอ่อน มีการสูญเสียน้ำในใบชา 0.04 กิโลกรัมสำหรับกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด และ 0.02 กิโลกรัมสำหรับกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด

QC 9: กระบวนการบรรจุใบชา วัตถุดิบนำเข้าในกระบวนการนี้คือ กระสอบใส่ชาจำนวน 8 ใบ และด้ายเย็บกระสอบ 20.8 เมตร สำหรับกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด และกระสอบใส่ชาจำนวน 7 ใบ และด้ายเย็บกระสอบ 18.2 เมตร สำหรับกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด ซึ่งในกระบวนการบรรจุใบชานี้ไม่มีของเสีย

QC 10: กระบวนการจัดเก็บใบชา นำใบชาที่ผ่านกระบวนการบรรจุแล้วไปจัดเก็บไว้ในโกดังเก็บใบชา เพื่อรอส่งสินค้าเมื่อปริมาณสินค้ามีจำนวนมากพอ

QC 11: กระบวนการกระจายสินค้า จะกระจายผลิตภัณฑ์ใบชาที่ผ่านกระบวนการผลิตทั้งหมด ไปยังลูกค้าที่ทำการสั่งซื้อ ซึ่งในกระบวนการนี้ไม่มีวัตถุดิบไหลเข้า และไหลออกจากกระบวนการ



Cost Item	ปลูกและเก็บ	ผึ่งใบชา	คั่วใบชา	นวดใบชา	ตากใบชา	คั่วใบชา	คัดแยกใบชา	อบใบชาอ่อน	บรรจุใบชา	จัดเก็บใบชา	กระจายสินค้า	รวม
Newly input total cost												
Total	11166.67	58.24	1371.97	105.06	42.56	407.64	947.90	259.62	209.54	6.36	290.77	14866.33
Newly input MC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	203.22	0.00	0.00	203.22
Newly input SC	10666.67	58.24	118.85	87.36	38.56	107.03	947.90	100.74	6.29	2.36	290.77	12424.77
Newly input EC	500.00	0.00	1253.12	17.70	4.00	300.61	0.00	158.88	0.03	4.00	0.00	2238.34
Total cost handed over from previous process												
Total	0.00	11166.67	11224.91	11085.25	9919.09	2809.19	3129.01	4076.91	4147.89	4357.43	4363.79	66280.14
MC from previous process	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	203.22	203.22	406.44
SC from previous process	0.00	10666.67	10724.91	9542.51	8535.92	2418.00	2456.10	3404.00	3352.28	3358.57	3360.93	57819.89
EC from previous process	0.00	500.00	500.00	1542.75	1383.18	391.18	672.91	672.91	795.61	795.64	799.64	8053.80
Process total of input cost												
Total	11166.67	11224.91	12596.88	11190.31	9961.65	3216.83	4076.91	4336.53	4357.43	4363.79	4654.56	81146.47
Input MC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	203.22	203.22	203.22	609.66
Input SC	10666.67	10724.91	10843.76	9629.87	8574.48	2525.03	3404.00	3504.74	3358.57	3360.93	3651.70	70244.66
Input EC	500.00	500.00	1753.12	1560.45	1387.18	691.79	672.91	831.79	795.64	799.64	799.64	10292.14
Percent quality of Negative product	0.00%	0.00%	12.00%	11.36%	71.80%	2.73%	0.00%	4.35%	0.00%	0.00%	0.00%	
Percent quality of Positive product	100.00%	100.00%	88.00%	88.64%	28.20%	97.27%	100.00%	95.65%	100.00%	100.00%	100.00%	
Positive product cost												
total	11166.67	11224.91	11085.25	9919.09	2809.19	3129.01	4076.91	4147.89	4357.43	4363.79	4654.56	70934.69
Positive product MC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	203.22	203.22	203.22	609.66
Positive product SC	10666.67	10724.91	9542.51	8535.92	2418.00	2456.10	3404.00	3352.28	3358.57	3360.93	3651.70	61471.59
Positive product EC	500.00	500.00	1542.75	1383.18	391.18	672.91	672.91	795.61	795.64	799.64	799.64	8853.44
Negative product cost												
total	0.00	0.00	1511.63	1271.22	7152.47	87.82	0.00	188.64	0.00	0.00	0.00	10211.77
Negative product MC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Negative product SC	0.00	0.00	1301.25	1093.95	6156.47	68.93	0.00	152.46	0.00	0.00	0.00	8773.07
Negative product EC	0.00	0.00	210.37	177.27	995.99	18.89	0.00	36.18	0.00	0.00	0.00	1438.70
Waste treatment cost	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ภาพที่ 2 ตัวอย่างการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ ของกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด

4.2 การคำนวณบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ

การคำนวณต้นทุนทั้ง 4 ประเภท ทำโดยใช้หลักการสมดุลมวลเข้า และออกจากแต่ละศูนย์ปริมาณ โดยแสดงการไหลของต้นทุนดังแสดงในภาพที่ 2 และมีรายละเอียดการคิดต้นทุนดังนี้

4.2.1. ต้นทุนวัตถุดิบ (MC) โดยวัตถุดิบหลัก คือใบชาอัสสัมสด และวัตถุดิบรอง คือกระสอบและด้ายเย็บกระสอบ แต่จะไม่คำนวณต้นทุนของใบชา เนื่องจากมีต้นชาที่ปลูกมาเป็นเวลานานแล้วพร้อมเก็บเกี่ยวแล้ว จึงไม่คำนวณต้นทุนของใบชาสด โดยแสดงรายละเอียดในการคำนวณต้นทุนในแต่ละแผนกดังนี้

1. กระบวนการบรรจุใบชา จะใช้กระสอบขนาด 23*36 นิ้ว และด้ายเย็บกระสอบ ด้ายสปั่นสีขาวเบอร์ 20 สำหรับกระบวนการที่มีแสงแดด จะใช้กระสอบจำนวน 8 ใบ และด้ายเย็บกระสอบ 20.8 เมตร ต้นทุนวัสดุรวมของกระบวนการผลิตที่มีแสงแดดเป็น 203.22 บาท สำหรับกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด จะใช้กระสอบจำนวน 7 ใบ และด้ายเย็บกระสอบ 18.2 เมตร ต้นทุนวัสดุรวมของกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดดเป็น 177.81 บาท

4.2.2. ต้นทุนระบบการผลิต (SC) จะคิดเฉพาะค่าจ้างแรงงาน โดยแสดงรายละเอียดในการคำนวณต้นทุนระบบในแต่ละสายการผลิตดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลต้นทุนระบบในแต่ละศูนย์ปริมาณ

	มีแสงแดด		ไม่มีแสงแดด	
	พนง. A	พนง. B	พนง. A	พนง. B
QC1	10,666.67		10,666.67	
QC2	28.52	19.96	28.52	19.96
QC3	58.05	40.64	58.05	40.64
QC4	42.78	29.94	42.78	29.94
QC5	18.84	13.19	23.42	16.40
QC6	52.45	36.72	52.45	36.72
QC7	947.9		947.9	
QC8	49.40	34.57	49.40	34.57
QC9	3.05	2.14	3.05	2.14
QC10	1.02	0.71	1.02	0.71
QC11	290.3		290.3	
รวม	12,336.85		12,344.64	

กำหนดให้ค่าจ้างของพนักงาน A เท่ากับ 10,000 บาทต่อเดือน และพนักงาน B เท่ากับ 7,000 บาทต่อเดือน

4.2.3. ต้นทุนพลังงาน (EC) ประกอบไปด้วยต้นทุนค่าเชื้อเพลิง และพลังงานไฟฟ้า โดยแสดงต้นทุนพลังงานดังนี้

1. ค่าเชื้อเพลิงน้ำมัน ใช้รถกระบะ TOYOTA Hilux Revo 2.8 AT โดยมีอัตรากินน้ำมันเฉลี่ยคือ 14.4 กิโลเมตรต่อลิตร ราคาน้ำมันลิตรละ 25.65 บาท ซึ่งในกระบวนการผลิตที่มีแสงแดดใช้ระยะทางขนกลับเท่ากับ 4 กิโลเมตร ค่าเชื้อเพลิงจะเป็น 4*(25.65/14.4) = 7.12 บาท ส่วนกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดดใช้ระยะทางขนกลับเท่ากับ 2 กิโลเมตร จะคิดเป็นค่าเชื้อเพลิงเท่ากับ 2*(25.65/14.4) = 3.56 บาท

2. ค่าแก๊สหุงต้ม จะคิดจากค่าแก๊ส (บาทต่อกิโลกรัม) คูณกับ จำนวนกิโลกรัมของแก๊สที่ใช้ไป ซึ่งค่าแก๊สจะเท่ากับ 19.46 บาทต่อกิโลกรัม โดยในกระบวนการผลิตที่มีแสงแดดจะใช้แก๊สหุงต้มทั้งหมด 64 กิโลกรัม ค่าแก๊สหุงต้มจะเป็น 64*19.46 = 1,245.44 บาท ส่วนกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดดจะใช้แก๊สหุงต้มทั้งหมด 112 กิโลกรัม ค่าแก๊สหุงต้มจะเป็น 112*19.46 = 2,179.52 บาท

3. ค่าพลังงานไฟฟ้า จะคำนวณโดย ค่าพลังงานไฟฟ้า (วัตต์)*เวลาที่เครื่องจักรต่อการทำงาน 1 รอบ (ชั่วโมง)*ค่าไฟ (บาทต่อหน่วย)*จำนวนเครื่องจักร*ประสิทธิภาพเครื่องจักร (เปอร์เซนต์) ซึ่งค่าไฟต่อหน่วยจะเป็น 3.0503 บาทต่อหน่วย ในกระบวนการผลิตที่มีแสงแดดจะใช้ค่าไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 1,301.94 บาท โดยกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดดจะใช้ค่าไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 2,248.53 บาท

4.3 การวิเคราะห์บัญชีการไหลของวัสดุ

จากการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุแสดงดังภาพที่ 2 จากนั้นนำค่าต้นทุนทั้ง 3 ส่วน ที่เกิดขึ้นในแต่ละศูนย์ปริมาณมาคำนวณโดยต้นทุนที่เข้ามาในแต่ละศูนย์ปริมาณแยกเป็นสองส่วน ได้แก่ ต้นทุนที่ก่อให้เกิดมูลค่า และที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า โดยจะวิเคราะห์โดยแบ่งเป็น 2 กระบวนการผลิตคือ กระบวนการผลิตที่มีแสงแดด และกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด และมีรายละเอียดการคิดต้นทุนของ

กระบวนการผลิตที่มีแสงแดด ดังตารางที่ 2 และของกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ต้นทุนผลิตภัณฑ์บวก และต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบ ของกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด

ต้นทุนผลิตภัณฑ์ (บาท)	ส่วนประกอบต้นทุนผลิตภัณฑ์ (บาท)		
	MC	SC	EC
ต้นทุนที่ก่อให้เกิดมูลค่า (ร้อยละ 87.45)	609.66 (ร้อยละ 0.77)	61,148.2 (ร้อยละ 77.43)	7,298.23 (ร้อยละ 9.24)
ต้นทุนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (ร้อยละ 12.55)	0.00 (ร้อยละ 0.00)	8,731.25 (ร้อยละ 11.06)	1,181.54 (ร้อยละ 1.50)
ต้นทุนรวม (ร้อยละ 100)	609.66 (ร้อยละ 0.77)	69,879.48 (ร้อยละ 88.49)	8,479.77 (ร้อยละ 10.74)

ต้นทุนรวมที่ใช้ในการผลิตใบชา 1,000 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 78,968.91 บาท ซึ่งเป็นต้นทุนวัสดุ 609.66 บาท (ร้อยละ 0.77) ต้นทุนระบบ 69,879.48 บาท (ร้อยละ 88.49) ต้นทุนพลังงาน 8,479.77 บาท(ร้อยละ 10.74) มีเพียงร้อยละ 87.45 (69,056.12 บาท) ของต้นทุนทั้ง 3 ส่วนได้ถูกใช้ไปในการผลิตสินค้าที่มีมูลค่า ในขณะที่ร้อยละ 12.55 (9,912.79 บาท) ได้สูญเสียไปกับการผลิตสินค้าที่ไม่มีมูลค่าและเศษวัสดุของเสีย

ตารางที่ 3 ต้นทุนผลิตภัณฑ์บวก และต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบ ของกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด

ต้นทุนผลิตภัณฑ์ (บาท)	ส่วนประกอบต้นทุนผลิตภัณฑ์ (บาท)		
	MC	SC	EC
ต้นทุนที่ก่อให้เกิดมูลค่า (ร้อยละ 86.12)	533.43 (ร้อยละ 0.68)	58,816.3 (ร้อยละ 74.63)	8,518.94 (ร้อยละ 9.24)
ต้นทุนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (ร้อยละ 13.88)	0.00 (ร้อยละ 0.00)	9,001.5 (ร้อยละ 11.42)	1,937.65 (ร้อยละ 2.46)
ต้นทุนรวม (ร้อยละ 100)	533.43 (ร้อยละ 0.68)	67,817.8 (ร้อยละ 86.05)	10,456.6 (ร้อยละ 13.27)

ต้นทุนรวมที่ใช้ในการผลิตใบชา 1,000 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 78,807.83 บาท ซึ่งเป็นต้นทุนวัสดุ 533.43 บาท (ร้อยละ 0.68) ต้นทุนระบบ 67,817.80 บาท (ร้อยละ 86.05) ต้นทุนพลังงาน 10,456.60 บาท (ร้อยละ 13.27) มีเพียงร้อยละ 86.12 (67,868.65 บาท) ของต้นทุนรวมได้ถูกใช้ไปในการผลิตสินค้าที่มีมูลค่า ในขณะที่ร้อยละ 13.88 (10,939.18 บาท) ของต้นทุนได้สูญเสียไปกับการผลิตสินค้าที่ไม่มีมูลค่าและเศษวัสดุของเสีย

4.4 วิเคราะห์หาสาเหตุความสูญเสีย

ผลจากการวิเคราะห์หาสาเหตุความสูญเสียของต้นทุนแต่ละประเภท ในแต่ละศูนย์ปริมาณ รายละเอียดของกระบวนการผลิตที่มีแสงแดดแสดงดังตารางที่ 4 และกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดดแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ความสูญเสียของแต่ละส่วนประกอบต้นทุน ในแต่ละศูนย์ปริมาณของกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด

ส่วนประกอบต้นทุน		MC	SC	EC
ต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบ(Negative product costs) ในแต่ละศูนย์ปริมาณ (บาท)	QC1	0	0	0
	QC2	0	0	0
	QC3	0	1,297.66	173.19
	QC4	0	1,089.30	145.77
	QC5	0	6,125.71	819.24
	QC6	0	68.12	14.96
	QC7	0	0	0
	QC8	0	150.46	28.38
	QC9	0	0	0
	QC10	0	0	0
	QC11	0	0	0
รวม		0	**8,731.02**	1,181.54

ส่วนประกอบต้นทุนที่เกิดต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบมากที่สุดของกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด และกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด คือ ต้นทุนระบบ (System cost) โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดต้นทุนระบบลบสูงสุด คือมีการจ้างแรงงานภายนอกมาเก็บใบชา, ค่าจ้างในการเก็บใบชาสูงกว่าค่าจ้างมาตรฐานของจังหวัดเชียงราย และไร่ชามีขนาดใหญ่ต้องใช้แรงงานจำนวนมาก และส่วนประกอบต้นทุนที่เกิดต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบมากเป็นอันดับ 2 คือ ต้นทุนพลังงาน (Energy cost) ซึ่งสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดต้นทุนพลังงานลบสูง คือ เชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นต้นทุนที่ใช้แล้วหมดไป

ตารางที่ 5 ความสูญเสียของแต่ละส่วนประกอบต้นทุน ในแต่ละศูนย์ปริมาณ ของกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด

ส่วนประกอบต้นทุน		MC	SC	EC
ต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบ(Negative product costs) ในแต่ละศูนย์ปริมาณ (บาท)	QC1	0	0	0
	QC2	0	0	0
	QC3	0	1,319.29	176.08
	QC4	0	1,067.71	142.89
	QC5	0	6,568.49	1,602.91
	QC6	0	45.73	15.70
	QC7	0	0	0
	QC8	0	0.30	0.08
	QC9	0	0	0
	QC10	0	0	0
	QC11	0	0	0
รวม		0	**9,001.53**	1,937.65

4.5 แนวทางการจัดการต้นทุนความสูญเสีย

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบสูงสุดของส่วนประกอบต้นทุน คณะผู้วิจัยได้หาแนวทางลดต้นทุนความ

สูญเสียของต้นทุนระบบ และต้นทุนพลังงาน ซึ่งประกอบด้วย A1) คำนวณต้นทุนแรงงานที่เหมาะสม แก่แรงงานเก็บใบชา โดยเปลี่ยนค่าจ้างจาก 400 บาทต่อวันต่อคน เป็น 310 บาทต่อวันต่อคนซึ่งเป็นค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำของจังหวัดเชียงราย A2) นำเครื่องจักรมาเป็นเครื่องทุ่นแรงในการเก็บใบชา เพื่อลดจำนวนพนักงานในการเก็บใบชา, เพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บใบชา และลดเวลาในการเก็บใบชา A3) ใช้พลังงานทางเลือก เช่นพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อทดแทนพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปซึ่งเป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนเครื่องจักรในกระบวนการผลิตใบชาอัสสัมอบแห้ง A4) คำนวณหาต้นทุนแรงงานที่เหมาะสมร่วมกับนำเครื่องจักรมาใช้ในกระบวนการเก็บใบชา A5) คำนวณหาต้นทุนแรงงานที่เหมาะสม ร่วมกับการใช้พลังงานทางเลือก A6) ใช้พลังงานทางเลือก ร่วมกับนำเครื่องจักรมาใช้ในกระบวนการเก็บใบชา และ A7) คำนวณหาแรงงานที่เหมาะสม, ใช้เครื่องจักรเพื่อทุ่นแรงในกระบวนการเก็บใบชา และใช้พลังงานทางเลือก ซึ่งรายละเอียดของปริมาณต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบที่สามารถลดได้ของแต่ละแนวทางของกระบวนการผลิตที่มีแสงแดดแสดงดังตารางที่ 6 และกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดดแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ปริมาณต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบที่สามารถลดได้ของแต่ละแนวทางแก้ไข ในกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด

แนวทางแก้ปัญหา	ต้นทุนลบที่ลดลง (บาท)	ร้อยละของต้นทุนลบที่ลดลง
1	1,431.62	16.88
2	3,247.23	48.72
3	22.54	0.23
4	3,819.88	62.69
5	1,454.16	17.19
6	3,269.77	49.22
7	3,842.41	63.30

ตารางที่ 7 ปริมาณต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบที่สามารถลดได้ของแต่ละแนวทางแก้ไข ในกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด

แนวทางแก้ปัญหา	ต้นทุนลบที่ลดลง (บาท)	ร้อยละของต้นทุนลบที่ลดลง
1	1,483.17	15.68
2	3,364.17	44.41
3	30.13	0.28
4	3,957.44	56.68
5	1,513.31	20.06
6	3,394.31	44.99
7	3,987.58	57.36

4.6 เทคนิคที่ใช้ในการตัดสินใจ

การตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคที่ใช้ในการตัดสินใจมีทั้งหมด 4 เทคนิคโดยทางเลือกในการตัดสินใจที่พิจารณา ได้แก่ A1 ถึง A7 ที่ได้กล่าวไปข้างต้น โดยเริ่มจากผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจทั้งหมด 3 เกณฑ์ ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน ต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบที่ลดลง ต้นทุนผลิตภัณฑ์ขาเข้าที่ลดลง แล้วจึงดำเนินตามวิธีการของเทคนิคการตัดสินใจทั้ง 4 เทคนิค ได้แก่ SAW, TOPSIS, ELECTRE, และ AHP ซึ่งการประเมินแต่ละเทคนิคการตัดสินใจนั้นจำเป็นต้องให้คะแนนเกณฑ์ระยะเวลาคืนทุนเนื่องจากหน่วยของระยะเวลาคืนทุนแตกต่างจากอีก 2 เกณฑ์ โดยที่ระยะเวลาคืนทุนต่ำสุดจะมีคะแนนมากสุด

เมื่อทำการวิเคราะห์เลือกแนวทางที่ดีที่สุดโดยใช้หลักการการตัดสินใจ ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลลัพธ์จากการใช้แต่ละเทคนิคการตัดสินใจ

เทคนิคการตัดสินใจ	มีแสงแดด	ไม่มีแสงแดด
SAW	4	4
TOPSIS	4	6
ELECTRE	4,7	7
AHP	4	6

จากนั้นทำการประมวลผลจากผลลัพธ์ของทั้ง 4 เทคนิคโดยใช้วิธีการรวมผลการจัดลำดับ (Aggregation Method) มาใช้สรุปผลการจัดลำดับอีกครั้ง โดยจะแสดงผลลัพธ์ดังตารางที่ 9 วิธีการรวมผลการจัดลำดับที่นำมาใช้ ได้แก่ Average และ Borda โดยที่วิธี Average จะนำค่าลำดับจากการจัดลำดับมาหาค่าเฉลี่ย แต่วิธี Borda จะพิจารณาจากผลรวมของการรวมคะแนนของการเปรียบเทียบทางเลือกทีละคู่ ซึ่งจะได้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตที่มีแสงแดด และกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด คือ แนวทางแก้ปัญหาที่ 4 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ตารางประมวลผลเพื่อสรุปแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม

	มีแสงแดด	ไม่มีแสงแดด
Average	4	6
Borda	4	6

5. สรุปงานวิจัย

จากการศึกษาและวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานของใบชาอัสสัมอบแห้ง โดยใช้เทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลวัสดุ พบว่า ต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบของผลิตภัณฑ์ชาอัสสัมอบแห้งที่ผลิตโดยกระบวนการผลิตที่มีแสงแดดมีค่าเท่ากับ 10,211.70 บาท และต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบของกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดดมีค่า เท่ากับ 11,483.69 บาท จากนั้นทางผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางการปรับปรุงทั้งหมด 7 แนวทาง และประเมินผลทุกแนวทาง และใช้หลักการการตัดสินใจในการเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม กระบวนการผลิตที่แสงแดด แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมคือ แนวทางที่ 4 คือ การคำนวณหาต้นทุนของแรงงานที่เหมาะสม ร่วมกับนำเครื่องจักรมาใช้ในกระบวนการเก็บใบชา โดยสามารถลดต้นทุนลบได้ 3,819.88 บาท คิดเป็นร้อยละ 62.69 และสามารถลดต้นทุนขาเข้าได้ 4,803.1 บาท คิดเป็นร้อยละ 50.31 โดยใช้ระยะเวลาคืนทุน 2.7 ปี สำหรับเครื่องจักรที่ต้องลงทุน และสำหรับกระบวนการผลิตที่ไม่มีแสงแดด แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมคือ แนวทางที่ 6 คือ การใช้เครื่องจักรในกระบวนการเก็บใบชา และใช้

พลังงานทางเลือก สามารถลดต้นทุนลบได้ 3,394.31 บาท คิดเป็นร้อยละ 44.99 โดยมีต้นทุนขาเข้าที่ลดลง 5,406.42 บาท คิดเป็นร้อยละ 37.42 มีระยะเวลาคืนทุน 10.41 ปี สำหรับการลงทุนอุปกรณ์ของพลังงานทางเลือก

6. อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานในการศึกษานี้ พบว่า ในการวิเคราะห์โซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ตั้งแต่กระบวนการการเพาะปลูก จนถึงการส่งสินค้าออกไปยังลูกค้า ต้นทุนระบบ หรือ SC จะเป็นต้นทุนที่สูงเมื่อพิจารณากับส่วนประกอบต้นทุนอื่นๆ เนื่องจากในการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว จะต้องมีการใช้แรงงานเป็นหลัก ค่าแรงจากการจ้างงานจึงส่งผลในต้นทุนผลิตภัณฑ์เป็นหลัก โดยหากสามารถจ้างแรงงานได้ในจำนวนที่เหมาะสม และจ่ายค่าแรงตามอัตราที่รัฐกำหนด จะสามารถลดต้นทุนในส่วนนี้ลงได้ หากแต่ภาวะการขาดแคลนแรงงาน บริษัทอาจไม่มีทางเลือกในการปรับลดต้นทุนในส่วนนี้ สำหรับต้นทุนในส่วนของพลังงาน หรือ EC จะสามารถลดได้ก็ต่อเมื่อต้องมีการลงทุนอุปกรณ์ หรือระบบ ซึ่งอาจมีค่าลงทุนสูง ดังนั้น บริษัทอาจจะต้องมีการพิจารณาความคุ้มค่าคุ้มทุนของการลงทุนเพิ่มเติม

อย่างไรก็ดี เนื่องจากการเลือกแนวทางในการปรับปรุง เป็นการเลือกโดยอาศัยการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ ซึ่งในการศึกษานี้พิจารณาเกณฑ์ทั้งหมดสามเกณฑ์ ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน ต้นทุนผลิตภัณฑ์ลบที่ลดลง และต้นทุนผลิตภัณฑ์ขาเข้าที่ลดลง ซึ่งหากมีการปรับเปลี่ยนเกณฑ์ ก็อาจจะส่งผลให้การตัดสินใจเลือกแนวทางในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้

ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากการเกษตร จะมีความแปรปรวนเกิดขึ้นมากในกระบวนการผลิต เช่น ผลผลิตของใบชาสดมีความไม่แน่นอน ในแต่ละครั้งมีปริมาณไม่คงที่ ดังนั้น เมื่อจะต้องใช้ปริมาณวัสดุมาทำการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ จึงทำได้ยาก หรือต้องอาศัยการตั้งสมมติฐานของการคำนวณ เพื่อให้สามารถทำการคำนวณค่าที่เกี่ยวข้องได้ ดังนั้น การตั้งสมมติฐานต่างๆที่เกี่ยวข้อง จึงจำเป็นในการประยุกต์ใช้ MFCA กับผลผลิตแปรรูปทางการเกษตรที่มีความแปรปรวนภายในห่วงโซ่อุปทานสูง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ตรีโรจน์ บุญประคอง. การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลวัสดุในกระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบา. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี, 2560.

[2] วิลาสินี สินันตา. การใช้เทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุร่วมกับเทคนิคลีนเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่, 2558.

[3] ชรินทร์ คามูล และมนตรี ธีรธนสมบัติ. การประยุกต์ใช้เทคนิคลีนและการวิเคราะห์บัญชีต้นทุน การไหลวัสดุในกระบวนการผลิตอาหาร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่, 2555.

[4] Songkham A., Kasemset C., Application of MFCA and dynamic programming in operations improvement: A case study, Lecture Notes in Electrical Engineering, Volume 349, 2015, Pages 35-44.

[5] Kasemset, C., Boonmee C., An integration method of MFCA, dynamic programming, and multiple criteria decision making in operations improvement: A case study, IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management Volume 2017-December, 9 February 2018, Pages 745-749.

[6] Kasemset, C., Chernsupornchai J., Pala-ud W., Application of MFCA in waste reduction: case study on a small textile factory in Thailand, Journal of Cleaner Production (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.071

[7] อภิชาต โสภาแดง, การตัดสินใจเพื่อการบริหาร, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[8] ฉกาจ โชตินอก และปุ่น เที่ยงบูรณธรรม. การคัดเลือกโครงสร้างพื้นฐานเพื่อมุ่งสู่การเป็นเมืองคาร์บอนต่ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

นางสาว ภาณุมาศ โศจิธรรมพร
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ปัจจุบันกำลังศึกษาต่อปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

นางสาว สิรภัทร สุโขบล
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ปัจจุบันกำลังศึกษาต่อปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

นางสาว ฤทัยทิตย์ เขม้นดี
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Worst Case Analyses of Nearest Neighbor Heuristic for Finding the Minimum Weight k – cycle

Tanapat Chalarux[1]
Chiang Mai University, 239 Huay Kaew Road, Tambol Suthep, Amphur Muang, Chiang Mai, Thailand 50200
E-mail: [1] Tanapatchalarux@gmail.com
and Piyashat Sripratak[2*]
Chiang Mai University, 239 Huay Kaew Road, Tambol Suthep, Amphur Muang, Chiang Mai, Thailand 50200
E-mail: [2] psripratak@gmail.com

**บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ใน
วารสาร Current Applied Science and Technology**

* Corresponding author: E-mail: psripratak@gmail.com.ac.th
[1] Department of Mathematics, Faculty of Science, Chiang Mai University
[2] Lecturer, Department of Mathematics, Faculty of Science, Chiang Mai University

การปรับปรุงวิธีลอตโตเมตาฮิวริสติกสำหรับการแก้ปัญหาลอตเตอรี่

An improvement of Lotto-Meta heuristic for solving a lottery problem

กษิตินาถ แสงเงิน[1]
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
E-mail: [1] s.kasitinart@gmail.com
และ เอื้ออารี บุญเพิ่ม[2*]
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
E-mail: [2] aua-aree@mathstat.sci.tu.ac.th

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง

* Corresponding author: E-mail: aua-aree@mathstat.sci.tu.ac.th
[1] สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
[2] สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การแก้ปัญหาการจัดสรรเงินลงทุนเชิงจัดหมู่ ด้วยวิธีการสร้างสดมภ์
Capital Budgeting Problem with Combinatorial Allocation Constraints by Column Generation Method

รัฐพล สังคะสุข[1] ฐิติรัตน์ วิวิธเกยูรวงศ์[2*] เบญจพร พวงจำปี[3] ศรินทิพย์ อนุรักษ์[4]
สหชาติ เลิศศิริเภสัช[5] และพีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล[6]
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร[1]
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น[2]
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์[3,6]
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์[4]
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์[5]
E-mail : [2]titirat.vi@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรเงินลงทุนเชิงจัดหมู่ให้ได้ผลประโยชน์มากที่สุด โดยใช้วิธีการการสร้างสดมภ์ (Column Generation) ด้วยการเปรียบเทียบวิธีการวิจัย 2 รูปแบบ คือ วิธีการกำหนดการเชิงเส้นแบบเต็มรูป (Full model of linear programming) และวิธีการสร้างสดมภ์ (Column Generation) โดยทำการแก้ปัญหาเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของคำตอบกับจำนวนโครงการ โดยจะเปรียบเทียบในเรื่องคุณภาพของคำตอบ และระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งพบว่าปัญหาขนาดเล็กการหาคำตอบด้วยวิธีการกำหนดการเชิงเส้นแบบเต็มรูปสามารถหาคำตอบที่เท่ากันกับวิธีการสร้างสดมภ์ แต่วิธีการสร้างสดมภ์สามารถรองรับการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่กว่าวิธีการแก้ปัญหาด้วยกำหนดการเชิงเส้นแบบเต็มรูป เนื่องจากวิธีการสร้างสดมภ์ เป็นวิธีการที่ใช้การเพิ่มตัวแปรในการตัดสินใจแต่ละคอลัมน์ แต่วิธีการแก้ปัญหาด้วยกำหนดการเชิงเส้นแบบเต็มรูปจะพิจารณาทุกความเป็นไปได้ จึงทำให้ในการประมวลผลโปรแกรมที่ใช้วิธี การสร้างแถวจะใช้ทรัพยากรในการประมวลผลมากกว่า และส่งผลให้เวลาในการประมวลผลของวิธีการสร้างสดมภ์น้อยกว่า

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดสรรเงินลงทุน, การจัดหมู่, การสร้างสดมภ์, การหาค่าที่ดีที่สุด

Abstract

This research studied the method to solve the problem of capital allocation in order to reach the optimal profit by Column Generation technique with 2 methodologies; Full model of Linear programming and Column Generation. The study compare between performance and number of projects to do operate in qualities and time. The result showed that the large size of problem solution by Column Generation gave the same answer to the solution by full model of linear programming in small problem. The method of Column Generation is supported the solutions that are larger than by Full model of linear programming. Due as Column Generation is a method that using variable increment in each column decision. In the other hand, the solution by Full model of linear programming considers to solve every possibility. Therefore, the processing program which creating rows use more processing resources and resulting in a shorter processing time in the method of Column Generation.

Keywords: Capital Budgeting Problem, Combinatorial Allocation, Column-generation, Optimization

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน

* Corresponding author: E-mail: titirat.vi@ku.th
[1] อาจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
[2] อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
[3] นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[4] อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[5] นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[6] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Two-Dimensional Cutting Stock Problems with a Modified Column Generation Method.

Sirirat Juttijudata[1*] and Phissanu Sudjarittham
Applied Optimization Research Unit, Faculty of Engineering Sriracha, Kasetsart Univeristy Sriracha Campus, Chonburi 20230
E-mail: [1] srcsrr@ku.ac.th

**บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ใน
วารสาร Current Applied Science and Technology**

* Corresponding author: E-mail: srcsrr@ku.ac.th
[1] Assistant Professor Department of Industrial Engineering Kasetsart University Sriracha Campus

Dynamic Maintenance Scheduling with Fuzzy Data via Biogeography-based Optimization Algorithm and its Hybridizations

Pasura Aungkulanon[1*]
Department of Materials Handling and Logistics Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand
E-mail: [1] pasurachacha@hotmail.com
Busaba Phruksaphanrat[2] and Pongchanun Luangpaiboon[3]
Industrial Statistics and Operational Research Unit (ISO-RU), Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, Pathumthani, 12120, Thailand
E-mail: [2] lbusaba@engr.tu.ac.th; [3] lpongch@engr.tu.ac.th

**บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ใน
วารสาร Current Applied Science and Technology**

* Corresponding author: E-mail: pasurachacha@hotmail.com
[1] Lecturer, Department of Materials Handling and Logistics Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok
[2, 3] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University

โปรแกรมสต็อกสินค้าและคำนวณค่าเช่าสนามแบดมินตัน กรณีศึกษา: สนามแบดมินตัน ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

Program for stock and calculation of Badminton court rental fee Case study: Badminton court in Bangkok

กิตติภณ เพ็ชรสว่าง[1*]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพ 10530
E-mail: [1] kittiphon@mutacth.com
สันนิธิ ตินทุกะสิริ[2]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพ 10530
E-mail: [2] sannithi@mutacth.com
และ กุลกนิษฐ์ คุณาธิกรกิจ[1]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพ 10530
E-mail: [1] kulkanit@mutacth.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการออกแบบโปรแกรมควบคุมสต็อกสินค้าและคำนวณค่าเช่าของสนามแบดมินตัน โดยกรณีศึกษาเป็นสนามแบดมินตันแห่งหนึ่ง ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร เพื่อให้การดำเนินงานภายในสนามแบดมินตันในด้านการเก็บค่าเช่า ค่าเครื่องดื่มจากลูกค้า และการควบคุมปริมาณสินค้าที่มีในสต็อกมีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยการใช้โปรแกรม Microsoft Excel เป็นพื้นฐานและเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมด้วยภาษา Visual Basic ทำให้ใช้ระยะเวลาในการออกแบบและเขียนโปรแกรมสั้นลง เนื่องจากไม่ต้องออกแบบ User Interface ทั้งหมด และประหยัดต้นทุนในการพัฒนาโปรแกรมได้ เพราะข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บลงในโปรแกรม Microsoft Excel จึงไม่จำเป็นต้องใช้ระบบฐานข้อมูล

คำสำคัญ: คลังสินค้า, ไมโครซอฟต์ เอกเซล, วิชวล เบสิก

Abstract

This study is to design a program which can manage stock and calculate the Badminton court rental fee. The case study is a Badminton court in Bangkok. The objective of the study is to improve the accuracy and efficiency of the process in the court such as rental fee, income from customer and stock of beverages. Using Microsoft Excel as User Interface and Microsoft Basic as additional programming decreased the developing time. Moreover, managing the data by Microsoft Excel saved developing cost because the program does not require Database System.

Keywords: Stock, Microsoft Excel, Visual Basic

1. บทนำ

แบดมินตันเป็นหนึ่งในประเภทของกีฬาที่ได้รับความนิยมและแพร่หลายมานาน educatepark [1] ให้เหตุผลว่า เนื่องจากผู้เล่นสามารถจัดหาอุปกรณ์ที่ใช้เล่นได้ง่าย วิธีการเล่นและกติกาเข้าใจไม่ยาก เด็กระดับชั้นประถมศึกษาก็สามารถเริ่มเล่นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงสองถึงสามปีหลังมานี้ นักกีฬาไทยได้รับชัยชนะในการแข่งขันระดับโลกตามอย่างต่อเนื่อง เป็นเหตุให้การใช้บริการสนามแบดมินตันมีแนวโน้มความต้องการสูงขึ้นตามลำดับ ประกอบกับสภาพสังคมแวดล้อมในปัจจุบันใส่ใจเรื่องสุขภาพมากขึ้น ทั้งจากภาครัฐที่มีการเผยแพร่ความรู้ในเรื่องสุขภาพตามสื่อต่างๆ และวางนโยบายส่งเสริมการออกกำลังกาย รวมไปถึงภาคเอกชนที่มีการจัดแข่งขันอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นกระแสสำคัญให้เยาวชนมีความสนใจในกีฬาแบดมินตันมากขึ้น ส่งผลให้มีสนามแบดมินตันเปิดขึ้นใหม่ เพื่อให้บริการทั้งผู้เล่นมืออาชีพและสมัครเล่นหลายแห่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น

ผู้ประกอบการสนามแบดมินตันหลายแห่งมักมีจุดเริ่มต้นคล้ายกันคือ ชอบเล่นและมีความรักในกีฬาแบดมินตันมาก่อน เช่นเดียวกับผู้ประกอบการสนามแบดมินตันกรณีศึกษานี้ ซึ่งเล่นกีฬาประเภทนี้มาตั้งแต่เด็กจวบจนจนปัจจุบัน จึงไม่เพียงมีความรู้ในกีฬาประเภทนี้เป็นอย่างดี แต่ยังมีความสามารถในการดูแลรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ด้วย จึงเกิดแนวคิดเปิดสนามแบดมินตันขึ้น

สนามแบดมินตันแห่งนี้เริ่มเปิดให้บริการเมื่อเดือนพฤษภาคม ปี 2561 เป็นสนามแบดมินตันขนาด 10 คอร์ท ทำเลที่ตั้งใกล้ห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ มีที่จอดรถจำนวนมาก ผู้ประกอบการประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภครู้จักสนามแบดมินตันแห่งนี้ผ่านทางสื่อออนไลน์เป็นหลัก

* Corresponding author: E-mail: kittiphon@mutacth.com
[1] อาจารย์ประจำ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
[2] อาจารย์ประจำ สาขาวิชาการตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ในช่วงแรกของการเปิดกิจการ เพื่อเป็นการสร้างความประทับใจให้กับผู้ใช้บริการและบริหารการเงินอย่างรอบคอบ ผู้ประกอบการจึงดูแลและควบคุมการดำเนินธุรกิจด้วยตนเอง หลังจากเวลาผ่านไปไม่กี่เดือน สนามแบดมินตันแห่งนี้เริ่มมีลูกค้าเข้ามาใช้บริการเป็นประจำและต่อเนื่อง ทางผู้ประกอบการจึงจ้างพนักงานเข้ามาช่วยงานในสนาม ซึ่งหน้าที่หลักคือ ดูแลรายได้จากค่าเช่าสนามและการขายเครื่องดื่ม รวมถึงควบคุมสต็อกสินค้าด้วย

แม้ว่าจะได้จ้างพนักงานเข้ามาทำงานแล้ว แต่เพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่เกิดความผิดพลาดในการดำเนินงาน ผู้ประกอบการจึงยังคงดูแลงานอย่างใกล้ชิดต่อไปอีกหลายเดือน อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการได้วางแผนว่า จะใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยพนักงานในการทำงาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน โดยที่ผู้ประกอบการไม่จำเป็นต้องควบคุมด้วยตนเอง

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมที่สามารถอำนวยความสะดวกในการดำเนินธุรกิจสนามแบดมินตันได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อนำโปรแกรม Microsoft Excel ไปประยุกต์กับการใช้งานจริง

3. ประโยชน์ของการวิจัย

1. สามารถพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการดำเนินธุรกิจสนามแบดมินตันได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. สามารถนำโปรแกรม Microsoft Excel ไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

4. การทบทวนวรรณกรรม

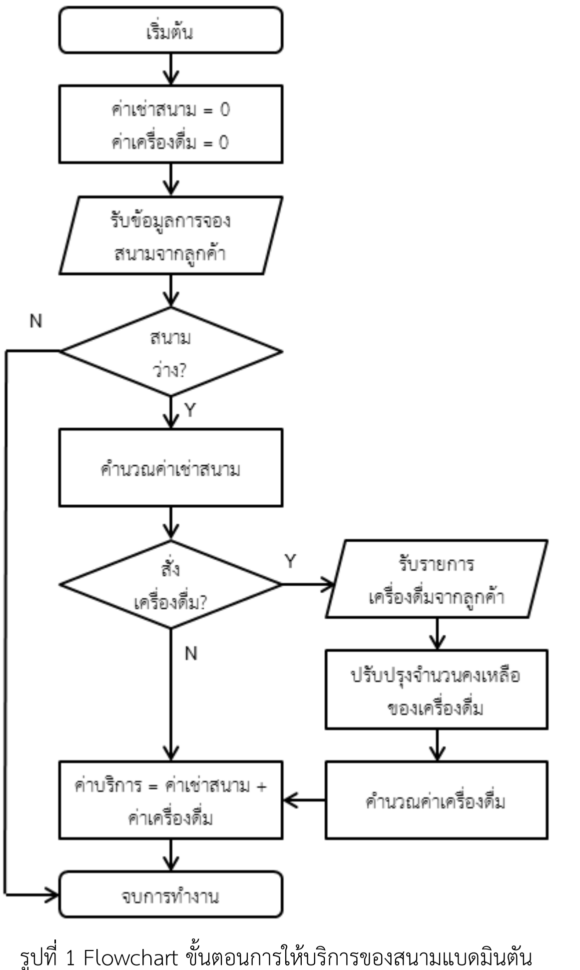
educatepark [1] ให้ข้อมูลว่า ประเทศไทยรู้จักกีฬาแบดมินตันเป็นครั้งแรกในราวปี พ.ศ.2456 โดยพระยานิพัทยกุลพงษ์ได้สร้างสนามขึ้นเองที่บ้าน ในช่วงแรก แบดมินตันเป็นกีฬาที่นิยมเล่นกันตามบ้านผู้ดีมีตระกูล วังเจ้านาย และในราชสำนัก ต่อมาปี พ.ศ. 2494 พระยาจินดารักษ์ได้ก่อตั้งสมาคมขึ้น ชื่อว่า “สมาคมแบดมินตันแห่งประเทศไทย” ในปีเดียวกันนั้น สมาคมแบดมินตันแห่งประเทศไทยได้สมัครเข้าเป็นสมาชิกของสหพันธ์แบดมินตันนานาชาติ และเริ่มส่งนักกีฬาแบดมินตันเข้าแข่งขันในรายการต่างๆของโลก สร้างชื่อเสียงให้กับประเทศไทยมากขึ้นเป็นลำดับ ทำให้ประเทศไทยมีโอกาสได้เป็นเจ้าภาพจัดการแข่งขันแบดมินตันแห่งเอเชียหลายครั้ง ซึ่งไม่เพียงแต่ส่งผลให้มาตรฐานการเล่นแบดมินตันของประเทศไทยได้รับการพัฒนาขึ้น แต่กีฬาแบดมินตันยังได้รับความนิยมและเป็นที่สนใจของประชาชนทั่วไปอีกด้วย

ประชาชนส่วนใหญ่นิยมเล่นแบดมินตันกันกลางแจ้ง เพราะสะดวกและประหยัด อย่างไรก็ตาม สภาพแวดล้อมมีผลกับการเล่นกีฬาประเภทนี้มาก เนื่องจากลูกแบดมินตันมีน้ำหนักเบา แม้มีลมเพียงเล็กน้อยก็มีผลกับการเล่นได้มาก จึงเริ่มมีการสร้างสนามแบดมินตันมาตรฐานภายในอาคารขึ้น จากสถิติของ thaibadminton [2] บันทึกว่า มีสนามแบดมินตันเปิดให้บริการมากกว่า 220 แห่ง เฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑล โดยสนามที่เล็กที่สุดมีเพียง 2 คอร์ท ส่วนสนามที่ใหญ่ที่สุดมีคอร์ทให้บริการมากถึง 30 คอร์ท

เนื่องจากการให้เช่าสนามแบดมินตันเป็นธุรกิจที่ไม่ซับซ้อนนักสนามแบดมินตันที่มีจำนวนคอร์ทให้บริการไม่มาก จึงไม่ได้ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการดำเนินธุรกิจของตน แต่จะกำหนดให้ผู้ดูแลสนามมีหน้าที่บันทึกข้อมูลการเช่าสนาม และจำนวนสินค้าในสต็อกลงในสมุดบันทึกประจำวัน มีสนามแบดมินตันไม่กี่แห่งที่นำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ ซึ่งจะต้องจ้างโปรแกรมเมอร์เพื่อพัฒนาระบบ เพราะไม่มีซอฟต์แวร์สำเร็จรูปสำหรับธุรกิจประเภทนี้ โดยทั่วไป ซอฟต์แวร์สำหรับสนามแบดมินตันแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ ซอฟต์แวร์ที่บันทึกข้อมูลการจองสนาม และซอฟต์แวร์ที่ควบคุมสต็อกสินค้าด้วย รายชื่อของผู้พัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อธุรกิจสนามแบดมินตัน ได้แก่ Program2me Nidasoft ในขณะที่ข้อมูลจาก Prosoft Cash Group [3] ระบุว่า เคยพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ให้กับสนามแบดมินตันแล้ว 9 แห่ง ซึ่งมากที่สุดเมื่อเทียบกับผู้พัฒนารายอื่นๆ

5. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการดำเนินธุรกิจของสนามแบดมินตัน
2. ขั้นตอนการทำงานของพนักงาน แนวทางปฏิบัติในการให้บริการลูกค้า
3. เก็บข้อมูลรายได้ที่เกิดจากค่าเช่าสนาม การขายเครื่องดื่ม และข้อมูลของสต็อกเครื่องดื่มที่มีจำหน่ายในสนาม
4. ออกแบบ User Interface บนกระดาษทำการของโปรแกรม Microsoft Excel
5. เขียนคำสั่งควบคุมส่วนประกอบของ User Interface ด้วย Visual Basic
6. ทดสอบการทำงานของระบบ
7. ติดตั้งระบบและประเมินผลการใช้งาน



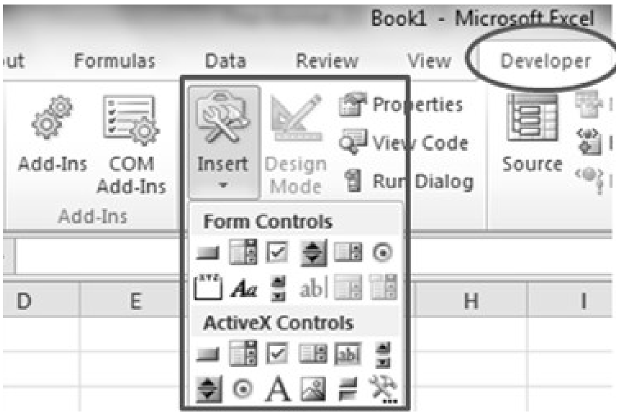
รูปที่ 1 Flowchart ขั้นตอนการให้บริการของสนามแบดมินตัน

หลังจากได้ข้อมูลมากพอสมควรแล้ว จึงเริ่มออกแบบโปรแกรมให้มีการทำงานที่สอดคล้องและสามารถอำนวยความสะดวกกับการดำเนินธุรกิจของสนามแบดมินตัน โดยเลือกใช้โปรแกรม Microsoft Excel เป็นทั้ง User interface และฐานข้อมูล อย่างไรก็ตาม เพื่อให้วิธีการใช้งานของโปรแกรมนี้เหมาะสมกับผู้ใช้ที่มีพื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์ทุกระดับ จึงไม่สามารถพัฒนาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพียงลำพังได้ แต่จำเป็นต้องมีการเพิ่มส่วนประกอบบางอย่างเพื่อเป็น User Interface แล้วเขียนโปรแกรม Visual Basic เพิ่มเติมใน Microsoft Excel ด้วย

5.1 แนวทางการออกแบบ User Interface

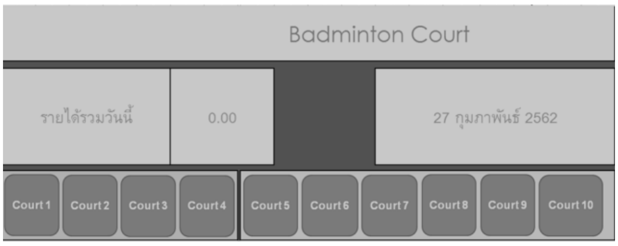
โปรแกรม Microsoft Excel เป็นโปรแกรมประเภทแผ่นตารางทำการ (spreadsheet) ซึ่งการทำงานหลักของโปรแกรมประเภทนี้คือ การคำนวณ จึงเหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้ออกแบบโปรแกรมเพื่อการดำเนินธุรกิจของสนาม เนื่องจากมีทั้งการคำนวณค่าเช่าสนาม คำนวณรายได้จากการขายเครื่องดื่มและสต็อกสินค้า

โปรแกรม Microsoft Excel สามารถถูกเพิ่มส่วนประกอบต่างๆ เช่น กล่องข้อความหรือปุ่มได้ โดยส่วนประกอบเพิ่มเติมเหล่านี้ ถูกควบคุมด้วยคำสั่งภาษา Visual Basic โดยปกติแล้ว Ribbon สำหรับการทำงานนี้ไม่ได้ถูกแสดงเมื่อเปิดโปรแกรม เนื่องจาก Ribbon นี้เป็นการทำงานสำหรับผู้เขียนโปรแกรมเท่านั้น การแสดง Ribbon นี้ทำได้โดยเลือกที่ Customize Ribbon ใน Options ของโปรแกรม Microsoft Excel เมื่อเลือกแล้ว Ribbon ของ Developer จะปรากฏให้เห็น

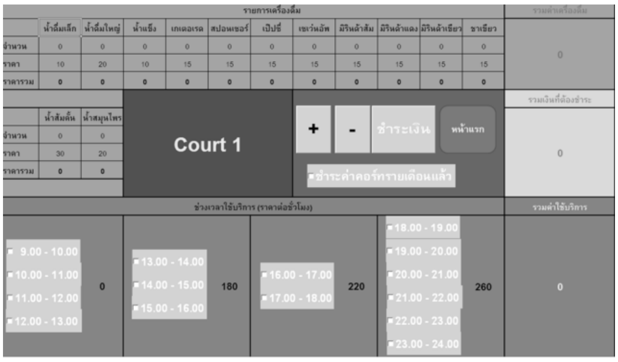


รูปที่ 2 Ribbon Developer และส่วนประกอบที่ใช้เป็น User Interface

สนามแบดมินตันแห่งนี้มีจำนวนคอร์ทเปิดให้บริการ 10 ตอร์ท ประกอบด้วย 6 คอร์ทมาตรฐานและ 4 คอร์ทพิเศษ โปรแกรมจึงถูกออกแบบให้มี 10 แผ่นงานสำหรับแต่ละคอร์ท โดยที่มี 1 แผ่นงานทำหน้าที่เป็นเมนูไปยังแต่ละคอร์ท และอีก 1 แผ่นงานสำหรับเก็บข้อมูลรายได้สต็อกสินค้าและค่าอ้างอิงต่างๆ รวมทั้งหมด 12 แผ่นงาน

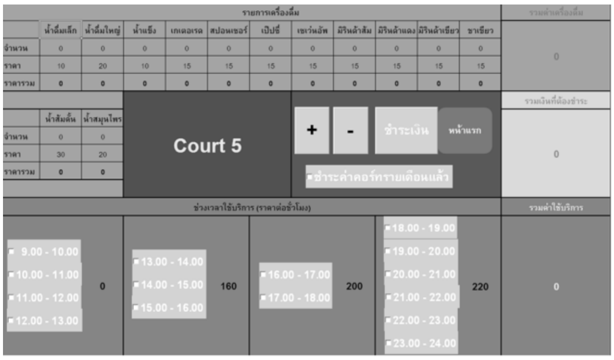


รูปที่ 3 แผ่นงานที่เป็นเมนูไปยังแต่ละคอร์ท



รูปที่ 4 แผ่นงานของคอร์ทที่ 1

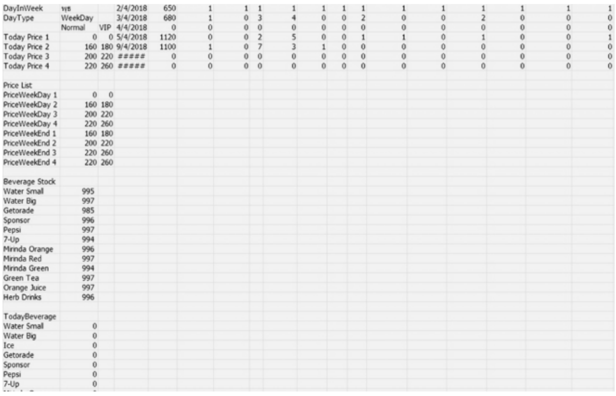
ทางสนามแบดมินตันจัดให้คอร์ทที่ 1 ถึงคอร์ทที่ 4 เป็นคอร์ทพิเศษ ส่วนคอร์ทที่ 5 ถึงคอร์ทที่ 10 เป็นคอร์ทมาตรฐาน ซึ่งความแตกต่างของคอร์ททั้งสองประเภทนี้คือ วัสดุของพื้นและความสะดวกสบายของบริเวณที่พัก ดังนั้น หน้าการทำงานสำหรับแต่ละคอร์ทจึงมีส่วนประกอบและการทำงานเหมือนกัน แต่ราคาค่าบริการของคอร์ท สองประเภทนี้ต่างกัน



รูปที่ 5 แผ่นงานของคอร์ทที่ 5

5.2 แนวทางการจัดการข้อมูล

ข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินธุรกิจของสนามแบดมินตันแห่งนี้ได้แก่ รายได้และสต็อกสินค้า ซึ่งปริมาณข้อมูลจัดว่า ไม่มากนักและการคำนวณไม่ซับซ้อน จึงไม่จำเป็นต้องใช้โปรแกรมจัดการฐานข้อมูลโดยเฉพาะ แต่สามารถออกแบบให้มี 1 แผ่นงาน ทำหน้าที่จัดเก็บค่าอ้างอิงในการคำนวณและข้อมูลต่างๆที่เกิดขึ้นจากการดำเนินธุรกิจของสนามแห่งนี้ได้



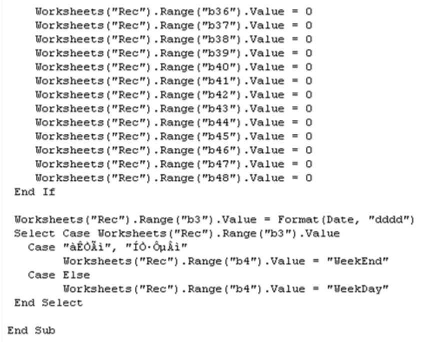
รูปที่ 6 แผ่นงานสำหรับจัดเก็บข้อมูลและค่าอ้างอิง

แผ่นงานนี้มีความสำคัญมาก เนื่องจากแผ่นงานของคอร์ทแต่ละคอร์ทจะเรียกข้อมูลจากแผ่นงานนี้ไปใช้ในการคำนวณค่าเช่า และเมื่อมีการขายสินค้า การตัดสต็อกสินค้าจะถูกบันทึกในแผ่นงานนี้ รวมถึงรายได้ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันอีกด้วย

ในส่วนของการเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมด้วยภาษา Visual Basic แบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นการเขียนคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของปุ่มต่างๆที่อยู่บนแผ่นงาน เช่น การเปิดแผ่นงานของแต่ละคอร์ท การเลือกช่วงเวลาการเช่าสนาม การขายสินค้า และการคำนวณราคารวม เป็นต้น ส่วนที่สองเป็นการเขียนคำสั่งสำหรับการทำงานบางอย่างเพื่อความถูกต้องของโปรแกรม ได้แก่ เมื่อเปิดโปรแกรม จำเป็นต้องมีการตรวจสอบวันที่โปรแกรมนี้กำลังถูกใช้งานก่อน เนื่องจากค่าเช่าของวันธรรมดากับวันหยุดไม่เท่ากัน ก่อนจะปิดโปรแกรม ข้อมูลทุกอย่างจะถูกปรับปรุงให้เป็นค่าปัจจุบันโดยอัตโนมัติ แม้ว่าผู้ใช้อาจจะลืมบันทึกข้อมูลต่างๆ ก็ตาม เป็นต้น

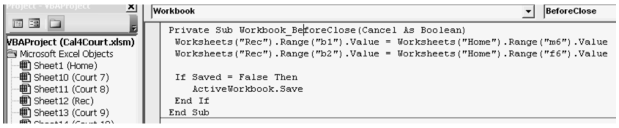
```
Private Sub Workbook_Open()
 Dim counter As Integer

 If Worksheets("Rec").Range("b1").Value = Worksheets("Home").Range("m6").Value Then
   Worksheets("Home").Range("f6").Value = Worksheets("Rec").Range("b2").Value
  Else
   Worksheets("Home").Range("f6").Value = 0
 End If

 If Worksheets("Rec").Range("b1").Value <> Worksheets("Home").Range("m6").Value Then

    counter = 1
    While Worksheets("Rec").Cells(counter, 4).Value <> ""
          counter = counter + 1
    Wend
    Worksheets("Rec").Cells(counter, 4).Value = Worksheets("Rec").Range("b1").Value

    counter = 1
    While Worksheets("Rec").Cells(counter, 5).Value <> ""
          counter = counter + 1
    Wend
    Worksheets("Rec").Cells(counter, 5).Value = Worksheets("Rec").Range("b2").Value

    counter = 1
    While Worksheets("Rec").Cells(counter, 6).Value <> ""
          counter = counter + 1
    Wend
    Worksheets("Rec").Cells(counter, 6).Value = Worksheets("Rec").Range("b36").Value

    counter = 1
    While Worksheets("Rec").Cells(counter, 7).Value <> ""
          counter = counter + 1
    Wend
    Worksheets("Rec").Cells(counter, 7).Value = Worksheets("Rec").Range("b37").Value
```

รูปที่ 7 ตัวอย่างของการเขียนคำสั่งเพื่อตรวจสอบข้อมูลในสต็อกสินค้า



```
    Worksheets("Rec").Range("b36").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b37").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b38").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b39").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b40").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b41").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b42").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b43").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b44").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b45").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b46").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b47").Value = 0
    Worksheets("Rec").Range("b48").Value = 0
 End If

 Worksheets("Rec").Range("b3").Value = Format(Date, "dddd")
 Select Case Worksheets("Rec").Range("b3").Value
   Case "àÊÒÃì", "ÍÒ·ÔµÂì"
        Worksheets("Rec").Range("b4").Value = "WeekEnd"
   Case Else
        Worksheets("Rec").Range("b4").Value = "WeekDay"
 End Select

End Sub
```

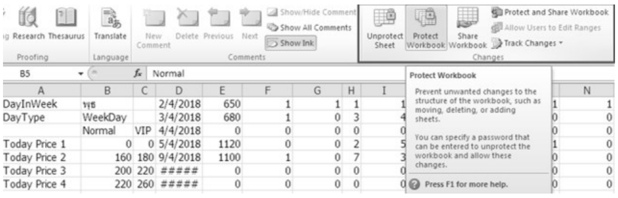
รูปที่ 8 การเขียนคำสั่งเพื่อตั้งค่าเริ่มต้นใช้งานแต่ละวัน และการตรวจสอบวันที่ใช้งานโปรแกรม




```
Private Sub Workbook_BeforeClose(Cancel As Boolean)
 Worksheets("Rec").Range("b1").Value = Worksheets("Home").Range("m6").Value
 Worksheets("Rec").Range("b2").Value = Worksheets("Home").Range("f6").Value

 If Saved = False Then
    ActiveWorkbook.Save
 End If
End Sub
```

รูปที่ 9 การเขียนคำสั่งเพื่อบันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติก่อนปิดโปรแกรม แม้ว่าผู้ใช้อาจจะลืมบันทึก

หลังจากออกแบบโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายก่อนนำไปใช้งาน ต้องทำการป้องกันสมุดงานด้วย เพื่อไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องทำการแก้ไขข้อมูลใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาต



รูปที่ 10 การ Protect Workbook ใน Ribbon Review

6. ผลการวิจัย

หลังจากได้ติดตั้งโปรแกรมนี้ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้แล้ว พบว่า ขนาดของปุ่มและส่วนประกอบบางส่วนบนแผ่นงานเปลี่ยนไป เนื่องจากขนาดจอภาพและการตั้งค่าความละเอียดจอภาพของคอมพิวเตอร์บางเครื่องแตกต่างกัน

ในช่วงระยะแรกของการทดลองใช้โปรแกรม ทางทีมพัฒนาได้แนะนำให้ผู้ใช้เลือกใช้แนวทาง Parallel operation ในการเปลี่ยนจากระบบเดิมเป็นระบบใหม่ กล่าวคือ ทดลองใช้โปรแกรมระบบใหม่นี้ควบคู่ไปกับระบบเดิมคือ การบันทึกข้อมูลต่างๆลงกระดาษด้วย เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม

หลังจากผู้ใช้ได้ทดลองใช้โปรแกรมเป็นระยะเวลาประมาณหนึ่งสัปดาห์ ผู้ใช้ขอให้ปรับเปลี่ยนในส่วนของรายละเอียดปลีกย่อย ซึ่งไม่ใช่การทำงานหลักของโปรแกรม เช่น ข้อความบนปุ่มและสี เป็นต้น เมื่อเวลาผ่านไปประมาณหนึ่งเดือน เปรียบเทียบการทำงานของโปรแกรมกับข้อมูลต่างๆที่ถูกบันทึกลงในกระดาษพบว่า โปรแกรมยังคงทำงานได้อย่างถูกต้อง จึงเริ่มหยุดการบันทึกข้อมูลลงกระดาษ แต่ใช้โปรแกรมทำงานแทนทั้งหมด

หลังจากผู้ใช้ได้ใช้โปรแกรมเป็นเวลานานกว่าหนึ่งเดือน ผู้ใช้ได้แจ้งกับทีมพัฒนาว่า เวลาที่ใช้ในการเปิดและปิดโปรแกรมนานกว่าเมื่อตอนที่ติดตั้งโปรแกรมครั้งแรก หลังจากวิเคราะห์แล้วพบว่า สาเหตุมาจากข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในโปรแกรมมีมากขึ้นตามระยะเวลาที่สนามแบดมินตันดำเนินการ ทำให้คอมพิวเตอร์ใช้เวลาในการอ่านข้อมูลนานขึ้น

นอกจากนี้ ผู้ใช้พบว่า ระหว่างการใช้งาน โปรแกรมไม่ได้มีการเตือนในกรณีที่สินค้าในสต็อกหมดลง

7. สรุป

โปรแกรมสำหรับสนามแบดมินตันแห่งนี้ ถูกออกแบบเพื่อให้ใช้งานง่าย เหมาะสมกับผู้ใช้ทั่วไป ที่แม้ว่าจะไม่ได้มีความเชี่ยวชาญในการใช้คอมพิวเตอร์ ก็สามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานได้ในเวลาสั้น การใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อจัดเก็บข้อมูลและเป็น User interface ทำให้ประหยัดทั้งต้นทุนและเวลาในการพัฒนา ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง

ปัญหาเรื่องขนาดของปุ่มและส่วนประกอบบางส่วนบนแผ่นงานเปลี่ยนไป หลังจากติดตั้งโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้นั้น สามารถแก้ไขได้ไม่ยาก โดยการปรับขนาดและจัดวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนแผ่นงานใหม่ให้เหมาะสม

ในกรณีที่ใช้งานไปเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว โปรแกรมเริ่มทำงานช้าลง เนื่องจากข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในโปรแกรมมีมากขึ้น เป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ในทางปฏิบัติ แนะนำให้ผู้ใช้กำหนดช่วงเวลาที่จะเก็บข้อมูลไว้ และใช้วิธีการนำข้อมูลที่เก่ากว่าช่วงเวลานั้นออกไปเก็บเป็น History file เพื่อรักษาความเร็วในการทำงานของโปรแกรม

สำหรับการแจ้งเตือนผู้ใช้ให้ทราบว่า สินค้าใกล้จะหมดจากสต็อกนั้น สามารถทำได้โดยเพิ่มเติมคำสั่ง Visual Basic เพื่อกำหนดจุดสั่งซื้อ และทำการตรวจสอบจำนวนสินค้าทุกครั้งที่ขายสินค้าชนิดนั้น

8. ข้อเสนอแนะ

ในการนำข้อมูลเก่าออกไปเก็บเป็น History file นั้น ประกอบด้วยขั้นตอนที่ผู้ใช้ต้องมีประสบการณ์ในการใช้คอมพิวเตอร์พอสมควร ซึ่งอาจจะเป็นอุปสรรคสำหรับผู้ใช้ทั่วไป ดังนั้น ในการปรับปรุงโปรแกรมนี้ต่อไปอาจจะเพิ่มการทำงานนี้ ให้เป็นการทำงานโดยอัตโนมัติ เช่น ตรวจสอบจากปริมาณข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้จากการใช้งานในแต่ละวัน หรือตรวจสอบจากระยะเวลาที่ได้ใช้งานโปรแกรมไป เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดได้ แล้วออกแบบโปรแกรมให้นำข้อมูลเก่าออกไปเก็บเป็น History file โดยอัตโนมัติได้

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าของสนามแบดมินตันที่สละเวลาให้กับทีมงานวิจัย ตลอดจนให้ความร่วมมือในการทดสอบโปรแกรมและเอื้อเฟื้อข้อมูล ขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครที่สนับสนุนเครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมและเอกสารอ้างอิงที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

10. เอกสารอ้างอิง

[1] Educatepark, ประวัติแบดมินตัน, สืบค้นวันที่ 7 มีนาคม 2562 จาก https://www.educatepark.com/story/ประวัติแบดมินตัน/

[2] Prosoft Cash Group, ระบบงานคอมพิวเตอร์ควบคุมสนามแบดมินตัน, สืบค้นวันที่ 29 พฤษภาคม 2562 จาก http://snook.siam2web.com//?cid=97748

[3] Thaibadminton, สนามแบดมินตัน, สืบค้นวันที่ 29 พฤษภาคม 2562 จาก http://www.thaibadminton.com/main/modules/adresses/

จีราวุธ วารินทร์, "Excel VBA ฉบับสมบูรณ์", พิมพ์ครั้งที่ 2, รีไวว่า, 2558

ดุสิต กอปรรักชาติ, "Advanced Excel ฉบับเขียนโปรแกรมด้วย Macro & VBA", โปรวิชั่น, 2554

นันทนี แขวงโสภา, "สูตร ฟังก์ชั่น และการใช้งาน Excel ฉบับ Advanced", โปรวิชั่น, 2549

พันจันทร์ ธนวัฒนเสถียร, "สร้างตารางงานและบริหารข้อมูลด้วย Excel 2016 ฉบับสมบูรณ์", พิมพ์ครั้งที่ 2, รีไวว่า, 2561

สุพีชา ถิรจิตตกุล, "คู่มือเรียนรู้และใช้งาน Excel 2010 ฉบับสมบูรณ์", ไอดีซีฯ, 2554

อำนาจ นุตะมาน, "พัฒนาแอปพลิเคชันด้วย VBA บน Excel ฉบับโปรแกรมเมอร์", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2556

กิตติภณ เพ็ชรสว่าง
วทม. สถิติประยุกต์ สาขาระบบและการจัดการสารสนเทศ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
งานวิจัยที่สนใจ: พัฒนาซอฟต์แวร์, มัลติมีเดีย

สันนิธิ ตินทุกะสิริ
MBA / MAFIS Marketing / Accounting
Rosary College
Cleveland State University
งานวิจัยที่สนใจ: การตลาดระหว่างประเทศ, การโรงแรมและการท่องเที่ยว

กุลกนิษฐ์ คุณาธิกรกิจ
M. Com Business Information Systems
University of Wollongong Australia
งานวิจัยที่สนใจ: การจัดการลูกค้าสัมพันธ์, การจัดการห่วงโซ่อุปทาน

การใช้วิธีการออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสม สำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชาย

Using a Design of Experiment Method to Determine Appropriate Conditions for Sealing Process of Male Condom

ไพรัตน์ พูนศิริ[1*], กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข[2]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] 61601156@kmitl.ac.th, [2] kittiwat.si@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน (Seal Strength) ภายใต้ค่าเป้าหมายเท่ากับ 2.0 ± 0.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร ในการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายโครงสร้างของฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นจากผู้ผลิตประกอบด้วย 3 ชั้น คือ 1. เซลโลเฟน, 2. อะลูมิเนียมฟอยด์, และ 3. พอลิเอทิลีน ในการทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 3 ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ได้แก่ 1. ความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟน (26, 46, 66 ไมโครเมตร), 2. อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อน (150, 155, 160 องศาเซลเซียส), และ 3. ความเร็วในการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อน (120, 125, 130 ชิ้นต่อนาที) ผลการทดลองพบว่าทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน โดยมีเงื่อนไขที่เหมาะสม 2 ชุด ดังนี้ ชุดแรกมีระดับความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟนเท่ากับ 26 ไมโครเมตร อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อนเท่ากับ 160 องศาเซลเซียส และความเร็วในการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อนเท่ากับ 130 ชิ้นต่อนาที ชุดที่สองมีระดับความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟนเท่ากับ 46 ไมโครเมตร อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อนเท่ากับ 155 องศาเซลเซียส และความเร็วในการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อนเท่ากับ 120 ชิ้นต่อนาที ซึ่งเงื่อนไขทั้ง 2 ชุดให้ค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 2.0 ± 0.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร

คำสำคัญ: ฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้น, กระบวนการห่อหุ้มถุงยางอนามัยชาย, การออกแบบการทดลอง, ความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน

Abstract

This paper focuses on the use of the design of experiment method with the full factorial design to study the effect of factors concerned in the sealing process of male condom on the seal strength under the target between 2.0 ± 0.5 newtons per 25 millimeters. In the sealing process of male condom, the specification structure of the multilayer flexible plastic film from a local supplier consists of the following three layers: 1. Cellophane, 2. Aluminum foil, and 3. Polyethylene. In the experiments, there are the following three factors which each provide the three levels: 1. The thickness of cellophane layer (26, 46, 66 μm), 2. The heat sealing temperature for sealing process of male condom (150, 155, 160 °C), and 3. The machine speed for sealing process of male condom (120, 125, 130 pcs/min). The experimental results show that all factors affect the seal strength; and there are the two following sets of the appropriate conditions. The first set is the cellophane layer thickness of 26 μm, the heat sealing temperature of 160 °C, and the machine speed of 130 pcs/min. The second set is the cellophane layer thickness of 46 μm, the heat sealing temperature of 155 °C, and the machine speed of 120 pcs/min. Both sets obtain the seal strength within the target between 2.0 ± 0.5 newtons per 25 millimeters.

Keywords: multilayer flexible plastic film, sealing process of male condom, design of experiment, seal strength

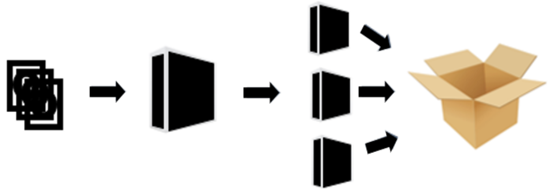
1. บทนำ

จากสถานการณ์การรณรงค์ให้ใช้ถุงยางอนามัยชาย (Male Condom) เพื่อป้องกันโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ (Sexually Transmitted Diseases หรือ STDs) และการตั้งครรภ์ที่ไม่พึงประสงค์ทำให้ตลาดมีความต้องการถุงยางอนามัยชายเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าในปี พ.ศ. 2559 มีความต้องการถุงยางอนามัยชายสูงถึง 1,336.86 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2565 จะมีความต้องการถุงยางอนามัยชายเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 3.5 หรือประมาณ 1,680.22 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เนื่องจากประเทศสหรัฐอเมริกามีจำนวนผู้ติดเชื้อโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์มากที่สุดใน

* Corresponding author: E-mail: 61601156@kmitl.ac.th
[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โลก ในขณะที่อุตสาหกรรมการผลิตถุงยางอนามัยภายในประเทศสหรัฐอเมริกากลับทะยอยปิดตัวลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 เป็นต้นมา ทำให้เป็นที่มาของการสั่งซื้อและนำเข้าสินค้าประเภทถุงยางอนามัยชายจากประเทศในทวีปเอเชียมากขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีมูลค่าการส่งออกถุงยางอนามัยชายมากที่สุดในโลกสูงถึง 4.151 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และมีส่วนแบ่งการตลาดสูงถึงร้อยละ 31.47 เนื่องจากประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตถุงยางอนามัยชายที่ได้มาตรฐานสินค้ามีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล [1]

ถุงยางอนามัยชายที่วางจำหน่ายในท้องตลาดโดยทั่วไปพบว่ามีรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ถุงยางอนามัยชายพร้อมสารหล่อลื่นถูกบรรจุอยู่ในซองบรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือบรรจุภัณฑ์ปฐมภูมิ (Primary Packaging) โดยใช้ฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้น (Multilayer Flexible Plastic Film) หลังจากนั้นซองบรรจุภัณฑ์ชั้นในแต่ละซองจะถูกบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองหรือบรรจุภัณฑ์ทุติยภูมิ (Secondary Packaging) ซึ่งนิยมใช้กล่องกระดาษที่มีภาพพิมพ์แตกต่างกันไปในแต่ละแบรนด์ เพื่อสร้างภาพลักษณ์ของสินค้าให้แตกต่างกัน หลังจากนั้นห่อหุ้มกล่องกระดาษด้วยฟิล์มพลาสติกใสแบบเซลโล่ (Cello Wrapping) ก่อนบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง (Distribution Packaging) ต่อไป ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปแบบของบรรจุภัณฑ์สำหรับถุงยางอนามัยชาย

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามรูปแบบการดำรงชีวิต บริษัทผลิตถุงยางอนามัยชายแห่งหนึ่งในภาคกลางของประเทศไทยได้สำรวจความต้องการของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคต้องการใช้ซองถุงยางอนามัยชายที่สามารถฉีกและเปิดใช้งานในที่มืดได้ง่ายกว่าซองถุงยางอนามัยชายที่ห่อปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นรุ่นปัจจุบัน

ในช่วงเดือน มกราคม – กรกฎาคม พ.ศ. 2562 บริษัทผลิตถุงยางอนามัยชายแห่งนี้ได้ทำการทดสอบและรวบรวมค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน (Seal Strength) ของซองถุงยางอนามัยชายที่ห่อปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นรุ่นปัจจุบันที่มีโครงสร้างของวัสดุเรียงลำดับจากชั้นนอกสุดไปยังชั้นในสุดเป็น พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน (PET/AL/PE) ที่ระดับความหนาของวัสดุชั้นพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตเท่ากับ 26, 46 และ 66 ไมโครเมตร ตามลำดับ พบว่าค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.6 – 4.0 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนที่สูงอีกทั้งยังส่งผลต่อการฉีกและเปิดใช้งานของผู้บริโภคในที่มืดด้วย

ฝ่ายวิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ของบริษัทผลิตถุงยางอนามัยชายแห่งนี้จึงพัฒนาฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นร่วมกับผู้ผลิตรายหนึ่งภายในประเทศไทย เพื่อนำมาใช้ทดแทนฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน โดยเปลี่ยนโครงสร้างของวัสดุชั้นนอกสุดเป็นเซลโลเฟน ได้ฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นที่มีโครงสร้างใหม่เรียงจากชั้นนอกสุดไปชั้นในสุดเป็นเซลโลเฟน/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน (Cellophane/AL/PE) ดังรูปที่ 2 โดยมีระดับความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟนเท่ากับ 26, 46 และ 66 ไมโครเมตร ตามลำดับ กำหนดค่าเป้าหมายของค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 2.0 ± 0.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร ซึ่งค่าดังกล่าวเหมาะสมต่อการฉีกและเปิดใช้งานได้ง่ายในที่มืด ไม่เปลี่ยนแปลงกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อน (Sealing Process) อีกทั้งยังรักษาคุณภาพของถุงยางอนามัยชายได้ตลอดอายุการวางจำหน่ายจนถึงมือผู้บริโภคด้วย [2]

รูปที่ 2 โครงสร้างของฟิล์ม เซลโลเฟน/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน

ปัจจุบันมีงานวิจัยด้านวัสดุและกระบวนการผลิตมากมายที่ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง ได้แก่ งานวิจัยของ Signh etal. [3] (2015) ใช้หลักการออกแบบการทดลองสำหรับการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการผลิตฟิล์มพลาสติกจากไคโตซาน โดยกำหนด 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ ได้แก่ ความเข้มข้นของไคโตซาน (1.5, 2.0, 2.5 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร) ความเข้มข้นของกลีเซอรอล (0.50, 0.75, 1.0 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร) และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (30, 40, 45 องศาเซลเซียส) หลังจากนั้นทดลองวัดค่าความหนาของฟิล์มพลาสติก สี ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ความสามารถในการละลายและอัตราการซึมผ่านของน้ำและไอน้ำ พบว่าทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อค่าความหนาของฟิล์มพลาสติก สี ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ความสามารถในการละลายและอัตราการซึมผ่านของน้ำและไอน้ำ เงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มพลาสติกจากไคโตซาน ได้แก่ ความเข้มข้นของไคโตซานเท่ากับร้อยละ 2.0 โดยมวลต่อปริมาตร ความเข้มข้นของกลีเซอรอลเท่ากับร้อยละ 0.75 โดยมวลต่อปริมาตรและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส ได้ความหนาของฟิล์มพลาสติกที่ 108.59 มิลลิไมครอน อัตราการซึมผ่านของน้ำและไอน้ำเท่ากับ 0.00174 กรัมต่อตารางเมตร

งานวิจัยของ Prabha and Ranganathan [4] (2018) ได้ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการพัฒนาคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของฟิล์มพลาสติกจากแป้งมันสำปะหลังประเภทย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ ได้แก่ ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (3, 4, 5 กรัม) ปริมาณกลีเซอรอล (0.1, 0.2, 0.3 มิลลิกรัม) และปริมาณกรดแอซิติก (0.3, 0.6, 0.9 มิลลิกรัม) หลังจากนั้นทดสอบอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ พบว่าทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่ออัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนและอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ โดยมีระดับที่เหมาะสม ได้แก่ ปริมาณแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 3.6 กรัม ปริมาณกลีเซอรอลเท่ากับ 0.9 มิลลิกรัม และปริมาณกรดแอซิติกเท่ากับ 0.16 มิลลิกรัม

Sundarraj etal. [5] (2018) ได้ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลองในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการสกัดเพคทิน (Pectin) จากเศษขนุน (Jackfruit หรือ Artocarpus integer) เพื่อให้ได้เพคทินที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการ โดยกำหนด 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 5 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ (41.72, 50, 70, 90, 98.29 องศาเซลเซียส) และเวลา (23.79, 30, 45, 60, 66.21 นาที) หลังจากนั้นหาร้อยละผลได้ของปริมาณเพคทิน พบว่าปัจจัยทั้ง 2 มีผลต่อร้อยละผลได้ของปริมาณเพคทิน โดยมีระดับที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส และเวลา 60 นาที ได้ปริมาณเพคทินสูงถึงร้อยละ 38.42

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 2.0 ± 0.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร และกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นจากผู้ผลิตที่มีโครงสร้างเป็น เซลโลเฟน/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟน อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อน และความเร็วในการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชาย ก่อนนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 2.0 ± 0.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร และกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นจากผู้ผลิตที่มีโครงสร้างเป็น เซลโลเฟน/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน

2.2 ขอบเขตของงานวิจัย

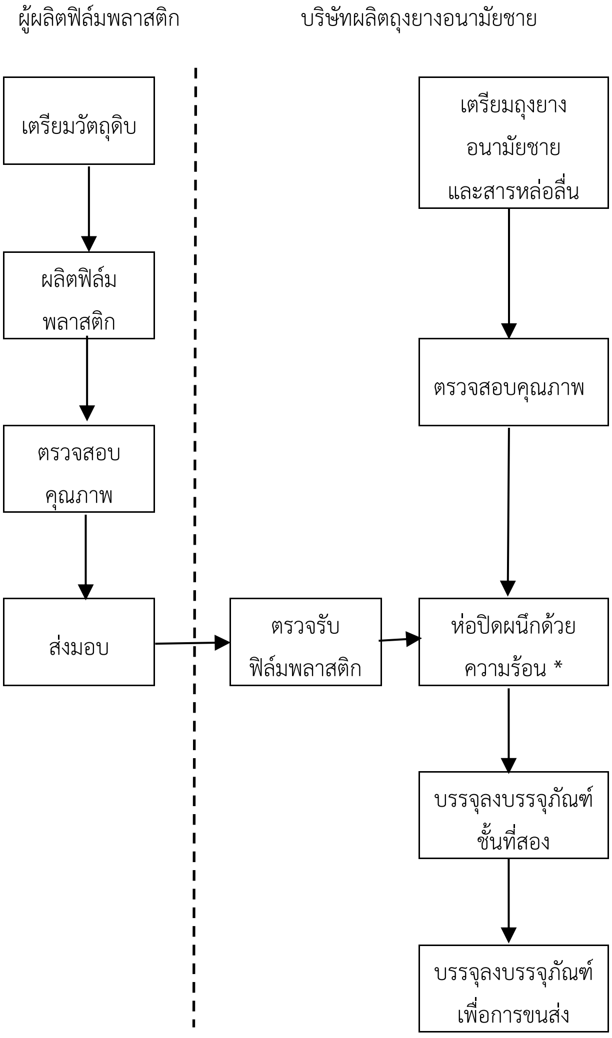
1) งานวิจัยนี้ไม่สามารถเปิดเผยชื่อของบริษัทผลิตถุงยางอนามัยชายและผู้ผลิตฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นที่มีโครงสร้างเป็น เซลโลเฟน/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน ได้

2) งานวิจัยนี้กำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ ได้แก่ ความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟน อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อน และความเร็วในการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชาย ทั้ง 3 ปัจจัย ถือเป็นปัจจัยหลักของกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนของถุงยางอนามัยชายและส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนโดยตรง

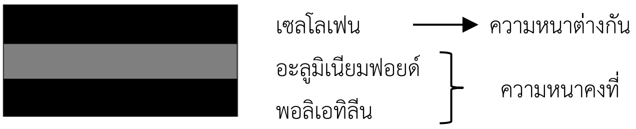
3) งานวิจัยนี้สนใจเฉพาะกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนภายในบริษัทผลิตถุงยางอนามัยชายเท่านั้น โดยใช้เครื่องจักรระบบอัตโนมัติหมายเลข 6 ที่สามารถปรับตั้งอุณหภูมิและความเร็วสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายได้ ในขณะที่ผู้ผลิตทำหน้าที่ผลิตและส่งมอบฟิล์มพลาสติกที่มีโครงสร้างเป็น เซลโลเฟน/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน ด้วยกระบวนการโคเอ็กซ์ทรูชั่น (Coextrusion Process) กระบวนการที่สนใจของงานวิจัยนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3

4) งานวิจัยนี้กำหนดระดับความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟนให้แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 26, 46 และ 66 ไมโครเมตร โดยระดับความหนาดังกล่าวเท่ากับระดับความหนาของวัสดุชั้นพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต ของฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นรุ่นปัจจุบัน อีกทั้งยังไม่เพิ่มต้นทุนการผลิตด้วย ส่วนความหนาของวัสดุชั้นอะลูมิเนียมฟอยด์และพอลิเอทีลีนถูกควบคุมให้คงที่เท่ากับ 9 และ 45 ไมโครเมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 4

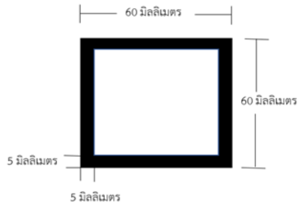
5) บรรจุภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนของถุงยางอนามัยชายด้วยฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นที่มีโครงสร้างเป็น เซลโลเฟน/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน มีลักษณะเป็นซองรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังรูปที่ 5 มีความกว้างของซองถุงยางอนามัยชายเท่ากับ 60 มิลลิเมตร และมีความกว้างของรอยห่อปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 5 มิลลิเมตร ความกว้างของซองถุงยางอนามัยชายและความกว้างของรอยห่อปิดผนึกด้วยความร้อนเป็นความกว้างมาตรฐานสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนของถุงยางอนามัยชายสำหรับบริษัทผลิตถุงยางอนามัยชายแห่งนี้



รูปที่ 3 กระบวนการที่สนใจของงานวิจัยนี้



รูปที่ 4 การกำหนดความหนาของวัสดุแต่ละชั้นของฟิล์มพลาสติก



รูปที่ 5 บรรจุภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อน

6) อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อน หมายถึง อุณหภูมิของกระบอกหมุนโลหะรูปทรงกระบอกที่เป็นตัวนำความร้อน มีลักษณะเป็นบล็อกรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสด้านละ 60 มิลลิเมตร สามารถห่อปิดผนึกฟิล์มพลาสติกทั้งด้านบนและด้านล่างเข้าด้วยกัน อีกทั้งยังสามารถปรับระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนได้จากหน้าจอควบคุมของเครื่องจักรระบบอัตโนมัติหมายเลข 6 ระดับอุณหภูมิที่กำหนด ได้แก่ 150, 155 และ 160 องศาเซลเซียส อ้างอิงจากช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นรุ่นปัจจุบันที่มีโครงสร้างของวัสดุเรียงลำดับจากชั้นนอกสุดไปยังชั้นในสุดเป็น พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน หากใช้อุณหภูมิในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนต่ำกว่า 150 องศาเซลเซียส พบว่าไม่สามารถห่อปิดผนึกฟิล์มพลาสติกได้ด้วยความร้อน ในทางกลับกันหากใช้อุณหภูมิในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนมากกว่า 160 องศาเซลเซียส พบว่าเกิดรอยไหม้บริเวณรอยปิดผนึกของซองถุงยางอนามัยชาย ถือว่าเป็นข้อบกพร่อง (Defect) ของสินค้า

7) ความเร็วในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนมี 3 ระดับ ได้แก่ 120, 125 และ 130 ชิ้นต่อนาที โดยอ้างอิงจากความเร็วที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนด้วยฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นรุ่นปัจจุบันที่มีโครงสร้างของวัสดุเรียงลำดับจากชั้นนอกสุดไปยังชั้นในสุดเป็น พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน ระดับของความเร็วในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนมีความสัมพันธ์กับเวลาที่กระบอกหมุนโลหะรูปทรงกระบอกกดทับฟิล์มพลาสติกทั้งสองด้านเข้าด้วยกัน กล่าวคือ ที่ระดับ 120 ชิ้นต่อนาที หมายถึง เวลาที่กระบอกหมุนโลหะรูปทรงกระบอกกดทับฟิล์มพลาสติกทั้งสองด้านเป็นเวลา 2.00 วินาที ในขณะที่ความเร็วในกระบวนการปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 125 และ 130 ชิ้นต่อนาที เทียบเท่ากับ 2.08 และ 2.17 วินาที ตามลำดับ ในทางปฏิบัติจริงการใช้เวลาแทนความเร็วในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนนั้นยุ่งยากต่อการคำนวณกำลังการผลิต บริษัทผลิตถุงยางอนามัยชายแห่งนี้จึงกำหนดให้ใช้ความเร็วในกระบวนการปิดผนึกด้วยความร้อน เพื่อสะดวกต่อการคำนวณหากำลังการผลิต

8) ปัจจัยอื่น ๆ ที่ต้องควบคุมสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนของถุงยางอนามัยชาย ได้แก่ ความดันของเครื่องจักรที่ใช้ห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชาย กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงความดันของเครื่องจักรส่งผลต่อการหมุนของกระบอกหมุนโลหะรูปทรงกระบอกที่ใช้เป็นตัวนำความร้อน ส่งผลให้ตำแหน่งของการห่อปิดผนึกฟิล์มพลาสติกทั้งสองด้านด้วยความร้อนเกิดการเปลี่ยนแปลงและนำไปสู่การกดทับถุงยางอนามัยชายหว่างกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายได้ ทำให้เกิดข้อบกพร่องทางด้านคุณภาพของสินค้า

9) ซองถุงยางอนามัยชายที่ผ่านกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนต้องผ่านเกณฑ์ด้านคุณภาพก่อนนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน กล่าวคือ ซองถุงยางอนามัยชายทุกชิ้นต้องผ่านการทดสอบการรั่วซึมและมีรอยห่อปิดผนึกด้วยความร้อนในสภาพที่สมบูรณ์ สามารถทดสอบค่าความแข็งแรงรอยปิดผนึกด้วยความร้อนได้เพียง 1 ครั้งต่อ 1 ซอง และเมื่อทดสอบความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนแล้วต้องทำลายทิ้ง

10) กำหนดค่าเป้าหมายของค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 2.0 ± 0.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร ค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนที่น้อยกว่า 1.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค กล่าวคือ ทำให้ผู้บริโภครู้สึกกังวลเกี่ยวกับคุณภาพของซองถุงยางอนามัยชายเมื่อฉีกและเปิดใช้ซองถุงยางอนามัยชายในที่มืด ในทางตรงกันข้าม ค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนที่มากกว่า 2.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร ทำให้ผู้บริโภคฉีกและเปิดใช้ซองถุงยางอนามัยชายในที่มืดได้ยาก

3. การออกแบบการทดลองและการทดสอบค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน

3.1 การออกแบบการทดลอง

ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อนโดยใช้เครื่องจักรระบบอัตโนมัติหมายเลข 6 และฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นที่มีโครงสร้างเป็น เซลโลเฟน/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยและระดับของปัจจัย

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		
		-1	0	1
ความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟน (ไมโครเมตร)	A	26	46	66
อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อน (องศาเซลเซียส)	B	150	155	160
ความเร็วในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อน (ชิ้นต่อนาที)	C	120	125	130

จากการใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ ได้จำนวนการทดลองทั้งสิ้น 27 ชุดการทดลอง ทดสอบค่าความแข็งแรงรอยปิดผนึกด้วยความร้อนชุดการ

ทดลองละ 12 ชิ้น ได้ค่าความแข็งแรงรอยปิดผนึกด้วยความร้อนทั้งสิ้น 324 ข้อมูล

3.2 การทดสอบค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน

ค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนสามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่องทดสอบจากบริษัท อินสตรอน ประเทศไทย รุ่นยูนิเวอร์แซลเทสติ้ง (Universal Testing) โดยอ้างอิงวิธีการทดสอบมาตรฐานสำหรับการเปรียบเทียบความแข็งแรงของการยึดเกาะฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัว (ASTM F904) [6] การเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเริ่มจากตัดซองถุงยางอนามัยชายบริเวณรอยปิดผนึกให้เป็นเส้นยาวและมีความกว้างเท่ากับ 25 มิลลิเมตร ปลายข้างหนึ่งของเส้นฟิล์มพลาสติกเปิดอย่างอิสระ นำปลายที่ไม่ถูกปิดผนึกมายึดด้วยแขนยึด (Peel Arm) แล้วทำการดึงลอก (Peel Test) ให้เป็นรูปตัวที (T-Shape) หรือ 180 องศา ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 200 มิลลิเมตรต่อวินาที อ่านค่าแรงที่ได้จากเครื่องทดสอบแล้วนำมาคำนวณค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน ดังสมการที่ 1.

$$\text{ค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน} = \frac{\text{แรงที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบ}}{\text{ความกว้างของชิ้นงานที่ทดสอบ}} \quad (1)$$

ค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน คือ พลังงานที่ใช้ในการดึงฟิล์มพลาสติกให้ฉีกขาดและแยกออกจากกัน หน่วย นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร แรงที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบ คือ แรงดึงเพื่อให้ฟิล์มพลาสติกฉีกขาดและแยกจากกัน หน่วย นิวตัน ความกว้างของชิ้นงานที่ทดสอบมีค่าเท่ากับ 25 มิลลิเมตร

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

นำผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนจำนวน 324 ข้อมูล มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อกรองปัจจัยหลัก (Main Effect) และอันตรกิริยา (Interaction) ที่มีผลอย่างนัยสำคัญ ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05 หรือมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05) ดังแสดงในตารางที่ 2

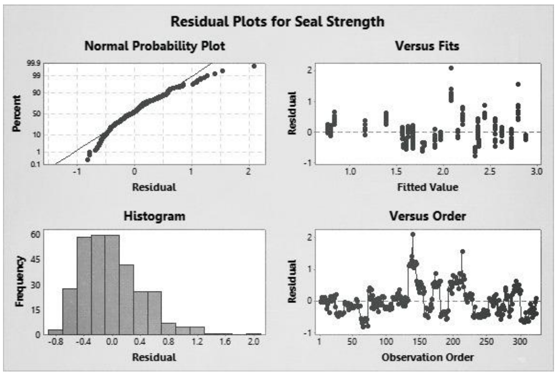
จากตารางที่ 2 พบว่าปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ได้แก่ ความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟน (A) อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อน (B) และความเร็วในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อน (C) อันตรกิริยาที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน ได้แก่ A * B, A * C, และ B * C

เมื่อพิจารณาส่วนตกค้างทางสถิติ (Residue) ของข้อมูลดังกล่าวโดยใช้กราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง (Normal Probability Plot of the Residuals) ดังรูปที่ 6 พบว่า ข้อมูลส่วนตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ การกระจายตัวของข้อมูลส่วนใหญ่เรียงตัวแบบมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	115.028	19.1713	94.71	0.000
Linear	3	91.776	30.5920	151.13	0.000
A	1	18.020	18.0203	89.02	0.000
B	1	61.467	61.4667	303.65	0.000
C	1	12.289	12.2890	60.71	0.000
2-Way Interaction	3	23.252	7.7506	38.29	0.000
A*B	1	0.719	0.7194	3.55	0.060
A*C	1	5.004	5.0042	24.72	0.000
B*C	1	17.528	17.5282	86.59	0.000
Error	317	64.168	0.2024		
Lack-of-Fit	20	57.481	2.8740	127.65	0.000
Pure Error	297	6.687	0.0225		
Total	323	179.196			

หมายเหตุ A คือ ความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟน หน่วย ไมโครเมตร
B คือ อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อน หน่วย องศาเซลเซียส
C คือ ความเร็วในกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อน หน่วย ชิ้นต่อนาที

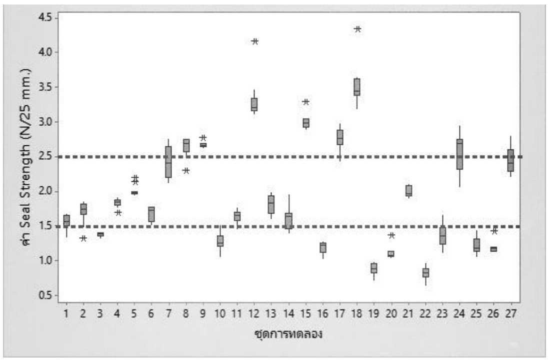


รูปที่ 6 ส่วนตกค้างทางสถิติจากการกรองปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน

เมื่อนำค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนจากการทดลองทั้ง 27 ชุด มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{y}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) และสรุปความสอดคล้องของข้อมูลกับค่าเป้าหมายของค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 2.0 ± 0.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 3 พบว่าชุดการทดลองที่สอดคล้องกับค่าเป้าหมายของค่าความแข็งแรงรอยปิดผนึกด้วยความร้อนดังกล่าวมีทั้งหมด 5 ชุด ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 4, 5, 6, 13 และ 21 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาแผนภาพกล่องดังรูปที่ 7 พบว่าชุดการทดลองที่ 4, 6 และ 13 ไม่เหมาะสมต่อการกำหนดเป็นเงื่อนไขสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชาย เนื่องจากชุดการทดลองดังกล่าวมีค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนใกล้เคียง 1.5

นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร หากนำเงื่อนไขดังกล่าวไปใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายจริงซึ่งมีกำลังการผลิตเป็นจำนวนมาก จะทำให้ซองถุงยางอนามัยชายส่วนใหญ่มีค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกใกล้เคียง 1.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร อาจทำให้ผู้บริโภคเกิดความวิตกกังวลเกี่ยวกับคุณภาพของซองถุงยางอนามัยในล๊อตการผลิตนี้ขณะฉีกและเปิดใช้งานในที่มืด และอาจนำไปสู่การร้องเรียนด้านคุณภาพของสินค้าภายหลัง



รูปที่ 7 แผนภาพกล่องของการทดลอง 27 ชุดการทดลอง

จากตารางที่ 3 พบว่า ชุดการทดลองที่ 5 ซึ่งมีระดับความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟนเท่ากับ 46 ไมโครเมตร อุณหภูมิที่ใช้ในการปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อนเท่ากับ 155 องศาเซลเซียส และความเร็วในการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายเท่ากับ 120 ชิ้นต่อนาที และชุดการทดลองที่ 21 ซึ่งมีระดับความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟนเท่ากับ 26 ไมโครเมตร อุณหภูมิที่ใช้ในการปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อนเท่ากับ 160 องศาเซลเซียส และความเร็วในการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายเท่ากับ 130 ชิ้นต่อนาที ชุดการทดลองทั้ง 2 ชุดมีความเหมาะสมต่อการกำหนดเป็นเงื่อนไขสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชาย เนื่องจากชุดการทดลองดังกล่าวมีค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 2.0 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับค่าเป้าหมายของค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนที่กำหนดไว้เท่ากับ 2.0 ± 0.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร หากนำเงื่อนไขดังกล่าวไปใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายจริง จะไม่ทำให้ผู้บริโภคเกิดความวิตกกังวลเกี่ยวกับคุณภาพของซองถุงยางอนามัยชายขณะฉีกและเปิดใช้งานในที่มืด นอกจากนี้ยังสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ด้วย

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 2.0 ± 0.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร และกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยฟิล์มพลาสติกแบบอ่อนตัวชนิดหลายชั้นจากผู้ผลิต มีโครงสร้างเป็น เซลโลเฟน/อะลูมิเนียมฟอยด์/พอลิเอทิลีน โดยกำหนด 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ ได้แก่ ความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟน (26, 46, 66 ไมโครเมตร) อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อน (150, 155, 160 องศาเซลเซียส) และความเร็วในการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อน (120, 125, 130 ชิ้นต่อนาที) ผลการทดลองพบว่าทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน โดยมีเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนและมีค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 2.0 ± 0.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 มีระดับความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟนเท่ากับ 26 ไมโครเมตร อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อนเท่ากับ 160 องศาเซลเซียส และความเร็วในการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อนเท่ากับ 130 ชิ้นต่อนาที

ชุดที่ 2 มีความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟนเท่ากับ 46 ไมโครเมตร อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อนเท่ากับ 155 องศาเซลเซียส และความเร็วในการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายด้วยความร้อนเท่ากับ 120 ชิ้นต่อนาที

6. ข้อเสนอแนะ

1) เปรียบเทียบเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อกระบวนการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนทั้ง 2 ชุด พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีระดับความหนาของวัสดุชั้นเซลโลเฟนบางกว่าและความเร็วในการห่อปิดผนึกด้วยความร้อนของถุงยางอนามัยชายมากกว่าชุดการทดลองที่ 2 ดังนั้น ชุดการทดลองที่ 1 เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นเงื่อนไขสำหรับกระบวนการผลิตจริงมากกว่าชุดการทดลองที่ 2 เนื่องจากประหยัดต้นทุนของวัสดุชั้นเซลโลเฟนและให้กำลังการผลิตมากกว่า

2) ชุดการทดลองที่ 1 ควรนำมาทดสอบกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายอีกครั้งและนำชิ้นงานที่ได้มาทดสอบการผ่านเกณฑ์คุณภาพด้านอื่น ๆ เช่น การทดสอบอัตราการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน (Oxygen Transmission Rate หรือ OTR) และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Transmission Rate หรือ WVTR) เพื่อยืนยันว่าเงื่อนไขของชุดการทดลองที่ 1 นี้มีความเหมาะสมสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายและสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของบริษัทผลิตถุงยางอนามัยชายแห่งนี้

2) สามารถประยุกต์ใช้หลักการถดถอยของพื้นผิวผลตอบสนอง (Response Surface Regression) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายและหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยสำหรับกระบวนการห่อปิดผนึกของถุงยางอนามัยชายได้

ตารางที่ 3 สรุปความสอดคล้องกับค่าเป้าหมายของค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อน

ชุดการทดลอง	A	B	C	$\overline{y}$	SD	max	min	สอดคล้องเป้าหมาย*
1	26	150	120	1.549	0.103	1.674	1.317	✗
2	26	155	120	1.701	0.160	1.853	1.309	✗
3	26	160	120	1.373	0.037	1.414	1.306	✗
4	46	150	120	1.831	0.063	1.923	1.692	✓
5	46	155	120	2.000	0.078	2.188	1.927	✓
6	46	160	120	1.684	0.105	1.788	1.507	✓
7	66	150	120	2.410	0.230	2.764	2.110	✗
8	66	155	120	2.639	0.140	2.758	2.291	✗
9	66	160	120	2.663	0.042	2.770	2.606	✗
10	26	150	125	1.263	0.117	1.509	1.042	✗
11	26	155	125	1.625	0.101	1.765	1.441	✗
12	26	160	125	3.301	0.292	4.165	3.102	✗
13	46	150	125	1.811	0.134	1.987	1.585	✓
14	46	155	125	1.620	0.164	1.963	1.377	✗
15	46	160	125	2.993	0.107	3.281	2.873	✗
16	66	150	125	1.181	0.912	1.284	1.013	✗
17	66	155	125	2.754	0.166	2.988	2.412	✗
18	66	160	125	3.513	0.298	4.343	3.181	✗
19	26	150	130	0.877	0.081	0.978	0.705	✗
20	26	155	130	1.106	0.087	1.367	1.031	✗
21	26	160	130	1.992	0.075	2.103	1.881	✓
22	46	150	130	0.818	0.094	0.972	0.621	✗
23	46	155	130	1.358	0.163	1.671	1.101	✗
24	46	160	130	2.581	0.277	2.953	2.055	✗
25	66	150	130	1.202	0.114	1.439	1.046	✗
26	66	155	130	1.182	0.078	1.414	1.111	✗
27	66	160	130	2.442	0.185	2.799	2.199	✗

หมายเหตุ สอดคล้องเป้าหมาย หมายถึง การตรวจสอบค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนในชุดการทดลองนั้น ๆ ว่าอยู่ในค่าเป้าหมายของค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยความร้อนเท่ากับ 2.0 ± 0.5 นิวตันต่อ 25 มิลลิเมตร หรือไม่

กำหนดให้ เครื่องหมาย ✓ แทน ค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกที่สอดคล้องกับค่าเป้าหมาย

เครื่องหมาย ✗ แทน ค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกที่ไม่สอดคล้องกับค่าเป้าหมาย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ เมืองไมอามี ประเทศสหรัฐอเมริกา (2560) รายงานตลาดถุงยางอนามัยในสหรัฐอเมริกา หน้า 1-7

[2] F. Terris-Presthol, "How to Sell a Condom? The Impact of Demand Creation Tools on Male and Female Condom Sales in Resource Limited Setting," Journal of Health Economics 48(2016), pp. 107 – 120.

[3] T. P. Singh, M. K. Chatli, J. Sahoo "Development of Chitosan Based Edible Film: Process Optimization Using Response Surface Methodology.", Journal of Food Scientists & Technologists (India), May 2015, 52(5), pp. 2530 - 2543.

[4] P. H. Prabha, T. V. Ranganathan, "Process Optimization for Evaluation of Barrier Properties of Tapioca Starch Based Biodegradable Polymer Film," International Journal of Biological Macromolecules, 120(2018), pp. 361 - 370.

[5] A. A. Sundarraj, T. V. Ranganathan, S. Gobikrishnan, "Optimization Extraction and Characterization of Pectin from Jackfruit (Artocarpus Integer) Wastes Using Response Surface Methodology," International Journal of Biological Macromolecules, 106(2018), pp. 698 – 703.

[6] ASTM International, "Designation: F 904-16, Standard Test Method for Comparison of Bond Strength of Ply Adhesion of Similar Laminates Made from Flexible Material," West Conshohocken, US, 2016.

ประวัติผู้เขียนบทความ[1]

ไพรัตน์ พูนศิริ
นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วุฒิการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2561 - ปัจจุบัน	ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์
พ.ศ. 2560 – 2561	วิศวกรระดับอาวุโสด้านบรรจุภัณฑ์ บริษัท เอส ซี จอห์นสัน (ประเทศไทย) จำกัด
พ.ศ. 2558 – 2560	วิศวกรชำนาญการด้านบรรจุภัณฑ์ บริษัท มี๊ดจอห์นสัน นิวทริชั่น (ประเทศไทย) จำกัด

ความสนใจ

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)
การวิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ (Research and Development of Packaging)
วิศวกรรมคุณภาพ (Quality Engineer)

ประวัติผู้เขียนบทความ[2]

กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข
เป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์
สังกัดภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้รับปริญญาในระดับดุษฎีบัณฑิต เมื่อปี พ.ศ. 2556 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ณ ประเทศไทย ด้วยทุน NSTDA และ RTG Fellowship
งานสอน ได้แก่ การจัดการโซ่อุปทาน สถิติวิศวกรรม การวางแผนและควบคุมการผลิต การศึกษาการทำงาน เป็นต้น โดยมีงานตีพิมพ์ในหลายๆวารสารระดับนานาชาติ เช่น Computers & Operations Research, Cogent Engineering, Fuel Processing Technology, International Journal of Operational Research เป็นต้น

การเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียวกับแบบแกนเพลาร่วมด้วยตัวแบบมาร์คอฟ

Comparison of Reliability between the Shared and One Shaft Combined Cycle Power Plants using Markov Model

นราภรณ์ เภาประเสริฐ[1*]
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาวเขตจตุจักรกรุงเทพ10900
E-mail: [1]fengnpp@ku.ac.th
และ กัณธิชา ชัยตรรก[2]
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาวเขตจตุจักรกรุงเทพ10900
E-mail: [2]kanticha.ch@ku.th

บทคัดย่อ

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมของโรงไฟฟ้าพระนครเหนือ ชุดที่ 2 ถูกสร้างขึ้นในปี พ.ศ 2559 โดยโรงไฟฟ้านี้ได้ถูกออกแบบเป็นโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียว 2 ชุด แทนที่จะเป็นโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาร่วมเหมือนกับ ชุดที่ 1 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้สร้างแบบจำลองมาร์คอฟสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่า long-term system availability และ MTTF กับแบบจำลองมาร์คอฟสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาร่วมที่นำเสนอโดย Hamed[1] จากผลการเปรียบเทียบพบว่าค่า long-term system availability และ MTTF ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาร่วมยังคงมีค่าที่มากกว่าค่าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียว 40.70% และ 42.14% ตามลำดับ

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม, ความน่าเชื่อถือ, แบบจำลองมาร์คอฟ

Abstract

The second North Bangkok Combined Cycle Power Plant was built in 2016. The plant was designed to have two single-shaft power generating sets rather than the traditional multi-shaft power generating set. This study constructed a Markov model for the single-shaft system and compared the long-term system availability and MTTF of the new system to those of the multi-shaft system shown in Hamed [1]. The long - term system availability and MTTF of the multi-shaft combined cycle power plant are still higher than the single-shaft combined cycle power plant by 40.70% and 42.14%, respectively.

Keywords: Combined cycle power plant, Reliability, Markov model

1. คำนำ

โรงไฟฟ้าทำหน้าที่หลักในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อส่งและกระจายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้บริโภค[1] ซึ่งพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และยังมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศจึงทำให้ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในกิจกรรมทางเศรษฐกิจด้านต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นกิจกรรมการดำเนินงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าในปัจจุบันและการพัฒนาพลังงานในอนาคตเพื่อสนองตอบความต้องการของประชาชนในประเทศนั้น จะมีผลโดยตรงต่อชีวิตความเป็นอยู่ของสังคมอย่างมาก [2]

ในประเทศไทยหน่วยงานหลักที่ทำหน้าที่ในการจัดหาพลังงานไฟฟ้าแก่ประชาชนคือการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) โดยมีกำลังการผลิตรวมร้อยละ 33.96 ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดในประเทศโดยมีโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plant: CCPP) เป็นกำลังการผลิตหลักของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยคิดเป็นร้อยละ 17.08[3] สำหรับในงานวิจัยนี้ได้นำโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมของโรงไฟฟ้าพระนครเหนือมาทำการศึกษา

* Corresponding author: E-mail: fengnpp@ku.ac.th
[1]รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

161

ซึ่งประกอบด้วยโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมรวมกันทั้งหมด 2 ชุด ชุดที่1 มีกำลังผลิตสุทธิ 704 เมกะวัตต์ และชุดที่ 2 มีกำลังผลิตสุทธิ 848.3 เมกะวัตต์รวมคิดเป็นกำลังการผลิต 1,552.3 เมกะวัตต์[4] ลักษณะการผลิตของโรงไฟฟ้ากังหันแก๊สและโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำโดยการนำไอเสียจากโรงไฟฟ้ากังหันแก๊สมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำส่งผลให้มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นอีกเนื่องจากไม่ได้ใช้เชื้อเพลิงจากภายนอกในการผลิตไฟฟ้า[5] นอกจากนี้ประสิทธิภาพรวมของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมยังสูงถึงร้อยละ 60 เมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนทั่วไปซึ่งมีค่าเพียงร้อยละ 40[6] จึงทำให้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในระบบอุตสาหกรรมทั่วโลกรวมถึงเป็นระบบผลิตกำลังไฟฟ้าหลักของประเทศไทยอีกด้วย

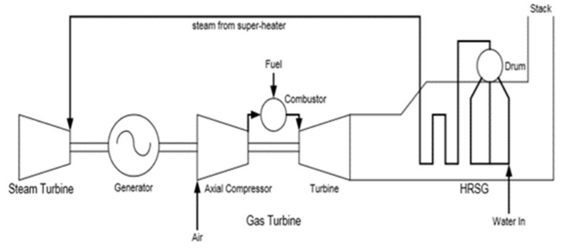
การที่โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมได้รับความนิยมนั้นเป็นผลให้มีการศึกษาวิจัยการทำงานในด้านต่าง ๆ ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมเกิดขึ้นมากมายรวมถึงแบบจำลองความน่าเชื่อถือซึ่งเป็นสิ่งจำเป็น[5] เนื่องจากโรงไฟฟ้าประกอบด้วยระบบย่อยและส่วนประกอบต่าง ๆ หากส่วนประกอบที่สำคัญต่อระบบเกิดความเสียหายย่อมมีกระทบต่อระบบโดยรวมอีกทั้งผู้ประกอบการมีข้อจำกัดทางการเงินในการวางแผนกลยุทธ์ซ่อมบำรุงและจัดการการบำรุงรักษาระบบดังนั้นการทราบถึงความน่าเชื่อถือของระบบและส่วนประกอบที่สำคัญจะทำให้สามารถวางแผนกลยุทธ์ซ่อมบำรุงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพและวางแผนจัดสรรการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างคุ้มค่าทำให้โรงไฟฟ้าสามารถดำเนินการผลิตไฟฟ้าได้อย่างราบรื่นและปลอดภัย[1]

สำหรับงานวิจัยนี้ ต้องการเปรียบเทียบในมุมมองของความน่าเชื่อถือของระบบระหว่างโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครเหนือทั้ง 2 ชุด โดยข้อดีของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียว คือ มีประสิทธิภาพที่มากกว่า ใช้งานได้อรรถประโยชน์มากกว่าแบบแกนร่วม ทำให้ชุดที่ 2 เป็นแบบแกนเพลาเดียว ซึ่งหากพิจารณาแล้วแบบแกนเพลาเดียวน่าจะมีความน่าเชื่อถือต่ำกว่าแบบแกนร่วมเพียงแต่ในงานวิจัยนี้จะชี้ให้เห็นในเชิงตัวเลข เพื่อช่วยในการตัดสินใจถึงประโยชน์ และ ผลเสีย ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียว เพื่อให้เป็นข้อมูลในการเลือกโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมตัวต่อ ๆ ไปในอนาคต

2. ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

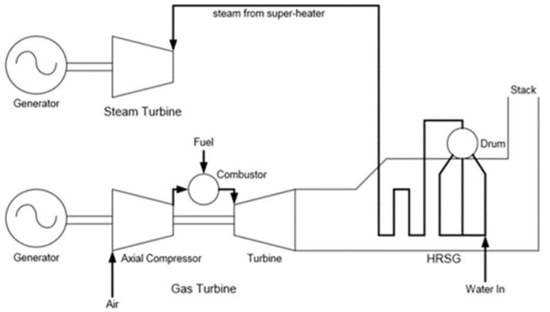
2.1 รูปแบบของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียว (Single-Shaft Combined Cycle Power Plant) โรงไฟฟ้าจะติดตั้งเครื่องกังหันแก๊สเครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ทำงานร่วมกันบนเพลาหมุนเดียวกันทั้งหมด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียว

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมแบบแกนร่วม (Multi-Shaft Combined Cycle Power Plant) ดังรูปที่ 2 โรงไฟฟ้าจะติดตั้งเครื่องกังหันแก๊สและเครื่องกังหันไอน้ำให้อยู่แยกเพลาอย่างอิสระต่อกันโดยที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะติดตั้งแยกเพลากันด้วยและนำไอน้ำที่ผลิตได้ส่งไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำที่ต่อร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อยู่แยกเพลาออกไปโรงไฟฟ้ารูปแบบนี้จึงสามารถออกแบบเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้เหมาะสมได้โดยการเพิ่มจำนวนเครื่องกังหัน[5]



รูปที่ 2 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนร่วม

2.2 ชนิดของหม้อน้ำโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม

ชนิดของหม้อน้ำของระบบไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมสามารถจำแนกได้ 3 รูปแบบ[6]

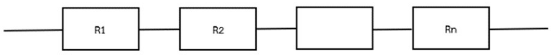
แบบ Unfired Type เป็นแบบที่ไม่มีการเติมเชื้อเพลิงเพื่อการเผาไหม้ให้กับหม้อน้ำจะใช้เพียงก๊าซไอเสีย (Exhaust gas) จากกังหันก๊าซเพียงอย่างเดียว

แบบ Supplementary Fired เป็นแบบที่หม้อน้ำใช้ไฟในการเปลี่ยนสถานะของน้ำให้เป็นไอน้ำโดยมีการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ในหม้อน้ำ

แบบ Exhaust Fired เป็นแบบที่หม้อน้ำใช้ไฟในการเปลี่ยนสถานะของน้ำให้เป็นไอน้ำโดยมีการเพิ่มเชื้อเพลิงและการเผาไหม้มากขึ้นจากแบบSupplementary Fired เพื่อใช้ประโยชน์จากการเผาไหม้ก๊าซออกซิเจนที่เหลืออยู่ในก๊าซไอเสียที่ได้จากกังหันก๊าซให้เต็มประสิทธิภาพ

2.3 Reliability Block Diagram (RBD)

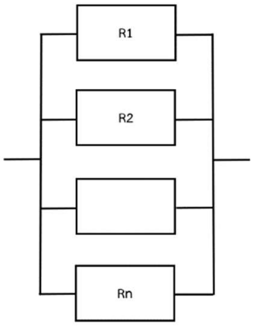
Reliability ทั้งระบบซึ่งเป็นผลรวมของชิ้นส่วนย่อย ๆ ทำงานร่วมกันมีแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนย่อย ๆ นั้นในเชิง Reliability เรียกว่า Reliability Block Diagram [7] มีทั้งการต่ออนุกรมกันโดยถ้าตัวใดตัวหนึ่งเสียระบบทั้งหมดก็จะเสียด้วยดังรูปที่ 3 และการต่อแบบขนานถ้าตัวใดตัวหนึ่งเสียระบบรวมก็ยังสามารถทำงานได้ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 การต่อแบบอนุกรม

$$R_{total} = R1 \; x \; R2 \ldots x \; Rn = \prod_{i=1}^{n} Ri \qquad (1)$$

162



รูปที่ 4 การต่อแบบขนาน

$$R_{total} = 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - Ri) \quad (2)$$

2.4 Markov Model

ตัวแบบมาร์คอฟเป็นชนิดหนึ่งของกระบวนการสโตคาสติก (Stochastic Processes) เกี่ยวข้องกับรูปแบบของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งเป็นสถานะอื่น ๆ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง[8] โดยจะมีทั้งแบบ Finite และ Countable infinite เวลาสำหรับตัวแบบมาร์คอฟจะมีทั้งแบบDiscrete และContinuousกระบวนการสโตคาสติก $\{X(t), t \geq 0\}$ ที่เป็น Continuous time มี State space $\{0,1,2, \ldots, r\}$ ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะเป็นสถานะ j ที่เวลา $\mathrm{t} + \mathrm{s}$ ได้แก่

$$\Pr(\mathrm{X}(\mathrm{t}+\mathrm{s}) = j \mid X(s) = i, X(u) = x(u), 0 \leq u < s) \quad (3)$$

$X(s) = i$ เป็นสถานะที่เวลา s

$x(u), 0 \leq u < s$ เป็นอดีตของกระบวนการ

หรือจากสมการ (3) สามารถเขียนได้ว่า

$$Pr(X(s+t) = j \mid X(s) = i) \quad (4)$$

โดยความน่าจะเป็นที่เปลี่ยนสถานะ i ไป j เขียนได้ดังสมการ (5)

$$P_{ij}(t) = \Pr(\mathrm{X}(\mathrm{t}) = j \mid X(0) = i) \; for\; all\; i, j \quad (5)$$

X(t) ตัวแปรสุ่มของสถานะกระบวนการที่เวลา t

Transition Rates

กำหนดให้a_{ij}มีค่าเท่ากับ$a_{ij} = \alpha_i \cdot P_{ij} for\; all\; i, j$ เป็นอัตราที่สถานะiเปลี่ยนไปเป็นสถานะjโดยจะเรียกa_{ij}เป็นอัตราการเปลี่ยนสถานะจาก i ไป j ดังนั้น $\sum j \neq 1\; P_{ij} = 1$, โดย α_i แสดงดังสมการ (6)

$$\alpha_i = \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{r} a_{ij} \quad (6)$$

α_i อัตราที่กระบวนการออกจากสถานะ i

P_{ij} ความน่าจะเป็นที่จะไปที่สถานะ j

พิจารณาช่วงเวลาสั้น ๆระหว่าง Δt โดย T_{ij} และ $\tilde{T}_i$ เป็นการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลจะได้ดังสมการ (7) – (8)

$$P_{ii}(\Delta t) = \Pr(\tilde{T}_i > \Delta t) = e^{-\alpha_i \Delta t} \approx 1 - \alpha_i \Delta t \quad (7)$$

$$P_{ij}(\Delta t) = \Pr(T_{ij} \leq \Delta t) = 1 - e^{-a_{ij}\Delta t} \approx a_{ij}\Delta t \quad (8)$$

T_{ij} เวลาที่ใช้ในสถานะ i ก่อนที่จะเข้าสู่สถานะ $j \; (\neq i)$

เมื่อ Δt มีค่าน้อยมาก ๆ เราสามารถเขียนได้ดังสมการ (9) – (10)

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{1 - P_{ii}(\Delta t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Pr(\tilde{T}_i < \Delta t)}{\Delta t} = \alpha_i \quad (9)$$

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Pr(T_{ij} < \Delta t)}{\Delta t} = a_{ij}\; for\; i \neq j \quad (10)$$

Transition Rate Matrix

เราสามารถลด α_i, P_{ij} เมื่อเราทราบ $a_{ij}\; for\; all\; i, j$ และอาจกำหนดกระบวนการมาร์คอฟโดยการกำหนดพื้นที่ของสถานะ X และอัตราการเปลี่ยนสถานะ $a_{ij}\; for\; all\; i, j$ ใน X เราสามารถเขียนอัตราการเปลี่ยนสถานะของ a_{ij} ในรูปแบบของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\mathbb{A} = \begin{pmatrix} a_{00} a_{01} & \cdots & a_{0r} \\ a_{10} a_{11} & \cdots & a_{1r} \\ \vdots\vdots & \ddots & \vdots \\ a_{r0} a_{r1} & \cdots & a_{rr} \end{pmatrix}$$

โดยองค์ประกอบในแนวทแยงมีค่าเท่ากับสมการ (11)

$$a_{ii} = -\alpha_i = -\sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{r} a_{ij} \quad (11)$$

Kolmogorov forward equations

สำหรับการหาค่า $P_{ij}(t)$ เราจะพิจารณาจาก Kolmogorov forward equations ดังสมการ (12)

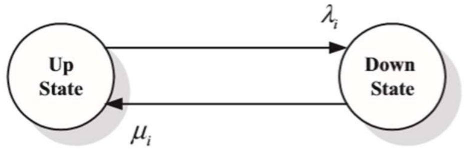
$$\dot{P}_{ij}(t) = \sum_{\substack{k=0 \\ k \neq j}}^{r} a_{kj} P_{ik}(t) - \alpha_j P_{ij}(t) = \sum_{k=0}^{r} a_{kj} P_{ik}(t) \quad (12)$$

3. การพัฒนาแบบจำลองมาร์คอฟของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียว[1]

ระบบวิศวกรรมโดยทั่วไประบบจะประกอบด้วยระบบย่อย ๆ ซึ่งระบบย่อยดังกล่าวก็จะประกอบด้วยส่วนประกอบที่ต่อกันรูปแบบของ RBD ไม่ว่าจะเป็นแบบขนานหรืออนุกรมดังรูปที่ 3 และ 4 โรงไฟฟ้าก็เช่นกันซึ่งส่วนประกอบจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สามารถซ่อมได้ (Repairable components) โดยจะขึ้นอยู่กับความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบใช้ในการหาค่า failure rate และ Repair rate ของระบบย่อยสามารถหาได้โดย the equivalent

163

reliability indices ดังสมการ(13) - (16) สำหรับระบบ N-independent component โดยสมมติสำหรับระบบสองสถานะของ Markov model ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 Markov model ทั่วไปที่มีสองสถานะสำหรับส่วนประกอบของโรงไฟฟ้า

ความน่าจะเป็นที่ Steady state สามารถหาค่า failure rate และ Repair rate[9] สำหรับระบบขนาน (13) – (14)

$$\mu_s = \sum_{i\in N} \mu_i \tag{13}$$

$$\lambda_s = \left(\prod_{i\epsilon N}\frac{\lambda_i}{\lambda_i+\mu_i}\right)\cdot\left(\sum_{i\epsilon N}\mu_i\right)\cdot\left(1-\prod_{i\epsilon N}\frac{\lambda_i}{\lambda_i+\mu_i}\right)^{-1} \tag{14}$$

และสำหรับระบบอนุกรม (15) – (16)

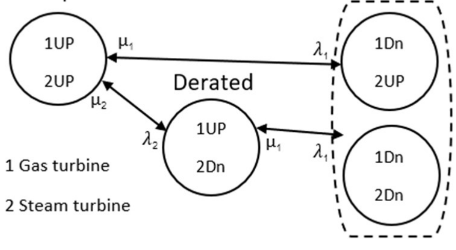
$$\lambda_s = \sum_{i\in N} \lambda_i \tag{15}$$

$$\mu_s = \left(\prod_{i\epsilon N}\frac{\mu_i}{\lambda_i+\mu_i}\right)\cdot\left(\sum_{i\epsilon N}\lambda_i\right)\cdot\left(1-\prod_{i\epsilon N}\frac{\mu_i}{\lambda_i+\mu_i}\right)^{-1} \tag{16}$$

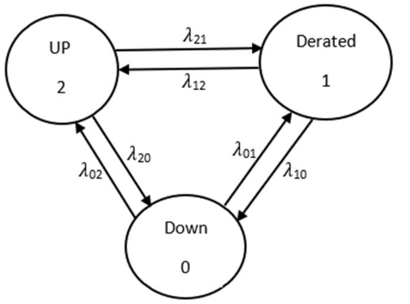
μ_s,λ_s failure rate และ Repair rate ของระบบ

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมประกอบด้วยกังหันก๊าซและกังหันไอน้ำดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 โดยกังหันก๊าซจะทำการเผาไหม้ก๊าซและอากาศที่อุณหภูมิและความดันสูงและไอเสียจากกังหันก๊าซจะถูกส่งไปยังหม้อไอน้ำ (HRSG) เพื่อผลิตไอน้ำส่งไปยังกังหันไปน้ำเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าในส่วนของกังหันก๊าซก็จะประกอบด้วย RBD ของระบบหลักย่อย ๆ ต่อกันทั้งหมด 8 ระบบและกังหันไอน้ำประกอบด้วย 6 ระบบ โดยมาจากโรงไฟฟ้า Montazer-e-Ghaem ที่ประเทศอิหร่าน [1]

สำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียวดังแสดงในรูปที่ 1 ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยกังหันก๊าซหนึ่งเครื่องและกังหันไอน้ำหนึ่งเครื่องบนเพลาเดียวกันโดยหม้อไอน้ำนั้นจะกำหนดให้เป็นแบบ Unfired Type ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองมาร์คอฟได้ดังรูปที่ 6 โดยในแบบจำลองนี้ ถ้ากังหันก๊าซไม่สามารถทำงานได้ในส่วนของกังหันไอน้ำก็จะไม่สามารถทำงานได้เช่นกันในขณะที่ถ้ากังหันไอน้ำไม่สามารถทำงานได้กังหันก๊าซจะยังสามารถทำงานได้โดยที่กำลังการผลิตจะลดลง



รูปที่ 6 Markov Model ของ CCPP แบบแกนเพลาเดียว



รูปที่ 7 Equivalent Markov model ของ CCPP แบบแกนเพลาเดียว

$$\lambda_{12} = \mu_2 \quad ; \quad \lambda_{21} = \lambda_2 \ ; \ \lambda_{10} = \lambda_1 \tag{17a}$$

$$\lambda_{01} = \frac{\mu_1\lambda_2}{(\lambda_2+\mu_2)} \quad ; \quad \lambda_{20} = \lambda_1 \ ; \ \lambda_{02} = \frac{\mu_1\mu_2}{(\lambda_2+\mu_2)} \tag{17b}$$

จาก Equivalent Markov model ดังรูปที่ 7 ประกอบด้วยสถานะ UP คือระบบที่กังหันก๊าซและกังหันไอน้ำทำงาน สถานะ Derated คือสถานะที่กังหันก๊าซสามารถทำงานแต่กังหันไอน้ำไม่สามารถทำงานได้และสถานะ Down เป็นสถานะที่กังหันก๊าซไม่สามารถทำงานได้แต่กังหันไอน้ำจะทำงานได้หรือไม่ก็ได้ โดยค่า failure rate และ Repair rate ของการเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นดังสมการที่ (17) และจัดให้อยู่ในรูปของ Transition Rate Matrix และใช้ Kolmogorov forward equations ดังสมการ (12) เพื่อค่าความน่าจะเป็นของแต่ละสถานะที่ Steady state ได้ดังสมการ (18) และสามารถนำไปหาตัวชี้วัดต่าง ๆ ได้ ซึ่งบทความนี้จะหาค่าความพร้อมทำงานของระบบ Long – term system availability (As) สามารถหาได้ดังสมการ (19)

$$P0 = \frac{\lambda_1\lambda_2+\lambda_1\mu_2}{(\lambda_1+\mu_1)((\lambda_2+\mu_2)} \tag{18a}$$

$$P1 = \frac{\lambda_2\mu_1}{(\lambda_1+\mu_1)((\lambda_2+\mu_2)} \tag{18b}$$

$$P2 = \frac{\mu_1\mu_2}{(\lambda_1+\mu_1)(\lambda_2+\mu_2)} \tag{18c}$$

$$\sum_{j\epsilon B} Pj = P1 + P2 \tag{19}$$

ในส่วนของการหาค่า MTTF ของระบบ สามารถหาได้จาก Kolmogorov forward equations โดยใช้วิธี Laplace transforms ซึ่งทำการสมมติให้ที่เวลา $t = 0$ กังหันก๊าซและกังหันไอน้ำสามารถทำงานได้พร้อมกัน จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นของแต่ละสถานะได้ดังสมการ (20) และ MTTF ของระบบดังสมการ (21)

$$P_1^*(0) = \frac{\lambda_2}{\lambda_1(\lambda_1+\lambda_2+\mu_2)} \tag{20a}$$

$$P_2^*(0) = \frac{\lambda_1+\mu_2}{\lambda_1(\lambda_1+\lambda_2+\mu_2)} \tag{20b}$$

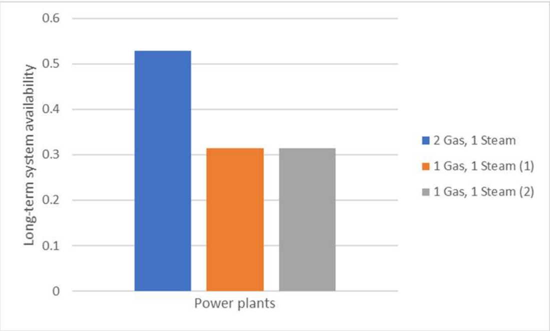
$$MTTF = \frac{\lambda_1+\lambda_2+\mu_2}{\lambda_1(\lambda_1+\lambda_2+\mu_2)} \tag{21}$$

164

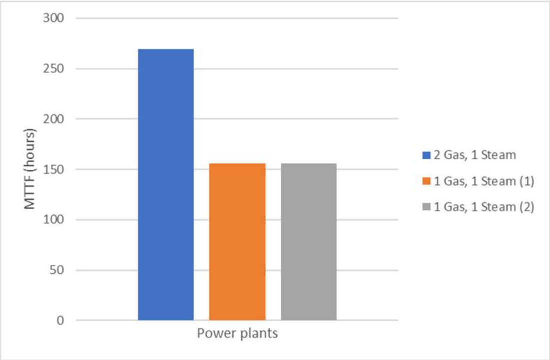
4. ผลการทดลอง

จากการที่ได้พัฒนาโมเดลความน่าเชื่อถือมาข้างต้นได้นำมาใช้กับข้อมูลของโรงไฟฟ้าจริงที่เก็บจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมชื่อ Montazer-e-Ghaem ที่ตั้งอยู่ในประเทศอิหร่าน ซึ่งได้มาจากงานวิจัยของ Hamed[1] เป็นโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมที่มีกังหันก๊าซ 2 หน่วยและกังหันไอน้ำ 1 หน่วย แต่ละโรงไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าได้ 332.8 MW ซึ่งมีความใกล้เคียงกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมของโรงไฟฟ้าพระนครเหนือชุดที่ 1 ที่เป็นแบบแกนเพลาร่วมมีกำลังผลิต 704 MW

ในบทความนี้ได้นำข้อมูลมาใช้ในการเปรียบเทียบรูปแบบของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียวของโรงไฟฟ้าพระนครเหนือชุดที่ 2 ประกอบด้วย 2 ชุด รวมมีกำลังผลิต 848.3 MW แต่ละชุดประกอบด้วยโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ 1 หน่วยและกังหันไอน้ำ 1 หน่วยใช้เครื่องผลิตไฟฟ้าเครื่องเดียวกันจากแบบจำลองมาร์คอฟดังรูปที่ 6 และ 7 ที่ Steady state ค่า Long – term system availability (As) ได้ 0.3136 และ 0.3137 ดังรูปที่ 8 เทียบกับแบบจำลองของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาร่วมจากงานวิจัยของ Hamed[1] ได้ 0.5288 ซึ่งค่า As ของโรงไฟฟ้าแบบแกนเพลาเดียว 1 ชุดน้อยกว่าแบบแกนเพลาร่วม 40.70% จากแบบจำลองมาร์คอฟใช้ Laplace transforms หาค่า MTTF ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาร่วมได้ 269.03 ชั่วโมงและแบบแกนเพลาเดียวได้ 155.65 และ 155.65 ชั่วโมงเท่ากันดังรูปที่ 9 เนื่องจากข้อมูลที่นำมามีข้อมูลของเครื่องผลิตไฟฟ้าที่ใช้กับโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซและโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำซึ่งมีค่าต่างกันเล็กน้อย MTTF ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาเดียวจึงได้คำนวณออกมาสำหรับเครื่องผลิตไฟฟ้าทั้งสองด้วย



รูปที่ 8 เปรียบเทียบ Long – term system availability ของ CCPP แบบแกนเพลาร่วมและแกนเพลาเดียว



รูปที่ 9 เปรียบเทียบ MTTF ของ CCPP แบบแกนเพลาร่วมและแกนเพลาเดียว

4. สรุป

จากค่าความน่าเชื่อถือของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมที่ใช้ข้อมูลจริงของโรงไฟฟ้า Montazer-e-Ghaem มาศึกษาเทียบระหว่างแบบจำลองของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนร่วมและแกนเพลาเดียวโดยการพิจารณาที่ Steady state เพื่อหาค่า Long – term system availability พบว่าแบบแกนเพลาร่วมมีค่าที่สูงกว่าแบบแกนเพลาเดียว 40.70% และในการหาค่า MTTF ของทั้งสองแบบจำลองก็ได้ผลเช่นเดียวกันคือโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบแกนเพลาร่วมมีค่าสูงกว่าแบบแกนเพลาเดียว 42.14% ซึ่งแบบแกนเพลาเดียวถึงแม้จะมีค่าที่น้อยกว่าแต่ก็มีข้อดีในส่วนของการประหยัดพื้นที่ในการสร้างมากกว่าและต้นทุนเงินทุนต่อ MW น้อยกว่าแบบแกนเพลาร่วม[10]

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาอาจารย์นราภรณ์ ที่คอยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ สำหรับการทำงานวิจัยนี้ และสอน Reliability เพื่อเป็นความรู้ในการนำมาทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

[1] Sabouhi et al. (2016). Reliability modeling and availability analysis of combined cycle power plants. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 79, 108-119. Doi: 10.1016/j.ijepes. 2016.01.007

[2] ชมเพลิน ศุภทัตกุล และ ไพรัช กาญจนการุณ. (2011). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.วารสารเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[3] ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้ากฟผ., 2019.

[4] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยกฟผ., 2018.

[5] กรสิทธิ์ สินสมบูรณ์, ศิวพล ศรีสนพันธุ์ และ คมสันต์ หงษ์สมบัติ. (2018). การพัฒนาและสร้างแบบจำลองเครื่องกังหันแก๊สและเครื่องกังหันไอน้ำสำหรับใช้เป็นแบบจำลองโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมแบบหลายเพลาวิศวกรรมสาร มก.

[6] Hall, C. (1996). Black and Veatch. Power plant engineering.

[7] วัฒนา เชียงกูล, เกรียงไกร ดำรงรัตน์ และ ดลดิษฐ์ เมืองแมน. (2010). RELIABILITY BASED MAINTENANCE MANAGEMENT.

[8] Marvin, R. and Arnljot, H. (2004). System Reliability Theory Models, Statistical Methods, and Applications.

[9] Billinton R, Allan RN. (1992). Reliability evaluation of engineering systems: concepts and techniques. 2nd ed. New York: Plenum.

[10] Task Force 25 of Advisory Group 02 of Study Committee 38. (2003). MODELING OF GAS TURBINES AND STEAM TURBINES IN COMBINED CYCLE POWER PLANTS.

165

ชื่อ-นามสกุล กัณธิชา ชัยตรรก

วัน เดือน ปี เกิด 01 ธันวาคม 2538

สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

งานวิจัยที่สนใจ Reliability

166

การเพิ่มผลิตภาพโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเครื่องชงกาแฟ กรณีศึกษา โรงงานประกอบเครื่องชงกาแฟ

Productivity Improvement by Production Process Improvement in Coffee Machines : A Case Study of Coffee Machines Assembly Plant

กรชวัล จุฑาเพชร[1*]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] kornchawal.j@gmail.com
และ สิทธิพร พิมพ์สกุล[2]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [2] pimsakuls@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดความสูญเปล่าและเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิตเครื่องชงกาแฟโดยการจัดสมดุลสายการผลิตและกำจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มต่อตัวผลิตภัณฑ์ เช่น ความสูญเปล่าที่เกิดจากกระบวนการส่วนเกิน และความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น เนื่องมาจากสายการผลิตไม่สามารถผลิตเครื่องชงกาแฟได้ตามความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้น จากปัญหานี้ ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทำไม-ทำไม เทคนิคการปรับปรุงงานแบบอีซีอาร์เอส (ECRS) เครื่องมือคุณภาพ และการจัดสมดุลสายการผลิต ผลวิจัยจากการดำเนินงานภายหลังการปรับปรุง พบว่าผลิตภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 6.37 เครื่องต่อวัน เป็น 12.57 เครื่องต่อวันและประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 60.28 เปอร์เซ็นต์ เป็น 84.60 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เทคนิคการวิเคราะห์ทำไม-ทำไม เครื่องมือคุณภาพ การจัดสมดุลสายการผลิต

Abstract

The purpose of this research is to reduce wastes and improve productivity in coffee machine assembly processes by using assembly line balancing and elimination of non-value added activities, such as wastes from over processing and excessive motion. Regarding to production line cannot produce enough coffee machines to meet an increasing customer demand. Researchers propose problem solving approach by implementing WHY-WHY Analysis, ECRS, 7 QC Tools, and Assembly Line Balancing. The result of this research is that productivity improves from 6.37 to 12.57 machines per day and production line efficiency increases from 60.28 to 84.60 percent.

Keywords: Why-Why Analysis, 7 QC Tools, Assembly Line Balancing

1. คำนำ

เนื่องจากสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันส่งผลให้เกิดการแข่งขันทางด้านธุรกิจสูงขึ้น ดังนั้นการผลิตสินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง ผู้ประกอบการได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและให้ความสนใจในการเพิ่มผลิตผล ผลิตภาพของสายการผลิตเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา และลดความสูญเปล่าของสายการผลิตซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้ต้นทุนทางตรงและต้นทุนทางอ้อมสูงขึ้น และเพื่อทราบความสามารถในการผลิตจริง โดยใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในอนาคตในเรื่องความจำเป็นในการเพิ่มกำลังคน เบื้องต้นผู้วิจัยพบว่าสายการผลิตเครื่องชงกาแฟในโรงงานกรณีศึกษายังไม่มีมาตรฐานในการทำงานที่ชัดเจน จึงทำให้เกิดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าตัวต่อสินค้า หรือความสูญเปล่ามากในสายการผลิต ส่งผลให้ประสิทธิภาพ และผลิตภาพสายการผลิตค่อนข้างต่ำ งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการยกระดับความสามารถในการผลิต มุ่งเน้นที่การเพิ่มผลิตภาพของสายการผลิต โดยการลดความสูญเปล่าของกระบวนการและการปรับปรุงการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในสายการผลิต

* Corresponding author: E-mail: kornchawal.j@gmail.com
[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาเวลาในการทำงาน

การหาเวลามาตรฐานการทำงาน [1] คือ การศึกษาการเคลื่อนไหวต่าง ๆ ในกระบวนการทำงาน การหาเวลางานใดๆ ที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับการฝึกฝน มีทักษะเพียงพอต่องานนั้นๆ โดยกำหนดอัตราความเร็วในการปฏิบัติงานด้วยความเร็วปกติ ภายใต้สภาพการทำงาน เงื่อนไขที่กำหนดไว้ เวลาที่ได้ถือเป็นค่าเวลาปกติของการทำงาน (Normal Time) และเมื่อมีการรวมเวลาเผื่อ (Allowance) เข้ากับค่าเวลาปกติของการทำงานจะได้เวลามาตรฐาน (Standard Time) [2] ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการวางแผนการผลิตได้ โดยนำเวลามาตรฐานมาคำนวณ หารอบเวลาการผลิต (Cycle Time) เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและพัฒนาประสิทธิภาพสายการผลิตต่อไปได้

2.2 ความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes)

ความสูญเปล่า 7 ประการที่พบได้ทั่วไปในกระบวนการผลิตมีดังนี้ [3] 1. การผลิตเกินความต้องการ (Over Production) 2. สินค้าคงคลังที่มากเกินจำเป็น (Inventory) 3. การขนย้าย การลำเลียงวัสดุภายในกิจกรรมงาน (Transportation) 4. ข้อบกพร่องหรือของเสีย (Defects) 5. กระบวนการที่ไม่จำเป็นมากเกินไป (Over Processing) 6. การเคลื่อนที่ในการทำงานที่ไม่เหมาะสม (Unnecessary Motion) 7. การรอคอยกระบวนการ (Waiting)

2.3 การวิเคราะห์กระบวนการทำงาน

การวิเคราะห์กระบวนการทำงานโดยใช้แผนภูมิกระบวนการผลิต [4] ซึ่งเป็นแผนภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหล เคลื่อนที่ของวัสดุ พนักงาน และอุปกรณ์ในการผลิตที่เคลื่อนที่ไปในกระบวนการพร้อมกับกิจกรรมต่างๆ โดยการบันทึกแผนภูมิจะใช้สัญลักษณ์ที่เป็นมาตรฐาน 5 สัญลักษณ์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภูมิกระบวนการผลิต

สัญลักษณ์	ความหมาย
○	การปฏิบัติงาน
⇨	การขนถ่ายวัสดุ
D	การรอคอย
□	การตรวจสอบ
▽	การเก็บรักษา

ผู้วิจัยใช้แผนภูมิการไหล (Flow Diagram) ร่วมกับแผนภูมิกระบวนการผลิต เพื่อบันทึกกิจกรรมต่าง ๆ และแสดงการเคลื่อนที่ของวัสดุ ผู้ปฏิบัติงาน เครื่องจักร ในทุกงานย่อย ทำให้ทราบลำดับก่อน-หลัง เงื่อนไข ข้อจำกัดของกิจกรรมทั้งหมด และนำมาวิเคราะห์กระบวนการทำงาน โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ทำไม-ทำไม เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาความสูญเปล่าในสายการผลิต เลือกพิจารณากิจกรรมที่ไม่เหมาะสม หรือไม่จำเป็นแล้วทำการปรับปรุง

2.4 เทคนิคการปรับปรุงงานแบบ ECRS

เทคนิคการปรับปรุงงานแบบ ECRS เป็นเทคนิคที่นำมาใช้เพื่อลดความสูญเปล่าในสายการผลิตประกอบด้วย [4]

การกำจัด (Eliminate, E) โดยการกำจัดกิจกรรมที่ไม่จำเป็นเพื่อลดความสูญเปล่าในสายการผลิต เช่น แรงงาน เวลา วัสดุ ค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น โดยพิจารณาถึงความสำคัญของกิจกรรมเป็นหลัก

การรวมงาน (Combine, C) คือการรวมขั้นตอนการทำงานหลายส่วนเข้าด้วยกัน เนื่องจากการแบ่งขั้นตอนการปฏิบัติงานที่มากเกินไปจะทำให้เกิดการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ การขนย้ายวัสดุเกินความจำเป็น ทำให้เกิดความล่าช้าของกระบวนการ

การจัดลำดับก่อน-หลังของการทำงานใหม่ (Rearrange, R) โดยการโยกย้าย จัดลำดับกิจกรรมก่อน-หลังให้มีความเหมาะสม

การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify, S) เป็นการทำให้กิจกรรมง่ายขึ้น มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น การวางผังการทำงานใหม่ การออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นต้น

2.5 การจัดสมดุลสายการผลิต

การจัดสมดุลสายการผลิต [5] เป็นการกำหนดงานต่าง ๆ ในสายการผลิตให้แต่ละสถานีงานมีภาระงานที่มีความสมดุล มุ่งเน้นในการลดรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) หรือลดจำนวนสถานีงานให้มีความเหมาะสมภายใต้รอบเวลาการผลิตที่กำหนดให้หรือภายใต้รอบเวลาการผลิตที่น้อยที่สุด โดยทั่วไปจะใช้วิธีการกำหนดรอบเวลาการทำงาน และลำดับขั้นตอนกิจกรรมก่อน-หลัง โดยใช้แผนภูมิแสดงลำดับก่อน-หลัง (Precedence Diagram) รวมถึงเวลามาตรฐานของการทำงานของแต่ละงานย่อย แล้วพยายามรวมงานย่อยเข้าด้วยกันเป็นสถานีงานโดยพยายามจัดงานย่อยให้แต่ละสถานีงานมีเวลารวมของงานย่อยในแต่ละสถานีงานใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยเลือกใช้ 3 วิธีในการจัดสมดุลสายการผลิตดังต่อไปนี้

2.5.1 วิธีเลือกเวลามากสุดก่อน (Largest Candidate Rule) [6] ใช้การเลือกงานย่อยเข้าสถานีงานโดยการเลือกงานย่อยที่มีเวลามากที่สุดเข้าสถานีงานก่อน โดยพิจารณาลำดับงานย่อยก่อน-หลัง และผลรวมของเวลาในแต่ละสถานีงานต้องไม่เกินรอบเวลาเป้าหมาย

2.5.2 วิธีเรียงตำแหน่งตามน้ำหนัก (Ranked Positional Weight, RPW) [7] เริ่มจากการกำหนดตำแหน่งน้ำหนักให้กับงานย่อยทุกงานย่อยในสายการผลิต โดยหาค่าตำแหน่งน้ำหนักจากการหาผลรวมเวลาของงานย่อยที่กำลังพิจารณากับเวลาของทุกงานย่อยที่เหลือทุกงานย่อยจนถึงงานย่อยสุดท้ายของสายการผลิต จากนั้นจัดงานย่อยเข้าสถานีงานโดยเลือกงานย่อยที่มีค่าตำแหน่งน้ำหนักมากที่สุดก่อน และต้องไม่ขัดกับลำดับงานย่อยก่อน-หลัง

2.5.3 วิธีคิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester's Method) [7] เป็นวิธีที่ให้ประสิทธิภาพสายการผลิตสูง เหมาะกับสายการผลิตที่มีจำนวนงานย่อยไม่มากนัก เนื่องจากวิธีนี้ใช้การคำนวณด้วยมือ โดยเริ่มจากการเขียนแผนภูมิแสดงลำดับก่อน-หลังของงานย่อย แล้วเริ่มจัดงานย่อยจากทางซ้ายมือก่อน (งานย่อยที่ต้องทำก่อน) โดยพยายามรวมงานย่อยต่างๆ เข้าเป็นสถานีงาน ให้มีเวลารวมทุกงานย่อยของสถานีงานใกล้เคียงกับรอบเวลาเป้าหมายมากที่สุด การเลือกงานย่อยเข้าสถานีงาน ให้พิจารณาเรื่องลำดับก่อน-หลังของงานย่อย คือต้องเลือกงานย่อยที่ไม่มีงานย่อยอยู่ก่อนหน้า และไม่ขัดกับลำดับก่อน-หลังของงานย่อย

2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาวิณี อาจปรุ [1] ได้ศึกษาการลดเวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้นกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์เบรกเกอร์ โดยใช้เทคนิคการปรับปรุงงานแบบ ECRS และเครื่องมือคุณภาพ เพื่อลดเวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้นและการปรับสมดุลสายการผลิต พบว่าสามารถลดเวลาสูญเปล่าที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าจาก 41 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 28 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น 30.3 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 79 เป็นร้อยละ 85 และมีการกำหนดให้ใช้มาตรฐานการทำงานใหม่เพื่อให้พนักงานปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่อง

ปฐมชัย พิชิตผจงกิจ [8] ได้ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตแชสซีส์ของโรงงานประกอบรถบรรทุก โดยการใช้หลักการของลีนและการจัดสมดุลสายการผลิต ใช้เทคนิคการปรับปรุงงานแบบ ECRS หนึ่งในเครื่องมือของลีน เพื่อแก้ปัญหาความสูญเสียในสายการผลิตและใช้วิธีการจัดสมดุลสายการผลิตแบบวิธีใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked- Positional Weight, RPW) จากผลวิจัยพบว่าสามารถเพิ่มผลิตภาพจาก 1 คันต่อคนเป็น 1.84 คันต่อคน ประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 60.64 เป็นร้อยละ 88.49

Ahmad Naufal Adnan และคณะ [9] ได้วิจัยเพื่อปรับปรุงสายการผลิตเครื่องไฟฟ้าในรถยนต์ โดยการใช้หลักการลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เริ่มจากศึกษางานเพื่อหารอบเวลาผลิตของแต่ละสถานีงานโดยใช้การหาค่าพิสัยเพื่อหาเวลามาตรฐานงาน และใช้แผนภูมิ YAMAZUMI เพื่อวิเคราะห์หาสถานีงานคอขวด และจัดสมดุลสายการผลิต พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตจาก 61 เป็น 71 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดจำนวนพนักงานจาก 4 คน เหลือเพียง 3 คนอีกด้วย

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษาสภาพทั่วไป

สายการผลิตเครื่องชงกาแฟโรงงานกรณีศึกษามีแผนผังการผลิตแบบแผนผังตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout) [10] คือ การจัดเรียงสถานีงานตามลำดับก่อน-หลังของการผลิตของผลิตภัณฑ์เหมาะสำหรับการผลิตสินค้าที่มีปริมาณการผลิตมากและต่อเนื่อง มีมาตรฐานรูปแบบของสินค้าชัดเจน ขั้นตอนการผลิตที่แน่นอน สายการผลิตมีสถานีงานทั้งหมด 7 สถานี พนักงานผลิต 7 คน หัวหน้าสายการผลิต 1 คน วันทำงานปกติวันจันทร์ถึงวันศุกร์ มี 1 กะทำงาน โดยการดำเนินในงานปีที่ผ่านมามียอดการผลิตเครื่องชงกาแฟตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2561 ถึง 31 ธันวาคม 2561 ผลิตเครื่องชงกาแฟได้เฉลี่ย 6.37 เครื่องต่อวัน เป้าหมายที่ผู้บริหารได้กำหนดไว้เบื้องต้น (ที่สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า) ที่จำนวน 2,000 เครื่องต่อปี (หรือ 8.33 เครื่องต่อวัน โดยมีวันทำงาน 240 วันต่อปี)

3.2 การรวบรวมข้อมูลก่อนการปรับปรุงสายการผลิต

ผู้วิจัยศึกษาขั้นตอนการผลิตโดยใช้การจดบันทึกขั้นตอนการทำงานและบันทึกวิดีโอในการจับเวลาของแต่ละงานย่อยเพื่อทำแผนภูมิกระบวนการไหลของงาน โดยกระบวนการผลิตเครื่องชงกาแฟประกอบด้วย 7 สถานีงานดังนี้ สถานีงานที่ 1 การประกอบโครงเหล็กของเครื่องชงกาแฟ สถานีงานที่ 2 การเตรียมชุดส่วนประกอบย่อย สถานีงานที่ 3 การต่อระบบท่อน้ำและลม สถานีงานที่ 4 การต่อระบบสายไฟ สถานีงานที่ 5 การทดสอบระบบเครื่อง สถานีงานที่ 6 การประกอบชิ้นส่วนโครงที่พ่นสี และสถานีงานที่ 7 การทำความสะอาด บรรจุสินค้า โดยมีทั้งหมด 17 งานย่อย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลำดับงานย่อยและเวลามาตรฐานก่อนการปรับปรุง

สถานีงาน	สัญลักษณ์งานย่อย	งานย่อย	เวลามาตรฐาน	เวลารวม
1	A	ประกอบโครงเหล็ก	26.01	44.36
	B	ประกอบหม้อต้ม	18.35	
2	C	ประกอบมอเตอร์	12.62	26.91
	D	ประกอบหัวกรุ๊ป	5.64	
	E	ประกอบปั๊มมือ	3.48	
	F	ประกอบชุดท่อน้ำชา	5.17	
3	G	ประกอบระบบท่อ	33.97	33.97
4	H	ประกอบชุดตัวควบคุม	8.21	**74.56**
	I	ประกอบชุดวัดแรงดัน	3.78	
	J	ประกอบชุดปุ่มกด	18.11	
	K	ประกอบชุดสายไฟ	5.31	
	L	ประกอบสายไฟ	39.15	
5	M	ประกอบด้ามชง	4.84	44.95
	N	ทดสอบระบบเครื่องชง	40.11	
6	O	คัดงาน แก้ไขงานโครงสี	39.12	67.00
	P	ประกอบชิ้นส่วนพ่นสี	27.88	
7	Q	ทำความสะอาด และบรรจุเครื่อง	22.85	22.85
เวลารวมในการผลิตก่อนการปรับปรุง (นาที/เครื่อง)				**314.60**

ตารางที่ 3 เวลาที่สายการผลิตทำงานจริงต่อวัน

รายละเอียดเวลาทำงาน	เวลา (นาที/วัน)
เวลาทำงานจันทร์-ศุกร์ 8.00 - 18.00 น.	600
การจัดเตรียมเครื่องมือในสถานีงาน	5
เวลาพักช่วงเช้า 10.00 - 10.15 น.	15
เวลาพักเที่ยง	60
เวลาพักช่วงบ่าย 16.00 - 16.20 น.	20
การประชุม	10
การส่งจำนวนชิ้นงานเสีย	10
กิจกรรม 5ส.	5
เวลาทำงานจริงต่อวัน (นาที/วัน)	475

จากตารางที่ 2 และ 3 สามารถสรุปข้อมูลได้ดังต่อไปนี้

- สายการผลิตมีทั้งสิ้น 7 สถานีงานและแยกเป็นงานย่อยทั้งหมด 17 งานย่อย
- รอบเวลาการผลิต (Cycle Time, C_a) (เป็นเวลารวมที่นานที่สุดจาก 7 สถานีงานในตารางที่ 2) เท่ากับ 74.56 นาที/เครื่อง
- เวลารวมในการผลิต (Lead Time) ก่อนการปรับปรุง (เป็นเวลารวมของเวลาทั้ง 7 สถานีงาน) เท่ากับ 314.60 นาที/เครื่อง
- ประสิทธิภาพสายการผลิต (Efficiency, E) [10] สามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{n \times C_a} \times 100 \quad (1)$$

$$= \frac{314.60 \text{ นาทีต่อเครื่อง}}{7 \text{ สถานีงาน} \times 74.56 \text{ นาทีต่อเครื่อง}} \times 100$$

$$= 60.28 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

เมื่อ E = ประสิทธิภาพสายการผลิต (เปอร์เซ็นต์)

T_i = เวลาของงานย่อย i

n = จำนวนสถานีงานทั้งหมด

C_a = รอบเวลาการผลิต

แทนค่าในสมการ (1) ได้ประสิทธิภาพสายการผลิต (ก่อนการปรับปรุง) เท่ากับ 60.28 เปอร์เซ็นต์

- เวลาทำงานจริงเท่ากับ 475 นาทีต่อวัน
- ผลิตภาพ (Productivity, P) [10] สามารถคำนวณได้จาก

$$P = \frac{\text{ผลผลิต (Output)}}{\text{ปัจจัยนำเข้า (Input)}} = \frac{T}{n \times C_a} \quad (2)$$

$$= \frac{475 \text{ นาทีต่อวัน}}{7 \text{ สถานีงาน} \times 74.56 \text{ นาทีต่อเครื่อง}}$$

$$= 0.91 \text{ เครื่อง /สถานีงาน /วัน}$$

เมื่อ T = เวลาทำงานจริง (นาที/วัน)

แทนค่าสมการ (2) ได้ผลิตภาพ (P) เท่ากับ 0.91 เครื่อง/สถานีงาน/วัน และหาผลิตภาพสายการผลิต จำนวนสถานีงาน 7 สถานีจะได้ผลิตภาพสายการผลิตเท่ากับ 6.37 เครื่องต่อวัน

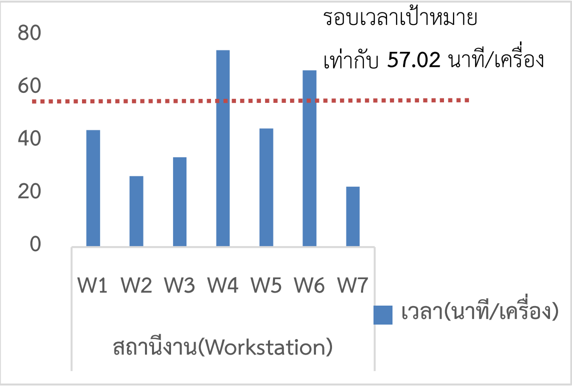
จากเป้าหมายของโรงงานกรณีศึกษา ที่ต้องการผลิตให้เพียงพอกับความต้องการของลูกค้าที่ 2,000 เครื่องต่อปี (หรือ 8.33 เครื่องต่อวัน) สามารถนำมาคิดหารอบเวลาเป้าหมาย (Takt Time, C_d) ได้จากสมการ (3) โดยแทนค่าเวลาทำงานจริง 475 นาทีต่อวัน และจำนวนผลผลิตที่ต้องการเท่ากับ 8.33 เครื่องต่อวัน จะได้รอบเวลาเป้าหมายเท่ากับ 57.02 นาทีต่อเครื่อง

$$C_d = \frac{\text{เวลาทำงานจริงในหนึ่งวัน (นาที)}}{\text{จำนวนเครื่องที่ต้องการต่อวัน}} \quad (3)$$

$$= \frac{475 \text{ นาที}}{8.33 \text{ เครื่อง}}$$

$$= 57.02 \text{ นาทีต่อเครื่อง}$$

- รอบเวลาเป้าหมาย (C_d) เท่ากับ 57.02 นาทีต่อเครื่อง



รูปที่ 1 เวลาในการผลิตของแต่ละสถานีงานและรอบเวลาเป้าหมาย

จากรูปที่ 1 ได้ว่ารอบเวลาการผลิต (C_a) (ที่สถานีงานที่ 4 หรือเท่ากับ 74.56 นาที/เครื่อง) มีค่าสูงกว่ารอบเวลาเป้าหมาย (C_d) (หรือ 57.02 นาที/เครื่อง) ส่งผลให้เวลาการทำงานปกติไม่สามารถผลิตเครื่องชงกาแฟได้ตามความต้องการของลูกค้าที่มีความต้องการที่ 8.33 เครื่องต่อวันจึงต้องอาศัยการทำงานล่วงเวลาส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษามีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

3.3 การวิเคราะห์ความสูญเปล่าของกระบวนการผลิต

ผู้วิจัยใช้แผนภูมิกระบวนการผลิต แผนภูมิการไหลของทุกงานย่อยเพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนต่าง ๆที่ทำให้เกิดความสูญเปล่า เริ่มจากการประชุมระดมความคิดระหว่างหัวหน้าสายการผลิตและพนักงานผลิตเพื่อให้ได้ทราบถึงปัญหา และเริ่มบันทึกเวลาในการปฏิบัติงานในแต่ละงานย่อย จากการวิจัยพบความสูญเปล่าจากสายการผลิตดังนี้

3.3.1 ความสูญเปล่าจากการเบิกชิ้นงานเข้าสถานีงาน

ความสูญเปล่าจากการเบิกชิ้นงานในการผลิต เนื่องจากการจัดเก็บชิ้นงานยังไม่มีระบบการจัดเก็บชิ้นงานที่ดีเพียงพอ รวมถึงระยะทางในการเบิกชิ้นงานค่อนข้างไกล การจัดวางชิ้นงานไม่เป็นระเบียบ ทำให้พนักงานเกิดความสับสน ใช้เวลาในการหาชิ้นงานค่อนข้างนาน

3.3.2 ความสูญเปล่าจากเดินหยิบอุปกรณ์

ความสูญเปล่าจากการจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ หรือชิ้นงานในแต่ละสถานีงาน เนื่องจากมีอุปกรณ์ เครื่องมือ ชิ้นงานในแต่ละสถานีงานค่อนข้างมาก ทำให้ต้องเดินหยิบอุปกรณ์ เครื่องมือ ชิ้นงานเพื่อประกอบบ่อยครั้ง รวมถึงการจัดเก็บเครื่องมือที่ไม่เป็นระเบียบทำให้ต้องเสียเวลาในการหาเครื่องมือและอุปกรณ์

3.3.3 ความสูญเปล่าจากการคัดชิ้นงาน

ความสูญเปล่าจากการคัดแยก ตรวจสอบชิ้นงาน เนื่องจากมีชิ้นงานที่ยังไม่ได้มาตรฐาน เช่น โครงเหล็กพ่นสีบวม บุบ เป็นรอยขีดข่วน จึงทำให้ต้องเสียเวลาคัดชิ้นงาน เสียเวลาในงานย่อยเพื่อมาคัดแยกงานเพื่อคืนผู้ผลิตต่อไป และความสูญเปล่าจากสายการผลิตเอง เช่น การวางชิ้นงานรอผลิตที่สถานีงานแล้วชิ้นงานได้รับความเสียหาย หรือขาดการตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงานก่อนส่งมอบงาน

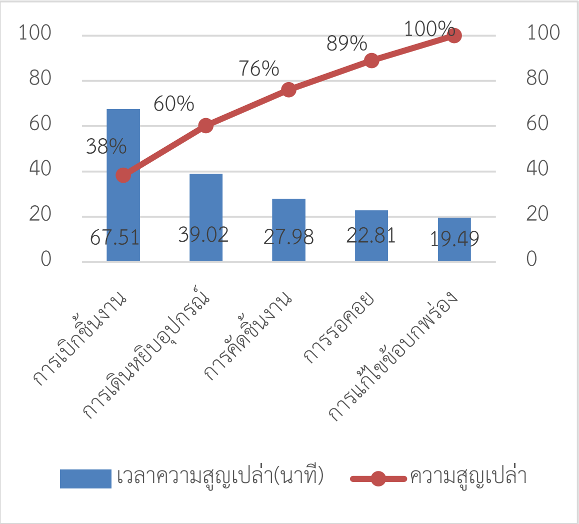
3.3.4 ความสูญเปล่าจากการรอคอย

ความสูญเปล่าจากการรอคอย ยกตัวอย่างสถานีงานที่ 6 เป็นการทดสอบเครื่องชงกาแฟที่ต้องทดสอบระบบลม ระบบน้ำ ระบบไฟ จึงมีงานย่อยบางงานย่อยที่ต้องรอคอยกระบวนการให้แล้วเสร็จจึงสามารถเริ่มทำงานย่อยถัดไปได้ เช่น การรอเติมน้ำเข้าหม้อต้ม และการรอให้เครื่องชงกาแฟร้อน ในสถานีทดสอบเครื่องชงกาแฟ เป็นต้น

ตารางที่ 4 เวลาความสูญเปล่าในสายการผลิตจากการจับเวลา 10 ครั้ง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความสูญเปล่า	ก่อนการปรับปรุง (นาที/เครื่อง)
การเบิกชิ้นงาน	67.51
การเดินหยิบอุปกรณ์	39.02
การคัดชิ้นงาน	27.98
การรอคอย	22.81
การแก้ไขข้อบกพร่อง	19.49
รวมเวลาความสูญเปล่า	176.81

จากการรวบรวมข้อมูล จับเวลาในการทำงาน 10 รอบ สำหรับทุกๆงานย่อยในสายการผลิต เพื่อหาเวลาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นของสายการผลิต (ก่อนการปรับปรุง) พบว่าก่อนการปรับปรุงมีเวลาความสูญเปล่าเท่ากับ 176.81 นาทีต่อเครื่อง โดยแบ่งหัวข้อของเวลาสูญเปล่าได้ดังตารางที่ 4 และเมื่อเปรียบเทียบเวลาความสูญเปล่าจากรอบเวลาการทำงาน คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของเวลาความสูญเปล่าสะสม แล้วนำข้อมูลไปจัดทำแผนภูมิพาเรโต [11] เพื่อเลือกสาเหตุหลักของความสูญเปล่าที่มีผลกระทบต่อสายการผลิตมากที่สุดมาปรับปรุงก่อน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภูมิพาเรโตแสดงความสูญเปล่าของสายการผลิต

จากรูปที่ 2 อ้างกฎของพาเรโต 80/20 [11] จะได้สาเหตุหลักของเวลาความสูญเปล่าคือ ความสูญเปล่าจากการเบิกชิ้นงาน ความสูญเปล่าจากการเดินหยิบอุปกรณ์ ความสูญเปล่าจากการคัดชิ้นงาน และความสูญเปล่าจากการรอคอย ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้เทคนิคการปรับปรุงงานแบบ ECRS เพื่อปรับปรุงสายการผลิต

3.4 เทคนิคการปรับปรุงงานแบบ ECRS

จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยใช้เทคนิคการปรับปรุงงานแบบ ECRS ด้วยการกำจัดกิจกรรมที่ไม่จำเป็น (Eliminate, E) การรวมงาน (Combine, C) การจัดลำดับก่อน-หลังของการทำงานใหม่ (Rearrange, R) และการปรับปรุงการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify, S) ดังนี้

3.4.1 การกำจัดกิจกรรมที่ไม่จำเป็น (E)

การจัดระบบการเบิกชิ้นงานใหม่ เดิมพนักงานผลิตต้องเดินไปคลังสินค้าแล้วหาชิ้นงานที่ต้องการจากชั้นวางเอง มาเป็นการวางระบบการจัดเก็บชิ้นงานใหม่ กำหนดจุดวางชิ้นงานที่มีการหยิบใช้บ่อยให้อยู่ในบริเวณสถานีงาน โดยการจัดเรียงชิ้นงานให้สะดวกต่อการหยิบใช้ กำหนดให้พนักงานผลิตเขียนใบเบิกชิ้นงานที่ต้องการมาให้พนักงานคลัง พนักงานคลังจะเบิกและวางชิ้นงานตามจุดที่กำหนดของสถานีงาน และจัดทำบัตรควบคุมสินค้า (Stock Card) เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจนับชิ้นงาน ซึ่งวิธีนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานคลังสินค้า และสามารถลดเวลาสูญเปล่าจากการเบิกชิ้นงานของพนักงานผลิตได้ถึง 45.83 นาทีต่อเครื่อง

การกำหนดมาตรฐานคุณภาพในการรับชิ้นงานจากผู้ผลิต โดยให้แผนกจัดซื้อทำแผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) เพื่อตรวจสอบความผิดปกติของชิ้นงานก่อนรับชิ้นงานเข้าคลังสินค้า เพื่อเป็นการลดภาระการตรวจ แก้ไขชิ้นงานของพนักงานผลิต และผลักดันให้ผู้ผลิตมีส่วนรับผิดชอบในชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพ รวมถึงการปรับแบบชิ้นงาน เช่น ฝาข้าง เดิมใช้ได้เฉพาะฝั่ง (ซ้ายหรือขวา) มาเป็นชิ้นงานที่สามารถใช้ได้ร่วมกันเพื่อลดระยะเวลาในการคัดและจำแนกชิ้นงาน ซึ่งวิธีนี้จะสามารถลดเวลาความสูญเปล่าได้ถึง 19.61 นาทีต่อเครื่อง

3.4.2 การจัดลำดับก่อน-หลังของการทำงานใหม่ (R)

การจัดลำดับก่อน-หลังของงานย่อยให้มีความเหมาะสม ลดเวลาความสูญเปล่าจากกระบวนการที่ทำให้เกิดการรอคอย เช่น สถานีทดสอบเครื่องชงกาแฟต้องมีระยะเวลาในการรอเติมน้ำเข้าหม้อต้มเพื่อทดสอบระบบน้ำ และระยะเวลารอหม้อต้มร้อนเพื่อทดสอบระบบทางไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ปรับช่วงเวลารอคอยของพนักงานผลิต ให้มาทำงานย่อยอื่นแทน ผลที่ได้คือรวมงานย่อยเข้าด้วยกันทำให้รอบเวลาการทำงานของสถานีงานทดสอบมีเวลาความสูญเปล่าลดลง 8.24 นาทีต่อเครื่อง

3.4.3 การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายขึ้น (S)

การเพิ่มอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อช่วยให้การทำงานมีความสะดวกรวดเร็วและง่ายขึ้น เช่น รถเข็น กระบะเพื่อวางชิ้นงาน รวมถึงเครื่องมือที่ต้องหยิบใช้บ่อยในแต่ละงานย่อย เดิมต้องเดินหยิบเครื่องมือ น็อต สกรู จากสถานีงานมาที่รถเข็นที่ตั้งโครงเครื่องชงกาแฟบ่อยครั้ง เป็นการวางวัสดุที่ต้องใช้ประจำในสถานีงานบนรถเข็นเครื่องมือเพื่อลดจำนวนรอบและระยะทางเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น และใช้อุปกรณ์จับยึด อุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง (Jig & Fixture) เพื่อให้ทำงานรวดเร็ว งานที่ได้มีความแม่นยำขึ้น เช่น การทำอุปกรณ์จับยึด ให้สถานีงานประกอบโครงพ่นสีเพื่อช่วยให้การติดสติ๊กเกอร์ป้ายยี่ห้อ รวดเร็วและได้ระดับสวยงามเท่ากันทุกครั้ง สามารถลดเวลาความสูญเปล่าได้ถึง 17.18 นาทีต่อเครื่อง

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์ที่ได้หลังจากลดเวลาความสูญเปล่าจากการจับเวลา 10 ครั้งที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความสูญเปล่า	เวลาความสูญเปล่า (นาที/เครื่อง)	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุงโดยวิธี ECRS
การเบิกชิ้นงาน	67.51	21.68
การเดินหยิบอุปกรณ์	39.02	21.84
การคัดชิ้นงาน	27.98	8.37
การรอคอย	22.81	14.57
การแก้ไขข้อบกพร่อง	19.49	19.49
รวมเวลาความสูญเปล่า	176.81	85.95

จากตารางที่ 5 การใช้เทคนิคการปรับปรุงงานแบบ ECRS ในทุกงานย่อยของสายการผลิต พบว่าสามารถลดเวลาความสูญเปล่าจากเดิม 176.81 นาทีต่อเครื่อง เหลือเพียง 85.95 นาทีต่อเครื่อง ซึ่งลดลงถึง 90.86 นาทีต่อเครื่อง หรือคิดเป็น 51.39 เปอร์เซ็นต์ของเวลาความสูญเปล่าทั้งหมดของสายการผลิตก่อนการปรับปรุง โดยที่มีเวลารวมของการผลิตหลังปรับปรุงลดลงเหลือ 223.74 นาที โดยหลังการปรับปรุงยังคงมีลำดับงานย่อยของแต่ละสถานีงาน และจำนวนพนักงานคงเดิมเมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 6 งานย่อยและเวลามาตรฐานหลังการปรับปรุงโดยวิธี ECRS

ก่อนการปรับปรุง				หลังการปรับปรุงโดยวิธี ECRS					เวลาที่ปรับปรุง
สถานีงานเดิม	ลำดับงานเดิม	เวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงาน (นาที/เครื่อง)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การปรับปรุงด้วย ECRS	สถานีงานใหม่	ลำดับงานใหม่	เวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงาน (นาที/เครื่อง)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาลดลงแต่ละสถานี (นาที/เครื่อง)
1	A	44.36	0.19	E/S	1	A	31.64	0.68	12.72
	B			E/S		B			
2	C	26.91	0.18	E/S	2	C	15.65	0.31	11.26
	D			E		D			
	E			E		E			
	F			E		F			
3	G	33.97	0.24	E/S	3	G	25.29	0.38	8.68
4	H	74.56	0.66	E	4	H	**58.66**	0.96	15.90
	I			E		I			
	J			E		J			
	K			E		K			
	L			E/S		L			
5	M	44.95	0.33	R/C	5	M	34.47	0.60	10.48
	N			E/C/S		N			
6	O	67.00	0.64	E/C	6	O	37.78	0.48	29.22
	P			E/S		P			
7	Q	22.85	0.38	E	7	Q	20.25	0.36	2.60
เวลารวมก่อนปรับปรุง		314.60	1.18	เวลารวมหลังการปรับปรุงโดยวิธี ECRS			223.74	1.70	**90.86**

3.5 การจัดสมดุลสายการผลิต

เมื่อจัดลำดับงานย่อยของสายการผลิตหลังการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับปรุงงานแบบ ECRS จะได้เวลาการผลิตของแต่ละงานย่อย และรอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงาน (หลังการปรับปรุง) ดังตารางที่ 6 รอบเวลาการผลิตรวมหลังการปรับปรุงมีเวลารวมทั้งหมดในการผลิตลดลงจากเดิม 90.86 นาทีต่อเครื่อง (314.60 – 223.74 เท่ากับ 90.86 นาทีต่อเครื่อง) สถานีงานที่ 6 มีการปรับปรุงเวลาความสูญเปล่าสูงสุดที่ 29.22 นาทีต่อเครื่อง และสถานีงานที่ 4 ลดเวลาความสูญเปล่าที่ 15.90 นาทีต่อเครื่อง ตามลำดับ แต่สถานีงานที่ 4 ยังคงเป็นสถานีงานคอขวด (Bottleneck) คือมีรอบเวลาการผลิตมากกว่ารอบเวลาเป้าหมายที่ 57.02 นาทีต่อเครื่อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องปรับปรุงเพิ่มเติมโดยใช้การจัดสมดุลสายการผลิต และเนื่องจากสายการผลิตในโรงงานกรณีศึกษาไม่ได้มีงานย่อยที่มีความซับซ้อนมาก ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เทคนิคพื้นฐานในการทำสมดุลสายการผลิต 3 วิธี คือ วิธีเลือกเวลามากที่สุดก่อน วิธีเรียงตำแหน่งตามน้ำหนัก และวิธีของคิลบริดจ์และเวสเตอร์ โดยใช้รอบเวลาการผลิตที่ได้จากแต่ละงานย่อยหลังจากปรับปรุงด้วย ECRS มาประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตทั้ง 3 วิธีข้างต้น เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายการผลิต ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดสมดุลสายการผลิต

วิธีการ	จำนวนสถานีงาน	รอบเวลาการผลิต (นาที/เครื่อง)	ประสิทธิภาพสายการผลิต (เปอร์เซ็นต์)
ก่อนจัดสมดุลสายการผลิต	7	58.66	54.49
เลือกเวลามากที่สุดก่อน	6	45.50	81.96
เรียงตำแหน่งตามน้ำหนัก	6	47.00	79.34
คิลบริดจ์และเวสเตอร์	7	37.78	84.60

จากตารางที่ 7 พบว่าวิธีเลือกเวลามากที่สุดก่อน และวิธีเรียงตำแหน่งตามน้ำหนักสามารถลดจำนวนสถานีงานได้ 1 สถานีงาน แต่ประสิทธิภาพสายการผลิตน้อยกว่าวิธีคิลบริดจ์และเวสเตอร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีคิลบริดจ์และเวสเตอร์ เนื่องจากเป็นวิธีที่ได้ประสิทธิภาพสายการผลิตสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี โดยการจัดสมดุลสายการผลิตวิธีคิลบริดจ์และเวสเตอร์จะมีลำดับงานย่อยในสายการผลิต ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ลำดับงานย่อยของวิธีคิลบริดจ์และเวสเตอร์แต่ละสถานีงาน

หลังการปรับปรุงโดยวิธี ECRS				**หลังการจัดสมดุลสายการผลิต วิธีคิลบริดจ์และเวสเตอร์**			
สถานีงานเดิม	**สัญลักษณ์งานย่อย**	**งานย่อย**	**เวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงาน (นาที/เครื่อง)**	**สถานีงานใหม่**	**สัญลักษณ์งานย่อย**	**งานย่อย**	**เวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงาน (นาที/เครื่อง)**
1	A	ประกอบโครงเหล็ก	31.64	1	A	ประกอบโครงเหล็ก	37.11
	B	ประกอบหม้อต้ม			B	ประกอบหม้อต้ม	
2	C	ประกอบมอเตอร์	15.65		D	ประกอบหัวกรุ๊ป	
	D	ประกอบหัวกรุ๊ป			F	ประกอบชุดท่อน้ำชา	
	E	ประกอบปั๊มมือ		2	C	ประกอบมอเตอร์	30.50
	F	ประกอบชุดท่อน้ำชา			E	ประกอบปั๊มมือ	
3	G	ประกอบระบบท่อ	25.29		H	ประกอบชุดตัวควบคุม	
4	H	ประกอบชุดตัวควบคุม	58.66		K	ประกอบชุดสายไฟ	
	I	ประกอบชุดวัดความดัน			J	ประกอบชุดปุ่มกด	
	J	ประกอบชุดปุ่มกด		3	G	ประกอบระบบท่อ	27.56
	K	ประกอบชุดสายไฟ			I	ประกอบชุดความดัน	
	L	ประกอบสายไฟ		4	L	ประกอบสายไฟ	36.07
5	M	ประกอบด้ามชง	34.47	5	M	ทดสอบระบบเครื่องชง	34.47
	N	ทดสอบระบบเครื่องชง			N	ประกอบด้ามชง	
6	O	คัดงาน แก้ไขงานโครงสี	37.78	6	O	คัดงาน แก้ไขงานโครงสี	**37.78**
	P	ประกอบชิ้นส่วนพ่นสี			P	ประกอบชิ้นส่วนพ่นสี	
7	Q	ทำความสะอาด บรรจุเครื่อง	20.25	7	Q	ทำความสะอาด บรรจุเครื่อง	20.25
เวลารวมหลังการปรับปรุงโดยวิธี ECRS			223.74	เวลารวมการผลิตหลังการจัดสมดุลสายการผลิตวิธีคิลบริดจ์และเวสเตอร์			223.74

การจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีคิลบริดจ์และเวสเตอร์สามารถลดรอบเวลาการผลิต (C_a) ลงเหลือเพียง 37.78 นาทีต่อเครื่อง ซึ่งต่ำกว่ารอบเวลาเป้าหมาย (C_d) ที่กำหนดไว้เท่ากับ 57.02 นาทีต่อเครื่อง โดยใช้สถานีงานเท่าเดิมคือ 7 สถานีงาน ประสิทธิภาพสายการผลิตหลังการจัดสมดุลสายการผลิตเท่ากับ 84.60 เปอร์เซ็นต์ แบ่งงานย่อยตามสถานีงานได้ดังนี้

สถานีงานที่ 1 มีงานย่อย A, B, D, F (งานย่อย D, F เพิ่มขึ้นจากก่อนปรับปรุง) มีเวลารวมในการผลิตต่อเครื่องของสถานีเท่ากับ 37.11 นาทีต่อเครื่อง

สถานีงานที่ 2 มีงานย่อย C, E, H, K, J (งานย่อยก่อนปรับปรุง C, D, E, F) มีเวลารวมในการผลิตต่อเครื่องของสถานีเท่ากับ 30.50 นาทีต่อเครื่อง

สถานีงานที่ 3 มีงานย่อย G, I (งานย่อย I เพิ่มขึ้นจากก่อนปรับปรุง) มีเวลารวมในการผลิตต่อเครื่องของสถานีเท่ากับ 27.56 นาทีต่อเครื่อง

สถานีงานที่ 4 มีงานย่อย L (งานย่อยลดลงจากงานย่อย H, I, J, K และ L ก่อนปรับปรุง เนื่องจากเป็นสถานีงานคอขวด) มีเวลารวมในการผลิตต่อเครื่องของสถานีเท่ากับ 36.07 นาทีต่อเครื่อง

สถานีงานที่ 5 มีงานย่อย M, N (งานย่อยคงเดิมกับก่อนการปรับปรุง) มีเวลารวมในการผลิตต่อเครื่องของสถานีเท่ากับ 34.47 นาทีต่อเครื่อง

สถานีงานที่ 6 มีงานย่อย O, P (งานย่อยคงเดิม) มีเวลารวมในการผลิตต่อเครื่องของสถานีเท่ากับ 37.78 นาทีต่อเครื่อง

สถานีงานที่ 7 มีงานย่อย Q (งานนย่อยคงเดิม) มีเวลารวมในการผลิตต่อเครื่องของสถานีเท่ากับ 20.25 นาทีต่อเครื่อง

4. ผลการวิจัย

การใช้เทคนิควิเคราะห์ทำไม-ทำไม เพื่อทราบถึงสาเหตุของความสูญเสียในสายการผลิตมาจาก การเคลื่อนที่อันไม่จำเป็น กระบวนการตรวจสอบมีซ้ำซ้อน ระยะเวลาในการเบิกวัสดุ การจัดลำดับงานไม่เหมาะสม ไม่มีมาตรฐานการทำงานชัดเจน ผู้วิจัยประยุกต์ใช้เทคนิคปรับปรุงงานแบบ ECRS เพื่อลดความสูญเปล่าในงานย่อยของ

สายการผลิต พบว่าสามารถลดเวลาสูญเปล่าได้ถึง 90.86 นาทีต่อเครื่อง (314.60 – 223.74 = 90.86 นาทีต่อเครื่อง) โดยสถานีงานที่ 4 และสถานีงานที่ 6 ซึ่งเป็นสถานีงานคอขวดสามารถลดเวลาความสูญเปล่ามากที่สุดถึง 29.22 และ15.90 นาทีต่อเครื่องตามลำดับ แต่รอบเวลาการผลิตที่ได้หลังการปรับปรุง ECRS ยังสูงกว่ารอบเวลาเป้าหมาย จึงต้องอาศัยการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีคิลบริดจ์และเวสเตอร์พบว่าสามารถจัดงานย่อยให้กับสถานีงานได้ทั้งหมด 7 สถานีงาน โดยสามารถลดรอบเวลาการผลิตจากก่อนปรับปรุง 74.56 นาทีต่อเครื่อง ลดลงเหลือเพียง 37.78 นาทีต่อเครื่อง และเมื่อแทนค่าจากสมการที่ (2) โดยคำนวณที่ 7 สถานีงานจะได้ผลิตภาพของสายการผลิตเท่ากับ 12.57 เครื่องต่อวันโดย สามารถเปรียบเทียบผลความแตกต่างระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตัวชี้วัดเพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

ตัวชี้วัดการประเมินผล	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
เวลารวมในการผลิต (นาที/เครื่อง)	314.60	223.74
รอบเวลาการผลิต (นาที/เครื่อง)	74.56	37.78
ผลิตภาพในการผลิต (เครื่อง/วัน)	6.37	12.57
ประสิทธิภาพ สายการผลิต (เปอร์เซ็นต์)	60.28	84.60

5. สรุปผลการวิจัย

การเพิ่มผลิตภาพในการกระบวนการผลิตโดยการใช้เทคนิคการปรับปรุงงานแบบ ECRS เพื่อขจัดความสูญเปล่าในสายการผลิตร่วมกับการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีของคิลบริดจ์และเวสเตอร์พบว่าสามารถเพิ่มผลิตภาพสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาจากเดิม 6.37 เครื่องต่อวันเป็น 12.57 เครื่องต่อวัน มีผลิตภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 97.33 ทำให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถเพิ่มผลผลิตได้บรรลุเป้าหมายที่ทางผู้บริหารตั้งไว้จำนวน 8.33 เครื่องต่อวัน หรือ 2,000 เครื่องต่อปีและยังมีศักยภาพในการผลิตเพียงพอที่จะสามารถตอบสนองความต้องการที่อาจเพิ่มขึ้นในอนาคตได้ถึง 12.57 เครื่องต่อวัน หรือ 3,016 เครื่องต่อปี มีรอบเวลาการผลิต ลดลงจาก 74.56 นาทีต่อเครื่องเป็น 37.78 นาทีต่อเครื่อง หรือลดลงร้อยละ 49.33 เมื่อเทียบกับรอบเวลาการผลิตก่อนปรับปรุง มีประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 60.38 เป็นร้อยละ 84.60 โดยการลดความสูญเปล่าจากเทคนิค ECRS สามารถลดเวลาสูญเปล่าที่สถานีงานที่ 6 และสถานีงานที่ 4 เท่ากับ 29.22 และ 15.90 นาทีต่อเครื่องตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 32.15 และ 17.50 ตามลำดับ เมื่อคิดจากเวลาความสูญเปล่าทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการผลิตด้วยจำนวนพนักงานการผลิตเท่าเดิมสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างเพียงพอ

งานวิจัยนี้เลือกใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีคิลบริดจ์และเวสเตอร์ เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถทำได้ด้วยมือและเลือกจัดวางงานย่อยตามความเหมาะสม เงื่อนไขต่าง ๆ ของโรงงาน ทั้งในเรื่องสถานที่ ผังสายการผลิตซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตโรงงงานกรณีศึกษาเป็น 84.60 เปอร์เซ็นต์ โดยการจัดวางตำแหน่งงานย่อยของสถานีใหม่ให้มีรอบเวลาการทำงานของแต่ละสถานีใกล้เคียงกัน แต่วิธีนี้อาจไม่เหมาะกับสายการผลิตมีความซับซ้อน กระบวนการค่อนข้างมา ดังนั้นการเลือกเทคนิคหรือการแก้ปัญหาอาจขึ้นอยู่กับแต่ละกรณีศึกษา ผลที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปใช้อ้างอิง เป็นต้นแบบและประยุกต์ใช้กับสายการผลิตของผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น ๆ ในอนาคตของโรงงานกรณีศึกษาได้ รวมถึงการปรับปรุง พัฒนาอย่างต่อเนื่องในโอกาสถัดไป

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต การวิเคราะห์เพิ่มเติมในส่วนการปรับปรุงผังโรงงานเพื่อเพิ่มผลิตภาพ [13] และการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน การลดของเสียอื่น ๆ โดยการประยุกต์ใช้หลักการ LEAN [14] ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมอื่น เช่น คลังสินค้า นอกเหนือจากเวลาความสูญเปล่า เพื่อให้องค์กรมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และ เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันได้อย่างมั่นคง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่านผู้บริหารของบริษัทในกรณีศึกษาที่กรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูล รวมถึงทีมงานฝ่ายผลิต บัญชี จัดซื้อ คลังสินค้าและทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง เพื่อนทุกคนที่ช่วยผลักดันให้กำลังใจ สนับสนุนผู้วิจัยจนสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

[1] ภาวิณี อาจปรุ (2551) การลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เบรกเกอร์ วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] วันชัย ริจิรวนิช, การศึกษาเวลา หลักการและกรณีศึกษา, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (พิมพ์ครั้งที่ 4), 2548.

[3] ซานโตส ฮาเวียร์, ปรับปรุงการผลิต ด้วยแนวคิดแบบลีน (Improving Production with Lean Thinking), กรุงเทพฯ: อี.ไอ.สแควร์ สำนักพิมพ์, 2551.

[4] วัชรินทร์ สิทธิเจริญ, การศึกษางาน (Work Study). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2547.

[5] ชุมพล ศฤงคารศิริ, การวางแผนและการควบคุมการผลิต, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ (พิมพ์ครั้งที่ 13), 2545.

[6] จักรินทร์ กลั่นเงิน, การจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีสุ่มอย่างมีหลักเกณฑ์ กรณีศึกษา โรงงานผลิตตู้แช่, วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต ปีที่5 ฉบับที่2 หน้า56-69. 2558.

[7] พิภพ ลลิตาภรณ์, ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

[8] ปฐมชัย พิชิตผจงกิจ, การปรับปรุงกระบวนการผลิตแชสซีส์ของโรงงานประกอบรถบรรทุก, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีที่ 25 ฉบับที่ 2 หน้า 55-66.

[9] A.N. Adnan, Improvement of Overall Efficiency of Production Line by Using Line Balancing, ARPN Journal

of Engineering and Applied Sciences, Vol.11, No.12, June 2016, P.7752-7758, 2016.
[10] พิชิต สุขเจริญพงษ์, การจัดการวิศวกรรมการผลิต. กรุงเทพฯ : บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2533.
[11] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, หลักการควบคุมคุณภาพ Principal of Quality Control, กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2550.
[12] D.J. Sumanth, Ph.D. (1984), Productivity Engineering and Management, McGraw-Hill Book Company, P.547.
[13] C.R.Shah, Increased Productivity in Factory Layout by Using Systematic Layout Planning (SLP), International Journal of Advanced Engineering Technology, Vol.5, No.5, Oct-Dec 2013, P.61-63., 2013.
[14] D. Shah, Productivity Improvement by Implementing LEAN Manufacturing Tools in Manufacturing Industry, International Research Journal of Engineering and Technology, Vol.5, No.3, Mar 2018, P.3794-3798, 2018.

ประวัติผู้เขียนบทความ กรชวัล จุฑาเพชร ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้จัดการโรงงานที่บริษัท เอสเปรสโซ่ เพอร์เฟกต์ จำกัด กำลังศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจคือการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิต การวิเคราะห์ต้นทุนรวมและการลดต้นทุนรวมแบบบูรณาการ

ประวัติผู้เขียนบทความ รศ.ดร. สิทธิพร พิมพ์สกุล ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านกลยุทธ์และการพัฒนาบุคลากร และรองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขา Manufacturing Engineering, University of Michigan, USA งานวิจัยที่สนใจคือ การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต การผลิตแบบลีน และการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

การวิเคราะห์ความสำคัญตัวชี้วัดผลการดำเนินงานโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์
Analysis of Key Performance Indicators of Supply Chain in the Packaging Industry

สิทธิโชค สินรัตน์
คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ถนนเทพรัตน ตำบลบางโฉลง อำเภอบางพลี สมุทรปราการ 10540
E-mail: sittichok.sinrat@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีความจำเป็นต่อการจัดการในการเพิ่มประสิทธิภาพในโซ่อุปทาน ดังนั้นจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อการวิเคราะห์ความสำคัญตัวชี้วัดผลการดำเนินงานโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ โดยมีปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในทั้งหมด 5 ปัจจัยหลักคือ ความคล่องตัว ความน่าเชื่อถือ การตอบสนอง ต้นทุน และการจัดการสินทรัพย์ ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง 5 ท่าน เพื่อเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยและวิเคราะห์เปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยพบว่าปัจจัยด้านการจัดการสินทรัพย์มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาเป็นปัจจัยด้านความคล่องตัว สำหรับปัจจัยรองที่มีความสำคัญมากที่สุดในด้านความคล่องตัวคือความสามารถในการจัดการมูลค่ารวมความเสี่ยง และรองลงมาเป็นปัจจัยด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกระบวนการ ปัจจัยรองด้านการจัดการสินทรัพย์ที่มีความสำคัญมากที่สุดที่คือรอบเวลากระแสเงินสด และผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน ตามลำดับ

คำสำคัญ: กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์, ตัวชี้วัดผลการดำเนินงานโซ่อุปทาน, อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

Abstract

Currently, the packaging industry is likely to grow steadily. Which is necessary for management to increase efficiency in the supply chain Therefore, the purpose of this research is to analyze the importance, indicators of supply chain performance in the c. There are 5 external factors and internal factors which are agility, reliability, cost response and asset management. From the interviews of 5 related experts to analyze the hierarchical techniques in order to calculate the weight of importance of factors and analyze and compare the importance of factors, found that asset management factors are the most important Next is the agility factor. The secondary factor that is most important in agility is the overall value at risk and the upside supply chain flexibility. The second most important asset management factor is the cash to cash cycle time and return on working capital respectively.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, Performance of Supply Chain, Packaging Industry

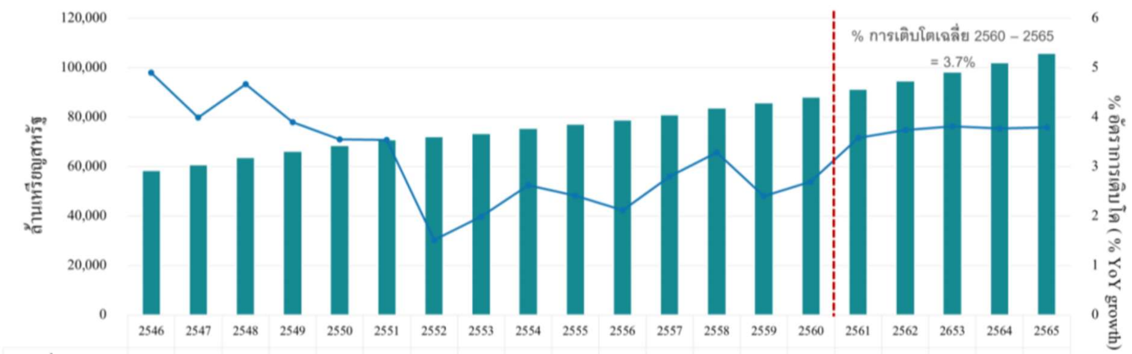
1. คำนำ

อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ถือว่าเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมสนับสนุนในอุตสาหกรรมหลากหลายสาขา เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกือบทุกชนิดต้องอาศัยบรรจุภัณฑ์ในการบรรจุหีบห่อเพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายและรักษาคุณภาพของสินค้านับตั้งแต่กระบวนการขนส่งไปจนถึงการจำหน่ายถึงผู้บริโภค นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ยังเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม อาทิ การสร้างภาพลักษณ์ การสร้างการจดจำแก่ผู้บริโภค เป็นต้น ในปัจจุบันการแปรรูปเม็ดพลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกของไทยในปี 2561 พบว่าเม็ดพลาสติกส่วนใหญ่ได้ถูกนำไปใช้แปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์มากถึง 2.3 ล้านตันต่อปี ซึ่งคิดเป็นมูลค่าของผลิตภัณฑ์แล้วมีมูลค่ามากถึง 193,011 ล้านบาท จากข้อมูลดังกล่าว เมื่อพิจารณาเป็นมูลค่าต่อหน่วยแล้วจะพบว่าบรรจุภัณฑ์พลาสติกสร้างมูลค่าต่อหน่วยได้น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ อยู่ค่อนข้างมาก ด้วยเหตุที่ราคาของบรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นสินค้าที่มีการใช้งานค่อนข้างมากและถูกกำหนดด้วยเพดานราคาตลาดจึงส่งผลต่อความสามารถในการสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ [3] อย่างไรก็ตาม "บรรจุภัณฑ์พลาสติก" ในปัจจุบันก็มีแนวโน้มความต้องการในตลาดเพิ่มมากขึ้น ตามการเติบโตของอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตอาหารพร้อมรับประทาน จากผลการวิจัยของศูนย์ข้อมูลและคาดการณ์เทคโนโลยี สานักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) เปิดเผยว่า อุตสาหกรรมอาหารพร้อมทาน เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากมูลค่าตลาดและอัตราการ

Corresponding author: E-mail: sittichok.sinrat@gmail.com
อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

176

เติบโตของผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมทานของโลกที่ปรับตัวสูงขึ้นและคาดการณ์ว่าจะมีการเติบโตเฉลี่ยระหว่างปี 2560 -2565 ร้อยละ 3.7 ต่อปี ดังแสดงรูปที่ 1



	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2653	2564	2565
มูลค่าตลาด	58,561.	60,898.	63,741.	66,223.	68,571.	70,995.	72,073.	73,512.	75,439.	77,261.	78,894.	81,101.	83,768.	85,777.	88,089.	91,246.	94,659.	98,271.	101,979	105,850
% อัตราการเติบโต	5	4.0	4.7	3.9	3.5	3.5	1.5	2.0	2.6	2.4	2.1	2.8	3.3	2.4	2.7	3.6	3.7	3.8	3.8	3.8

รูปที่ 1 มูลค่าตลาดและอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมทานของโลกระหว่าง พ.ศ. 2546-2565

ที่มา : ศูนย์ข้อมูลและการคาดการณ์เทคโนโลยี สวทน. (2560)

ดังนั้นการจัดการโซ่อุปทานกลายเป็นยุทธศาสตร์สำคัญในเศรษฐกิจโลกซึ่งมีความซับซ้อนจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและขยายตัวอย่างต่อเนื่องบนความไม่แน่นอนจากสภาพแวดล้อมทางธุรกิจ ซึ่งเครือข่ายขององค์กรที่มีส่วนร่วมผ่านการเชื่อมโยงต้นน้ำและปลายน้ำในกระบวนการที่แตกต่างกันและกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมูลค่าในรูปแบบของสินค้าและบริการของผู้บริโภค [3] โดยการจัดการอุปทานของวัตถุดิบขั้นพื้นฐานไปจนถึงสินค้าสุดท้าย โดยมุ่งเน้นวิธีการที่บริษัทใช้กระบวนการ เทคโนโลยีและความสามารถในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งเป็นการบริหารจัดการกิจกรรมภายในองค์กรเพื่อเป้าหมายร่วมกันในการเพิ่มประสิทธิภาพ [6] และการบริหารจัดการเครือข่ายความสัมพันธ์ภายในบริษัทและระหว่างองค์กรในการประกอบธุรกิจ เช่น ผู้ผลิตวัตถุดิบ การจัดซื้อ การผลิต โลจิสติกส์ การตลาด การส่งกลับของวัตถุดิบ การบริการทาง การเงิน เพื่อเพิ่มผลกำไรและบรรลุความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งกระบวนการที่เกี่ยวข้องเพื่อตอบสนองความความต้องการโดยมีจุดมุ่งหมายของความสามารถในโซ่อุปทานคือการตอบสนองความต้องการของลูกค้า

2.วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. ศึกษาตัวชี้วัดผลการดำเนินงานโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์
2. เพื่อวิเคราะห์ความสำคัญตัวชี้วัดผลการดำเนินงานโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

3.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ตัวแบบเชิงปฏิบัติการโซ่อุปทาน

ตัวแบบเชิงปฏิบัติการโซ่อุปทาน (Supply Chain Operations Reference : SCOR) เป็นรูปแบบการเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางธุรกิจตัวชี้วัดประสิทธิภาพและแนวปฏิบัติในการจัดการโซ่อุปทานเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการประเมินผลการเปรียบเทียบกิจกรรมและประสิทธิภาพของโซ่อุปทาน ซึ่งโซ่อุปทานเหล่านี้การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SCOR ครอบคลุมอุตสาหกรรมทุกประเภท มีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดการประสิทธิภาพ และตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพและโครงสร้างระดับรับผิดชอบการเรียงลำดับตามลำดับชั้น ประกอบด้วย 5 คุณลักษณะประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกับ ความน่าเชื่อถือ(Reliability) การตอบสนอง(Responsiveness) ความคล่องตัว(Agility) การจัดการต้นทุน(Cost) และสินทรัพย์(Asset management) [5] ประสิทธิภาพที่แสดงในรูปที่ 2 แสดงการวางแนวกลยุทธ์บ่งชี้ประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะการวัดความสามารถในการบรรลุการวางแนวกลยุทธ์ตามลำดับชั้น [4]

1) ความคล่องตัว (Agility)

ความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้มีเวลาในการจัดส่งที่รวดเร็วขึ้นและเพื่อประสานอุปทานของความต้องการ เพื่อให้โซ่อุปทานนี้สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้ การตอบสนองต้องใช้ความเร็วและความคล่องตัวสูง ซึ่งเรียกว่า “ความคล่องตัว (Agility) ความคล่องตัวคือความสามารถในการมองเห็นความต้องการการตอบสนองที่ยืดหยุ่นและรวดเร็วและการดำเนินการที่ตรงกัน (Aitken et al., 2002) ซึ่งนิยามจำกัดความ "ความคล่องตัวโซ่อุปทาน" สองแนวคิดเกี่ยวกับความคล่องตัวคือ ความเร็วคือเวลาที่ใช้ในการจัดส่งและรับสินค้าที่ดี และความยืดหยุ่น ระดับที่บริษัทสามารถปรับระยะเวลาในการจัดส่งได้หรือรับสินค้า (Edmund, et al., 2001) ซึ่งแนวคิดความคล่องตัวเป็นแนวคิดที่เน้นประสิทธิผล คือ ความพึงพอใจของลูกค้า โครงสร้างองค์กรจะต้องส่งผลต่อพฤติกรรมเพื่อประโยชน์จากโอกาสในตลาดที่ผันผวน ซึ่งจำเป็นต้องกำหนดเป้าหมายร่วมกันและสื่อสารกันในโซ่อุปทานและทำงานร่วมกันอย่างกลมกลืนเสมือนการบูรณาการลักษณะความสัมพันธ์อย่างเป็นทางการและมีความยืดหยุ่นและแบบไดนามิกระหว่างโซ่อุปทานเพื่อให้มีความคล่องตัวในการตอบสนองโซ่อุปทานดังนี้

1.1 ความสามารถในการปรับเปลี่ยนกระบวนการ (Upside Supply Chain Flexibility) ความสามรถในการปรับตัวหรือความยืดหยุนของกระบวนการในการตอบสนองคำสั่งซื้อของลูกค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในปัจจุบันทั้งในแง่ของปริมาณการจัดส่งที่

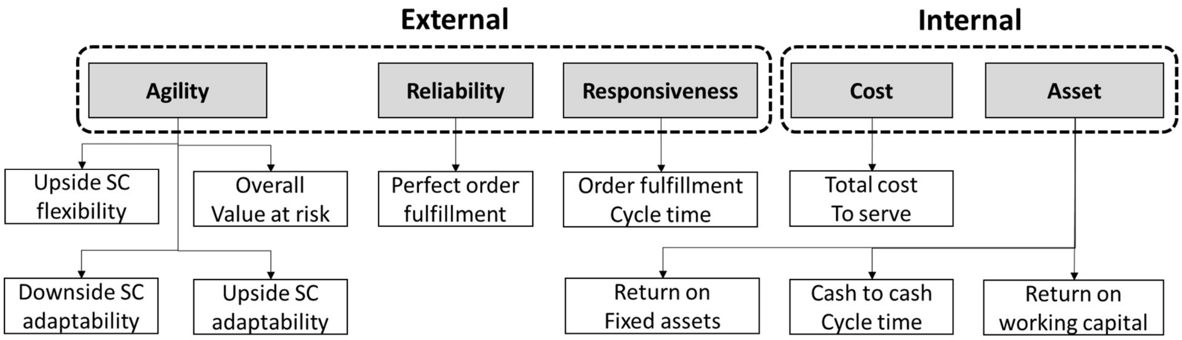
177

เพิ่มขึ้น ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ (Products Variety) การบริการภายใต้ต้นทุนต่ำ และการลดเวลาในทุกกระบวนการตั้งแต่การรับคำสั่งซื้อจนกระทั่งนำส่งมอบสินค้า รวมถึงความสามารถในการจัดการปัจจัยภายนอกที่ตอบสนองความเปลี่ยนแปลงของตลาดเพื่อรักษาระดับความสามารถในการแข่งขัน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2560) และจำนวนวันที่ต้องใช้เพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของปริมาณที่ต้องส่งมอบโดยไม่ได้วางแผนรองรับไว้

1.2 มูลค่ารวมความเสี่ยง (Overall value at risk) เป็นมูลค่าของความไปได้ของเหตุการณ์หรือการกระทำใดๆ ที่ไม่พึงประสงค์ทำให้เกิดการสูญเสียส่งผลให้เกิดเปลี่ยนแปลงในเชิงลบหรือสร้างความเสียหายองค์กร (ทั้งในแง่ของปริมาณและคุณภาพ) ซึ่งเป็นความเสี่ยงที่เกิดจากกระบวนการของการวางแผน (Plan) มูลค่าความเสี่ยงจากจัดหาวัตถุดิบ (Source) มูลค่าความเสี่ยงจากการผลิต (Make) มูลค่าความเสี่ยงจากการจัดส่ง (Deliver) และมูลค่าความเสี่ยงจากการส่งกลับ (Return)

1.3 ความสามารถในการปรับลดปริมาณ (Downside Supply Chain Adaptability) การลดลงของปริมาณที่ถูกสั่งซื้อก่อนการส่งมอบโดยปราศจากสินค้าคงเหลือหรือค่าปรับด้านต้นทุน

1.4 ความสามารถในการเพิ่มขึ้นปริมาณที่ส่งมอบสูงสุดที่ทำได้ (Upside supply chain adaptability)



รูปที่ 2 คุณลักษณะของประสิทธิภาพการดำเนินงานของตัวแบบเชิงปฏิบัติการโซ่อุปทาน (SCOR Model)

ที่มา : SCC (2012)

1) ความน่าเชื่อถือ (Reliability)

ความสามารถในการปฏิบัติงานตามที่คาดไว้ตามความต้องการและความสามารถของลูกค้า ความน่าเชื่อถือมุ่งเน้นไปที่การคาดการณ์ผลลัพธ์ของกระบวนการตัวชี้วัดทั่วไปสำหรับคุณสมบัติความน่าเชื่อถือรวมถึง การตรงเวลา(On-time) ปริมาณที่เหมาะสม (Right quantity) คุณภาพที่เหมาะสม (Right quality) ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพหลักของ SCOR (ตัวชี้วัดระดับ 1) คือการปฏิบัติตามคำสั่งที่สมบูรณ์แบบ ความน่าเชื่อถือเป็นคุณลักษณะที่มุ่งเน้นลูกค้า

2.1 การเติมเต็มคำสั่งซื้อสมบูรณ์ (Perfect Order Fulfillment) เกณฑ์การวัดที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถด้านการจัดการ โดยวัดจากการส่งผลิตภัณฑ์ในจำนวนที่ครบถ้วน ตรงเวลา โดยมีเอกสารที่เกี่ยวข้องถูกต้องครบถ้วน และส่งมอบสินค้าตามเงื่อนไขอย่างสมบูรณ์ ได้แก่ ประสิทธิภาพการจัดส่งถึงวันที่ลูกค้ายอมรับ สินค้าไม่เสียหายอยู่ในสภาพสมบูรณ์ เอกสารที่ถูกต้อง สินค้าตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า (Specification) ไม่ผิดพลาดเมื่อใช้งานหรือติดตั้งและไม่เสียในช่วงรับประกัน

3) การตอบสนอง (Responsiveness)

การตอบสนองเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเพื่อตอบสนองความต้องการเปลี่ยนแปลงของการแข่งขันสูงตลาดแบบผันผวนและพลวัตเป็นเครื่องมือหรือกลไกชนิดหนึ่งที่ช่วยให้การดำเนินงานขององค์กรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งหลักการการตอบสนองมิใช่เป็นเพียงแค่การเพิ่มความเร็วและลดเวลานำของกิจกรรมในโซ่อุปทานดังกล่าว หากแต่รวมถึงการบริหารความเร็วโดยคำนึงถึงความต้องการของลูกค้าที่ปลายโซ่อุปทานเป็นตัวบ่งชี้ที่ต้องคำนึงถึงและยึดถือร่วมกัน

3.1 รอบระยะเวลาเติมเต็มคำสั่งซื้อ (Order fulfillment Cycle time) เป็นรอบเวลาเพื่อทำตามคำสั่งซื้อของลูกค้า สำหรับคำสั่งซื้อหนึ่งๆ รอบเวลานี้เริ่มนับจากการรับคำสั่งซื้อและสิ้นสุดลงเมื่อลูกค้าได้รับและยอมรับในสินค้า ประกอบด้วย การสั่งซื้อจากลูกค้า การจัดหาวัตถุดิบ การจัดเตรียม การผลิต การจัดส่งสินค้า เป็นต้น เพื่อบริการให้กับลูกค้าจากรอบเวลาของกิจกรรมในการเติมเต็มคำสั่งซื้อ

4) ต้นทุน (Cost)

ผลรวมของต้นทุนในการดำเนินงานทั้งหมดในโซ่อุปทานเพื่อส่งมอบสินค้าและบริการให้กับลูกค้าประกอบด้วย ต้นทุนการวางแผน (Planning cost) ต้นทุนจัดหาวัตถุดิบ (Sourcing cost) ต้นทุนนำเข้าวัสดุดิบ (Material landed cost) เป็นต้นทุนแฝงของวัตถุดิบหรือชิ้นสวนที่ซื้อมา (กรณีซื้อต่างประเทศ) ซึ่งจะมีผลทำให้ต้นทุนสินค้าเพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น ค่าขนส่งขาเข้า ค่าภาษีศุลกากร ค่าธรรมเนียม เป็นต้น ต้นทุนการผลิต (Production cost) ต้นทุนการจัดการคำสั่งซื้อ (Order management cost) ต้นทุนการเติมเต็มคำสั่งซื้อ (Fulfillment cost) ต้นทุนการรับคืนและแก้ไข (Returns cost) ต้นทุนการขาย (Cost goods sold) ซึ่งค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่จะให้บริการประกอบด้วยสองประเภทของค่าใช้จ่าย

4.1 ต้นทุนทางตรง (Direct cost) ต้นทุนที่สามารถนำมาประกอบโดยตรงกับการปฏิบัติตามคำสั่งซื้อของลูกค้า เช่น ต้นทุนของวัสดุที่ใช้และหรือส่งมอบแรงงานในโซ่อุปทานโดยตรง และอื่นๆ

4.2 ต้นทุนทางอ้อม (Indirect cost) ต้นทุนที่ต้องการหรือเกิดขึ้นเพื่อดำเนินการในโซ่อุปทาน ตัวอย่างเช่น ค่าเช่าและบำรุงรักษาอุปกรณ์ ค่าเสื่อมราคาสินค้าคงคลัง ความเสียหายและผลตอบแทนค่าใช้จ่ายและอื่น ๆ

178

4. กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) เป็นเครื่องมือสำหรับการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพและมีการประยุกต์ใช้มากที่สุดเครื่องมือหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักดังนี้ 1) ขั้นตอนการสร้างโครงสร้างของปัญหาเป็นลำดับชั้นประกอบด้วย เป้าหมาย (Goal) เกณฑ์ตัดสินใจ หลัก (Criteria) เกณฑ์ตัดสินใจรอง (Sub-Criteria) และทางเลือก (Alternative) ตามลำดับ 2) ขั้นตอนการนำข้อมูลมาประมวลผล โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลแบบประเมินด้วยวิธีการเปรียบเทียบ เชิงคู่ในแต่ละกลุ่ม ผ่านการให้คะแนนด้วยค่าจำนวนเต็มในช่วง -9 ถึง 9 เริ่มจากระดับบนสุดไปล่างสุดตามลักษณะโครงสร้าง หลังจากที่ให้คะแนนทั้งหมดแล้ว จะเป็นกระบวนการคำนวณ เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญ (Priority Weight) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, CR) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการตัดสินใจให้คะแนนน้ำหนักความสำคัญโดยค่า CR จะต้องมีค่าไม่เกิน 0.1 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงถือว่าค่าการประเมินนั้นยอมรับได้ หากมีค่า CR เกินกว่านี้จะหมายความว่าการตัดสินใจนั้นอาจไม่ได้อยู่บนหลักการตัดสินใจที่ถูกต้อง และอาจเป็นการตัดสินใจแบบสุ่ม ซึ่งจะต้องทำการประเมินในส่วนนั้นใหม่หรือไม่สามารถใช้อ้างอิงผลลำดับความสำคัญได้ [1]

การประเมินค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละลำดับชั้นของแผนภูมิตามระดับชั้น เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ในการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ เป็นรายคู่ (Pairwise comparison) ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจแต่ละเกณฑ์ เป็นตารางเมตริกซ์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ถึงลำดับความสำคัญ โดยมีขั้นตอนในการวินิจฉัยจะเริ่มต้นจากระดับชั้นบนสุด เพื่อที่จะเลือกเกณฑ์ในการตัดสินใจ ต่อจากนั้นปัจจัยต่างๆ ที่อยู่ระดับรองลงมาจนถึงเปรียบเทียบกันจนถึงระดับล่างสุดตามลำดับ ซึ่งสามารถเขียนหลักเกณฑ์ในรูปแบบคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n\times n} \quad (1)$$

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_i}, i, j = 1,2,\ldots,n \quad (2)$$

$$\mathbf{A_w} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \cdots & \frac{w_1}{w_j} & \cdots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \cdots & \frac{w_2}{w_j} & \cdots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \frac{w_i}{w_1} & \frac{w_i}{w_2} & \cdots & \frac{w_i}{w_j} & \cdots & \frac{w_i}{w_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \cdots & \frac{w_n}{w_j} & \cdots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}_{\mathbf{n\times n}} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_j \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}_{n\times 1} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_j \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n_w \quad (3)$$

การคำนวณค่าความสอดคล้องในทุกๆ ระดับชั้นที่มีการคำนวณหาค่าถ่วงน้ำหนัก อัตราค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio) ซึ่งเป็นการวัดความสอดคล้องในการเปรียบเทียบปัจจัยแต่ละคู่ในตารางเมตริกซ์ การวิเคราะห์ความสอดคล้อง โดยใช้การเปรียบเทียบปัจจัยทีละคู่ของปัจจัยทั้งหมดที่ถูกกำหนดโดยนำผลรวมของค่าวินิจฉัยของแต่ละปัจจัยในแถวตั้ง แต่ละแถวมาคูณด้วยผลรวมของค่าเฉลี่ยในแถวนอนแต่ละแถวแล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์จะเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ ซึ่งผลรวมนี้เรียกว่า Eigen Values สูงสุด [7] ดังสมการที่ (4)

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n}\left(\frac{w'_1}{w_1} + \frac{w'_2}{w_2} + \cdots + \frac{w'_n}{w_n}\right) \quad (4)$$

น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์หรือทางเลือกในแต่ละชั้นจะคำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$A_w = \lambda_{max} w \quad (5)$$

เมื่อ A คือ สแควร์เมตริกแสดงความเห็นของคะแนนความสำคัญที่ปรับค่าให้เป็น 1 (Normalized)

w คือ Eigenvector แสดงน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของลำดับชั้นเดียวกัน โดยดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index: CI) คำนวณจากสมการที่ (6)

$$C.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (6)$$

เมื่อ n คือจำนวนปัจจัย

โดยอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio: CR) คำนวณจากสมการที่ (7)

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} \quad (7)$$

โดยค่า CR จะต้องไม่เกิน 10% (Saaty, 1980)

4. ผลการวิจัย

จากโครงสร้างของปัจจัยคุณลักษณะของประสิทธิภาพการดำเนินงานของตัวแบบเชิงปฏิบัติการโซ่อุปทาน (SCOR Model) ผู้วิจัยได้ใช้วิธีสัมภาษณ์เพื่อถามผู้บริหารที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความรู้และเชี่ยวชาญ 5 ท่าน ดังตารางที่ 1 ประเมินค่าความสำคัญของปัจจัยในการเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ เพื่อนำมาคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัยด้วยเทคนิคเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process) เปรียบเทียบรายคู่ ซึ่งผลได้ดังแสดงตารางที่ 2-4

คำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัยด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ด้วยสมการที่ ผลจากการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักในการชี้วัดในการเพิ่มประสิทธิภาพในโซ่อุปทาน ดังแสดงตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้านพบว่าปัจจัยด้านการจัดการสินทรัพย์ (Asset management) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด โดยมีน้ำหนักความสำคัญที่ร้อยละ 35.56 รองลงมาเป็นปัจจัยด้านความคล่องตัว (Agility) มีน้ำหนักความสำคัญที่ร้อยละ 30.51 ปัจจัยด้านการตอบสนอง (Responsiveness) และต้นทุน (Cost) มีน้ำหนักความสำคัญเท่ากันที่ร้อยละ 21.09 และปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยที่สุดคือปัจจัยความน่าเชื่อถือ (Reliability) มีน้ำหนักความสำคัญที่ร้อยละ 20.15 ตามลำดับ

179

ตารางที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญสัมภาษณ์

ลำดับ	ธุรกิจอุตสาหกรรม	ตำแหน่ง
1	บรรจุภัณฑ์พลาสติกบรรจุอาหาร	ผู้จัดการฝ่ายผลิต
2	บรรจุภัณฑ์พลาสติกบรรจุอาหาร	หัวหน้าแผนกคลังสินค้า
3	บรรจุภัณฑ์สินค้าอุปโภคบริโภค	ผู้จัดการฝ่ายคลังสินค้า
4	บรรจุภัณฑ์สินค้าอุปโภคบริโภค	ผู้จัดการจัดซื้อ
5	บรรจุภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า	ผู้จัดการจัดซื้อ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของปัจจัยหลักด้านประสิทธิภาพในโซ่อุปทาน (Performance)

Factors	Agility	Reliability	Responsiveness	Cost	Asset	Weights
Agility	0.1071	0.3737	0.2000	0.3188	0.5259	0.3051
Reliability	0.1250	0.1579	0.2133	0.1188	0.3926	0.2015
Responsiveness	0.0929	0.0500	0.0667	0.2377	0.6074	0.2109
Cost	0.1821	0.3947	0.1556	0.1739	0.1481	0.2109
Asset	0.2321	0.3895	0.1556	0.5565	0.4444	0.3556

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของปัจจัยรองด้านความคล่องตัว (Agility)

Factors	Upside SC flexibility	Overall value at risk	Downside SC adaptability	Upside SC adaptability	Weights
Upside SC flexibility	0.2445	0.4076	0.3472	0.3266	0.3315
Overall value at risk	0.4238	0.2844	0.3889	0.2782	0.3438
Downside SC adaptability	0.1671	0.1090	0.1389	0.2742	0.1723
Upside SC adaptability	0.1646	0.1991	0.1250	0.1210	0.1524

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของปัจจัยรองด้านการจัดการสินทรัพย์ (Asset management)

Factors	Return on fixed assets	Return on working capital	Cash to cash Cycle time	Weights
Return on fixed assets	0.1429	0.0769	0.2000	0.1399
Return on working capital	0.4286	0.2308	0.2000	0.2864
Cash to cash Cycle time	0.4286	0.6923	0.6000	0.5736

สำหรับผลจากการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านความคล่องตัว (Agility) ในการชี้วัดในการเพิ่มประสิทธิภาพในโซ่อุปทาน ดังแสดงตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาน้ำหนักความสำคัญพบว่าปัจจัยด้านมูลค่ารวมความเสี่ยง (Overall value at risk) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด โดยมีน้ำหนักความสำคัญที่ร้อยละ 34.38 รองลงมาเป็นปัจจัยด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกระบวนการ (Upside Supply Chain Flexibility) มีน้ำหนักความสำคัญที่ร้อยละ 33.15 ปัจจัยความสามารถในการปรับลดปริมาณ (Downside Supply Chain Adaptability) มีน้ำหนักความสำคัญเท่ากันที่ร้อยละ 17.23 และปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยที่สุดคือการเพิ่มขึ้นปริมาณที่ส่งมอบสูงสุดที่ทำได้ (Upside supply chain adaptability) มีน้ำหนักความสำคัญที่ร้อยละ 15.24 ตามลำดับ

สำหรับผลจากการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านการจัดการสินทรัพย์ (Asset management) ดังแสดงตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาน้ำหนักความสำคัญพบว่าปัจจัยด้านรอบเวลากระแสเงินสด (Cash to cash cycle time) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด โดยมีน้ำหนักความสำคัญที่ร้อยละ 57.36 รองลงมาเป็นปัจจัยด้านผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน (Return on working capital) มีน้ำหนักความสำคัญที่ร้อยละ 28.64 และปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยที่สุดคือผลตอบแทนจากสินทรัพย์ถาวรของโซ่อุปทาน (Return on fixed assets) มีน้ำหนักความสำคัญที่ร้อยละ 13.99 ตามลำดับ

5.สรุปผลการวิจัย

จากโครงสร้างคุณลักษณะของประสิทธิภาพการดำเนินงานของตัวแบบเชิงปฏิบัติการโซ่อุปทานประกอบด้วยปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในทั้งหมด 5 ปัจจัยหลักคือ ความคล่องตัว ความน่าเชื่อถือ การตอบสนอง ต้นทุน และการจัดการสินทรัพย์ พบว่าปัจจัยด้านการจัดการสินทรัพย์มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาเป็นปัจจัยด้านความคล่องตัว สำหรับปัจจัยรองที่ต้องพิจารณาในการจัดเการเพื่อให้เพิ่มประสิทธิภาพที่มีความสำคัญมากที่สุดในด้านความคล่องตัวคือความสามารถในการจัดการมูลค่ารวมความเสี่ยง และรองลงมาเป็นปัจจัยด้านความสามารถในการปรับเปลี่ยนกระบวนการ สำหรับปัจจัยรองด้านการจัดการสินทรัพย์ที่มีความสำคัญมากที่สุดที่ต้องพิจารณาคือรอบเวลากระแสเงินสด และผลตอบแทนของเงินทุนหมุนเวียน เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน

180

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนวัฒน์ บุญปัญญาวุฒิ และ สิทธิพร พิมพ์สกุล (2552) การศึกษาลำดับความสำคัญของตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการดำเนินงานโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมประอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก. วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา (ปีที่ 20 ฉบับที่ 4) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[2] ศูนย์ข้อมูลและการคาดการณ์เทคโนโลยี (2561) รายงานการคาดการณ์นวัตกรรมอุตสาหกรรม (Industrial Innovation Outlook) กลุ่มอาหารพร้อมทาน, สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ

[3] Christopher, M. (1992) Logistics and Supply Chain Management. Pitman Publishing, London.

[4] Supply Chain Council – SCC. (2012). Supply Chain Operations Reference Model SCOR, version 11. United States of America.

[5] G. M. D. Ganga, and L. C. R. Carpinetti, (2011) “A fuzzy logic approach to supply chain performance management,” Int. J. Prod. Econ., vol. 134, pp. 177-187

[6] Tan, K.C., Lyman, S.B., & Wisner, J.D. (2002) Supply chain management: A strategic perspective. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 22, pp. 614–631.

[7] Saaty, T.L. (1980) The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw Hill. International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised editions, Paperback (1996, 2000), Pittsburgh: RWS Publications.

ดร.สิทธิโชค สินรัตน์ อาจารย์ประจำคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สนใจด้านการ การจัดการโซ่อุปทานเชิงกลยุทธ์ การบูรณาการอินเตอร์เน็ตเชื่อมต่อสรรพสิ่ง การเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์

181

นโยบายการโยกย้ายสินค้าที่ช่วยลดการเสียโอกาสในการขาย ในธุรกิจขายปลีกที่มีร้านหลายสาขา
LATERAL TRANSSHIPMENT POLICY FOR REDUCING LOST SALE FOR MULTIPLE RETAIL STORES

ธีร์ ศุภศิริรัตน์[1*]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนน ประชาอุทิศ แขวง บางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
E-mail: [1] masquerade_black@hotmail.com
และ สรวิชญ์ เยาวสุวรรณไชย[2]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนน ประชาอุทิศ แขวง บางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
E-mail: [2] sorawit.yao@kmutt.ac.th
และ **อกนิษฐ์ สมิตะพินทุ[3]**

บทคัดย่อ

เป็นปกติที่ธุรกิจร้านค้าปลีกจะมีหลายสาขาเพื่อเพิ่มพื้นที่ให้บริการให้กับลูกค้า เมื่อสาขาใดสาขาหนึ่งขาดแคลนสินค้า เจ้าของธุรกิ จอาจมีนโยบายให้โยกย้ายสินค้าจากสาขาอื่นมายังสาขาที่ขาดแคลน เพราะการสั่งซื้อสินค้าใหม่จากซัพพลายเออร์อาจใช้เวลานานมากกว่าการโยกสินค้ามาจากสาขาอื่น หากไม่มีการโยกย้ายสินค้า ธุรกิจจะสูญเสียโอกาสในการขายให้กับลูกค้าที่ไม่สามารถรอได้นาน ที่ผ่านมามีงานวิจัยของ Hochmuth และ Kochel [1] ที่ศึกษาถึงนโยบายการโยกย้ายที่เหมาะสมระหว่างสาขาของธุรกิจขายปลีกด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาต่อยอดจากงานวิจัยของ Hochmuth และ Kochel [1] โดยได้เพิ่มเติมการพิจารณาถึงพื้นที่จัดเก็บสินค้าในแต่ละสาขาที่มีอยู่จำกัด และศึกษาหานโยบายการโยกย้ายที่สามารถช่วยลดการเสียโอกาสในการขายภายใต้สถานการณ์ที่มีระยะเวลารอคอยสินค้าที่สั่งซื้อจากซัพพลายเออร์เปลี่ยนแปลงไป ผลการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena พบว่า นโยบายที่ยอมให้มีการโยกย้ายสินค้าจากทุกสาขาไปยังทุกสาขาจะช่วยลดการเสียโอกาสในการขายได้มาก ในสถานการณ์ที่ระยะเวลารอคอยสินค้ามีค่าน้อย (short lead time) นโยบายที่ยอมให้มีการโยกย้ายสินค้าจากทุกสาขาไปยังทุกสาขาจะมีประสิทธิภาพในการลดการเสียโอกาสในการขายมากกว่าในสถานการณ์ที่ระยะเวลารอคอยสินค้ามีค่ามาก (long lead time)

คำสำคัญ: การโยกย้ายสินค้า, แบบจำลองสถานการณ์

Abstract

In general, a retailer will have many stores in order to increase service areas for customers. When a retail store lacks of a product, the retailer owner might have a policy to transfer the product available from other stores to the lacking store. This transfer is known as the lateral transshipment. Since it is more time consuming to reorder the product from suppliers than to transfer from other stores. Without lateral transshipments, the retailer could face with lost sales because some customers might not be able to wait for long time. Recently, Hochmuth and Kochel [1] studied the appropriate policy for the lateral transshipment for retail businesses using simulation technique. In this research, we aims to extend the study of Hochmuth and Kochel [1] by also considering the limited storage space of stores, and to study the lateral transshipment policy that can reduce lost sale when lead time from suppliers changes. The result of our simulation model using Arena indicated the policy that allows all possible lateral transshipments among all stores can significantly reduce lost sale. When lead time is shorter, the policy with all possible transshipment has the higher reduction of lost sale. When lead time is longer, this policy has the lower reduction of lost sale.

Keywords: Lateral Transshipment, Simulation Modeling

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน

* Corresponding author: E-mail: masquerade_black@hotmail.com
[1,3] สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การกำหนดค่าน้ำหนักเกณฑ์สำหรับการคัดเลือกซัพพลายเออร์โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแบบคลุมเครือ : กรณีศึกษาศูนย์กระจายสินค้าไก่แช่แข็งแห่งหนึ่งในภาคกลางตอนบนของประเทศไทย

Criteria Weight Determination for Supplier Selection Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process: A Case Study of a Frozen Chicken Distribution in the North-central Region of Thailand

วัชรีภรณ์ เสถียรนพเก้า[1*] และ กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข[2]
Watchariporn Sathiannoppakao[1*] and Kittiwat Sirikasemsuk[2]
[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
E-mail: 61601160@kmitl.ac.th

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง

* Corresponding author: E-mail: 61601160@kmitl.ac.th
1 นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง
2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง

Application of TOPSIS Method to Green Supplier Selection for a Thai OTOP Producer

Walailak Atthirawong*
Department of Statistics
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok, Thailand 10520

**บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ใน
วารสาร Current Applied Science and Technology**

* Corresponding author: E-mail: walailaknoi@gmail.com
Associate Prof., Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

การตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งด้วยหลากหลายเกณฑ์สำหรับโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแห่งใหม่
Multi-criteria Facility Location Decision for a New Infectious Waste Disposal Plant

ภูรีวรรธก์ ปานปั้น[1*] เจริญชัย โขมพัตราภรณ์[2] และธนัชพร วงศ์เวียน[3]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
E-mails: [1] pooreewat.ohm@gmail.com, [2] charoenchai.kho@kmutt.ac.th, [3] tanuchporn.won@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ หลากหลายเกณฑ์ถูกใช้เป็นเครื่องมือเพื่อประเมินทำเลที่ตั้งสำหรับโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแห่งใหม่ จากการศึกษาในเบื้องต้นมูลฝอยติดเชื้อมีปริมาณมากกว่ากำลังการกำจัดภายในประเทศ ซึ่งปริมาณมูลฝอยที่ไม่สามารถกำจัดได้มากที่สุดคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือคิดเป็นปริมาณ 18.99 ตัน/วัน การขาดสถานที่กำจัดและเตาเผาสำหรับมูลฝอยติดเชื้ออาจนำไปสู่ปัญหาสุขภาพต่างๆ การแก้ปัญหาทางหนึ่งคือการขนส่งมูลฝอยไปกำจัดในภูมิภาคใกล้เคียงแต่ค่าขนส่งจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การกำจัดที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนใกล้เคียง ดังนั้นจึงควรมีการตั้งโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแห่งใหม่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchical Process, AHP) ได้ถูกประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์และคัดเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโรงกำจัดแห่งใหม่ เกณฑ์ต่างๆ ได้ใช้ในการพิจารณา เช่น ราคา ความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม ผลกระทบต่อชุมชน กฎหมายการจัดการขยะและนโยบายภาครัฐ ผลการวิเคราะห์แสดงว่าสมควรจัดตั้งโรงกำจัดในเขตนิคมอุตสาหกรรม โดยนิคมอุตสาหกรรมนวนคร ใน จ.นครราชสีมา ได้ถูกคัดเลือกโดยมีผลคะแนนสูงที่สุดเท่ากับ 0.734

คำสำคัญ: กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์, การตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง, หลากหลายเกณฑ์, มูลฝอยติดเชื้อ

Abstract

In this research, multi-criteria are employed as a tool to evaluate the appropriate location for a new infectious waste disposal plant. According to an initial study, the amount of infectious waste exceeds the disposal capacity in Thailand where the largest quantity of waste that cannot be totally disposed is found in the northeastern region with 18.99 tons per day. The lack of proper disposal locations and waste incinerators for the infectious waste can cause serious health problems. A simple solution could be to transport the waste to existing disposal sites in other regions but the cost of transportation would increase. Moreover, improper waste management could cause detrimental effects for the environment and neighboring communities. Therefore, a new infectious waste disposal plant should be established in the northeastern region. The Analytical Hierarchical Process (AHP) is employed to analyse and select the most suitable location for the new plant. Many criteria were used for the evaluation including cost, environmental risk, community effect, waste management regulation and governmental policy. The results show that the new disposal plant should locate at an industrial estate. Nava Nakhon industrial estate in Nakorn Ratchasima province is selected with the highest rating scale of 0.734.

Keywords: analytical hierarchy process, facility location decision, infectious waste, multi-criteria

1. คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีสถานพยาบาลรวมกว่า 38,235 แห่ง [1] ได้แก่ โรงพยาบาลของรัฐ โรงพยาบาลเอกชน คลินิกเอกชน สถานพยาบาลสัตว์ ห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย มูลฝอยจากสถานพยาบาลเหล่านี้จัดเป็นของเสียอันตราย เนื่องจากสามารถแพร่เชื้อโรคได้ รวมทั้งของเสียที่ปนเปื้อนด้วยสารกัมมันตรังสี ยาที่เสื่อมสภาพ สารเคมีอันตราย กระบอกฉีดยา สายยาง เศษชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกาย ของมีคม เช่น เข็มฉีดยา มีดโกน โดยประมาณร้อยละ 50 มาจากโรงพยาบาลและสถานพยาบาลของรัฐ และร้อยละ 24 มาจากโรงพยาบาลและคลินิกเอกชน

ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อในปี 2561 [1] มีปริมาณลดลงจากปี 2560 จาก 57,954 ตัน เป็น 55,497 ตัน หรือลดลงร้อยละ 4.2 เนื่องมาจากการจัดการมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาลขนาดใหญ่มีแนวโน้มดีขึ้น โดยมีมูลฝอยติดเชื้อที่ได้รับการกำจัดอย่างถูกวิธี 49,898 ตัน คิดเป็นร้อยละ 89.91 แต่ส่วนที่เหลือที่ยังไม่เข้าระบบการจัดการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ มาจากคลินิกเอกชนและโรงพยาบาลสัตว์ อาจเป็น

* Corresponding author: E-mail: pooreewat.ohm@gmail.com
[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[3] อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เพราะการกำจัดมีต้นทุนค่อนข้างสูง ทำให้สถานพยาบาลเอกชนขนาดเล็กไม่คุ้มทุนในการรับบริการ

จากการศึกษาสภาพของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าสถานที่กำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่มีอยู่ในปัจจุบันไม่คลอบคลุมและไม่เพียงพอกับความต้องการ มูลฝอยติดเชื้อบางส่วนต้องมีการขนส่งจากแหล่งกำเนิดไปยังแหล่งกำจัดที่ตั้งอยู่ในภูมิภาคอื่น ซึ่งมีระยะทางไกลและมีต้นทุนการขนส่งที่สูงขึ้น และการควบคุมและบริหารจัดการยาก

งานวิจัยนี้จึงศึกษาเกณฑ์เพื่อคัดเลือกทำเลที่ตั้งสำหรับโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแห่งใหม่ โดยใช้พื้นที่ตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่กรณีศึกษา พิจารณาด้วยหลากหลายเกณฑ์โดยเกณฑ์ที่ใช้ได้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสอบถามจากผู้ประกอบการ จากนั้นประยุกต์ใช้วิธีลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process, AHP) ในการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญในการเลือกทำเลที่ตั้ง

การเลือกทำเลที่ตั้งมีความสำคัญในการประกอบธุรกิจ โดยเฉพาะธุรกิจที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชน ยิ่งต้องพิจารณาอย่างระมัดระวังในการเลือกทำเลที่ตั้งในการประกอบกิจการ โดยโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อจัดเป็นโรงงานประเภทลำดับที่ 101 ประเภทโรงงานปรับของเสียรวม มีกฎหมายที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการหลายฉบับ เช่น พระราชบัญญัติสาธารณสุข พระราชบัญญัติผังเมือง พระราชบัญญัติโรงงาน [2-4] โดยต้องปฏิบัติตามมาตรฐานรวมถึงสถานที่ตั้งและวิธีการควบคุมการปล่อยของเสีย มลพิษทางอากาศ และยังมีความเสี่ยงที่จะกระทบกับสิ่งแวดล้อมและประชาชนในภาพรวม

2.2 เกณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม

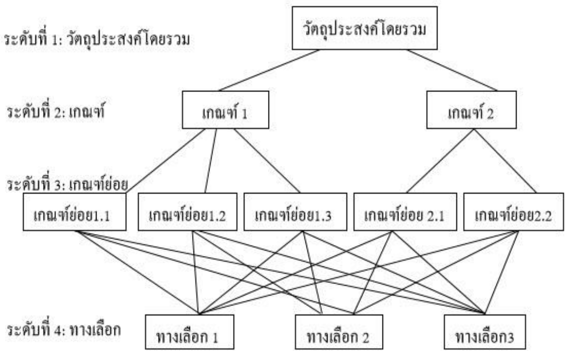
การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) เป็นวิธีการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่มีหลายทางเลือก เพื่อให้ได้ทางเลือกที่ดีที่สุดตรงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ มีอยู่ด้วยกันหลากหลายวิธีการในการตัดสินใจ แต่ละวิธีมีความเหมาะสมต่างกัน ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และเงื่อนไขในการนำไปใช้ เกณฑ์การตัดสินใจเป็นส่วนที่สำคัญมากของวิธีการดังกล่าว เพราะหากเกณฑ์ไม่มีความสอดคล้องกับปัญหาจะส่งผลต่อการตัดสินใจทางเลือกที่คลาดเคลื่อนได้ [5]

2.3 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ขั้นตอนกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ มีดังนี้

2.3.1 การกำหนดโครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้น (Hierarchy Structure)

ดำเนินการให้อยู่ในรูปของโครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้น แต่ละระดับชั้นประกอบด้วย วัตถุประสงค์โดยรวม เกณฑ์และทางเลือก ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการตัดสินใจ และบางเกณฑ์อาจประกอบด้วยเกณฑ์ย่อยๆ ผู้ตัดสินใจ (Decision Maker) หรือกลุ่มผู้ตัดสินใจต้องประเมินทางเลือกภายใต้เกณฑ์ต่างๆ โดยการประเมินจะใช้การระบุค่าความสำคัญตามที่กำหนด (ขั้นตอน 2.3.2) เป็นคู่ๆ จากนั้นพิจารณาความสอดคล้องเพื่อประเมินคุณภาพของการประเมิน



รูปที่ 1 แผนภูมิลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ [6]

2.3.2 การหาระดับความสำคัญ (Prioritization) โดยการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทีละคู่ (Pairwise Comparison) จากเกณฑ์ที่มีผลกระทบต่อเกณฑ์การตัดสินใจในแต่ละระดับชั้น ในรูปแบบเมตริกซ์ [6] ดังแสดงในรูปที่ 2 ต่อไปนี้

เกณฑ์การตัดสินใจ C_1 C_2 C_n

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \downarrow & \downarrow & \cdots & \downarrow \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2 ตารางเมตริกซ์ A

โดยที่ C แทนเกณฑ์การตัดสินใจ

A แทนเมตริกซ์องค์ประกอบต่างๆ ในลำดับชั้นที่ทำการวินิจฉัย

a แทนค่าการประเมินน้ำหนักคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญที่เปรียบเทียบเป็นคู่ๆ

จากนั้นดำเนินตามขั้นตอนการวิเคราะห์ลำดับ ดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> เปรียบเทียบลำดับความสำคัญทีละคู่ แล้วนำค่าที่ได้ใส่ลงไปใส่ในตาราง เมตริกซ์ A โดยใช้ค่าระดับความสำคัญจากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวเลขการระบุระดับความสำคัญ

ระดับความสำคัญ	ความหมาย
1	ความสำคัญเท่ากัน (Equally Important)
3	สำคัญกว่าปานกลาง (Moderately More Important)
5	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัด (Strongly More Important)
7	สำคัญกว่าอย่างเด่นชัดมาก (Very Strongly More Important)
9	สำคัญกว่าสูงสุด (Extremely More Important)
2, 4, 6, 8	สำคัญที่อยู่ระหว่างแต่ละระดับ (Intermediate Judgment Value)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่า Normalized Matrix ของเมตริกซ์ A ในแต่ละแถวโดยที่ค่า Normalized หาได้จากค่าเฉลี่ยของความสำคัญในแต่ละแถว

ขั้นตอนที่ 3 การหาลำดับความสำคัญในลำดับชั้นถัดมา ทำได้โดยการย้อนกลับไปในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 จากนั้นนำเกณฑ์การตัดสินใจที่คำนวณได้ จากลำดับชั้นที่อยู่สูงกว่า 1 ชั้น มาเป็นตัวคูณด้วยค่า Normalized ของลำดับที่ 2 ที่ได้จากการคำนวณ ก็จะได้ค่าลำดับความสำคัญในลำดับชั้นรองลงมา

2.3.3 การวิเคราะห์ความสอดคล้อง เพื่อเป็นการทดสอบว่าผลของการเปรียบเทียบรายคู่ที่ได้ดำเนินมาในส่วนที่แล้วนั้น มีความสอดคล้องกันของเหตุผลหรือไม่ โดยมีขั้นตอนย่อยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การคำนวณค่า ซึ่งคือค่าที่คำนวณได้จากการนำเอาผลรวมของค่าวินิจฉัยของแต่ละเกณฑ์ในแถวแต่ละแถว มาคูณด้วยผลรวมค่าเฉลี่ยในแถวนอนแต่ละแถวแล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้เท่ากับจำนวนเกณฑ์ทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, CI)

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1} \qquad (1)$$

โดย n คือ จำนวนหลักเกณฑ์

λ_{max} คือ Maximum Eigen Values

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index, RI) โดยที่ค่า RI เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับขนาดมิติของเมตริกซ์ A ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า RI ตามขนาดมิติของเมตริกซ์ A [6]

ขนาดเมตริกซ์	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ค่า RI	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11
ขนาดเมตริกซ์	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
ค่า RI	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio, CR) คือ การหาอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า CI ที่คำนวณได้จากตารางเมตริกซ์ กับค่า RI ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง โดย

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (2)$$

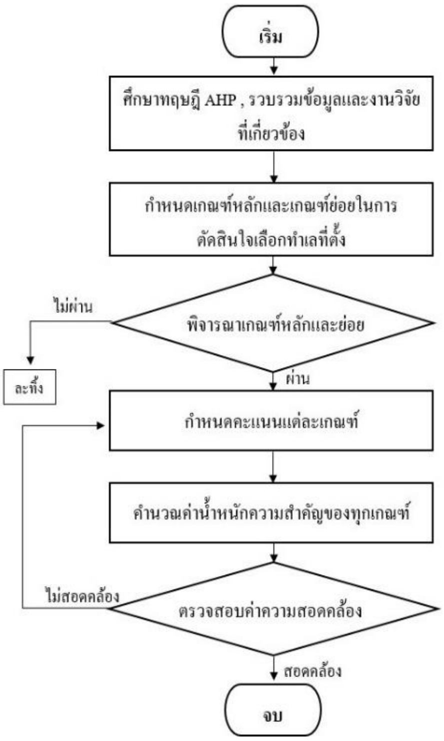
ถ้าผลจากการคำนวณได้ค่า CR $\leq$ 0.10 หรือ 10% ถือว่าการเปรียบเทียบรายคู่นั้นมีความสอดคล้องกันของเหตุผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มูลฝอยติดเชื้อ [7] หมายความว่า มูลฝอยที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณหรือมีความเข้มข้นซึ่งถ้ามีการสัมผัสหรือใกล้ชิดกับมูลฝอยนั้นแล้วสามารถทำให้เกิดโรคได้ แหล่งกำเนิดของมูลฝอยส่วนใหญ่มาจากโรงพยาบาล หน่วยงานมีปริมาณมูลฝอยติดเชื้อมากที่สุดภายในโรงพยาบาล 5 อันดับแรก [8] ได้แก่ หอผู้ป่วยหนักและวิกฤติ หอผู้ป่วยอายุรกรรมชาย ห้องผ่าตัด หอผู้ป่วยศัลยกรรมหญิง และห้องคลอด ยังพบปัญหาการคัดแยกมูลฝอยติดเชื้อที่แหล่งกำเนิด การเก็บ และการขนย้ายไปกำจัด ได้มีการสร้างรูปแบบการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ [9] โดยเพิ่มการมีส่วนร่วมขององค์กรบริหารส่วนท้องถิ่นและการติดตาม ผลที่ได้พบว่าสถานบริการการสาธารณสุขมีการจัดการมูลฝอยติดเชื้อได้ตามมาตรฐานวิชาการและกฎหมายกำหนดมากยิ่งขึ้น และในชุมชนมีรูปแบบการจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่ชัดเจน มูลฝอยติดเชื้ออาจจัดเป็นของเสียอันตรายประเภทหนึ่ง การจัดการของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรม [10] การรวบรวมการขนส่งเพื่อการบำบัด การรีไซเคิล และการกำจัดสารอันตรายทางอุตสาหกรรมที่มีความเสี่ยงต่อสภาพแวดล้อมโดยมีเป้าหมายหลายวัตถุประสงค์ ในการกำหนดเส้นทางตามสถานที่ได้รับการพัฒนา และพิจารณาจากปริมาณของเสียโดยให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจ ตัดสินใจเกี่ยวกับสถานที่ตั้ง โดยแยกความแตกต่างกันเทคโนโลยี การกำหนดเส้นทางของเสียอันตรายประเภทอุตสาหกรรมไปยังศูนย์บำบัด ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มักพบเกณฑ์ 3 ประเภท ค่าใช้จ่าย ต้นทุนการขนส่งโดยรวมของวัสดุอันตรายและปริมาณของเสีย ซึ่งค่าใช้จ่ายอาจรวมค่าใช้จ่ายคงที่ในการจัดตั้งศูนย์บำบัดกำจัดและรีไซเคิล บางครั้งมีการพิจารณาความเสี่ยงด้านการขนส่งและการลดความเสี่ยงโดยรวมสำหรับประชากรรอบศูนย์บำบัด โดยวิธีการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่ใช้กันในปัจจุบันมากที่สุด คือการเผาโดยใช้เตาเผา [11] มีข้อดีคือ สามารถกำจัดมูลฝอยได้ในปริมาณมากในระยะเวลาอันสั้นถ้าเทียบกับวิธีอื่น และยังสามารถลดปริมาณมูลฝอยติดเชื้อได้มากถึงร้อยละ 90 - 95 เตาเผามูลฝอยติดเชื้อต้องแระกอบด้วย 2 ห้องเผา มีอุณหภูมิในห้องเผาที่ 1 (ห้องเผามูลฝอยติดเชื้อ) ไม่ต่ำกว่า 760 องศาเซลเซียส และในห้องเผาที่ 2 (ห้องเผาควันพิษ) อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545 แต่ในการเลือกทำเลที่ตั้ง [5] ในการสร้างโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่เหมาะสม ได้จำแนกลักษณะของปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง [12] ตามลักษณะของสมการวัตถุประสงค์เป็น 3 ประเภท คือ ปัญหาปกคลุม (Covering Problems) ปัญหาระยะทางเฉลี่ย (Average Distance Problems) และปัญหาศูนย์กลาง (Center Problems) โดยมักต้องพิจารณาหลายเกณฑ์ของปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้ง [13] เช่น ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านกฎหมาย โดยมีทั้งเกณฑ์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ [5] วิธีที่สามารถจัดการกับเกณฑ์ทั้ง 2 ประเภทนี้และสามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน มีทางเลือกหลายๆ ทางเลือก และยังจัดลำดับความสำคัญได้ดี มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ทำการเปรียบเทียบ [14] ระหว่าง การรวมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (SAW) เทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติ (TOPSIS) และกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) พบว่า AHP มีข้อดีกว่า ในด้านการตรวจสอบความสอดคล้องของแต่ละเกณฑ์ และช่วยขจัดการตัดสินใจที่ลำเอียงของผู้เชี่ยวชาญได้ มีงานวิจัยหลายฉบับที่ใช้ AHP ในการแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้ง เช่น การเลือกที่ตั้งคลังน้ำมันในประเทศไทย การเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการจัดตั้งสถานีตรวจสอบน้ำหนักและการเลือกที่ตั้งคลังสินค้าการเกษตร [6,13,15]

3. ขั้นตอนการศึกษา

ทำการศึกษาทฤษฎีและรวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญจากผู้บริหารในองค์กรกรณีศึกษา เพื่อคัดเลือกเกณฑ์ที่มีผลต่อการเลือกทำเลที่ตั้ง โดยพบว่ามี 4 กลุ่มที่ผ่านการคัดเลือก คือ ด้านราคา ด้านความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม ด้านความคุ้มค่าและผลประโยชน์ ด้านการเข้าถึงทรัพยากรสาธารณะและการใช้ประโยชน์ ด้วยเหตุผลทางด้านสิ่งแวดล้อม กฎหมายและนโยบายภาครัฐ จึงเลือกทำเลที่ตั้งโรงกำจัดในนิคมอุตสาหกรรมหรือเขตประกอบอุตสาหกรรม ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีปริมาณมูลฝอยที่ไม่สามารถกำจัดได้มากที่สุด ซึ่งได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมอุดรธานีและเขตประกอบอุตสาหกรรมนวนคร จ.นครราชสีมา เพราะมีความพร้อมในด้านต่างๆ และได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อได้ โดยในงานวิจัยนี้แทนนิคมอุตสาหกรรมอุดรธานี ด้วยทางเลือก A และเขตประกอบอุตสาหกรรมนวนครด้วยทางเลือก B ตามลำดับ รูปที่ 3 สรุปขั้นตอนการดำเนินการตัดสินใจโดยใช้วิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์



รูปที่ 3 สรุปขั้นตอนการดำเนินการตัดสินใจ

3.1 ขั้นตอนการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งด้วยหลากหลายเกณฑ์สำหรับโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแห่งใหม่

เริ่มจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลปริมาณมูลฝอยติดเชื้อภายในประเทศ วิธีการบริหารจัดการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์ของปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้ง รวมถึงสภาพปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

ในเบื้องต้น ทำการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน จากผู้บริหารในบริษัทให้บริการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อกรณีศึกษาในตำแหน่งงานต่างๆ ดังนี้ 1.กรรมการผู้จัดการ 2.ผู้จัดการทั่วไป 3.ผู้จัดการฝ่ายผลิต 4.ผู้จัดการฝ่ายการตลาด 5.ผู้จัดการฝ่ายคุณภาพ โดยมีประสบการการทำงาน จำนวน 12, 11, 8, 5 และ 3 ปี ตามลำดับ จากนั้นประเมินด้วยเกณฑ์อายุงาน ประสบการณ์ และความรู้ในด้านต่างๆ ดังตารางที่ 3 จากเกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญในตาราง พบว่าผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 4 และ 5 ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกบางเกณฑ์ (ตามเครื่องหมายกากบาท) ดังนั้นจึงเหลือผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 ถึง 3 ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเพื่อการวิจัยในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3 เกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ	บุคคลที่คัดเลือกเป็นผู้เชี่ยวชาญ				
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5
อายุงานมากกว่า 5 ปี	✓	✓	✓	✓	✗
มีความรู้ด้านเตาเผาอุตสาหกรรม	✓	✓	✓	✗	✗
มีความรู้ด้านการบริหาร	✓	✓	✓	✓	✓
มีความรู้ด้านกฎหมายสิ่งแวดล้อม	✓	✓	✓	✗	✓

จากนั้นจึงทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยพิจารณาเกณฑ์หลักและเกณฑ์ย่อย (ในหัวข้อถัดไป) ให้ได้มาซึ่งคะแนนความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธีกระบวนการลำดับชั้นวิเคราะห์ แล้วจึงทำการตรวจสอบความสอดคล้องกันของการวินิจฉัย และได้ผลลัพธ์เป็นค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกที่ดีที่สุด

3.2 เกณฑ์สำหรับจัดลำดับค่าความสำคัญเพื่อการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง

จากการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ โดยทำการศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [5] และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางธุรกิจด้านอุตสาหกรรมการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้คัดเลือกเกณฑ์ในการตัดสินใจพบว่า ประกอบไปด้วย 4 เกณฑ์หลัก และ 12 เกณฑ์ย่อย ดังแสดงในตารางที่ 4

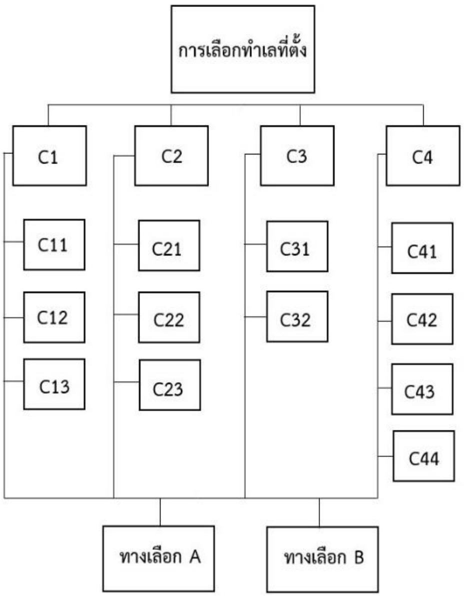
ตารางที่ 4 เกณฑ์หลักและเกณฑ์ย่อยเพื่อตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง

เกณฑ์หลัก	เกณฑ์ย่อย
ราคา (C1)	ราคาที่ดิน (C11)
	ค่าแรง (C12)
	ค่าใช้จ่ายด้านสาธารณูปโภค (C13)
ความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม (C2)	ความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ (C21)
	ปัญหาด้านมลภาวะ (C22)
	ความเสี่ยงด้านสุขภาพและโรคระบาด (C23)
ความคุ้มค่าและผลประโยชน์(C3)	ความสามารถในการขยายพื้นที่ลูกค้า (C31)
	มีแรงงานที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง (C32)
การเข้าถึงทรัพยากรสาธารณะและการใช้ประโยชน์ (C4)	ระบบบำบัดน้ำเสีย (C41)
	ระบบน้ำเพื่ออุตสาหกรรม (C42)
	ระบบไฟฟ้า (C43)
	ระบบกำจัดกากอุตสาหกรรม (C44)

4. ผลการศึกษา

4.1 แผนภูมิลำดับชั้นในการเลือกทำเลที่ตั้ง

โครงสร้างแผนภูมิลำดับชั้นการตัดสินใจของการเลือกทำเลที่ตั้งโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ซึ่งประกอบไปด้วย เกณฑ์หลัก เกณฑ์ย่อย และทางเลือก นำมาจัดให้อยู่ในรูปของแผนภูมิ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทำการให้คะแนนความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ เปรียบเทียบกันทีละ ลำดับชั้นจาก เกณฑ์หลักหลัก เกณฑ์ย่อยและทางเลือก ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภูมิลำดับชั้นในการเลือกทำเลที่ตั้ง

4.2 ขั้นตอนวิธีและผลการคำนวณหาค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์หลักและเกณฑ์ย่อย

ขั้นตอนและตัวอย่างผลการคำนวณหาค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์หลักความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม และเกณฑ์ย่อยภายใต้เกณฑ์หลัก ของผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ได้ดังตารางที่ 5, 6 และ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 คะแนนเปรียบเทียบเป็นคู่สำหรับเกณฑ์หลัก

เกณฑ์หลัก	C1	C2	C3	C4
C1	1	1/7	1/5	1/5
C2	7	1	5	3
C3	5	1/5	1	1/3
C4	5	1/3	3	1

ตารางที่ 6 ค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์หลัก

เกณฑ์หลัก	C1	C2	C3	C4	ค่าความสำคัญ
C1	0.056	0.085	0.022	0.044	0.052
C2	0.389	0.597	0.543	0.662	0.548
C3	0.278	0.119	0.109	0.074	0.145
C4	0.278	0.199	0.326	0.221	0.256
					CR = 0.093

ตารางที่ 7 ค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์ย่อยภายใต้เกณฑ์หลักความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม

เกณฑ์ย่อย	C21	C22	C23	ค่าความสำคัญ
C21	0.652	0.667	0.625	0.648
C22	0.217	0.222	0.250	0.230
C23	0.130	0.111	0.125	0.122
				CR = 0.03

จากนั้น ทำการการวิเคราะห์ความสอดคล้องแต่ละเกณฑ์ ในตารางที่ 6 และ 7 โดยเปรียบเทียบกับค่า RI จากตารางที่ 3 พบว่ามีค่าไม่เกิน 0.1 แสดงว่ามีการสอดคล้องกันของข้อมูล ในทำนองเดียวกัน ทำการวิเคราะห์ผลจากผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 และ 3 และได้ผลลัพธ์ดังหัวข้อ 4.3 และ 4.4

4.3 ผลการคำนวณหาค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์หลัก เกณฑ์ย่อย และทางเลือก

ค่าระดับความสำคัญเฉลี่ยของเกณฑ์หลักและเกณฑ์ย่อยที่แสดงในตารางที่ 8 เป็นคะแนนเฉลี่ยจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำค่าเฉลี่ยของค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์หลัก เกณฑ์ย่อย และทางเลือกมาคูณกัน แล้วจึงนำผลรวมของค่าระดับความสำคัญมาเปรียบเทียบกัน แล้วจึงเลือกทางเลือกที่มีค่ามากกว่าเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ค่าระดับความสำคัญเฉลี่ยของเกณฑ์หลักและเกณฑ์ย่อย

เกณฑ์หลัก	ค่าระดับความสำคัญ	เกณฑ์ย่อย	ค่าระดับความสำคัญ
C1	0.049	C11	0.733
		C12	0.076
		C13	0.190
C2	0.563	C21	0.673
		C22	0.229
		C23	0.098
C3	0.138	C31	0.289
		C32	0.711
C4	0.250	C41	0.061
		C42	0.195
		C43	0.606
		C44	0.138

5. สรุป

จากการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ในการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งด้วยหลากหลายเกณฑ์สำหรับโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อแห่งใหม่ โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ภายใต้เกณฑ์หลักด้านราคา ความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม ความคุ้มค่าและผลประโยชน์และการเข้าถึงทรัพยากรสาธารณะและการใช้ประโยชน์ และมีเกณฑ์ย่อยต่างๆ ผลการวิเคราะห์แนะนำให้สร้างโรงกำจัด ณ เขตประกอบอุตสาหกรรม-นวนคร ในเขต จ.นครราชสีมา โดยมีความเหมาะกว่าอีกทางเลือก ด้วย

ค่าลำดับความสำคัญที่มากกว่า คือ เท่ากับ 0.734 ในขณะที่อีกทางเลือกได้ผลค่าลำดับความสำคัญเพียง 0.266

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาทำเลที่ตั้งของโรงกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในนิคมอุตสาหกรรม โดยใช้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นกรณีศึกษา ทั้งนี้หากต้องการทราบผลลัพธ์ของภูมิภาคอื่น อาจพิจารณาทางเลือกอื่นตามภูมิภาคนั้นๆ และอาจปรับเกณฑ์เพื่อให้การตัดสินใจมีความเหมาะสมกับบริบทของภูมิภาค (เช่น Zoning) อาจต้องศึกษาข้อมูลเชิงลึกของในแต่ละพื้นที่เพิ่มเติม และในอนาคตข้อมูลอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ซึ่งเป็นข้อจำกัดของงานวิจัยนี้

ตารางที่ 9 สรุปค่าระดับความสำคัญของทางเลือก

เกณฑ์หลัก	เกณฑ์ย่อย	ทางเลือก A	ทางเลือก B	ความสำคัญ A	ความสำคัญ B
C1	C11	0.841	0.159	0.030	0.006
	C12	0.583	0.417	0.002	0.002
	C13	0.694	0.306	0.007	0.003
C2	C21	0.139	0.861	0.053	0.326
	C22	0.306	0.694	0.039	0.089
	C23	0.444	0.556	0.024	0.031
C3	C31	0.750	0.250	0.030	0.010
	C32	0.214	0.786	0.021	0.077
C4	C41	0.500	0.500	0.008	0.008
	C42	0.250	0.750	0.012	0.036
	C43	0.198	0.802	0.030	0.121
	C44	0.289	0.711	0.010	0.024
				0.266	**0.734**

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบริษัท โชติฐกรณ์พิบูลย์ จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย รวมถึงพนักงานทุกท่านที่ให้การสนับสนุนข้อมูลความรู้ คำปรึกษารวมถึงความร่วมมือในการดำเนินการครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2562) สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561.

[2] พระราชบัญญัติการสาธารณสุข (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ราชกิจจานุเบกษา 124 (27 มิถุนายน 2550) หน้า 1.

[3] พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2562 ราชกิจจานุเบกษา 136 (29 พฤษภาคม 2562) หน้า27.

[4] พระราชบัญญัติโรงงาน ฉบับที่ (2 และ3) พ.ศ. 2562 ราชกิจจานุเบกษา 136 (30 เมษายน 2562) หน้า 213.

[5] R. Z. Farahani, M. SteadieSeifi, N. Asgari, “Multiple criteria facility location problems: A survey,” Applied Mathematical Modelling, vol 34, pp. 1689-1709, 2010.

[6] ธนวัฒน์ เมธีธัญญรัตน์, 2558, “การเลือกที่ตั้งคลังน้ำมันในประเทศไทยโดยใช้วิธีลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์”, วิศวสารลาดกระบัง ปีที่ 32, ฉบับ ที่ 3, หน้าที่ 37-42.

[7] กฎกรทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545 ราชกิจจานุเบกษา 119 (5 กันยายน พ.ศ. 2545) หน้า 2.

[8] อุ่นเรือน ศิรินาค, 2561, “การจัดการมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลทพรัตน์ นครราชสีมา”, วารสารวิจัยและพัฒนาด้านสุขภาพ, สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา, ปีที่4, ฉบับที่ 2, หน้า 40-52.

[9] ประชุมพร กวีกรณ์, นารถฤดี กุลวิเศษณ์และอำนาจ เหมลา, 2560, “การพัฒนารูปแบบการจัดการมูลฝอยติดเชื้อจังหวัดยโสธร”, วารสารการพัฒนาสุขภาพชุมชน มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีที่ 5, ฉบับที่ 4, หน้าที่ 703-728.

[10] F. Samanlioglu, “A multi-objective mathematical model for the industrial hazardous waste location- routing problem,” European Journal of Operational Research, vol 226, pp. 332-340, 2013.

[11] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, (5 กันยายน 2562), ข้อมูลการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ [Online], Available: http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_infectious.htm

[12] S. H. Owen, and M.S. Daskin, “Strategic facility location: A review,” European Journal of Operational Research, vol 111, pp. 423-447, 1998.

[13] นรินทร์ เอื้อศิริวรรณ, วิกรม พนิชการ, ดำรงค์ รังสรรค์และอุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ, 2560, “การกำหนดหลักเกณฑ์คัดเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการจัดตั้งสถานีตรวจสอบน้ำหนัก โดยการใช้ทฤษฎีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP)”, วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, หน้าที่ 17-33.

[14] อภิรดี สรวิสูตร, 2559, “การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์: เปรียบเทียบแนวคิดและวิธีการระหว่าง SAW AHP และ TOPSIS”, วารสาร มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, เล่มที่ 8, ฉบับที่ 2, หน้าที่ 180-192.

[15] J. L. García, A. Alvarado, J. Blanco, E. Jiménez, A. A. Maldonado, and G. Cortés, “ Multi-attribute evaluation and selection of sites for agricultural product warehouses based on an Analytic Hierarchy Process,” Computers and Electronics in Agriculture, vol 100, pp. 60–69, 2014.

นายภูรีวรรธก์ ปานปั้น นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการและระบบการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ดร.ธนัชพร วงศ์เวียน อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การวัดประสิทธิภาพทางการเงินด้วยวิธีล้อมกรอบข้อมูล (DEA) กรณีศึกษา : Non-Bank ผู้ประกอบการธุรกิจบัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคล
Efficiency Measurement of Financial with Data Envelopment Analysis Case Study : Credit Card and Personal Loan Business's Companies

ศรินญา อารำพันธ์[1]* วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์[2]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
E-mail: walailaknoi@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของบริษัทผู้ประกอบธุรกิจบัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคลภายใต้การกำกับดูแลของธนาคารแห่งประเทศไทยโดยใช้วิธีล้อมกรอบข้อมูล (Data Envelopment Analysis: DEA) และ 2)นำเสนอแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน เก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากธนาคารแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นบริษัทที่ประกอบธุรกิจบัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคลทั้งที่มีหลักประกันและไม่มีหลักประกัน โดยการศึกษามีจำนวนบริษัททั้งหมด 16 บริษัทคัดเลือกจากบริษัทที่มีผลประกอบการสุทธิเป็นบวก ซึ่งปัจจัยนำเข้าในแบบจำลองนี้มี 3 ปัจจัย ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ค่าใช้จ่ายอื่นๆ และสินทรัพย์รวม ปัจจัยผลผลิต 3 ปัจจัยได้แก่ รายได้จากการดำเนินงาน รายได้อื่นๆ และกำไร(ขาดทุน)สุทธิ ผลการศึกษาพบว่าบริษัททั้ง 16 บริษัทมีคะแนนประสิทธิภาพด้านขนาดแยกตามปี พ.ศ. 2560 และ 2561 เฉลี่ยเท่ากับ 0.872 และ 0.894 ตามลำดับ ประเมินได้ว่ามีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพค่อนข้างสูง โดยมีบริษัทที่มีประสิทธิภาพด้านขนาด ในปี พ.ศ. 2560 ทั้งหมดจำนวน 8 บริษัทคิดเป็น 50% และในปี พ.ศ. 2561 ทั้งหมด 10 บริษัทคิดเป็น 62.50% โดยมีลักษณะผลตอบแทนต่อขนาดแยกเป็นปีโดยมีทั้งลักษณะผลตอบแทนต่อขนาดลดลง (Decrease Return to Scale : drs) หมายถึงบริษัทมีขนาดการผลิตใหญ่เกินไปมากกว่าจุดที่เหมาะสมและมีลักษณะผลตอบแทนต่อขนาดเพิ่มขึ้น (Increase Return to Scale : irs) หมายถึงบริษัทมีขนาดการผลิตน้อยกว่าจุดที่เหมาะสม โดยข้อมูลที่ได้จากวิจัยสามารถนำไปเป็นแนวทางในการแนะนำการปรับปรุงประสิทธิภาพของหน่วยงานต่อไป

คำสำคัญ: ประสิทธิผลองค์การ วิธีล้อมกรอบข้อมูล ธุรกิจบัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคล

Abstract

The purposes of the research were 1) to compare the effectiveness of credit card and personal loan business's company under corporate governance of Bank of Thailand (BOT) using data envelopment analysis (DEA) method and 2) to present the guideline for operational effectiveness improvements. The secondary data collected from Bank of Thailand (BOT) which comprised of 16 credit card and personal loan business's companies all of collateral and non-collateral and screened companies with a positive performance. There were 3 input factors into the model consisted of operational expenditure, other expenditure and total asset, the output factors were operational income, other income and net profit (loss). Results of the study revealed that all of 16 companies were scale of effective scoring distinguish C.E. 2017 and 2018 average as 0.872 and 0.894 respectively. An evaluation found that the effective average was a relatively high level. There were 8 effective companies accounted for 50% in 2017 and 10 effective companies accounted for 62.50% in 2018, respectively. Returns of scale distinguish on years were decreasing return to scale (drs) which that the company was more productivity too large than equilibrium points and there was increasing return to scale (irs) which that the company was more productivity to less than equilibrium points. The data from the study been able to useful the guideline suggestion for adjust efficiencies of business's company.

Keywords: Organizational effectiveness, Data envelopment analysis approach, Credit card and personal loan business's companies

* Corresponding author: E-mail: walailaknoi@gmail.com
[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. บทนำ

ระบบการเงิน ทำหน้าที่สำคัญในการเป็นตัวกลางในการระดมเงินทุนและจัดสรรทรัพยากรไปสู่ภาคเศรษฐกิจต่างๆ ซึ่งเสถียรภาพระบบการเงิน เป็นเรื่องหนึ่งที่คณะกรรมการนโยบายการเงิน (กนง.)ให้ความสำคัญเนื่องจากระบบการเงินที่ดีต้องมีเสถียรภาพ กล่าวคือ เป็นภาวะที่ระบบการเงินสามารถทนทานต่อแรงกดดันต่างๆทั้งจากภายในและภายนอกประเทศได้เป็นอย่างดี โดยยังทำหน้าที่ให้บริการทางการเงินและสนับสนุนการลงทุนของภาคเศรษฐกิจจริงได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ ระบบการเงินนี้ครอบคลุมหลายองค์ประกอบ เช่น สถาบันการเงิน ตลาดเงิน ตลาดทุน โครงสร้างพื้นฐานทางการเงินต่างๆโดยระบบการเงินที่มีเสถียรภาพจะอำนวยความสะดวกให้ผู้ที่ต้องการกู้เงินเข้าถึงแหล่งเงินทุนของผู้ฝากเงินและทำหน้าให้กลไกของเศรษฐกิจขับเคลื่อนไปได้ต่อเนื่อง เช่น ครัวเรือนสามารถกู้ยืมเงินมาซื้อบ้านและผ่อนชำระได้ตามปกติ ภาคธุรกิจสามารถระดมทุนมาลงทุนต่อยอดธุรกิจได้อย่างคล่องตัว ซึ่งการดูแลเสถียรภาพระบบการเงินต้องอาศัยเครื่องมือที่หลากหลายโดยธนาคารแห่งประเทศไทย (ธปท.) เป็นผู้คอยติดตามภาวะเสถียรภาพทางการเงินผ่านเครื่องชี้วัดต่างๆแล้วจึงดำเนินนโยบายที่เหมาะสมเพื่อลดการสะสมความเสี่ยงในระบบการเงิน

หนึ่งในธุรกิจการเงินที่สำคัญภายใต้การกำกับดูแลของธนาคารแห่งประเทศไทย (ธปท.) [1] คือ Non-Bank ประกอบด้วยธุรกิจบัตรเครดิตคือการให้สินเชื่อเครดิตเพื่อซื้อสินค้าและบริการ รวมถึงการเบิกเงินสดล่วงหน้าโดยขอบเขตของธุรกิจคือการออกบัตรเครดิตให้แก่ผู้ถือบัตรหรือผู้บริโภคที่เป็นผู้มีรายได้หรือฐานะทางการเงินตามเกณฑ์ที่ ธปท. กำหนด ผู้ประกอบธุรกิจบัตรเครดิตอาจมีการเรียกเก็บดอกเบี้ยในหนี้ค้างชำระหรือดอกเบี้ยระหว่างเวลาผิดนัดชำระหนี้ หรือค่าปรับในการชำระหนี้ล่าช้ากว่ากำหนด หรือค่าธรรมเนียม หรือค่าบริการอื่นใดจากผู้ถือบัตรหรือผู้บริโภคได้ แต่ดอกเบี้ย ค่าธรรมเนียมและค่าบริการนั้น เมื่อคำนวณรวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 20 ต่อปี ทั้งนี้ผู้ประกอบธุรกิจบัตรเครดิต อาจคำนวณจำนวนวันตั้งแต่วันที่ทดรองจ่ายเงินเพื่อประโยชน์ของผู้ถือบัตรหรือผู้บริโภคหรือวันสรุปยอดรายการหรือวันที่ผู้ถือบัตรหรือผู้บริโภคต้องชำระเงินหรือถูกหักบัญชีตามใบแจ้งหนี้ก็ได้ อีกส่วนคือธุรกิจสินเชื่อส่วนบุคคลภายใต้การกำกับซึ่ง ธปท.กำกับดูแลธุรกิจสินเชื่อส่วนบุคคลที่ได้รับใบอนุญาตให้ประกอบสินเชื่อส่วนบุคคลภายใต้การกำกับจาก รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคลังซึ่งธุรกิจนี้คือการให้กู้ยืม การรับซื้อ ซื้อลดหรือรับช่วงซื้อลดตั๋วเงิน หรือตราสารเปลี่ยนมืออื่นใดแก่บุคคลธรรมดาโดยมิได้ระบุวัตถุประสงค์หรือ มีวัตถุประสงค์เพื่อได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการและไม่มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้ในการประกอบธุรกิจของตนเอง ขอบเขตของธุรกิจจะให้สินเชื่อส่วนบุคคลในส่วนที่ไม่มีทรัพย์หรือทรัพย์สินเป็นหลักประกัน ซึ่งรวมถึงที่เกิดจากการให้เช่าซื้อและให้ให้เช่าแบบลีสซิ่งในสินค้าที่ผู้ประกอบธุรกิจมิได้จำหน่ายเป็นทางการค่าปกติยกเว้นในสินค้าประเภทรถยนต์และรถจักรยานยนต์ โดยในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่า ผู้ประกอบการธุรกิจดังกล่าวถือเป็นหน่วยธุรกิจที่สำคัญมากในระบบเศรษฐกิจเนื่องมาจากพฤติกรรมการใช้จ่ายของผู้บริโภคที่นิยมการใช้บัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคลส่งผลให้ตลาดบัตรเครดิตปี 2561-2563 มีแนวโน้มที่ดีต่อเนื่องโดยคาดว่าจะเติบโตที่ระดับ 6.30 %[2]

ดังได้กล่าวถึงความสำคัญของระบบการเงินไทยและธุรกิจหนึ่งที่สำคัญในระบบการเงินไทยข้างต้นนั้นว่า เป็นส่วนขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศและมีแนวโน้มที่เพิ่มความสำคัญมากยิ่งขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาและวัดประสิทธิภาพของแต่ละบริษัทที่ประกอบการธุรกิจบัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคลด้วยเทคนิคการล้อมกรอบข้อมูล [3] ซึ่งเป็นการวัดประสิทธิภาพเชิงเทคนิคของหน่วยผลิตโดยใช้ระเบียบวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม DEAP [4] ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินการให้กับแต่ละองค์กรเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพอย่างสูงสุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประสิทธิผลองค์การ

ความหมายของประสิทธิผลขององค์การ หมายถึงขนาดของความสามารถขององค์การในการที่จะสามารถทำงานบรรลุเป้าหมายต่างๆที่กำหนดไว้อีกความหมายของประสิทธิผลขององค์การ หมายถึง สมรรถนะ (Capacity) ขององค์การในการที่จะอยู่รอด (Survive) ปรับตัว (Adapt) รักษาสภาพ (Maintain) และเติบโต (Grow) ไม่ว่าองค์การนั้นจะมีหน้าที่ใด ประสิทธิผลขององค์การจะมีขึ้นได้ย่อมขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ว่า องค์การสามารถทำประโยชน์จากสภาพแวดล้อมจนบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งใจไว้ แต่สิ่งที่สำคัญที่สุดอยู่เบื้องหลังควบคู่กับประสิทธิผล คือ ความมีประสิทธิภาพ (Efficiency) ซึ่งหมายถึงการมีสมรรถนะสูงสามารถมีระบบการทำงานที่ก่อให้เกิดผลได้สูงโดยได้ผลผลิตที่มีมูลค่าสูงกว่ามูลค่าทรัพยากรที่ใช้ไป

2.2 ประสิทธิผลของการปฏิบัติงาน

ประสิทธิผลของการปฏิบัติงานคือผลสำเร็จอันเป็นผลเนื่องมาจากการปฏิบัติงานตามโครงการหรือแผนงานนั้นตามวัตถุประสงค์ขององค์การที่ได้ตั้งไว้ หรือได้คาดหวังไว้ โดยหากนำมาศึกษาแล้วพบว่าประสิทธิผลนั้น หมายถึง ผลสำเร็จที่เกิดขึ้นเมื่อสามารถทำกิจการนั้นให้สำเร็จตามที่คิดหรือวางไว้ เรียกว่าการทำงานนั้นมีประสิทธิภาพ แนวความคิดสมัยใหม่ในการจัดกิจการงานจะเริ่มต้นที่การตั้งจุดสำเร็จของงาน นั่นคือในการวางแผนองค์การนั้น ณ จุดเริ่มต้นของงานจะมีการตั้งเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ว่าผลสำเร็จที่ต้องการนั้นคืออะไร ประสิทธิผล (Effectiveness) หมายถึง การที่ดำเนินโครงการหรืองานอย่างหนึ่ง อย่างใดแล้วปรากฏว่าผลเกิดขึ้น (Outcomes) หรือผลผลิตที่เกิดขึ้น (Output) ณ ระดับหนึ่งระดับใดเป็นเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้มีการใช้ทรัพยากร (Resources) หรือปัจจัยนำเข้า (Inputs) มากน้อยเพียงใด ถ้าใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยนำเข้ามาดำเนินการในโครงการหรืองานใดน้อยที่สุด และผลที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ การดำเนินโครงการนั้นจะมีประสิทธิผลสูงสุด ในทางตรงกันข้ามโครงการใดแม้ว่าจะสามารถดำเนินการตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่กำหนดไว้เหมือนกันก็ตาม แต่ใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยนำเข้ามากกว่าโครงการอื่นๆโครงการนั้นก็จะไม่ใช่โครงการที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ในปัจจุบันมักเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่าแนวความคิดเรื่องประสิทธิผล คือ ตัวการที่จะเป็นเครื่องมือตัดสินในขั้นสุดท้ายว่าการบริหารและองค์การประสบความสำเร็จหรือไม่เพียงใด อย่างไรก็ตามคำว่าประสิทธิผลยังมีความแตกต่างกันอยู่ในความเข้าใจของนักวิชาการต่างสาขากัน สำหรับนักเศรษฐศาสตร์หรือนักวิเคราะห์ทางการเงินประสิทธิผลขององค์การ (Organization Effectiveness) มีความหมายอย่างเดียวกันกับผลกำไร (Profit) หรือผลประโยชน์จากการลงทุน (Return on Investment) สำหรับผู้จัดการฝ่ายผลิต ประสิทธิผลมักหมายถึงคุณภาพหรือปริมาณของผลผลิตที่เป็นสินค้าหรือบริการ สำหรับนักวิทยาศาสตร์การวิจัยประสิทธิผลอาจถูกตีความในรูปของจำนวนสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ หรือผลผลิตใหม่ๆขององค์การ

กล่าวโดยสรุปประสิทธิผลจึงหมายถึง ขีดความสามารถของการบรรลุวัตถุประสงค์นั่นเอง แนวคิดของแต่ละสาขาวิชาการทำให้เกิดความคิดที่แตกต่างกันต่อวิธีการในการปรับปรุงประสิทธิผลขององค์การให้ดีขึ้น โดยที่นักวิชาการหรือนักบริหารต่างสาขาต่างก็มองด้วยสมมุติฐานของตนเอง ดังนั้นความพยายามที่จะประเมินประสิทธิผลขององค์การจึงจำเป็นที่จะต้องครอบคลุมตัวแปรหรือบรรทัดฐานหลายประการเพื่อให้ได้มาซึ่งประโยชน์ในการปรับปรุงประสิทธิผลขององค์การอย่างแท้จริง

2.3 วิธีโอบล้อมข้อมูล

วิธีโอบล้อมข้อมูล (Data Envelopment Analysis หรือ DEA) เป็นวิธีการประมาณค่าที่ไม่อิงพารามิเตอร์ (Nonparametric Method) ในการวัดประสิทธิภาพของหน่วยผลิตโดยไม่กำหนดรูปแบบของฟังก์ชันที่แน่นอนสำหรับขอบเขตประสิทธิภาพ (Efficient Frontier) แต่ขอบเขตประสิทธิภาพจะถูกคำนวณขึ้นโดยใช้ระเบียบวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่าโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) จากนั้นจะทำการคำนวณหาค่าคะแนนประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบกับขอบเขตประสิทธิภาพที่สร้างขึ้นดังกล่าวในขณะที่วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parametric Method) จะเริ่มจากการคำนวณหาฟังก์ชันขอบเขตประสิทธิภาพที่กำหนดไว้

แนวคิดการวัดประสิทธิภาพแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการวิเคราะห์ด้านปัจจัยนำเข้าหรือปัจจัยการผลิต (Input Orientation) คือการควบคุมต้นทุนให้น้อยที่สุดโดยการลดปัจจัยการผลิตโดยที่จำนวนผลผลิตยังคงที่และการวิเคราะห์ด้านผลผลิต (Output Orientation) เพื่อเพิ่มผลผลิตภายใต้ปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ซึ่งทั้งสองส่วนเป็นส่วนที่ใช้วัดประสิทธิภาพทางเทคนิค (Technical Efficiency)

ข้อสมมติในการกำหนดผลตอบแทน 2 แบบคือ อัตราผลตอบแทนคงที่ (Constant Return to Scale: CRS) โดยใช้วัดกรณีที่มีผลตอบแทนต่อขนาดคงที่หรือเมื่อหน่วยผลิตทุกหน่วยมีการดำเนินการผลิต ณ ระดับที่เหมาะสม อีกรูปแบบหนึ่งคืออัตราผลตอบแทนแปรผัน (Variable Return to Scale: VRS) โดยใช้วัดกรณีที่มีการแข่งขันไม่สมบูรณ์จึงทำให้หน่วยธุรกิจหนึ่งไม่ได้ดำเนินการผลิตอยู่ในระดับที่เหมาะสม

จากแนวคิดการวัดประสิทธิภาพและข้อสมมติในการกำหนดผลตอบแทนดังกล่าวข้างต้นทำให้สามารถสรุปรูปแบบการจำลองภายใต้ข้อสมมติต่าง ๆ ทั้ง 4 แบบได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: แบบจำลองด้วยวิธีโอบล้อมข้อมูลภายใต้ข้อสมมติที่ต่างกัน

CRS & Input orientation	CRS & Output orientation
$\mathrm{Min}_{\theta,\lambda}\ \theta$ โดยที่ $-y_{rk} + \sum_{j=1}^{J} y_{rj}\lambda_{jk} \geq 0$ $\theta x_{ik} - \sum_{j=1}^{J} x_{ij}\lambda_{jk} \geq 0$ $\lambda_{jk} \geq 0$	$\mathrm{Max}_{\varphi,\lambda}\ \varphi$ โดยที่ $-\varphi y_{rk} + \sum_{j=1}^{J} y_{rj}\lambda_{jk} \geq 0$ $x_{ik} - \sum_{j=1}^{J} x_{ij}\lambda_{jk} \geq 0$ $\lambda_{jk} \geq 0$
VRS & Input orientation	VRS & Output orientation
$\mathrm{Min}_{\theta,\lambda}\ \theta$ โดยที่ $-y_{rk} + \sum_{j=1}^{J} y_{rj}\lambda_{jk} \geq 0$ $\theta x_{ik} - \sum_{j=1}^{J} x_{ij}\lambda_{jk} \geq 0$ $\sum_{j=1}^{J} \lambda_{jk} = 1$ $\lambda_{jk} \geq 0$	$\mathrm{Max}_{\varphi,\lambda}\ \varphi$ โดยที่ $-\varphi y_{rk} + \sum_{j=1}^{J} y_{rj}\lambda_{jk} \geq 0$ $x_{ik} - \sum_{j=1}^{J} x_{ij}\lambda_{jk} \geq 0$ $\sum_{j=1}^{J} \lambda_{jk} = 1$ $\lambda_{jk} \geq 0$
เมื่อ i คือ ปัจจัยการผลิตที่ i r คือ ปัจจัยผลผลิตที่ r j คือ หน่วยผลิต (บริษัท) ที่ j k คือ หน่วยผลิตที่กำลังพิจารณา x_{ij} คือ จำนวนของปัจจัยการผลิตที่ i ของหน่วยผลิตที่ j y_{rj} คือ จำนวนของปัจจัยผลผลิตที่ r ของหน่วยผลิตที่ j θ, φ คือ คะแนนประสิทธิภาพของหน่วยผลิต λ คือ น้ำหนักของปัจจัย	

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DEA จะนำสู่การสรุปผลต่อแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของบริษัทซึ่งแบ่งได้เป็น 3 แนวทาง คือ

1) ผลตอบแทนคงที่ (Constant Returns to Scale: crs) เมื่อขนาดของหน่วยงานนั้น ๆ เหมาะสมดีแล้วหรือเป็นหน่วยงานที่อยู่บนแนวหน้า
2) ผลตอบแทนต่อขนาดเพิ่มขึ้น (Increasing Returns to Scale: irs) เมื่อขนาดของหน่วยงานมีขนาดเล็กเกินไปเมื่อเทียบกับหน่วยงานที่อยู่บนแนวหน้า ดังนั้นหน่วยงานสามารถเพิ่มหรือขยายกิจการได้ โดยอัตราผลตอบแทนหลังขยายหน่วยงานยังมีอัตราที่เพิ่มขึ้น
3) ผลตอบแทนต่อขนาดลดลง (Decrease Returns to Scale: drs) เมื่อขนาดของหน่วยงานมีขนาดใหญ่เกินไปเมื่อเทียบกับหน่วยงานที่อยู่บนแนวหน้า ดังนั้นหน่วยงานไม่ควรขยายกิจการเพราะจะทำให้อัตราผลตอบแทนภายหลังการขยายหน่วยงานมีค่าลดลง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สวรินทร์ ประดิษฐ์อุกฤษฎ์ รัญชนา สินธวาลัย นภิสพร มีมงคล [5] ประเมินประสิทธิภาพของสหกรณ์ของทุนสวนยางในจังหวัดสงขลาจำนวน 48 สหกรณ์ โดยเครื่องมือที่ใช้คือ วิธีล้อมกรอบข้อมูล (DEA) ผ่านปัจจัยนำเข้า 4 ปัจจัยคือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน จำนวนสมาชิก จำนวนหุ้นของสหกรณ์และพื้นที่ปลูกยางของสมาชิกโดยมีปัจจัยผลผลิต 2 ปัจจัย คือ ปริมาณรับซื้อน้ำยางและรายได้เฉพาะธุรกิจ โดยในการเลือกปัจจัยระบุภายใต้ทฤษฎีมุมมองทรัพยากรพื้นฐานผลการวิจัยพบว่า มี 11 สหกรณ์ที่แสดงให้เห็นถึงความมีประสิทธิภาพในการดำเนินงาน และ 37 สหกรณ์ที่ยังขาดประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยแสดงค่าเป้าหมายที่ทั้ง 37 สหกรณ์ต้องปรับปรุงเพื่อความมีประสิทธิภาพ

พนิดา พรหมสาขา ณ สกลนครและนงค์นิตย์ จันทร์จรัส[6] ศึกษาประสิทธิภาพการดำเนินงานของธนาคารเกียรตินาคินและธนาคารทิสโก้ ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2551 โดยใช้วิธี Data Envelopment Analysis ภายใต้แบบจำลอง 2 แบบ คือ แบบจำลอง CCR และแบบจำลอง BCC ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ปัจจัยการผลิต (Input) ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายดอกเบี้ย ค่าใช้จ่ายอาคารสถานที่และเครื่องใช้สำนักงาน ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพนักงาน และค่าธรรมเนียมและค่าบริการ ตัวแปรด้านผลผลิต (Output) ได้แก่ รายได้ดอกเบี้ยและรายได้ที่มิใช่ดอกเบี้ย ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ ในปี พ.ศ. 2547 – 2551 ธนาคารทิสโก้เป็นธนาคารที่มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานสูงสุด (ค่าคะแนนประสิทธิภาพเท่ากับ 1) ซึ่งในช่วงเวลาที่ทำการศึกษานั้นเศรษฐกิจประสบภาวะวิกฤติทั่วโลก ธนาคารพาณิชย์จึงควรมีนโยบายการควบคุมค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทุกด้านให้มีสัดส่วนเหมาะสม เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าธนาคารที่มีรายได้มากที่สุด มิได้หมายความว่าธนาคารนั้นมีประสิทธิภาพในการดำเนินงานมากที่สุดแต่จะต้องเป็นธนาคารที่สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายที่มีมากเกินความจำเป็นรวมถึงการปล่อยสินเชื่อที่มีคุณภาพและใช้กลยุทธ์ในการเพิ่มรายได้ที่มิใช่ดอกเบี้ยจากผลิตภัณฑ์ต่างๆที่หลากหลาย

วรเชษฐ วานิชสุขสมบัติ[7] เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดำเนินงานของธนาคารพาณิชย์ที่ควบรวมกิจการ และศึกษาความสัมพันธ์ 1) ขนาดของธนาคารพาณิชย์และ 2) สัดส่วนการถือหุ้นของชาวต่างชาติ มีผลต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานที่แตกต่าง ได้ศึกษาจากธนาคารพาณิชย์ที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยที่ควบรวมกิจการตั้งแต่ปี 2542-2547 รวมทั้งสิ้น 7 แห่ง วัดประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยใช้อัตราส่วนทางการเงิน (Financial Ratios) และตัวแบบจำลอง Data

Envelopment Analysis อีกทั้งวิเคราะห์ผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS สถิติที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ การทดสอบค่าเฉลี่ย 2 ประชากร การทดสอบแบบจับคู่โดยใช้ t-test ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และวิเคราะห์ผลแบบ Sensitivity เพื่อหาปัจจัยนำเข้าหลักที่สำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดำเนินงาน ผลการวิจัยแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกการวัดและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดำเนินงาน พบว่าธนาคารพาณิชย์ที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยมีประสิทธิภาพในการดำเนินงานดีขึ้นตามลำดับและมีจุดเด่นที่แตกต่างกันไป เช่น ธนาคารพาณิชย์บางแห่งมีการใช้สินทรัพย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ บางแห่งมีความสามารถในการหาแหล่งเงินฝากได้เป็นอย่างดี ส่วนที่สองทดสอบสมมติฐานพบว่าธนาคารพาณิชย์แต่ละขนาดมีประสิทธิภาพการดำเนินงานที่แตกต่างกัน ส่วนในเรื่องการถือหุ้นโดยชาวต่างชาตินั้นไม่มีต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานที่แตกต่างกัน และสุดท้ายในส่วนที่สามหาปัจจัยนำเข้าหลักที่สำคัญที่มีผลต่อปะสิทธิภาพการดำเนินงานของธนาคารพาณิชย์ คือ1) ดอกเบี้ยจ่าย 2) เงินให้สินเชื่อ ทั้งนี้พบว่าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพนักงานมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการดำเนินงาน ดังนั้น หากในอนาคตธนาคารพาณิชย์ได้เปิดเผยข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับพนักงานจะก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ถือหุ้นเป็นอย่างมาก

ประภัสสร วารีศรี และ สุบรรณ เอี่ยมวิจารณ์[8] ทำการศึกษาประสิทธิภาพการดำ เนินงานของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย หมวดธุรกิจเกษตร จำนวน 5 บริษัท ใช้ข้อมูลจากรายงานประจำ ปี พ.ศ. 2558 ของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย วิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการดำ เนินงานด้วยวิธีการวิเคราะห์การล้อมกรอบข้อมูล (Data Envelopment Analysis : DEA) ด้านปัจจัยการผลิต (Input Oriented) ผลการวิจัยพบว่า บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย หมวดธุรกิจเกษตร จำนวน 1 บริษัท คิดเป็นร้อยละ 20 ของบริษัทฯ ทั้งหมดที่มีประสิทธิภาพในการดำเนินงาน และคะแนนประสิทธิภาพเฉลี่ยในข้อสมมติ CRS เท่ากับ 0.53 คะแนน ประสิทธิภาพเฉลี่ยภายใต้ข้อสมมติ VRS เท่ากับ 0.69 และ Scale Efficiency เฉลี่ยเท่ากับ 0.70

กฤชญา ว่องตาประดิษฐ์ [9] ศึกษาประสิทธิภาพในการดำเนินงานกับการปรับโครงสร้างธุรกิจเงินทุนและหลักทรัพย์เพื่อให้เห็นโครงสร้างลักษณะการดำเนินงาน ความเสี่ยง และผลตอบแทนของแต่ละธุรกิจอย่างชัดเจนเพื่อเป็นแนวทางในการปรับโครงสร้างการดำเนินงานและเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน โดยใช้ข้อมูลงบการเงินย้อนหลัง 3 ปี (ปี 2536-2538) ของบริษัทหลักทรัพย์ 14 บริษัทบริษัทเงินทุน 22 บริษัทและบริษัทเงินทุนหลักทรัพย์ 35 บริษัทด้วยวิธีการ DEA (Data Envelopment Analysis) รวมทั้งวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงินเพื่ออธิบายลักษณะโครงสร้างธุรกิจ พบว่า ในกลุ่มบริษัทหลักทรัพย์มีบริษัทที่มีประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ตามโมเดล DEA 5 บริษัทจาก 14 บริษัท คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 35.7 ในกลุ่มบริษัทเงินทุน มีบริษัทที่มีประสิทธิภาพ 5 บริษัท จาก 22 บริษัท คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 22.7 และกลุ่มบริษัทเงินทุนหลักทรัพย์มีบริษัทที่มีประสิทธิภาพ 8 บริษัท จาก 35 บริษัท คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 22.8 บริษัทที่มีประสิทธิภาพในแต่ละกลุ่ม จะเป็นตัวอ้างอิงในการกำหนด แนวทางการปรับโครงสร้างการดำเนินงานของบริษัทอื่น ๆ ที่ไม่มีประสิทธิภาพต่อไปไม่ว่าจะเป็นแนวทางในการปรับเพิ่มปริมาณผลผลิตและแนวทางการปรับลดปัจจัยการผลิต โดยผลสรุปในการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปัจจัยการผลิตในส่วนดอกเบี้ยจ่ายมีบทบาทสำคัญต่อความมีประสิทธิภาพของธุรกิจเงินทุนและหลักทรัพย์อย่างมาก นอกจากนี้การศึกษายังพบว่าบริษัทที่มีประสิทธิภาพมักมีการกระจายแหล่งที่มาของรายได้ในหลายๆธุรกิจมากกว่าเน้นเฉพาะธุรกิจใดธุรกิจหนึ่ง โดยการศึกษาจากโมเดล DEA จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนจัดการ เพื่อปรับปรุงการดำเนินงานของบริษัทผู้ประกอบธุรกิจเงินทุนและหลักทรัพย์ให้มีประสิทธิภาพในการดำเนินธุรกิจเพิ่มสูงขึ้น ต่อไป

วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ และกนกกรรณ ลี้โรจนาประภา [10] ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโรงงานอุตสาหกรรมการเตรียมเส้นใยสิ่งทอ (ISIC CODE 13111) ในประเทศไทยโดยใช้วิธีโอบล้อมข้อมูล (Data Envelopment Analysis: DEA) และเพื่อนำเสนอแนวทางสำหรับผู้ประกอบการในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน เก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นโรงงานที่มีการจดทะเบียนและได้รับอนุญาตเปิดดำเนินการในปี 2558 โดยแบ่งโรงงานอุตสาหกรรมในการศึกษานี้ออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มเครื่องจักรไม่เกิน 50 แรงม้าซึ่งไม่มีการฟอกย้อมสีจำนวน 9 โรงงาน และกลุ่มเครื่องจักรเกิน 50 แรงม้าหรือโรงงานทุกขนาดซึ่งมีการฟอกย้อมสีจำนวน 307 โรงงาน ซึ่งปัจจัยนำเข้าในแบบจำลองนี้มี 7 ปัจจัย ประกอบด้วยเงินลงทุนค่าที่ดิน เงินลงทุนด้านอาคาร เงินลงทุนค่าเครื่องจักร เงินทุนหมุนเวียน พื้นที่อาคาร พื้นที่โรงงานและจำนวนแรงงาน และปัจจัยผลผลิตได้แก่

แรงม้าดำเนินการ ผลการศึกษาพบว่าโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มที่ 1 มีคะแนนประสิทธิภาพเฉลี่ย 0.769 ในขณะที่โรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มที่ 2 มีคะแนนประสิทธิภาพเฉลี่ย 0.482 โดยโรงงานในกลุ่มที่ 1 มีโรงงานที่มีประสิทธิภาพทั้งสิ้น 6 โรงงาน คิดเป็น 67% ในขณะที่โรงงานกลุ่มที่ 2 มีโรงงานที่มีประสิทธิภาพทั้งสิ้น 14 โรงงาน คิดเป็น 4.6% เมื่อเปรียบเทียบรายปัจจัยนำเข้าภายใต้ข้อสมมติผลตอบแทนต่อขนาดผันแปร (Variable Returns to Scale: VRS) พบว่าปัจจัยด้านพื้นที่อาคารและเงินลงทุนด้านอาคารเป็นปัจจัยที่มีเปอร์เซ็นต์ควรปรับปรุงโดยเฉลี่ยสูงสุดในทั้ง 2 กลุ่มโรงงาน

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

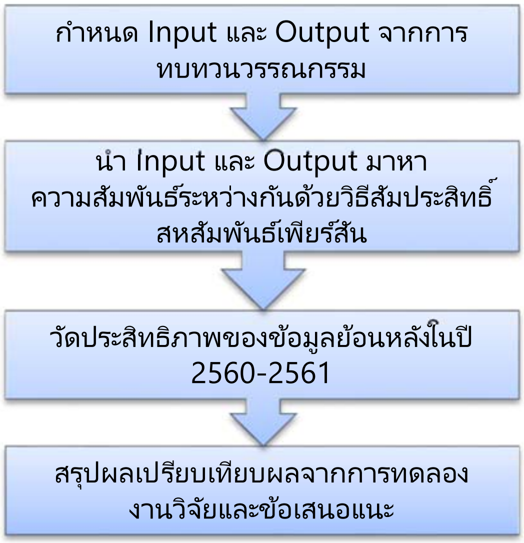
3.1 ขอบเขตการศึกษาและที่มาของข้อมูล

หน่วยผลิตในการศึกษานี้คือ บริษัทที่ดำเนินกิจการด้านบัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคล เป็นข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2560–2561 ซึ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมเป็นข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยบริษัทดังกล่าวข้างต้นเป็นส่วนหนึ่งของระบบการเงินไทยและอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของธนาคารแห่งประเทศไทย

จากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นพบว่า บริษัททั้ง 16 บริษัทเป็นบริษัทที่ดำเนินกิจการทั้งด้านบัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคลที่มีหลักประกันและไม่มีหลักประกันโดยมีการบันทึกข้อมูลงบการเงินที่สำคัญอย่างครบถ้วน ไม่มีค่าข้อมูลสูญหาย (Missing Data) และมีผลการดำเนินงานที่มีกำไรโดยดูจากผลกำไร (ขาดทุน) สุทธิ จากงบการเงินบริษัทจึงนำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้

ผู้วิจัยเริ่มดำเนินการวิจัยจากการค้นหาข้อมูลงบการเงินของบริษัทผู้ประกอบธุรกิจบัตรเครดิตและธุรกิจสินเชื่อส่วนบุคคลทำการเก็บรวบรวมข้อมูลงบการเงินเฉพาะบริษัทที่มีผลประกอบการ (กำไร/ขาดทุนสุทธิ) เป็นบวก โดยการดำเนินงานวิจัยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยวิธีล้อมกรอบข้อมูล (DEA) ในการวัดประสิทธิภาพการดำเนินงานของบริษัทดังกล่าวข้างต้น ซึ่งในขั้นตอนแรกทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีล้อมกรอบข้อมูลของสถาบันการเงินและบริษัททั่วๆไปเพื่อคัดเลือกปัจจัยนำเข้า (Input) และปัจจัยผลลัพธ์ (Output) โดยแสดงไว้ในตารางที่ 2 และผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิต โดยในการเลือกปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิต ควรคำนึงว่าปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตต้องมีความสัมพันธ์เชิงบวก กล่าวคือควรเลือกปัจจัยที่สำคัญเท่านั้นเพื่อสามารถวัดความสามารถของหน่วยผลิตได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างแต่ละปัจจัย โดยพบว่าปัจจัยด้านรายได้อื่นๆไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เนื่องจากรายได้อื่นๆ คือ รายได้ที่มิได้เกิดจากการดำเนินงานตามปกติของกิจการแต่เป็นผลพลอยได้จากการดำเนินงาน เช่น การขายสินทรัพย์ประเภทที่ดิน อาคาร อุปกรณ์ ดอกเบี้ยเงินฝาก ซึ่งปัจจัยในด้านนี้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านอื่นๆทุกปัจจัยรวมถึงปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายอื่นๆ ซึ่งหมายถึงค่าใช้จ่ายที่นอกเหนือจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เช่น ดอกเบี้ยจ่าย ผลขาดทุนจากการขายสินทรัพย์ซึ่งมีความสมเหตุสมผล ผู้วิจัยจึงเห็นว่าทุกปัจจัยมีความเหมาะสมในการใช้วัดประสิทธิภาพของกิจการ ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยเมื่อได้ปัจจัยทั้งหมดแล้วผู้วิจัยนำปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิตมาดำเนินการขั้นตอนต่อไปคือ การดำเนินการวัดประสิทธิภาพด้วยค่าคะแนนประสิทธิภาพผลผลิต (Output–Oriented Measure) และนำข้อมูลผลการดำเนินงานจากงบการเงินย้อนหลัง 2 ปี คือตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560–2561 มาทดสอบกับแบบจำลอง สรุปผลเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังแสดงรูปที่ 1

รูปที่ 1: ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



ตารางที่ 2: ปัจจัยผลผลิตและปัจจัยนำเข้า

ปัจจัยผลผลิต	ตัวแปร	ปัจจัยนำเข้า	ตัวแปร
1.	Y_1 (รายได้ดำเนินงาน)	1.	X_1 (ค่าใช้จ่ายดำเนินงาน)
2.	Y_2 (รายได้อื่นๆ)	2.	X_2(ค่าใช้จ่ายอื่นๆ)
3.	Y_3(กำไรสุทธิ)	3.	X_3(สินทรัพย์รวม)

ตารางที่ 3 : ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ

	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3
X_1	1	.001 (.656)**	.014 (.494)*	.000 (.859)**	.157 (.298)	.000 (.735)**
X_2		1	.016 (.484)*	.000 (.819)**	.002 (.611)**	.000 (.692)**
X_3			1	.000 (.778)**	.005 (.558)**	.000 (.819)**
Y_1				1	.018 (.479)*	.000 (.936)**
Y_2					1	.006 (.546)**
Y_3						1

หมายเหตุ : * p–value < 0.05 , ** p–value < 0.01

3.3 การกำหนดตัวแบบการวิเคราะห์

สำหรับการศึกษาครั้งนี้จะใช้เป้าหมายด้านปัจจัยผลผลิตเพื่อพิจารณาว่าควรดำเนินการอย่างไรเพื่อเพิ่มผลผลิตภายใต้ปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ (Output Orientation) โดยข้อมูลมีอัตราผลตอบแทนแปรผัน (Variable Return to Scale: VRS) มาใช้ในการศึกษาและเลือกใช้โปรแกรม DEAP 2.1 ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธีการโอบล้อมข้อมูล (DEA)

4. ผลการศึกษา

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีล้อมกรอบข้อมูล (DEA) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของบริษัทผู้ประกอบการธุรกิจบัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคล โดยการวิเคราะห์จะแสดงค่าคะแนนประสิทธิภาพ (Scale Efficiency : SE) โดยบริษัทที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจะมีคะแนนประสิทธิภาพเท่ากับ 1 ส่วนบริษัทที่ไม่มีประสิทธิภาพจะมีคะแนนประสิทธิภาพ (Scale Efficiency : SE) น้อยกว่า 1 ซึ่งจากข้อมูลพบว่าบริษัททั้ง 16 บริษัทมีคะแนนประสิทธิภาพด้านขนาดแยกตามปี พ.ศ. 2560 และ 2561 โดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.872 และ 0.894 ตามลำดับ ประเมินได้ว่ามีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพค่อนข้างสูง โดยในปี พ.ศ.2560มีบริษัทที่มีประสิทธิภาพทั้งสิ้น 8 บริษัท และในปีพ.ศ.2561มีทั้งสิ้น 10 บริษัท แยกเป็นปี พ.ศ. 2560 คือบริษัทที่ 2, 5, 6, 7, 11, 13, 14 และ 16 ปี พ.ศ. 2561 คือบริษัทที่ 1, 2, 3, 6, 7, 9, 11, 12, 14 และ 16 โดยคิดเป็น 50% และ 62.50% และมีจำนวนบริษัทที่ไม่มีประสิทธิภาพในปี พ.ศ. 2560 จำนวนทั้งสิ้น 8 บริษัท และในปีพ.ศ. 2561 จำนวนทั้งสิ้น 6 บริษัท โดยหมายถึงมีการดำเนินการผลิตที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากค่า TE_{CRS} และ ค่า TE_{VRS} ที่คำนวณได้มีค่าต่างกันโดยที่ค่า TE_{CRS} น้อยกว่าค่า TE_{VRS} โดยมีลักษณะผลตอบแทนต่อขนาดแยกเป็นปี พ.ศ.2560 บริษัทที่ 1, 4, 8, 9, 10, 12 และ 15 มีลักษณะผลตอบแทนต่อขนาดลดลง (Decrease Return to Scale: drs) หมายถึงบริษัททั้ง 7 มีขนาดการผลิตใหญ่เกินไปมากกว่าจุดที่เหมาะสม ในส่วนบริษัทที่ 3 มีลักษณะผลตอบแทนต่อขนาดเพิ่มขึ้น (Increase Return to Scale irs) หมายถึงบริษัทมีขนาดการผลิตน้อยกว่าจุดที่เหมาะสม ในปี 2561 ก็เช่นกันมีลักษณะผลตอบแทนต่างๆ ตามรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ตารางที่ 4 : คะแนนประสิทธิภาพรายบริษัทปี 2560

บริษัท	TE_{CRS}	TE_{VRS}	ค่าคะแนนประสิทธิภาพ (SE)	แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพ
1	0.560	0.611	0.918	drs
2	1	1	1	-
3	0.747	0.766	0.975	irs
4	0.776	1	0.776	drs
5	1	1	1	-
6	1	1	1	-
7	1	1	1	-
8	0.801	1	0.801	drs
9	0.794	0.874	0.908	drs
10	0.752	1	0.752	drs
11	1	1	1	-
12	0.642	0.704	0.912	drs
13	1	1	1	-
14	1	1	1	-
15	0.876	1	0.876	drs
16	1	1	1	-
ค่าเฉลี่ย	**0.872**	**0.935**	**0.932**	

ตารางที่ 5 : คะแนนประสิทธิภาพรายบริษัทปี 2561

บริษัท	TE_{CRS}	TE_{VRS}	ค่าคะแนนประสิทธิภาพ (SE)	แนวทางเพิ่มประสิทธิภาพ
1	1	1	1	-
2	1	1	1	-
3	1	1	1	-
4	0.785	1	0.785	drs
5	0.838	0.849	0.987	irs
6	1	1	1	-
7	1	1	1	-
8	0.490	1	0.490	drs
9	1	1	1	-
10	0.877	1	0.877	drs
11	1	1	1	-
12	1	1	1	-
13	0.788	1	0.788	irs
14	1	1	1	-
15	0.527	1	0.527	drs
16	1	1	1	-
ค่าเฉลี่ย	**0.894**	**0.991**	**0.903**	

เมื่อใช้ข้อสมมติฐานค่าตอบแทนต่อขนาดแปรผัน (VRS) จากตารางที่ 4 และ 5 พบว่ามีจำนวนบริษัทที่มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นโดยในปี 2560 พบว่ามีเพียง 4 บริษัทที่มีคะแนนประสิทธิภาพต่ำกว่า 1 และปี 2561 มีเพียงบริษัทลำดับที่ 5 เพียงบริษัทเดียวที่มีคะแนนประสิทธิภาพทางเทคนิคต่ำกว่า 1

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์คือมุ่งเน้นวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของบริษัทผู้ประกอบธุรกิจบัตรเครดิตและสินเชื่อส่วนบุคคลภายใต้การกำกับดูแลของธนาคารแห่งประเทศไทย ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของระบบการเงินไทยด้วยเทคนิค DEA โดยมีการทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

จากการทดสอบกับกลุ่มบริษัทตัวอย่าง 16 บริษัทด้วยเทคนิค DEA ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าในปี พ.ศ. 2560- 2561 พบว่ามีจำนวนบริษัทที่มีค่าคะแนนประสิทธิภาพต่ำกว่า 1 ลดน้อยลง โดยในปี 2560 พบว่ามี 4 แห่ง ต่อมาในปี 2561 ลดลงเหลือเพียง 1 แห่ง โดยจะขอกล่าวถึงแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของบริษัทที่ 5 โดยพบว่าในปี 2560บริษัทมีค่าคะแนนประสิทธิภาพเท่ากับ1 นั่นหมายความว่าบริษัทมีการดำเนินงานที่เหมาะสมแล้ว หากแต่ในปี 2561 พบว่าค่าคะแนนประสิทธิภาพลดลงนั่นหมายถึงมีการดำเนินงาน ณ จุดที่ไม่เหมาะสม เมื่อเทียบกับหน่วยงานที่อยู่บนแนวหน้า นั่นแสดงว่าหน่วยงานหรือบริษัทสามารถเพิ่มหรือขยายกิจการเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของบริษัทให้ดีขึ้นได้ โดยในรายละเอียดพบว่าจากปัจจัยต่างๆ ทั้งปัจจัยนำเข้าและปัจจัยผลผลิต สามารถอธิบายได้ว่าในส่วนของค่าใช้จ่ายบริษัทสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายอื่นๆได้โดยอยู่ในจุดที่เหมาะสม ส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานพบว่าบริษัทมีค่าใช้จ่ายในจุดนี้มากเกินไปซึ่งในการลดค่าใช้จ่ายตรงส่วนนี้สามารถทำได้ในหลายวิธี เช่นลดต้นทุนสินค้าโดยมุ่งเน้นลดต้นทุน Fixed Cost แทน เพราะส่วนใหญ่จะไม่มีผลกระทบต่อรายได้โดยตรงแต่จะทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงได้อีกด้วย เมื่อค่าใช้จ่ายลดลงต่อเดือนรายรับที่ได้มาจะเพิ่มมากขึ้นกลายเป็นกำไรที่เพิ่มขึ้นได้อีกด้วย โดย Fixed Cost ที่ เช่น ใช้พื้นที่หน่วยงานให้เล็กลงเพื่อลดค่าใช้จ่าย เลือกอุปกรณ์สำนักงานที่ทนทานและประหยัดไฟ เป็นต้น เมื่อมองในมุมของรายได้บริษัทควรเพิ่มรายได้จากการดำเนินงานและรายได้อื่นๆ โดยรายได้และกำไรควรเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอไม่ผันผวน ผู้วิจัยเห็นว่าการลดลงของค่าใช้จ่ายตามที่อธิบายไปแล้วนั้นก็ถือเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้รายได้จากการดำเนินงานรวมทั้งกำไรสุทธิเพิ่มขึ้น ส่วนรายได้อื่นๆ ที่จากการวิจัยชี้ว่าควรเพิ่มได้อีก รายได้อื่นๆ คือรายได้ที่ไม่ได้เกิดจากการดำเนินงานตามปกติของกิจการแต่เป็นรายได้ที่ได้รับมาเนื่องจากการประกอบกิจการซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการดำเนินงาน เช่นจากการขายทรัพย์สินประเภทที่ดิน อาคาร อุปกรณ์ หรือดอกเบี้ยเงินฝากธนาคาร ดังนั้นบริษัทอาจจะเพิ่มรายได้อื่นๆ ด้วยการหาแหล่งเงินฝากหรือตราสารในรูปแบบต่างๆ ที่สามารถนำเงินของกิจการไปลงทุนเพื่อทำให้งอกเงยและท้ายที่สุดกิจการก็จะมีรายได้เพิ่มขึ้นจากตรงส่วนนี้

โดยผู้วิจัยมีความเห็นว่าวิธีการ DEA เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและได้รับความนิยมในการนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวัดประสิทธิภาพขององค์กรต่างๆ งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการนำเอาตัวอย่างกลุ่มธุรกิจที่สำคัญในระบบการเงินไทยมาวัดประสิทธิภาพเพื่อหาแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับองค์กร อย่างไรก็ตามการวิจัยในครั้งนี้สามารถเป็นแนวทางในการทำการวิจัยในครั้งต่อๆ ไปได้โดยอาจขยายขอบเขตกลุ่มตัวอย่างโดยครอบคลุมทั้งระบบการเงินไทย และควรนำเอาทฤษฎีต่างๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้น เช่น ทฤษฎีมุมมองดุลยภาพ (Balanced Scorecard) ที่แบ่งมุมมองการบริหารงานในองค์กรเป็น 4 มิติ คือ ด้านการเรียนรู้และพัฒนา ด้านกระบวนการภายในด้านลูกค้าและด้านการเงิน ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าหากนำวิธีการนี้

มาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีการ DEA จะทำให้ทราบว่าองค์กรที่ขาดประสิทธิภาพ มีภาพรวมอย่างไรและควรแก้ไขตรงจุดใดต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ธนาคารแห่งประเทศไทย.(19 พ.ย. 2562) (ธุรกิจการเงินที่ ธปท.ดูแล, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.bot.or.th/Thai/FinancialInstitutions/Scope/Documents/scope.pdf

[2] Krungsri Reserch. (19 พ.ย. 2562). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมบัตรเครดิต, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.krungsri.com/bank/getmedia/8b99542a-dd8c-42cf-919b-2f7763854537/IO_Credit_Card_190701_TH_EX.aspx

[3] อรรถพล สืบวงศกร. "ระเบียบวิธีของ Data Envelopment Analysis (DEA) และการวัดประสิทธิภาพเชิงเทคนิค," วารสารเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ปีที่ 16 (ฉบับที่ 1), หน้า 44-82, 2555.

[4] อัครพล อั้นทอง. (30 ม.ค. 2559). คู่มือการใช้โปรแกรม DEAP 2.1 สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธีการ Data Envelopment Analysis, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://piboonrungroj.files.wordpress.com/2011/08/akarapong_handbook_dea.pdf.

[5] สวรินทร์ ประดิษฐอุกฤษฎ์ นภิสพร มีมงคล และรัญชนา สินธวาลัย. "การวัดประสิทธิภาพการดำเนินงานของสหกรณ์กองทุนสวนยางในจังหวัดสงขลา," การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 2555.

[6] พนิดา พรหมสาขา ณ สกลนครและนงค์นิตย์ จันทร์จรัส. "การศึกษาประสิทธิภาพการดำเนินงานของธนาคารเกียรตินาคินและธนาคารทิสโก้โดยใช้แบบจำลอง Data Envelopment Analysis.วิทยานิพนธ์สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ .มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555.

[7] วรเชษฐ วานิชสุขสมบัติ.การวัดประสิทธิภาพการดำเนินงานของธนาคารพาณิชย์ที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยภายใต้การควบรวมกิจการ. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาบัญชี. ภาควิชาการบัญชี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

[8]ประภัสสร วารีศรี และสุบรรณ เอี่ยมวิจารณ์. "ประสิทธิภาพการดำเนินงานของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยใช้แบบจำลอง Data Envelopment Analysis กรณีศึกษาหมวดธุรกิจเกษตร,"วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม. ปีที่ 8 (ฉบับที่ 1), หน้า 113-121, 2561.

[9] กฤชญา ว่องตาประดิษฐ์.ประสิทธิภาพในการดำเนินงานกับการปรับโครงสร้างธุรกิจเงินทุนและหลักทรัพย์. วิทยานิพนธ์สาขาเศรษฐศาสตร์.ภาควิชาเศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2540.

[10]วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ และกนกกรรณ์ ลิ้โรจนาประภา. การวัดประสิทธิภาพและการปรับปรุงประสิทธิภาพโรงงานอุตสาหกรรมการเตรียมเส้นใยสิ่งทอด้วยวิธีโอบล้อมข้อมูล.วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน. ปีที่ 4 (ฉบับที่ 1), หน้า 38-48, 2559.

ศรินญา อารำพันธ์
นักศึกษาปริญญาโท สาขาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์ สจล.

รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์
อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ
คณะวิทยาศาสตร์ สจล.

การจัดเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสมสำหรับรถรับ-ส่งพนักงาน

Optimization of Employee Shuttle Bus Routes

ปภาดา พึ่งเกียรติไพโรจน์[1]*

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900

E-mail: [1] pppabhada@gmail.com

และ จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน[2]

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900

E-mail: [2] chansiri.s@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดสวัสดิการรถรับส่งพนักงานของโรงงานกรณีศึกษา โดยการหาจำนวนรถรับส่งพนักงานแต่ละประเภทซึ่งประกอบไปด้วยรถตู้และรถบัส พร้อมทั้งกำหนดเส้นทางในการเดินรถที่เหมาะสมของรถรับส่งพนักงาน ภายใต้เงื่อนไขของจำนวนที่นั่งของรถที่มีจำกัด ระยะทางที่ผู้ให้เช่ารถกำหนด และระยะเวลาการเดินทาง ทำการแก้ปัญหาโดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และหาคำตอบด้วยวิธีการแตกกิ่งและการตัดโดยใช้โปรแกรม OpenSolver จากผลการศึกษาพบว่า หากไม่มีการพิจารณาการจราจรติดขัดและกำหนดให้รถวิ่งด้วยความเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะใช้รถตู้ทั้งหมด 2 คัน โดยรถตู้คันที่ 1 รับพนักงาน 8 คนมีระยะทางรวม 107.09 กิโลเมตร และรถตู้คันที่ 2 รับพนักงาน 2 คน มีระยะทางรวม 74.45 กิโลเมตร ค่าใช้จ่ายในการจัดสวัสดิการรถรับส่งพนักงานของโรงงานลดลง 87.83 เปอร์เซ็นต์ และหากพิจารณาการจราจรติดขัด รถจะวิ่งด้วยความเร็ว 39.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะใช้รถตู้ทั้งหมด 3 คัน โดยรถตู้รับพนักงานจำนวน 6 คน 2 คน และ 2 คน จะมีระยะทางรวม 97.87 กิโลเมตร 74.45 กิโลเมตร และ 58.64 กิโลเมตร ตามลำดับ โดยค่าใช้จ่ายในการจัดสวัสดิการรถรับส่งพนักงานของโรงงานลดลง 81.75 เปอร์เซ็นต์ แม้การพิจารณาความติดขัดทางการจราจรจะสะท้อนถึงเวลาการเดินทางจริงแต่การใช้รถตู้คันที่ 3 ไปรับพนักงานเพียง 2 คนทำให้ใช้ประโยชน์จากรถได้ไม่เต็มที่ จึงแนะนำให้ใช้รถตู้ 2 คัน เมื่อคำนวณแล้วพบว่ารถแต่ละคันยังคงไปรับพนักงานกลุ่มเดียวกันกับกรณีที่ไม่พิจารณาการจราจรติดขัด แต่จะทำให้เวลาการเดินทางของรถคันที่ 1 เกินระยะเวลาเดินทางสูงสุดที่โรงงานกรณีศึกษากำหนดไว้ในเบื้องต้น 12 นาที ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการออกรถตู้คันแรกเร็วกว่าเวลาเดิม 12 นาที

คำสำคัญ: การจัดเส้นทางการเดินรถ, วิธีการแตกกิ่งและการตัด, โอเพ่นโซลเวอร์

Abstract

The objective of this research is to minimize vehicle welfare cost by determining the number of vehicles and travel routes of the vehicles, which are van and bus, under the transportation constraints; vehicle capacity, maximum distance determined from vehicle rental company and travel time. The problem is represented by mathematic model and solved by branch and cut algorithm in OpenSolver program. The results from this study can be separated into two cases; without traffic density and with traffic density. For the first case, the vehicle speed is 80 km/h. The case study factory requires two vans to collects its employee. The first van collects 8 employees with total distance 107.09 km. The second van collects 2 employees with total distance 74.45 km. The vehicle welfare cost reduces by 87.83 percent. For the second case, the vehicle speed is 39.5 km/h. The case study factory requires three vans to collects its employee. These vans collect 6 employees, 2 employees, and 2 employees with total distance 97.87 km., 74.45 km., and 58.64 km. respectively. The vehicle welfare cost decreases by 81.75 percent. The traffic density has high impact on the arrival time but it is not worth enough to use one additional van to serve only two employees. The result from the second case is adjusted. Two vans are recommended. The vehicles collect the same group of employees as the result from the first case. However, the travel time of the first van is 12 minutes more than limited total travel time. Therefore, the first van should be go get the employee 12 minutes earlier.

Keywords: vehicle routing problem, branch-and-cut algorithm, OpenSolver

* Corresponding author: E-mail: pppabhada@gmail.com

[1] โครงการปริญญาโทภาคพิเศษ สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. คำนำ

การจัดสวัสดิการรถรับส่งพนักงาน เป็นสวัสดิการที่นอกเหนือจากที่กฎหมายกำหนดที่นายจ้างจัดให้แก่ลูกจ้างเพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกในการเดินทางมาทำงาน ลดภาระค่าใช้จ่ายของลูกจ้างและลดปัญหาการจราจรบนท้องถนน บริษัทกรณีศึกษาเป็นโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ ซึ่งประกอบด้วยโรงงานภายในบริษัทจำนวน 7 โรง ได้แก่ สำนักงานใหญ่ 1 สำนักงาน โรงงานชุดตกแต่งภายใน 1 โรงงาน โรงงานประกอบเบาะรถยนต์และเย็บหนังหุ้มเบาะ 4 โรงงานและโรงงานผลิตโฟม 1 โรงงาน ปัจจุบันบริษัททำสัญญาว่าจ้างบริษัทรถรับส่งพนักงานแบบเหมาคันรายชั่วโมง โดยมีรถรับส่งพนักงาน 2 ประเภท คือ รถตู้และรถบัส คิดราคาเช่าเหมาคันตามระยะทางที่บริษัทรถรับส่งกำหนด และมีเส้นทางการเดินทางครอบคลุม 2 จังหวัด คือ จังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี เนื่องจากโรงงานผลิตโฟมเป็นโรงงานที่มีพนักงานน้อยที่สุดจากทั้ง 7 โรงงานของบริษัทกรณีศึกษา คือ มีพนักงานเพียง 204 คน แต่ต้องนำงบประมาณของโรงงานผลิตโฟมไปจัดสรรร่วมกับโรงงานอื่นทำให้ต้นทุนค่ารถของโรงงานผลิตโฟมเท่ากับ 45,316.76 บาทต่อคนต่อเดือน ซึ่งสูงกว่าต้นทุนค่ารถโรงงานต่อจำนวนของพนักงานโรงงานอื่น ๆ ผู้จัดการฝ่ายต้นทุนของโรงงานผลิตโฟมจึงมีนโยบายที่จะแยกใช้รถรับส่งพนักงานแยกกับพนักงานของโรงงานอื่น ๆ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดสวัสดิการรถรับส่งพนักงานของโรงงานผลิตโฟม โดยการคำนวณหาจำนวนรถรับส่งพนักงานแต่ละประเภท พร้อมทั้งกำหนดเส้นทางในการเดินรถที่เหมาะสมของรถรับส่งพนักงานของโรงงานผลิตโฟม ภายใต้เงื่อนไขของจำนวนที่นั่งของรถที่มีจำกัด ระยะทางที่บริษัทรถกำหนดและระยะเวลาที่พนักงานต้องเดินทางมาถึงโรงงาน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางรถรับส่งพนักงานของงานวิจัยนี้จัดอยู่ในประเภทปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีจำนวนรถรับส่งหลายประเภท หรือ Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem (HFVRP) ซึ่งเป็นการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีรถมากกว่าหนึ่งประเภทและมีเงื่อนไขในการเดินทางแตกต่างกัน และมีเงื่อนไขการขนส่งภายใต้กรอบเวลา หรือ VRP with Time Window (VRPTW) คือ การจัดเส้นทางการขนส่งที่มีวัตถุประสงค์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าทุกรายภายใต้ระยะเวลาที่กำหนด

2.2 วิธีการแก้ปัญหาการขนส่ง

วิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง แบ่งออกเป็น 4 ประเภท [1-2] ดังนี้

1. วิธีแม่นตรงหรือวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ มีข้อจำกัด คือ เหมาะกับปัญหาขนาดเล็ก ไม่ซับซ้อน และใช้ระยะเวลาประมวลผลนาน เช่น วิธีการแตกกิ่งและตัด (Branch and Cut Algorithms) วิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and Bound Algorithms) วิธีการตัดแบบระนาบ (Cutting Plane Algorithms) เป็นต้น

2. วิธีฮิวริสติก (Heuristics) คือ วิธีการหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพและได้รับความนิยมอย่างสูง สามารถใช้แก้ปัญหาได้หลากหลายภายในระยะเวลาอันสั้นและใช้วิธีการที่ไม่ซับซ้อน มีข้อจำกัดว่าคำตอบที่ได้จากวิธีการนี้ให้ผลที่ดีแต่ไม่ได้รับประกันว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด เช่น วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึ่ม (Saving Algorithms) วิธีการสลับเปลี่ยนตำแหน่ง (Swap Algorithms) เป็นต้น

3. วิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristics) คือ วิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาการขนส่ง เช่น วิธีการระบบมด (Ant Colony System) วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbourhood Algorithm) เป็นต้น

4. วิธีไฮบริด (Hybrid Method) คือ วิธีการแก้ไขปัญหาการขนส่งที่พัฒนามาจากวิธีฮิวริสติกและวิธีแม่นตรงหรือวิธีฮิวริสติกและวิธีเมตาฮิวริสติก

ในการใช้วิธีแม่นตรงในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งนั้น มีปัญหาเรื่องระยะเวลาในการประมวลผลคำตอบที่นาน แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาเรื่องความซับซ้อนและระยะเวลาการประมวลผล เช่น โปรแกรม MATLAB GUROBI โปรแกรม OpenSolver เป็นต้น เนื่องจากโปรแกรม OpenSolver มีข้อดีคือ สามารถหาใช้งานได้สะดวกและไม่มีค่าใช้จ่ายเรื่องลิขสิทธิ์ของโปรแกรม จึงเลือกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

P. Saelee et. al [3] พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ประเภทโปรแกรมกำหนดการเชิงจำนวนเต็มและโปรแกรม OpenSolver ในการแก้ปัญหาการขนส่งของการจัดเส้นทางการขนส่งน้ำดื่ม พบว่า สามารถลดระยะทางที่ใช้ในการขนส่งลงได้ 59.97 เปอร์เซ็นต์

C. Singhtaun and S. Tapradub [4] สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบโปรแกรมเชิงจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming) และแก้ปัญหาด้วยวิธีการแตกกิ่งและการตัดโดยใช้โปรแกรม OpenSolver ในการแก้ปัญหาการขนส่งประเภทที่มีจำนวนรถรับส่งหลายประเภทของโรงงานผลิตเบียร์ ในการหาค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่ำสุด พบว่า ใช้รถจำนวน 12 ในการขนส่งเบียร์ไปยังลูกค้า 14 จุดและสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 8.15 เปอร์เซ็นต์

W. Luo and Z. Fu [5] เสนอวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด มีเงื่อนไขของกรอบระยะเวลาและมีจำนวนรถรับส่งหลายประเภทและในการแก้ไขปัญหาการเดินทางดังกล่าวจะพิจารณาให้เส้นทางการเดินทางของรถให้เป็นเส้นทางต่อเนื่อง เพื่อไม่ให้เกิดเส้นทางย่อย ๆ (subtour) โดยที่รถรับส่งจะต้องเดินทางจากจุดเริ่มต้น คือ โรงงานไปจนจุดสุดท้ายของแต่ละสายรถเท่านั้น

C. Chanasit and S. Yaovasuwanchai [6] พัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าของไปยังกลุ่มลูกค้าในพื้นที่กรุงเทพมหานครโดยการใช้วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด วิธี 2-opt และวิธี 3-opt ร่วมกับโปรแกรม VBA พบว่าสามารถลดระยะทางจากการจัดเส้นทางเดินรถจากเดิมลง 11.06 เปอร์เซ็นต์ 6.13 เปอร์เซ็นต์และ 12.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

202

3. วิธีการดำเนินงาน

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การเก็บข้อมูลระบบการจัดรถรับส่งของบริษัทในปัจจุบัน การสร้างเมทริกซ์ระยะทางและเมทริกซ์ระยะเวลาการเดินทางจากข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดเส้นทางการเดินรถรับส่งพนักงาน

3.1 การเก็บข้อมูลของระบบการจัดรถรับส่งของโรงงานผลิตโฟม

ปัจจุบันพนักงานโรงงานผลิตโฟมมีจำนวน 10 คน มีจุดขึ้นรถจำนวน 9 จุด การเช่ารถเป็นแบบเช่าเหมาคัน โดยบริษัทรถจะคำนวณตามจำนวนรถ และประเภทรถที่ทำการเช่า และบริษัทเช่ารถกำหนดระยะทางในการเดินทางรวมสูงสุดและราคาเช่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดการเช่ารถ

ประเภทรถ	ราคาเช่าเฉลี่ย (บาทต่อเที่ยว)	ระยะทางรวมเฉลี่ย (กิโลเมตร)
รถตู้	689.11	107.28
รถบัส	2228.64	120.22

ในการจัดรถรับส่งรถแต่ละคันจะทำการรับส่งพนักงานเพียงรอบเดียวเท่านั้น ช่วงเวลาที่พิจารณาคือ ในช่วงเช้ารถเริ่มออกเดินทางเวลา 5.00 น. และถึงโรงงานภายใน 7.13 น. โรงงานกำหนดให้ระยะเวลาเดินทางของรถรับส่งพนักงานไม่เกิน 150 นาที

3.2 การสร้างเมทริกซ์ระยะทางและระยะเวลาการเดินทาง

เนื่องจากปัจจุบันไม่มีการเก็บข้อมูลระยะทางระหว่างจุดขึ้นรถของพนักงาน จึงทำการคำนวณระยะทางจากพิกัดละติจูดและลองติจูดของแต่ละจุดรับส่งโดยใช้วิธี Haversine Formula [7] ตามสมการที่ (1) ถึง (5) จากนั้นจึงนำมาใส่ข้อมูลในเมทริกซ์ระยะทาง

$$\Delta lat = lat_1 - lat_2 \quad (1)$$

$$\Delta long = long_1 - long_2 \quad (2)$$

$$a = \sin^2(\Delta lat/2) + \cos(lat_1)\times\cos(lat_2)\times\sin^2(\Delta long/2) \quad (3)$$

$$c = 2atan2(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (4)$$

$$d = R\times c \quad (5)$$

โดยที่

d = ระยะห่างระหว่าง GPS สองตัว

lat_1 = ละติจูดที่ได้จาก GPS ตัวที่ 1

lat_2 = ละติจูดที่ได้จาก GPS ตัวที่ 2

$long_1$ = ลองจิจูดที่ได้จาก GPS ตัวที่ 1

$long_2$ = ลองจิจูดที่ได้จาก GPS ตัวที่ 2

R = รัศมีโลก (รัศมีโลกเฉลี่ย = 6,371 กิโลเมตร)

ทำการสร้างเมทริกซ์ระยะเวลาเดินทางโดยการคำนวณหาระยะเวลาการเดินทางระหว่างจุดโดยใช้วิธี Greenshield's Model [8] ดังสมการที่ (6) ถึง (7) โดยใช้ระยะทางระหว่างจุดขึ้นรถ (distance) จากเมทริกซ์ระยะทาง ความเร็วรถยนต์สูงสุด (maxspeed) มีค่าเท่ากับ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วตามกฎหมายกำหนด เนื่องจากในงานวิจัยนี้จะพิจารณาระยะเวลาเดินทางทั้งในกรณีที่ไม่พิจารณาการติดขัดของการจราจร และกรณีที่พิจารณาการติดขัดของการจราจร จึงทำการสร้างเมทริกซ์ระยะเวลาการเดินทาง 2 เมทริกซ์ คือ เมทริกซ์ที่ใช้ดัชนีการจราจรติดขัด (tDensity) เท่ากับ 0 ในกรณีที่ไม่พิจารณาการติดขัดของการจราจร และเมทริกซ์ที่ใช้ดัชนีการจราจรติดขัดของจังหวัดระยองและชลบุรีเฉลี่ยที่ 0.506 จากข้อมูลของกรมทางหลวง ในกรณีที่พิจารณาการติดขัดของจราจร

$$speed(i,j) = maxspeed\times(1-tDensity(i+1,j) \quad (6)$$

$$traveltime(i,j) = \frac{60\times distance(i,j)}{speed(i,j)} \quad (7)$$

โดยที่

$speed(i,j)$ = ความเร็วจากจุดที่ i ไป j

$maxspeed$ = ความเร็วรถยนต์สูงสุด

$tDensity$ = ดัชนีการจราจรติดขัดมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

$traveltime(i,j)$ = เวลาเดินทางจากจุดที่ i ไป j

$distance(i,j)$ = ระยะทางทางจากจุดที่ i ไป j

3.3 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากกรณีศึกษาของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสมสำหรับรถรับ-ส่งพนักงาน สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ ดังต่อไปนี้

3.3.1 ตัวแปรตัดสินใจ

$$x_{ijv} = \begin{cases} 1 & \text{;เมื่อรถตู้คันที่ } v \text{ เดินทางจากจุด } i \text{ ไปจุด } j \\ 0 & \text{;อื่น ๆ} \end{cases}$$

$$x_{ijb} = \begin{cases} 1 & \text{;เมื่อรถบัสคันที่ } b \text{ เดินทางจากจุด } i \text{ ไปจุด } j \\ 0 & \text{;อื่น ๆ} \end{cases}$$

$$y_{iv} = \begin{cases} 1 & \text{;เมื่อมีการใช้รถตู้คันที่ } v \text{ เดินทางไปจุดที่ } i \\ 0 & \text{;อื่น ๆ} \end{cases}$$

$$y_{ib} = \begin{cases} 1 & \text{;เมื่อมีการใช้รถบัสคันที่ } b \text{ เดินทางไปจุดที่ } i \\ 0 & \text{;อื่น ๆ} \end{cases}$$

$$S_v = \begin{cases} 1 & \text{;เมื่อมีการใช้รถตู้} \\ 0 & \text{; อื่น ๆ} \end{cases}$$

$$S_b = \begin{cases} 1 & \text{;เมื่อมีการใช้รถบัส} \\ 0 & \text{;อื่น ๆ} \end{cases}$$

$u_{iv}, u_{ib} \in R$

203

3.3.2 พารามิเตอร์

C_b = ค่าเช่ารถบัสคันที่ b โดยที่ b = 1,2,..,B

C_v = ค่าเช่ารถตู้คันที่ v โดยที่ v = 1,2,..,V

Q_v = จำนวนที่นั่งของรถตู้คันที่ v

Q_b = จำนวนที่นั่งของรถบัสคันที่ b

q_j = จำนวนพนักงานที่รอที่จุด j

t_{ij} = เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากจุด i ไปจุด j

T_v = ระยะเวลาเดินทางสูงสุดของรถตู้ที่บริษัทให้เช่ารถกำหนด

T_b = ระยะเวลาเดินทางสูงสุดของรถบัสที่บริษัทให้เช่ารถกำหนด

D_v = ระยะทางสูงสุดของรถตู้ที่บริษัทให้เช่ารถกำหนด

D_b = ระยะทางสูงสุดของรถบัสที่บริษัทให้เช่ารถกำหนด

d_{ij} = ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางจากจุด i ไปจุด j

3.2.3 สมการเป้าหมาย

$$\text{Minimize } Z = C_v S_v + C_b S_b \quad (8)$$

3.3.4 สมการข้อจำกัด

$$\textstyle\sum_{v=1}^{V} y_{iv} + \sum_{b=1}^{B} y_{ib} = 1 \quad (9)$$

$$\textstyle\sum_{j=0}^{N} q_j\, x_{ijv} \leq Q_v\ ;\ \forall v=1,2,..,V \quad (10)$$

$$\textstyle\sum_{j=0}^{N} q_j\, x_{ijb} \leq Q_b\ ;\ \forall b=1,2,..,B \quad (11)$$

$$\textstyle\sum_{i=0}^{N} \sum_{j=0}^{N} x_{ijv} d_{ij} \leq D_v; \forall v=1,2,..,V \quad (12)$$

$$\textstyle\sum_{i=0}^{N} \sum_{j=0}^{N} x_{ijb} d_{ij} \leq D_b;\ \forall b=1,2,..,B \quad (13)$$

$$\textstyle\sum_{i=0}^{N} \sum_{j=0}^{N} t_{ij} x_{ijv} \leq T_v;\ \forall v=1,2,..,V \quad (14)$$

$$\textstyle\sum_{i=0}^{N} \sum_{j=0}^{N} t_{ij} x_{ijb} \leq T_b;\ \forall b=1,2,..,B \quad (15)$$

$$\textstyle\sum_{j=0}^{N} x_{jiv} \geq y_{iv};\ \forall v=1,2,..,V \quad (16)$$

$$\textstyle\sum_{j=0}^{N} x_{jib} \geq y_{ib};\ \forall b=1,2,..,B \quad (17)$$

$$\textstyle\sum_{j=1}^{N} x_{0jv} \leq 1;\ \forall v=1,2,..,V \quad (18)$$

$$\textstyle\sum_{j=1}^{N} x_{0jb} \leq 1\ ;\ \forall b=1,2,..,B \quad (19)$$

$$\textstyle\sum_{i=0}^{N} x_{ipv} - \sum_{j=0}^{N} x_{pjv} = 0, \forall v=1,2,..,V;\ p=1,2,..,N \quad (20)$$

$$\textstyle\sum_{i=0}^{N} x_{ipb} - \sum_{j=0}^{N} x_{pjb} = 0,\ \forall b=1,2,..,B;\ p=1,2,..,N \quad (21)$$

$$u_{iv}-u_{jv}+nx_{ijv} \leq n-1, \forall (i,j), j\in\{1,2,..,N\}; i\neq j, \forall v=1,2,..,V \quad (22)$$

$$u_{ib}-u_{jb}+nx_{ijb} \leq n-1, \forall (i,j), j\in\{1,2,..,N\}; i\neq j, \forall b=1,2,..,B \quad (23)$$

$$S_v \geq y_{ijv};\ \forall i=1,2,..,N;\ \forall v=1,2,..,V \quad (24)$$

$$S_b \geq y_{ijb};\ \forall i=1,2,..,N;\ \forall b=1,2,..,B \quad (25)$$

สมการที่ (8) เป็นสมการเป้าหมาย เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการเช่ารถรับส่งพนักงานต่ำที่สุด สมการที่ (9) เป็นสมการที่กำหนดให้ใช้รถเพียงหนึ่งประเภทเท่านั้นในการเดินทางไปที่จุด i สมการที่ (10) และ (11) เป็นสมการที่กำหนดว่าพนักงานที่ขึ้นรถคันใด ๆ จะต้องไม่มากกว่าจำนวนที่นั่งที่มีอยู่ของรถรับส่งแต่ละประเภท สมการที่ (12) และ (13) เป็นสมการที่กำหนดว่าระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทางของรถคันใด ๆ ต้องไม่มากกว่าระยะทางสูงสุดของรถรับส่งแต่ละประเภทที่บริษัทให้เช่ารถกำหนด สมการที่ (14) และ (15) เป็นสมการที่กำหนดระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทางของรถคันใด ๆ ต้องไม่มากกว่าระยะเวลาเดินทางสูงสุดของรถรับส่งแต่ละประเภทที่บริษัทให้เช่ารถกำหนด สมการที่ (16) และ (17) กำหนดว่าหากมีการเดินรถรับส่งคันใด ๆ ไปจุด i จะต้องมีการเดินทางของรถคันนั้นไปที่จุด i ด้วย สมการที่ (18) และ (19) เป็นสมการที่กำหนดให้รถรับส่งคันใด ๆ ต้องเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นได้เพียง 1 คัน สมการที่ (20) และ (21) กำหนดให้เมื่อรถเข้าไปรับพนักงานที่จุด p ใด ๆ จะต้องเดินทางออกจากจุด p สมการที่ (22) ถึงสมการที่ (25) เป็นสมการกำหนดให้ไม่มีการเกิดเส้นทางย่อย (subtour) ของรถคันใด ๆ ของรถรับส่งแต่ละประเภท

การกำหนดจำนวนรถตู้ (V) และรถบัส (B) ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คำนวณโดยใช้วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด ซึ่งทำโดยกำหนดโหนดเริ่มต้นและหาเส้นทางไปยังโหนดต่อไปโดยมีเงื่อนไขที่ระยะทางน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ โดยระยะทางและระยะเวลาเดินทางรวมต้องไม่เกินเงื่อนไขที่กำหนด ค่า V และ B ที่ได้จะเป็นขอบเขตบนของจำนวนรถของวิธีการแตกกิ่งและการตัด จากการคำนวณพบว่าใช้รถทั้งหมด 3 คัน ดังนั้น เมื่อนำมาสร้างโปรแกรมจะสามารถประเมินทางเลือกโดยใส่จำนวนรถ คือ ใช้รถตู้ 3 คันและใช้รถบัส 1 คัน เนื่องจากทางเลือกดังกล่าวสามารถครอบคลุมกรณีที่ใช้รถตู้ 3 คันและกรณีรถตู้ 2 คันและรถบัส 1 คัน

3.4 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดเส้นทางการเดินรถรับส่งพนักงาน

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในข้อ 3.3 เป็นแบบโปรแกรมเชิงจำนวนเต็มแบบผสม ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีแตกกิ่งและการตัด ซึ่งจะใช้การกำหนดขอบเขตของคำตอบที่เป็นไปได้และหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้โปรแกรม OpenSolver เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบ โดยมีขั้นตอนการทำโปรแกรมดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> บันทึกข้อมูลพื้นฐานตามพารามิเตอร์จากข้อมูลที่เก็บมาได้ คือ ค่าเช่ารถรับส่งแต่ละประเภท ความจุของรถรับส่งแต่ละประเภท จำนวนพนักงานที่รอ ณ จุดรับส่ง เมทริกซ์ระยะทางและเมทริกซ์ระยะเวลาเดินทางลงใน Microsoft Excel Worksheet ดังรูปที่ 1 – 4

Vehicle Rent Cost	
C_v	C_b
689.11	2228.64

รูปที่ 1 ค่าเช่ารถรับส่งแต่ละประเภท

Vehicle Capacity			
v=1	v=2	v=3	b=1
<=	<=	<=	<=
15	15	15	30

รูปที่ 2 ความจุของรถรับส่งแต่ละประเภท

204

Employee Quantity at node i	
q_i	
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	2
9	1
Total	10

รูปที่ 3 จำนวนพนักงานที่รอ ณ จุดรับส่ง

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	999	34.52	9.08	16.82	30.45	42.28	39.41	25.48	29.32	25.21
1	34.52	999	37.73	23.11	57.63	71.99	69.61	52.53	49.05	54.54
2	9.08	37.73	999	15.82	22.23	35.26	32.59	17.06	20.26	17.66
3	16.82	23.11	15.82	999	34.53	48.92	46.59	29.43	26.71	31.58
4	30.45	57.63	22.23	34.53	999	14.75	13.00	5.24	12.88	6.07
5	42.28	71.99	35.26	48.92	14.75	999	3.07	19.55	26.79	17.64
6	39.41	69.61	32.59	46.59	13.00	3.07	999	17.43	25.56	15.09
7	25.48	52.53	17.06	29.43	5.24	19.55	17.43	999	10.84	4.31
8	29.32	49.05	20.26	26.71	12.88	26.79	25.56	10.84	999	15.15
9	25.21	54.54	17.66	31.58	6.07	17.64	15.09	4.31	15.15	999

รูปที่ 4 เมทริกซ์ระยะทาง

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	999	52.44	13.79	25.55	46.26	64.23	59.86	38.71	44.54	38.30
1	52.44	999	57.30	35.10	87.55	109.35	105.73	79.80	74.51	82.84
2	13.79	57.30	999	24.02	33.76	53.56	49.51	25.91	30.78	26.82
3	25.55	35.10	24.02	999	52.45	74.30	70.77	44.71	40.57	47.96
4	46.26	87.55	33.76	52.45	999	22.40	19.74	7.96	19.57	9.22
5	64.23	109.35	53.56	74.30	22.40	999	4.67	29.69	40.70	26.79
6	59.86	105.73	49.51	70.77	19.74	4.67	999	26.48	38.83	22.92
7	38.71	79.80	25.91	44.71	7.96	29.69	26.48	999	16.47	6.55
8	44.54	74.51	30.78	40.57	19.57	40.70	38.83	16.47	999	23.02
9	38.30	82.84	26.82	47.96	9.22	26.79	22.92	6.55	23.02	999

รูปที่ 5 เมทริกซ์ระยะเวลาเดินทาง

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> กำหนดเซลล์ตัวแปรตัดสินใจลงใน Microsoft Excel Worksheet ดังรูปที่ 6-9

		j=0	j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7	j=8	j=9	
	$x_{ijv=1}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	sum j
i=0	0											0
i=1	1											0
i=2	2											0
i=3	3											0
i=4	4											0
i=5	5											0
i=6	6											0
i=7	7											0
i=8	8											0
i=9	9											0
	sum i	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

รูปที่ 6 ตัวแปรตัดสินใจในการใช้รถเดินทางจากจุด i ไปจุด j ของรถตู้คันที่ 1

	y_{iv}			y_{ib}
	1	2	3	1
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

รูปที่ 7 ตัวแปรตัดสินใจในการใช้รถแต่ละประเภทเดินทางออกจากจุด i

S_{v1}			S_{b1}	
S_{v2}				
S_{v3}				

รูปที่ 8 ตัวแปรตัดสินใจในการใช้รถแต่ละประเภท

	u_{iv}			u_{ib}
	v=1	v=2	v=3	b=1
i=1				
i=2				
i=3				
i=4				
i=5				
i=6				
i=7				
i=8				
i=9				

รูปที่ 9 ตัวแปรตัดสินใจในการป้องกัน subtour

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> บันทึกและสร้างเงื่อนไขตามสมการข้อจำกัดที่กำหนดโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนที่ 2 ลงใน Microsoft Excel Worksheet ดังรูปที่ 10-15

	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA
4									
5			y_{iv}			y_{ib}			
6			1	2	3	1	sum b, v		
7		1					=SUM(AU7:AX7)	=	1
8		2					=SUM(AU8:AX8)	=	1
9		3					=SUM(AU9:AX9)	=	1
10		4					=SUM(AU10:AX10)	=	1
11		5					=SUM(AU11:AX11)	=	1
12		6					=SUM(AU12:AX12)	=	1
13		7					=SUM(AU13:AX13)	=	1
14		8					=SUM(AU14:AX14)	=	1
15		9					=SUM(AU15:AX15)	=	1

รูปที่ 10 เซลล์ตามสมการ (9)

v=1	v=2	v=3	b=1
=SUMPRODUCT(M20:M28,$AA$7:$AA$15)	=SUMPRODUCT(AA20:AA28,$AA$7:$AA$15)	=SUMPRODUCT(AO20:AO28,$AA$7:$AA$15)	=SUMPRODUCT(M36:M44,$AA$7:$AA$15)
<=	<=	<=	<=
15	15	15	30
Q_{v1}	Q_{v2}	Q_{v3}	Q_{b1}

รูปที่ 11 เซลล์ตามสมการ (10)-(11)

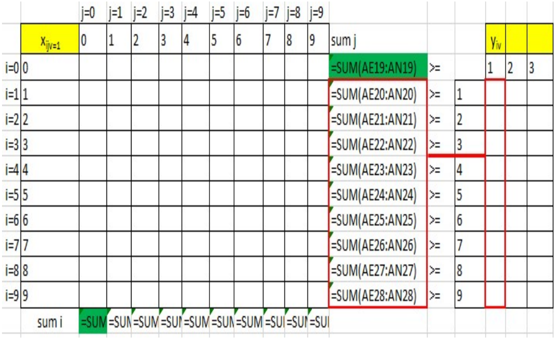
=SUMPRODUCT($C$6:$L$15,C19:L28)	<=	107.28	D_{v1}
=SUMPRODUCT($C$6:$L$15,Q19:Z28)	<=	107.28	D_{v2}
=SUMPRODUCT($C$6:$L$15,AE19:AN28)	<=	107.28	D_{v3}
=SUMPRODUCT($C$6:$L$15,C35:L44)	<=	120.22	D_{b1}

รูปที่ 12 เซลล์ตามสมการ (12)–(13)

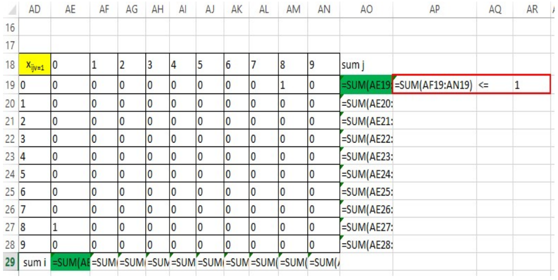
=SUMPRODUCT($O$6:$X$15,C19:L28)	<=	150	T_{v1}
=SUMPRODUCT($O$6:$X$15,Q19:Z28)	<=	150	T_{v2}
=SUMPRODUCT($O$6:$X$15,AE19:AN28)	<=	150	T_{v3}
=SUMPRODUCT($O$6:$X$15,C35:L44)	<=	150	T_{b1}

รูปที่ 13 เซลล์ตามสมการ (14)–(15)

205

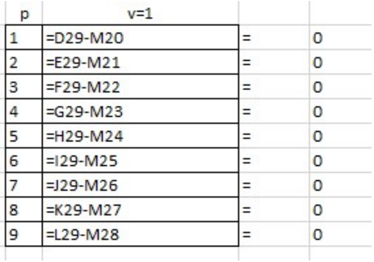


รูปที่ 14 เซลล์ตามสมการ (16)–(17) ของรถตู้คันที่ 1



รูปที่ 15 เซลล์ตามสมการ (18)–(19) ของรถตู้คันที่ 1

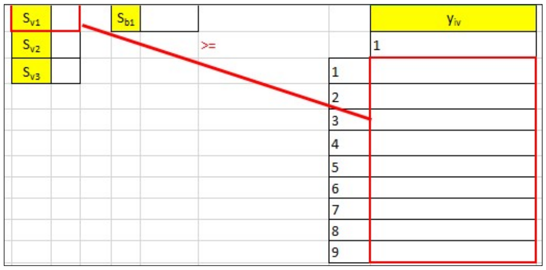
สมการข้อจำกัดกำหนดให้ไม่มีการเกิดเส้นทางย่อยของรถคันใด ๆ ซึ่งต้องมีการกำหนดเงื่อนไขและสูตรตามสมการข้อจำกัดที่ 20 ถึงสมการที่ 25 ตัวอย่างสมการข้อจำกัดของรถตู้คันที่ 1 ดังรูปที่ 16-18



p	v=1		
1	=D29-M20	=	0
2	=E29-M21	=	0
3	=F29-M22	=	0
4	=G29-M23	=	0
5	=H29-M24	=	0
6	=I29-M25	=	0
7	=J29-M26	=	0
8	=K29-M27	=	0
9	=L29-M28	=	0

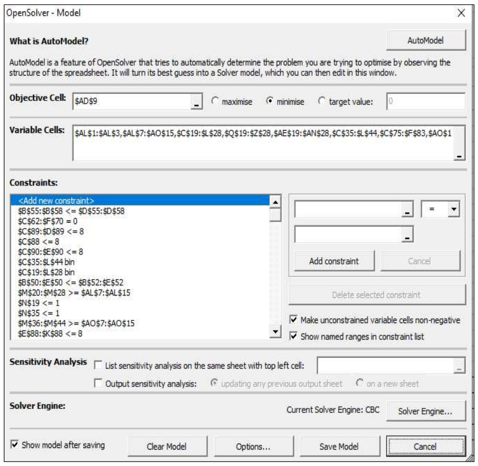
รูปที่ 16 เซลล์ตามสมการ (20)-(21) ของรถตู้คันที่ 1

รูปที่ 17 เซลล์ตามสมการ (22)-(23) ของรถตู้คันที่ 1



รูปที่ 18 เซลล์ตามสมการ (24)-(25) ของรถตู้คันที่ 1

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> กำหนด ตัวแปรตัดสินใจและสมการข้อจำกัดลงในโปรแกรม OpenSolver ดังรูปที่ 19 จากนั้นทำการรันโปรแกรม



รูปที่ 19 หน้าต่างโปรแกรม OpenSolver

4. ผลการวิจัย

4.1 กรณีที่ 1 ไม่มีการพิจารณาการติดขัดของการจราจร

กรณีที่ 1 ไม่มีการพิจารณาการติดขัดของการจราจรเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้รถรับส่งพนักงานวิ่งด้วยความเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามความเร็วสูงสุดที่กฎหมายกำหนด เมทริกซ์ระยะเวลาเดินทางที่ใช้ในกรณีนี้จะคำนวณโดยไม่พิจารณาดัชนีการจราจรติดขัด (tdensity = 0) เมื่อแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม OpenSolver ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คำตอบของกรณีที่ 1

	ประเภทรถ	เส้นทาง	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	ระยะเวลาเดินทางรวม (นาที)
คันที่ 1	รถตู้	0-9-4-6-5-7-8-2-0	107.09	80.31
คันที่ 2	รถตู้	0-1-3-0	74.45	55.84

ค่าเช่ารถรวมทั้งหมด 55,128.8 บาท/เดือน เมื่อคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดสวัสดิการรถรับส่งต่อคนของพนักงาน 10 คน จะได้ 5,512.88 บาทต่อคนต่อเดือน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายต่อคนเดิมอยู่ที่คนละ 45,316.76 บาทต่อเดือน พบว่าค่าใช้จ่ายลดลง 39,803.88 บาทต่อคนต่อเดือน หรือ 87.83 เปอร์เซ็นต์

206

4.2 กรณีที่ 2 มีการพิจารณาการติดขัดของการจราจร

กรณีที่ 2 มีการพิจารณาการติดของการจราจรเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้รถรับส่งพนักงานวิ่งด้วยความเร็ว 39.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมทริกซ์ระยะเวลาเดินทางที่ใช้ในกรณีนี้จะคำนวณโดยพิจารณาดัชนีการจราจรติดขัดเท่ากับ 0.506 เมื่อแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม OpenSolver ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คำตอบของกรณีที่ 2

	ประเภทรถ	เส้นทาง	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	ระยะเวลาเดินทางรวม (นาที)
คันที่ 1	รถตู้	0-5-6-4-9-7-2-0	97.87	144.11
คันที่ 2	รถตู้	0-3-1-0	74.45	113.09
คันที่ 3	รถตู้	0-8-0	58.64	89.08

ค่าเช่ารถรวมทั้งหมด 82,693.2 บาท/เดือน เมื่อคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดสวัสดิการรถรับส่งต่อคนของพนักงาน 10 คน จะได้ 8,269.32 บาทต่อคนต่อเดือน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายต่อคนเดิมอยู่ที่คนละ 45,316.76 บาทต่อเดือน พบว่าค่าใช้จ่ายลดลง 37,047.44 บาทต่อคนต่อเดือน หรือ 81.75 เปอร์เซ็นต์

ผลที่ได้จากกรณีที่ 2 พบว่ามีการใช้รถตู้คันที่ 3 เพิ่มมาจากกรณีที่ 1 จำนวน 1 คัน เนื่องจากติดเงื่อนไขระยะเวลาการเดินทางเกินระยะเวลาการเดินทางสูงสุดที่โรงงานกรณีศึกษากำหนดไว้ในเบื้องต้น ซึ่งทำให้ใช้ประโยชน์จากรถคันที่เพิ่มมาไม่เต็มที่ เมื่อพิจารณาทางเลือกเพิ่มเติมโดยใช้รถตู้จำนวน 2 คัน เช่นเดียวกับกรณีที่ 1 แต่ยังคงคำนึงถึงการจราจรติดขัด เพื่อให้สะท้อนกับสภาพการจราจรในช่วงเวลาการจัดรถรับส่งพนักงาน คือ 7.00-8.00 น. ซึ่งเป็นชั่วโมงเร่งด่วนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมและบริเวณโดยรอบ โดยปรับเปลี่ยนค่าระยะเวลาการเดินทางสูงสุดจากเดิม 150 นาที เป็น 162.67 นาที ซึ่งคำนวณจากระยะเวลาการเดินทางในกรณีที่ 1 ปรับค่าความติดขัดของการจราจร พบว่า การเส้นทางและระยะทางของรถตู้ทั้งสองคันเป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คำตอบของกรณีที่ 2 ที่มีการปรับจำนวนรถเป็น 2 คัน

	ประเภทรถ	เส้นทาง	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	ระยะเวลาเดินทางรวม (นาที)
คันที่ 1	รถตู้	0-8-4-6-5-9-7-2-0	106.36	161.56
คันที่ 2	รถตู้	0-3-1-0	74.45	113.09

ดังนั้น เพื่อควบคุมเวลาการเดินทางถึงที่โรงงานกรณีศึกษาได้ทันเวลาเริ่มงาน รถตู้คันที่ 1 ต้องออกเดินทางเร็วขึ้นกว่าเดิม 12 นาที จะทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายการจัดสวัสดิการเท่ากับ 5,512.88 บาทต่อคนต่อเดือน ลดลงจากเดิมเท่ากับ 39,803.88 บาทต่อคนต่อเดือน

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถคำนวณจำนวนรถรับส่งและเส้นทางการเดินรถรับส่งพนักงานของโรงงานกรณีศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลจากการแก้ปัญหาพบว่าหากมีการพิจารณาความติดขัดของการจราจรโรงงานกรณีศึกษาควรเลือกใช้รถตู้จำนวน 3 คัน แต่จะทำให้รถตู้คันที่ 3 ถูกใช้ประโยชน์ไม่เต็มที่ จึงแนะนำให้ใช้รถตู้จำนวน 2 คันและทำการปรับเปลี่ยนเวลาการเดินรถให้เร็วขึ้น 12 นาที สำหรับรถตู้คันที่ 1 ที่ต้องไปรับพนักงานที่จุด 2 4 5 6 7 8 และ 9 จำนวน 8 คน แต่สำหรับรถตู้คันที่ 2 ที่ไปรับพนักงานที่จุดขึ้นรถที่ 1 และ 3 จำนวน 2 คน ยังคงออกเวลาเดิม

สำหรับงานวิจัยในอนาคตควรพิจารณานโยบายการเช่ารถรับส่งในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเช่าตามระยะทางแทนการเช่าเหมาคัน การพิจารณาต้นทุนการเหมาคันเมื่อระยะทางสูงสุดในการเดินรถเพิ่มขึ้น เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดจำนวนรถรับส่งพนักงานลงเหลือเพียง 1 คัน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] E. M. Toro O., A. H. Escobar Z. and M. Granada E. “Literature Review on the Vehicle Routing Problem in the Green Transportation Context”, Revista.Luna.Azul. 42: 362-387. 2016.

[2] S. N. Kumar and R. Panneerselvam. 2012. A Survey on the Vehicle Routing Problem and Its Variants. Intelligent Information Management. 4:66-74.

[3] P. Saelee., W. Wichitrpongsa and H. Poungyam “The case study of Ratsamee 2015 Limited Partnership: A Vehicle Routing Problem Solved Using Linear Programming”, Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal, vol. 1, Jan-June. 2017.

[4] C. Singhtaun and S. Tapradub “Modeling and Solving Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problems in Draft Beer Delivery,” IJEAT, vol. 8, Issue-3S, Feb. 2019.

[5] W. Luo and Z. Fu. “A Variable Neighborhood Tabu Search Algorithm for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows”, pp. 1-4. 2010 International Conference on Logistics Engineering and Intelligent Transportation Systems, Wuhan.

[6] C. Chanasit and S. Yaovasuwanchai “Development on Vehicle Routing Problem Program: A Case Study of a Transportation Service Provider”, WMS Journal of Management Walailak University, vol. 2, No. 1, Jan-Apr. 2013.

[7] K. Chaiyaratsamee and C. Khunboa “Object Tracking System Using Wireless Sensor Network in Open Area (Zigbee),” pp.4-7. 2010 The 11th Khon Kaen University Graduate Research Conference, Khon Kaen.

[8] R. Kurniawan, M. D. Sulistiyo and G. S. Wulandari. 2015. Genetic Algorithm for Capacitated Vehicle Routing

207

Problem with Considering Traffic Density, pp. 1-6. 2015 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI), Bandung.

ปภาดา พึ่งเกียรติไพโรจน์
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
งานวิจัยที่สนใจ: การวิจัยดำเนินงาน

จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน
วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
งานวิจัยที่สนใจ: การวิจัยดำเนินงาน

208

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาจัดเส้นทางขนส่งแบบแบ่งส่งและการขนส่งแบบหลายรอบ
A Mathematical Model for Vehicle Routing Problem with Split Delivery and Multiple Trips

กฤติน ตันเรืองชาติ [1,2*] และ วริษา วิสิทธิพานิช [2]
[1] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
[2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
E-mail: krittin_t@cmu.ac.th, warisa.o@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบแบ่งส่งและการขนส่งแบบหลายรอบเพื่อให้ได้เส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งวัตถุประสงค์ของแบบจำลองนี้คือ เพื่อให้ได้กำไรสูงสุดจากการจัดส่งในแต่ละวันทำการ โดยลักษณะของปัญหาคือ ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งมีหลายประเภทซึ่งมีความจุไม่เท่ากัน ลูกค้าแต่ละรายมีข้อจำกัดในการรับสินค้าจากยานพาหนะแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน นอกจาก นี้ การขนส่งสินค้าให้ลูกค้าเป็นแบบแบ่งส่งได้ คือลูกค้าสามารถรับสินค้าจากยานพาหนะหลายคันได้ และยานพาหนะแต่ละคันสามารถขนส่งสินค้าได้หลายรอบ ทั้งนี้การขนส่งทั้งหมดต้องอยู่ภายในเวลาทำการที่กำหนดไว้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ใช้การประมวลผลโดยโปรแกรม LINGO Optimization Solver version 17.0 กับปัญหาตัวอย่างที่สร้างขึ้น 10 ปัญหา โดยผลการทดลองพบว่าโปรแกรม LINGO สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ในปัญหาขนาดเล็กในระยะที่รวดเร็ว แต่เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น โปรแกรม LINGO ไม่สามารถหาคำตอบได้ในเวลาที่กำหนดไว้ได้

คำสำคัญ:ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์, การขนส่งแบบแบ่งส่ง, การขนส่งแบบหลายรอบ

Abstract

This research to develops a mathematical model for the vehicle routing problem with split delivery and multiple trips. The purpose of this model is a determine the best vehicle routings with the most profit in a working day. In this problem, vehicle are heterogeneous in which each vehicle has a different capacity. Each customer acquires a different limitation of vehicle accessibility. In addition, the delivery can be split in which one order of a customer can be fulfilled by more than one vehicle. Each vehicle can make multiple delivery trips to customers, and all vehicles must return to the depot within the specified business hours. The mathematical model is solved by LINGO Optimization Solver version 17.0 with 10 generated instances. The numerical results show that the LINGO program can find best solutions in a small problems. However, when the problem size increases, LINGO cannot find the answer in a timely manner.

Key:,vehicle routing problem, mathematical models, split delivery, multiple trips

1. บทนำ

ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดต้นทุนการขนส่งสินค้าที่ไม่จำเป็นคือ การวางแผนเส้นทางการขนส่งที่ไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการลดต้นทุนค่าขนส่งโดยการวางแผนเส้นทางเดินยานพาหนะที่เหมาะสมจึงเป็นแนวทางที่ถูกเลือกมาใช้ในการดำเนินธุรกิจเพื่อเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าหรือผู้บริโภคที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในการบริการและลดค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น โดยทั่วไปแล้วปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem, VRP) ต้องกระทำภายใต้เงื่อนไขของการขนส่งที่แตกต่างกันไป เช่น ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบพิจารณาความจุของยานพาหนะ (Capacitated Vehicle Routing Problem, CVRP) ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Window, VRPTW) ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบแบ่งส่ง (Vehicle Routing Problem with Split Delivery, VRPSD) และ ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบหลายรอบ (Vehicle Routing Problem with Multiple Trips) เป็นต้น

บริษัทกรณีศึกษาที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเป็นบริษัทที่ทำการขนส่งดินโดยมีการลักษณะการจัดส่งดังนี้ บริษัททำการรับคำสั่งซื้อของลูกค้าล่วงหน้า 1 วัน หลังจากนั้นพนักงานชำนาญการมีหน้าที่ในการจัดเส้นทางการขนส่งดินให้ลูกค้าแต่ละรายตามประสบการณ์ของตน โดย

* Corresponding author: E-mail:krittin_t@cmu.ac.th
[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กำหนดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแต่ละคัน จากการเก็บข้อมูลพบว่าข้อจำกัดและเงื่อนไขของการขนส่งดินมีดังนี้ 1)ยานพาหนะทุกคันที่ออกจากจุดกระจายสินค้า เมื่อทำการขนส่งแล้วต้องกลับเข้าจุดกระจายสินค้า 2)การขนส่งนั้นต้องไม่เกิดซับทัวร์ (subtour) 3) ยานพาหนะแต่ละคันมีความจุไม่เท่ากัน 4) ลูกค้าแต่ละรายมีข้อจำกัดในการรับสินค้าจากยานพาหนะแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน 5) การขนส่งสินค้าให้ลูกค้าเป็นแบบแบ่งส่งได้ คือลูกค้าสามารถรับสินค้าจากยานพาหนะหลายคันได้ 6) ยานพาหนะแต่ละคันสามารถขนส่งสินค้าได้หลายรอบ และ 7) การขนส่งทั้งหมดต้องอยู่ภายในเวลาทำการที่กำหนดไว้ ปัจจุบันยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งมี 4 ประเภท คือ ยานพาหนะขนส่งสินค้าประเภท 4 ล้อ ความสามารถในการขนส่งไม่เกิน 3,000 กิโลกรัม จำนวน 1 คัน ยานพาหนะขนส่งสินค้าประเภท 6 ล้อ ความสามารถในการขนส่งไม่เกิน 6,000 กิโลกรัม จำนวน 1 คัน ยานพาหนะขนส่งสินค้าประเภท 6 ล้อยกสูง ความสามารถในการขนส่งไม่เกิน 8,000 กิโลกรัม จำนวน 1 คัน และยานพาหนะขนส่งสินค้าประเภท 6 ล้อมีความสามารถในการขนส่งไม่เกิน 13,000 กิโลกรัม จำนวน 1 คัน ทั้งนี้ เนื่องจากการเส้นทางการขนส่งทำโดยใช้ประสบการณ์ของพนักงานชำนาญการเป็นหลัก ซึ่งอาจไม่ใช่เส้นทางการขนส่งที่เหมาะสม

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้ทำการวิจัยจึงสนใจศึกษาปัญหาการจัดส่งสินค้าตามเงื่อนไขการจัดส่งของบริษัทตามที่กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบแบ่งส่งและการขนส่งแบบหลายรอบเพื่อหาเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุดที่ให้บริษัทได้กำไรสูงสุดจากการขนส่ง

2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการจัดเส้นทาง (Vehicle Routing Problem, VRP) เป็นหนึ่งในกิจกรรมโลจิสติกส์ที่สำคัญการดำเนินงานเริ่มต้นตั้งแต่การรับออเดอร์จากลูกค้า ตลอดไปจนถึงการขนส่งสินค้าเพื่อส่งออกไปจากจุดกระจายสินค้า ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ เช่น เวลา ความสามารถในการบรรทุก ขนาดของยานพาหนะ จำนวนความต้องการของสินค้า ความสามารถในการเข้าถึงยานพาหนะ จะต้องจัดทำล่วงหน้าก่อนที่จะลงมือนำสินค้าส่งให้ลูกแต่ละราย การกำหนดวิธีควบคุมการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญมาก เพื่อให้ได้กำไรและลดความสิ้นเปลืองของทรัพยากรได้มีประสิทธิภาพสูงสุด การกำหนดข้อจำกัดของการจัดเส้นทางอย่างเหมาะสมจะส่งผลในการปฏิบัติงานดังนี้ 1. สามารถลดต้นทุนในการขนส่งสินค้า 2. ให้คำตอบที่ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ลดระยะทางในการขนส่ง ลดการใช้ทรัพยากร ให้ผลกำไรดีขึ้น เป็นต้น ในการทดลองผู้ศึกษาจำเป็นที่จะมีความรู้ในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทาง ดังนั้นผู้ศึกษาต้องทำการค้นคว้าวรรณกรรมต่างๆดังนี้ งานวิจัยที่ [1] ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง โดยเป็นปัญหาของการวางแผนเส้นทางในการขนส่ง ตารางเวลาการแยกส่งสินค้าและปริมาณสินค้าที่เหมาะสม งานวิจัยที่ [2] นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเส้นตรงในการจัดเส้นทางขนส่งโดยมีการขนส่งมากกว่า 1 คันจึงเรียกว่าในเวลาต่อมาว่า ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง เป็นที่แพร่หลายและมีการพัฒนาต่อ งานวิจัยที่ [3] ได้นำเสนออัลกอริทึมที่แม่นยำและใกล้เคียง (Approximate Algorithm) ยานพาหนะเส้นทางปัญหา (VRP) สามารถอธิบายได้ว่าปัญหาของการออกแบบที่ดี ที่สุดในส่งมอบสินค้าหรือการสะสมเส้นทางจากหนึ่งหรือหลายสถานีไปยังจำนวนของเมืองที่มี ลูกค้าที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัด งานวิจัยที่ [4] ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะแบบมีช่วงเวลา ในการขนส่งจะมีเวลากำหนดในการรับสินค้าซึ่งเป็นข้อจำกัดหนึ่งที่มีความสำคัญ งานวิจัยที่งานวิจัยที่ [5] รูปแบบใหม่ของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งซึ่งรวมเอาไว้ด้วยกันหลายตัวแปรได้แก่ ปัญหาหารการจัดเส้นทางการขนส่งที่ทำกำไรได้และ ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบหลายรอบ ที่ยานพาหนะมีการเดินทางหลายเที่ยว ปัญหาที่เกิดขึ้นอาจเรียกว่ากำไรที่เกิดจากการที่ยานพาหนะมีการ เดินทางหลายรอบ วัตถุประสงค์หลักคือการครอบคลุมและแก้ปัญหาสถานการณ์ที่สมจริงมากขึ้น แนวคิดนี้จะสามารถทำกำไรได้มากจากบริษัทที่มีจำนวนลูกค้ามากๆและต้องการส่งให้ ได้มากที่สุดในเวลาทำการจะทำให้ได้กำไรมากที่สุด งานวิจัยที่ [6] ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งหลักการพัฒนาการทำ Local search ให้มีหลักการที่แน่นอนและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ Algorithm หลักโดยใช้อัลกอลิทึม (Large Neighborhood Search) งานวิจัยที่ [7] ศึกษาการขนส่งแบบแบ่งส่งโดยใช้เมตาฮิวริสติก (Tabu Search Algorithm) งานวิจัยที่ [8] ศึกษาวิธีการเมตาฮิวริสติกมักจะถูกใช้ในการหาคำตอบภายใต้การหาคำตอบที่ขึ้นอยู่กับเลขสุ่มเพื่อให้เกิดการค้นหาพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) ให้กว้างที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้คำตอบที่ได้มากจากวิธีการเมตาฮิวริสติกไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเหมือนคำตอบที่ได้จากปัญหาที่ได้จากวิธีแม่นตรงแต่สามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้รวดเร็วกว่ามาก งานวิจัยที่ [9] ศึกษาปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย เป็นการหาลำดับของการเดินไปยังเมืองต่างๆทุกเมืองโดยไปเยี่ยมแต่ละเมืองเพียงครั้งเดียวแล้วเดินทางกลับมายังเมืองเริ่มต้น โดยใช้วิธีแตกกิ่ง (Branch and Bound)

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Linear Programming, MILP) สำหรับปัญหาจัดเส้นทางขนส่งแบบแบ่งส่งและการขนส่งแบบหลายรอบเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด สมมุติฐานที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีดังนี้

1)ลูกค้าในแต่ละวันมีจำนวนไม่แน่นอนและมีความต้องการไม่เหมือนกัน

2)ความต้องการของลูกค้าแต่ละรายมีทั้งมากและน้อยกว่าความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะทำให้ต้องมีการแบ่งส่งสำหรับลูกค้าบางราย

3)บริษัทต้องทำการขนส่งให้มากที่สุดภายในเวลาทำการเนื่องจากบริษัทมีเวลาจำกัดในแต่ละวัน

4)เนื่องจากจำนวนยานพาหนะมีข้อจำกัด ยานพาหนะแต่ละคันจึงต้องส่งได้หลายรอบ

5)ลูกค้าบางรายอาจจะมีข้อจำกัดในการรับสินค้าจากยานพาหนะแต่ละคันแต่ละประเภท

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับปัญหาจัดเส้นทางขนส่งแบบแบ่งส่งและการขนส่งแบบหลายรอบ แสดงดังต่อไปนี้

ดัชนี

i,j = ลูกค้ารายที่ i หรือ j (l,j=1,2,3,..,n)

k = ยานพาหนะคันที่ k (k=1,2,3,..,k)

l = รอบขนส่ง l ของยานพาหนะคันที่ k

พารามิเตอร์

n = จำนวนลูกค้า

t_{ij} = เวลาในการเดินทางจาก i ไป j

p_i = รายได้จากการขนส่งสินค้า 1 ตัน

v = จำนวนยานพาหนะทั้งหมด

c_{ij} = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากลูกค้า i ไป ลูกค้า j

w_i = ความต้องการของลูกค้า i

c_k = ความจุของยานพาหนะคันที่ k

z_{ikl} = $\begin{cases} 1 \text{ เมื่อ } k \text{ สามารถเข้าถึง } i \\ 0 \text{ เมื่อ } k \text{ ไม่สามารถเข้าถึง } i \end{cases}$

t_{max} = ระเวลาการดำเนินการ

ตัวแปรตัดสิน

x_{ijkl} = $\begin{cases} 1 \text{ เมื่อ } k \text{ เดินทางจาก } i \text{ ไป } j \text{ รอบ } l \\ 0 \text{ เมื่อ } k \text{ ไม่มีการเดินทางไป} \end{cases}$

s_{ikl} = $\begin{cases} 1 \text{ เมื่อ } k \text{ ตัดสินใจไปเส้นทางนั้นๆ} \\ 0 \text{ เมื่อ } k \text{ ไม่ตัดสินสินไปเส้นทางนั้นๆ} \end{cases}$

y_{ikl} = ปริมาณดินที่ k ขนส่ง

สมการวัตถุประสงค์

$$max = \sum_{k=1}^{V}\sum_{i=0}^{N}\sum_{l=0}^{N}((p_i * y_{ikl}) - \sum_{j=0}^{N} c_{ij}) \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด

$$\sum_j x_{0jkl} * z_{jkl} \le 1 \quad ;\text{for all } k,l \quad (2)$$

$$\sum_i x_{ihkl} - \sum_j x_{hjkl} = 0 \quad ;\text{for all } h,k,l \quad (3)$$

$$U_i - U_j + N * \sum_k\sum_l x_{ijkl} \le N - 1 \quad ;\text{for all } i,j \quad (4)$$

$$y_{ikl} \le w_i * \sum_j X_{ijkl} * z_{ikl} \quad ;\text{for all } l,k,l \quad (5)$$

$$\sum_k\sum_l y_{ikl} \le w_i \quad ;\text{for all } k \quad (6)$$

$$\sum_i y_{ikl} \le c_{kl} \quad ;\text{for all } k,l \quad (7)$$

$$\sum_i\sum_j\sum_l x_{ijkl} * t_{ij} \le tmax \quad ;\text{for all } k \quad (8)$$

$$\sum_j x_{ijkl} = s_{ikl} \quad ;\text{for all } i,k,l \quad (9)$$

สมการที่ (1) คือสมการวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กำไรมากที่สุดโดยพิจารณาจากรายได้ลบค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ สมการที่ (2) และ (3) เป็นการแสดงว่ายานพาหนะทุกคันที่ออกจากจุดกระจายสินค้าต้องกลับไปยังศูนย์กระจายสินค้า และรับประกันความสมดุลการไหล สมการที่ (4) เป็นการป้องกันการเกิดซับทัวร์ย่อย *(subtour)* สมการที่ (5) ระบุถึงจำนวนสินค้าที่ส่งให้ลูกค้าคนที่ l โดยยานพาหนะ k ต้องมีจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับความต้องการสินค้าของลูกค้าคนที่ l สมการที่ (6) ระบุว่าต้องขนส่งให้ไม่เกินความต้องการสูงสุดของลูกค้าแต่ละราย สมการที่ (7) ระบุว่ายานพาหนะใดๆสามารถขนส่งสินค้าไปให้ลูกค้าไม่เกินจำนวนที่ยานพาหนะสามารถบรรทุกได้ สมการที่ (8) ระบุว่าเวลาทั้งหมดในการขนส่งสินค้าต้องไม่เกินเวลาทำการที่กำหนด และสมการที่ (9) แสดงความสัมพันธ์ของการขนส่งในแต่ละรอบ

4. ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสร้างปัญหาตัวอย่างของการขนส่งดินทั้งทั้งหมด 10 ปัญหาซึ่งมีความแตกต่างกันในด้าน ความต้องการของลูกค้า การเข้าถึงของยานพาหนะสำหรับลูกค้าแต่ละราย จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง และ ความจุที่ต่างกันของยานพาหนะ เป็นต้น จากนั้นใช้โปรแกรม LINGO Optimization Solver version 17.0 เพื่อทดสอบและวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น โปรแกรม LINGO ประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ msi spec corei7-7700hq ram 8gb operating system window10x64 ตารางที่ 1 แสดงผลการวิจัยของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาจัดเส้นทางขนส่งแบบแบ่งส่งและการขนส่งแบบหลายรอบ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่างที่	ขนาดปัญหา		Elapsed Runtime (sec)	Optimal Solution (bath)
	จำนวนลูกค้า	จำนวนยานพาหนะ		
1	5	3	3	24070
2	6	3	2	28464
3	6	4	23	27952
4	7	3	33	33746
5	7	5	120	32910
6	8	3	40	27611
7	8	4	105	34494
8	9	3	60	34494
9	9	4	220	38784
10	10	6	>3ชม.	n/a

จากการทดสอบปัญหาตัวอย่างจำนวน 10 ปัญหาจากตารางที่ 1 พบว่า โปรแกรม LINGO 17.0 สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ในเวลาที่รวดเร็วสำหรับปัญหาขนาดเล็ก แต่ในปัญหาขนาดใหญ่โปรแกรม LINGO 17.0 ใช้เวลาในการหาคำตอบนานมากขึ้นจนกระทั่งตัวอย่างที่ 10 โปรแกรม LINGO 17.0 ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ภายในเวลาที่กำหนด โดยเวลาที่กำหนดคือ 3 ชั่วโมง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้สามารถหาเส้นทางที่ดีที่สุดในการจัดเส้นทางให้ลูกค้าภายใต้ข้อจำกัดที่มี ซึ่งช่วยให้การจัดเส้นทางมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยอธิบายจากตัวอย่างปัญหาที่ 4 ซึ่งมีแสดงรายละเอียดข้อมูลดังนี้

ความต้องการของลูกค้า ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ และกำไรต่อหน่วยในการส่งสินค้าแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลความต้องการของลูกค้าความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ และกำไรในการส่งสินค้า

ข้อมูลของลูกค้า		ข้อมูลของยานพาหนะ		กำไรต่อสินค้า1 ตัน
ลูกค้า	ความต้องการ (ตัน)	ยานพาหนะ	ความสามารถในการบรรทุก (ตัน)	
1	5	1	5	1000
2	6	2	6	
3	3	3	7	
4	8			
5	3			
6	5			
7	5			

ตารางที่ 3 แสดงเวลาที่ใช้ในการเดินทางของยานพาหนะจากจุดกระจายสินค้าถึงลูกค้าหรือจากลูกค้าไปยังลูกค้าอีกราย

ตารางที่ 3 ระยะเวลาในการเดินทางของยานพาหนะ

ลูกค้า	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	30	40	50	60	70	40	50
1	30	0	30	40	50	60	45	50
2	40	30	0	30	40	50	44	52
3	50	40	30	0	30	40	42	58
4	60	50	40	30	0	30	41	55
5	70	60	50	40	30	0	48	51
6	40	45	44	42	41	48	0	43
7	50	50	52	58	55	51	43	0

ตารางที่ 4 แสดงการเข้าถึงได้ของยานพาหนะสำหรับลูกค้าแต่ละราย โดย 1 คือยานพาหนะสามารถเข้าถึงลูกค้ารายนั้นๆได้ และ 0 คือยานพาหนะไม่สามารถเข้าถึงลูกค้าได้

ตารางที่ 4 การเข้าถึงได้ของยานพาหนะ

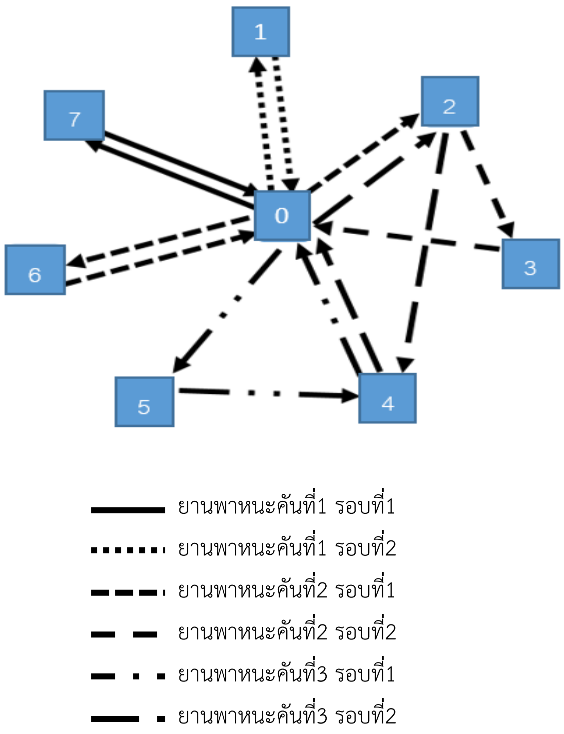
ลูกค้า	ยานพาหนะคันที่1	ยานพาหนะคันที่2	ยานพาหนะคันที่3
0	1	1	1
1	1	1	0
2	1	1	1
3	1	1	0
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1

ตารางที่ 5 แสดงค่าใช้จ่ายของที่ยานพาหนะที่ต้องขนสินส่งสินค้าไปให้ลูกค้าแต่ละราย

ตารางที่ 5 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งของยานพาหนะ

ลูกค้า	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	15	25	35	45	55	23	22
1	15	0	15	25	35	45	35	28
2	25	15	0	15	25	35	29	21
3	35	25	15	0	15	31	28	32
4	45	25	15	25	0	24	31	35
5	55	45	35	25	15	0	24	32
6	23	25	29	27	26	28	0	20
7	22	38	21	38	25	32	31	0

ผลการจัดเส้นทางการขนส่งจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับตัวอย่างปัญหาที่ 4 แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงเส้นทางการขนส่งของยานพาหนะแต่ละคันในแต่ละรอบในปัญหาตัวอย่างที่ 4

จากรูปที่ 1 การเดินทางของยานพาหนะแต่ละคันในแต่ละรอบพร้อมทั้งปริมาณการขนส่งที่ยานพาหนะแต่ละคันส่งให้ลูกค้าอธิบายได้ดังนี้

ยานพาหนะคันที่ 1 รอบที่ 1 ออกจากจุดกระจายสินค้าและทำการส่งดินให้ลูกค้ารายที่ 7 จำนวน 5 ตัน และกลับเข้าจุดกระจายสินค้า

ยานพาหนะคันที่ 1 รอบที่ 2 ออกจากจุดกระจายสินค้าและทำการส่งดินให้ลูกค้ารายที่ 1 จำนวน 5 ตัน และกลับเข้าจุดกระจายสินค้า

ยานพาหนะคันที่ 2 รอบที่ 1 ออกจากจุดกระจายสินค้าและทำการส่งดินให้ลูกค้ารายที่ 6 จำนวน 5 ตัน และกลับเข้าจุดกระจายสินค้า

ยานพาหนะคันที่ 2 รอบที่ 2 ออกจากจุดกระจายสินค้าและทำการส่งดินให้ลูกค้ารายที่ 2 จำนวน 3 ตัน ส่งดินต่อให้ลูกค้ารายที่ 3 จำนวน 3 ตัน และกลับเข้าจุดกระจายสินค้า

ยานพาหนะคันที่ 3 รอบที่ 1 ออกจากจุดกระจายสินค้าและทำการส่งดินให้ลูกค้ารายที่ 2 จำนวน 3 ตัน ส่งดินต่อให้ลูกค้ารายที่ 4 จำนวน 4 ตัน และกลับเข้าจุดกระจายสินค้า

ยานพาหนะคันที่ 3 รอบที่ 2 ออกจากจุดกระจายสินค้าและทำการส่งดินให้ลูกค้ารายที่ 5 จำนวน 3 ตัน ส่งดินต่อให้ลูกค้ารายที่ 4 จำนวน 4 ตัน และกลับเข้าจุดกระจายสินค้า

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Linear Programming, MILP) ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบแบ่งส่งและการขนส่งแบบหลายรอบเพื่อผลกำไรสูงสุด และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้คุ้มค่ามากที่สุด แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ใช้การประมวลผลโดยโปรแกรม LINGO Optimization Solver version 17.0 กับปัญหาตัวอย่างที่สร้างขึ้น 10 ปัญหา โดยผลการทดลองพบว่าโปรแกรม LINGO สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ในปัญหาขนาดเล็กในระยะที่รวดเร็ว แต่เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น โปรแกรม LINGO ไม่สามารถหาคำตอบได้ในเวลาที่กำหนดไว้ได้

ถึงแม้ว่าวิธีการแก้ไขปัญหาแบบแม่นตรง (Exact method) สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดในปัญหาขนาดเล็กได้รวดเร็ว แต่หากปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น วิธีการนี้อาจไม่สามารถหาคำตอบได้ในเวลาที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยในขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาวิธีการเมตาฮิวริสติกที่มีประสิทธิภาพเพื่อสามารถแก้ไขปัญหาขนาดที่ใหญ่ขึ้นเทียบเท่ากับปัญหาจริงได้ในเวลาที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

[1] Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. Management science, 6(1), 80-9

[2] Calvert, G., Spence, C., & Stein, B. E. (Eds.). (2004). The handbook of multisensory processes. MIT press

[3] Laporte, G. (1992). The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. European journal of operational research, 59(3), 345-358.

[4] Gendreau, M., & Tarantilis, C. D. (2010). Solving large-scale vehicle routing problems with time windows: The state-of-the-art. Montreal: Cirrelt.

[5] Chbichib, A., Mellouli, R., & Chabchoub, H. (2012). Profitable vehicle routing problem with multiple trips: Modeling and variable neighborhood descent algorithm. American Journal of Operational Research, 2(6), 104-119.

[6] Shaw, P. (1998, October). Using constraint programming and local search methods to solve vehicle routing problems. In International conference on principles and practice of constraint programming (pp. 417-431). Springer, Berlin, Heidelberg.

[7] Archetti, C., Speranza, M. G., & Hertz, A. (2006). A tabu search algorithm for the split delivery vehicle routing problem. *Transportation science*, *40*(1), 64-73.

[8] ชาตินักรบ แสงสว่าง, & กาญจนา เศรษฐนันท์. (2014). การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่เกี่ยวข้องกันภายใต้ข้อจำกัดการผลิตของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ ไดร์ฟของประเทศไทย. วารสารวิจัย มข.(ฉบับบัณฑิตศึกษา) KKU RESEARCH JOURNAL (GRADUATE STUDIES), 10(1), 14-21.

[9] Applegate, D. L. (2006). The traveling salesman problem: a computational study. Princeton university press.

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายกฤติน ต้นเรืองชาติจบการศึกษาปริญญาตรี วศ.บ.วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จบปีการศึกษา2558 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขณะนี้กำลังศึกษาในระดับปริญญาโท วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

W. Wisittipanich is a lecturer at department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Thailand. Her interested research areas include operations research, applied operations research, evolutionary algorithms, and evolutionary computation.

A Mathematical Model for Pollution Travelling Salesman Problem

Supakrit Nanasilp[1*]
Graduate Program in Logistic Engineering and Supply chain Management
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University
239, Huay Kaew Road, Muang District, Chiang Mai Thailand, 50200
E-mail: [1] supakrit_nanasilp@cmu.ac.th
and Warisa Wisittipanich[2]
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University
239, Huay Kaew Road, Muang District, Chiang Mai Thailand, 50200
E-mail: [2] warisa.o@gmail.com

Abstract

This paper studies Pollution Travelling Salesman Problem (PTSP). PTSP is a generalization of the well-known Travelling Salesman Problem (PTSP) which aims to find a suitable tour that minimizes fuel consumption in liters. This paper presents a mixed integer linear programming (MILP) for Pollution Travelling Salesman Problem which its objective function considers fuel consumption in term of vehicle engine efficiency, transmission, vehicle load, vehicle speed, road angle, distance and driver wages. The decision variables of the problem include routing of a vehicle, vehicle load and speed level. In this study, the PTSP is solved by the exact algorithm with optimization solver. The experiment uses 15 generated instances with the number of cities varying from 5 to 20 cities. The numerical results obtained by LINGO show that, in small-size instances, optimal solutions are easily found within fast computing time. When the number of cities increases to 15 cities, the model takes 3 to 8 hours to find optimal solutions. Finally, when the number of cities increases to 20 cities, the model cannot find optimal solution within acceptable computing time of 10 hours.

Keywords: Pollution Travelling Salesman Problem, Mathematical Model, Travelling Salesman Problem, Minimization of Fuel Consumption

บทความนี้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการเพื่อนำไปตีพิมพ์ในวารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน

* Corresponding author: E-mail: supakrit_nanasilp@cmu.ac.th
[1] Master Degree's students in the Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University.
[2] Assistant Professor in the Department of the Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University.

การจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน กรณีศึกษา โรงพยาบาลเลิดสิน
Space Allocation for Drug in In-Patient Department a Case Study in Lerdsin Hospital

รัชนีกร ไพบูลย์วรชาติ[1*]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140
E-mail: [1] Phaiboonworachat.r@gmail.com
และ สรวิชญ์ เยาวสุวรรณไชย[2]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพ 10140
E-mail: [2] Sorawit.yao@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนาวิธีการจัดสรรพื้นที่ในการจัดวางยาและเวชภัณฑ์ในห้องจ่ายยาผู้ป่วยของโรงพยาบาลเลิศสิน โดยห้องจ่ายยานี้ต้องจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์มากกว่า 2,000 รายการ โดยแต่ละรายการมีความต้องการใช้และขนาดกล่องไม่เท่ากัน โรงพยาบาลนี้กำหนดให้ห้องจ่ายยาสามารถเบิกยาและเวชภัณฑ์จากคลังกลางของโรงพยาบาลได้เพียงสัปดาห์ละครั้งเท่านั้น ทำให้ห้องจ่ายยาต้องเบิกยาครั้งหนึ่งในปริมาณมากๆ เพื่อให้พอใช้ในแต่ละสัปดาห์ แต่ห้องจ่ายยามีปัญหาพื้นที่จัดวางยาที่มีจำกัดไม่พอจัดเก็บปริมาณยาสำหรับ 1 สัปดาห์ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงขอนำเสนอแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ช่วยจัดสรรพื้นที่สำหรับวางยาและเวชภัณฑ์ต่างๆ เพื่อให้สามารถวางยาได้เต็มพื้นที่มากที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความจำเป็นของยาแต่ละรายการที่แตกต่างกัน ขนาดของกล่องยาที่ไม่เท่ากัน และปริมาณความต้องการใช้ยาโดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ที่ไม่เท่ากัน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้กับโจทย์จำลองขนาดเล็กที่มียาและเวชภัณฑ์ 15 รายการ และพื้นที่จัดวางยา 5 ตำแหน่ง โดยใช้เครื่องมือ Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel ผลทดสอบ พบว่าสามารถวางยาและเวชภัณฑ์ได้พื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 61.99 ตารางเมตร (คิดเป็น 99.98% ของพื้นที่ของทั้ง 5 ตำแหน่ง) และวางได้ 1,260 กล่อง (คิดเป็น 52.41% ของจำนวนกล่องทั้งหมดของยาและเวชภัณฑ์ 15 รายการ)

คำสำคัญ: การจัดสรรพื้นที่, โปรแกรมเชิงเส้น, แบบจำลองคณิตศาสตร์

Abstract

This research develops a method to allocate the storage space of drugs and medical supplies of a storage room inside Lerdsin Hospital. The drug kept in this room is for inpatients only, therefore the room is called as the inpatient dispensing room (IDR). An item of drugs or medical supplies has different demand and box size. There are more than 2000 items of drugs and medical supplies that need to be kept inside IDR. However, the hospital allows IDR staff to request these items from the hospital's central warehouse only once in a week. This forces IDR staff to request a very large amount of drug and medical supplies in order to satisfy a weekly demand. But IDR has a very limited space that is not enough for the weekly demand. Hence, this research proposes a mathematical model to help allocate the IDR space to drugs and medical supplies with the aim to maximize the space utilization. The model considers the following factors: the critical value of each drug, the size of drug's box, and the weekly average demand. In this paper, the model was tested with only one small-sized hypothetical problem with 15 items of drugs and 5 locations using Solver of MS Excel. The testing result shows that the model could maximize the space utilization with 61.99 square meter (or 99.98% of total space) and could allocate 1260 boxes (or 52.41% of total boxes).

Keywords: Drug Storage Management, Linear Programming, Mathematical Model

* Corresponding author: E-mail: Phaiboonworachat.r@gmail.com

[1] นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

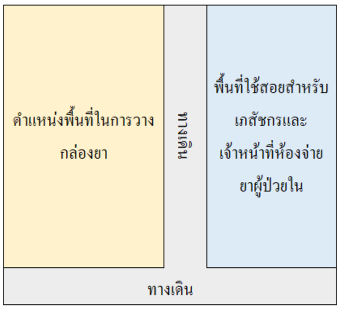
1. คำนำ

ปัจจุบันการบริหารการจัดการพื้นที่เพื่อจัดเก็บดูแลและรักษายาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานของโรงพยาบาลนั้น ถือเป็นเรื่องที่สำคัญในการบริหารการจัดการควบคุมปริมาณยาและเวชภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมต่อคลังยา ถ้าโรงพยาบาลมีการบริหารจัดการคลังยาที่เหมาะสมจะทำให้คลังยามียาและเวชภัณฑ์ในการรักษาที่เพียงพอต่อการรักษาผู้ป่วยได้ แต่ถ้าคลังยาบริหารจัดการไม่ดีหรือไม่มีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษายาคงคลังเกิดขึ้นซึ่งคลังยาในโรงพยาบาลส่วนใหญ่จะมีคลังอยู่ 2 ประเภท ได้แก่

1. คลังเวชภัณฑ์หรือคลังยา จะเก็บรักษายาและเวชภัณฑ์ที่ไม่ใช่ยา เช่น ยาน้ำ ยาเม็ด น้ำเกลือ สำลี เป็นต้น
2. คลังพัสดุ จะเก็บรักษาวัสดุอุปกรณ์ อะไหล่ซ่อมบำรุง น้ำยาทำความสะอาด เป็นต้น

จากการศึกษาการทำงานและปัญหาของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในกรณีศึกษา โรงพยาบาลเลิดสิน พบว่า การทำงานของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในต้องเบิกยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ยจากคลังยาสัปดาห์ละ 1 ครั้ง แต่พื้นที่ในการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์มีอยู่จำกัด เนื่องจากห้องจ่ายยาผู้ป่วยในจำเป็นต้องมีการเก็บสำรองยาและเวชภัณฑ์เป็นจำนวนมาก แสดงดังภาพที่ 1 และ 2 เพื่อรองรับสำหรับการรักษาผู้ป่วย ทำให้ยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ยที่เบิกจากคลังยาสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ไม่สามารถจัดเก็บได้หมดทุกรายการ ซึ่งทำให้ยาและเวชภัณฑ์ที่ไม่ได้ถูกจัดเก็บอาจทำให้ผู้ป่วยเสียโอกาสในการรักษาที่เหมาะสม หรืออาจทำให้ผู้ป่วยมีอาการแย่ลง

ภาพที่ 1 พื้นที่จัดเก็บรักษายาและเวชภัณฑ์ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน



ภาพที่ 2 แผนผังพื้นที่ในการจัดเก็บรักษายาและเวชภัณฑ์ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน

ดังนั้น การจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน ไม่ได้เป็นการทำให้มีพื้นที่เพียงพอต่อการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ได้ทั้งหมด หรือสามารถจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์เพียงพอต่อความต้องการใช้ยาและเวชภัณฑ์จริงของสัปดาห์หน้า เพราะ เป็นเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดคะเนได้ แต่การจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในเป็นการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์เท่าที่จำเป็นต่อการรักษาผู้ป่วย โดยไม่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ยาและเวชภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อการรักษาที่ทำให้ผู้ป่วยเสียโอกาสในการรักษาที่เหมาะสมหรือทำให้ผู้ป่วยมีอาการแย่ลง ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาปัญหามาใช้ในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบในการจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาข้อมูล James และ Jerry [8] กล่าวว่ารูปแบบในการจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้าสามารถแบ่งออกได้ 6 ประเภท ได้แก่

1. การจัดเก็บแบบไม่เป็นทางการ (Informal system) เป็นการจัดเก็บสินค้าที่ไม่มีการบันทึกข้อมูลไว้ในระบบ และสินค้าสามารถวางจัดเก็บไว้ในตำแหน่งใดก็ได้ภายในคลังสินค้า
2. การจัดเก็บแบบกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed location system) เป็นการกำหนดตำแหน่งในการจัดเก็บสินค้า
3. การจัดเก็บแบบเรียงรหัสเลขสินค้า (Part number system) เป็นการจัดเก็บโดยใช้รหัสสินค้า (Part Number) ในการจัดเก็บสินค้า
4. การจัดเก็บสินค้าตามประเภทสินค้า (Commodity system) เป็นการจัดเก็บสินค้าตามแต่ละประเภทของสินค้า (product type) โดยมีการจัดตำแหน่งในการวางสินค้าในกลุ่มเดียวกัน ประเภทเดียวกัน หรือตำแหน่งที่ใกล้กัน
5. การจัดเก็บแบบไม่กำหนดตำแหน่งตายตัว (Random location system) เป็นการจัดเก็บสินค้าที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งในการวางสินค้า ทำให้สินค้าแต่ละชนิดสามารถถูกจัดเก็บไว้ในตำแหน่งใดก็ได้ภายในคลังสินค้า
6. การจัดเก็บแบบผสม (Combination system) เป็นการจัดเก็บที่ผสมผสานในการจัดเก็บหลายรูปแบบ โดยมีการพิจารณาเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสินค้าแต่ละชนิด

การบริหารการจัดการพื้นที่ภายในโรงพยาบาล [2], [3] คือการบริหารจัดการพื้นที่ จัดเก็บ ดูแลและรักษาสินค้าคงคลังให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ครอบคลุมงานเก็บรักษาสินค้า การจัดการพื้นที่ในคลังสินค้า ดูแลอุปกรณ์ เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ภายในคลังสินค้า เช่น รับสินค้า ตรวจสอบและตรวจรับสินค้า ตรวจนับยอดคงเหลือของสินค้า เบิกจ่ายและรับคืนสินค้า เป็นต้น และทำการทดสอบ เปรียบเทียบนโยบายในการจัดการสินค้าคงคลังยาในปัจจุบันและนโยบายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้นโยบายในการจัดการสินค้าคงคลังที่เหมาะสมกับลักษณะยาที่แตกต่างกัน จากการทดสอบพบว่า นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังนโยบายเดียวไม่สามารถใช้กับยาทุกรายการได้ เพราะยามีมูลค่าและความสำคัญในการรักษาที่แตกต่างกัน และการกำหนดนโยบายในการจัดการสินค้าคงคลังในโรงพยาบาลควรพิจารณาลักษณะของยาที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของโซ่อุปทานสุขภาพจะแตกต่างจากอุตสาหกรรมอื่นทั่วไป

2.1 การจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management)

การจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management) [1] คือ การจัดการระเบียบพื้นที่ภายในคลังสินค้า เพื่อทำให้คลังสินค้ามีการใช้พื้นที่ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ได้แก่ การจัดเก็บ การเคลื่อนย้าย และการรักษาสินค้า โดยคลังสินค้าจะทำหน้าที่ในการเก็บสินค้าและการเคลื่อนย้ายสินค้าเพื่อสนับสนุนการผลิตและการกระจายสินค้า ซึ่งสินค้าที่จัดเก็บภายในคลังสินค้า ได้แก่ วัฒุดิบ (Material), สินค้าสำเร็จรูป (Finished Goods) สินค้าที่อยู่ในระหว่างการผลิต (Goods in process), สินค้าที่ต้องการจะทิ้ง (Disposed) และวัสดุที่นำมาใช้ใหม่ (Recycle) เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมภายในคลังสินค้าจะประกอบไปด้วย ได้แก่ การรับสินค้า (Receiving), การจัดเก็บสินค้า (Put-Away), การเก็บรักษา (Storage), การตรวจนับสินค้า (Counting), การหยิบสินค้าหรือการจ่ายสินค้า (Picking) และการจัดส่ง (Shipping)

2.2 โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming)

โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) [5] คือ โปรแกรมที่มีการใช้จากตัวแบบจำลองคณิตศาตร์ [4] มาช่วยในการวางแผนและจัดสรรพื้นที่ภายในคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในการกำหนดตำแหน่งการวางสินค้าภายในคลังสินค้าที่มีขนาดกล่องที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะสามารถทำให้พื้นที่ภายในคลังสินค้ามีการใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มพื้นที่ และเกิดประโยชน์ในการดำเนินงานสูงสุด

2.3 การใช้โซลเวอร์ (Solver) เป็นโปรแกรมแอดอิน (Add-in) ของไมโครซอฟท์ เอ็กเซลล์ (Microsoft Excel)

การใช้โซลเวอร์ (Solver) [5] คือ การจัดพื้นที่ในการวางผังคลังสินค้า โดยอาศัยการใช้เครื่องมือที่มีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วและสะดวกในการปฏิบัติงาน ซึ่งการใช้ Solver ในโปรแกรม Add-in ของ Microsoft Excel เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแบ่งโซนสินค้าแบบ ABC ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ การหาผลลัพธ์โดยการใช้ Spread Sheet ทำให้สามารถทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้น ทั้งในด้านการใช้งานแลพการหาผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา ตัวอย่างโปรแกรมเสริม Spread Sheet ดังกล่าว ได้แก่ Solver ที่นำมาใช้งานร่วมกับ Microsoft Excel

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการแก้ไขปัญหาสำหรับการจัดสรรพื้นที่ในการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ยที่เบิกจากคลังยาสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน โดยการสร้างแบบจำลองคณิตสาสตร์ต้นแบบ ซึ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษากระบวนการทำงานและปัญหาที่เกิดขึ้นของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน

3.2 กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น ระบุขอบเขตและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3.3 ทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.4 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัย ได้แก่

(1) ข้อมูลในการเบิกยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน

(2) ค่าความจำเป็นของยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน

(3) ขนาดของกล่องยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน (หน่วย: ตารางเมตร)

(4) ขนาดพื้นที่ในการจัดสรรพื้นที่ในการวางกล่องยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน (หน่วย: ตารางเมตร)

3.5 สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบในการจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน

3.6 ทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบในการจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในด้วยเครื่องมือ Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel

3.7 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

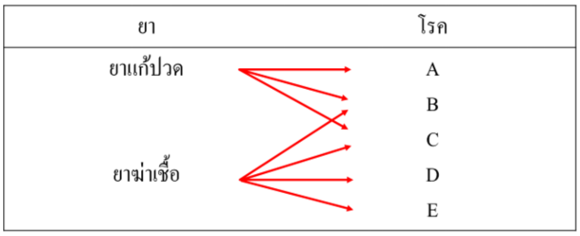
4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการที่ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบในการจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในสำหรับการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ ซึ่งการจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในนี้ไม่ได้เป็นการทำให้มีพื้นที่เพียงพอต่อการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ได้ทั้งหมด หรือสามารถจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์ได้เพียงพอต่อความต้องการใช้จริงของสัปดาห์หน้า เพราะ เป็นเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดคะเนได้ แต่การจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในเป็นการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์เท่าที่จำเป็นต่อการรักษาผู้ป่วย โดยไม่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ยาและเวชภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อการรักษาที่ทำให้ผู้ป่วยเสียโอกาสในการรักษาที่เหมาะสมหรือทำให้ผู้ป่วยมีอาการแย่ลง

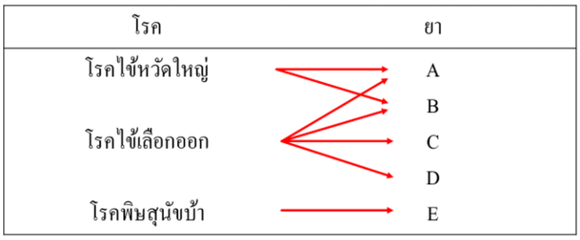
สมการวัตถุประสงค์แบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบ คือ การหาผลรวมขนาดพื้นที่ของกล่องยาและเวชภัณฑ์มากที่สุด เพราะผู้วิจัยต้องการใช้พื้นที่ในการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์ให้ได้มากที่สุด จึงจำเป็นต้องหาผลรวมขนาดพื้นที่ของกล่องยาและเวชภัณฑ์มากที่สุดแต่ไม่เกินพื้นที่ที่มีอยู่จำกัดของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน และแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบนี้เป็นการสมมติข้อมูลขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบและแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ ได้แก่ รายการยาและเวชภัณฑ์, จำนวนยาและเวชภัณฑ์ของแต่ละรายการโดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ (หน่วย: กล่อง), ขนาดพื้นที่ของกล่องยาและเวชภัณฑ์ (หน่วย: ตารางเมตร/กล่อง), ขนาดของพื้นที่ในการวางกล่องยาและเวชภัณฑ์ (หน่วย: ตารางเมตร), ตำแหน่งพื้นที่ และค่าความจำเป็นของยาและเวชภัณฑ์ เป็นต้น ซึ่งขนาดพื้นที่ของกล่องยาและเวชภัณฑ์ผู้วิจัยให้หน่วยเป็นตารางเมตร เนื่องจากพื้นที่ในการจัดเก็บรักษายาและเวชภัณฑ์มีหน่วยตารางเมตร เพื่อให้สะดวกในการทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบ ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนขนาดพื้นที่ของกล่องยาและเวชภัณฑ์จากตารางเซนติเมตรเป็นตารางเมตร และค่าความจำเป็นที่นำมาใช้ในการทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบนี้ เป็นค่าที่ผู้วิจัยเป็นคนกำหนดขึ้น ซึ่งค่าความจำเป็นนี้จะต้องเป็นค่าที่สอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ หมอ, พยาบาล และเภสัชกร ที่เป็นผู้กำหนดตัวเลขนี้ เพราะ ผู้เชี่ยวชาญทราบถึงจำนวนยาและเวชภัณฑ์ที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยโดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ ซึ่งคำนิยามของค่าความจำเป็น มีดังนี้

“ค่าความจำเป็น” คือ การกำหนดจำนวนขั้นต่ำที่ควรมีในการจัดเก็บของยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการโดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน โดยค่าความจำเป็นกำหนดจากปริมาณการใช้ยาและเวชภัณฑ์ในการรักษาโรคหรือโรคที่เป็นตามฤดูกาลแสดงดังภาพที่ 3 และ 4 ซึ่งค่าความจำเป็นจะมีค่าเป็นร้อยละหรือเปอร์เซนต์ขึ้นอยู่กับจำนวนยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการที่ใช้รักษาผู้ป่วยหรือรักษาโรค เช่น ยาที่ไม่ได้มีการใช้บ่อย ได้แก่ ยาต้านพิษ อาจจะมีค่าความจำเป็น

ของยา 1% ซึ่งต่างจากยาที่มีการใช้เยอะมาก ๆ ได้แก่ ยาแก้ไข้ ยารายการนี้อาจจะมีค่าความจำเป็นอยู่ที่ 30% เป็นต้น



รูปภาพที่ 3 ปริมาณการใช้ยาและเวชภัณฑ์ในการรักษาโรค



รูปภาพที่ 4 ปริมาณการใช้ยาและเวชภัณฑ์ในการรักษาโรคตามฤดูกาล

จากการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบในการจัดสรรพื้นที่เป็นการนำเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาสำหรับการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน เพื่อให้พื้นที่สามารถจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์ที่เบิกจากคลังยาได้ทุกรายการ โดยมีการใช้พื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบนี้เป็นเพียงการสมมติค่าต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดสอบ และแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบนี้ยังไม่สามารถนำไปใช้กับปัญหาจริงของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในได้ เนื่องจากยังมีหลายปัจจัยที่ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้กับปัญหาจริง ได้แก่ พื้นที่ในการจัดเก็บรักษายาและเวชภัณฑ์ เช่น เก็บรักษายาและเวชภัณฑ์บนชั้น, พื้น หรือเก็บใส่ลิ้นชักตู้ และขนาดของกล่องหรือขนาดบรรจุภัณฑ์ของยาและเวชภัณฑ์ที่มีขนาดที่แตกต่างกัน เป็นต้น โดยรายละเอียดของการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบ มีดังต่อไปนี้

4.1 สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบ (Mathematical Model) ในการจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน

สัญลักษณ์ (Notation)

ดัชนี (Indices):

i : ดัชนีแทนลำดับของรายการยาและเวชภัณฑ์

j : ดัชนีแทนลำดับตำแหน่งพื้นที่ในการวางกล่องยาและเวชภัณฑ์

ข้อมูลนำเข้า (Input Parameter):

B_i : ความต้องการใช้ยาและเวชภัณฑ์ของยารายการ i เฉลี่ยต่อสัปดาห์ (หน่วย: กล่อง)

C_i : ค่าความจำเป็นของยาและเวชภัณฑ์รายการ i

V_i : ขนาดของกล่องยาและเวชภัณฑ์รายการ i (หน่วย: ตารางเมตร/กล่อง)

S_j : ขนาดของพื้นที่ j ในการวางกล่องยาและเวชภัณฑ์ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน (หน่วย: ตารางเมตร)

m : จำนวนรายการยาและเวชภัณฑ์ทั้งหมด

n : จำนวนตำแหน่งพื้นที่ทั้งหมดในการวางกล่องยาและเวชภัณฑ์

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables):

x_{ij} : จำนวนกล่องยาและเวชภัณฑ์ของรายการ i ลงในตำแหน่งพื้นที่ j

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function):

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} V_i x_{ij}, \qquad (1)$$

ข้อจำกัด (Constraint):

$$\sum_{i=1}^{m} V_i x_{ij} \le S_j, \qquad for\ j = 1, \dots, n, \qquad (2)$$

$$B_i C_i \le \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le B_i, \qquad for\ j = 1, \dots, m, \qquad (3)$$

$$x_{ij} \text{ is integer.} \qquad (4)$$

สมการที่ 1 คือ สมการวัตถุประสงค์เพื่อหาผลรวมขนาดพื้นที่ของกล่องยาและเวชภัณฑ์มากที่สุด โดยการเลือกจัดวางกล่องยาและเวชภัณฑ์รายการ i ลงบนตำแหน่งพื้นที่ j

สมการที่ 2 คือ พื้นที่ในการวางกล่องยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในต่อสัปดาห์บนตำแหน่งพื้นที่ j สามารถวางกล่องยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการได้ไม่เกินขนาดพื้นที่ที่มีอยู่จำกัด

สมการที่ 3 คือ จำนวนกล่องยาและเวชภัณฑ์รายการ i เฉลี่ยต่อสัปดาห์ที่ถูกวางลงในตำแหน่งพื้นที่รวมกันแล้วจะต้องไม่เกินปริมาณความต้องการใช้ยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ย แต่ต้องมีค่ามากกว่าจำนวนขั้นต่ำที่ควรมี

สมการที่ 4 คือ ตัวแปรตัดสินใจในการเลือกวางจำนวนกล่องยาและเวชภัณฑ์รายการ i ลงในตำหน่งพื้นที่จัดรักษากล่องยาและเวชภัณฑ์ j และมีค่าเป็นจำนวนเต็ม

4.2 การทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบ (Mathematical Model) ในการจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน

ผู้วิจัยได้สมมติข้อมูลเพื่อใช้ในการทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ต้นแบบ โดยกำหนดให้มีรายการยาและเวชภัณฑ์ 15 รายการ (m = 15) ได้แก่ A-O และพื้นที่ในการจัดเก็บกล่องยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน 5 พื้นที่ (n = 5) ได้แก่ 3, 6, 12, 25, 16 ตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อรวมขนาดพื้นที่ในการจัดเก็บกล่องยาและเวชภัณฑ์จะมีทั้งหมด 62 ตารางเมตร และกำหนดค่าความจำเป็นของยาและเวชภัณฑ์, ขนาดพื้นที่ของกล่องยาและเวชภัณฑ์และจำนวนกล่องยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความจำเป็น, ขนาดของกล่อง และความต้องการใช้โดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ของยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการ

ลำดับ (i)	รายการยา	ค่าความจำเป็น (C_i) (เปอร์เซนต์)	ขนาดของกล่องยา (V_i) (หน่วย: ตารางเมตร)	ความต้องการใช้ยาโดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ (B_i) (หน่วย: กล่อง)
1	A	12	0.012	125
2	B	34	0.016	289
3	C	15	0.020	199
4	D	78	0.080	167
5	E	45	0.029	189
6	F	67	0.033	155
7	G	8	0.021	112
8	H	15	0.041	189
9	I	55	0.04	198
10	J	9	0.05	134
11	K	44	0.03	125
12	L	23	0.019	155
13	M	89	0.06	132
14	N	45	0.09	123
15	O	22	0.08	112
จำนวนกล่องยาทั้งหมด (หน่วย: กล่อง)				2,404

จากนั้นทดสอบแบบจำลองคณิตสาสตร์ต้นแบบด้วยเครื่องมือ Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์จากเครื่องมือ Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel ในการหาผลรวมขนาดพื้นที่ของกล่องยาและเวชภัณฑ์มากที่สุด

ลำดับรายการยา (i)	ตำแหน่งพื้นที่ในการวางกล่องยาและเวชภัณฑ์ (j)				
	1	2	3	4	5
A	1	16	0	0	1
B	98	0	0	0	1
C	10	14	5	0	1
D	0	0	64	5	62
E	0	85	0	0	1
F	0	0	103	0	1
G	0	8	0	0	1
H	14	5	82	7	0
I	0	0	0	107	2
J	0	0	0	40	0
K	0	55	0	70	0
L	34	0	1	0	1
M	0	0	0	132	0
N	0	0	0	1	120
O	0	13	0	99	0
จำนวนกล่องยาทั้งหมด (หน่วย: กล่อง)					1,260
ผลรวมขนาดพื้นที่กล่องยาทั้งหมด (หน่วย: ตารางเมตร)					62

จากตารางแสดงผลลัพธ์จากเครื่องมือ Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel ในการหาผลรวมขนาดพื้นที่ของกล่องยาและเวชภัณฑ์มากที่สุด พบว่าสามารถวางกล่องยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในลงบนที่พื้นที่ได้ถึง 1,260 กล่อง จากทั้งหมด 2,404 กล่อง หรือคิดเป็นร้อยละ 52.41 ของจำนวนกล่องยาและเวชภัณฑ์ทั้งหมด และผลรวมขนาดของกล่องยาและเวชภัณฑ์มากที่สุดได้เท่ากับ 61.99 ตารางเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 99.98 จากพื้นที่ทั้งหมดจากการวางกล่องยาทั้งหมด 15 รายการ

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาการทำงานและปัญหาของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน พบว่า ห้องจ่ายยาผู้ป่วยในต้องจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์เป็นจำนวนมากเพื่อรองรับในการรักษาผู้ป่วย แต่พื้นที่ในการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์มีอยู่อย่างจำกัด และห้องจ่ายยาผู้ป่วยในต้องเบิกยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ยจากคลังยาสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทำให้ไม่สามารถจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ยที่เบิกจากคลังยาได้ทั้งหมด

ผู้วิจัยเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาด้วยการสร้างแบบจำลองคณิตสาสตร์ต้นแบบในการจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายผู้ป่วยใน สำหรับการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ ซึ่งการจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในนี้ไม่ได้เป็นการทำให้มีพื้นที่เพียงพอต่อการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์โดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์ได้ทั้งหมด หรือสามารถจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์ได้เพียงพอต่อความต้องการใช้จริงของสัปดาห์หน้า เพราะเป็นเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดคะเนได้ แต่การจัดสรรพื้นที่ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในเป็นการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์เท่าที่จำเป็นต่อการรักษาผู้ป่วย โดยไม่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ยาและเวชภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อการรักษาที่ทำให้ผู้ป่วยเสียโอกาสในการรักษาที่เหมาะสมหรือทำให้ผู้ป่วยมีอาการแย่ลง

ผลจากการทดสอบ พบว่า สามารถวางกล่องยาและเวชภัณฑ์แต่ละรายการของห้องจ่ายยาผู้ป่วยในลงบนที่พื้นที่ได้ถึง 1,260 กล่อง จากทั้งหมด 2,404 กล่อง หรือคิดเป็นร้อยละ 52.41 ของจำนวนกล่องยาและเวชภัณฑ์ทั้งหมด และผลรวมขนาดพื้นที่ของกล่องยาและเวชภัณฑ์มากที่สุดได้เท่ากับ 61.99 ตารางเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 99.98 จากพื้นที่ทั้งหมดในการวางกล่องยาทั้งหมด 15 รายการ

จากการดำเนินงานวิจัย พบว่า เมื่อได้ทำการสำรวจพื้นที่จริงในการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์ยังมีข้อกัดในหลายๆ ด้านสำหรับการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์ของห้องจ่ายยาผู้ป่วยใน ได้แก่ ขนาดพื้นที่ในการจัดเก็บของยาและเวชภัณฑ์ เช่น จัดเก็บบนชั้น จัดเก็บใส่กล่อง เป็นต้น รวมไปถึงขนาดของกล่องยาและเวชภัณฑ์หรือขนาดบรรจุภัณฑ์ของยาและเวชภัณฑ์ที่มีขนาดที่แตกต่างกัน เช่น ยาและเวชภัณฑ์บางรายการมีบรรจุภัณฑ์เป็นแบบถุง ยาบางรายการเป็นแบบขวด เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา โดยทางห้องจ่ายยาผู้ป่วยในควรมีการสำรวจพื้นที่ใกล้เคียงเพิ่มเติมที่สามารถรองรับจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์ที่เบิกจากคลังยา หรือทางห้องจ่ายยาผู้ป่วยในไม่สามารถหาพื้นที่เพิ่มเติมในการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์ อาจต้องทำการเบิกยาและเวชภัณฑ์จาก 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็น 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เพื่อให้มีพื้นที่ในการจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ยาและเวชภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อการรักษา ซึ่งทำให้ผู้ป่วยเสียโอกาสในการรักษาที่เหมาะสมหรือทำให้ผู้ป่วยมีอาการแย่ลง

เอกสารอ้างอิง

[1] คำนาย อภิปรัชญากุล, 2547, การจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management), กรุงเทพ: สำนักพิมพ์โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง.

[2] ดวงพรรณ กริญชาญชัย และวัชรพงศ์ หมีสมุทร, 2014, การพัฒนาการจัดการสินค้าคงคลังในโรงพยาบาล, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจาปี ด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, ครั้งที่ 14, 706-718

[3] ดวงพรรณ กริชชาชัย,โสภณ เมืองชู, พุทธชาด อิ่มเดชา และปฐมา กิตติสุวรรณ์, 2016, HOSPITAL LOGISTICS โลจิสติกส์ภายในโรงพยาบาล สืบค้นจาก http://www.loghealth.mahidol.ac.th/file/file-11-22-2016-10-47-16-AM.pdf

[4] ยศเจริญสิน หมู่พุทธรักษ์, 2556, การปรับปรุงประสิทธิภาพตำแหน่งการจัดวางสินค้าในคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัทไทยซุปเปอร์แวร์จำกัด (มหาชน) สาขาสุขสวัสดิ์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑติ สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[5] สุวัลภา แสงประกาย, 2542, การนำ Optimization มาประยุกต์ใช้ในการหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปรษณียภัณฑ์, การศึกษาโครงการเฉพาะเรื่องปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 3-13.

[6] เมธินี ศรีกาญจน์ และชุมพล มณฑาทิพย์, 2556, การปรับปรุงประสิทธิภาพตำแหน่งการจัดวางสินค้าในคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัทไทยซุปเปอร์แวร์จำกัด (มหาชน) สาขาสุขสวัสดิ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 3 (กันยายน-ธันวาคม 2013): หน้า 8-20.

[7] Antonoglou D., Kastanioti C., & Niakas D., 2017, ABC and VED Analysis of Medical Materials of a General Military Hospital in Greece, Journal of Health Management, Vol. 19, No. 1, 170–179.

[8] Ceylan, Z., Bulkan, S., 2017, Drug Inventory Management of a Pharmacy using ABC and VED Analysis, Eurasian Journal of Health Technology Assessment, Vol. 2, No. 1, 14-18.

[9] James A., Jerry D., 1998, The Warehouse Management Handbook., 2nd ed., North Carolina, Edwards Brothers, Inc.

[10] Jay Heizer, Jesse H. Jones, Barry Render, Charles Harwood, 2010, Operations Management, 10ed ed., Pearson Education, Inc., pp.133-182, 497-540.

[11] Stuart Emmet, 2005, Excellent in Warehouse Management, John Wiley & Sons, Ltd.

[12] Vaz, F.S., Ferreira, A.M., Kulkarni, M.S., Motghare, D.D., & Pereira-Antao, I., 2008, A Study of Drug Expenditure at a Tertiary Care Hospital: An ABC-VED Analysis, Journal of Health Management, Vol. 10, No. 1, 119–127.

ชื่อ-สกุล: รัชนีกร ไพบูลย์วรชาติ

ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญาตรี:

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระดับปริญญาโท:

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน บัณฑิตวิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิจัยที่สนใจ:

การจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน

ชื่อ-สกุล: สรวิชญ์ เยาวสุวรรณไชย

ประวัติการทำงาน:

2009–Present: Lecturer at Graduate School of Management and Innovation (GMI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)

1997–2001: Lecturer at Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Thailand.

หัวข้อวิจัยที่สนใจ:

Logistics and Supply Chain Management

Transportation Management

Operations Research

Information Technology for Logistics

กลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินด้วยข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ ร่วมกับการประเมินสภาพการจราจรติดขัด

Ambulance Allocation Strategy with Social Network Information And Traffic Congestion Assignment

สุริยพงศ์ นิลสังข์[1], รณน เจียรตระกูล[2], และ ชุมพล ยวงใย[3*]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1]suriyaphong.nilsang@gmail.com, [2] ranon.ji@kmitl.ac.th, and [3] chumpol.yu@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการจราจรติดขัดกลายเป็นปัญหาหลักของเมืองใหญ่ทั่วโลก ผลกระทบจราจรติดขัดมีผลต่อทั้งสภาพเศรษฐกิจและสังคมในพื้นที่เมืองรวมถึงสภาพแวดล้อมและคุณภาพชีวิตในสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานของรถฉุกเฉินในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน การที่เวลาตอบสนองของรถฉุกเฉินเพิ่มขึ้นนั้นนำไปสู่ความเสี่ยงในการเสียชีวิตและพิการในผู้ป่วยฉุกเฉิน กลยุทธ์การจัดการจุดจอดรถฉุกเฉินต่างๆ ได้รับการพัฒนาเพื่อหาจุดจอดรถฉุกเฉินที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ความต้องการภายในระยะเวลาหรือระยะทาง อย่างไรก็ตามการบริหารจัดการแบบทันทีทันใดเป็นที่ต้องการเพื่อกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน แต่ในทางปฏิบัติการปรับเปลี่ยนจุดจอดแบบไดนามิคมีค่าใช้จ่ายที่สูงและมีความซับซ้อนในการใช้งาน การปรับเปลี่ยนจุดจอดแต่ละครั้งก็ไม่สามารถยืนยันได้ว่าช่วงเวลาถัดไปจะมีอีกเปลี่ยนอีกครั้ง ซึ่งเป็นการเพิ่มภาระการทำงานให้กับพนักงานขับรถฉุกเฉินและทำให้ขาดความพร้อมในการปฏิบัติงานเมื่อมีการเรียกฉุกเฉิน นอกจากนี้กลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินเหล่านี้จะพิจารณาเฉพาะประเด็นความต้องการทั้งหมด แต่ขาดความสามารถในการพิจารณาปัจจัยที่มีความไม่แน่นอน เช่น สภาพการจราจรติดขัด เงื่อนไขของผู้ป่วย กิจกรรมสาธารณะ และการเคลื่อนตัวของประชากรในช่วงวัน เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จะมุ่งเน้นการพัฒนาแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถฉุกเฉินแบบไดนามิคด้วยการใช้ข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์และข้อมูลสภาพการจราจรติดขัดด้วยการประเมินความน่าจะเป็นของการจราจรติดขัดด้วยแนวคิดของห่วงโซ่มาร์คอฟ แบบจำลองนี้ถูกใช้เพื่อกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินและปรับสมดุลจำนวนรถฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้จำนวนรถฉุกเฉินที่น้อยที่สุด และค่าใช้จ่ายด้านทรัพยากรที่น้อยที่สุด นอกจากนี้ยังมีการนำวิธีการที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้ในการบริการการแพทย์ฉุกเฉินของพื้นที่กรุงเทพมหานคร

คำสำคัญ: กลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน, ข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์, การประเมินสภาพการจราจรติดขัด, แบบจำลองครอบคลุม

Abstract

At present, traffic congestion has become a major problem in many metropolitan areas globally, affecting the economy and social conditions in these areas. Of special concern, the response time of ambulances has increased, causing the death or disability of patients during emergencies. Various ambulance allocation strategies have been developed to locate a base that can achieve coverage of the demand point within a prescribed time or distance frame. However, real-time management is required to determine the location of an ambulance. In particular, the dynamic relocation of an ambulance base is costly and complicated, and each relocation does not guarantee that the next period will change again, thus increasing the workloads of the ambulance crew and potentially reducing their readiness to respond to an emergency call. Furthermore, these AAS models only considered covering all demand points but lacked the ability to consider uncertain factors, such as traffic congestion, patient conditions, public events, and population movement. Therefore, this paper focuses on developing a robust dynamic relocation model using real-time traffic congestion online information with Markov chain traffic speed assignment. The model is used to allocate ambulance bases and trade-off number of ambulance facilities while minimizing the number of ambulance vehicle and resource costs. Moreover, the proposed model was applied to a case study of Bangkok emergency medical services.

Keywords: Ambulance Allocation Strategy, Social Network Information, Traffic Congestion Assignment, Covering Model

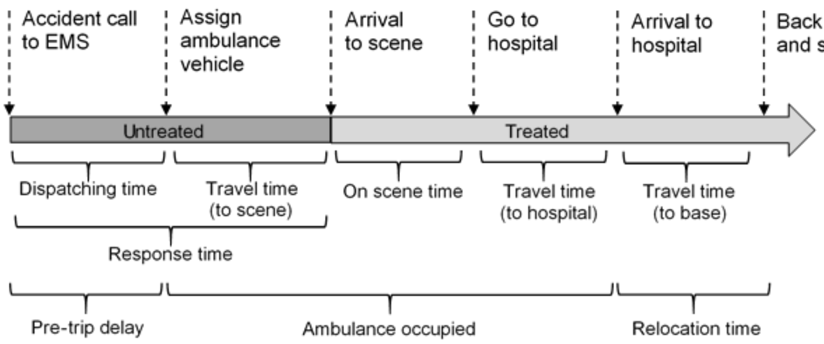
* Corresponding author: E-mail: chumpol.yu@kmitl.ac.th
[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. คำนำ

การเพิ่มขึ้นของยานพาหนะส่งผลให้การจราจรแออัดกลายเป็นปัญหาใหญ่บนถนนในเมืองต่างๆ ทั่วโลก ความแออัดของการจราจรมีผลกระทบต่อทั้งสภาพเศรษฐกิจและสังคมในพื้นที่เมืองรวมถึงสภาพแวดล้อมและคุณภาพชีวิตในสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานของรถฉุกเฉินในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน การที่เวลาตอบสนองของรถฉุกเฉินเพิ่มขึ้นนั้นนำไปสู่ความเสี่ยงในการเสียชีวิตและพิการในผู้ป่วยฉุกเฉิน [1], [2] ยกตัวอย่างเช่นในพื้นที่กรุงเทพมมหานครซึ่งติดอันดับหนึ่งของเมืองที่มีปัญหาการจราจรติดขัดสูงในภูมิภาคเอเชีย [INRIX Global Traffic Scorecard, 2017] การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาในการเดินทางเหล่านี้ นำไปสาความยุ่งยากและท้าทายในการบริการจัดการรถฉุกเฉินเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและสามารถตอบสนองต่อการบริการในเหตุการณ์ฉุกเฉิน [3]

การบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (EMS) เป็นหน่วยงานที่มีความสำคัญของระบบสุขภาพสมัยใหม่ องค์กรเหล่านี้รับผิดชอบเกี่ยวกับส่วนการบริการการแพทย์นอกโรงพยาบาล (pre-hospital) ของระบบบริการสุขภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการบริการทางการแพทย์และกิจกรรมการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากความต้องการของการเรียกใช้ฉุกเฉิน (emergency call) เพื่อนำส่งและเคลื่อนย้ายไปยังโรงพยาบาล EMS นั้นมีบทบาทสำคัญในการบริการสุขภาพสมัยใหม่และความสามารถของพวกเขาเพื่อการตอบสนองอย่างมีประสิทธิภาพต่อการเรียกใช้ฉุกเฉิน ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับสุขภาพของผู้ป่วยและการพื้นฟู

สำหรับโดยทั่วไปของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินมีกระบวนการทำงานโดยทีมแพทย์ฉุกเฉิน (paramedical team) โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ดังรูปที่ 1 ซึ่งปรับปรุงมาจากงานวิจัยของ Nilsang et al., (2018) [4] : (1) การรับการเรียกใช้ฉุกเฉิน (2) คัดกรองการเรียก (3) จัดการยานพาหนะ (4) ยานพาหนะเดินทางจากตำแหน่งปัจจุบันไปยังพื้นที่เกิดเหตุ (5) การรักษาภายในพื้นที่เกิดเหตุ และ (6) เคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปยังหน่วยบริการสุขภาพหรือทำการนำส่งกลับ แม้ว่ายานพาหนะของ EMS จะยังให้บริการเคลื่อนย้ายทางการแพทย์สำหรับผู้ป่วยที่ไม่ฉุกเฉินด้วย (non-urgent patients) สำหรับบทความนี้จะมุ่งเน้นเฉพาะกิจกรรมการตอบสนองฉุกเฉิน เพื่อให้เกิดการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1 กระบวนการทำงานการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน [4] (Nilsang et al., 2018)

โดยทั่วไปแล้วการลดระยะเวลาการตอบสนองยังจะต้องพิจารณาถึงการครอบคลุมจุดเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือจุดความต้องการ (Demand point) ให้สามารถครอบคลุมทุกจุดให้มากที่สุด [5] แต่อย่างไรก็ตามการที่จะครอบคลุมทุกจุดความต้องการ โดยที่ระยะเวลาในการตอบสนองน้อย จำเป็นที่จะต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการส่วนการจัดตั้งจุดจอดรถฉุกเฉินเพิ่มมากขึ้น

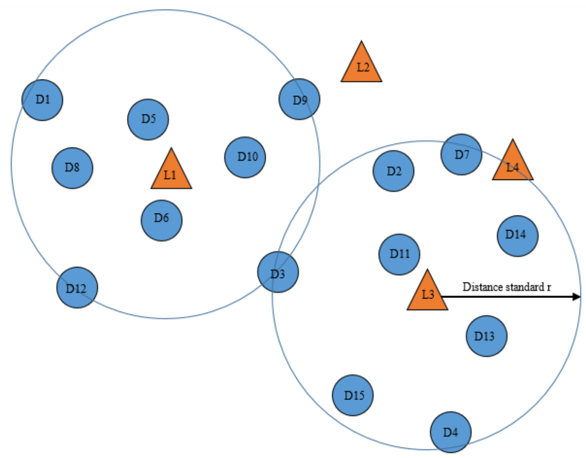
โดยเฉพาะพื้นที่จุดจอดรถฉุกเฉินของกรุงเทพมหานคร ซึ่งกำหนดตำแหน่งของจุดจอดรถฉุกเฉินด้วยประสบการณ์ของผู้วางแผน ซึ่งทำให้จุดจอดรถฉุกเฉินที่ได้ไม่เหมาะสมในสถานการณ์ซับซ้อน เช่น เหตุการณ์การจราจรติดขัด (Traffic congestion) และเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด (Unexpected event) [6]–[8] ซึ่งทำให้เกิดความยากลำบากในการเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุการณ์ ซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาการตอบสนองและเวลาการรอคอยของผู้ป่วยฉุกเฉิน แม้ว่าจำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินของกรุงเพทมหานครจะมีจำนวนมากยังคงมีระยะเวลาที่สูงกว่า ซึ่งอาจเกิดมาจากจุดจอดรถฉุกเฉินและจำนวนรถฉุกเฉินของพื้นที่กรุงเทพมหานคร ขาดความสามารถในการทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเข้ามาและความไม่แน่นอนของสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นในการบริหารจัดการของรถพยาบาลฉุกเฉินของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

ในงานวิจัยครั้งนี้ จึงได้เสนอกรอบแนวความคิดในการใช้ข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ [4], [9] และการประเมินความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจรติดขัด สำหรับสร้างแบบจำลองครอบคลุมเพื่อหาจุดจอดรถฉุกเฉินที่เหมาะสม และระยะเวลาการรอคอยให้น้อยที่สุดภายใต้สภาพการจราจรติดขัด และยังสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเข้ามาของผู้ป่วยได้ โดยพิจารณาถึงจำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินและจำนวนรถฉุกเฉินในแต่ละจุดที่ได้

สำหรับส่วนอื่นๆของงานวิจัยครั้ง ได้มีการกำหนดไว้ดังต่อไปนี้ ส่วนที่ 2 นำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน และแบบจำลองครอบคลุมที่ใช้ในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน ส่วนที่ 3 นำเสนอกรอบแนวความคิดในการใช้ข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์และข้อมูลสภาพการจราจร ในการวางแผนจุดจอดรถฉุกเฉินและการประเมินความน่าจะเป็นของการจราจรติดขัดด้วยแนวคิดของห่วงโซ่มาร์คอฟ ส่วนที่ 4 การนำวิธีการที่นำเสนอไปใช้ในพื้นที่กรณีศึกษา กรุงเทพมหานคร ส่วนที่ 5 เป็นส่วนของการวิเคราะห์ผลและการทดสอบผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุมที่พิจารณาสภาพการจราจร สำหรับส่วนสุดท้ายเป็นการสรุปและการดำเนินงานต่อไป

2. กลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน (Ambulance Allocation Strategy: AAS)

กลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน มีการศึกษาอย่างแพร่หลายมากกว่า 40 ปี [5] วิธีการนี้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า “แบบจำลองครอบคลุม (Covering Model)” แบบจำลองครอบคลุมสำหรักหารกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน สามารถกำหนดได้ด้วยกราฟ $G=(V,E)$ เมื่อ $V=N\cup M$, $N=(v_1,\ldots,v_n)$ และ $M=(v_{n+1},\ldots,v_{n+m})$ เป็น 2 เซตของเวกเตอร์ที่ถูกนำเสนอตามลำดับ คือ พื้นที่ความต้องการ (demand zone) และจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ และ $E=\{(v_i,v_j):v_i,v_j\in V,i<j\}$ เป็นเซตของเส้น (edge set) แต่ละเส้น $(v_i,v_j)\in E$ ที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาการเดินทาง (travel time) และระยะทาง d_{ij} ประชากรเกี่ยวข้องกับโซนความต้องการ $v_i\in V$ ที่เท่ากับ a_i โดยส่วนใหญ่แบบจำลองจะใช้เครื่องหมายของการครอบคลุม (notation of coverage) เซต M_i และ M_i' มีลักษณะเช่นเดียวกับเซตของจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ ซึ่งสามารถครอบคลุมโซนความต้องการ v_i ตามลำดับ ภายในระยะเวลาที่ถูกกำหนดได้อย่างจำกัด S และ S' โดยที่ $S'>S$ เซตของ N_j จะค่อนข้างมีลักษณะเช่นเดียวกับเซตของพื้นที่ความต้องการที่สามารถเข้าถึงได้ด้วยยานพาหนะที่ถูกกำหนดไว้ใน v_j ภายใน S สุดท้ายเมื่อจำนวนของรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้จะเท่ากับ P [10]



รูปที่ 2 การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินแบบ LSCP โดยที่ D1-D15 เป็นพื้นที่ความต้อง และ L1-L4 เป็นจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ [4]

Toregas et al. (1971) [11] เป็นคนแรกที่ได้นำเสนอเกี่ยวกับสมการปัญหาการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินโดยใช้เครื่องหมายของการครอบคลุม: โซนความต้องการที่ถูกพูดถึงจะถูกครอบคลุม ถ้าและเพียงถ้ามันถูกเข้าถึงโดยอย่างน้อยหนึ่งยานพาหนะภายในระยะเวลาที่กำหนด (prescribed time) หรือกรอบของระยะทาง (distance frame) ปัญหาการกำหนดจุดจอดที่ครอบคลุม (Location Set Covering problem: LSCP) จึงถูกนำเสนอโดย Toregas et al. (1971) [11] เพื่อพยายามที่จะหาจำนวนรถที่น้อยที่สุด ที่พื้นที่ถูกครอบคลุมอย่างเพียงพอ ดังแสดงในรูปที่ 2 มันใช้ตัวแปรที่ถูกกำหนดให้มี 2 ค่า (binary variables) x_j ซึ่งเท่ากับ 1 ถ้าและเพียงถ้ารถฉุกเฉินถูกกำหนดไว้ที่พื้นที่ $v_j\in M$ ในทางปฏิบัติ จำนวนยานพาหนะที่ต้องการเพื่อบรรลุการครอบคลุมพื้นที่อย่างสมบูรณ์อาจมีความสำคัญแต่ไม่ได้เป็นจริงในทางปฏิบัติ ยิ่งไปกว่านั้นในหลายกรณีผู้จัดการสนใจเป็นอย่างมากในการกำหนดความเป็นไปได้ที่ดีสุดในการใช้ยานพาหนะที่มีอย่างจำกัด การพิจารณาเหล่าข้อจำกัดในทางปฏิบัติ Church & ReVelle (1974) [12] ได้กำหนดสูตรของปัญหาการกำหนดจุดจอดที่ครอบคลุมสูงสุด (Maximal Covering Location Problem: MCLP) ที่แสวงหาจำนวนประชากรที่ถูกครอบคลุมโดยจำนวนยานพาหนะ P แสดงถึง y_i เป็นตัวแปรที่ถูกกำหนดให้มี 2 ค่า จะเป็น 1 ถ้าและเพียงถ้าพื้นที่ความต้องการ v_i ที่ถูกครอบคลุมโดยอย่างน้อยหนึ่งยานพาหนะภายในระยะ S

ทั้งสองแบบจำลอง LSCP และ MCLP เป็นแบบจำลองการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินแบบคงที่ (static ambulance location problem) ซึ่งเหมาะสมสำหรับการจัดการในระดับกลยุทธ์ แต่ขาดความยืดหยุ่นในการจัดการระดับปฏิบัติการ ในความเป็นจริงลักษณะของความต้องการมีความแตกต่างกันไปในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา และเพื่อให้เกิดการครอบคลุมมากที่สุดควรมีการย้ายจุดจอดของรถฉุกเฉินที่มีความต้องการน้อยไปยังพื้นที่ที่มีความต้องการสูงในเวลานั้น [13] จึงได้มีการสร้างแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถฉุกเฉินแบบไดนามิค (Dynamic relocation problem) โดย Scott ในปี 1971 [14] เพื่อตอบสนองต่อความต้องที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถฉุกเฉินไปในแต่ละช่วงของวันเพื่อตอบสนองต่อความต้องการ ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นวิธีการปรับเปลี่ยนจุดจอดแบบไดนามิคมีค่าใช้จ่ายที่สูงและยุ่งยาก นอกจากนี้ยังสร้างภาระงานที่เพิ่มขึ้นให้กับพนักงานขับรถฉุกเฉินที่จะต้องเปลี่ยนจุดจอดทุกๆช่วงเวลา เพราะฉะนั้นควรมีระบบในการแจ้งเตือนเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจุดจอดตามเวลาที่เหมาะสมจะสามารถลดภาระของการทำงานในส่วนนี้ได้

ถึงแม้ว่าแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถฉุกเฉินแบบไดนามิคจะสามารถปรับเปลี่ยนจุดจอดรถฉุกเฉินให้เหมาะสมกับความต้องการที่เปลี่ยนตามช่วงเวลาและพื้นที่ได้นั้น แต่อย่างไรตามยังมีอีกหลายปัจจัยที่มีความไม่แน่นอน (uncertainty factors) ซึ่งนำไปสู่ความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นในการทำงานของระบบรถฉุกเฉิน เช่น สภาพการจราจร [15] การเคลื่อนตัวของประชากรในแต่ละช่วงของวัน [16] และ การจัดกิจกรรมพิเศษที่มีความสำคัญ [17] ปัจจัยทั้งหมดเหล่านี้ทำให้การจัดการจำนวนและที่ตั้งของรถฉุกเฉินทำได้ยาก หากปัญหาเหล่านี้ได้รับการพิจารณาจะทำให้ความล่าช้าที่เกิดขึ้นน้อยลง สำหรับการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุฉุกเฉินและการรักษาพยาบาลที่รวดเร็ว ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้เราได้นำเสนอแบบจำลองการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถฉุกเฉินแบบไดนามิคที่มุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถฉุกเฉินด้วยการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ และการพิจารณาปัจจัยสภาพการจราจรติดขัดที่มีความไม่แน่นอน เพื่อการกำหนดจุดจอดและจำนวนรถฉุกเฉินที่เหมาะสม

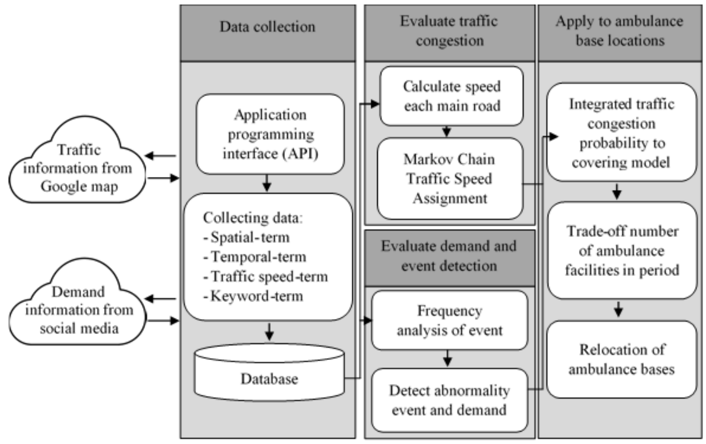
3. กรอบแนวความคิด

ประเด็นหลักของการศึกษาครั้งนี้เป็นการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลและสภาพการจราจรติดขัดเพื่อนำไปใช้สำหรับการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน ภาพรวมของระบบที่ทำการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3 เมื่อเกิดอุบัติเหตุฉุกเฉินขึ้น ผู้คนที่อยู่โดยรอบพื้นที่เกิดเหตุจะแชร์ข้อมูลและรูปภาพไปยังเครือข่ายสังคมออนไลน์ เช่น ทวิตเตอร์

(Twitter) เราจะใช้ข้อมูลในส่วนนี้เพื่อพิจารณาความผิดปกติของข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา ด้วยการคัดกรอง รูปแบบของคำ (keyword-base) พื้นที่ (spatial-term) และเวลา (temporal-term) ด้วยการใช้แผนภูมิควบคุมของชูว์ฮาร์ท (Shewhart control chart) เพื่อตรวจจับความผิดปกติในเชิงความถี่ของข้อมูล นอกจากนี้เรายังพิจารณาถึงสภาพการจราจรติดขัดที่เกิดขึ้น [9] เพื่อกำหนดความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจรติดขัดด้วยใช้แนวคิดของห่วงโซ่มาร์คอฟ (markov chain concept) เพื่อทำการปรับปรุงจุดจอดและจำนวนรถฉุกเฉิน

3.1 การเก็บข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับการทำงานของรถฉุกเฉิน

จากรูปที่ 3 ที่ได้นำเสนอกรอบแนวความคิดของการบูรณาการข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์และข้อมูลสภาพการจราจรติดขัดเพื่อกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน ในส่วนแรกเราทำการเก็บข้อมูลความเร็วของการจราจรด้วยการใช้ Google MAP API (https://cloud.google.com/maps-platform) หลังจากนั้นเราทำการประเมินความเร็วของการจราจรแต่ละพื้นที่และความน่าจะเป็นที่จะเกิดการจราจรติดขัดด้วยการใช้การประเมินความเร็วแบบห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov-chain traffic speed assignment) ในส่วนที่สองเราทำการเก็บข้อมูลข้อความที่เก็บข้องกับเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น อุบัติเหตุ ไฟไหม้ ภัยพิบัติ เป็นต้น จากแอพพลิเคชั่นทวิตเตอร์ หลังจากนั้นเราทำการประเมินข้อมูลความถี่เชิงพื้นที่และเวลา เพื่อหาความผิดปกติของเหตุการณ์ (อุบัติเหตุขนาดใหญ่ หรือ เหตุการณ์สำคัญ) เพื่อทำการปรับเปลี่ยนจุดจอดรถฉุกเฉินที่เหมาะสม



รูปที่ 3 กรอบแนวความคิดของการจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลง

3.2 การประเมินความน่าจะเป็นของการจราจรติดขัดด้วยแนวคิดของห่วงโซ่มาร์คอฟ

เราตระหนักดีว่าจุดจอดรถฉุกเฉินบางจุดไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ตลอดเวลาและทุกพื้นที่ เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดินทางของรถฉุกเฉิน เช่น การติดขัดของการจราจร การปิดการจราจร และความพร้อมของยานพาหนะ หากรถฉุกเฉินความสามารถตอบสนองต่อความต้องการ ณ ที่เกิดเหตุได้ เราเรียกว่าจุดจอดนั้นว่า “สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้” แต่ถ้าไม่สามารถตอบสนองได้จุดจอดนั้นจะถูกเรียกว่า“ ไม่สามารถเข้าถึงได้พื้นที่เกิดเหตุได้” กำหนดให้ p เป็นความน่าจะเป็นของจุดจอดที่ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ เราสมมติให้ p สามารถทราบค่าได้และเปลี่ยนไปในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับสภาพการจราจร เราสมมตต่อไปว่าความน่าจะเป็นของพื้นที่ i ที่เข้าถึงได้ เป็นอิสระกับความน่าจะเป็นของพื้นที่ j ที่เข้าถึงได้ สำหรับทุก $i \neq j$ สำหรับความน่าจะเป็นของการเข้าถึงพื้นที่ในช่วงเวลา t ไม่อิสระกับความน่าจะเป็นของการเข้าถึงพื้นที่ในช่วงเวลา $t+1$ สิ่งเหล่านี้อาจปรากฏขึ้นเป็นครั้งแรกในการกำหนดสมมติฐาน ซึ่งมีความสมจริงมากกว่าสมมติฐานดั้งเดิมที่ทุกพื้นที่ความต้องการสามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลา ภายใต้สมมติฐานเหล่านี้ความน่าจะเป็นของพื้นที่ที่เข้าถึงได้สำหรับรถฉุกเฉิน คือ

$$prob\begin{pmatrix} \text{one or more ambulance vehicles accssible} \\ \text{to demand area } i \text{ under time } S \text{ at period } t \end{pmatrix}$$

อาร์กิวเมนต์ของน่าจะเป็นสามารถเขียนได้เป็น $\left(1-q_{i,t}^{b}\right)$ เมื่อ $b=\sum_{k=1}^{P} y_{ik}$ ส่วนของ $q_{i,t}^{b}$ คือความน่าจะเป็นที่รถฉุกเฉินทั้งหมด b ที่ครอบคลุมพื้นที่ i ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้สำหรับ $\left(1-q_{i,t}^{b}\right)$ คือความน่าจะเป็นที่รถฉุกเฉินหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งสามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้ที่ช่วงเวลา t ความน่าจะเป็นในเงื่อนไขนี้จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ α ซึ่งเป็นระดับความเชื่อมั่นที่มีการใช้ในทุกพื้นที่ความต้องการ ดังนั้นเงื่อนไขความเชื่อมั่นนี้จะหมายความว่าระดับที่ยอมรับได้ที่น้อยที่สุดของความน่าจะเป็นที่มีรถฉุกเฉินอย่างน้อยหนึ่งคันเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุ ซึ่งสามารถเขียนได้ดังนี้

$$1-q_{i,t}^{\sum_{k=1}^{P} y_{ik}} \geq \alpha \qquad \forall i \in V$$

นั่นคือถ้าเงื่อนไขความเชื่อมั่นกำลังถูกเขียนในพื้นที่ความต้องการฟังก์ชันของการไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุของรถฉุกเฉินคือ

$$q_i = \frac{\sum_{i\in V} f_i}{R_i N_i \sum_{k=1}^{P} y_{ik}}$$

หรือสามารถเขียนฟังก์ชันของการไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุได้เป็น

$$q_i = \frac{\sum_{i\in V} F_i}{\sum_{k=1}^{P} y_{ik}}$$

เมื่อ f_i = ความถี่จำนวนครั้งของการเกิดการจราจรติดขัด (ความเร็วต่ำกว่า 50 Km/hr.) ที่พื้นที่ความต้องการ i

R_i = จำนวนถนนหลักในพื้นที่ความต้องการ i

N_i = จำนวนข้อมูลสภาพการจราจรในพื้นที่ความต้องการ i

เรารู้ว่าสภาพการจราจรในแต่ละช่วงเวลาของวันนั้นเกี่ยวข้องกันซึ่งสภาพการจราจรระบุว่าสถานะปัจจุบันขึ้นอยู่กับสถานะก่อนหน้าเท่านั้นความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่จะอยู่ในสถานะที่กำหนดขึ้นอยู่กับสถานะก่อนหน้าและ ไม่ได้อยู่บนเส้นทางที่จะไปถึงที่นั่น

$$q_{i,t} = \Pr\left(F_{i,t} = f_{i,t} \middle| F_{i,t-1} = f_{i,t-1}\right) = \Pr\left(F_{i,t+1} = f_{i,t+1} \middle| F_{i,t} = f_{i,t}\right)$$

เมื่อ

$$F_{i,t} = \begin{cases} f_i, & \text{if traffic at period } t \text{ and traffic at period } t+1 \\ & \text{are congested on area } i \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

การแสดงออกข้างต้นไม่ได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงจำนวนรถฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้นการปรับจำนวนรถฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลานั้นเป็นการเพิ่มความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลง สำหรับข้อจำกัดด้านความน่าเชื่อถือที่ไม่ใช่เชิงเส้น โดยการแทนที่ $q_{i,t}$ ลงในฟังก์ชันความน่าเชื่อถือของทุกช่วงเวลา

$$1 - q_{i,t}^{\sum_{k=1}^{P} y_{ik}} \geq \alpha \qquad \forall i \in V,\ \forall t = 1,\ldots,T$$

เราพิจารณาความน่าจะเป็นของการจราจรติดขัดโดยใช้การกำหนดความเร็วการจราจรของลูกโซ่มาร์คอฟใน แบบจำลองครอบคลุมโดยการเพิ่มข้อจำกัดเพื่อสร้างความสมดุลของจำนวนจุดจอดของรถฉุกเฉิน ระหว่างช่วงเวลาปัจจุบันและช่วงเวลาถัดไป เราตั้งชื่อแบบจำลองการครอบคลุมที่เสนอว่าเป็น "ปัญหาการครอบคลุมสถานที่สูงสุดด้วยความน่าจะเป็นของการจราจรติดขัด" (maximal covering location problem with traffic congestion probability: MCLP-TP) โดยกำหนดสมมติฐานดังต่อไปนี้: ตำแหน่งจุดจอดรถฉุกเฉินพร้อมใช้งานล่วงหน้า และพื้นที่ทั้งหมดสามารถกลายเป็นจุดจอดรถฉุกเฉินได้

3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินที่พิจารณาสภาพการจราจรติดขัด

วิธีการสำหรับการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินด้วยข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่มีการพิจารณาสภาพการจราจรร่วมด้วยที่นำเสนอในงานวิจัยครั้งนี้ จะมีอยู่ด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นที่หนึ่ง เป็นการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการครอบคลุมสถานที่สูงสุดด้วยความน่าจะเป็นของการจราจรติดขัด (MCLP-TP) เพื่อวางจุดจอดและจำนวนรถฉุกเฉิน ส่วนอีกขั้นจะเป็นการทดสอบผลลัพธ์ของขั้นตอนที่หนึ่ง เพื่อหาคำตอบที่สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงจากอัตราการเรียกเข้าฉุกเฉิน และการจราจรติดขัด

3.3.1 คำอธิบายพารามิเตอร์และตัวแปร

V = เซตของพื้นที่ความต้องการ

W = เซตของจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้

A_{ij} = พารามิเตอร์ของจุดจอด j ครอบคลุมพื้นที่ความต้องการ i ในระยะ S

i = ดัชนีของพื้นที่ต้องการ $i \in V$

j = ดัชนีของจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ $j \in W$

d_i = จำนวนความต้องการทั้งหมดของพื้นที่ i

P = จำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ทั้งหมด

$q_{i,t}$ = ความน่าจะเป็นของการจราจรติดขัดของพื้นที่ i ในช่วงเวลา t

α = ระดับความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้

x_i = จำนวนรถฉุกเฉินในแต่ละจุดจอด ที่พื้นที่ i

z = อัตราการเรียกบริการของผู้ป่วย

u = ค่าเฉลี่ยระยะเวลารอคอยที่ยอมรับได้

$$\beta_j = \begin{cases} 1 & \text{if base location is location-forced } j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{if demand point } i \text{ is covered at } k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

3.3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1) ขั้นที่หนึ่ง: การกำหนดจุดจอดและจำนวนรถฉุกเฉินในแต่ละพื้นที่ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในขั้นแรกเป็นส่วนขยายจากแบบจำลองครอบคลุมของ Nilsang et al. (2018) [4] ในแบบจำลองนั้นมีเงื่อนไขการบังคับเลือก (location-forced constraint) เพื่อใช้ในการกำหนดพื้นที่พิเศษ ซึ่งมีรูปแบบของแบบจำลองดังต่อไปนี้

$$\text{Maximize} \quad \sum_{i=1} \sum_{k=1}^{P} d_i y_{ik} \tag{1}$$

วัตถุประสงค์ของแบบจำลองนี้คือการครอบคลุมความต้องการที่มากที่สุด ด้วยจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ และสอดคล้องกับความน่าเป็นของการจราจรติดขัดในทุกพื้นที่

$$\sum_{j \in W} A_{ij} x_j \geq \sum_{k=1}^{P} y_{ik} \qquad i \in V \tag{2}$$

$$\sum_{j \in W} x_j \leq P \tag{3}$$

เงื่อนไขที่ (2) ทุกพื้นที่ความต้องการต้องถูกครอบคลุมโดยจุดจอดรถฉุกเฉิน ภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้หรือระยะที่กำหนดไว้ และจะต้องไม่เกินไปกว่าจำนวนจุดจอดที่กำหนด ซึ่งแสดงในเงื่อนไข (3)

$$\beta_j \leq x_j \qquad j \in W \tag{4}$$

เงื่อนไขที่ (4) เงื่อนไขการบังคับเลือก เพื่อที่จะสามารถกำหนดพื้นที่พิเศษ ในการจัดตั้งจุดจอดรถฉุกเฉิน

$$1 - q_{i,t}^{\sum_{k=1}^{P} y_{ik}} \geq \alpha \qquad i \in V,\ t = 1,\ldots,T \tag{5}$$

เงื่อนไขที่ (5) เป็นเงื่อนไขที่เราได้นำเสนอ เพื่อพิจารณาความน่าจะเป็นการจราจรติดขัดในช่วงเวลาปัจจุบันด้วยการประเมินความเร็วแบบห่วงโซ่มาร์คอฟและจำนวนการครอบคลุมในพื้นที่จะต้องมากกว่าระดับการ

บริการที่ยอมรับได้ เพื่อเป็นการปรับสมดุลระหว่างจุดจอดรถฉุกเฉินและจำนวนรถฉุกเฉินในแต่ละช่วงเวลา

$$y_{ik} \in \{0,1\} \qquad i \in V,\ k = 1,\ldots,P \tag{6}$$

$$x_j \text{ Integer} \qquad j \in W \tag{7}$$

เงื่อนไข (6) และ (7) เป็นตัวแปรตัดสินใจของแบบจำลองการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน

2) ขั้นที่สอง: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลง จากแบบจำลองสถานการณ์ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\text{Minimize} \qquad f_{WT}\left\{Var\left(x_i, c_i, z\right)\right\} \tag{8}$$

$$\text{Minimize} \qquad f_{Cost}\left\{x_i\right\} \tag{9}$$

วัตถุประสงค์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีอยู่ด้วยกัน 2 วัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อหาความผันแปรของระยะเวลารอคอยที่น้อยที่สุด ซึ่งเกิดจากผลของแบบจำลองสถานการณ์ของจำนวนรถฉุกเฉิน (f_{WT}) และค่าใช้จ่ายของจำนวนรถฉุกเฉินที่ใช้ที่น้อยที่สุด (f_{Cost})

$$E\left(x_i, c_i, z\right) \le u\ , \quad i \in V \tag{10}$$

$$c_i, z \in X\ , \qquad i \in V \tag{11}$$

$$x_i \text{ Integer}\ , \qquad i \in V \tag{12}$$

โดยมีเงื่อนไข คือ ค่าคาดหวังของระยะเวลาในการตอบสนองที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะต้องไม่มากกว่าค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการตอบสนองที่ยอมรับได้ u โดยที่ตัวแปร x_i มีลักษณะเป็นแบบจำนวนเต็ม

4. กรณีศึกษา พื้นที่กรุงเทพมหานคร

สำหรับระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินของกรุงเทพมหานคร บริหารจัดการโดยกระทรวงสาธารณสุข ภายใต้กำกับของกรุงเทพมหานคร โดยให้บริการรับแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินผ่านหมายเลข “1669” ในปัจจุบันมีจำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินทั้งหมด 49 จุดจอดรถฉุกเฉิน มีจำนวนการรับแจ้งเหตุการณ์ฉุกเฉินประมาณ 37,540 ต่อปี หรือประมาณ 145 ครั้งต่อวัน การปฏิบัติงานจะเป็นการสั่งการจากศูนย์กลาง (Centralized dispatching) ระยะเวลาการตอบสนองของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน มีระยะเวลามากกว่า 10 นาที สำหรับการบริการจัดการรถฉุกเฉินจะดำเนินการหน่วยงานการบริการการแพทย์ฉุกเฉินของกรุงเทพมหานคร โดยมีรูปแบบในการนำส่งคือการนำส่งแบบคงที่ (Static dispatch) เมื่อรถฉุกเฉินออกปฏิบัติงานและนำผู้ป่วยไปส่งยังรถพยาบาลแล้ว จะกลับมายังจุดจอดรถฉุกเฉินเดิม โดยจะให้บริการ 24 ชั่วโมงต่อวัน ในปัจจุบันการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินจะถูกกำหนดโดยใช้ประสบการณ์ของผู้บริการซึ่งทำให้จุดจอดรถฉุกเฉินที่ได้ไม่เหมาะสมในสถานการณ์ซับซ้อน ทำให้จำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินมีมากเกินความจำเป็น นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องสภาพการจราจรที่ติดขัดเป็นอย่างมากทำให้เกิดการเดินทางไปยังพื้นที่เกิดเหตุที่ล่าช้า

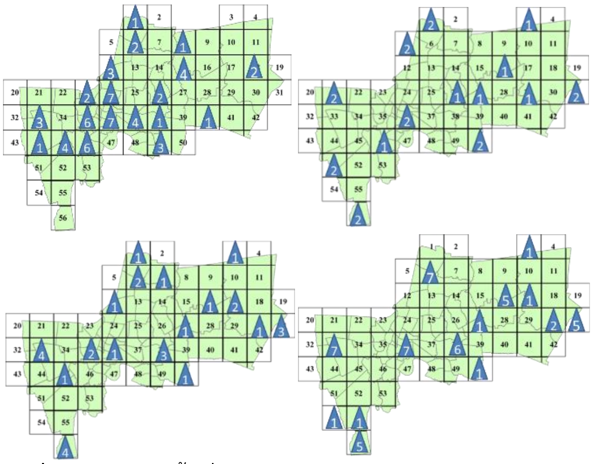
5. ผลและการวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์

5.1 ผลการวิเคราะห์

ในส่วนแรกของการวิเคราะห์ผลเราทำการแบ่งพื้นที่กรุงเทพมหานครออกเป็น 56 พื้นที่และเพื่อทำการเปรียบเทียบการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน จำนวนจุดจอดรถฉุกเฉิน และจำนวนของรถฉุกเฉินในแต่ละจุดที่ระดับความเชื่อมั่นแตกต่างกัน (α = 0.50, 0.70 และ 0.90 ตามลำดับ) โดยจะทำการกำหนดจำนวนจุดจอดรถฉุกเฉินที่เป็นไปได้ทั้งหมด (P) เป็น 60 ตามจำนวนจุดจอดฉุกเฉินในปัจจุบัน และบังคับเลือกพื้นที่ (β_j) ที่พื้นที่หมายเลข 27 ซึ่งมาจากข้อมูลในเครือข่ายสังคมออนไลน์ เราจะได้รับพื้นที่ของจุดจอดรถฉุกเฉินและจำนวนของรถฉุกเฉินในแต่ละพื้นที่ของกรุงเทพมหานครเมื่อทำการพิจารณา 2 ช่วงเวลาได้แก่ ช่วงเวลาปกติ (9:00 – 12:00 น.) และช่วงเวลาเร่งด่วน (15:00 – 18:00 น.) ซึ่งมีความแตกต่างกันในส่วนของสภาพการจราจร ซึ่งแสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 4

ตารางที่ 1 จำนวนจุดจอดและจำนวนรถฉุกเฉินที่ได้จากแบบจำลอง MCLP-TP ที่ระดับความเชื่อมั่นแตกต่างกัน

ระดับความเชื่อมั่น	จำนวนจุดจอดรถฉุกเฉิน	จำนวนรถฉุกเฉิน
จุดจอดปัจจุบัน	19 จุดจอด	60 คัน
α = 0.50	14 จุดจอด	22 คัน
α = 0.70	17 จุดจอด	30 คัน
α = 0.90	14 จุดจอด	50 คัน



รูปที่ 4 ผลลัพธ์เชิงพื้นที่ในการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉิน จุดจอดรถฉุกเฉินในปัจจุบัน และ α = 0.50, 0.70, 0.90 ตามลำดับ

เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินที่ได้จากแบบจำลองครอบคลุมเป็นจุดความต้องการที่มีลักษณะแบบตัวแปรที่สามารถกำหนดค่าได้ (deterministic parameters) แต่ลักษณะตัวแปรที่เกิดขึ้นจริงมีลักษณะที่เป็นแบบความน่าจะเป็น เช่น สภาพการจราจร สภาพอากาศ เป็นต้น ดังนั้นเราจึงทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบของความไม่แน่นอนของความต้องการและสภาพการจราจรที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา (ช่วงเวลาปกติและช่วงเวลาเร่งด่วน) โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล ร่วมกับการหาคำตอบที่สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงได้ โดยทำการปรับค่าอัตราการเข้ามาของผู้ป่วย (λ) เป็น λ, 2λ และ 3λ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของระยะเวลารอคอย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยจำนวนรถ

ฉุกเฉินเดิมอยู่ที่ 60 คัน เพื่อใช้เป็นแบบจำลองพื้นฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบ สำหรับแบบจำลองพื้นฐานมีระยะเวลารอคอยเฉลี่ย 9.50 นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.67 นาที ดังแสดงในตารางที่ 2

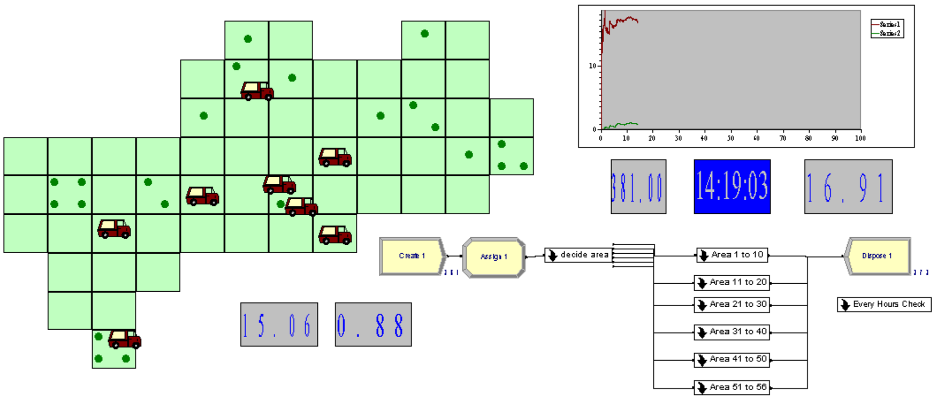
ตารางที่ 2 สรุประยะเวลารอคอย ที่อัตราการเข้ามาแตกต่างกัน

ระดับความเชื่อมั่น	ระยะเวลารอคอย (นาที)	อัตราการเข้ามาของผู้ป่วย		
		การเรียกเข้า (λ)	การเรียกเข้า 2 เท่า (2λ)	การเรียกเข้า 3 เท่า (3λ)
จุดจอดเดิม	ค่าเฉลี่ย	9.25	9.22	10.02
	SD	3.85	3.38	3.78
α = 0.50	ค่าเฉลี่ย	10.39	29.18	84.91
	SD	3.53	21.15	70.38
α = 0.70	ค่าเฉลี่ย	9.45	11.38	17.87
	SD	3.35	4.89	10.94
α = 0.90	ค่าเฉลี่ย	9.49	9.84	9.79
	SD	3.43	3.66	3.63

5.2 การทดสอบผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุมที่พิจารณาสภาพการจราจรติดขัด

การทดสอบผลลัพธ์จากแบบจำลองครอบคลุมซึ่งพิจารณาสภาพการจราจรทำโดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena เวอร์ชั่น 14.0 เมื่อทำการศึกษาถึงรูปแบบของกระบวนการทำงานของรถฉุกเฉินในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน รูปแบบระยะเวลาในการทำงานในแต่ละจุดบริการและการใช้ทรัพยากรต่างๆ นำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการออกแบบการจำลองสถานการณ์ ซึ่งผลการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยทำการรันแบบจำลองสถานการณ์จำนวน 5 รอบ รอบละ 100 วัน หลังจากได้ผลลัพธ์ของจุดจอดเดิมสำหรับเปรียบเทียบแล้ว เราทำการปรับจุดจอดและจำนวนรถฉุกเฉิน เป็น 22 30 และ 50 ตามลำดับ เพื่อทำการหาค่าที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเข้ามาของผู้ป่วยและสภาพการจราจรได้ โดยจุดจอดที่จะทำการปรับจำนวนรถฉุกเฉิน โดยการกำหนดค่า ระยะเวลาในการตอบสนองที่ยอมรับได้ (u) ไว้เท่ากับ 10 นาที หรือก็คือระยะเวลาที่รถฉุกเฉินควรจะตอบสนองต่อความต้องการ

ผลที่ได้จากการเปลี่ยนจำนวนรถฉุกเฉินแสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วยระยะเวลารอคอยเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลารอคอย และค่าใช้จ่ายด้านทรัพยากร ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่จำนวนรถฉุกเฉิน 60 คัน (จุดจอดรถฉุกเฉินเดิม) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลารอคอยใกล้เคียงกับผลที่จำนวนรถฉุกเฉิน 50 คัน คือ 9.71 และ 6.8989 นาทีตามลำดับ แตกต่างกันในส่วนค่าใช้จ่ายซึ่งสามารถลดลงได้ 20.00% นอกจากนี้หากพิจารณาเฉพาะในส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่จำนวนรถฉุกเฉิน 30 คัน ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพียง 6.38 และให้ค่าใช้จ่ายด้านทรัพยากรของรถฉุกเฉินน้อยกว่าถึง 50% แต่ได้ค่าเฉลี่ยของระยะเวลารอคอยเพิ่มขึ้น 35.78% ของระยะเวลารอคอยจุดจอดเดิม



รูปที่ 5 แบบจำลองสถานการณ์ สำหรับการทำงานของรถฉุกเฉิน ในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบของจำนวนรถฉุกเฉินแต่ละจุดจอดรถฉุกเฉิน และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

จำนวนรถฉุกเฉิน	ระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ย (นาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการรอคอย	ค่าใช้จ่ายด้านทรัพยากร (Cost unit)
ปัจจุบัน (60 คัน)	9.50	3.67	390
22 คัน	41.49	31.69	143
30 คัน	12.90	6.39	195
50 คัน	9.71	3.57	325

6. สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ เราได้นำเสนอกรอบแนวความคิดในการใช้ข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์และการประเมินความน่าจะเป็นในการเกิดสภาพการจราจรติดขัด เราได้อธิบายถึงการแอพพลิเคชันของเครือข่ายสังคมออนไลน์ในการจัดการเหตุการณ์ฉุกเฉินในส่วนของการจัดการจุดจอดรถฉุกเฉิน ปัญหาการจราจรติดขัดที่เกิดขึ้นในเมืองใหญ่และความสัมพันธ์ระหว่างสภาพการจราจรและการเข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุของรถฉุกเฉิน เราได้นำเสนอแบบจำลองเพื่อการกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินโดยใช้ความน่าจะเป็นในการเกิดการจราจรติดขัดที่ทำการปรับสมดุลของจุดจอดและจำนวนรถฉุกเฉินระหว่างเวลาปัจจุบันและเวลาถัดไปในพื้นที่ความต้องการเดียวกัน เรายังตรวจสอบผลลัพธ์ของแบบจำลองโดยการนำไปใช้กับพื้นที่กรุงเทพมหานคร ผลลัพธ์ที่ได้แสดงจุดจอดรถฉุกเฉินในเชิงพื้นที่และจำนวนรถฉุกเฉินในแต่ละจุดจอด ซึ่ง

แตกต่างกันไปในแต่ละระดับความเชื่อมั่นและสภาพการจราจรติดที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสามารถปรับปรุงได้มากกว่า 40.00% ในเชิงค่าใช้จ่ายด้านทรัพยากร โดยที่ระยะเวลารอคอยยังคงใกล้เคียงกัน การนำเสนอในครั้งนี้เป็นวิธีที่มีความยืดหยุ่นและเหมาะสมสำหรับการวางแผนในระดับกลยุทธ์และระดับปฏิบัติการของระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน เครื่องมือการจำลองสถานการณ์ถูกนำมาใช้เพื่อทำการทดลองเชิงตัวเลข ที่เกี่ยวกับกรณีตัวแปรสุ่มซึ่งสร้างจากข้อมูลของกรุงเทพ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของการเรียกเข้าฉุกเฉินและสภาพการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วน

การพัฒนาและวิเคราะห์ของกลยุทธ์การกำหนดจุดจอดรถฉุกเฉินในระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินควรจะพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาที่มีความไม่แน่นอนจากข้อมูลในเครือข่ายสังคมออนไลน์และปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการจัดการรถฉุกเฉิน เช่น การเคลื่อนตัวของประชากรในแต่ละวัน ความหนาแน่นของประชากร และ พื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ เป็นต้น ซึ่งจะมีการศึกษาในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] C. S. Lim, R. Mamat, and T. Braunl, “Impact of ambulance dispatch policies on performance of emergency medical services,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 12, no. 2, pp. 624–632, 2011.

[2] E. Erkut, A. Ingolfsson, and G. Erdoğan, “Ambulance location for maximum survival,” *Nav. Res. Logist.*, vol. 55, no. 1, pp. 42–58, 2008.

[3] P. L. Van den Berg, G. J. Kommer, and B. Zuzáková, “Linear formulation for the maximum expected coverage location model with fractional coverage,” *Oper. Res. Heal. Care*, vol. 8, pp. 33–41, 2016.

[4] S. Nilsang, C. Yuangyai, C.-Y. Cheng, and U. Janjarassuk, “Locating an ambulance base by using social media: a case study in Bangkok,” *Ann. Oper. Res.*, 2018.

[5] X. Li, Z. Zhao, X. Zhu, and T. Wyatt, “Covering models and optimization techniques for emergency response facility location and planning: A review,” *Math. Methods Oper. Res.*, vol. 74, no. 3, pp. 281–310, Dec. 2011.

[6] P. Chaicharoenwut, J. Koiwanit, P. Changpetch, S. Buatongkue, and C. Yuangyai, “Integrating Spatial-Temporal Risk Factors for an Ambulance Allocation Strategy: A Case Study in Bangkok,” in *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 192.

[7] L. Aboueljinane, E. Sahin, and Z. Jemai, “A review on simulation models applied to emergency medical service operations,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 66, no. 4, pp. 734–750, 2013.

[8] V. Schmid, “Solving the dynamic ambulance relocation and dispatching problem using approximate dynamic programming,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 219, no. 3, pp. 611–621, 2012.

[9] S. Nilsang, C. Yuangyai, S. Buatongkue, and C.-Y. Cheng, “Allocation strategy for an ambulance base under traffic congestion,” in *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 192.

[10] V. Bélanger, A. Ruiz, and P. Soriano, *Recent advances in emergency medical services management*. Faculté des sciences de l’administration, Université Laval, 2015.

[11] C. Toregas, R. Swain, C. ReVelle, and L. Bergman, “The location of emergency service facilities,” *Oper. Res.*, vol. 19, no. 6, pp. 1363–1373, 1971.

[12] R. Church and C. ReVelle, “The maximal covering location problem,” *Pap. Reg. Sci. Assoc.*, vol. 32, no. 1, pp. 101–118, Dec. 1974.

[13] L. Brotcorne, G. Laporte, and F. Semet, “Ambulance location and relocation models,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 147, no. 3, pp. 451–463, Jun. 2003.

[14] A. J. Scott, “Dynamic location-allocation systems: some basic planning strategies,” *Environ. Plan. A*, vol. 3, no. 1, pp. 73–82, 1971.

[15] E. Crisostomi, S. Kirkland, and R. Shorten, “Robust and risk-averse routing algorithms in road networks,” *IFAC Proc. Vol.*, vol. 44, no. 1, pp. 9512–9517, 2011.

[16] J. C. Xia, P. Zeephongsekul, and D. Packer, “Spatial and temporal modelling of tourist movements using Semi-Markov processes,” *Tour. Manag.*, vol. 32, no. 4, pp. 844–851, 2011.

[17] J. Kwon, M. Mauch, and P. Varaiya, “Components of congestion: Delay from incidents, special events, lane closures, weather, potential ramp metering gain, and excess demand,” *Transp. Res. Rec.*, vol. 1959, no. 1, pp. 84–91, 2006.

ชื่อ-สกุล นายสุริยพงศ์ นิลสังข์
งานวิจัยที่สนใจ
- การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่
- การออกแบบการทดลองและการจำลองสถานการณ์
- การปรับปรุงกระบวนการผลิตและการวางแผนกำลังพล

ชื่อ-สกุล รณน เจียรตระกูล
ความเชี่ยวชาญ
- Data Analytics
- Image Processing
- Human-Machine Interaction
- Manufacturing Systems

ชื่อ-สกุล ผศ.ดร.ชุมพล ยวงใย
ความเชี่ยวชาญ
- Big Data Analytics Industry 4.0
- Engineering Statistics
- Operations Research for Supply Chain
- Productivity Improvement

Poster

การเปรียบเทียบรูปแบบการพยากรณ์ยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

THE COMPARISON OF SALES FORECASTING MODELS FOR PACKAGING COATING BY TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD, BOX-JENKINS METHOD, AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

ธนาภรณ์ ไตรศุภกิตติ[1*]

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

E-mail: [1] thanapornbeau23@gmail.com

และ สมศรี บัณฑิตวิไล[2]

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

E-mail: [2]somsri.ba@kmitl.ac.th

Poster

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ประเภท P1 โดยใช้ข้อมูลปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์รายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ใช้สำหรับสร้างและคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ-ทริปเปิ้ล วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้เกณฑ์ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE) ส่วนชุดที่ 2 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ใช้สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) เพื่อแสดงเปอร์เซ็นต์ของค่าคลาดเคลื่อนจากค่าจริง จากผลการศึกษาพบว่าตัวแบบพยากรณ์ที่ได้จากวิธีบ็อกซ์และเจนกิ้นส์ มีความเหมาะสมและถูกต้องมากที่สุด สำหรับการพยากรณ์ปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ประเภท P1 ซึ่งมีค่า RMSE เท่ากับ 2,701.6369 และ MAPE เท่ากับ 18.3568%

คำสำคัญ: การพยากรณ์; วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล; วิธีบ็อกซ์และเจนกิ้นส์; วิธีโครงข่ายประสาทเทียม; สีเคลือบบรรจุภัณฑ์

Abstract

This research is aimed to study the sales forecasting models for packaging coating type P1. The monthly sales volume of packaging coating type P1 collected from January, 2011 to December, 2018 were divided into 2 sets. The first set of data from January, 2011 to December, 2017 were used for constructing and selection the forecasting models by Triple Exponential Smoothing method, Box-Jenkins method and Artificial Neural Networks and employed Root Mean Square Error (RMSE) as the criteria. The second set of data from January, 2018 to December, 2018 were used for comparing the performance of the forecasting models and employed Mean Absolute Percentage Error (MAPE) to show percentage of error. The results suggest that the forecasting model from Box-Jenkins method is the most appropriate model and has the highest forecasting accuracy which the RMSE is 2,701.6369 for first set and the MAPE is 18.3568% for second set respectively.

Keyword : Forecasting, Triple Exponential Smoothing Method, Box-Jenkins Method, Artificial Neural Networks, Packaging coating

* ผู้รับผิดชอบบทความ : E-mail: thanapornbeau23@gmail.com

[1] ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง

1. คำนำ

ปัจจุบันโลกมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จึงมีธุรกิจใหม่ๆเกิดขึ้นตลอดเวลา ทำให้เกิดการแข่งขันอย่างสูง ดังนั้นผู้ประกอบธุรกิจจึงควรรู้ทันรูปแบบของเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้น รวมถึงการปรับตัวกับสถานการณ์ เพื่อให้ธุรกิจสามารถดำรงอยู่ได้ การประกอบธุรกิจต้องเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่ไม่แน่นอน จึงมีความเสี่ยงต่อผลกระทบต่าง ๆ ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่าธุรกิจควรป้องกันความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น การพยากรณ์เป็นพื้นฐานในการวางแผนการผลิต กำหนดตารางการผลิตสินค้า แรงงานคน และการตัดสินใจต่าง ๆ การพยากรณ์ที่แม่นยำและเหมาะสม จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญที่ทำให้การประกอบธุรกิจสามารถลดความเสี่ยงจากผลกระทบต่าง ๆ หรือสามารถฉกฉวยโอกาสเพื่อให้องค์กรสามารถอยู่รอดในธุรกิจ การลดต้นทุน สร้างจุดแข็ง และเพิ่มศักยภาพให้เหนือกว่าคู่แข่ง แต่ยังคงคำนึงถึงผลกำไรและความพึงพอใจของลูกค้าเป็นสำคัญ เพื่อก่อให้เกิดพลังไปสู่เป้าหมายตามที่คาดหวังไว้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการพยากรณ์มีบทบาทสำคัญในการวางแผนธุรกิจ การพยากรณ์เป็นอีกบทบาทหนึ่งของผู้บริหารที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ โดยผู้บริหารระดับสูงจำเป็นต้องวางเป้าหมายหรือกลยุทธ์ เพื่อกำหนดทิศทางขององค์กร เป็นแนวทางให้ทุกหน่วยงานดำเนินการไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อบรรลุเป้าหมายเดียวกัน และถ้าการพยากรณ์มีความถูกต้องแม่นยำ จะส่งผลให้สามารถผลิตสินค้าได้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า จะทำให้ธุรกิจไม่มีสินค้าคงคลังเหลือในระบบ สามารถลดพื้นที่การจัดเก็บสินค้าคงคลัง มีเงินทุนหมุนเวียนในธุรกิจต่อเนื่อง ได้ผลกำไรตามที่คาดการณ์ แต่ถ้าหากการพยากรณ์ยอดขายมีค่าความคลาดเคลื่อนสูง จะส่งผลกระทบต่อการวางแผนการผลิต เกิดการผลิตสินค้าที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า หรือเกิดการผลิตสินค้าที่เกินความต้องการของลูกค้า ทำให้มีสินค้าคงคลังเหลือในระบบจำนวนมาก เกิดเป็นเงินจมไม่สามารถนำไปใช้หมุนเวียนในธุรกิจได้ หรือกรณีที่ผลิตสินค้าไม่เพียงพอต่อความต้องการลูกค้า หากลูกค้ามีความต้องการสินค้าอย่างเร่งรีบ อาจส่งผลให้ลูกค้าหันไปซื้อสินค้ากับคู่แข่งแทน จะเห็นได้ว่าการพยากรณ์ส่งผลต่อการได้และเสียโอกาสทางธุรกิจเป็นอย่างมาก

งานวิจัยนี้จึงนำข้อมูลจากบริษัทผลิตและจำหน่ายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์แห่งหนึ่งมาเป็นกรณีศึกษา โดยบริษัทกรณีศึกษาทำการผลิตและจำหน่ายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ประเภท P1 มีกระบวนการวางแผนการผลิต โดยพิจารณาจากยอดขายจริงในปีที่ผ่านมาร่วมกับการใช้วิจารณญาณของผู้บริหารและความคิดเห็นของพนักงานขาย ประกอบการตัดสินใจ ซึ่งในทุกปีพบว่าการคาดการณ์ปริมาณยอดขายมีความคลาดเคลื่อนจากยอดขายจริง ส่งผลกระทบต่อฝ่ายต่าง ๆ ในองค์กร เช่น ในการเตรียมวัตถุดิบแต่ไม่เพียงพอหรือเกินต่อความต้องการของลูกค้า การจัดสรรแรงงาน การส่งสินค้าไม่ทันความต้องการ

ปัจจุบันวิธีที่ใช้ในการพยากรณ์มีหลากหลายวิธี และถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง การตัดสินใจเลือกวิธีการพยากรณ์วิธีใดควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม โดยพิจารณาจากข้อมูลหลาย ๆ ด้านประกอบกัน เช่น ระยะเวลาในการพยากรณ์ ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งเทคนิคที่นิยมใช้ในการพยากรณ์ คือ การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ซึ่งเป็นการพยากรณ์ที่อาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลในอดีตจนถึงปัจจุบันอย่างต่อเนื่อง โดยพิจารณาความเคลื่อนไหวของข้อมูล ว่ามีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะใดเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ลักษณะของข้อมูลสามารถนำมาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาว่าควรเลือกใช้เทคนิคใดในการพยากรณ์ หากข้อมูลอนุกรมเวลามีแนวโน้ม (Trend) แต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล (Seasonal) มาเกี่ยวข้อง ในกรณีที่ข้อมูลมีแนวโน้มควอดราติกควรพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล (Triple Exponential Smoothing Method) หากข้อมูลอนุกรมเวลาไม่ปรากฏรูปแบบของแนวโน้ม หรืออิทธิพลของฤดูกาลที่เด่นชัดจะกำหนดรูปแบบของความสัมพันธ์ได้ยากขึ้น การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ (Box-Jenkins Method) เป็นวิธีที่ช่วยขจัดปัญหาดังกล่าว ประกอบกับเป็นวิธีที่ให้ผลการพยากรณ์มีความแม่นยำสูง [1] และการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม เป็นการพยากรณ์แบบใหม่ที่ได้รับความสนใจถูกนำมาศึกษาวิจัยมากที่สุด [2] ซึ่งเป็นวิธีที่พยายามทำให้ระบบคอมพิวเตอร์มีความสามารถเรียนรู้การทำงานเช่นเดียวกับมนุษย์ ทำให้เชื่อว่าผลลัพธ์ที่ได้จะคล้ายกับการตัดสินใจของมนุษย์ รวมถึงวิธีโครงข่ายประสาทเทียมสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ ไม่ครบถ้วน และไม่ขึ้นกับรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล การพยากรณ์ตามวิธีดังกล่าว ต่างเป็นวิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำ งานวิจัยนี้จึงเลือกนำมาใช้ในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบและหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธรณินทร์ สัจวิริยทรัพย์ [3] ศึกษาเพื่อพยากรณ์ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รายเดือนของประเทศไทย โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์เปรียบเทียบกับวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพความแม่นยำของการพยากรณ์มี 3 เกณฑ์ คือ ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ จากผลการศึกษาพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียม มีประสิทธิภาพความแม่นยำของการพยากรณ์มากกว่าวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์

วรางคณา กีรติวิบูลย์ [4] ทำการศึกษาเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการส่งออกยางคอมปาวด์ โดยใช้

Poster

เทคนิคการพยากรณ์เปรียบเทียบกัน 3 วิธีซึ่งประกอบด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลท์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม เปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ ด้วยเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่าวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ เป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูงสุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างจากข้อมูลจริงน้อยสุด มีค่า MAPE และ RMSE ต่ำที่สุด

นรวัฒน์ เหลืองทอง และ นันทชัย กานตานันทะ [5] ทำการศึกษาวิธีการพยากรณ์พืชเกษตร 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง มันสำปะหลัง และสับปะรด ในจังหวัดที่มีผลผลิตสูงสุด 3 อันดับแรกของประเทศ โดยเปรียบเทียบการพยากรณ์เชิงสาเหตุ 3 วิธี คือการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ระบบผสมของขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ความแม่นยำของการพยากรณ์ถูกเปรียบเทียบโดยใช้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย จากผลการศึกษาพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยต่ำที่สุดในพืชทุกชนิด

กนกกาญจน์ มุขผาลา และ รองศาสตราจารย์ ดร.เรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย [6] ศึกษาวิธีการพยากรณ์ยอดขายสินค้าอุปโภคของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง เพื่อปรับปรุงและพัฒนากระบวนการทำงาน ลดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้า เพิ่มประโยชน์จากการใช้พื้นที่คลังสินค้า ลดต้นทุนค่าขนส่งในการโอนย้ายสินค้าจากโรงงานผลิตไปยังคลังสินค้า และลดต้นทุนในการบริหารจัดการคลังสินค้า ทำการแบ่งสินค้าออกเป็นกลุ่ม A B และ C โดยการวิเคราะห์ ABC ตามกฎของพาเรโต และใช้วิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบ วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิ้ล และการพยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA) โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ (Minitab) เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ และทำการวัดผลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ และทำการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้า 3 เดือน และเปรียบเทียบกับยอดขายที่เกิดขึ้นจริง พบว่าสินค้ากลุ่ม A ใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบ ให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำสุด 5% สินค้ากลุ่ม B ใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิ้ล ให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำสุด 3% และสินค้ากลุ่ม C ใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่ ให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำสุด 15%

ดาว สงวนรังศิริกุล และ คณะ [7] ทำการศึกษาเพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ประชากรที่เป็นโรคเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาในกรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีการพยากรณ์เปรียบเทียบกัน 5 วิธี คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (Simple Moving Average Method) วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Simple Exponential Smoothing Method) วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม (Ratio-To-Trend Method) วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลต์และวินเทอร์ (Holt and Winters Exponential Smoothing Method) และวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ (Box-Jenkins Method) จากผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มและฤดูกาล การพยากรณ์ด้วยวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (Simple Moving Average Method) ให้รูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด ส่วนข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและฤดูกาล การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt and Winters Exponential Smoothing Method) ให้รูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด

ฐาฤต ปานขลิบ [8] ทำการศึกษาเพื่อคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย โดยวิธีวิเคราะห์แบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม จากการศึกษาพบว่าการวิเคราะห์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำมากกว่าการวิเคราะห์แบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ และรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ให้ผลการพยากรณ์ที่ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด ประกอบกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีแนวโน้มแบบควอทดราติก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ 3 วิธี คือ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม พิจารณาคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมจากค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE) และทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE)

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ ข้อมูลที่นำมาทำการวิเคราะห์ เป็นข้อมูลย้อนหลังจากบริษัทกรณีศึกษาแบบรายเดือน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ ข้อมูลชุดแรกใช้สำหรับการวิเคราะห์เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2554 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 และข้อมูลชุดที่สองใช้สำหรับตรวจสอบผลของตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างจากข้อมูลชุดแรก เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ.2561

Poster

3.2 การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล (Triple Exponential Smoothing Method)

วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล เป็นวิธีปรับให้เรียบแบบถ่วงน้ำหนัก โดยให้ค่าการถ่วงน้ำหนักไม่เท่ากัน ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันจะให้ค่าน้ำหนักมากกว่าข้อมูลในอดีต ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะแนวโน้มเป็นเส้นโค้งแบบควอทดาติก (Quadratic) [9] มีสมการพยากรณ์คือ

$$\hat{Y}_t(p) = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2' t^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

ซึ่ง $\beta_2' = \frac{\beta_2}{2}$ จะมีสมการพยากรณ์ ณ เวลา t สำหรับ p ช่วงเวลาล่วงหน้าเป็น

$$\hat{Y}_{t+p}(t) = b_0(t) + b_1(t)(t+p) + \frac{1}{2}b_2(t)(t+p)^2 \quad (2)$$

$$\hat{Y}_{t+p}(t) = a_0(t) + a_1(t)p + \frac{1}{2}a_2(t)p^2 \quad (3)$$

การสร้างสมการพยากรณ์จะเกี่ยวข้องกับค่าเริ่มต้น โดยทั่วไปจะหา $a_0(0), a_1(0)$ และ $a_2(0)$ จากอนุกรมเวลาที่มีอยู่โดยใช้ค่าสังเกตทั้งหมดแล้วใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด จากนั้นหาค่า A_0, A_0' และ A_0'' โดยสามารถหาค่า A_0, A_0' และ A_0'' ได้จากสมการที่ (4), (5) และ (6) ตามลำดับ

$$A_0 = a_0(0) - \left(\tfrac{(1-\alpha)}{\alpha}\right)a_1(0) + \left(\tfrac{(1-\alpha)(2-\alpha)}{2\alpha^2}\right)a_2(0) \quad (4)$$

$$A_0' = a_0(0) - \left(\tfrac{2(1-\alpha)}{\alpha}\right)a_1(0) + \left(\tfrac{2(1-\alpha)(3-2\alpha)}{2\alpha^2}\right)a_2(0) \quad (5)$$

$$A_0'' = a_0(0) - \left(\tfrac{3(1-\alpha)}{\alpha}\right)a_1(0) + \left(\tfrac{3(1-\alpha)(4-3\alpha)}{2\alpha^2}\right)a_2(0) \quad (6)$$

เมื่อได้ค่า A_0, A_0' และ A_0'' จะสามารถหาค่า A_t, A_t' และ A_t'' สำหรับค่า t ถัดไปได้ตามสมการที่ (7), (8) และ (9) ตามลำดับ

$$A_t = (1-\alpha)A_{t-1} + \alpha Y_t \quad ; \quad 0 < \alpha < 1 \quad (7)$$

$$A_t' = (1-\alpha)A_{t-1}' + \alpha A_t \quad ; \quad 0 < \alpha < 1 \quad (8)$$

$$A_t'' = (1-\alpha)A_t'' + \alpha A_t' \quad ; \quad 0 < \alpha < 1 \quad (9)$$

โดยที่ A_t เป็นค่าปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา t

A_t' เป็นค่าปรับให้เรียบครั้งที่สองแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา t

A_t'' เป็นค่าปรับให้เรียบครั้งที่สามแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา t

และสามารถเขียนสมการพยากรณ์ในเทอมของ A_t, A_t' และ A_t'' ได้เป็น

$$\hat{Y}_{t+p}(t) = \left\{(6(1-\alpha)^2 + (6-5\alpha)\alpha p + \alpha^2 p^2)\left(\tfrac{A_t}{2(1-\alpha)^2}\right)\right\}$$
$$-\left\{(6-(1-\alpha)^2 + 2(5-4\alpha)\alpha p + \alpha^2 p^2)\left(\tfrac{A_t'}{2(1-\alpha)^2}\right)\right\}$$
$$+\left\{(2(1-\alpha)^2 + (4-3\alpha)\alpha p)\left(\tfrac{A_t''}{2(1-\alpha)^2}\right)\right\}$$
$$; \; p = 1,2,\ldots \quad (10)$$

3.3 การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ (Box-Jenkins Method)

การกำหนดตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ สามารถทำได้โดยการตรวจสอบความคงที่ของอนุกรมเวลา (Stationary Time Series) ว่าอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ย $E(Y_t)$ และค่าความแปรปรวน $V(Y_t)$ คงที่หรือไม่ หากพบว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้ม จะทำการแปลงอนุกรมเวลาให้มีความคงที่ โดยการหาผลต่าง (Regular Difference) d ครั้ง ทำให้ได้อนุกรมเวลาใหม่ที่มีความคงที่ เขียนได้ดังสมการ $Z_t = \nabla Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ หากอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาล จะทำการหาผลต่างฤดูกาล D ครั้ง เขียนได้ดังสมการ $Z_t = \nabla_L Y_t = Y_t - Y_{t-L}$ และหากอนุกรมเวลามีค่าความแปรปรวนไม่คงที่ ก็จะทำการแปลงโดยการ take log ให้อนุกรมเวลามีความแปรปรวนคงที่

เมื่ออนุกรมเวลามีความคงที่แล้ว จึงทำการพิจารณาตัวแบบพยากรณ์จากกราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตนเอง (Autocorrelation Function : ACF) และค่าสหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function : PACF) และประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ [10]ดังสมการที่ (11)

$$\emptyset_p(B)\emptyset_P(B^L)Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)\theta_Q(B^L)\varepsilon_t \quad (11)$$

เมื่อ $\emptyset_p(B) = (1 - \emptyset_1 B - \emptyset_2 B^2 - \cdots - \emptyset_p B^p)$

$\emptyset_P(B^L) = (1 - \emptyset_{1L}B^L - \emptyset_{2L}B^{2L} - \cdots - \emptyset_{PL}B^{PL})$

$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q)$

$\theta_Q(B^L) = (1 - \theta_{1L}B^L - \theta_{2L}B^{2L} - \cdots - \theta_{QL}B^{QL})$

เมื่อ Z_t เป็นค่าสังเกตของอนุกรมเวลา ณ เวลา t ซึ่ง $Z_t = (1-B^L)^D(1-B)^d Y_t$

B เป็นค่า Backward shift operator

θ_0 เป็นค่าคงที่ของพารามิเตอร์

$\emptyset_i$ เป็นค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเอง ตัวที่ i โดยที่ $i = 1,2,\ldots,p$

$\emptyset_{iL}$ เป็นค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเองในส่วนฤดูกาล ตัวที่ i โดยที่ $i = 1,2,\ldots,P$

θ_i เป็นค่าพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ตัวที่ i โดยที่ $i = 1,2,\ldots,q$

θ_{iL} เป็นค่าพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในส่วนฤดูกาล ตัวที่ i โดยที่ $i = 1,2,\ldots,Q$

ε_t เป็นค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t ซึ่ง ε_t มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2 และเป็นอิสระต่อกัน

Poster

p เป็นอันดับที่ของการถดถอยในตัวเอง

P เป็นอันดับที่ของการถดถอยในตัวเองในส่วนฤดูกาล

d เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างเพื่อแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคงที่เนื่องจากแนวโน้มให้มีความคงที่

D เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างฤดูกาลเพื่อแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคงที่เนื่องจากฤดูกาลให้มีความคงที่

q เป็นอันดับที่ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

Q เป็นอันดับที่ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในส่วนฤดูกาล

L เป็นช่วงของการเกิดฤดูกาล

จากนั้นคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน โดยพิจารณาเลือกตัวแบบที่ให้ค่า Akaike’s Information Criterion (AIC) ต่ำที่สุด เขียนได้ดังสมการที่ (12)

$$AIC = nln\left(\frac{SSE}{n}\right) + 2p \qquad (12)$$

เมื่อ n เป็นขนาดตัวอย่าง

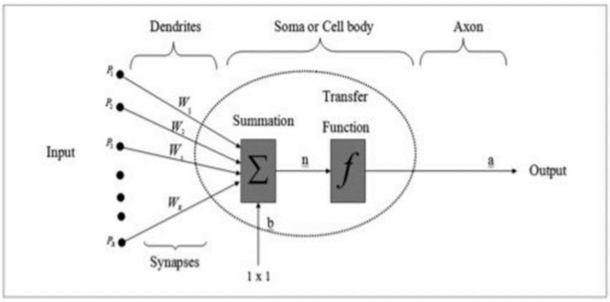
SSE เป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัวแบบ

p เป็นจำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบ

ln เป็นลอการิทึมฐาน e

3.4 การพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

หลักการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม [11] คล้ายการทำงานของเซลล์ประสาท (Nerve Cells) ในสมองมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวนมาก (Neuron) [12] โดยแต่ละเซลล์ประกอบด้วยนิวเคลียส (Necleus) ตัวเซลล์ (Cell Body) ใยประสาทนำเข้า (Dendrite) โดยเริ่มทำงานจากใยประสาทนำเข้าทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าจากเซลล์ประสาทใกล้เคียงเข้าที่ตัวเซลล์หรือจุดกึ่งกลางเซลล์ (Soma) ซึ่งจะทำหน้าที่รวมสัญญาณที่เข้ามาแล้วเชื่อมต่อกันที่จุดประสานประสาท (Synapse) จากนั้นจะทำการกระตุ้นและส่งสัญญาณไปทางแกนประสาทนำออก (Axon) [13] โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ความรู้เหล่านี้จะถูกจัดเก็บในโครงข่ายรูปแบบค่าน้ำหนัก (Weight) ซึ่งจะมีการปรับค่าน้ำหนักเมื่อเกิดการเรียนรู้ใหม่ๆ โดยมีหลักการทำงานแสดงดังรูปที่ 1 และเชื่อกันว่าความรู้ทั้งหมดของมนุษย์จะถูกเก็บไว้ในจุดเชื่อมโยง (Connection) ภายใน [14] และมีฟังก์ชั่นกำหนดสัญญาณส่งออกที่เรียกว่า ฟังก์ชั่นกระตุ้น (Activation Function) หรือ ฟังก์ชั่นการแปลง (Transfer Function)

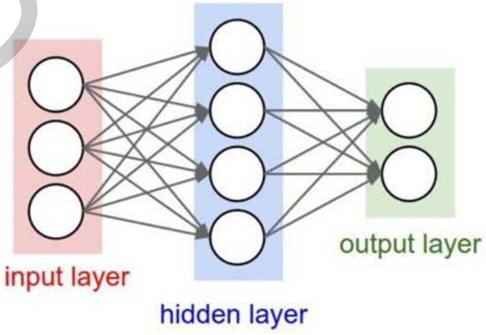


รูปที่ 1 ลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียม [15]

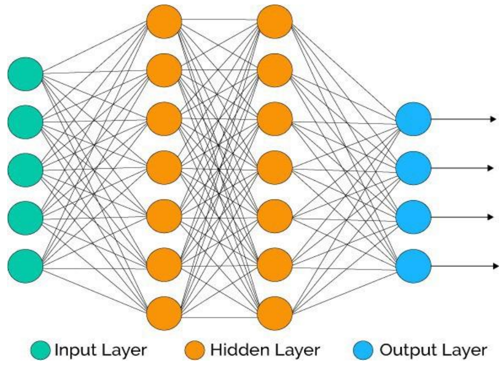
ประเภทการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

1. โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ไปข้างหน้า เป็นโครงข่ายที่ข้อมูลถูกประมวลผลและส่งสัญญาณไปในทิศทางเดียวกัน โดยไม่มีการแพร่ย้อนกลับของข้อมูล และโหนดแต่ละตัวที่อยู่ในชั้นเดียวกันไม่มีการเชื่อมต่อกัน แสดงดังรูปที่ 2

2. โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ โครงข่ายประสาทเทียมจะประกอบด้วยชั้นต่าง ๆหลายชั้น มีการเชื่อมต่อระหว่างโหนดในชั้นต่าง ๆ อย่างทั่วถึง ในชั้นนำเข้าข้อมูลจะไม่มีการประมวลผลใด ๆ ทำหน้าที่เพียงรับข้อมูลและกระจายไปยังแต่ละโหนดในชั้นซ่อน ชั้นซ่อนและชั้นส่งออกข้อมูลเป็นชั้นที่มีการประมวลผล โดยมีทิศทางการไหลของข้อมูลแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้า หากโครงข่ายประสาทเทียมให้คำตอบที่ผิด ทิศทางการไหลของข้อมูลจะมีการส่งสัญญาณย้อนกลับ เพื่อปรับค่าน้ำหนักจนกว่าค่าความผิดพลาดจะน้อยลง แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ไปข้างหน้า [16]



รูปที่ 3 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ [17]

Poster

3.5 การคัดเลือกตัวแบบและตรวจสอบประสิทธิภาพ

การคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมและการตรวจสอบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ ใช้การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริง (Y_t) กับค่าพยากรณ์ ($\hat{Y}_t$) โดยคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมจากค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ต่ำที่สุด โดยใช้ข้อมูลชุดการเรียนรู้ จากนั้นทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) โดยใช้ข้อมูลชุดการทดสอบ ดังสมการที่ (13) และ (14) ตามลำดับ

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} e_t^2} \quad (13)$$

$$MAPE = \frac{100}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{e_t}{Y_t}\right| \quad (14)$$

เมื่อ Y_t เป็นค่าสังเกตของอนุกรมเวลา t

n เป็นขนาดของอนุกรมเวลา

e_t เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลา t

ซึ่ง $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$

ค่า MAPE สามารถบ่งบอกถึงการพยากรณ์ที่แม่นยำ โดยแบ่งตามช่วงได้ดังนี้ [18]

- น้อยกว่า 10% มีความแม่นยำในการพยากรณ์สูง
- 11% ถึง 20% มีความแม่นยำในการพยากรณ์ดี
- 21% ถึง 50% มีความแม่นยำในการพยากรณ์ปานกลาง
- มากกว่า 50% ไม่เป็นที่ยอมรับในการพยากรณ์

4. ผลการวิจัย

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ประเภท P1 โดยใช้ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นข้อมูลยอดขายจริงแบบรายเดือน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2554 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2560 มาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุด จากข้อมูลพบว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล วิธีที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้คือ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม และพิจารณาคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมจากค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE) จากนั้นจึงทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลปริมาณยอดขายจริง ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2561 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ.2561 จากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error : MAPE)

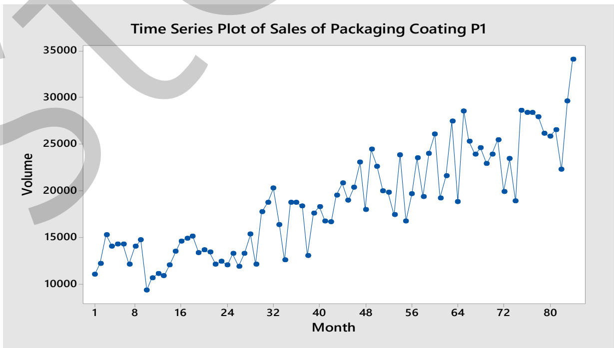
4.1 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล

การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล ใช้โมดูล Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel 2010 ในการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ที่ทำให้ค่า RMSE ต่ำสุด และพบว่าค่าพารามิเตอร์ $\alpha = 0.3045$ ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ RMSE ต่ำสุดเท่ากับ 3,907.0861 สามารถเขียนตัวแบบพยากรณ์ได้ดังสมการที่ (15)

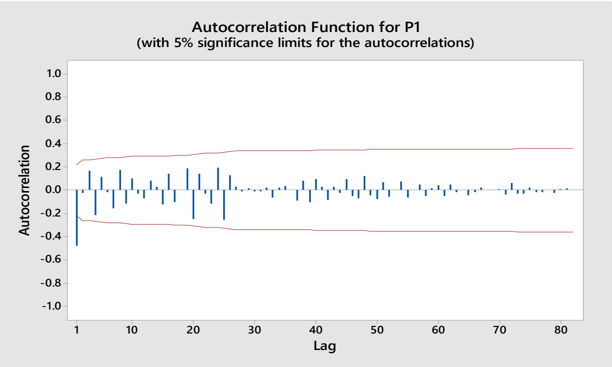
$$\hat{Y}_t(p) = 11{,}619 + 104.7p + 1.156p^2 \quad (15)$$

4.2 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์

การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ (Box-Jenkins Method) ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Minitab 17 โดยพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ประเภท P1 โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ.2554 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ.2560 รวมทั้งสิ้น 84 เดือน แสดงดังรูปที่ 4 และพบว่าอนุกรมเวลายังไม่มีความคงที่ เนื่องจากมีแนวโน้ม จึงทำการแปลงอนุกรมเวลาให้มีความคงที่ก่อน โดยทำการหาผลต่าง 1 ครั้ง (d = 1) แล้วพบว่าอนุกรมเวลามีความคงที่ จึงนำอนุกรมเวลาที่มีความคงที่แล้วมาพล็อตคอเรลโรแกรม ACF และ PACF ดังรูปที่ 5 และ รูปที่ 6 ตามลำดับ

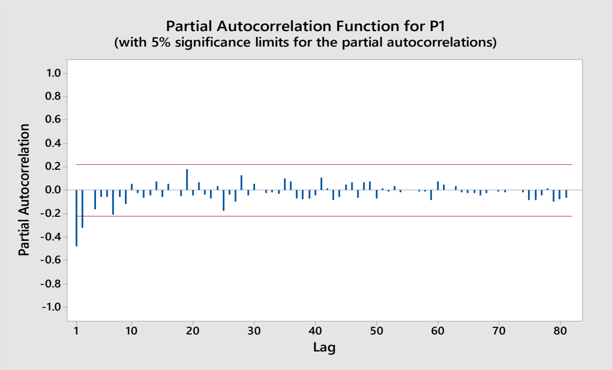


รูปที่ 4 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ ประเภท P1



รูปที่ 5 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ ประเภท P1 เมื่อแปลงอนุกรมเวลาด้วยการหาผลต่าง 1 ครั้ง

Poster

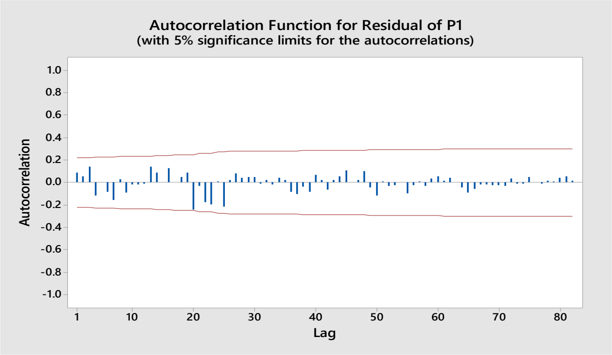


รูปที่ 6 คอเรลโรแกรม PACF ของอนุกรมเวลาปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ประเภท P1 เมื่อแปลงอนุกรมเวลาด้วยการหาผลต่าง 1 ครั้ง

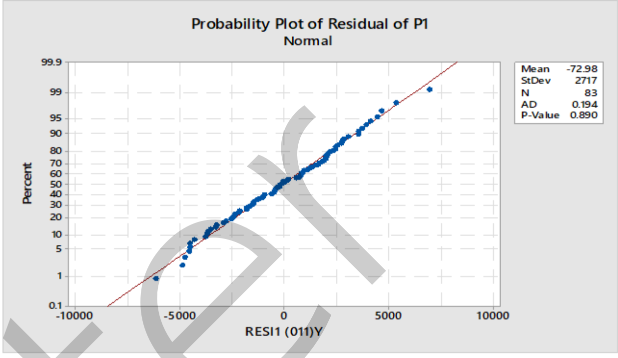
จากรูปที่ 5, 6 พบว่าคอเรลโรแกรมของ ACF cut off ที่ lag 1 และคอเรลโรแกรมของ PACF ลดลงอย่างรวดเร็ว จึงได้ตัวแบบเป็น ARIMA(0,1,1) และมีพจน์ของค่าคงที่ จากรูปที่ 7 เมื่อทำการทดสอบระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า θ_0 และ θ_1 มีค่าแตกต่างจาก 0 เนื่องจากค่า p-value น้อยกว่า 0.05 และจากสถิติ Box-Ljung พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบเป็นอิสระกัน เนื่องจาก p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ในทุก lag และจากคอเรลโรแกรมของค่าความคลาดเคลื่อนในรูปที่ 8 พบว่าไม่มีค่าใดแตกต่างจาก 0 และจากรูปที่ 9 โดย Anderson Darling Normality test พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบมีการแจกแจงปกติ เนื่องจากค่า p-value มากกว่า 0.05 ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(0,1,1) มีพจน์ค่าคงที่ เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูล

```
Final Estimates of Parameter

Type        Coef   SE Coef      T       P
MA   1    0.9705    0.0468  20.74   0.000
Constant  201.70     22.00   9.17   0.000


Differencing: 1 regular difference
Number of observations:  Original series 84, after differencing 83
Residuals:    SS =  605803990 (backforecasts excluded)
              MS =  7479062  DF = 81


Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag            12     24     36     48
Chi-Square    7.7   27.9   36.6   46.1
DF             10     22     34     46
P-Value     0.658  0.179  0.350  0.469
```

รูปที่ 7 การประมาณค่าพารามิเตอร์และการทดสอบสมมติฐานของของตัวแบบ ARIMA(0,1,1) มีพจน์ค่าคงที่



รูปที่ 8 คอเรลโรแกรม ACF ของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ARIMA(0,1,1) มีพจน์ค่าคงที่



รูปที่ 9 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ARIMA(0,1,1) มีพจน์ค่าคงที่

นอกจากตัวแบบ ARIMA(0,1,1) มีพจน์ของค่าคงที่ ยังมีตัวแบบ ARIMA(2,1,0), ARIMA(1,1,0) และตัวแบบอื่น ๆ ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลานี้ จึงพิจารณาเลือกตัวแบบที่เหมาะสมโดยใช้เกณฑ์ AIC จากตารางที่ 1 พบว่าค่า AIC ที่น้อยที่สุดคือ ตัวแบบ ARIMA(0,1,1) มีพจน์ค่าคงที่ จึงได้ว่าตัวแบบ ARIMA(0,1,1) มีพจน์ค่าคงที่ เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดกับอนุกรมเวลาชุดนี้

ตารางที่ 1 ตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้สำหรับการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

ประเภท	ตัวแบบพยากรณ์	พจน์ค่าคงที่	DF	p	RMSE	AIC
P1	**ARIMA(0,1,1)**	มี	81	1	2,701.6369	**580.0764**
	ARIMA(0,1,1)	ไม่มี	82	1	2,875.0020	584.6143
	ARIMA(2,1,0)	มี	80	2	2,851.5965	586.0179
	ARIMA(2,1,0)	ไม่มี	81	2	2,887.2261	586.9239
	ARIMA(1,1,0)	มี	81	1	3,080.7795	589.6581
	ARIMA(1,1,0)	ไม่มี	82	1	3,103.9384	590.2045
	ARIMA(1,2,1)	มี	79	2	3,151.5630	592.8733
	ARIMA(1,2,1)	ไม่มี	80	2	3,156.0719	592.9776

4.3 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป weka 3.6.9 ในการสร้างตัวแบบ มีขั้นตอนดังนี้

Poster

ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือข้อมูลชุดการเรียนรู้ (Training set) ประกอบด้วยข้อมูล 70 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นจำนวน 60 เดือน ใช้สำหรับสร้างตัวแบบพยากรณ์ และข้อมูลชุดการทดสอบ (Testing set) ประกอบด้วยข้อมูล 30 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นจำนวน 24 เดือน ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของโครงข่ายประสาทเทียม โดยเลือกโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ กำหนดโครงข่ายประสาทเทียม โดยเลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron) มีทิศทางการไหลของข้อมูลแบบแพร่ย้อนกลับ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยทดสอบข้อมูลนำเข้าเท่ากับ 13, 19 และ 24 และทดสอบค่าโหนดซ่อน 2 – 12 โหนด แล้วเลือกโหนดซ่อนที่ให้ค่าความผิดพลาดที่ต่ำตั้งแต่ครั้งแรกของการทดลองปรับค่า ซึ่งได้ค่าโหนดซ่อนเท่ากับ 6 โหนด พบว่าข้อมูลกำหนดตัวแบบเป็น 13-6-1 และทำการปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อให้ได้ตัวแบบที่เหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ ค่าโมเมนตัม (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9) อัตราการเรียนรู้ (0.001, 0.005, 0.01, 0.03, 0.05 และ 0.1) และจำนวนรอบการเรียนรู้ (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 และ 1,000) เลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดโดยการเปรียบเทียบค่า RMSE ที่ต่ำที่สุดจากการฝึกสอนด้วยชุดข้อมูลการเรียนรู้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือ ค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.2 อัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.001 จำนวนรอบเท่ากับ 500 รอบ จากนั้นนำตัวแบบที่เลือกไปทำการทดสอบด้วยข้อมูลชุดทดสอบ จากการวิจัยพบว่าค่า RMSE ของข้อมูลชุดการเรียนรู้ และข้อมูลชุดการทดสอบ เท่ากับ 2,574.2886 และ 3,521.9426 ตามลำดับ

4.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์

จากการวิเคราะห์ตัวแบบพยากรณ์ ผู้วิจัยเลือกตัวแบบพยากรณ์จากวิธีที่ให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นค่าที่ไวต่อความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่ เมื่อทำการเปรียบเทียบตัวแบบที่ได้จากการพยากรณ์ทั้งหมด พบว่าการพยากรณ์ปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ประเภท P1 ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ให้ค่า RMSE เท่ากับ 3,907.0861 2,701.6369 และ 3,521.9426 ตามลำดับ ดังนั้นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด คือ ตัวแบบจากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ แสดงดังตารางที่ 2 และได้ตัวแบบพยากรณ์ดังสมการที่ (16)

ตารางที่ 2 ค่า RMSE ของตัวแบบพยากรณ์ปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ประเภท P1

RMSE		
วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล	วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์	วิธีโครงข่ายประสาทเทียม
3,907.0861	2,701.6369	3,521.9426

ตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ ประเภท P1

$$\hat{Y}_t = 201.70 + Y_{t-1} + 0.9750e_{t-1} \quad (16)$$

เมื่อ $\hat{Y}_t$ เป็นค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

Y_{t-i} เป็นค่าอนุกรมเวลา ณ เวลา $t-i$

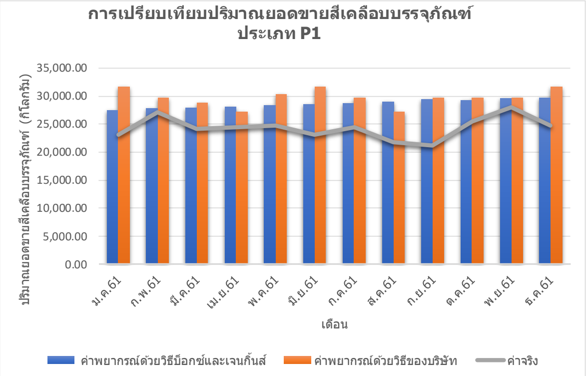
e_{t-i} เป็นค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา $t-i$

และเมื่อนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ ไปทำการพยากรณ์ล่วงหน้ากับข้อมูลชุดที่ 2 ซึ่งเป็นค่าจริงจำนวน 12 เดือน เปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ ผลการพยากรณ์พบว่า ได้ค่า MAPE เท่ากับ 18.3568% แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางวิเคราะห์ความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์

เดือน	ค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ของสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ประเภท P1 ARIMA(0,1,1) มีค่าพจน์คงที่			
	ค่าจริง (Y_t)	ค่าพยากรณ์ ($\hat{Y}_t$)	$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$	$\lvert e_t/Y_t \rvert$
มค. 2561	23,187.13	27,553.30	-4,366.17	0.1883
กพ 2561	27,086.81	27,755.00	-668.19	0.0247
มีค. 2561	24,138.61	27,956.00	-3,817.39	0.1581
เมย 2561	24,541.45	28,158.00	-3,616.55	0.1474
พค. 2561	24,703.98	28,360.10	-3,656.12	0.1480
มิย 2561	23,107.45	28,561.80	-5,454.35	0.2360
กค. 2561	24,488.13	28,763.50	-4,275.37	0.1746
สค. 2561	21,748.70	28,965.20	-7,216.50	0.3318
กย 2561	21,221.77	29,466.90	-8,245.13	0.3885
ตค. 2561	25,581.17	29,368.60	-3,787.43	0.1481
พย 2561	28,046.95	29,570.30	-1,523.35	0.0543
ธค. 2561	24,747.97	29,772.00	-5,024.03	0.2030
$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left\lvert\frac{e_t}{Y_t}\right\rvert \times 100\%$			MAPE=	18.3568%

จากนั้นนำตัวแบบที่เหมาะสมไปทำการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน งานวิจัยนี้พบว่าค่าพยากรณ์ที่ได้จากงานวิจัยมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากกว่าค่าพยากรณ์ด้วยวิธีเดิมของบริษัท เมื่อนำมาพล็อตกราฟเปรียบเทียบปริมาณยอดขายค่าจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีเดิมของบริษัท และค่าที่ได้จากวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ประเภท P1 ระหว่างค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนส์กิ้นส์, ค่าพยากรณ์ด้วยวิธีของบริษัท และค่าจริง

Poster

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณยอดขายสีเคลือบบรรจุภัณฑ์ประเภท P1 โดยใช้ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นข้อมูลยอดขายแบบรายเดือน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2554 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2560 มาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด จากข้อมูลพบว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้มควอทดราติก แต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ 3 วิธี คือ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล วิธีบ็อกซ์และเจนกิ้นส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ผลการพยากรณ์พบว่า วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ เป็นวิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุด เนื่องจากมีค่า RMSE เท่ากับ 2,701.6369 ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุด และได้ค่า MAPE เท่ากับ 18.3568% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์ดี หากทางบริษัทนำค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ไปใช้ บริษัทสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการวางแผนการผลิตและลดปริมาณสินค้าคงคลังต่อปีลงได้ 13,149.30 กิโลกรัม

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Eric Stellwagen, 1985 **Forecast profiles from exponential smoothing adapted from E.. Gardner, Journal of forcasting Vol.4,** [Online] Available : http://www.forecastpro.com/Trends/forecasting101November2007.html

[2] G.David Garson,1998 **Neural networks an introductory guide for social scientists** [Online] Available : https://books.google.co.th/books?id=LdNm_ZmKr8YC&printsec=frontcover&hl=th&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

[3] ธรณินทร์ สัจวิริยทรัพย์, 2561 **ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากร์ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รายเดือนของประเทศไทย** วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. 34(1) : 91-107

[4] วรางคณา กีรติวิบูลย์, 2557 **การพยากรณ์ปริมาณการส่งออกยางคอมปาวด์ วารสารวิทยาศาสตร์** มศว 30(2) : 41-56

[5] นรวัฒน์ เหลืองทอง และ นันทชัย กาตานันทะ, 2559 **การเลือกตัวแบบพยากรณ์ผลผลิตการเกษตรที่เหมาะสม** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 24(3) : 370-381

[6] กนกกาญจ์ มุขผาลา และ รศ.ดร.เรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย, 2557 **การศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายสินค้าอุปโภคที่เหมาะสมของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง** วารสารวิชาการบริหารธุรกิจ สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย 3(1) : 12-21

[7] ดาว สงวนรังศิริกุล และคณะ **การศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาในกรุงเทพมหานคร** วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 38(1) : 35-55

[8] ฐกฤต ปานขลิบ, 2556 **การพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย โดยวิธีการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและโครงข่ายประสาทเทียม** วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ 12(2) : 58-67

[9] ทรงศิริ แต้สมบัติ, 2549 **การพยากรณ์เชิงปริมาณ** พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 487น.

[10] Box, G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C., 1994 **Time series analysts forecasting and control** Prentice hall.

[11] ต้องชนะ อปัชฌาย์, 2556 **การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมหาขอบเขตเอกสารเพื่อนำไปใช้ในการแปล** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะสถิติประยุกต์, สถาบันบัณฑิตพัฒนศาสตร์

[12] พนิดา ยืนยงสวัสดิ์, 2547 **การพยากรณ์การใช้ยาโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[13] พรรณิภา คุ้มสิน, 2560 **การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ยอดขายเครื่องปรับอากาศโดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์, วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม**, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาสถิติประยุกต์, ภาควิชาสถิติ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[14] ธีรวุฒิ ประกอบผล, 2552 **โครงข่ายประสาทเทียม** วารสาร มฉก. วิชาการ 24(12) : 73-87

[15] สุธิดา ปรีชาเดช และ ชนะ รักษ์ศิริ, 2554 **การพยากรณ์เวลาที่ใช้ในการขัดแผ่นซิลิโคนโดยโครงข่ายประสาทเทียม** วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มก. 77(24) : 1-11

[16] Thanakit Lersmethasakul, 2016 **Neural Network** [Online] Available : https://www.thanakrit.net/neural-network/

[17] Conor McDonald , 2017 **Machine learning fundamentals (II) : Neural Networks** [Online] Available : https://towardsdatascience.com/machine-learning-fundamentals-ii-neural-networks-f1e7b2cb3eef

[18] Bahovec, V. & Erjavec, N., 2009 **Uvod u ekonometrijsku analizu.** Zagreb : Element.

Poster

ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ – นามสกุล

- นางสาวธนาภรณ์ ไตรศุภกิตติ

การศึกษา

- วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
  สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
  ทหารลาดกระบัง

ชื่อ - นามสกุล

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศรี บัณฑิตวิไล

การศึกษา

- วิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์)
  มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน
- พัฒนบริหารศาสตร์มหาบัณฑิต
  (สถิติประยุกต์)
  สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- Master of Science
  (Computer Science)
  Florida Institute of Technology,
  U.S.A.
- Ph.D. (Computer Science)
  Florida Institute of Technology,
  U.S.A.

งานวิจัยที่สนใจ

- Forecasting, Simulation

poster

การศึกษาผลกระทบของการทดสอบเลวีนสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อความแปรปรวนเท่ากัน

Studying Affect Levene's Test for Data Analysis on Equal Variance

อัชฌา อระวีพร[1*]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] kaautcha@hotmail.com
ธีมฐ์ รัชตะประกร[2*] ปิยพร เพ็งบุญ[2*] ภาวัต รุกิจเจริญ[2*] ศุภกร พวงทอง[2*]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [2] autcha.ar@ kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 3 ประชากร ในการศึกษาใช้การทดสอบเอฟ (F) การทดสอบเวลช์ (W) การทดสอบมาราสควิลโล (M) และทำการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนโดยการทดสอบเลวีน เมื่อความแปรปรวนเท่ากันจะใช้การทดสอบเอฟ (LF) ใการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และเมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากันจะใช้การทดสอบเวลช์ (LW) และการทดสอบมาราสควิลโล (LM) จะถูกนำมาใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ในการศึกษาครั้งนี้ได้เปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบ โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley เป็นเกณฑ์ในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 แล้วจึงพิจารณากำลังการทดสอบที่สูงที่สุด กำหนดระดับนัยสำคัญ 3 ระดับคือ 0.01 และ 0.05 โดยใช้โปรแกรมอาร์ สตูดิโอในการจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล ทำการจำลองข้อมูลซ้ำ 1,000 รอบในแต่ละสถานการณ์ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อพิจารณากำลังการทดสอบ กรณีข้อมูลจำลองมาจากการแจกแจงปกติ พบว่า ส่วนใหญ่ LF มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่าง จึงเห็นได้ว่าการทดสอบเลวีนส่งผลให้กำลังการทดสอบที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลสูงขึ้น

คำสำคัญ : กำลังการทดสอบ, ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1, ตัวสถิติทดสอบมาราสควิลโล, ตัวสถิติทดสอบเลวีน, ตัวสถิติทดสอบเวลช์, ตัวสถิติทดสอบเอฟ

Abstract

This research is an studying experiment that aimed to study a test statistics for comparing the mean of three populations. In this study, we use test statistics F (F), test statistics Welch (W), test statistics Marascuilo (M) for testing the equal of variance. For test statistics Levene's, when the variance is equal, test statistics F (LF) is used to compare the mean . When the variance is shown unequal, test statistics Welch (LW) and test statistics Marascuilo (LM) are supported by hypothesis testing. This studying is testing for compare probability type I error and power of a test. The Bradley's is criterion to control the probability type I error, then we consider the maximum of power of a test. The significance levels are considered on three levels at 0.01 and 0.05. R Studio program is played for simulation and data analysis with 1,000 times for each situation. The results are shown the power of a test in case of normal distribution. LF presents the highest power of a test in all the sample sizes. It is indicated that test statistics Levene's affects to the higher power of a test from data analysis.

Keywords: Power of a Test, Probability of Type I Error, Test Statistics Marascuilo, Test Statistics Levene's, Test Statistics Welch, Test Statistics

poster

* Corresponding author: E-mail: kaautcha@hotmail.com
[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง
[2] ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง

1. บทนำ

การศึกษาลักษณะประชากรทุกหน่วยมีความยุ่งยาก สิ้นเปลืองทรัพยากรและระยะเวลาในการเก็บข้อมูล ทำให้ยากที่จะประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter) จึงมีการนำสถิติเชิงอนุมาน (Statistical Inference) มาใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลโดย ซึ่งจะทำการศึกษาข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง (Sample) ที่เป็นตัวแทนของประชากร (Population) และวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งเรียกว่าค่าสถิติ (Statistics) แล้วนำผลที่ได้ไปประมาณค่าพารามิเตอร์ เพื่อให้ทราบลักษณะของประชากร ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน นอกจากการประมาณค่า (Estimation) พารามิเตอร์ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้นยังมีการทดสอบสมมติฐาน (Tests of Hypothesis)

ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมากกว่า 2 ประชากร โดยปกติทั่วไปนิยมใช้ตัวสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ซึ่งเป็นตัวสถิติทดสอบที่ใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) ในทางปฏิบัติบางครั้งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์นั้นอาจไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นในบางประการ กรณีที่ตัวอย่างที่ถูกสุ่มมามีค่าความแปรปรวนของแต่ละประชากรไม่เท่ากัน ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมากกว่า 2 ประชากร ซึ่งมีงานวิจัยของ Khomduen and Araveeporn [1] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบตัวสถิติสำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยสามประชากรกรณีความแปรปรวนเท่ากัน โดยใช้การทดสอบเอฟ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน การทดสอบเวลซ์ (Welch’s test) การทดสอบบราวน์-ฟอร์ไซต์ (Brown-Forsythe’s test) และการทดสอบบราวน์-ฟอร์ไซต์ แบบปรับแก้ (Modified Brown- Forsythe’s test) พบว่าเมื่อความแปรปรวนเท่ากัน การทดสอบเอฟ การทดสอบเวลซ์เหมาะสมที่จะใช้ในการทดสอบสมมติฐาน และโดยจิรภาและอัชฌา[2] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบตัวสถิติสำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยสามประชากรกรณีความแปรปรวนไม่เท่ากัน โดยใช้ตัวสถิติเอฟ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน การทดสอบเวลซ์ (Welch’s test) การทดสอบมาราสควิลโล (Marascuilo’s Test) และการทดสอบบูตสแตรปแบบใช้พารามิเตอร์ (Parametric Bootstrap) พบว่าเมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากัน การทดสอบเวลซ์การทดสอบมาราสควิลโลเหมาะสมที่จะใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

ดังนั้นก่อนที่จะทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมากกว่า 2 ประชากร จำเป็นจะต้องทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากร เพื่อให้เลือกตัวสถิติทดสอบที่ใช้ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งตัวสถิติทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากรมีหลายวิธี เช่น ตัวสถิติทดสอบเอฟ (F - test) ตัวสถิติทดสอบเลวีน (Levene’s test) โดยตัวสถิติทดสอบเลวีน เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และได้มีการบรรจุใช้ในโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วราฤทธิ์ [3] ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติทดสอบสำหรับทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของ 3 ประชากรโดยใช้การทดสอบเลวีนแบบผลต่างสมบูรณ์ แบบผลต่างกำลังสองและแบบถ่วงน้ำหนัก จากการศึกษาพบว่าเมื่อลักษณะการแจกแจงของประชากรเป็นปกติ การทดสอบเลวีนแบบผลต่างสัมบูรณ์และแบบผลต่างกำลังสองสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (Probability of Type I Error) ได้เกือบทุกกรณีศึกษา ส่วนการทดสอบเลวีนแบบถ่วงน้ำหนักสามารถควบคุมได้บางขนาดของกลุ่มตัวอย่าง และการทดสอบเลวีนแบบผลต่างสัมบูรณ์มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดเกือบทุกกรณีที่ศึกษา Gastwirth. et al. [4] ศึกษาผลกระทบของการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนโดยตัวสถิติทดสอบเลวีนต่อทฤษฎีและการปฏิบัติทางสถิติ โดยเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของการทดสอบเอฟ การทดสอบเวลซ์ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปรับซึ่งในที่นี้คือการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนโดยการทดสอบเลวีน จากนั้นในกรณีที่ความแปรปรวนเท่ากันทำการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการทดสอบเอฟ และในกรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน ทำการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยตัวสถิติทดสอบเวลซ์ พบว่าเมื่อความแปรปรวนเท่ากัน กำลังการทดสอบของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปรับสูงกว่าการทดสอบเอฟ และการทดสอบเวลซ์ 2–3%

ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทดสอบเอฟ การทดสอบเวลซ์ การทดสอบมาราสควิลโล แล้วจึงศึกษาการทดสอบเลวีน โดยทำการทดสอบค่าความแปรปรวนของประชากรก่อนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 3 ประชากร เมื่อความแปรปรวนเท่ากัน โดยใช้การทดสอบเอฟ และเมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากันจะใช้การทดสอบเวลซ์ และการทดสอบมาราสควิลโล และศึกษาความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ซึ่งค่านี้จะใช้วัดความผิดพลาดที่จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริงและกำลังการทดสอบ (Power of a Test) ของการทดสอบ ซึ่งค่านี้จะใช้วัดว่าการทดสอบที่ใช้มีประสิทธิภาพจากการที่ปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อสมมติฐานว่างเป็นเท็จ ซึ่งจะทำให้ได้ข้อเสนอแนะที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้การทดสอบที่เหมาะสม

2. สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของการทดสอบโดยวัดประสิทธิภาพจากความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และกำลังการทดสอบของการทดสอบ

2.1 ทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากร

การทดสอบเลวีน (Levene’s) มีข้อกำหนดเบื้องต้น คือ ข้อมูลแต่ละกลุ่มต้องสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ และข้อมูลทั้ง k กลุ่มต้องเป็นอิสระกัน [5] โดยมีสมมติฐานในการทดสอบคือ

สมมติฐานว่าง

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \ldots = \sigma_k^2$$

สมมติฐานทางเลือก

$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_{i'}^2$, อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq i'$ โดยที่ $i, i' = 1, 2, \ldots, k$

ตัวสถิติทดสอบคือ

$$W = \frac{(n-2)\sum_{i=1}^{k} n_i \left(\bar{Z}_{i\bullet} - \bar{Z}_{\bullet\bullet}\right)^2}{(k-1)\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i} n_i \left(Z_{ij} - \bar{Z}_{i\bullet}\right)^2}$$

Poster

เมื่อ $Z_{ij} = \left| X_{ij} - \overline{X}_{i\bullet} \right|$ คือ ค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างค่าสังเกตที่ j ของกลุ่มที่ i และค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตของกลุ่มที่ i

$n = \sum_{i=1}^{k} n_i$ คือ ผลรวมของขนาดตัวอย่างทั้ง k กลุ่ม

2.2 ตัวสถิติทดสอบการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 3 ประชากร

ในงานวิจัยครั้งนี้ศึกษาการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 3 ประชากร สมมติฐานในการทดสอบ

สมมติฐานว่าง $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

สมมติฐานทางเลือก $H_1 : \mu_i \neq \mu_{i'}$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq i'$ โดยที่ $i, i' = 1,2,3$

สำหรับงานวิจัยนี้สนใจที่จะทำการศึกษา การทดสอบเอฟ (F – test) การทดสอบเวลช์ (Welch’s test) และการทดสอบมาราสควิลโล (Marascuilo’s test) การทดสอบทั้ง 3 วิธี มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การทดสอบเอฟ (F – test)

ในการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยในกรณีตั้งแต่ 3 ประชากร ขึ้นไปและข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นทั้ง 3 ข้อ [6]

(1) ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ

(2) ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากันหรือคงที่

(3) ข้อมูลแต่ละประชากรสุ่มจากประชากรที่เป็นอิสระกัน

ตัวสถิติทดสอบคือ

$$F_{cal} = \frac{\left[\sum_{i=1}^{k} \frac{X_{i\bullet}^2}{n_i} - \frac{X_{\bullet\bullet}^2}{n} \right] / (k-1)}{\left[\sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{k} \frac{X_{i\bullet}^2}{n_i} \right] / (n-k)}$$

โดยที่ x_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j ของกลุ่มที่ i และ k คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$$n = \sum_{i=1}^{k} n_i \quad , \quad X_{i\bullet} = \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \quad , \quad X_{\bullet\bullet} = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}$$

โดยจะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อตัวสถิติทดสอบ F_{cal} มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตจากตารางการแจกแจงสถิติ F ที่องศาเสรี df_1 เป็น $k-1$ และ df_2 เป็น $n-k$ หรือ p-value $< \alpha$

2.2.2 การทดสอบเวลช์ (Welch’s test)

คิดค้นโดย Welch [7] ซึ่งได้ดัดแปลงมาจากการทดสอบของ Cochran เพื่อนำมาใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย k ประชากร เมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน โดยพบว่าการทดสอบเวลช์มีความแกร่งมากกว่าการทดสอบเอฟ เมื่อความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกัน โดยเฉพาะเมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากันสำหรับกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงปกติ

ตัวสถิติทดสอบคือ

$$W_0 = \frac{\sum_{i=1}^{k} W_i \left[\left(\overline{X}_{i\bullet} - \tilde{X} \right)^2 / (k-1) \right]}{1 + \frac{2(k-2)}{(k^2-1)} \left[\sum_{i=1}^{k} \left(1 - \frac{W_i}{U} \right)^2 / n_i - 1 \right]}$$

โดยที่

$$W_i = \frac{n_i}{S_i^2} \quad , \quad U = \sum_{i=1}^{k} W_i \quad , \quad \tilde{X} = \sum_{i=1}^{k} W_i \overline{X}_{i\bullet} / U \quad ,$$

$$\overline{X}_{i\bullet} = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} \frac{X_{ij}}{n_i} \quad \text{และ} \quad S_i^2 = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} \frac{\left(X_{ij} - \overline{X}_{i\bullet} \right)^2}{n_i - 1}$$

โดยจะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อตัวสถิติทดสอบเวลช์ W_0 มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตจากตารางการแจกแจงสถิติ F ที่องศาเสรี df_1 เป็น $k-1$ และ df_2 เป็น f เมื่อ

$$f = \left[\frac{3}{(k^2-1)} \times \left(\sum_{i=1}^{k} \left(1 - \frac{W_i}{U} \right)^2 \times \frac{1}{n_i - 1} \right) \right]^{-1}$$

2.2.3 การทดสอบมาราสควิลโล (Marascuilo’s Test)

เสนอโดย Marascuilo [8] ได้ดัดแปลงจากการทดสอบของ Welch ทำให้รูปแบบการคำนวณที่ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากรที่มากกว่า 2 ประชากร ในกรณีที่ความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน โดยเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

ตัวสถิติทดสอบคือ

$$M = \sum_{i=1}^{k} W_i \left[\left(\overline{X}_{i\bullet} - \tilde{X} \right)^2 / (k-1) \right]$$

โดยที่

$$W_i = n_i / S_i^2 \quad , \quad U = \sum_{i=1}^{k} W_i \quad , \quad \tilde{X} = \sum_{i=1}^{k} W_i \overline{X}_{i\bullet} / U \quad ,$$

$$\overline{X}_{i\bullet} = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} \frac{X_{ij}}{n_i} \quad \text{และ} \quad S_i^2 = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} \frac{\left(X_{ij} - \overline{X}_{i\bullet} \right)^2}{n_i - 1}$$

โดยจะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อตัวสถิติทดสอบมาราสควิลโล M มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตจากตารางการแจกแจงสถิติ F ที่องศาเสรี df_1 เป็น $k-1$ และ df_2 เป็น f เมื่อ f แทนค่าเหมือนของตัวสถิติทดสอบเวลช์

Poster

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนดังนี้ คือ

3.1 กำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 3 ประชากร

3.2 กำหนดขนาดตัวอย่างของประชากรเป็น 2 กรณี คือ กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน และกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน

โดยมีรายละเอียดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

ลักษณะ	(n_1, n_2, n_3)
ขนาดเท่ากัน	(15,15,15), (30,30,30), (80,80,80)
ขนาดไม่เท่ากัน	(15,20,25), (30,35,40), (80,85,90)

3.3 กำหนดค่าความแปรปรวน $(\sigma_1^2, \sigma_2^2, \sigma_3^2)$ ของทั้ง 3 ประชากรเท่ากัน คือ (10,10,10), (20,20,20)

3.4 กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) 3 ระดับ คือ 0.01 และ 0.05

3.5 โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ทั้งหมดเขียนด้วยโปรแกรม R Studio ซึ่งทำการทดลองซ้ำจำนวน 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์

3.6 คำนวณหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของตัวการทดสอบเอฟ การทดสอบเวลซ์ การทดสอบมาราสควิลโล และทำการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนด้วยการทดสอบเลวีน ถ้าความแปรปรวนเท่ากันใช้การทดสอบเอฟ และถ้าความแปรปรวนไม่เท่ากันใช้การทดสอบเวลซ์ และการทดสอบมาราสควิลโล โดยกำหนดให้มีค่าเฉลี่ย (μ_1, μ_2, μ_3) เท่ากัน คือ (3,3,3)

3.7 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของแต่ละตัวสถิติทดสอบกับเกณฑ์ของBradley โดยตัวสถิติทดสอบจะสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เมื่อ α = 0.01 ค่าอยู่ในช่วง $[0.005, 0.015]$ α = 0.05 ค่าอยู่ในช่วง $[0.025, 0.075]$ และ α = 0.1 ค่าอยู่ในช่วง $[0.05, 0.15]$ [9]

3.8 คำนวณหากำลังการทดสอบจากตัวสถิติทดสอบ โดยกำหนดให้มีค่าเฉลี่ย (μ_1, μ_2, μ_3) ไม่เท่ากัน คือ (3,6,9)

3.9 เปรียบเทียบกำลังการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ โดยตัวสถิติทดสอบที่มีกำลังการทดสอบที่สูงที่สุดจะถือว่าเป็นตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพที่สุด

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และ กำลังการทดสอบ กำหนดค่าเฉลี่ยเท่ากัน ค่าความแปรปรวนเท่ากัน โดยมีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และขนาดตัวอย่าง เป็นไปตามขอบเขตการวิจัย เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และ 0.05 แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 ส่วนตารางที่ 3 และ 4 แสดงกำลังการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 โดยกำหนดให้

F แทนการทดสอบเอฟ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน

W แทนการทดสอบเวลซ์

M แทนการทดสอบมาราสควิลโล

LF แทนการทดสอบเอฟเมื่อความแปรปรวนเท่ากัน

LW แทนการทดสอบเวลซ์เมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากัน

LM แทนการทดสอบมาราสควิลโลเมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากัน

ตารางที่ 1 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ความแปรปรวน (σ^2)	การทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		(15,15,15)	(30,30,30)	(80,80,80)	(15,20,25)	(30,35,40)	(80,85,90)
10	F	0.01100*	0.00800*	0.01200*	0.00900*	0.01600	0.01000*
	W	0.01000*	0.01000*	0.01300*	0.00800*	0.01100*	0.01100*
	M	0.01100*	0.01100*	0.01300*	0.00900*	0.01200*	0.01100*
	LF	0.01116*	0.00711*	0.01210*	0.00964*	0.01486*	0.01028*
	LW	0	0.06667	0.12500	0.00588*	0	0
	LM	0	0.06667	0.12500	0.00588*	0	0
20	F	0.01100*	0.00800*	0.01200*	0.00900*	0.01600	0.01000*
	W	0.01000*	0.01000*	0.01300*	0.00800*	0.01100*	0.01100*
	M	0.01100*	0.01100*	0.01300*	0.00900*	0.01200*	0.01100*
	LF	0.01116*	0.00711*	0.01210*	0.00964*	0.01486*	0.01028*
	LW	0	0.06667	0.12500	0.00588*	0	0
	LM	0	0.06667	0.12500	0.00588*	0	0

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

Poster

ตารางที่ 2 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความแปรปรวน (σ^2)	การทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		(15,15,15)	(30,30,30)	(80,80,80)	(15,20,25)	(30,35,40)	(80,85,90)
10	F	0.05500*	0.04300*	0.05200*	0.05300*	0.05700*	0.05700*
	W	0.05700*	0.03800*	0.05000*	0.05100*	0.05900*	0.05600*
	M	0.05800*	0.04100*	0.05100*	0.05500*	0.06000*	0.05600*
	LF	0.05314*	0.04224	0.05126*	0.04679*	0.05195*	0.06095*
	LW	0.03389*	0.05660*	0.06818*	0.05556*	0.07492*	0.02632*
	LM	0.05085*	0.07547	0.09091	0.06061*	0.07492*	0.02632*
20	F	0.05500*	0.04300*	0.05200*	0.05300*	0.05700*	0.05700*
	W	0.05700*	0.03800*	0.05000*	0.05100*	0.05900*	0.05600*
	M	0.05800*	0.04100*	0.05100*	0.05500*	0.06000*	0.05600*
	LF	0.05314*	0.04224	0.05126*	0.04679*	0.05195*	0.06095*
	LW	0.03389*	0.05660*	0.06818*	0.05556*	0.07492*	0.02632*
	LM	0.05085*	0.07547	0.09091	0.06061*	0.07492*	0.02632*

หมายเหตุ * หมายถึง สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley

จากตารางที่ 1 และ 2 พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 การทดสอบ F, W, M และ LF สามารถผ่านเกณฑ์ Bradley ได้ทุกระดับขนาดตัวอย่าง ยกเว้นที่การทดสอบ LW และ LM สามารถผ่านเกณฑ์ Bradley ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 15 เท่านั้น เมื่อระดับนัยสำคัญสูงขึ้นเป็น 0.05 การทดสอบ ทุกตัวสามารถผ่านเกณฑ์ Bradley ได้ทุกระดับขนาดตัวอย่าง ยกเว้นที่การทดสอบ LM ไม่สามารถผ่านเกณฑ์ Bradley ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 30 และ 80

ตารางที่ 3 กำลังการทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ความแปรปรวน (σ^2)	การทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		(15,15,15)	(30,30,30)	(80,80,80)	(15,20,25)	(30,35,40)	(80,85,90)
10	F	0.97400*	1*	1*	0.99700	-	1*
	W	0.96700	1*	1*	0.99500	1*	1*
	M	0.96800	1*	1*	0.99600	1*	1*
	LF	0.97363	1*	1*	0.99759*	1*	1*
	LW	-	-	-	0.99412	-	-
	LM	-	-	-	0.99412	-	-
20	F	0.72000	0.98200	1*	0.85800*	-	1*
	W	0.66700	0.97900	1*	0.82700	0.99500	1*
	M	0.68000	0.98000	1*	0.83600	0.99800*	1*
	LF	0.72211*	0.98274*	1*	0.85542	0.99788	1*
	LW	-	-	-	0.80588	-	-
	LM	-	-	-	0.81765	-	-

Poster

ตารางที่ 4 กำลังการทดสอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความแปรปรวน (σ^2)	การทดสอบ	ขนาดตัวอย่าง (n_1, n_2, n_3)					
		(15,15,15)	(30,30,30)	(80,80,80)	(15,20,25)	(30,35,40)	(80,85,90)
10	F	0.99700	1*	1*	0.99900	1*	1*
	W	0.99700	1*	1*	0.99900	1*	1*
	M	0.99700	1*	1*	0.99900	1*	1*
	LF	0.99787	-	1*	1*	1*	1*
	LW	1*	1*	1*	0.99832	1*	1*
	LM	1*	-	-	0.99832	1*	1*
20	F	0.88200	0.99800	1*	0.95700	0.99900	1*
	W	0.86800	0.99700	1*	0.95500	0.99900	1*
	M	0.87300	0.99700	1*	0.95600	0.99900	1*
	LF	0.88310*	-	1*	0.96059*	0.99856	1*
	LW	0.86441	1*	1*	0.95286	1*	1*
	LM	0.88136	-	-	0.95455	1*	1*

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่พิจารณากำลังการทดสอบทดสอบ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้

* หมายถึง กำลังการทดสอบสูงที่สุดในสถานการณ์นั้น

จากตารางที่ 3 และ 4 พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 การทดสอบ F, W, M และ LF มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดที่ขนาดตัวอย่างมากกว่า 30 แต่เมื่อขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30 การทดสอบ F และ LF ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อระดับนัยสำคัญสูงขึ้นเป็น 0.05 การทดสอบ F, W, M, LF และ LM มีค่าอำนาจการทดสอบสูงสุดที่ขนาดตัวอย่างมากกว่า 80 แต่เมื่อขนาดตัวอย่าง 30-40 การทดสอบเกือบทุกตัวให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด ที่ความแปรปรวนน้อย แต่เมื่อค่าความแปรปรวนเพิ่มมากขึ้น การทดสอบ LW ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด เมื่อขนาดตัวอย่าง 15-25 การทดสอบ LF ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงสุด

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบของการทดสอบเลวีนในการวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 3 ประชากรที่เป็นอิสระกัน เมื่อข้อมูลจากการแจกแจงปกติ พบว่า ส่วนใหญ่ตัวสถิติทดสอบเอฟ ที่ผ่านการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนโดยตัวสถิติทดสอบเลวีน (LF) มีกำลังการทดสอบสูงที่สุดทุกขนาดตัวอย่าง จึงเห็นได้ว่าตัวสถิติทดสอบเลวีนส่งผลให้มีกำลังการทดสอบที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลสูงขึ้น ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรซึ่งนักวิจัยมักจะเลือกใช้การทดสอบ F จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน และบางครั้งก็ละเลยที่จะตรวจสอบข้อกำหนดของวิธีนี้ซึ่งกำหนดให้ความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน ดังนั้นนักวิจัยควรตรวจสอบความเท่ากันของค่าความแปรรวนก่อนที่จะเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบ เพื่อให้การทดสอบมีความถูกต้องแม่นยำ

เอกสารอ้างอิง

[1] K. Jirapa, and A. Araveeporn, "Efficiency Comaparison of Statistic for Testing Three Population Means in case of Homogeneity and Heterogeneity Variance," Journal of Applied Statistics and Information Technology, 2018, 2(2), pp. 68-84.

[2] จิรภา โคมเดือน และ อัชฌา อระวีพร, "การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสถิติที่ใช้ทดสอบค่าเฉลี่ยของ 3 ประชากร ในกรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน," วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, 25(6), หน้า 918-928.

[3] วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล, "การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบของเลวีน สำหรับทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน," วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง, 2548, 13(1), หน้า 29-35.

[4] J.L. Gastwirth, R. Yulia, G. Miao, and W, Miao, "The Impact of Levene's Test of Equality of Variances on Statistical Theory and Practice," Statistical Science, 2009, 24(3), pp. 343-360.

[5] P.A. Games, H.B. Winkler, and D.A. Probert, "Robust Tests for Homogeneity of Variance," Educational and Psychological Measurement, 1972, 32, pp. 887-909.

poster

[6] D.C. Montgomery, Design and Analysis of Experiments. 2013. New York: John Wiley and Sons.

[7] B.L. Welch, “On the Comparison of Several Mean Values: An Alternative Approach,” Biometrika, 1951, 38(3/4), pp. 330-336.

[8] L.A. Marascuilo, Statistical Methods for Behavioral Science Research. 1971, New York: McGraw- Hill.

[9] J.V. Bradley, “Robustness?,” The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology, 1978, 31(2), pp. 144-152.

รศ.ดร.อัชฌา อระวีพร อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. สนใจด้านการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล โซ่มาร์คอฟ

Poster

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดไอน้ำของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด โดยการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง

The study of factors affecting the steam formation of the mushroom germ steam dryer by applying the principles of experimental design

ธนกร ชัยณรงค์[1*] ณัฐนันท์ ประสีระเตสัง[2] เมธาวัฒน์ บำรุงทรัพย์[3] สุจินนันท์ บุญจันทร์[4] และ อภิสิทธิ์ โงนมณี[5]
[1-5]ภาควิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
[1*]อีเมล: st18297@krasang.ac.th

Thanakorn Chainarong[1*] Natthanan Praseeratasang[2] Methawat Bamrungsab[3] Sujinnan Boonjan[4] and Apisit Ngonmanee[5]
[1-5]Department of Industrial Management Engineering, Faculty of Industrial Technology , Buriram Rajabhat University
*E-mail: st18297@krasang.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดไอน้ำของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด จากข้อมูลพบว่า เครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ดใช้ระยะเวลาในการปล่อยปริมาณไอน้ำเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อ เป็นเวลานาน 82 นาที ส่งผลให้ไม่สามารถผลิตก้อนเชื้อเห็ดได้ทันต่อความต้องการของลูกค้า ดังนั้นทางกลุ่มผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปริมาณไอน้ำ ซึ่งมีจำนวน 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ขนาดความยาวของท่อน้ำตัวเผาไฟ ระดับมุมองศาของวาล์วปล่อยน้ำ และรูปแบบของท่อส่งความร้อน โดยกลุ่มผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2 (2k Factorial Design) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากผลการทดลอง พบว่า ระดับของปัจจัยที่ส่งผลให้เครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ดสามารถผลิตไอน้ำได้เร็วที่สุด คือ ขนาดความยาวของท่อน้ำตัวเผาไฟที่ 450 เซนติเมตร ระดับมุมองศาของวาล์วปล่อยน้ำ 30 องศา และรูปแบบของท่อส่งความร้อนแบบกลวง เมื่อทำการปรับระดับของปัจจัยทำให้เครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ดใช้เวลาในการผลิตไอน้ำลดลงจากเดิมใช้เวลา 82 นาที หลังจากการปรับปรุงใช้เวลาในการผลิตไอน้ำ 15 นาที สามารถลดเวลาได้ 67 นาที คิดเป็น 81.71 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด, การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล

Abstract

This research aimed to study the factors affecting the steam formation of the mushroom germ steam dryer. According to the data found that the steam dryer took 82 minutes releasing steam to get the optimal temperature for sterilization, which could not produce the mushroom germ in time to supply the customers' needs. Therefore, the researchers had studied the related studies and applied to analyze the factors concerning the formation of steam, which there were three main factors such as the length of the fire tube, angle of the water valve, and the type of heat pipe. Whereby the researchers applied the 2k Factorial Design principle at the 95% confidence level. The results found that the length of the fire tube at 450 centimeters, the angle of the 30-degree water valve and the hollow heat pipe were the factor levels affecting the fastest steam formation. After adjusting the factor levels, the steam dryer took less time to generate steam, which used only 15 minutes from 82 minutes at first. This was able to decrease 67 minutes, equivalent to 81.71 percent.

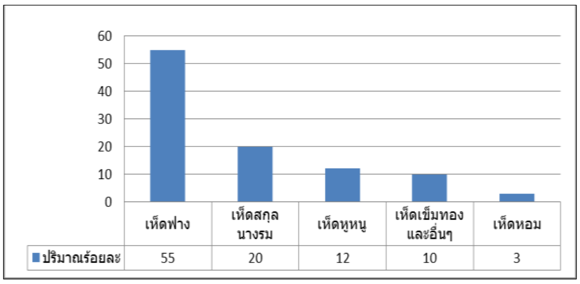
Keywords: a steam pasteurizer for mushroom chunks, a factorial design experiment

* Corresponding author: E-mail: st18297@krasang.ac.th
[1,3,4,5] นักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
[2] อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Poster

1. คำนำ

ปัจจุบันอาชีพเพาะเลี้ยงเห็ดเป็นอาชีพที่ได้รับความนิยมจากเกษตรกรไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีสภาพแวดล้อม และสภาพภูมิอากาศที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด อุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงเห็ดจึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีความต้องการของตลาดเป็นอย่างมาก และมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2561 พบว่าประเทศไทยสามารถเพาะเลี้ยงเห็ดชนิดต่างๆได้รวมกันในปริมาณมากกว่า 120,000 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 5,446 ล้านบาท เช่น เห็ดฟาง เห็ดนางรม เห็ดหูหนู เห็ดเข็มทอง เห็ดหอม และอื่นๆ [1] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปริมาณการเพาะเลี้ยงเห็ดแบบต่างๆ ที่ผลิตได้ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2561

กลุ่มเกษตรกรชุมชน ตำบลโคกย่าง อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นกลุ่มเกษตรกรที่ทำการผลิตก้อนเห็ดแบบผลิตในถุงพลาสติก ในการเพาะเลี้ยงก้อนเห็ดของกลุ่มเกษตรกรนั้น เพื่อให้ก้อนเห็ดมีความสมบูรณ์จะต้องนำไปอบฆ่าเชื้อภายในโรงเรือนด้วยวิธีการอบด้วยไอน้ำ โดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการฆ่าเชื้อตั้งแต่ 90 - 100 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการอบฆ่าเชื้อไม่ต่ำกว่า 3 ชั่วโมง [2] จากการที่กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลของกลุ่มเกษตรกร พบว่า ในขั้นตอนการอบก้อนเชื้อเห็ดด้วยเครื่องอบไอน้ำต้นแบบ สามารถผลิตไอน้ำที่ส่งไปยังโรงเรือนอบได้ในปริมาณน้อย อีกทั้งยังใช้ระยะเวลาในการปล่อยไอน้ำนานถึง 82 นาที จากระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่ยาวนานนั้นส่งผลให้ทางกลุ่มเกษตรกรไม่สามารถผลิตก้อนเชื้อเห็ดได้ทันต่อความต้องการและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการดำเนินงานของเกษตรกรได้ ดังนั้น ทางกลุ่มผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด โดยได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดไอน้ำของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด โดยการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments : DOE) เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด ให้สามารถย่นระยะเวลาในการผลิตไอน้ำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

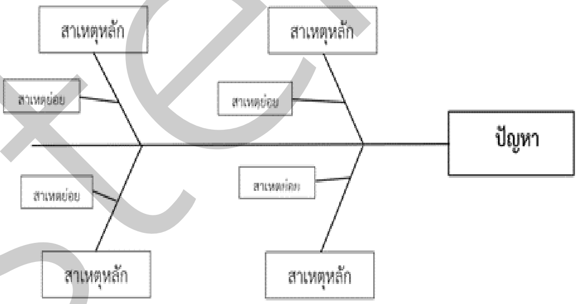
จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้ลำดับดังต่อไปนี้

2.1 แผนผังก้างปลาหรือแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

แผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) หรือ "แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)" เป็นแผนภูมิที่มีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือ หลายๆคนอาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิกาว่า (Ishikawa Diagram) ผังก้างปลาประกอบด้วยส่วนต่างๆ [3] ดังต่อไปนี้

1. ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or Effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา

2. ส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็นปัจจัย สาเหตุหลัก สาเหตุประกอบ ซึ่งสาเหตุของปัญหาจะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรองและก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก เป็นต้น หลักการเบื้องต้นของแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) คือการใส่ชื่อของปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์ลงทางด้านขวาสุดหรือซ้ายสุดของแผนภูมิก้างปลา โดยมีเส้นหลักตามแนวยาวของกระดูกสันหลัง จากนั้นใส่ชื่อของปัญหาย่อยซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาหลัก 3-6 หัวข้อ โดยลากเป็นเส้นก้างปลา (Sub-Bone) ทำมุมเฉียงจากเส้นหลัก เส้นก้างปลาแต่ละเส้นให้ใส่ชื่อของสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหานั้นขึ้นมา ระดับของปัญหาสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีกถ้าปัญหานั้นยังมีสาเหตุที่เป็นองค์ประกอบย่อยลงไปอีก โดยทั่วไปมักจะมีการแบ่งระดับของสาเหตุย่อยลงไปมากที่สุด 4-5 ระดับ เมื่อมีข้อมูลในแผนภูมิที่สมบูรณ์แล้ว จะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมดที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2 แผนผังสาเหตุและผล

2.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ

[4]การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design) เป็นการทดลองในกรณีที่มีปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ซึ่งระดับในที่นี้อาจแทนด้วย“ระดับของปริมาณ (Quantity Level)” เช่น อุณหภูมิ ความดัน และเวลา หรือ“ระดับของ คุณภาพ (Qualitative Level)” เช่น เครื่องจักร คน การแบ่งระดับของปัจจัยอาจแบ่งออกเป็นระดับสูง (High) และต่ำ (Low) ของปัจจัยนั้นๆ การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2 คือ กรณีที่มีปัจจัยทั้งหมด 2 ปัจจัย คือปัจจัย A และ B ในแต่ละปัจจัยประกอบไปด้วย 2 ระดับ คือระดับต่ำและระดับสูง การออกแบบการทดลองวิธีนี้จะประกอบไปด้วยวิธีการปฏิบัติ 4 แบบ โดยจะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์มาตรฐานที่เรียกว่า Treatment Combination หมายถึงผลรวมทุกๆครั้งของการทดลองที่วิธีการปฏิบัตินั้น สัญลักษณ์มาตรฐานในกรณีที่วิธีการปฏิบัติกำหนดปัจจัยใดๆอยู่ในระดับสูง แทนด้วยตัวอักษรเล็กของปัจจัยนั้น เมื่อกำหนดปัจจัยใดๆอยู่ในระดับต่ำ จะไม่มีการแสดงเป็นตัวอักษรสัญลักษณ์ของผลรวมข้อมูลในแต่ละวิธีการปฏิบัติ

Poster

ตารางที่ 1 ตารางแสดงสัญลักษณ์ของผลรวมข้อมูลในแต่ละวิธีการปฏิบัติ

Factor		Treatment Combination
A	B	
Low	Low	(1)
High	Low	a
Low	High	b
High	High	ab

2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

[5]ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร 1 กลุ่ม และ 2 กลุ่ม ตัวสถิติ ทดสอบที่ใช้คือ Z หรือ T โดยการเลือกใช้สถิติทดสอบใดขึ้นอยู่กับว่าทราบความแปรปรวนของข้อมูลในประชากรนั้นหรือไม่ ตัวอย่างมีขนาดใหญ่หรือเล็ก แต่ในกรณีที่ทำการศึกษาประชากรมากกว่า 2 กลุ่ม และต้องการทดสอบสมมติฐานว่าค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละกลุ่มนั้นแตกต่างกันหรือไม่จะต้องทดสอบสมมติฐานทีละคู่ เช่น ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ ประชากร 3 กลุ่ม จะต้องทำการทดสอบสมมติฐานทีละคู่ ซึ่งจะทำให้เสียเวลาในการทดสอบสมมติฐานที่ซ้ำซ้อนเป็นอย่างมาก และประการสำคัญคือเป็นการทำค่าระดับนัยสำคัญ มีค่ามากเกินไป ดังนั้นจึงมีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกรณีประชากรมากกว่า 2 กลุ่ม (k กลุ่ม) โดยทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว เช่นกรณีประชากร 3 กลุ่ม สมมติฐานเชิงสถิติเป็นดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$ อย่างน้อย 1 คู่

ถ้าผลการทดสอบสมมติฐานปฏิเสธ H_0 หมายความว่า มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่มีค่าแตกต่างกันซึ่งอาจจะเป็น $\mu 1 \neq \mu 2$ หรือ $\mu 1 \neq \mu 3$ หรือ $\mu 2 \neq \mu 3$ หรือ $\mu 1 \neq \mu 2 \neq \mu 3$ ก็ได้ซึ่งการทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มใดไม่เท่ากันนั้นเรียกว่า การเปรียบเทียบเชิงพหุ(Multiple Comparison)

2.4 การทดสอบสมมติฐาน

[6]การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) เป็นส่วนหนึ่งของสถิติเชิงอนุมาน (Statistical Inference) ซึ่งเป็นการทดสอบเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า โดยสุ่มตัวอย่างจากประชากรแล้วอาศัยการแจกแจงของตัวสถิติ สร้างสถิติทดสอบเกี่ยวกับพารามิเตอร์นั้นๆ โดยสมมติฐานที่จะทดสอบ เรียกว่า สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ซึ่งเขียนแทนด้วย H_0 สมมติฐานที่แย้งกับสมมติฐานหลักและนำมาพิจารณาในการทดสอบด้วย เรียกว่า สมมติฐานแย้ง หรือสมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis) เขียนแทนด้วย H_1 และบริเวณยอมรับ (Acceptance region) คือ บริเวณที่ทำให้เกิดการยอมรับ H_0 ส่วนบริเวณปฏิเสธ (Rejection region) หรือบริเวณวิกฤต (Critical region) คือบริเวณที่ทำให้เกิดการปฏิเสธ H_0 ซึ่งผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากสมมติฐานที่จะทดสอบ (H_0) เป็นความเชื่อ หรือคำยืนยันเกี่ยวกับลักษณะของประชากรซึ่งยังไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นจริงหรือเท็จ จนกว่าจะทำการพิสูจน์โดยเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ตามลักษณะของประชากรที่ต้องการพิสูจน์นั้น ซึ่งบางครั้งการเก็บรวมรวมข้อมูลทั้งหมดจากประชากรเป็นสิ่งที่ทำได้ยากเพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายและเวลามาก จึงทำได้เพียงการสำรวจจากตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบเท่านั้น

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุญชัย แซ่สิ้ว และ ณัฐธยาน์ โสกุล [7] ได้ทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ เพื่อลดของเสียจากกระบวนการบรรจุที่เกิดจากอาการซองรั่ว จากผลการทดลองทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ คือ ความเร็ว อุณหภูมิ แรงกด และเวลาในการซีล

การุณ เทพทวี และ ธีรเดช วุฒิพรพันธ์ [8] วิเคราะห์หาปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับปรุงค่าการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์ พบว่าสามารถทำความเย็นเพิ่มขึ้น 140 วัตต์ หรือเพิ่มขึ้นจากเดิม 1,220 วัตต์ เป็น 1,360 วัตต์

จากการที่กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น ทำให้ทราบถึงการนำหลักการออกแบบการทดลอง 2^k Factorial Design มาใช้ในกรณีหาปัจจัยทีมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

การกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานรวมไปถึงการกำหนดรูปแบบการทดลอง กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการรวมข้อมูลต่างๆเพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาหรือแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) แล้วตัดสินใจในการเลือกปัจจัยเพื่อนำมาออกแบบการทดลอง กลุ่มผู้วิจัยได้กำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย 3 ปัจจัย ดังนี้ 1)ขนาดความยาวของท่อน้ำตัวเผาไฟ (Pipe length) ระดับต่ำสุด คือ 200 เซนติเมตร ระดับสูงสุด คือ 450 เซนติเมตร 2)ระดับมุมองศาของวาล์วปล่อยน้ำ (Valve Level) ระดับต่ำสุดคือ 30° ระดับสูงสุดคือ 40° 3)รูปแบบของท่อส่งความร้อน (Pipe Length) ซึ่งมีแค่ 2 ระดับ ก็คือ แบบตันและแบบกลวง จึงกำหนดให้แบบท่อตันเป็นระดับต่ำสุดและแบบกลวงเป็นระดับสูงสุด

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการกำหนดปัจจัยในการทดลองกระบวนการผลิตไอน้ำของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ดในสภาวะต่างๆแล้ว จึงนำมาทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยการทดลองทั้งหมด 8 รูปแบบการทดลอง และทำซ้ำรูปแบบการทดลองละ 3 ครั้ง รวมทั้งสิ้นเป็น 24 การทดลอง จนครบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว กลุ่มผู้วิจัยได้นำผลการทดลองที่ได้บันทึกในตารางที่ 2 เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

Poster

4.1 ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกผลการทดลอง

Run Order	Pipe Length (cm)	Fier pipe pattern	Valve Level (°)	Result (min)
1	450	-1	30	18
2	450	1	30	14
3	450	1	40	27
4	450	1	40	28
5	450	1	30	15
6	450	-1	30	20
7	450	-1	40	45
8	200	-1	40	85
9	200	-1	30	68
10	200	1	30	36
11	200	-1	40	86
12	200	-1	30	66
13	200	1	30	35
14	450	1	30	15
15	450	-1	30	19
16	200	-1	30	68
17	200	1	40	51
18	450	1	40	30
19	200	-1	40	88
20	200	1	30	33
21	200	1	40	49
22	200	1	40	52
23	450	-1	40	45
24	450	-1	40	42

เมื่อ (°) คือ หน่วยองศาของวาล์วปล่อยน้ำ

Pipe Length คือขนาดความยาวของท่อน้ำตัวเผาไฟ

Fier pipe pattern คือ รูปแบบของท่อส่งความร้อน

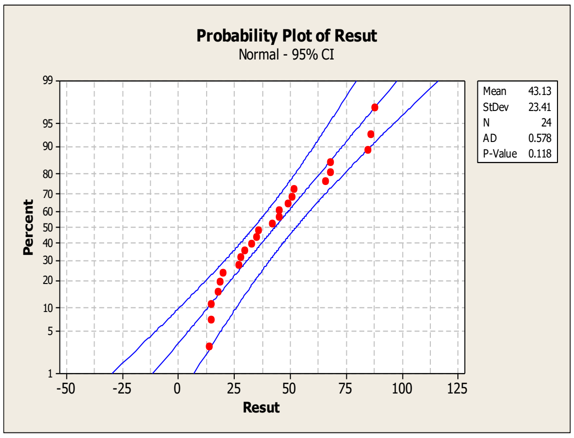
โดย -1 แทน รูปแบบท่อตัน

1 แทน รูปแบบท่อกลวง

Vale Level คือ ระดับมุมองศาของวาล์วปล่อยน้ำ

4.2 การตรวจสอบการกระจายตัวของส่วนตกค้าง

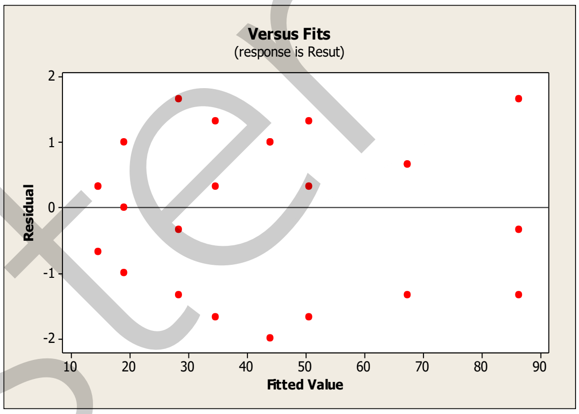
จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ทำให้กลุ่มผู้วิจัยทราบว่า ก่อนจะนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนจะต้องตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของข้อมูล ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การแจกแจงแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง

จากรูปที่ 3 แสดงค่าส่วนตกค้างมีลักษณะการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง โดยมีค่า P-Value อยู่ที่ 0.118 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติ

4.3 การตรวจสอบค่าความแปรปรวนของส่วนตกค้าง



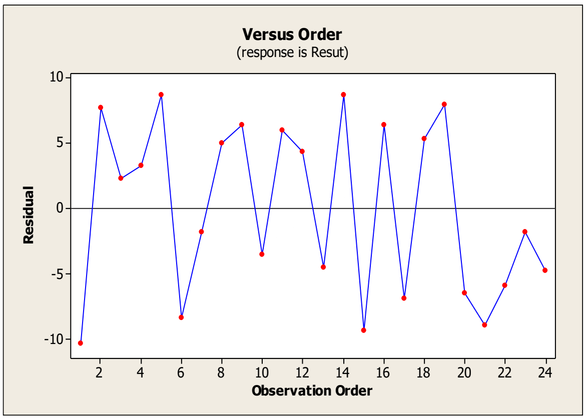
รูปที่ 4 ค่าความแปรปรวนของส่วนตกค้าง

จากรูปที่ 4 แสดงค่าส่วนตกค้างมีความเสถียรของความแปรปรวนอยู่ในระดับที่น่าพอใจ มีแนวโน้มที่มีการกระจายตัวแบบสุ่ม และไม่มีรูปแบบที่ลักษณะผิดปกติ จึงสามารถอนุมานได้ว่า ค่าความแปรปรวนของการทดลองมีความคงที่

4.4 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล เป็นอีกหนึ่งขั้นตอนที่จะนำไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ร่วมกับลำดับการทดลองจะได้ผลออกมาดังรูปที่ 5

Poster

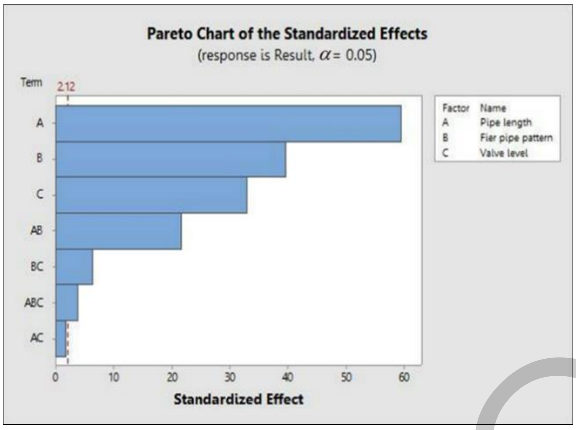


รูปที่ 5 การทดสอบความเป็นอิสระของส่วนตกค้าง

จากรูปที่ 5 แสดงการกระจายตัวค่าส่วนตกค้างเทียบกับลำดับการทดลองไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้ม จึงอนุมานได้ว่า การทดลองเป็นอิสระต่อกัน

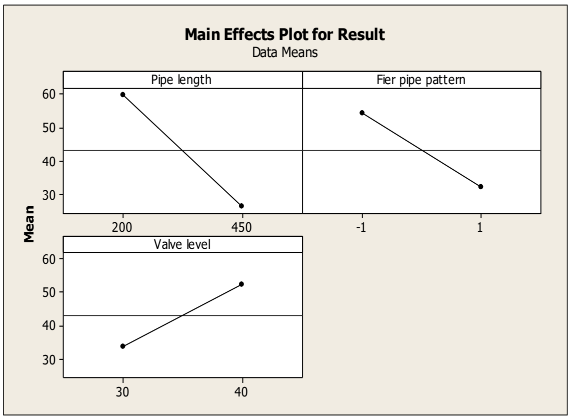
4.5 ผลการดำเนินงานวิจัย

วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไอน้ำของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด



รูปที่ 6 อิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดไอน้ำ

จากรูปที่ 6 แสดงอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดไอน้ำของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด โดยจากกราฟ พบว่า ปัจจัยในด้านขนาดความยาวของท่อน้ำตัวเผาไฟ Pipe length (A) มีผลมากที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัยในด้านรูปแบบของท่อส่งความร้อน (Fier pipe pattern) (B) และรองลงมาคือปัจจัยในด้านระดับมุมองศาของวาล์วปล่อยน้ำ (Valve level) (C) ที่ส่งผลต่อการเกิดไอน้ำน้อยที่สุด แต่เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง ปัจจัยในด้านขนาดความยาวของท่อน้ำตัวเผาไฟ (Pipe length) (A) และปัจจัยในด้านระดับมุมองศาของวาล์วปล่อยน้ำ (Valve level) (B) ไม่มีผลต่อการเกิดไอน้ำของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด



รูปที่ 7 กราฟปัจจัยหลักของการเกิดไอน้ำ

จากรูปที่ 7 แสดงปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดไอน้ำของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด พบว่า ปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัยล้วนส่งผลกระทบต่อการเกิดไอน้ำของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด

4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA)

ในวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่กลุ่มผู้วิจัยได้กำหนดไว้ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของงานวิจัยฉบับนี้ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 3

Factorail Fit : Resut versus Pipe length , Fier pipe pattern , Valve level					
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		43.13	0.2795	154.29	0.000
Pipe length	-33.25	-16.63	0.2795	-59.48	0.000
Fier pipe pattern	-22.08	-11.04	0.2795	-39.5	0.000
Valve level	18.42	9.12	0.2795	32.94	0.000
S = 1.36931	PRESS = 67.5				
R-Sq = 99.76 %	R-Sq (pred) = 99.46 %		R-Sq (adj) = 99.66 %		

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 3 พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (α = 0.05) หากพิจารณาปัจจัยหลัก (Main Effect) ทั้ง 3 ปัจจัยประกอบด้วย ขนาดความยาวของท่อน้ำตัวเผาไฟ (Pipe length) ระดับมุมองศาของวาล์วปล่อยน้ำ (Valve level) รูปแบบของท่อส่งความร้อน (Fier pipe pattern) พบว่า ทั้ง 3 ปัจจัยมีค่า P-Value = 0.000 เท่ากัน จึงสามารถสรุปได้ว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก และยอมรับสมมติฐานรอง ทั้ง 3 ข้อ คือ ขนาดความยาวของท่อน้ำตัวเผาไฟ ระดับมุมองศาของวาล์วปล่อยน้ำ และรูปแบบของท่อส่งความร้อน มีผลต่อการเกิดปริมาณและความร้อนของไอน้ำในโรงเรือนอบก้อนเชื้อเห็ด และเมื่อพิจารณาค่า R-Sq (adj) จะพบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นมีความเชื่อมั่น 99.66 เปอร์เซ็นต์

4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

จากการทดลองและทำการวิเคราะห์จนนำไปสู่การปรับปรุงรูปแบบของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ดตามปัจจัยที่ได้ทำการทดลองและวิเคราะห์ผล พบว่า จากเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด(ต้นแบบ) ใช้เวลาในการผลิตไอน้ำเฉลี่ย 82 นาที หลังการปรับรูปแบบของเครื่องใช้เวลาในการผลิตไอน้ำเฉลี่ยเพียง 15 นาที ดังตารางที่ 4

Poster

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ดก่อนและหลังการปรับปรุง

ทดลองครั้งที่	ก่อนการปรับปรุง (นาที)	หลังการปรับปรุง (นาที)	เวลาส่วนต่าง (นาที)
1	83	14	69
2	83	15	68
3	80	15	65
เฉลี่ย	82	14.6 = 15	67.33 = 67

จากตารางที่ 4 แสดงเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ดก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า เครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ดหลังจากการปรับปรุงสามารถลดระยะเวลาเวลาในการผลิตไอน้ำได้ถึง 67 นาที

5. สรุป

จาการที่กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขั้นตอนในการทำงานของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด แล้ววิเคราะห์สาเหตุด้วยแผนผังสาเหตุและผล โดยใช้การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียล 2 ระดับ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด(ต้นแบบ) ใช้เวลาในการผลิตไอน้ำ 82 นาที หลังจากที่ปรับรูปแบบของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด สามารถลดเวลาในการผลิตไอน้ำเหลือ 15 นาที จากการปรับรูปแบบของเครื่องอบไอน้ำก้อนเชื้อเห็ด สามารถลดเวลาได้ถึง 67 นาที

เอกสารอ้างอิง

[1] ชาญยุทธ์ ภาณุทัต. เอกสารประกอบบรรยายพิเศษแนวทางการพัฒนาการวิจัยด้านเห็ด. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2561.

[2] โสภา แคนสี. การถ่ายทอดเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประหยัดพลังงาน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2555.

[3][6] ร่มไทร อระวีพร. การลดของเสียในกระบวนการผลิตแผงทำความร้อน กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2553.

[4] ปารเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2545.

[5] กำชัย ไทยไชยนต์. ปรับปรุงคุณภาพการฉีดพลาสติกโดยวิธีการของทากูชิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2552.

[7] บุญชัย แซ่สิ้ว และ ณัฐธยาน์ โสกุล. การลดของเสียในขั้นตอนกระบวนการบรรจุโดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา: บริษัทผลิตขนมขบเคี้ยว. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 2559.

[8] การุณ เทพทวี และ ธีรเดช วุฒิพรพันธ์. การปรับปรุงค่าการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบโดยการใช้วิธีการออกแบบการทดลอง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2556.

ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ-สกุล : ธนกร ชัยณรงค์
วันเดือนปีเกิด : 11 สิงหาคม 2540
ที่อยู่ปัจจุบัน : 94 ม.3 ต.ลำดวน อ.กระสัง จ.บุรีรัมย์ 31160
เบอร์โทรศัพท์ : 094-289-6427
อีเมล : St18297@krasang.ac.th
ประวัติการศึกษา :
พ.ศ. 2561 วท.บ. (เทคโนโลยีวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
งานวิจัยที่สนใจ : Supply Chain and Logistics, Work Study, Plant Layout

Poster

การเปรียบเทียบรูปแบบการพยากรณ์เบี้ยประกันชีวิตรายใหม่ประเภทสามัญ ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์–วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

THE COMPARISON OF FORECASTING MODELS FOR FIRST YEAR PREMIUM OF ORDINARY PRODUCTS BY HOLT-WINTERS EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD AND BOX-JENKINS METHOD

นฤดล พิทักษ์วิทยกูล[1*]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] naruedol.ph@gmail.com
และ สมศรี บัณฑิตวิไล[2]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [2] somsri.ba@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาตัวแบบสำหรับการพยากรณ์เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญโดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.) ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวนทั้งสิ้น 192 ค่า ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ดังนี้ ชุดที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยใช้เกณฑ์ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) ในการเลือกตัวแบบ ส่วนชุดที่ 2 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 สำหรับการวัดประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) เพื่อแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบพยากรณ์ที่ได้จากวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์เป็นวิธีที่มีเหมาะสมและมีความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งให้ค่า RMSE ต่ำสุด เมื่อใช้ตัวแบบพยากรณ์ที่ได้จากวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์พยากรณ์เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญจะได้ MAPE เท่ากับ 15.55%

คำสำคัญ: เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญ, วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์, วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

Abstract

The objective of this research was to study forecasting models for the life insurance first year premium of ordinary product. The premium data was gathered from the Office of Insurance Commission (OIC) during January, 2003 to December 2018 of 192 values were used and divided into 2 sets. The first set of data from January, 2003 to December, 2017 was applied for constructing forecasting models by Holt-Winters Exponential Smoothing method (HWS) and Box-Jenkins method and employed Root Mean Square Error (RMSE) as the criteria for model selection. The second set of data from January, 2018 to December, 2018 was used to measure the performance of forecasting model by using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) to show the percentage error between real data and forecast value. The result showed that the forecasting model by Holt-Winters Exponential Smoothing method was the appropriate method and had the highest forecasting accuracy which gave the minimum RMSE and MAPE was 15.55% when employing this method to forecast the life insurance first year premium of ordinary product.

Keywords: Insurance first year premium of ordinary product, Holt-Winters Exponential Smoothing method, Box-Jenkins method

Poster

* ผู้รับผิดชอบบทความ : E-mail: naruedol.ph@gmail.com
[1] ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. บทนำ

สำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.) ให้นิยามการประกันชีวิตไว้ว่า เป็นวิธีการที่บุคคลกลุ่มหนึ่งร่วมกันเฉลี่ยภัยอันเนื่องจากการตาย การสูญเสียอวัยวะ ทุพพลภาพ และการสูญเสียรายได้ในยามชรา โดยที่เมื่อบุคคลใดต้องประสบกับภัยเหล่านั้น ก็ได้รับเงินเฉลี่ยช่วยเหลือเพื่อบรรเทาความเดือดร้อนแก่ตนเองและครอบครัว โดยบริษัทประกันชีวิตจะทำหน้าที่เป็นแกนกลางในการนำเงินก้อนดังกล่าวไปจ่าย ให้แก่ผู้ได้รับภัย โดยการประกันชีวิต แยกออกได้เป็น 3 ประเภทคือ ประเภทสามัญ เป็นการประกันชีวิตที่มีจำนวนเงินเอาประกันภัยค่อนข้างสูง ตั้งแต่ 50,000 บาทขึ้นไป เหมาะสำหรับผู้ที่มีรายได้ปานกลางขึ้นไป ในการพิจารณารับประกันชีวิตอาจจะมีการตรวจสุขภาพหรือไม่ตรวจสุขภาพ ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของบริษัท และมีการชำระเบี้ยประกันภัยเป็นรายปี, ราย 6 เดือน, ราย 3 เดือน หรือรายเดือน ประเภทอุตสาหกรรม เป็นการประกันชีวิตที่มีจำนวนเงินเอาประกันภัยต่ำ โดยทั่วไปตั้งแต่ 10,000 - 30,000 บาท เหมาะสำหรับผู้ที่มีรายได้ปานกลางถึงรายได้ต่ำ การชำระเบี้ยประกันภัยจะชำระเป็นรายเดือน และไม่มีการตรวจสุขภาพ และประเภทกลุ่ม เป็นการประกันชีวิตที่กรมธรรม์หนึ่งจะมีผู้เอาประกันชีวิตร่วมกันตั้งแต่ 5 คนขึ้นไป ส่วนมากจะเป็นกลุ่มของพนักงานบริษัท ในการพิจารณารับประกันอาจจะมีการตรวจสุขภาพหรือไม่ตรวจก็ได้ ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของบริษัท [1]

เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ (First year premium) คือจำนวนเงินที่ผู้เอาประกันชีวิตต้องจ่ายให้กับบริษัทประกันชีวิตในปีแรกเพื่อซื้อความคุ้มครองที่จะได้รับจากประกันชีวิต [2]

การประกันชีวิตเป็นเครื่องมือสำคัญในการบริการความเสี่ยงภัยทางการเงินสำหรับผู้ที่ต้องการเตรียมความพร้อมรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินที่ไม่อาจคาดการณ์ได้ และเกษียณอายุที่จะเกิดขึ้นในอนาคต [3] นอกจากนี้ ยังมีประโยชน์ด้านอื่นๆ อีกมาก ทั้งในเรื่องของการออมเงินอย่างมีวินัยและต่อเนื่อง เพราะแบบประกันชีวิตส่วนใหญ่เป็นแบบประกันที่มีสัญญาผูกพันระยะยาว จะช่วยให้ผู้เอาประกันภัยสามารถนำเงินนี้ไปใช้ได้ตามความต้องการในอนาคต ทั้งเป็นเงินทุนการศึกษาของบุตร เป็นเงินไว้ใช้ยามชรา เป็นหลักประกันให้แก่ชีวิตตนเองและครอบครัว ช่วยให้ผู้เอาประกันภัยมีความรู้สึกมั่นคงปลอดภัยมากขึ้น นอกจากนี้ประกันชีวิตสามารถนำมาลดหย่อนภาษีได้สำหรับกรมธรรม์ประกันชีวิตที่มีระยะเวลาเอาประกันภัยตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป

การประกันชีวิตจึงมีบทบาทโดยตรงต่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของประชาชน ในแง่การวางแผนทางการเงินเพื่อสร้างความมั่นคงให้กับตัวเองไม่ให้เป็นภาระกับผู้อื่น และยังมีส่วนช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจเนื่องจากเป็นแหล่งระดมเงินทุนระยะยาวในรูปของเบี้ยประกันชีวิตที่บริษัทสามารถนำไปลงทุนเพื่อแสวงหาผลกำไรตามที่กฎหมายกำหนด ซึ่งส่วนใหญ่ก็คือพันธบัตรรัฐบาล ก่อให้เกิดเงินหมุนเวียนในระบบเศรษฐกิจ ทำให้เศรษฐกิจในภาพรวมขยายตัว [3] การพยากรณ์จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ในการช่วยบริษัทประกันชีวิตในการคาดคะเน หรือทำนายแนวโน้มการเติบโตของเบี้ยประกันชีวิตในอนาคต เพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้บริหารในการขับเคลื่อนธุรกิจให้ดำเนินการต่อไปได้ อีกทั้งยังเป็นแหล่งข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อสมาคมประกันชีวิต และสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.) ในการประมาณการเบี้ยประกันชีวิตที่เหมาะสมที่ประชาชนคนไทยควรมี เพื่อวางแผนต่อยอดการสื่อสารแนะนำ และส่งเสริมให้ความรู้เรื่องประโยชน์ของการมีประกันชีวิตให้คนไทยทั่วประเทศทราบ เมื่อคนไทยมีความรู้ความเข้าใจเรื่องประกันชีวิตมากขึ้น จะเกิดความต้องการมีประกันชีวิตตามมา และเบี้ยประกันชีวิตรายใหม่ที่เพิ่มมานั้นจะส่งผลให้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจระดับประเทศ

ในปัจจุบันเทคนิคที่นิยมใช้ในการพยากรณ์ คือการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติที่นำข้อมูลในอดีตที่เก็บรวบรวมตามลำดับเวลาอย่างต่อเนื่อง มาศึกษาหารูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยการสร้างสมการเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการพยากรณ์ในอนาคต วิธีที่ใช้ในการพยากรณ์มีหลายวิธี โดยแต่ละวิธีก็มีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันไป [4] งานวิจัยนี้ จึงศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลา 2 วิธี คือ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์เจนกินส์ เพื่อหาตัวแบบพยากรณ์เบี้ยประกันชีวิตประเภทสามัญ เนื่องจากเป็นแบบประกันที่ได้รับความนิยมในตลาดสูง โดยคิดเป็น จำนวนกรมธรรม์ประเภทสามัญต่อจำนวนกรมธรรม์ในประเทศทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 79.76 [5] และใช้เกณฑ์ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังเฉลี่ยในการเลือกตัวแบบ เนื่องจากเป็นเกณฑ์ที่ไวต่อค่าคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่ ทำให้ได้ตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนขนาดเล็ก แต่เนื่องจากค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังเฉลี่ยไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ในรูปร้อยละ ผู้วิจัยจึงใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์มาใช้ในการบอกความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ในรูปของเปอร์เซ็นต์

2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ธัญชนก ศรีบุญเรือง [6] ศึกษาการพยากรณ์ยอดขายสินค้าประกันอุบัติเหตุหมู่ โดยทำการกำหนดแบบจำลองให้กับอนุกรมเวลาในรูปแบบ ARIMA โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลอง AR(1) MA(2) MA(4) มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการพยากรณ์ยอดขายประกันอุบัติเหตุหมู่ เนื่องจากมีค่า Root Mean Squared Error ต่ำที่สุด

ประภัสสร คำสวัสดิ์ [7] ศึกษาการเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณรถยนต์จดทะเบียนใหม่ในจังหวัดชลบุรีระหว่าง วิธีอารีมา กับวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล โดยใช้เกณฑ์รากที่สองของค่าเฉลี่ยค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง พบว่าวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลรูปแบบบวก มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากกว่าวิธีอาริมา

Poster

บุญฤทธิ์ ชูประดิษฐ์ [8] ศึกษาเพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาปริมาณการส่งออกมะม่วงของประเทศไทย โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์เปรียบเทียบกัน 3 วิธีได้แก่ วิธีแยกองค์ประกอบ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยใช้เกณฑ์ค่าร้อยละค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยและเกณฑ์รากที่สองของค่าเฉลี่ยค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง พบว่าวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุด

G A N Pongdatu และ Y H Putra [9] ศึกษาการพยากรณ์ยอดขายเสื้อผ้าในร้านค้าปลีกโดยการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธี SARIMA และวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ จากการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระยะสั้น พบว่าวิธีการที่ดีที่สุดคือ SARIMA เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์น้อยที่สุด

พงษ์ศิริ ศิริพานิช [10] ทำการพยากรณ์อนุกรมเวลาราคาหุ้นของ PTT และ BBL ในตลาดหลักทรัพย์ ด้วยตัวแบบ ARIMA Artificial Neural Network : ANN และตัวแบบผสมระหว่าง ARIMA และ ANN พบว่าการพยากรณ์ราคาหุ้น ของ PTT ตัวแบบผสมระหว่าง ARIMA และ ANN สามารถให้ค่าพยากรณ์ระยะสั้นได้ถูกต้องที่สุด แต่สำหรับการพยากรณ์ระยะยาว ตัวแบบ ANN ได้ค่าพยากรณ์ถูกต้องที่สุด แต่การพยากรณ์หุ้นของ BBL พบว่าตัวแบบ ANN ให้ค่าพยากรณ์ได้ถูกต้องมากที่สุดทั้งระยะยาวและระยะสั้น

ดาว สงวนรังศิริกุล และคณะ [11] ทำการศึกษาเพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ประชากรที่เป็นโรคเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาในกรุงเทพมหานคร ในการศึกษาได้นำเทคนิคการพยากรณ์มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งประกอบด้วย วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (Simple Exponential Smoothing method) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins method) วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม (Ratio-To-Trend method) และวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing method) พบว่าสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มและฤดูกาล วิธีที่เหมาะสมที่สุดคือ วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย ส่วนข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและฤดูกาล วิธีที่เหมาะสมที่สุด คือ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์

จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมและให้ผลพยากรณ์ที่ถูกต้องและแม่นยำ และเนื่องจากข้อมูลเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญมีการเคลื่อนไหวทั้งจากแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล ผู้วิจัยจึงนำวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ มาเพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) เป็นเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ ส่วนค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ใช้เพื่อแสดงเปอร์เซ็นต์ของความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 การเก็บรวบรามข้อมูล

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลสถิติเบี้ยประกันภัยของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนจากการรวบรวมโดยสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย(คปภ.) โดยเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวนทั้งสิ้น 192 ค่า โดยผู้วิจัยแบ่งข้อมูลดังกล่าวออกเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 คือ เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 180 ค่า เพื่อใช้สำหรับหาตัวแบบพยากรณ์ของแต่ละวิธี ด้วยโปรแกรม Excel และโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 17 และข้อมูลชุดที่ 2 คือเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวน 12 ค่า เพื่อใช้สำหรับวัดความถูกต้องของค่าพยากรณ์

3.2 การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์–วินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing method: HWS)

วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวทั้งจากแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล รูปแบบอาจจะเป็นรูปแบบบวกหรือรูปแบบคูณ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์มีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ α เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม $\hat{T}_t(t)$ γ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับความชัน $\hat{\beta}_1(t)$ และ δ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับอิทธิพลของฤดูกาล $\hat{S}_i(t)$ [12]

$\hat{T}_t(t)$ = ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t

$\hat{\beta}_1(t)$ = ค่าความชัน ณ เวลา t

$\hat{S}_i(t)$ = ค่าดัชนีฤดูกาลที่ i ณ เวลา t

3.2.1 วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก มีตัวแบบแสดงดังสมการที่ (1) และมีตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการที่ (2)

$$Y_t = (\beta_0 + \beta_1 t) + S_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\hat{Y}_{t+p}(t) = \left(\hat{T}_t(t) + p\hat{\beta}_1(t)\right) + \hat{S}_{t+p}(t) \quad (2)$$

สำหรับ $p = 1, 2, \ldots$

โดยที่
$$\hat{T}_t(t) = \hat{T}_t(t-1) + \alpha e_t \quad (3)$$

$$\hat{\beta}_1(t) = \hat{\beta}_1(t-1) + \alpha\gamma e_t \quad (4)$$

$$\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \delta(1-\alpha)e_t & \text{ถ้า } t \text{ อยู่ในฤดูที่ } i \\ \hat{S}_i(t-1) & \text{ถ้า } t \text{ ไม่อยู่ในฤดูที่ } i \end{cases} \quad (5)$$

Poster

3.2.2 วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ มีตัวแบบแสดงดังสมการที่ (6) และมีตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการที่ (7)

$$Y_t = (\beta_0 + \beta_1 t)S_t\varepsilon_t \tag{6}$$

$$\hat{Y}_{t+p}(t) = \left(\hat{T}_t(t) + p\hat{\beta}_1(t)\right)\hat{S}_{t+p}(t) \tag{7}$$

สำหรับ $p = 1,2,...$

โดยที่

$$\hat{T}_t(t) = \hat{T}_t(t-1) + \frac{\alpha e_t}{\hat{S}_t(t-1)} \tag{8}$$

$$\hat{\beta}_1(t) = \hat{\beta}_1(t-1) + \frac{\alpha\gamma e_t}{\hat{S}_t(t-1)} \tag{9}$$

$$\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \dfrac{\delta(1-\alpha)e_t}{\hat{T}_t(t)} & \text{ถ้า } t \text{ อยู่ในฤดูที่ } i \\ \hat{S}_i(t-1) & \text{ถ้า } t \text{ ไม่อยู่ในฤดูที่ } i \end{cases} \tag{10}$$

การสร้างสมการพยากรณ์ต้องทำการกำหนดค่าเริ่มต้นของค่า $\hat{T}_t(t)$, $\hat{\beta}_1(t)$ และ $\hat{S}_i(t)$ และกำหนดค่าปรับให้เรียบ α , γ และ δ ที่เหมาะสมที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด

งานวิจัยนี้นำข้อมูลเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 180 ค่า เดือน ไปหาสมการเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นของ ค่า $\hat{T}_t(t)$, $\hat{\beta}_1(t)$ และ $\hat{S}_i(t)$ จากนั้นผู้วิจัยใช้โมดูล Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel ในการปรับค่าพารามิเตอร์ α , γ และ δ ที่เหมาะสมโดยทำให้ตัวแบบพยากรณ์มีค่า RMSE ต่ำที่สุด แล้วนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ไปพยากรณ์เพื่อวัดประสิทธิภาพของตัวแบบกับข้อมูลชุดที่ 2

3.3 การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

การกำหนดตัวแบบพยาการณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สามารถทำได้โดยการตรวจสอบความคงที่ของอนุกรมเวลา (Stationary Time Series) ว่าอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ย $E(Y_t)$ และค่าความแปรปรวน $V(Y_t)$ คงที่หรือไม่ หากพบว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้ม จะทำการแปลงอนุกรมเวลาให้มีความคงที่โดยการหาผลต่าง (Regular Difference) d ครั้ง ทำให้อนุกรมเวลาใหม่ที่มีความคงที่ เขียนได้ดังสมการ $Z_t = \nabla^d Y_t$ หากอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาล จะทำการหาผลต่างฤดูกาล D ครั้ง เขียนได้ดังสมการ $Z_t = \nabla_L^D Y_t$ และหากอนุกรมเวลามีค่าความแปรปรวนไม่คงที่ ก็จะทำการแปลงโดยการ take log ให้อนุกรมเวลามีความแปรปรวนคงที่

เมื่ออนุกรมเวลามีความคงที่แล้ว จึงทำการพิจารณาตัวแบบพยากรณ์จากกราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตนเอง (Autocorrelation Function : ACF) และค่าสหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function : PACF) และประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ [13]

$$\phi_p(B)\phi_p(B^L)\,Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)\theta_Q(B^L)\varepsilon_t \tag{11}$$

เมื่อ $\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - ... - \phi_p B^p)$

$\phi_P(B^L) = (1 - \phi_{1L}B^L - \phi_{2L}B^{2L} - ... - \phi_{PL}B^{PL})$

$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - ... - \theta_q B^q)$

$\theta_Q(B^L) = (1 - \theta_{1L}B^L - \theta_{2L}B^{2L} - ... - \theta_{QL}B^{QL})$

เมื่อ Y_t เป็นค่าสังเกตของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

ซึ่ง $Z_t = (1 - B^L)^D(1 - B)^d Y_t$

Z_t เป็นอนุกรมเวลาที่แปลงให้มีความคงที่แล้ว

B เป็นค่า Backward shift operator

θ_0 เป็นค่าคงที่ของพารามิเตอร์

ϕ_i เป็นค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเอง ตัวที่ i โดยที่ $i = 1,2,..., p$

ϕ_{iL} เป็นค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเองในส่วนฤดูกาล ตัวที่ i โดยที่ $i = 1,2,..., \mathrm{P}$

θ_i เป็นค่าพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ตัวที่ i โดยที่ $i = 1,2,...,\mathrm{q}$

θ_{iL} เป็นค่าพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในส่วนฤดูกาล ตัวที่ i โดยที่ $i = 1,2,...,\mathrm{Q}$

ε_t เป็นค่าคลาดเคลื่อน ณ เวลา t ซึ่ง ε_t มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2 และเป็นอิสระต่อกัน

p เป็นอันดับที่ของการถดถอยในตัวเอง

P เป็นอันดับที่ของการถดถอยในตัวเองในส่วนฤดูกาล

d เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างเพื่อแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคงที่เนื่องจากแนวโน้มให้มีความคงที่

D เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างฤดูกาลเพื่อแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคงที่เนื่องจากฤดูกาลให้มีความคงที่

q เป็นอันดับที่ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

Q เป็นอันดับที่ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในส่วนฤดูกาล

L เป็นช่วงของการเกิดฤดูกาล

3.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี คือ การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ โฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณและการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และทำการตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์โดยการวัดค่าคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริง (Y_t) กับค่าพยากรณ์ $(\hat{Y}_t)$ โดยจะพิจารณาเลือกตัวแบบที่เหมาะสมจากการหาตัวแบบด้วยข้อมูลชุดที่ 1 ซึ่งจะเลือกตัวแบบที่ให้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ต่ำที่สุด จากนั้นตรวจสอบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ที่เลือกด้วยข้อมูลชุดที่ 2 เพื่อพิจารณาว่าค่าพยากรณ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกับค่าจริงมากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ค่า

Poster

คลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ซึ่งค่า RMSE และ MAPE หาได้จากสมการที่ (12) และ (13) ตามลำดับ

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} e_t^2} \quad (12)$$

$$MAPE = \frac{100}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{e_t}{Y_t}\right| \quad (13)$$

เมื่อ Y_t เป็นค่าสังเกตของอนุกรมเวลา t

n เป็นขนาดของอนุกรมเวลา

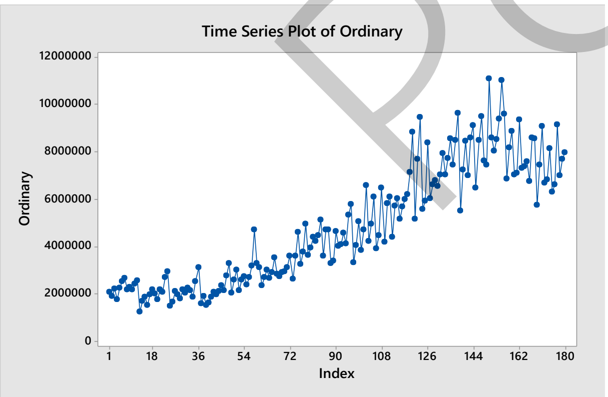
e_t เป็นค่าคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลา t

ซึ่ง $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$

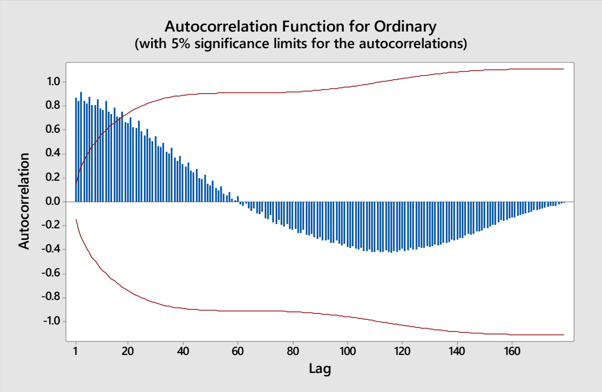
4. ผลการวิจัย

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 คือ เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวนทั้งสิ้น 180 ค่า จากรูปที่ 1 พบว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้มแต่มีอิทธิพลของฤดูกาลไม่ชัดเจน และเมื่อพิจารณารูปที่ 2 พบว่าคอเรลโลแกรม ACF ของอนุกรมเวลาเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญมีค่าลดลงอย่างช้าๆ ซึ่ง lag ที่ 3,6,9,12 มีค่าสูง จึงกำหนด L=12 และทำการทดสอบอิทธิพลของฤดูกาลโดยใช้การทดสอบของ Kruskal และ Wallis คำนวณตัวสถิติ $H = 100.93$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีช่วงวิกฤติ $H \geq \chi^2_{0.05,12-1} = 19.68$ พบว่าอนุกรมเวลาอิทธิพลของฤดูกาล

เนื่องจากอนุกรมเวลาเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญมีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล ดังนั้น วิธีปรับให้เรียบที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ คือ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์วินเทอร์ ในงานวิจัยนี้จะทำการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์วินเทอร์และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์



รูปที่ 1 กราฟแสดงการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญ



รูปที่ 2 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญ

4.1 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์–วินเทอร์

4.1.1 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก

การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก ผู้วิจัยใช้คำสั่ง Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel ในการปรับค่าปรับน้ำหนักที่เหมาะสม ที่ทำให้ค่า RMSE ต่ำที่สุดและพบว่าค่าปรับน้ำหนักที่เหมาะสม คือ α =0.1459, γ =0.2026 และ δ =0.4676 สามารถเขียนตัวแบบพยากรณ์ได้ดังสมการที่ (14)

$$Y_{180+p} = 7,300,407.4501 - 18,089.3925p + \hat{S}_i \quad (14)$$

สำหรับ $p = 1, 2, \ldots$

ซึ่ง

$\hat{S}_1^* = -1,283,205.5656$ $\quad \hat{S}_7^* = -717,885.3055$

$\hat{S}_2^* = 108,131.5817$ $\quad \hat{S}_8^* = -429,876.6418$

$\hat{S}_3^* = 1,090,677.3236$ $\quad \hat{S}_9^* = 822,169.5110$

$\hat{S}_4^* = -744,703.3764$ $\quad \hat{S}_{10}^* = -471,756.6906$

$\hat{S}_5^* = -524,952.9493$ $\quad \hat{S}_{11}^* = 492,847.0247$

$\hat{S}_6^* = 835,198.8310$ $\quad \hat{S}_{12}^* = 823,356.2572$

4.1.2 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ

การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบ โฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ ผู้วิจัยใช้คำสั่ง Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel ในการปรับค่าปรับน้ำหนักที่เหมาะสม ที่ทำให้ค่า RMSE ต่ำที่สุดและพบว่าค่าปรับน้ำหนักที่เหมาะสม คือ α =0.2332, γ =0.1360 และ δ =0 สามารถเขียนตัวแบบพยากรณ์ได้ดังสมการที่ (15)

$$Y_{180+p} = (7,128,658.0748 - 52,618.6913p)\hat{S}_i \quad (15)$$

สำหรับ $p = 1, 2, \ldots$

Poster

ซึ่ง $\hat{S}_1^* = 0.7748$ $\hat{S}_7^* = 0.8925$

$\hat{S}_2^* = 1.0283$ $\hat{S}_8^* = 0.9412$

$\hat{S}_3^* = 1.1308$ $\hat{S}_9^* = 1.0494$

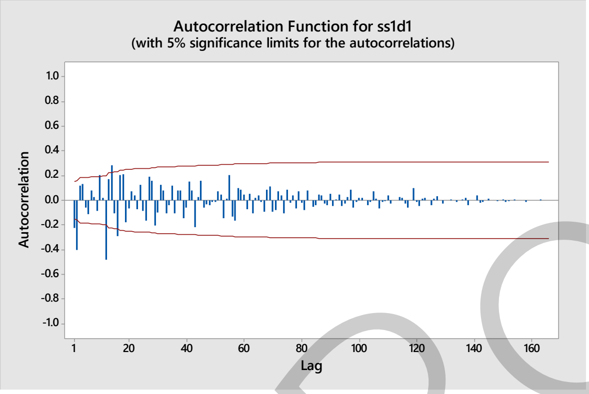
$\hat{S}_4^* = 0.8122$ $\hat{S}_{10}^* = 0.9295$

$\hat{S}_5^* = 0.9316$ $\hat{S}_{11}^* = 1.1084$

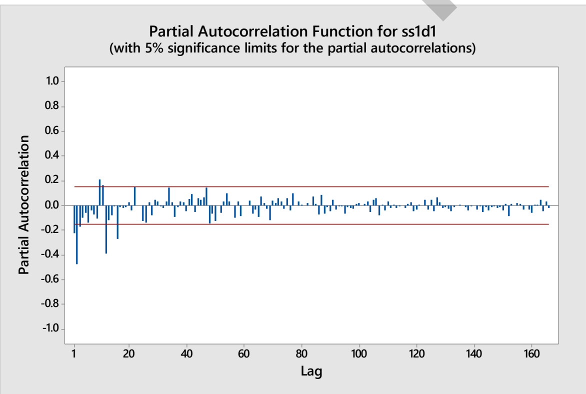
$\hat{S}_6^* = 1.1569$ $\hat{S}_{12}^* = 1.2443$

4.2 การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

การสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) พิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่1 คือเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวนทั้งสิ้น 180 ค่า ดังรูปที่ 1 พบว่าอนุกรมเวลามีความไม่คงที่ เนื่องจากมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการแปลงอนุกรมเวลาด้วยการหาผลต่าง 1 ครั้ง (d=1) และผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง เมื่อจำนวนฤดูกาลเท่ากับ 12 (D=1 และ L=12) แล้วพบว่าอนุกรมเวลามีความคงที่ จึงนำอนุกรมเวลาที่มีความคงที่แล้วมาพล็อตคอเรลโรแกรม ACF และ PACF ดังรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 3 คอเรลโรแกรม ACF ของอนุกรมเวลาเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญ เมื่อแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง (L=12)



รูปที่ 4 คอเรลโรแกรม PACF ของอนุกรมเวลาเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญ เมื่อแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่าง 1 ครั้ง และการหาผลต่างฤดูกาลอีก 1 ครั้ง (L=12)

โดยตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ ARIMA(0,1,3) x SARIMA$(0,1,1)_{12}$ ไม่มีพจน์ค่าคงที่ จากตารางที่ 1 เมื่อทำการทดสอบระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ และ θ_{12} มีค่าแตกต่างจาก 0 เนื่องจากมีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 และจากสถิติ Box-Ljung พบว่าค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากค่า p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ใน lag ที่ 12, 24, 36 และ 48 และเมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่ามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(0,1,3) x SARIMA$(0,1,1)_{12}$ ไม่มีพจน์ค่าคงตัว เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูล สามารถเขียนตัวแบบพยากรณ์ได้ดังสมการที่ (16)

$$\hat{Y}_t = Y_{t-1} + Y_{t-12} - Y_{t-13} - 0.5423e_{t-1} - 0.3679e_{t-2} + 0.2269e_{t-3}$$
$$-0.7677e_{t-12} + 0.4163e_{t-13} + 0.2824e_{t-14} - 0.1742e_{t-15} \quad (16)$$

เมื่อ $\hat{Y}_t$ เป็นค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

Y_{t-i} เป็นค่าสังเกตของอนุกรมเวลา ณ เวลา $t-i$

e_{t-i} เป็นค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากร์ ณ เวลา $t-i$

ตารางที่ 1 การประมาณค่าพารามิเตอร์และการทดสอบสมมติฐานของตัวแบบ ARIMA(0,1,3) x SARIMA$(0,1,1)_{12}$ ไม่มีพจน์ค่าคงตัว

```
Final Estimates of Parameters

Type        Coef  SE Coef      T      P
MA   1    0.5423   0.0782   6.94  0.000
MA   2    0.3679   0.0841   4.37  0.000
MA   3   -0.2269   0.0770  -2.94  0.004
SMA  12   0.7677   0.0569  13.50  0.000


Differencing: 1 regular, 1 seasonal of order 12
Number of observations:  Original series 180, after differencing 167
Residuals:    SS =  83716018584313 (backforecasts excluded)
              MS =  513595206039  DF = 163


Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag            12     24     36     48
Chi-Square    6.1   26.5   40.4   50.5
DF              8     20     32     44
P-Value     0.632  0.149  0.146  0.233
```

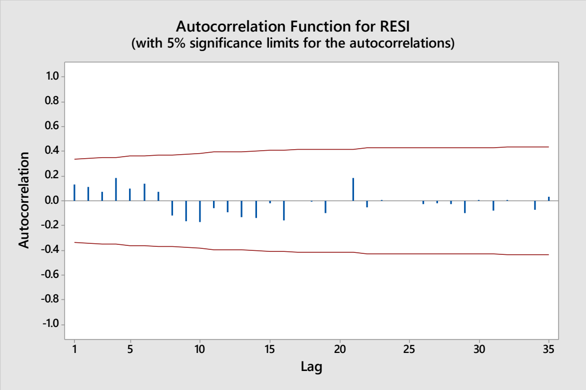
4.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ของตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ดังตารางที่ 2 พบว่าค่า RMSE เท่ากับ 685,256.80 651,879.18 และ 716,655.57 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ มีค่า RMSE ต่ำที่สุด และจากรูปที่ 5 เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของค่าคลาดเคลื่อนตัวแบบที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณจากคอเรลโรแกรม ACF พบว่าทุก lag ไม่มีค่าแตกต่างจาก 0 และจากรูปที่ 6 พบว่าค่าคลาดเคลื่อนตัวแบบที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ มีการแจกแจงแบบปกติ เนื่องจากค่า p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้น วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ เป็นตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญ

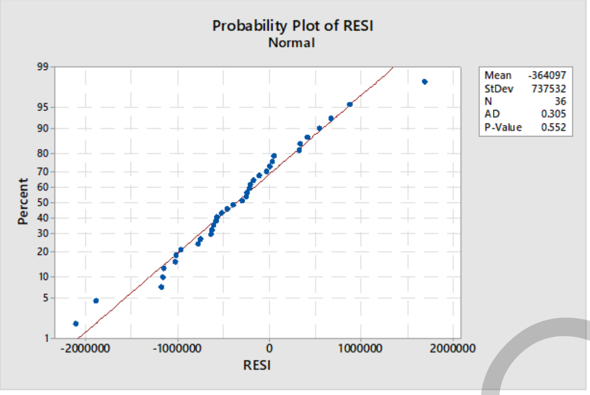
Poster

ตารางที่ 2 ค่า RMSE ของตัวแบบพยากรณ์เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญ

วิธีการพยากรณ์	RMSE
วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์ วินเทอร์รูปแบบบวก	685,256.80
วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์ วินเทอร์รูปแบบคูณ	651,879.18
วิธีบ็อกซ์ เจนกินส์	716,655.57



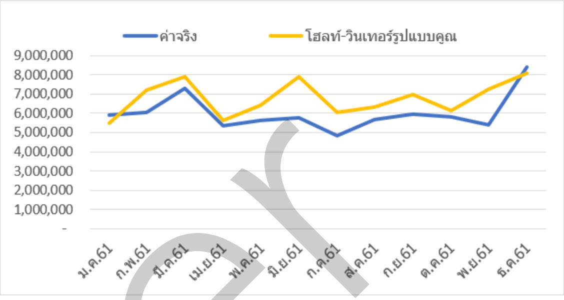
รูปที่ 5 คอเรลโลแกรม ACF ของค่าคลาดเคลื่อนตัวแบบที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ



รูปที่ 6 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของค่าคลาดเคลื่อนตัวแบบที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลสถิติเบี้ยประกันภัยของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนจากการรวบรวมโดยสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย(คปภ.) โดยเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวนทั้งสิ้น 192 ค่า โดยผู้วิจัยแบ่งข้อมูลดังกล่าวออกเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 คือ เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 180 ค่า ใช้สำหรับการเปรียบเทียบหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด 3 วิธี คือ การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบบวก การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ และการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ผลการพยากรณ์พบว่าวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดเพราะมีค่า RMSE ต่ำที่สุดเท่ากับ 651,879.18 จากนั้นนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ไปพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน เทียบกับข้อมูลชุดที่ 2 คือ เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวน 12 ค่า แสดงดังรูปที่ 7 พบว่าวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณพยากรณ์เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญได้ใกล้เคียงกับค่าจริงโดยค่า MAPE เท่ากับ 15.55% ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณมีความเหมาะสมในการพยากรณ์เบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญ



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบอนุกรมเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญค่าจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์รูปแบบคูณ

6. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ ผู้ที่สนใจอาจนำไปศึกษาต่อในเรื่องต่อไปนี้

1. ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ซึ่งยังมีวิธีการพยากรณ์ที่ได้รับความนิยมและให้ค่าความถูกต้องสูง เช่น วิธีโครงข่ายประสาทเทียม หรือวิธีผสมระหว่างวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งผู้ที่สนใจอาจนำวิธีการพยากรณ์ดังกล่าวข้างต้นมาใช้ อาจทำให้ได้ตัวแบบพยากรณ์ที่มีความแม่นยำยิ่งขึ้น

2. เมื่ออนุกรมเวลาที่ทำการศึกษา เป็นอนุกรมเวลาที่มีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ เป็นวิธีการพยากรณ์หนึ่งที่ไม่ควรมองข้าม เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน และมักให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำกว่าวิธีอื่น ๆ ที่ซับซ้อนกว่า โดยผู้วิจัยสามารถเพิ่มความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นที่เหมาะสม และการทำ Bagging Holt-Winters

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลเบี้ยประกันชีวิตรับรายใหม่ประเภทสามัญ

Poster

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.), **การประกันชีวิต** [Online] Available: https://www.oic.or.th/th/consumer/การประกันชีวิต

[2] AIA Group Limited, **GLOSSARY** [Online] Available: https://www.aia.com/en/investor-relations/results-presentations/glossary.html

[3] สมาคมประกันชีวิตไทย, 2560 **สมาคมประกันชีวิตไทยกับยุทธศาสตร์การเติบโตของธุรกิจประกันชีวิต ปี 2560** หนังสือ 10 ปี คปภ., หน้า 144

[4] นิฉา แก้วหาวงษ์, 2558 **การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบ SARIMA และตัวแบบการถดถอย ที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแบบ ARMA Forecasting Electricity Consumption of Thailand by Using SARIMA and Regression Models with ARMA Errors** Thai Journal of Science and Technology, หน้า 24-36

[5] สมาคมประกันชีวิตไทย, 2561 **ภาพรวมธุรกิจประกันชีวิตไทย ปี 2560-2561 และแนวโน้มปี 2562** รายงานประจำปี 2561, หน้า 78-110

[6] ธัญชนก ศรีบุญเรือง, 2550 **การพยากรณ์ยอดขายประกันอุบัติเหตุหมู่โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์**, เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[7] ประภัสสร คำสวัสดิ์, 2560 **การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณรถยนต์จดทะเบียนใหม่ในจังหวัดชลบุรีระหว่างวิธีอารีมา วิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล**, สหศาสตร์ศรีปทุม ชลบุรี , หน้า 39

[8] บุญฤทธิ์ ชูประดิษฐ์, 2561 **ตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงของประเทศไทย**, วรสารมหาวิทยาลัยนเรศวร (26)2, หน้า 74

[9] G A N Pongdatu และ Y H Putra, 2018 **Seasonal Time Series Forecasting using SARIMA and Holt Winter's Exponential Smoothing**, IOP Conference Series : Material Science and Engineering

[10] พงษ์ศิริ ศิริพานิช,2550 **การพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยตัวแบบผสมระหว่าง ARIMA และเครือข่ายประสาทเทียม**, การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2550

[11] ดาว สงวนรังศิริกุล และคณะ,2558 **การศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ประชากรที่เป็นโรคเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาในกรุงเทพมหานคร**, วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 38(1) : 35-55

[12] ทรงศิริ แต้สมบัติ,2549 **การพยากรณ์เชิงปริมาณ** พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 487

[13] Box,G.E.P.,Jenkins G.M., Reinsel G.C.,1994 **Time series analysts forecasting and control** Prentice hall.

นายนฤดล พิทักษ์วิทยกูล
นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ สาขาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศรี บัณฑิตวิไล
อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจ Forecasting and Simulation

poster

การพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

Forecasting the Number of Passengers Using Suvarnabhumi Airport by Holt-Winters Exponential Smoothing Method and Box-Jenkins Method

คุณากร ผลมา[1*]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] kunakornptm@gmail.com
และ สมศรี บัณฑิตวิไล[2]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [2] somsri.ba@kmitl.ac.th

Poster

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาตัวแบบสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยใช้ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 รวมทั้งสิ้น 108 ค่า โดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 เป็นจำนวน 96 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และ วินเทอร์และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และทำการคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์โดยใช้เกณฑ์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) ในส่วนที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ใช้สำหรับวัดประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์โดยใช้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percent Error : MAPE) เพื่อแสดงร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบพยากรณ์ที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมและมีความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งให้ค่า MSE น้อยที่สุด เมื่อใช้ตัวแบบพยากรณ์ที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ไปพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารจะได้ค่า MAPE เท่ากับ 1.888%

คำสำคัญ: การพยากรณ์, วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์, วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

Abstract

This research objective was to study forecasting models for the number of passengers using Suvarnabhumi Airport. The data collected from January, 2010 to December, 2018 of 108 values were used and divided into 2 sets. The first set had 96 values from January, 2010 to December, 2017 was applied for constructing the forecasting models by Holt-Winters Exponential Smoothing method and Box-Jenkins method and employed Mean Square Error (MSE) as the criteria for model selection. The second set of data from January, 2018 to December, 2018 was used to measure the performance of forecasting models by using Mean Absolute Percent Error (MAPE) to show percentage of error between actual values and forecast values. The result showed that the forecasting model by Holt-Winters Exponential Smoothing method was the appropriate method and had the highest forecasting accuracy which gave the minimum MSE and MAPE was 1.888% when employing this method to forecast the number of passengers using Suvarnabhumi Airport

Keywords: Forecasting, Holt-Winters Exponential Smoothing Method, Box-Jenkins Method

* Corresponding author : E-mail: kunakornptm@gmail.com
[1] ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณหหารลาดกระบัง

1. คำนำ

ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (Suvarnabhumi Airport) เป็นสนามบินที่ตั้งอยู่ที่ถนนเทพรัตนและทางพิเศษบูรพาวิถี ในเขตตำบลหนองปรือและตำบลราชาเทวะ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ รัฐบาลได้กำหนดให้ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิเป็นท่าอากาศยานหลักของประเทศไทยแทนท่าอากาศยานดอนเมือง เปิดให้บริการเมื่อวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2549 เพื่อรองรับปริมาณผู้โดยสารที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีความสามารถในการรองรับผู้โดยสาร 45 ล้านคนต่อปี สามารถรองรับการขนถ่ายสินค้าได้ 3 ล้านตันต่อปี และสามารถรองรับเที่ยวบินได้ 76 เที่ยวบินต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) (Airports of Thailand Public Company Limited : AOT) [1] ซึ่งท่าอากาศยานสุวรรณภูมิเปรียบเสมือนประตูสู่ประเทศไทยที่เปิดต้อนรับผู้มาเยือนจากทั่วโลก เป็นศูนย์กลางการบินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่เชื่อมโยงระหว่างทวีปเอเชีย ทวีปยุโรป ทวีปอเมริกาและทวีปออสเตรเลีย ซึ่งเป็นจุดแวะลงหรือเชื่อมต่อการเดินทางของผู้โดยสาร นักท่องเที่ยวและขนส่งพัสดุภัณฑ์ต่างๆ [2] ในปีงบประมาณ 2560 ปริมาณจราจรทางอากาศระหว่างประเทศฟื้นตัวจากการท่องเที่ยวโดยเฉพาะการกลับมาของผู้โดยสารชาวจีน ขณะที่ปริมาณจราจรทางอากาศภายในประเทศเริ่มฟื้นตัวภายหลังจากสายการบินภายในประเทศมีการเพิ่มเที่ยวบินมากขึ้น ทำให้ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิมีเที่ยวบินพาณิชย์ขึ้น-ลงรวม 345,767 เที่ยวบิน เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.75 โดยเป็นเที่ยวบินระหว่างประเทศ 259,906 เที่ยวบิน เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.76 และเที่ยวบินภายในประเทศ 85,861 เที่ยวบิน เพิ่มขึ้นร้อยละ 14.01 รองรับผู้โดยสารรวม 59,079,550 คน เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.50 เป็นผู้โดยสารระหว่างประเทศ 48,003,084 คน เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.39 และภายในประเทศ 11,076,466 คน เพิ่มขึ้นร้อยละ 16.76 [3] ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณผู้โดยสาร ทำให้เกิดปัญหาความแออัดของผู้โดยสาร โดยในปัจจุบันท่าอากาศยานสุวรรณภูมิรองรับผู้โดยสารเกินขีดความสามารถในการรองรับผู้โดยสารแล้ว คือ ประมาณ 60 ล้านคนต่อปี จากขีดความสามารถที่รองรับได้เพียง 45 ล้านคนต่อปี ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของการให้บริการในเรื่องปัญหาการชำรุดของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ปัญหาสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคารผู้โดยสารต่างๆ และปัญหาระบบขนส่ง [4]

ปัจจุบันการพยากรณ์มีความสำคัญยิ่งต่อองค์กรและหน่วยงานต่างๆ เนื่องจากเป็นพื้นฐานของการวางแผนและการตัดสินใจไม่ว่าจะเป็นการวางแผนทางด้านเศรษฐกิจ การวางแผนธุรกิจ หรือการควบคุมกระบวนการผลิต [5] ลักขณาและคณะ [6] ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในประเทศไทยโดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการของวินเตอร์ โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2540 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2555 จากการศึกษาพบว่าวิธีการของวินเตอร์ให้ค่า RMSE และ MAPE ต่ำกว่าวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ประเสริฐและคณะ [7] ได้ศึกษาการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติที่เดินทางเข้ามาในประเทศไทยในระหว่างปี ค.ศ. 2006-2010 โดยใช้วิธีการพยากรณ์ SARIMA, ARIMA, Holt- Winter, Neural network, Var, GMM ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่าตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุดที่ใช้ตัวแปรเดียวคือ SARIMA(0,1,1) (0,1,4) และในแบบจำลองที่ใช้มากกว่าหนึ่งตัวแปรคือ VAR Akuno. et al [8] ได้วิเคราะห์เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเยือนประเทศเคนยา โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีการของโฮลท์และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาแบบรายปีตั้งแต่ปี ค.ศ. 1995 ถึง ค.ศ. 2012 จากการศึกษาพบว่าตัวแบบที่ได้จากวิธีโฮลท์มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์มากกว่า ณัฏฐนันท์และคณะ [9] ได้ศึกษาเปรียบเทียบการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวชาวจีนที่เดินทางเข้ามาในประเทศไทย โดยใช้ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยและเทคนิคปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลของบราวน์ ซึ่งข้อมูลที่นำมาศึกษามีลักษณะเป็นข้อมูลรายปี รายเดือนและรายไตรมาส จากการศึกษาพบว่า เทคนิคปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลของบราวน์เหมาะสำหรับการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวชาวจีนที่เดินทางเข้ามาในประเทศไทยที่เป็นข้อมูลรายปี ส่วนวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์เหมาะสำหรับการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวชาวจีนที่เดินทางเข้ามาในประเทศไทยที่เป็นข้อมูลรายเดือนและรายไตรมาส

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์และวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ได้รับความนิยม ได้รับการยอมรับว่ามีความแม่นยำสำหรับการพยากรณ์ในระยะสั้นและข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวมักจะมีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing Method) และ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) มาใช้ในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

Poster

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ เป็นข้อมูลจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยรวบรวมข้อมูลจากบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด(มหาชน) ซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 รวมทั้งสิ้น 108 ค่า โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ใช้ในการหาตัวแบบการพยากรณ์ เป็นจำนวน 96 ค่า และในส่วนที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบเป็นจำนวน 12 ค่า

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิระหว่างวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing Method) และ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) ด้วยข้อมูลส่วนที่ 1 จากนั้นทำการคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์โดยใช้เกณฑ์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error

: MSE) และนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มาทำการพยากรณ์ เพื่อวัดประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์โดยใช้เกณฑ์ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percent Error : MAPE) เพื่อแสดงร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์

2.2.1 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing Method)

วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ เป็นวิธีหนึ่งในวิธีปรับให้เรียบ (Smoothing Method) ที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล วิธีนี้เป็นการใช้ข้อมูลในอดีตมาทำการปรับน้ำหนัก โดยมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า α เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม γ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าความชัน และ δ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับอิทธิพลของฤดูกาล โดยที่ค่าปรับน้ำหนักทั้ง 3 ค่า เป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 สำหรับการพยากรณ์ด้วยวิธีนี้แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. รูปแบบบวก (Additive model) ใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลของฤดูกาล โดยอิทธิพลของฤดูกาลมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในอัตราคงที่ มีรูปแบบสมการดังนี้ [10]

$$Y_t = T_t(t) + S_i(t) + \varepsilon_t \qquad (1)$$

เมื่อ

Y_t คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t

$T_t(t)$ คือ ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t

$S_i(t)$ คือ ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล ณ เวลา t

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

สมการปรับค่าแบบปรับด้วยความคลาดเคลื่อน ได้แก่

$$\hat{T}_t(t) = \hat{T}_t(t-1) + \alpha e_t \qquad (2)$$

$$\hat{\beta}_1(t) = \hat{\beta}_1(t-1) + \alpha\gamma e_t \qquad (3)$$

$$\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \delta(1-\alpha)e_t & \text{ถ้า } t \text{ อยู่ในฤดูที่ } i \\ \hat{S}_i(t-1) & \text{ถ้า } t \text{ ไม่อยู่ในฤดูที่ } i \end{cases} \qquad (4)$$

โดยที่

$\hat{T}_t(t)$ คือ ค่าประมาณแนวโน้ม ณ เวลา t

$\hat{\beta}_1(t)$ คือ ค่าประมาณความชัน ณ เวลา t

$\hat{S}_i(t)$ คือ ค่าประมาณของอิทธิพลของฤดูกาลที่ i ณ เวลา t

สมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_{t+p}(t) = \hat{T}_{t+p}(t) + \hat{S}_{t+p}(t) \quad \text{สำหรับ } p = 1,2,\ldots \qquad (5)$$

เมื่อ $\hat{T}_{t+p}(t) = \hat{T}_t(t) + p\hat{\beta}_1(t)$

2. รูปแบบคูณ (Multiplicative model) ใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้มเส้นตรงและอิทธิพลของฤดูกาล โดยอิทธิพลของฤดูกาลจะมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นสัดส่วนกับค่าแนวโน้ม มีรูปแบบสมการดังนี้

$$Y_t = T_t(t) \times S_i(t) \times \varepsilon_t \qquad (6)$$

สมการปรับค่าแบบปรับด้วยความคลาดเคลื่อน ได้แก่

$$\hat{T}_t(t) = \hat{T}_t(t-1) + \frac{\alpha e_t}{\hat{S}_i(t-1)} \qquad (7)$$

$$\hat{\beta}_1(t) = \hat{\beta}_1(t-1) + \frac{\alpha\gamma e_t}{\hat{S}_i(t-1)} \qquad (8)$$

$$\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \dfrac{\delta(1-\alpha)e_t}{\hat{T}_t(t)} & \text{ถ้า } t \text{ อยู่ในฤดูที่ } i \\ \hat{S}_i(t-1) & \text{ถ้า } t \text{ ไม่อยู่ในฤดูที่ } i \end{cases} \qquad (9)$$

สมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_{t+p}(t) = \hat{T}_{t+p}(t)\hat{S}_{t+p}(t) \quad \text{สำหรับ } p = 1,2,\ldots \qquad (10)$$

เมื่อ $\hat{T}_{t+p}(t) = \hat{T}_t(t) + p\hat{\beta}_1(t)$

การสร้างสมการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ต้องทำการกำหนดค่าเริ่มต้น (Intitial value) ของ $\hat{T}_t(t)$, $\hat{\beta}_1(t)$, $\hat{S}_i(t)$ และค่าปรับน้ำหนัก α , γ , δ ซึ่งค่าเริ่มต้นและค่าปรับน้ำหนักที่ดี จะทำให้ MSE ของสมการพยากรณ์มีค่าต่ำที่สุด

ในการหาค่าเริ่มต้นของงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลส่วนที่ 1 ไปหาสมการแนวโน้มเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นของ $\hat{T}_t(t)$, $\hat{\beta}_1(t)$ และหาค่าอิทธพลของฤดูกาลเพื่อกำหนดเป็นค่าเริ่มต้นของ $\hat{S}_i(t)$ จากนั้นใช้โมดูล Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel ในการปรับค่าปรับน้ำหนัก α , γ , δ ของทั้งรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ

2.2.2 วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

การกำหนดตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สามารถทำได้โดยการตรวจสอบความสเตชันนารีของอนุกรมเวลา (Stationary Time Series) ว่าอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ย $E(Y_t)$ และค่าความแปรปรวน $V(Y_t)$ คงที่หรือไม่ หากพบว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้มจะทำการแปลงอนุกรมเวลาให้มีความสเตชันนารี โดยการหาผลต่าง (Regular Difference) d ครั้ง ทำให้อนุกรมเวลาใหม่ที่มีความสเตชันนารี เขียนได้ดังสมการ $Z_t = \nabla^d Y_t$ หากอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาล จะทำการหาผลต่างฤดูกาล D ครั้ง เขียนได้ดังสมการ $Z_t = \nabla_L^D Y_t$ และหากอนุกรมเวลามีค่าความแปรปรวนไม่คงที่ ก็จะทำการแปลงโดยใช้ลอการิทึมให้อนุกรมเวลามีความแปรปรวนคงที่

เมื่ออนุกรมเวลามีความสเตชันนารีแล้ว จึงทำการพิจารณาตัวแบบพยากรณ์จากกราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตนเอง (Autocorrelation Function : ACF) และค่าสหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function : PACF) และประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ [11]

$$\phi_p(B)\phi_P(B^L)Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)\theta_Q(B^L)\varepsilon_t \qquad (11)$$

เมื่อ

$$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \ldots - \phi_p B^p)$$

$$\phi_P(B^L) = (1 - \phi_{1L} B^L - \phi_{2L} B^{2L} - \ldots - \phi_{PL} B^{PL})$$

$$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \ldots - \theta_q B^q)$$

$$\theta_Q(B^L) = (1 - \theta_{1L} B^L - \theta_{2L} B^{2L} - \ldots - \theta_{QL} B^{QL})$$

Poster

เมื่อ Y_t เป็นค่าสังเกตของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

ซึ่ง $Z_t = (1-B^L)^D(1-B)^d Y_t$

Z_t เป็นอนุกรมเวลาที่ทำการแปลงให้มีความสเตชันนารีแล้ว

B เป็นค่า Backward shift operator

θ_0 เป็นค่าคงที่ของพารามิเตอร์

ϕ_i เป็นค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเอง ตัวที่ i โดยที่ $i = 1, 2, ..., p$

ϕ_{iL} เป็นค่าพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเองในส่วนฤดูกาล ตัวที่ i โดยที่ $i = 1, 2, ..., \mathrm{P}$

θ_i เป็นค่าพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ตัวที่ i โดยที่ $i = 1, 2, ..., \mathrm{q}$

θ_{iL} เป็นค่าพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในส่วนฤดูกาล ตัวที่ i โดยที่ $i = 1, 2, ..., \mathrm{Q}$

ε_t เป็นค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t ซึ่ง ε_t มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ σ_ε^2 และเป็นอิสระต่อกัน

p เป็นอันดับที่ของการถดถอยในตัวเอง

P เป็นอันดับที่ของการถดถอยในตัวเองในส่วนฤดูกาล

d เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างเพื่อแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคงที่เนื่องจากแนวโน้มให้มีความคงที่

D เป็นจำนวนครั้งของการหาผลต่างฤดูกาลเพื่อแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคงที่เนื่องจากฤดูกาลให้มีความคงที่

q เป็นอันดับที่ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

Q เป็นอันดับที่ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในส่วนฤดูกาล

L เป็นช่วงของการเกิดฤดูกาล

ในกรณีที่วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์มีหลายตัวแบบที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ งานวิจัยนี้จะใช้เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของอาไคเคะ (Akaike's Information Criterion : AIC) ตัวแบบที่ AIC มีค่าต่ำที่สุดจะเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด สามารถหาค่า AIC ได้โดย [12]

$$AIC = n\log(\hat{\sigma}^2) + 2(p+1) \quad (12)$$

โดยที่

n คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

$\hat{\sigma}^2$ คือ ค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{SSE}{n},\ SSE = \sum_{t=1}^{n} e_t^2 = \sum_{t=1}^{n} (Y_t - \hat{Y}_t)^2$$

p คือ จำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณค่า

2.2.3 การวัดความถูกต้องของตัวแบบพยากรณ์

การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์เป็นการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ โดยพิจารณาเลือกตัวแบบที่เหมาะสมจากการหาตัวแบบด้วยข้อมูลส่วนที่ 1 ซึ่งจะเลือกตัวแบบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) ต่ำที่สุด จากนั้นตรวจสอบประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ที่เลือกกับข้อมูลส่วนที่ 2 เพื่อพิจารณาว่าค่าพยากรณ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกับค่าจริงมากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percent Error : MAPE) ที่ต่ำที่สุด ซึ่งค่า MSE และ MAPE หาได้จากสมการที่ (13) และ (14) ตามลำดับ

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{n} e_t^2}{n} \quad (13)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n} \left|\frac{e_t}{Y_t}\right|}{n} \times 100\% \quad (14)$$

โดย $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$

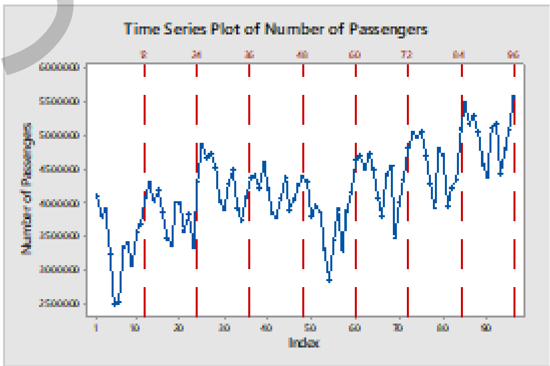
e_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ณ เวลา t

Y_t คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t

$\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

3. ผลการวิจัย

ในการหาตัวแบบพยากรณ์ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในส่วนที่ 1 มาทำการพล็อตกราฟ เพื่อดูการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ จากรูปที่ 1 จะพบว่ากราฟที่ได้มีทั้งแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยจะเห็นได้ว่าจำนวนผู้โดยสารจะแปรผันในแต่ละเดือน โดยจะมีค่าสูงในช่วงต้นปีและปลายปี ซึ่งมีลักษณะเช่นนี้ซ้ำกันทุกๆ ปี และเนื่องจากกราฟมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แสดงว่ากราฟมีแนวโน้มด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการหาตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ดังนี้



รูปที่ 1 อนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

3.1 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing Method)

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 96 ค่า ไปหาสมการแนวโน้มเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นของ $\hat{T}_t(t)$, $\hat{\beta}_1(t)$ และหาค่าอิทธพลของฤดูกาลเพื่อกำหนดเป็นค่าเริ่มต้นของ $\hat{S}_i(t)$ จากนั้นใช้โมดูล Solver จากโปรแกรม Microsoft Excel ในการปรับค่าปรับน้ำหนัก α , γ , δ ของทั้งรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ ซึ่งการกำหนดค่าเริ่มต้นและค่าปรับน้ำหนักที่เหมาะสมจะทำให้ค่า MSE ของตัวแบบพยากรณ์มีค่าต่ำที่สุด

Poster

ตารางที่ 1 แสดงค่า MSE ของตัวแบบพยากรณ์และค่าปรับน้ำหนัก α , γ , δ ที่ได้จากการใช้ข้อมูลส่วนที่ 1 ในการหาค่าเริ่มต้นสำหรับรูปแบบบวก

จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าเริ่มต้น	MSE	α	γ	δ
1 ปี	67,476,332,495.33	0.7977	0	1
2 ปี	39,508,872,105.95	0.7654	0	1
3 ปี	53,566,191,931.42	0.7783	0	1
4 ปี	50,663,060,493.30	0.8027	0	1
5 ปี	29,767,185,703.83	0.0881	0.2158	0.6701
6 ปี	35,174,336,860.92	0.5497	0	1
7 ปี	31,531,150,586.33	0.5666	0.0367	1

จากการหาค่าเริ่มต้นของรูปแบบบวก พบว่า การใช้ข้อมูลจำนวน 5 ปี ในการหาค่าเริ่มต้น ให้ค่า MSE ต่ำที่สุด เท่ากับ 29,767,185,703.83 และได้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0881$, γ=0.2158 และ δ=0.6701 แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_{96+p}(96) = (5,216,513.06 + 43,597.15p) + \hat{S}_i(96)\ ;\ p = 1,2,... \quad (15)$$

(จุดกำเนิด เดือนธันวาคม ปี 2552, p มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยมีอิทธิพลของฤดูกาล ดังนี้

$$\hat{S}_1(96) = 620,049.32,\ \hat{S}_2(96) = 342,422.37, \hat{S}_3(96) = 441,733.37,$$
$$\hat{S}_4(96) = 150,531.08,\ \hat{S}_5(96) = -338,667.56,\ \hat{S}_6(96) = -589,919.39,$$
$$\hat{S}_7(96) = 116,341.95,\ \hat{S}_8(96) = 118,592.32,\ \hat{S}_9(96) = -690,817.18,$$
$$\hat{S}_{10}(96) = -360,865.11,\ \hat{S}_{11}(96) = -162,269.71,\ \hat{S}_{12}(96) = 344,868.14$$

ส่วนการหาค่าเริ่มต้นของรูปแบบคูณ พบว่า การใช้ข้อมูลจำนวน 7 ปี ในการหาค่าเริ่มต้น ให้ค่า MSE ต่ำที่สุด เท่ากับ 22,041,009,093.45 และได้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.6918$, γ=0.0325 และ δ=1 ซึ่งได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

$$\hat{Y}_{96+p}(96) = (5,149,403.53 + 22,488.22p) \times \hat{S}_i(96)\ ;\ p = 1,2,... \quad (16)$$

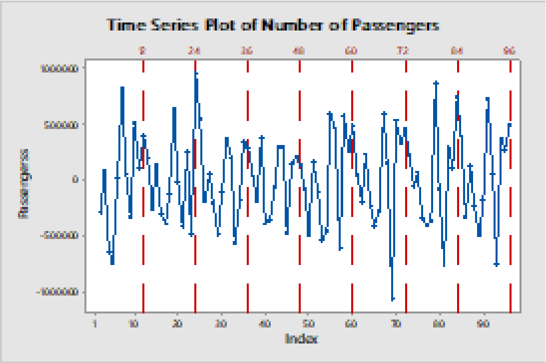
(จุดกำเนิด เดือนธันวาคม ปี 2552, p มีหน่วยเป็นเดือน)

โดยมีอิทธิพลของฤดูกาล ดังนี้

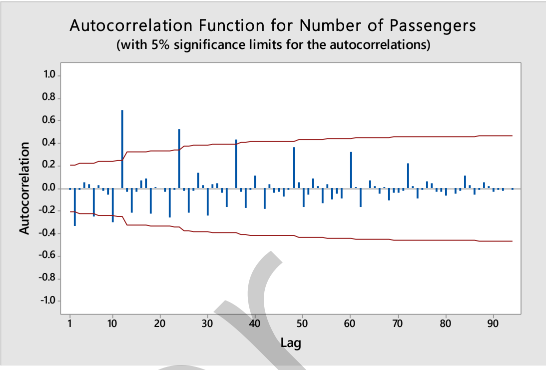
$$\hat{S}_1(96) = 1.1380,\ \hat{S}_2(96) = 1.0562, \hat{S}_3(96) = 1.0905,$$
$$\hat{S}_4(96) = 1.0218,\ \hat{S}_5(96) = 0.9206,\ \hat{S}_6(96) = 0.8712,$$
$$\hat{S}_7(96) = 0.9889,\ \hat{S}_8(96) = 1.0107,\ \hat{S}_9(96) = 0.8734,$$
$$\hat{S}_{10}(96) = 0.9510,\ \hat{S}_{11}(96) = 0.9949,\ \hat{S}_{12}(96) = 1.0826$$

3.2 วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

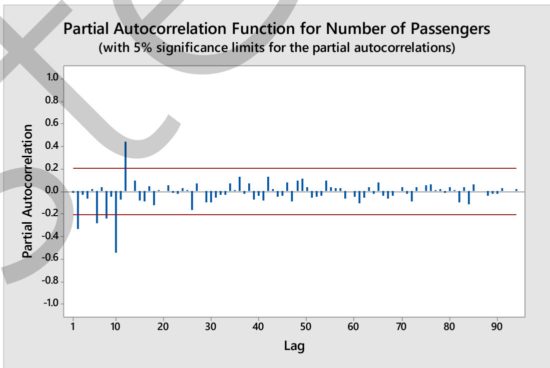
เนื่องจากข้อมูลมีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล ดังนั้นจึงต้องแปลงให้เป็นอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่าง 1 ครั้ง และรูปที่ 2 อนุกรมเวลาที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นอนุกรมเวลาชุดใหม่เป็นอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีแล้ว นำอนุกรมเวลาไปพล็อตคอเรลโรแกรมของ Autocorrelation (ACF) และ Partial Autocorrelation (PACF) ดังรูปที่ 3 และ รูปที่ 4



รูปที่ 2 อนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง



รูปที่ 3 คอเรลโรแกรม ACF ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ



รูปที่ 4 คอเรลโรแกรม PACF ที่ได้จากการหาผลต่าง 1 ครั้ง ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

จากรูปที่ 3 และรูปที่ 4 พบว่าคอเรลโรแกรมของ ACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว และ PACF มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว จึงได้ตัวแบบเป็น ARIMA(1,1,1) และเมื่อพิจารณาในส่วนของฤดูกาลจะพบว่า ACF cut off ที่ lag 36 และ PACF lag 12, 24, 36, ... มีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว จึงได้ตัวแบบเป็น SARIMA$(0,0,3)_{12}$ ดังนั้นตัวแบบเบื้องต้นที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ คือ ARIMA(1,1,1) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$

ตารางที่ 2 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(1,1,1) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$

Statistic	Coef	SE Coef	t	p-value
$\hat{\phi}_1$	10.7784	0.0796	9.78	0.000
$\hat{\theta}_1$	10.9548	0.0324	29.44	0.000
$\hat{\theta}_{12}$	-0.8422	0.1147	-7.34	0.000
$\hat{\theta}_{24}$	-0.7079	0.1390	-5.09	0.000
$\hat{\theta}_{36}$	-0.5885	0.1307	-4.50	0.000

Poster

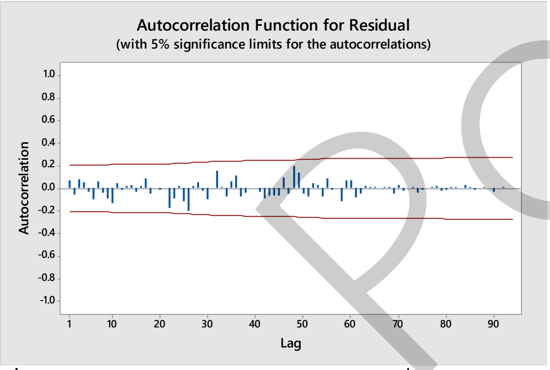
ตารางที่ 3 การทดสอบความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ARIMA(1,1,1) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$

Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	6.2	12.4	28.3	42.6
DF	7	19	31	43
p-value	0.515	0.866	0.604	0.489

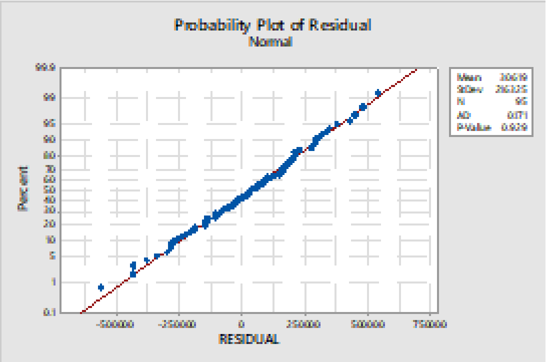
จากตารางที่ 2 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า $\hat{\phi}_1, \hat{\theta}_1, \hat{\theta}_{12}, \hat{\theta}_{24}$ และ $\hat{\theta}_{36}$ มีค่าแตกต่างจากศูนย์ เนื่องจากค่า p-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 และค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบเป็นดังนี้

$$\hat{\phi}_1 = 10.7784,\ \hat{\theta}_1 = 10.9548,\ \hat{\theta}_{12} = -0.8422,$$
$$\hat{\theta}_{24} = -0.7079,\ \hat{\theta}_{36} = -0.5885$$

การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ด้วยสถิติ Box-Ljung พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากค่า p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ใน lag ที่ 12, 24, 36 และ 48 แสดงดังตารางที่ 3 และเมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของค่าความคลาดเคลื่อน จากคลอเรลโรแกรม ACF ของค่าความคลาดเคลื่อนในรูปที่ 5 พบว่า ทุกค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด และทำการทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยสถิติ Anderson-darling จากรูปที่ 6 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ARIMA(1,1,1) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$ มีแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากค่า p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(1,1,1) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$ เป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศ-ยานสุวรรณภูมิ



รูปที่ 5 คลอเรลโรแกรม ACF ของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ARIMA(1,1,1) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$



รูปที่ 6 การทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ARIMA(1,1,1) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$

เนื่องจากการหาตัวแบบโดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ตัวแบบที่เหมาะสมอาจมีหลายตัวแบบ ซึ่งตัวแบบที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้อีกหนึ่งตัวแบบ คือ ARIMA(0,1,0) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$ เมื่อทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า $\hat{\theta}_{12}, \hat{\theta}_{24}$ และ $\hat{\theta}_{36}$ มีค่าแตกต่างจากศูนย์ เนื่องจากค่า p-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังตารางที่ 4 และค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบเป็นดังนี้

$$\hat{\theta}_{12} = -0.8307, \hat{\theta}_{24} = -0.7319, \hat{\theta}_{36} = -0.6356$$

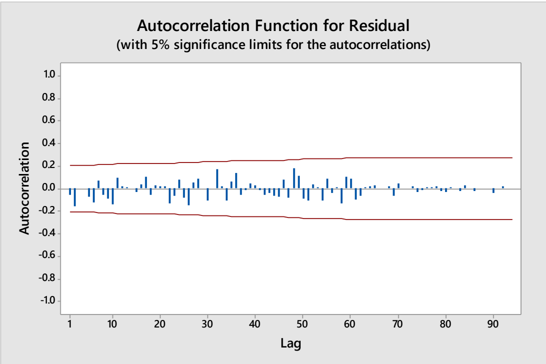
ตารางที่ 4 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA(0,1,0) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$

Statistic	Coef	SE Coef	t	p-value
$\hat{\theta}_{12}$	-0.8307	0.1201	-6.92	0.000
$\hat{\theta}_{24}$	-0.7319	0.1397	-5.24	0.000
$\hat{\theta}_{36}$	-0.6356	0.1210	-5.25	0.000

ตารางที่ 5 การทดสอบความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ARIMA(0,1,0) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$

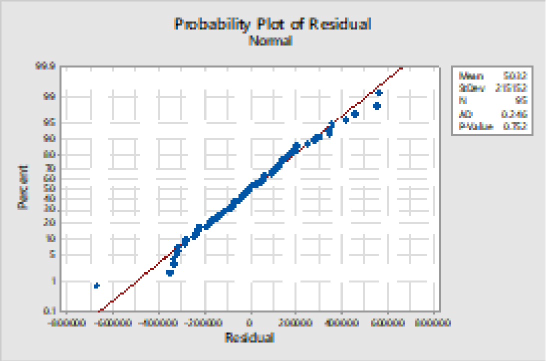
Modified Box-Pierce (Box-Ljung) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-square	9.5	15.1	31.6	44.0
DF	9	21	33	45
p-value	0.393	0.818	0.536	0.514

จากตารางที่ 5 ทำการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ด้วยสถิติ Box-Ljung พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากค่า p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ใน lag ที่ 12, 24, 36 และ 48 และเมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของค่าความคลาดเคลื่อน จากคลอเรลโรแกรม ACF ของค่าความคลาดเคลื่อนในรูปที่ 7 พบว่า ทุกค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด และทำการทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยสถิติทดสอบ Anderson-darling จากรูปที่ 8 พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ARIMA(0,1,0) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$ มีแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากค่า p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นตัวแบบ ARIMA(0,1,0) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$ จึงเป็นอีกตัวแบบที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศ-ยานสุวรรณภูมิ



รูปที่ 7 คลอเรลโรแกรม ACF ของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ARIMA(0,1,0) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$

Poster



รูปที่ 8 การทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ ARIMA(0,1,0) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$

จากการทดสอบค่าพารามิเตอร์, การทดสอบความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ และการตรวจสอบคุณลักษณะของค่าความคลาดเคลื่อน พบว่า ตัวแบบ ARIMA(1,1,1) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$ และ ARIMA(0,1,0) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$ เป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของอาไคเคะ (Akaike's Information Criterion : AIC) จากตารางที่ 6 ค่า AIC ที่มีค่าต่ำที่สุด คือ ตัวแบบ ARIMA(0,1,0) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$ จึงสรุปได้ว่า ตัวแบบที่ได้จากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ที่มีความเหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิอีกหนึ่งตัวแบบ คือ ตัวแบบ ARIMA(0,1,0) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$ และมีค่า MSE เท่ากับ 47,322,980,779.00

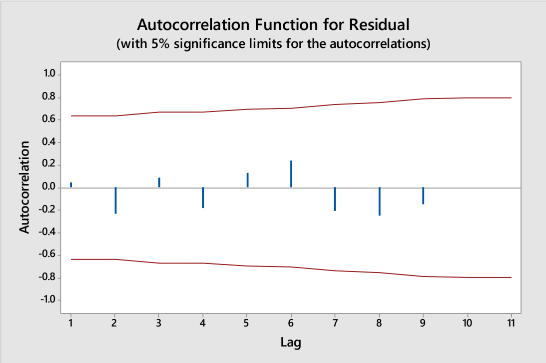
ตารางที่ 6 แสดงค่า AIC ของตัวแบบที่ผ่านการทดสอบ

ตัวแบบ	AIC
1. ARIMA(1,1,1) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$	1,036.30
2. ARIMA(0,1,0) × SARIMA$(0,0,3)_{12}$	1,031.03

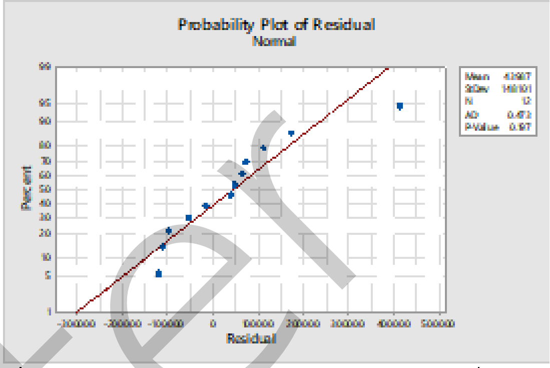
ตารางที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

วิธีการพยากรณ์	MSE
1) วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์	
- รูปแบบบวก	29,767,185,703.83
- รูปแบบคูณ	22,041,009,093.45
2) วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์	47,322,980,779.00

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ รูปแบบคูณ มีค่า MSE น้อยที่สุด คือ 22,041,009,093.45 และเมื่อนำค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ รูปแบบคูณ ไปหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองดังในรูปที่ 9 พบว่า ทุกค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนมีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน และทำการทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยสถิติ Anderson-Darling พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ รูปแบบคูณมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากค่า p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ดังรูปที่ 10จึงสรุปได้ว่าวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ รูปแบบคูณ เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ



รูปที่ 9 คลอโรแกรม ACF ของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ รูปแบบคูณ



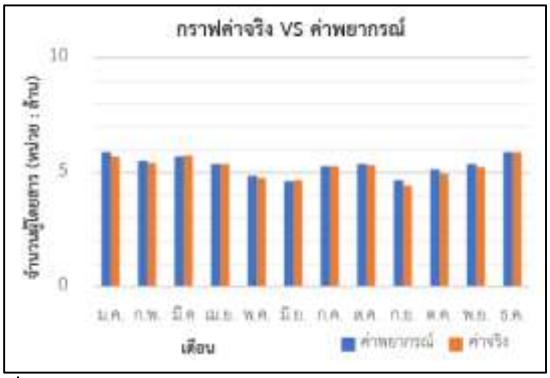
รูปที่ 10 การทดสอบการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ รูปแบบคูณ

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาหาตัวแบบที่พยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยรวบรวมข้อมูลจากบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 รวมทั้งสิ้น 108 เดือน โดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ใช้ในการหาตัวแบบการพยากรณ์ เนื่องจากอนุกรมเวลามีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ จากผลการพยากรณ์พบว่าวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ รูปแบบคูณเป็นวิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุด เนื่องจากมีค่า MSE ค่าน้อยที่สุด คือ 22,041,009,093.45 จากนั้นนำตัวแบบที่ได้มาทำการพยากรณ์ล่วงหน้าจำนวน 12 ค่าและเปรียบเทียบกับข้อมูลส่วนที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นค่าจริงจำนวน 12 ค่า จากรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง ซึ่งได้ค่า MAPE เท่ากับ 1.888% ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ รูปแบบคูณมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิที่แม่นยำ

Poster

วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์เป็นวิธีที่ง่ายและอาจจะเป็นวิธีที่ให้ผลการพยากรณ์แม่นยำกว่าวิธีที่ยุ่งยากอย่างวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์หรือวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ถ้าเราหันมาให้ความสำคัญกับการหาค่าเริ่มต้นของตัวแบบพยากรณ์ หากเราใช้ค่าเริ่มต้นที่ดีก็จะทำให้ค่าพยากรณ์ที่ได้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น ซึ่งค่าเริ่มต้นที่ดีจะขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลที่นำมาใช้ในการหาค่าเริ่มต้น แต่ส่วนมากคนทั่วไปมักจะใช้ข้อมูลเพียง 1-3 ปีในการหาค่าเริ่มต้น ซึ่งอาจจะทำให้ค่าพยากรณ์ที่ได้ไม่แม่นยำเท่าที่ควร ดังเช่นงานวิจัยนี้ที่พบว่าจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าเริ่มต้นที่ดีที่สุด ที่ทำให้ค่าพยากรณ์มีความแม่นยำที่สุดสำหรับรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ คือ 5 ปีและ 7 ปี ตามลำดับ



รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณข้อมูลจากบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2558). ความเป็นมาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/ สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ.2561

[2] เฉลิมพล กิจรุ่งเรือง. 2553. “ความพึงพอใจของผู้โดยสารชาวไทยต่อการบริการ ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ กรุงเทพฯ.” วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจ (การตลาด), มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.

[3] บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน). 2560. “สถิติการขนส่งทางอากาศ.” หน้า 123. ใน รายงานประจำปี 2560.

[4] บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน). 2553. “ปัญหาและอุปสรรคในการให้บริการ.” หน้า 9. ใน รายงานการศึกษาและวิเคราะห์โครงการพัฒนาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (ปีงบประมาณ 2554-2559).

[5] Bowerman, B.L., O’Connell, R.T. and Koehler, A.B., 2005, Forecasting, Time series, and Regression, 5th Ed., Thomson Brooks/Cole, Belmont, California, 686 p.

[6] ลักขณา เศาธยะนันท์, สุณี ทวีสกุลวัชระ, ยุพิน กาญจนะศักดิ์ดา และบุญหญิง สมร่าง. 2557. “การพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยโดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์และวิธีการของวินเตอร์.” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 22(1) : 89-98

[7] Chaitip, P., Chaiboonsri, C. and Mukhjang, R., 2008, Time series models for forecasting international visitor arrivals to Thailand, International Conference on Applied Economics – ICOAE 2008: 159-163.

[8] Akuno, A.O., Otieno, M.O., Mwangi, C.W. and Bichaga, L.A., 2015, Statistical models for forecasting tourists’ arrival in Kenya, Open J. Stat. 2015(5) : 60-65

[9] ณัฏฐนันท์ มุขมา, บุญอ้อม โฉมที, และประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์. 2560. “การพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวชาวจีนที่เดินทางเข้ามาในประเทศไทย.” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 26(3) : 417-428

[10] ทรงศิริ แต้สมบัติ. 2549. การพยากรณ์เชิงปริมาณ พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[11] George, E.P. Gwilym, M. and Gregory, C. 1994. Time Series Anaylysis : Forecasting & Control. 3th Edition. Englewood Cliff : Prentice Hall

[12] Akaike, H. (1973). Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle. In 2nd International Symposium on Information Theory. B.N. Petrov and F. Csaki, eds. Akademiai Kiado, Budapest, 267-281.

นางสาวคุณากร ผลมา นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ สาขาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศรี บัณฑิตวิไล อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจ Forecasting and Simulation

Poster

การเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ กรณีศึกษา : การสั่งซื้อเนื้อหมูสันคอในธุรกิจร้านอาหาร

Increasing the Efficiency of the Raw Material Purchasing Plans A Case Study : Ordering Pork Shoulder in the Restaurant Business

จาตุรงค์ แสงสร้อย [1*]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [1] pak_jaturong_@windowslive.com
ลัลณ์ลลิน ไถวศิลป์ [2]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [2] 61605088@kmitl.ac.th
และ ชิดชนก ทรงแสง [3]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
E-mail: [3] jan.chidcha@gmail.com

บทคัดย่อ

บริษัทในกรณีศึกษานี้เป็นบริษัทที่ทำธุรกิจร้านอาหาร ซึ่งจำเป็นต้องมีการสั่งซื้อวัตถุดิบเป็นประจำโดยเฉพาะเนื้อหมูสันคอที่ต้องใช้เป็นปริมาณมาก พบว่าในการสั่งซื้อในแต่ละครั้งมีค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก เนื่องจากบริษัทไม่ได้มีการวางแผนในการสั่งวัตถุดิบ จึงได้ศึกษาวิธีการในการวางแผนการสั่งซื้อ 3 วิธี ได้แก่ 1. ขนาดของการสั่งซื้อการสั่งซื้อแบบรุ่นต่อรุ่น (Lot-for-lot: L4L) 2. ขนาดประหยัดในการสั่งซื้อ (Economic Order Quantity: EOQ) 3. การสั่งซื้อตามงวดเวลา (Period Order Quantity: POQ) เพื่อหาความเหมาะสมในการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ทำให้ต้นทุนในการสั่งซื้อต่ำที่สุด จากการศึกษาพบว่าวิธีขนาดการสั่งซื้อแบบรุ่นต่อรุ่นมีต้นทุนรวมสูงที่สุด วิธีที่มีต้นทุนรวมสูงรองลงมาคือวิธีขนาดการประหยัดในการสั่งซื้อ และวิธีที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดคือวิธีการกำหนดจำนวนที่สั่งซื้อตามงวดเวลา ซึ่งในกรณีศึกษานี้วิธีการวางแผนการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดคือวิธี การกำหนดจำนวนที่สั่งซื้อตามงวดเวลา เนื่องจากเป็นวิธีที่มีต้นทุนรวมในการสั่งซื้อต่ำที่สุด ดังนั้นบริษัทในกรณีศึกษานี้ควรนำวิธีการกำหนดจำนวนที่สั่งซื้อตามงวดเวลาไปประยุกต์ใช้ต่อไป

คำสำคัญ: การวางแผนการสั่งซื้อ, ธุรกิจร้านอาหาร, เนื้อหมูสันคอ

Abstract

This restaurant is a study case. It is always ordering the raw material especially a large quantity of pork shoulder. We found that a lot of expenses was paid when ordered in one time. It happened because of the company does not have the raw materials purchasing plan. The aim of this paper is to study purchasing plan methods in 3 alternatives, (i) Lot-for-lot: L4L, (ii) Economic Order Quantity: EOQ and (iii) Period Order Quantity: POQ, to seek for the best alternatives of the minimum cost of purchasing plans. The result showed that highest purchasing cost is L4L, the second purchasing cost is EOQ and the lowest purchasing cost is POQ. Therefore, appropriately purchasing plan in this study case is POQ because of there is the lowest purchasing cost, so the company should apply POQ in their business in the future

Keywords: Purchasing Plan, Restaurant Business, Pork Shoulder

Poster

* Corresponding author: E-mail: pak_jaturong_@windowslive.com
[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[3] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. คำนำ

ในสังคมยุคปัจจุบันนี้มีธุรกิจและกิจการต่างๆเติบโตขึ้นมาเป็นจำนวนมาก ธุรกิจร้านอาหาร ก็เป็นหนึ่งในธุรกิจที่มีการเติบโตและสร้างใหม่อยู่เรื่อย ทำให้ธุรกิจร้านอาหารนั้นมีการแข่งขันที่สูง และยิ่งธุรกิจเกี่ยวกับร้านอาหารเรียกว่าทุกตรอกซอกซอย ในห้างสรรพสินค้า หรือริมถนนข้างทาง จะต้องมีร้านอาหาร หรือแม้แต่อยู่บ้านทุกคนสามารถเข้าถึงธุรกิจนี้ได้อย่างง่ายดาย นอกจากรสชาติบนจานของแต่ละเมนูที่ผู้ประกอบการได้เสิร์ฟให้กับลูกค้าแล้ว ความรวดเร็วและทันต่อความต้องการลูกค้าก็มีความสำคัญ

บริษัทในกรณีศึกษานี้เป็นกลุ่มผู้ประกอบกิจการธุรกิจร้านอาหารซึ่งมีวัตถุดิบคงคลังที่มีความหลากหลาย เช่น เนื้อหมูสันคอ เนื้อใบพาย เนื้อหมูสันใน เนื้อแกะ ฯลฯ วัตถุดิบที่ใช้มากที่สุดคือเนื้อหมูสันคอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการสินค้าคงคลัง โดยให้ความสำคัญในเรื่องของการสั่งซื้อสินค้าให้มีปริมาณที่เหมาะสม ทำการหาจุดสั่งซื้อของเนื้อหมูสันคอให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า พบว่าบริษัทมีปัญหาที่เกิดจากการบริหารจัดการสินค้าคงคลังที่ไม่มีประสิทธิภาพพอ ส่งผลให้เกิดวัตถุดิบขาดแคลนจนเป็นสาเหตุให้สูญเสียโอกาสในการสร้างรายได้และไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ยังส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งเพิ่มอีกด้วย แต่ในกรณีที่มีของเหลืออยู่ในคลังสินค้าจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและอาจทำให้เน่าเสีย จนเป็นสาเหตุให้ธุรกิจต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบ กรณีศึกษา : การสั่งซื้อเนื้อหมูสันคอในธุรกิจร้านอาหาร ซึ่งจัดเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการเนื้อหมูสันคอระยะเวลา 3 เดือน ผู้วิจัยจึงนำเสนอการวิเคราะห์การสั่งซื้อสินค้าทั้งหมด 3 วิธี ดังนี้ ขนาดของการสั่งซื้อการสั่งซื้อแบบรุ่นต่อรุ่น (Lot-for-lot : L4L) ขนาดประหยัดในการสั่งซื้อ (Economic Order Quantity : EOQ) และ การสั่งซื้อตามงวดเวลา (Period Order Quantity : POQ) มาใช้กับบริษัทกรณีศึกษาเพื่อเปรียบเทียบและนำไปแก้ไขปัญหาต้นทุนในการสั่งซื้อวัตถุดิบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปใช้ในการพัฒนา ปรับปรุง และวางแผนกระบวนการทำงานในด้านการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบได้

ตารางที่ 1 แสดงความต้องการเนื้อหมูสันคอ (หน่วย : กิโลกรัม)

สัปดาห์ที่											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
300	275	300	300	300	275	300	300	300	300	225	325
ต้นทุนในการสั่งซื้อ 875 บาท/ครั้ง											
ต้นทุนในการเก็บรักษา 0.62 บาท/กิโลกรัม/สัปดาห์											
เวลานำในการสั่งซื้อ 0.2 สัปดาห์											

ค่าไฟ 4.4217 บาทต่อหน่วย

ขนาดตู้เย็น 46.2 คิว (580 วัตต์)

วิธีคำนวณค่าไฟ

$$= \frac{(\text{จำนวนวัตต์})(\text{ค่าไฟต่อหน่วย})}{\mathbf{1{,}000}}$$

$$= \frac{\mathbf{(580)(4.4217)}}{\mathbf{1{,}000}}$$

= 2.564586 บาท/ชั่วโมง

$$= \frac{\mathbf{(2.564586)(24)(7)}}{\mathbf{700}}$$

= 0.61550064 ≈ 0.62

ดังนั้น ต้นทุนในการเก็บรักษาเท่ากับ 0.62 บาทต่อกิโลกรัมต่อสัปดาห์

ตารางที่ 3 แสดงผลลัพธ์การคำนวณโดยใช้วิธีการขนาดประหยัดในการสั่งซื้อ

	สัปดาห์ที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ความต้องการรวม	300	275	300	300	300	275	300	300	300	300	225	325
จำนวนที่ได้รับตามกำหนด												
จำนวนสินค้าคงคลังที่นำไปใช้ได้	607	332	32	639	339	971	671	371	978	678	453	128
ความต้องการสุทธิ	300	275	300	300	300	275	300	300	300	300	225	325
แผนกำหนดการรับของ	907			907			907			907		
แผนกำหนดการสั่งของ	907			907			907			907		

ผลการดำเนินการศึกษา

1. **วิธีขนาดการสั่งซื้อแบบรุ่นต่อรุ่น (Lot-for-lot : L4L)**

เป็นการสั่งซื้อที่จะเพียงพอต่อความต้องการโดยไม่จำเป็นต้องมีสินค้าสำรองหรือการสั่งซื้อเผื่อไว้ เพื่อป้องกันการขาดแคลนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ทำให้ไม่มีต้นทุนในการเก็บรักษาเกิดขึ้น

ตารางที่ 2 แสดงผลลัพธ์การคำนวณโดยใช้วิธีการสั่งซื้อแบบรุ่นต่อรุ่น

	สัปดาห์ที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ความต้องการรวม	300	275	300	300	300	275	300	300	300	300	225	325
จำนวนที่ได้รับตามกำหนด												
จำนวนสินค้าคงคลังที่นำไปใช้ได้	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ความต้องการสุทธิ	300	275	300	300	300	275	300	300	300	300	225	325
แผนกำหนดการรับของ	300	275	300	300	300	275	300	300	300	300	225	325
แผนกำหนดการสั่งของ	300	275	300	300	300	275	300	300	300	300	225	325

ต้นทุนการสั่งซื้อ = 875 x 12 =10,500 บาท

ต้นทุนในการเก็บรักษา =0 บาท

ต้นทุนรวมของวิธีการสั่งซื้อแบบรุ่นต่อรุ่น =10,500 + 0 =10,500 บาท

2. **วิธีขนาดประหยัดในการสั่งซื้อ (Economic Order Quantity : EOQ)**

ตัวแบบ EOQ เป็นการหาปริมาณสั่งซื้อที่เหมาะสม ที่ทำให้ต้นทุนในการสั่งซื้อเท่ากับต้นทุนในการเก็บรักษา

ความต้องการเนื้อหมูสันคอใน 12 สัปดาห์

= 300 + 275 + 300 + 300 + 300 + 275 + 300 + 300 + 300 + 300 + 225 + 325 = 3,500 กิโลกรัม

ความต้องการเนื้อหมูสันคอเฉลี่ย

$$D = \frac{\mathbf{3{,}500}}{\mathbf{12}} = 291.67 \text{ กิโลกรัม/สัปดาห์}$$

ต้นทุนในการสั่งซื้อ = 875 บาท/ครั้ง

ต้นทุนในการเก็บรักษา = 0.62 บาท/กิโลกรัม/สัปดาห์

การหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

D คือ ความต้องการสินค้า

S คือ ต้นทุนในการสั่งซื้อต่อครั้ง

H คือ ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าต่อหน่วยต่อสัปดาห์

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$= \sqrt{\frac{\mathbf{2(291.67)(875)}}{\mathbf{0.62}}}$$

= 907.37 ≈ 907 กิโลกรัม

จากการเปรียบเทียบที่แสดงในตารางที่ 5 พบว่า วิธีขนาดการสั่งซื้อแบบรุ่นต่อรุ่นมีต้นทุนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 10,500 บาท วิธีที่มีต้นทุนรวมสูงรองลงมาคือวิธีขนาดการประหยัดในการสั่งซื้อซึ่งมีต้นทุนรวมเท่ากับ 7,343 บาท และวิธีที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดคือวิธีการกำหนดจำนวนที่สั่งซื้อตามงวดเวลาซึ่งมีต้นทุนรวมเท่ากับ 5,670 บาท ซึ่งในกรณีศึกษานี้วิธีการวางแผนการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีการกำหนดจำนวนที่สั่งซื้อตามงวดเวลา เนื่องจากเป็นวิธีที่มีต้นทุนรวมในการสั่งซื้อต่ำที่สุด

Poster

ต้นทุนการสั่งซื้อ = 875(4) = 3,500 บาท

ต้นทุนในการเก็บรักษา = 6,199(0.62) = 3,843.38 บาท

ต้นทุนรวมของวิธีการขนาดประหยัดในการสั่งซื้อ

= 3,500 + 3,843.38 = 7,343.38 บาท

3. **วิธีการสั่งซื้อตามงวดเวลา (Period Order Quantity : POQ)**

ขนาดการสั่งซื้อจะถูกกำหนดให้เท่ากับค่าความต้องการสุทธิคูณกับจำนวนคาบเวลาโดยเฉลี่ยที่สามารถใช้สินค้าคงคลังที่คำนวณได้จากขนาดประหยัดในการสั่งซื้อจนหมด การสั่งซื้อโดยวิธีการนี้จะมีจำนวนการสั่งซื้อในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน แต่ช่วงเวลาที่ทำการสั่งซื้อจะเท่ากันทุกครั้ง

$$\text{จำนวนช่วงเวลาที่ทำการสั่งซื้อโดยเฉลี่ย} = \frac{EOQ}{\text{ความต้องการโดยเฉลี่ยต่อช่วงเวลา}}$$

$$= \frac{907}{291.67}$$

$$= 3.11 \approx 3 \text{ สัปดาห์}$$

ตารางที่ 4 แสดงผลลัพธ์การคำนวณโดยใช้วิธีการสั่งซื้อตามงวดเวลา

	สัปดาห์ที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ความต้องการรวม	300	275	300	300	300	275	300	300	300	300	225	325
จำนวนที่ได้รับตามกำหนด												
จำนวนสินค้าคงคลังที่นำไปใช้ได้	575	300	0	575	275	0	600	300	0	550	325	0
ความต้องการสุทธิ	300	275	300	300	300	275	300	300	300	300	225	325
แผนกำหนดการรับของ	875			875			900			850		
แผนกำหนดการสั่งของ	875			875			900			850		

ต้นทุนการสั่งซื้อ = 875(4) = 3,500 บาท

ต้นทุนในการเก็บรักษา = 3,500(0.62) = 2,170 บาท

ต้นทุนรวมของวิธีการสั่งซื้อตามงวดเวลา = 3,500 + 2,170

= 5,670 บาท

เปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นจากวิธีการ 3 วิธีการ ได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบต้นทุนจากวิธีการทั้ง 3 วิธีการ

วิธีการ	**ต้นทุนรวม (บาท)**
ขนาดการสั่งซื้อแบบรุ่นต่อรุ่น	10,500
ขนาดประหยัดในการสั่งซื้อ	7,343
การสั่งซื้อตามงวดเวลา	5,670

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษา วิเคราะห์ และเปรียบเทียบวิธีการในการวางแผนการสั่งซื้อในแบบต่าง ๆ เพื่อหาความเหมาะสมในการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ทำให้ต้นทุนในการสั่งซื้อต่ำที่สุด

อย่างไรก็ตามผู้วางแผนจะต้องระมัดระวังในการนำวิธีการวางแผนขนาดการสั่งซื้อไปใช้ ซึ่งในทางทฤษฎีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในตารางการผลิตการคำนวณขนาดการสั่งซื้อใหม่จะต้องทำการคำนวณในทุกส่วนที่เกี่ยวข้อง แต่ในทางปฏิบัติแล้วการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้เกิดความยุ่งยากในการวางแผนการสั่งซื้อ

เอกสารอ้างอิง

[1] วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์. (2560). การวางแผนการผลิต Production Planning. หน้า 218-223.

[2] ทินวัฒน์ ขาวเหลือง. (2554). การวิเคราะห์แนวทางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา ร้านตำหรับไทย. หน้า ง-จ.

ประวัติผู้เขียนบทความ

นาย จาตุรงค์ แสงสร้อย

จบปริญญาตรี : มหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะวิทยาศาสตร์ สาขาสถิติ

กำลังศึกษาปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิทยาศาสตร์ สาขาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ

นางสาว ลัลณ์ลลิน ไถวศิลป์

จบปริญญาตรี : มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี

คณะบริหารธุรกิจ สาขาการเงิน

กำลังศึกษาปริญญาโท : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิทยาศาสตร์ สาขาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ

นางสาว ชิดชนก ทรงแสง

จบปริญญาตรี : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะวิทยาศาสตร์ สาขาสถิติประยุกต์

กำลังศึกษาปริญญาโท : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิทยาศาสตร์ สาขาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ

Poster

STAT KMITL

ภาควิชาสถิติ
คณะวิทยาศาสตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 02-329-8400-11 ต่อ 276 Website : stat.kmitl.ac.th Facebook : STATKMITL

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติประยุกต์

ทักษะที่ได้รับ | SKILLS

คณิตศาสตร์ (Mathematics)
- สำหรับคิดวิเคราะห์ข้อมูล และอธิบายผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้อง

ภาษาอังกฤษ (English)
- สำหรับการสื่อสารและนำเสนอผลลัพธ์ ให้แก่บุคคลที่เกี่ยวข้อง

ธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ (Business and Economics)
- เพื่อต่อยอดความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา ที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (Computer and Information Technology)
- เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับการจัดการข้อมูล และประมวลผลข้อมูล

อาชีพ | CAREER

นักสถิติ (Statistician)
นักวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analytics)
นักสถิติประกันภัย (Actuary)
นักวิเคราะห์ทางการตลาด (Marketing Analystics)
นักวางแผนและวิเคราะห์เชิงธุรกิจ (Planning and Business Analytics)
นักวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ (Supply Chain and Logistics Analytics)
ผู้เชี่ยวชาญด้านการควบคุมคุณภาพการผลิต (Quality Control Specialists)

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

(จัดการเรียนการสอนวันเสาร์ - อาทิตย์)

จุดเด่นของมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ

- สามารถประยุกต์ใช้หลักการทางวิชาการในการควบคุม คุณภาพในโรงงานอุตสาหกรรม
- วิเคราะห์และหาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องทางการ ผลิตในงานอุตสาหกรรม
- เสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ สร้างตัวแบบสำหรับวิเคราะห์ ข้อมูลเชิงลึกทางอุตสาหกรรมและธุรกิจ
- เน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารนเทศ

สาขาวิชาสถิติประยุกต์

- เน้นพื้นฐานและหลักการทางสถิติอย่างเข้มข้น
- สามารถประยุกต์ใช้กับข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ได้
- เน้นทักษะการแก้ปัญหา
- เน้นความรู้ด้านทฤษฎีทางสถิติเพียงพอที่จะศึกษาต่อ ในระดับปริญญาเอก หรือสูงกว่า

ทำไมต้องศึกษาต่อที่ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สจล.

- บัณฑิตมีงานทำมากกว่า 90% ภายใน 1 ปี
- บัณฑิตได้รับเงินเดือนเฉลี่ยสูงกว่ามาตรฐาน
- บัณฑิตที่ต้องการศึกษาต่อในระดับที่สูงกว่าส่วนใหญ่ได้รับทุนการศึกษา ในการศึกษาต่อ
- มีเครือข่ายพี่น้องสัมพันธ์ (ศิษย์เก่าสถิติลาดกระบัง) ที่ประสบความสำเร็จ ในตลาดแรงงานเป็นจำนวนมากที่สามารถให้คำชี้แนะในการทำงานได้

วิธีการรับสมัคร * รับสมัครทางอินเตอร์เน็ต www.reg.kmitl.ac.th

OR-NET2020

Operations Research Network
2020 Conference