วิธีการทางฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

โดย

นางสาวธัญญธรณ์ ทองริ้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2561

วิธีการทางฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

โดย
นางสาวธัณญธรณ์ ทองริ้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561

A HEURISTIC METHOD FOR A CONTAINER LOADING PROBLEM

By

MISS Thanyathorn THONGRIEW

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)
Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2018

หัวข้อ	วิธีการทางฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า
โดย	ธัณญธรณ์ ทองริ้ว
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์)

.... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทองแท่ง ทองลิ่ม)

60405304 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : วิธีการทางฮิวริสติก, ปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

นางสาว ธัณญธรณ์ ทองริ้ว: วิธีการทางฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

ปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้านั้นเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับบริษัทที่เป็นผู้กระจายสินค้า โดยปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากข้อจำกัดที่ถูกนำมาใช้กับพาเลท (Pallet) คือ ข้อจำกัดด้านความสูงรวมของการซ้อนพาเลทต้องไม่เกินพิกัดความสูงของตู้สินค้าด้วยเช่นกัน ในปัจจุบันพบว่าการจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความชำนาญและอาศัยประสบการณ์ของพนักงานในการแก้ปัญหาตามสถาณการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งที่ทำการบรรจุสินค้าลงในตู้สินค้า โดยไม่สามารถรู้ได้ว่าในแต่ละครั้งที่มีการจัดเรียงสินค้าในตู้สินค้านั้นเป็นวิธีที่เหมาะที่สุด โดยปราศจากเครื่องมือในวิเคราะห์การจัดเรียงสินค้า ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์คือ 1) พัฒนาวิธีการทางคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการทางฮิวริสติกมาช่วยในการจัดเรียงและบรรจุสินค้าสำเร็จรูปลงตู้สินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถใช้พื้นที่ภายในตู้สินค้าได้อย่างคุ้มค่า ลดจำนวนตู้สินค้ารวมทั้งลดเวลาในการจัดเรียงสินค้า และเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ 2) เปรียบเทียบวิธีการจัดเรียงสินค้าโดยอ้างอิงจากข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริงกับวิธีการทางคอมพิวเตอร์ โดยมุ่งเน้นศึกษาการจัดเรียงพาเลทที่มีขนาดความกว้าง ความยาวเท่ากัน และมีความสูงที่แตกต่างกัน 7 แบบ ลงในตู้สินค้าที่มีขนาด 40 ฟุต ชนิด High Cube เท่านั้น โดยรูปแบบการจัดเรียงในตู้สินค้านั้น พาเลทจะซ้อนไม่เกิน 3 ชั้น และความสูงรวมการซ้อน ต้องไม่เกินความสูงภายในตู้สินค้า ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการจัดเรียงสินค้าด้วยวิธีการทางคอมพิวเตอร์สามารถจัดเรียงสินค้าได้ถูกต้องแม่นยำ ประมวลผลเร็วกว่าการจัดเรียงแบบใช้ความชำนาญของพนักงาน อีกทั้งยังสามารถลดจำนวนการใช้ตู้สินค้าได้ถึงร้อยละ 10 และเพิ่มการใช้พื้นที่ตู้สินค้าได้มากกว่าเดิมโดยเฉลี่ยร้อยละ 8.33

60405304 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)
Keyword : A heuristic method, A Container Loading Problem

MISS THANYATHORN THONGRIEW : A HEURISTIC METHOD FOR A CONTAINER LOADING PROBLEM THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR CHOOSAK PORNSING, Ph.D.

The container loading problem is a common problem for many other distribution companies. The problem at hand of using pallet loading is the limit of height of the many containers. Currently, the container loading is depended on personal skill and experience by an employee to arrange pallets in the container. In this research, we aim to develop the computer method and implement the space utilization and heuristic method for container loading. 1) develop the computer programming for container loading of pallets based on an appropriate heuristic and implement the algorithm in the program. 2) to compare the developed algorithm with manual practice. The scope of the pallets loading algorithm comprised of the following: pallets are 7 types that differ in height to packing into 40 ft container with high cube dimension; The stacking of pallet cannot be exceeded 3 layers and the total of stacking height cannot be exceeded the height limit of the container. The results of this study showed that the container loading pattern that we input to the computer program could calculate accurately. The algorithm program could reduce the number of containers by 10% and utilize the volume of containers by 8.33% on average.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณที่ปรึกษางานวิจัยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์ ที่ได้ให้คำปรึกษาถ่ายทอดความรู้ คอยให้ คำปรึกษาและผลักดันงานวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลงด้วยดีและถูกต้องตามวัตถุประสงค์

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทองแท่ง ทองลิ่ม ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมไปถึงบุคลากรบริษัทตัวอย่างที่ได้อนุญาตให้ผู้วิจัยศึกษาข้อมูล และนำข้อมูลจริงมาใช้ในการงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนและครอบครัวที่สนับสนุนทุกอย่างในการเรียนระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ธัณญธรณ์ ทองริ้ว

สารบัญ

สารบัญตาราง

หน้า

สารบัญภาพ

หน้า

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ทั่วโลกมีบริษัทที่ผลิตสินค้าส่งออกและบริษัทที่เป็นผู้กระจายสินค้า (Distributor Company) จำนวนมาก ซึ่งการส่งออกสินค้าของหลาย ๆ บริษัทนั้นใช้วิธีการนำสินค้านั้นมาวางและบรรจุลงบนพาเลท (Pallet) เพื่อให้สะดวกต่อการบรรจุลงตู้สินค้า โดยแต่ละครั้งในการบรรจุสินค้าลงในตู้สินค้าต้องมีวิธีการจัดเรียงพาเลทเหล่านั้นให้สามารถใช้พื้นที่ของรถบรรทุกหรือตู้สินค้าที่มีอยู่จำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการจัดเรียงพาเลทในจำนวนที่ถูกต้องอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม และเป็นการลดจำนวนรถบรรทุกและตู้สินค้าให้ได้มากที่สุด ซึ่งเป็นปัญหาระดับปฏิบัติการ (Operational Level) ที่เกิดขึ้นในบริษัทผู้ผลิตสินค้าส่งออกและบริษัทผู้กระจายสินค้าทั่วโลก ที่ต้องพบเจอปัญหาเหล่านี้อย่างต่อเนื่อง และจึงต้องการหาวิธีการที่เหมาะที่สุด (Optimal Solution) มาช่วยในการแก้ปัญหา ในขณะเดียวกันก็ช่วยลดต้นทุนการขนส่งสินค้าและเพิ่มผลกำไรให้กับองค์กรของตัวเองไปได้พร้อมกัน [1]

ปัญหาในการบรรจุสินค้าลงตู้สินค้านั้น สามารถพบเจอได้หลากหลายสาเหตุที่เกิดจากบรรจุสินค้าลงตู้สินค้า (Multi Container Loading Problem: MCLP) สิ่งหนึ่งที่เป็นข้อจำกัดที่สำคัญคือ ความสูงของตู้บรรจุสินค้า ซึ่งการบรรจุสินค้าในแต่ละครั้งนั้น ความสูงของสินค้าที่วางบนพาเลทต้องไม่เกินพิกัดความสูงของตู้สินค้า รวมทั้งความสูงรวมของการซ้อนพาเลทหลายชั้นต้องไม่เกินพิกัดความสูงของตู้สินค้าด้วยเช่นกัน เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุระหว่างบรรจุพาเลทลงตู้สินค้าด้วย

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการจัดเรียงและบรรจุสินค้าลงตู้สินค้าคือ ขนาดของสินค้าที่ต้องสัมพันธ์กันกับขนาดของตู้สินค้า ซึ่งในกระบวนการจัดเรียงและบรรจุสินค้าลงตู้สินค้านั้น ต้องใช้พื้นที่ภายในตู้สินค้าให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้วยการใช้หลักการจุดศูนย์ถ่วง (Centre of gravity) ในการจัดตำแหน่งพาเลททั้งหมดลงตู้สินค้าโดยการคำนึงถึงขนาดของตู้สินค้าเป็นหลัก [2] ด้วยการกำหนดรูปแบบการจัดวางพาเลทตามความกว้างและความยาวของตู้สินค้าทำให้สามารถวางพาเลทได้ในชั้นแรก ปัญหาที่ตามมาคือการวางสินค้าเพิ่ม ซึ่งเป็นการวางซ้อนทับพาเลทเดิม ซึ่งทำให้สามารถพิจารณาจำนวนการวางซ้อนทับกันสูงสุดของพาเลทได้จากความสูงของตู้สินค้า โดยในแต่ละชั้นของพาเลทที่นำมาซ้อนทับกันควรจะเป็นพาเลทที่มีขนาดเท่ากัน เพื่อให้พาเลทมีความสมดุลและมั่นคงแข็งแรง [3]

สำหรับกรณีศึกษาที่ยกมาศึกษาในงานวิจัยนี้ คือบริษัทผลิตบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อน ที่มีกิจกรรมการส่งออกสินค้าไปยังต่างประเทศด้วยการบรรจุสินค้าลงในตู้สินค้า สินค้าที่ถูกบรรจุลงในตู้สินค้านั้นมีลักษณะเป็นม้วนและต้องมีการจัดเรียงม้วนงานต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับขนาดของตู้สินค้า ซึ่งในแต่ละครั้งที่มีการบรรจุสินค้าลงในตู้สินค้านั้นมักพบปัญหาการจัดเรียงสินค้า

การทำงานในปัจจุบันมีการใช้คนในการจัดเรียงและบรรจุสินค้าลงตู้สินค้า ซึ่งงานดังกล่าวขึ้นอยู่กับความชำนาญและอาศัยประสบการณ์ในการแก้ปัญหาตามสถาณการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ครั้งที่ทำการบรรจุสินค้าลงในตู้สินค้า โดยไม่สามารถรู้ได้ว่าในแต่ละครั้งที่มีการจัดเรียงสินค้าในตู้สินค้านั้นเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดหรือไม่

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงมีจุดประสงค์คือต้องการนำวิธีทางคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการทางฮิวริสติกมาช่วยในการจัดเรียงและบรรจุสินค้าลงตู้สินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและอำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ ให้สามารถใช้พื้นที่ภายในตู้สินค้าได้คุ้มค่า ลดจำนวนตู้สินค้า และเวลาในการจัดเรียงสินค้า

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 พัฒนาวิธีการทางคอมพิวเตอร์ใช้วิธีการทางฮิวริสติกมาช่วยในการจัดเรียงและบรรจุสินค้าสำเร็จรูปลงตู้สินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.2 เปรียบเทียบวิธีการจัดเรียงสินค้าโดยอ้างอิงจากข้อมูลการปฏิบัติงานจริงกับวิธีการทางคอมพิวเตอร์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ใช้วิธีการฮิวริสติกในการจัดเรียงบนพาเลทในตู้สินค้า

1.3.2 พาเลทที่นำมาใช้ในการบรรจุตู้สินค้ามีขนาดความกว้างและความยาวเท่ากันคือ 1,150 มิลลิเมตร โดยมีความสูงที่แตกต่างกันทั้งหมด 7 ขนาด คือ

1.3.2.1. พาเลทที่บรรจุสินค้าสำเร็จรูปชนิด T ที่มีความสูง 2,008 มิลลิเมตร

1.3.2.2. พาเลทที่บรรจุสินค้าสำเร็จรูปชนิด U ที่มีความสูง 1,200 มิลลิเมตร

1.3.2.3. พาเลทที่บรรจุสินค้าสำเร็จรูปชนิด V ที่มีความสูง 1,156 มิลลิเมตร

1.3.2.4. พาเลทที่บรรจุสินค้าสำเร็จรูปชนิด W ที่มีความสูง 1,150 มิลลิเมตร

1.3.2.5. พาเลทที่บรรจุสินค้าสำเร็จรูปชนิด X ที่มีความสูง 1,051 มิลลิเมตร

1.3.2.6. พาเลทที่บรรจุสินค้าสำเร็จรูปชนิด Y ที่มีความสูง 757 มิลลิเมตร

1.3.2.7. พาเลทที่บรรจุสินค้าสำเร็จรูปชนิด Z ที่มีความสูง 473 มิลลิเมตร

1.3.3 ตู้สินค้าที่ถูกนำมาใช้ในการจัดเรียงมีขนาด 40 ฟุต (ขนาดกว้าง 12.01 เมตร ยาว 2.34 เมตร สูง 2.66 เมตร ซึ่งมีชื่อเรียกว่าชนิด High cube) ซึ่งเป็นขนาดหลักที่เลือกใช้ในการส่งออกสินค้าของบริษัท

1.4 กรอบแนวคิดในการศึกษา

ตัวแปรต้น	**วิธีการศึกษาวิจัย**	**ตัวแปรตาม**
- ปัญหาในการบรรจุพาเลทที่ลงในตู้สินค้า - ข้อจำกัดความสูงของตู้บรรจุสินค้า - ความชำนาญและประสบการณ์ในการจัดเรียงพาเลทสินค้าลงตู้สินค้า	- พัฒนาวิธีการทางคอมพิวเตอร์ใช้วิธีการทางฮิวริสติก - การจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า - ทฤษฎีฮิวริสติก	- วิธีการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าที่มีประสิทธิภาพและสามารถช่วยในการตัดสินใจในเชิงปฏิบัติจริงได้ - จำนวนการใช้ตู้สินค้า - ปริมาตรการใช้ประโยชน์ของตู้สินค้า - ระยะเวลาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถลดจำนวนรถบรรทุกหรือตู้สินค้าในแต่ละครั้งที่มีการจัดเรียงและบรรจุสินค้าสำเร็จรูปได้

1.4.2 สามารถลดต้นทุนที่เกิดจากรถบรรทุกหรือตู้สินค้าในการขนส่งสินค้าสำเร็จรูปได้

1.4.3 สามารถลดระยะเวลาในการวางแผนการจัดเรียงสินค้าได้

บทที่ 2
ทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและงานวิจัยเรื่อง วิธีการทางฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า ผู้วิจัยได้รวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัย โดยเริ่มจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ซึ่งเน้นสำคัญไปที่เนื้อหาเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้า และการพัฒนาวิธีการทางคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการทางฮิวริสติกมาช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเรียงสินค้าในตู้สินค้า ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงได้รวบรวมแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับโลจิสติกส์

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับตู้สินค้าและพาเลท

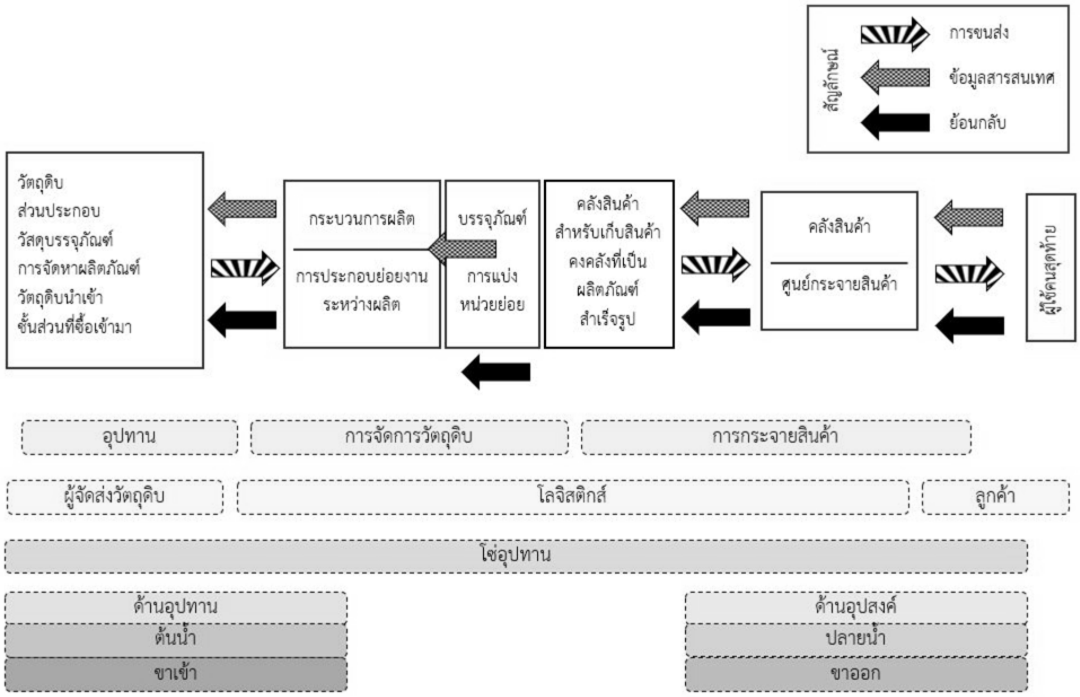
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชนิดอ่อนยืด (Flexible Packaging)

2.4 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า (The Container Loading Problem)

2.5 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก (Heuristic Optimization)

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับโลจิสติกส์

ในปัจจุบันโลจิสติกส์เข้ามามีบทบาทอย่างมากในอุตสาหกรรม และเริ่มมีมากขึ้นครอบคลุมไปยังโซ่อุปทาน ซึ่งแนวคิดของโลจิสติกส์จึงไม่ใช้ประเด็นหลักในเรื่องของการขนส่งเพียงอย่างเดียว แต่เกี่ยวข้องกับการไหลทั้งทางกายภาพและข้อมูลสารสนเทศ รวมไปถึงการจัดเก็บสินค้าคงคลัง ตั้งแต่วัตถุดิบไปจนถึงการกระจายสินค้าของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยบทบาทของโลจิสติกส์ได้มีการเปลี่ยนแปลงจนมีความสำคัญต่อความสำเร็จในเชิงปฏิบัติการและองค์กร สามารถเขียนรูปแบบการไหลของโลจิสติกส์ของบริษัทผู้ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีการเคลื่อนไหวเร็วได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบของโลจิสติกส์ของบริษัทผู้ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีการเคลื่อนไหวเร็ว

นิยามและความสำคัญของโลจิสติกส์

นิยามของโลจิสติกส์นั้นถูกพัฒนาควบคู่ไปกับผลิตภัณฑ์และระบบต่างๆ ที่ทำหน้าที่แตกต่างกันโดยเปลี่ยนแปลงไปตามข้อจำกัดและความต้องการที่หลากหลายเกี่ยวกับระบบและสภาพแวดล้อมที่มีกระบวนการด้านโลจิสติกส์เข้าเกี่ยวข้อง โดยชื่อและนิยามต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจะมีบางชื่อที่ถูกนำมาใช้กับโลจิสติกส์ ยกตัวอย่างเช่น การกระจายสินค้าทางกายภาพ โลจิสติกส์ โลจิสติกส์ธุรกิจ การจัดการวัสดุ การจัดหาและอุปทาน การไหลของผลิตภัณฑ์ โลจิสติกส์การตลาด การจัดการโซ่อุปทานและการจัดการโซอุปสงค์ ฯลฯ

สำหรับคำนิยามและชื่อเหมาะสมมีมากมาย ซึ่งทางผู้วิจัยได้เลือกบางนิยามมามีดังนี้

คำนิยามของ Hesket, Glaskowsky และ Ivie, กล่าวว่า โลจิสติกส์ คือ การจัดกิจกรรมทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่และการประสานความสัมพันธ์ระหว่างอุปทานและอุปสงค์ในการใช้เวลาและสถานที่

คำนิยามการจัดการโลจิสติก์ของ Council of Supply Chain Management Professional (CSCMP) คือ การวางแผน การนำไปปฏิบัติ และการควบคุมการไหลที่มีประสิทธิภาพ มีประสิทธิผล

ทั้งในทิศทางไปข้างหน้าและย้อนกลับ และการจัดเก็บสินค้า บริการ และข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องระหว่างจุดกำเนิดและจุดที่มีการบริโภค เพื่อตอบสนองข้อเรียกร้องของลูกค้า โดยแสดงรูปแบบการไหลของการจัดการโลจิสติกส์ดังภาพที่ 1 รูปแบบของโลจิสติกส์ของบริษัทผู้ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีการเคลื่อนไหวเร็ว

จากนิยามข้างต้นทั้งสองแสดงให้เห็นถึงทัศนคติที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและสามารถประยุกต์ได้กับทุกอุตสาหกรรม ซึ่งในเชิงอุตสาหกรรมอาจอธิบายนิยามของโลจิสติกส์ได้ว่า โลจิสติกส์เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพไปจนถึงจุดที่มีการบริโภค โดยเน้นไปที่ความมีประสิทธิผลของต้นทุนและการบริการลูกค้า

อย่างไรก็ตามนิยามโลจิสติกส์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ได้คือ สามารถนำแนวคิดของโลจิสติกส์มาเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง การขนส่ง การจัดเก็บสินค้า การขนถ่ายวัสดุ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำไปสู่การวางแผนในระยะยาว ซึ่งการมีนิยามที่ชัดเจนมากขึ้นทำให้สามารถชี้บ่งในมาตรฐานการลดต้นทุนได้ รวมทั้งการลดปริมาณการถือครองสินค้าคงคลัง การใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการควบคุมและให้ข้อมูลสารสนเทศ เป็นต้น

คลังสินค้าและการจัดเก็บสินค้า

คลังสินค้านั้นถือเป็นส่วนหนึ่งของระบบโซ่อุปทาน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของ การผันผวนของตลาด ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น และการลดเวลานำ (Leadtime) ล้วนมีผลกระทบต่อบทบาทของการจัดการคลังสินค้า จึงต้องออกแบบและใช้งานคลังสินค้าให้สอดคล้องกับข้อเรียกร้องที่เฉพาะเจาะจงของโซ่อุปทานโดยรวม ซึ่งการออกแบบคลังสินค้าจะต้องให้ตอบสนองระดับการบริการที่จำเป็นต่อลูกค้า ต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น พนักงาน และอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ทำให้คลังสินค้านั้นมีต้นทุนที่สูง และการจัดการคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพนั้นต้องวัดผลทั้งในแง่ของต้นทุนและการบริการ ในการพิจาณาต้นทุนในการถือคลองสินค้าคงคลังของบริษัทแห่งหนึ่งที่นำมาวิจัยนั้น มี 2 ปัจจัย คือ ประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ในอาคาร และต้นทุนในส่วนของอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ

โลจิสติกส์ระหว่างประเทศ

โรงงานบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนยืดที่เลือกนำมาวิจัยนี้มีการส่งออกสินค้าม้วนฟิล์มไปยังทั่วโลก อาทิเช่น ดูไบ ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ ญี่ปุ่น จีน และอินโดนีเซีย เป็นต้น วิธีการขนส่งระยะไกลจึงมีความสำคัญมากสำหรับการพัฒนาเชิงปฏิบัติการทางโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพและครอบคลุมไปทั่วโลก ดังนั้นความเข้าใจเกี่ยวกับการเลือกวิธีการขนส่งสินค้าไม่ว่าจะเป็นทางทะเลหรือทางอากาศจึงมีความสำคัญมาก

ซึ่งสามารถพิจาณารูปแบบสำหรับการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศได้ [4] การเลือกวิธีการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดจึงเป็นการตัดสินใจขั้นพื้นฐานสำหรับโลจิสติกส์และการกระจายสินค้าระหว่างประเทศ หลักเกณฑ์ที่สำคัญที่สุดในการเลือก คือการรักษาสมดุลระหว่างต้นทุนกับความพึงพอใจในบริการของลูกค้า ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของการขนส่งได้ทั้งหมด 4 แบบ คือ การขนส่งสินค้าทางทะเล การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศทางถนน การขนส่งสินค้าทางรถไฟ และการขนส่งสินค้าทางอากาศ

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับตู้สินค้า

2.2.1 การขนส่งด้วยระบบตู้สินค้า

การขนส่งระหว่างประเทศ [5] ทั่วโลกร้อยละ 90 เป็นการขนส่งทางทะเล ซึ่งจัดเป็นการขนส่งที่มีความสำคัญที่สุดและใช้มากที่สุดของการขนส่งทุกประเภท เนื่องจากมีต้นทุนการขนส่ง มีค่าระวางบรรทุก ถูกกว่าการขนส่งรูปแบบอื่น ทั้งยังสามารถขนส่งสินค้าได้คราวละมาก ๆ จากผลการศึกษาของธนาคารโลก พบว่าต้นทุนการขนส่งทางเรือที่ลดลงร้อยละ 1 จะช่วยเพิ่มส่วนแบ่งการค้าให้ผู้ส่งออกได้ถึงร้อยละ 5-8 และหากต้นทุนด้านโลจิสติกส์รวมลดลงร้อยละ 10 จะช่วยเพิ่มปริมาณการค้าได้มากถึงร้อยละ 20 แสดงให้ถึงเห็นความสัมพันธ์ของการขนส่งทางทะเลกับโลจิสติกส์ อย่างไรก็ตามการขนส่งสินค้าส่วนใหญ่จะใช้การขนส่งทางทะเลด้วยเรือประเภท Container Vessel และธุรกิจการเดินเรือบรรทุกสินค้าตู้สินค้าเป็นธุรกิจที่ใหญ่ที่สุดในบรรดาธุรกิจเดินเรือขนส่งทั้งหมด หรือคิดเป็นร้อยละ 55 ของธุรกิจขนส่งทางทะเล การขนส่งโดยนำสินค้าจัดเรียงลงตู้สินค้าเป็นการขนส่งที่สะดวก สะอาด รวดเร็ว ปลอดภัย และประหยัดค่าใช้จ่ายจัดเป็นการขนส่งเพียงระบบเดียวที่สนับสนุนระบบโลจิสติกส์ได้อย่างสมบูรณ์ และปัจจุบันการเดินเรือบรรทุกสินค้าตู้สินค้าเติบโตอย่างรวดเร็ว มีสินค้าบางประเภทซึ่งเดิมไม่ได้ขนส่งด้วยระบบตู้สินค้า แต่ได้เปลี่ยนมาใช้การขนส่งด้วยระบบตู้สินค้ามากขึ้น

ระบบการขนส่งด้วยตู้สินค้าอาจถือได้ว่าเป็นวิธีการขนส่ง สินค้าแบบพิเศษเพราะช่วยให้เกิดการขนส่งระวางสินค้าแบบต่างรูปแบบ (multi-model) หรือการเคลื่อนย้ายสินค้าปริมาณมากหรือขนาดใหญ่ (bulk) จากวิธีการขนส่งวิธีหนึ่งไปยังอีกวิธีหนึ่งได้อย่างง่ายดาย สินค้าที่จะขนส่งจะต้องมี

การนำมาจัดเรียงตู้ (stuffing) และขนย้ายไว้บนเรือ Container Ship ที่ออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับใช้ในการขนส่งสินค้าด้วยตู้สินค้า อย่างไรก็ตามท่าเรือที่จะมารองรับเรือประเภทนี้ต้องมีการออกแบบที่เรียกว่า Terminal Design เพื่อให้มีความเหมาะสมทั้งในเชิงวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม โดยจะต้องประกอบด้วยท่าเทียบเรือเขื่อนกั้นคลื่นรวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

2.2.2 คุณลักษณะของตู้สินค้า

ตู้สินค้าเป็นลักษณะตู้ผลิตด้วยเหล็กหรืออลูมิเนียม (Durable Packing) โดยขนาดเป็นมาตรฐานที่นิยมใช้กันแพร่หลายที่สุด คือ ยาว 20 ฟุต และ 40 ฟุต ตู้สินค้ามักจะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมทผลิตด้วยเหล็กหรืออะลูมิเนียม ทำให้มีโครงสร้างภายนอกที่แข็งแรงสามารถวางเรียงซ้อนกันได้ไม่น้อยกว่า 10 ชั้น ขึ้นอยู่กับโครงสร้างและความมั่นคงของเรือ โดยตู้สินค้าที่ซ้อนกันเป็นตั้งๆ ถูกยึดด้วยเหล็กรัดยึด (slot) เพื่อให้แต่ละตู้มีการยึดติดกันอย่างมั่นคงตลอดการเดินทางตู้สินค้าส่วนใหญ่แล้วจะมีประตู 2 บาน ซึ่งมีรายละเอียดระบุเกี่ยวกับตู้ เช่น หมายเลขตู้น้ำหนักของสินค้าจัดเรียงสูงสุด เป็นต้น เมื่อปิดแล้วจะมีที่ล็อกตู้ซึ่งใช้ในการคล้องซีลปิดผนึก (seal) ที่จากเดิมใช้ตะกั่วแต่ปัจจุบันเปลี่ยนมาใช้พลาสติกในการซีลปิดผนึก และมีหมายเลขกำกับเพื่อใช้ในการบ่งชี้สถานภาพและยังได้มีการพัฒนาไป เป็นElectronic Seal ที่สามารถตรวจสอบด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อคนหาและติดตามตำแหน่งของตู้สินค้า (track and trace System) โดยขนาดของตู้สินค้าแต่ละชนิดแสดงดังภาพที่ 2

		20′ Container		40′ Container		40′ High-Cube Container		45′ High-Cube Container	
		English	Metric	English	Metric	English	Metric	English	Metric
External Dimensions	Length	19′ 10 ½″	6.058 m	40′ 0″	12.192 m	40′ 0″	12.192 m	45′ 0″	13.716 m
	Width	8′ 0″	2.438 m	8′ 0″	2.438 m	8′ 0″	2.438 m	8′ 0″	2.438 m
	Height	8′ 6″	2.591 m	8′ 6″	2.591 m	9′ 6″	2.896 m	9′ 6″	2.896 m
Interior Dimensions	Length	18′ 8 13⁄16″	5.710 m	39′ 5 45⁄64″	12.032 m	39′ 4″	12.000 m	44′ 4″	13.556 m
	Width	7′ 8 19⁄32″	2.352 m	7′ 8 19⁄32″	2.352 m	7′ 7″	2.311 m	7′ 8 19⁄32″	2.352 m
	Height	7′ 9 57⁄64″	2.385 m	7′ 9 57⁄64″	2.385 m	8′ 9″	2.650 m	8′ 9 15⁄16″	2.698 m
Door Opening	Width	7′ 8 ⅛″	2.343 m	7′ 8 ⅛″	2.343 m	7′ 6″	2.280 m	7′ 8 ⅛″	2.343 m
	Height	7′ 5 ¾″	2.280 m	7′ 5 ¾″	2.280 m	8′ 5″	2.560 m	8′ 5 49⁄64″	2.585 m
Internal Volume		1,169 ft³	33.1 m³	2,385 ft³	67.5 m³	2,660 ft³	75.3 m³	3,040 ft³	86.1 m³
Max Gross Weight		66,139 lb	30,400 kg	66,139 lb	30,400 kg	68,008 lb	30,848 kg	66,139 lb	30,400 kg
Empty Weight		4,850 lb	2,200 kg	8,380 lb	3,800 kg	8,598 lb	3,900 kg	10,580 lb	4,800 kg
Net Load (Payload)		61,289 lb	28,200 kg	57,759 lb	26,600 kg	58,598 lb	26,580 kg	55,559 lb	25,600 kg

ภาพที่ 2 รายละเอียดขนาดของตู้สินค้า

ที่มา: มนตรี รัตนาวิจิตร (2560). ขนาดตู้ Container [6] เข้าถึงเมื่อวันที่ 23-4-62

เข้าถึงได้จาก: http://goodforklift.blogspot.com/2017/09/container.html

2.2.3 ประเภทของตู้สินค้า

การขนส่งสินค้าด้วยตู้สินค้านั้นสินค้าจะต้องถูกจัดเรียงใน ตู้สินค้า หากผู้ขายเป็นผู้จัดเรียงจะเรียกว่า Term CY คือ Consignee Load and Count หากบริษัทเรือเป็นผู้จัดเรียงสินค้าในท่าเรือ (Inland Container Depot หรือ ICD) ซึ่งตัวแทนบริษัทเรือเป็นเจ้าของสถานที่จะเรียก ลักษณะการขนส่งแบบนี้ว่า Container Freight Station (CES) โดยสินค้า ที่จะเป็น Term CY ได้นั้น จะต้องเป็นสินค้าประเภทเต็มตู้ที่เรียกว่า Full Container Load (FCL) ส่วนใน Term CFS สามารถเป็นได้ทั้งที่เป็น FCL และการจัดเรียงแบบรวมตู้ (consolidated) คือ สินค้าน้อยกว่า 1 ตู้ ซึ่งเรียกว่า Less Container Load: LCL โดยตู้สินค้าถูกจัดแบ่งได้ เป็น 5 ประเภทดังต่อไปนี้

1. Dry Cargoes เป็นตู้ใส่สินค้าทั่วไปที่ไม่ต้องการรักษาอุณหภูมิ มีการจัดเรียงหีบห่อหรือภาชนะ โดยสินค้าที่เข้าตู้แล้วจะต้องมีการจัดทำที่กันไม่ให้สินค้าเลื่อนหรือขยับ ซึ่งอาจใช้ถุงกระดาษที่มีการเป่าลม หรือ เรียกว่า Balloon Bags มาวางอัดไว้ในช่องว่างของสินค้ากับตัวตู้หรืออาจใช้ไม้มาปิดกันเป็นผนังหน้าตู้เรียกว่า Wooden Partition แต่หากใช้ เป็นเชือกไนลอนรัดหน้าตู้จะเรียกว่า Lashing แสดงดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 ตู้สินค้าประเภท Dry Cargoes

ที่มา: Monali Bhujbal (2010). 40 Fott Steel Dry Cargo Container [7]

เข้าถึงเมื่อวันที่ 23-4-2019 เข้าถึงได้จาก: https://www.indiamart.com/proddetail/40-fott-steel-dry-cargo-container-6435450430.html

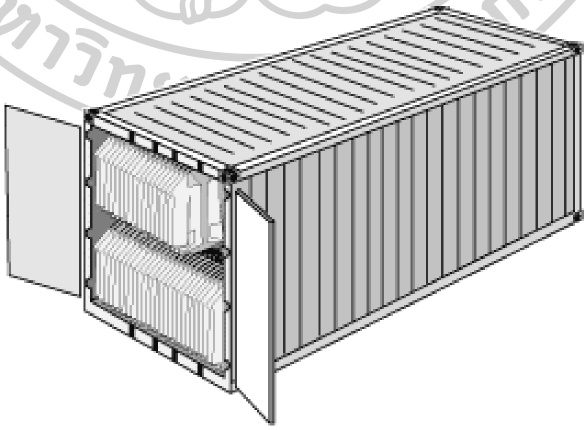
2. Refrigerator Cargoes เป็นตู้สินค้าประเภทที่มีเครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิในตู้ ซึ่งตามมาตรฐานต้องสามารถปรับ อุณหภูมิได้อย่างน้อย -18 องศาเซลเซียส โดยเครื่องทำความเย็นนี้อาจ ติดอยู่กับตัวตู้หรือมีปลักใช้กระแสไฟฟ้าเสียบจากนอกตู้ และจะต้องมีที่ วัดอุณหภูมิแสดงให้เห็นสถานะของอุณหภูมิในตู้สินค้าแสดงดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 ตู้สินค้าประเภท Refrigerator Cargoes

ที่มา: Marketing Masten (2007). Indo Container [8] เข้าถึงเมื่อวันที่ 23-4-2019

เข้าถึงได้จาก: http://www.indokontainer.com/tag/harga-kontainer/page/18/

3. Garment Container เป็นตู้สินค้าที่ออกแบบสำหรับใช้ในการ จัดเรียงสินค้าที่เป็นเสื้อผ้า โดยมีราวสำหรับแขวนเสื้อ ส่วนใหญ่มักจะใช้กับ สินค้าที่เป็น Fashion และไม่ต้องการการพับเก็บหรือจัดเรียงเก็บ Packing ซึ่งจะมีผลทำให้เสื้อผ้ายับ เสียรูปทรง หรือไม่สวยงามได้แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตู้สินค้าประเภท Garment Container

ที่มา: DSV global transport and logistics (2018). Garments on hangers' containers [9]

เข้าถึงเมื่อวันที่ 23-4-2019 เข้าถึงได้จาก: http://www.uk.dsv.com/sea-freight/sea-containers/garments-on-hangers-containers

4. Open Top Container เป็นตู้ซึ่งส่วนใหญ่จะต้องขนาด 40 ฟุต โดยจะออกแบบมาไม่ให้มีหลังคาสำหรับใช้ในการวางสินค้าขนาดใหญ่ เช่น เครื่องจักร ซึ่งไม่สามารถขนย้ายผ่านประตูตู้ปกติได้ จึงต้องขนย้ายโดยการยกส่วนบนของตู้แทนแสดงดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 ตู้สินค้าประเภท Open Top Container
ที่มา: Maik Morysse (2018). 20' Hard Top Open Top [10]
เข้าถึงเมื่อวันที่ 23-4-2019 เข้าถึงได้จาก: https://www.lotus-containers.com/pt/a-nossa-oferta/frota/hard-top-open-top/20-hard-top-open-top/

5. Flat-Rack Container เป็นตู้ที่ออกแบบมีเพียงพื้นราบและผนังหน้า-หลังเท่านั้น โดยมีขนาดกว้างและยาวตามมาตรฐานของตู้สินค้า แต่มีพื้นพิเศษ (platform) สำหรับใส่สินค้าที่มีลักษณะเป็นพิเศษ เช่น เครื่องจักร แท่งหิน ประติมากรรม หรือรถแทรกเตอร์ ซึ่งสินค้าเหล่านี้จะขนส่งด้วยเรือที่เป็น Conventional Ship แต่หากขนส่งด้วยเรือระบบตู้สินค้า จะต้องวางใน Flat-Rack เพื่อให้สามารถจัดเรียงกองในรูปแบบที่เป็น Slot ซึ่งเป็นลักษณะของเรือที่เป็นตู้สินค้าแสดงดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 ตู้สินค้าประเภท Flat-Rack Container

ที่มา: Hariesh Manaadiar (2008). 20′ Flat Rack Container [11]

เข้าถึงเมื่อวันที่ 23-4-2019 เข้าถึงได้จาก: https://shippingandfreightresource.com/special-containers/

2.2.4 พาเลทวางสินค้า

สินค้าส่วนใหญ่ที่ผ่านคลังสินค้าจะเป็นสินค้าที่ผ่านการจัดเรียงสินค้าเป็นพาเลทแล้ว จัดเรียงนี้อาจใช้เพื่อจัดเรียงผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันหรือเพื่อรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ โดยมากแล้วจัดเรียงสินค้าที่กล่าวถึงนี้มีหลายระดับ เช่นจัดเรียงพาเลทในที่ปิดล้อมผลิตภัณฑ์โดยตรง (หรือจัดเรียงพาเลทหลักชั้นที่หนึ่ง) ใส่วางพาเลทอีกจำนวนหนึ่ง (ชั้นที่สอง) เพื่อช่วยเหลือในการขนส่งและการขนถ่าย ลักษณะธรรมชาติของพาเลทมีความสำคัญมากต่อการปฏิบัติการคลังสินค้า โดยเฉพาะเมื่อลูกค้าอาจจะต้องการสินค้าในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นคำสั่งของลูกค้าบางรายอาจจะเป็นคำสั่งที่สั่งสินค้าเป็นม้วนหรือเป็นชิ้นหรือแม้กระทั่งเป็นลัง ในเชิงการปฏิบัติการคลังสินค้าต้องออกแบบมาให้สามารถหยิบและจัดส่งสินค้าได้ให้แก่ลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ว่าจะปริมาณเท่าใดก็ตาม

โซ่อุปทานส่วนใหญ่จะสร้างอยู่บนพื้นฐานแนวคิดของหน่วยระวางสินค้า (Unit load) ซึ่งเป็นหน่วยที่ใช้ในการขนส่ง จัดเก็บ และขนถ่ายสินค้าในแบบจำลองมาตรฐาน ซึ่งที่นิยมใช้ในการดำเนินคลังสินค้าของหน่วยระวางสินค้าที่ใช้กัน มีดังนี้

1. ภาชนะขนาดเล็ก เช่นกระบะ ใส่สินค้าขนาดเล็ก
2. พาเลท (Pallet) ชนิดไม้ที่มีขนาดมาตรฐาน

3. พาเลทแบบกรงและแบบกล่อง

4. พาเลทแบบกรงเลื่อนได้ (Roll-cage)

ซึ่งหน่วยระวางสินค้าที่นำมาวิจัยนี้คือ พาเลทชนิดไม้ที่มีขนาดมาตรฐาน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการดำเนินงานวิจัยการจัดการระบบขนถ่ายที่ออกแบบและพิจารณามาใช้สำหรับหน่วยการขนส่งด้วยการจัดเรียงลงตู้จัดเรียงสินค้าดังภาพที่ 8

ภาพที่ 8 พาเลทชนิดไม้ที่มีขนาดมาตรฐาน

ที่มา: ดับเบิลยูทีซี คอร์ปอเรชั่น (2556). พาเลท 2 ทาง [12] เข้าถึงเมื่อวันที่ 23-4-62

เข้าถึงได้จาก: http://www.wtcpallet.com/product.php

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อน (Flexible Packaging)

บริษัทตัวอย่างที่นำมาศึกษานั้นผลิตสินค้ากลุ่มบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อน ที่ใช้สำหรับบรรจุอาหารเป็นหลัก ซึ่งในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เป็นที่นิยมอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหารทั่วโลก ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่ส่งออกสินค้ากลุ่มบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนไปยังหลายประเทศ เช่น ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย จีน นิวซีแลนด์ และอีกหลายประเทศในภูมิภาคเอเชีย เนื่องจากปัจจุบันมีแนวโน้มการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดนี้ทดแทนบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เช่น ขวดแก้ว กล่องพลาสติกแข็ง และกระป๋องโลหะมากขึ้นเรื่อยๆ

บรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อน คือ การนำแผ่นฟิล์มพลาสติกมาผ่านกระบวนเคลือบ (Lamination) โดนการนำแผ่นฟิล์มพลาสติกหลายชนิด ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันมาเคลือบติดเป็นเป็นแผ่นเดียว หรือแม้กระทั่งนำแผ่นฟิล์มพลาสติกไปเคลือบกับกระดาษหรือแผ่นโลหะบาง (Alu Foil) โดยทำการยึดติดระหว่างชั้นด้วยการใช้ความร้อนหรือใช้กาว (Adhesive) มาเป็นตัวประสาน กระบวนนี้จะให้ฟิล์มที่มาคุณภาพสูงคือ ทนกรด ป้องกันความชื้น และป้องกันการขีดข่วน เป็นต้น อีกทั้งยังรักษา

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ถูกบรรจุภายในให้มีอายุการจัดเก็บมากขึ้นด้วย ฟิล์มที่ถูกเคลือบแล้วจะมีจำนวนชั้นของฟิล์มมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและความต้องการของลูกค้า

2.3.1 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อน

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการพิมพ์

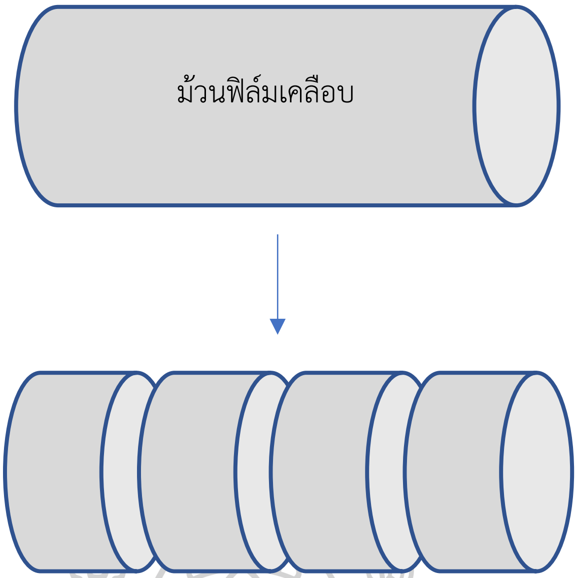
นำฟิล์มที่มีคุณสมบัติที่เหมาะกับการพิมพ์ เช่น ฟิล์ม PET (Polyethylene Terephthalate) มาเข้ากระบวนการพิมพ์ ด้วยเครื่องพิมพ์ชนิด Gravure ตามลวดลายที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการเคลือบ

นำฟิล์มพิมพ์ที่ได้จากกระบวนการพิมพ์ขั้นตอนที่ 1 มาเคลือบกับฟิล์มปิดกั้น (Barrier layer) โดยใช้กาวเป็นตัวเชื่อมให้ฟิล์มทั้งสองชั้นติดกัน ฟิล์มชั้นปิดกั้นนี้ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ Alu foil ในการเคลือบเพื่อให้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่ได้นั้นมีคุณสมบัติคงทนต่อกรด ป้องกันความชื้นต่าง ๆ ได้ จากนั้นนำฟิล์มที่ได้ทั้งสองชั้นไปเคลือบต่อกับฟิล์มชั้นที่ 3 นั่นคือฟิล์มชั้นซีล (Seal layer) ฟิล์มชั้นนี้จะมีคุณสมบัติคือเมื่อนำฟิล์มมาพับประกบกันแล้วให้ความร้อน ฟิล์มจะหลอมรวมและติดกันได้ หากฟิล์มบรรจุภัณฑ์ไม่มีชั้นซีล จะไม่สามารถประกอบขึ้นรูปเป็นซองบรรจุภัณฑ์ได้ จากนั้นฟิล์มที่ถูกเคลือบประกบกันเป็นแผ่นเดียวแล้วจำนำมาทำการม้วนเก็บเป็นม้วนแล้วเรียกว่า ม้วนฟิล์มเคลือบ (Laminated Reel)

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการแล่ตัด

นำม้วนฟิล์มเคลือบที่ได้จากกระบวนการที่ 2 ซึ่งจะเป็นม้วนเคลือบที่มีหน้ากว้างของฟิล์มขนาดใหญ่เข้ากระบวนการแล่ตัด โดยใช้เครื่องแล่ตัดในการแล่จากม้วนใหญ่ กลายเป็นม้วนเล็กตามขนาดที่ต้องการแสดงดังภาพที่ 9 ซึ่งในกระบวนการนี้หากลูกค้าต้องการให้ส่งฟิล์มเคลือบเป็นม้วน ม้วนงานที่ได้จะถูกส่งไปยังแผนกบรรจุและนำเข้าคลังสินค้าเพื่อส่งต่อไป และหากลูกค้าต้องการสินค้าเป็นชนิดซอง ม้วนงานที่ได้จากกระบวนการแล่ตัดจะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการทำซอง



ภาพที่ 9 กระบวนการแล่ตัดม้วนฟิล์มเคลือบ

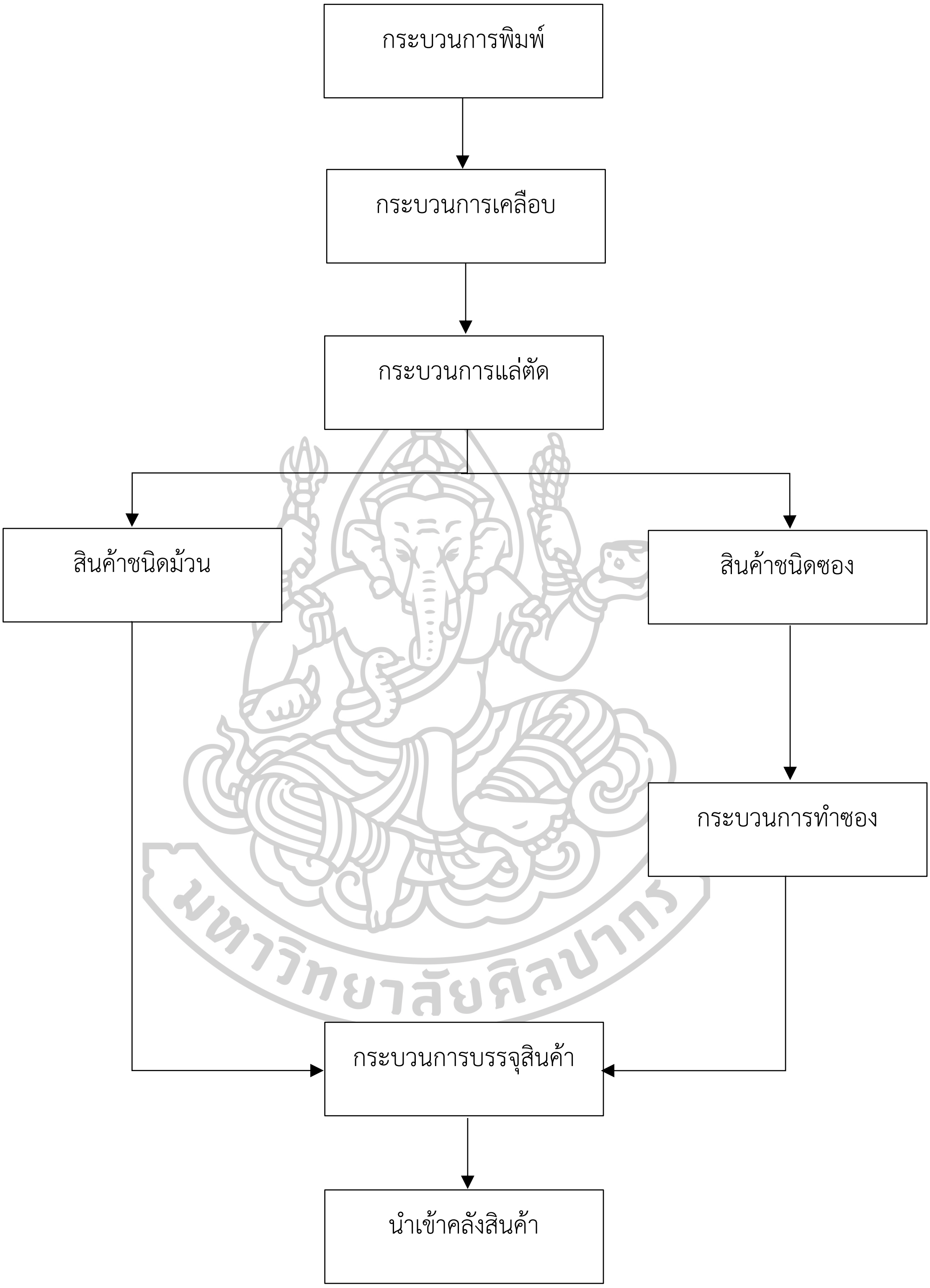
ขั้นตอนที่ 4 กระบวนการทำซอง

นำม้วนที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 มาเข้าเครื่องทำซอง เพื่อทำการพับประกบซองให้ได้ตามขนาดที่ลูกค้าต้องการ จากนั้นทำการให้ความร้อนบริเวณรอยพับซองโดยใช้แท่นซีล เพื่อให้ฟิล์มติดกันและคงรูปเป็นซองใส่อาหารได้แสดงดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 ซองบรรจุภัณฑ์ใส่อาหาร

ที่มา: Food Solids (2562). Pouch Packaging [13] เข้าถึงเมื่อวันที่ 23-4-2019

เข้าถึงได้จาก: http://foodsolids.com/web/packaging.html



ภาพที่ 11 แผนภูมิขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อน

2.4 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

ปัญหาการจัดสินค้าลงตู้สินค้ามีหลากหลายปัญหา เพราะจุดประสงค์การจัดเรียงและเงื่อนไขอื่นๆ แตกต่างกัน ปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า แยกเป็น ประเภทใหญ่ๆ ได้ 4 ประเภทดังนี้

1. การจัดเรียงสินค้าแบบเรียงยาว (Strip Packing)

เป็นการจัดสินค้าแบบ 1 ตู้ มีความกว้าง และความสูงคงที่ แต่มีความยาวอนันต์ จุดประสงค์ในการจัดเรียงคือ จัดเรียงสินค้าทั้งหมดลงตู้สินค้า โดยให้กล่องทั้งหมดมีความยาวน้อยที่สุด การจัดเรียงแบบยาวมีประโยชน์สำหรับกรณีที่สินค้าถูกแบ่งเป็นหลายกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มต้องขนลง ณ จุดหมายปลายทางแตกต่างกัน

2. การจัดเรียงสินค้าแบบใส่ถุง (Knapsack Loading) คือการจัดเรียงแบบมีตู้สินค้า 1 ตู้ และมีสินค้า จำนวนมาก สินค้าแต่ละกล่องให้กำไรหรือผลตอบแทนต่างกัน จุดประสงค์ของการจัดเรียงคือเลือกกล่องมาจัดเรียงลงตู้สินค้า โดยให้ผลกำไรสูงสุด กรณีพิเศษของการจัดเรียงแบบใส่ถุงคือ กรณีที่กำไรมีค่าเท่ากับปริมาตรของกล่อง กรณีนี้จุดประสงค์จะกลายเป็นเลือกจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า ให้มีปริมาตรกล่องมากที่สุด

3. การจัดเรียงสินค้าแบบใส่ถัง (Bin Packing) เป็นการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ตู้สินค้าหลายตู้ ซึ่งทุกตู้มีขนาดเท่ากัน โดยให้สินค้ามาจำนวนหนึ่ง จุดประสงค์การจัดเรียงคือ ให้จัดเรียงสินค้าทั้งหมดโดยใช้ตู้สินค้าให้น้อยที่สุด

4. การจัดเรียงแบบหลายตู้สินค้า (Multi-container Loading) การจัดเรียงลักษณะนี้ คล้ายกับการจัดเรียงแบบใส่ถัง ข้อแตกต่างคือ ตู้สินค้ามีขนาดแตกต่างกัน จุดประสงค์การจัดเรียงคือจัดเรียงสินค้าทั้งหมดลงตู้สินค้า โดยให้ราคาขนส่งหรือราคาต้นทุนต่ำสุด โดยใช้ Integer Programming ผลคือให้วิธีการจัดเรียงสินค้าดีที่สุด แต่ใช้เวลาในการคำนวณมาก

ปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าที่หลากหลายนั้นประกอบไปด้วยการจัดเรียงชุดผลิตภัณฑ์ลงไปในตู้สินค้าโดยการจัดเรียงที่เหมาะสมเพื่อที่จะสามารถใช้ตู้สินค้าได้จำนวนน้อยที่สุด ในกระบวนจัดเรียงสินค้านั้นมีข้อจำกัดหลายประการ รวมทั้งตัวแปรที่หลากหลายของของสินค้าและตู้สินค้า เช่น ขนาดของสินค้าและตู้สินค้าเป็นต้น ซึ่งการศึกษาปัญหาดังกล่าวนี้พบได้ในบริษัทที่ทำหน้าที่กระจายสินค้าไปยังลูกค้าตามคำสั่งซื้อ โดยเริ่มจากการจัดเรียงสินค้าลงในพาเลทตามคำสั่งซื้อของลูกค้าและนำชุดสินค้านั้นจัดเรียงลงในตู้สินค้า หรือรถบรรทุกสินค้า ซึ่งวิธีการที่เหมาะสมที่จะบรรลุเป้าหมายในการจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้านั้นคือ จะต้องใช้จำนวนตู้สินค้าให้น้อยและเหมาะสมที่สุด เพื่อที่จะสามารถลดต้นทุนและเพิ่มกำไรผลประกอบการให้แก่บริษัท

Alonso, M. T., et al. [14] ได้ทำการศึกษาเรื่อง "แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าของบริษัทที่เป็นผู้กระจายสินค้า" โดยการจัดเรียงสินค้าลงบนพาเลทสินค้าและนำชุดสินค้าดังกล่าว นำไปจัดเรียงลงในรถบรรทุกสินค้า ด้วยวิธีการแบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็ม (integer linear models) ในการจำลองแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวได้พิจารณาข้อจำกัด 3 แบบ คือ ข้อจำกัดด้านเรขาคณิต (Geometric constraint) พาเลทสามารถวางและจัดตำแหน่งในรถบรรทุกได้สมบูรณ์ ข้อจำกัดด้านน้ำหนัก (Weight constraint) ที่บ่งบอกถึงขีดจำกัดของน้ำหนักที่ถูกรองรับด้วยล้อของรถบรรทุก และข้อจำกัดด้านเสถียรภาพพลวัต (Dynamic stability constraints) คือห้ามเว้นพื้นที่ว่างระหว่างพาเลทเพื่อหลีกเลี่ยงการเคลื่อนย้ายของพาเลทในขณะรถบรรทุกสินค้าเคลื่อนที่ และจำกัดความสูงระหว่างพาเลทข้างเคียงให้มีความสูงใกล้เคียงกันเพื่อป้องกันการล้มคว่ำ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้พิจารณาถึงการขยายแบบจำลองไปใช้ในกรณีที่มีการจัดเรียงสินค้ามีน้ำหนักมาก รวมทั้งมีความต้องการที่จะนำพาเลทที่มีขนาดพิเศษจัดเรียงลงในรถบรรทุก และสามารถส่งสินค้าได้ตามเวลาที่กำหนด ทางคณะผู้วิจัยได้กำหนดชุดตัวอย่างจริงที่มีจำนวนมาก เพื่อเตรียมจัดเรียงลงในรถบรรทุกจำนวน 44 คัน จากการศึกษาและคำนวณของคอมพิวเตอร์ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ถูกนำเสนอนั้นได้รับการแก้ไขและสามารถทำให้จัดเรียงสินค้าทั้งหมดลงในตู้สินค้าได้อย่างเหมาะสม

Cardoso, Rodrigo Nogueira, et al. [15] ได้นำเสนอโดยใช้วิธีการซิมเพล็กซ์ (Simplex Method) ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างมากในการใช้กับกระบวนการ (Algorithm) สำหรับระบบการแก้สมการเชิงเส้น (Solving linear systems) จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือต้องการสร้างระบบการจัดเรียงสินค้าชนิดกล่องลงในตู้สินค้า โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาผลลัพท์ ซึ่งตรรกะที่ใช้ในการเลือกรูปแบบการจัดเรียงและจัดเรียงนั้นจะถูกกำหนดโดยโปรแกรมเชิงเส้น

Bischoff and Ratcliff et al., [16] ได้นำเสนอปัญหาด้านข้อจำกัดมาพิจารณาในการจัดเรียงและจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าในเชิงปฏิบัติขั้นมีทั้งหมด 12 ข้อ ได้แก่

1. ข้อจำกัดด้านการจัดเรียงตำแหน่ง (Orientation Constraint)
2. การรับน้ำหนักของสินค้า (The load bearing strength of items)
3. ข้อจำกัดด้านการควบคุม (The handling constraints)
4. ความเสถียรของการจัดเรียง (The load stability)
5. การจัดกลุ่มของสินค้า (The grouping of items)
6. ปรากฏการ์การล้มแบบต่างๆ (The multi-drop situations)

7. การแบ่งสัดส่วนชิ้นงานต่างๆในตู้สินค้า (The separation of items within a container)
8. การขนส่งที่เสร็จสมบูรณ์ของสินค้าบางกลุ่ม (The complete shipment of certain item groups)
9. การจัดเรียงความสำคัญของการขนส่ง (The shipment priorities)
10. ความซับซ้อนของการจัดเรียง (The complexity of the loading arrangement)
11. ข้อจำกัดด้านน้ำหนักของตู้สินค้า (The container weight limit)
12. การกระจายน้ำหนักภายในตู้สินค้า (The weight distribution within a container)

Wäscher et al. [17] ได้นำเสนอการแบ่งประเภทระหว่างปัญหาการบรรจุและจัดเรียงผลิตภัณฑ์ คือแบบที่มีตู้สินค้าพอที่จะสามารถจัดเรียงและจัดเรียงชิ้นงานขนาดเล็กทั้งหมดได้ และอีกแบบคือสามารถจัดเรียงและจัดเรียงชิ้นงานขนาดเล็กลงได้เฉพาะกับตู้สินค้าที่ว่างอยู่แต่มีจำนวนจำกัด จุดประสงค์จึงต่างกันสำหรับทั้งสองรูปแบบ ปัญหาของแบบแรกคือการจัดใส่ผลิตภัณฑ์ให้ได้มีพื้นที่เหลือน้อยที่สุด ขณะที่อีกแบบต้องการให้มีการจัดใส่ผลิตภัณฑ์ให้ได้มากที่สุด

Bischoff, E. E., and M. S. W. Ratcliff et al. [18] ได้นำเสนอข้อจำกัดในการซ้อนสินค้าเป็นปัญหาที่กล่าวถึงความสามารถในการจัดเรียงสินค้าขึ้นไปในแนวตั้งโดยการวางซ้อนทับกันของสินค้า โดยจะถูกจำกัดไว้โดยความแข็งแรงของสินค้า น้ำหนักและแรงดันที่สินค้าสามารถรับได้ และสิ่งที่เป็นตัวกำหนดความแข็งแรงก็คือวัสดุที่นำมาใช้ทำกล่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผนังข้างของกล่อง

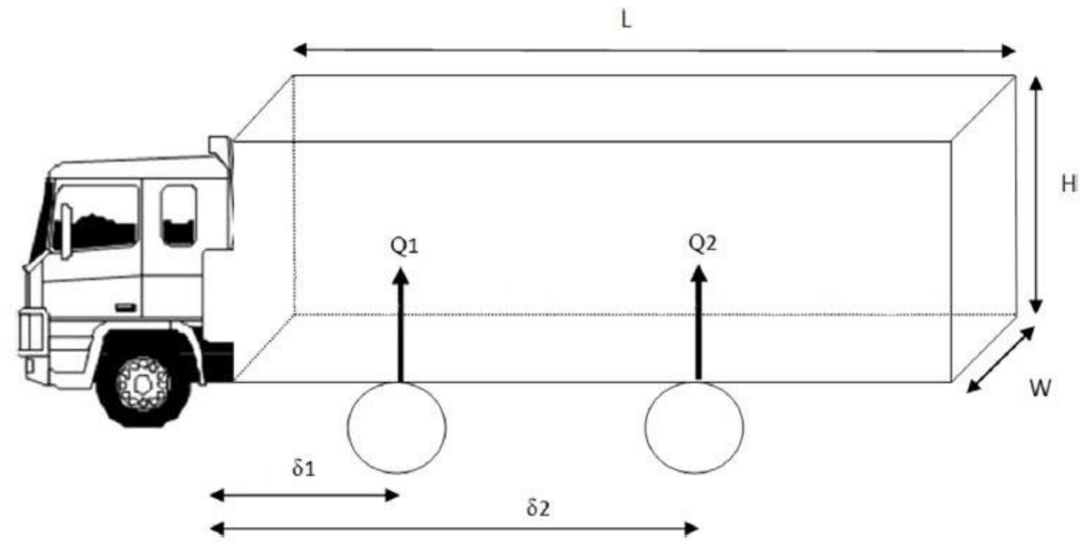
Bortfeldt, Andreas และ Gerhard Wäscher. [19] ได้กล่าวถึง ปัญหาการบรรจุและจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าสามารถตีความในรูปแบบปัญหาเชิงรูปทรงทางเรขาคณิต ที่ซึ่งรูปทรงสามมิติของชิ้นงาน (Item) ขนาดเล็ก (เรียกว่าสินค้าหรือ Cargo) นั้นนำมาจัดเรียงหรือจัดเรียงลงในรูปทรงสามมิติที่มีขนาดใหญ่กว่าอาจเป็นทรงสี่เหลี่ยมหรือลูกบาศก์ (เรียกว่าตู้สินค้าหรือ Containers) จึงเป็นการหาความเป็นไปได้ต่าง ๆ ในการจัดเรียงทั้งสองอย่างนี้ให้มีประสิทธิภาพที่สุด คือชิ้นงานที่มีขนาดเล็กจะเรียงไปภายในตู้สินค้าและชิ้นงานที่มีขนาดเล็กไม่สามารถวางเหลื่อมกันได้ (Overlap) คำอธิบายที่พบได้มากที่สุดของการแก้ปัญหาเหล่านี้เรียกว่า รูปแบบการจัดเรียงสินค้า (Loading Pattern) โดยบางครั้งสิ่งของที่มีขนาดใหญ่นั้นอาจหมายถึงตู้สินค้าจริง ๆ แต่ในบางครั้งก็อาจหมายรวมถึงพื้นที่ที่ใช้ในการจัดเรียงและจัดเรียงสินค้าของรถบรรทุกหรือพาเลท (Pallet) ซึ่งนำมาใช้สำหรับการทำให้การจัดเรียงได้สูงมากขึ้น

โดยปกติแล้วชิ้นงานขนาดเล็กอาจมีรูปร่างที่หลากหลาย (ทรงเหลี่ยม ทรงกลม เป็นต้น) หรือไม่มีรูปร่างตายตัว อย่างไรก็ตามด้วยข้อยกเว้นบางประการทำให้สามารถคิดได้ว่าชิ้นงานเหล่านี้มีรูปทรงแบบทรงสี่เหลี่ยม เพราะมักนำมาใช้กันอย่างปกติในทางภาษาศาสตร์ทางงานวิจัย โดยอาจคิด

ว่าชิ้นงานเป็นกล่องได้เช่นกัน และเมื่อไหร่ก็ตามที่กล่องนั้นถูกจัดเรียงหรือจัดเรียง สามารถจัดเรียงแบบตั้งฉากกันเท่านั้น เช่นการที่พื้นผิวของกล่องต้องจัดเรียงขนาดไปกับพื้นหรือผนังของตู้สินค้า

จุดประสงค์หลักของปัญหาการจัดเรียงจัดเรียงผลิตภัณฑ์ในตู้สินค้า คือมีตู้สินค้าพอที่จะสามารถจัดเรียงและจัดเรียงผลิตภัณฑ์ทั้งหมดได้ อีกทั้งยังสามารถจัดเรียงจัดเรียงผลิตภัณฑ์ลงในตู้สินค้าที่มีที่ว่างและมีปริมาตรจำกัด

Alonso, M. T., et al. คณะผู้วิจัยได้นำชุดข้อมูลเกณฑ์มาตรฐาน (Benchmark data set) ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานที่นำมาศึกษานี้ประกอบไปด้วยตัวอย่างที่ได้จากการปฏิบัติจริงทั้งหมด 111 กรณีตัวอย่าง ซึ่งได้จากกิจวัตรประจำวันของบริษัทที่ทำหน้าที่กระจายสินค้า โดยตัวอย่างดังกล่าวถูกจัดทำขึ้นโดย ORTEC (ORTEC 2018) ซึ่งเป็นบริษัทที่รับปรึกษาและเป็นผู้เชี่ยวชาญงานด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (The optimization of production) และปัญหาด้านโลจิสติกส์ (Logistic problem) สำหรับกรณีตัวอย่างถูกนำมาใช้ในบทความของ Alonso et al โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดจำนวนรถบรรทุก โดยมีตัวแปรหลักที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ คือน้ำหนักและจำนวนของพาเลทเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อที่จะจัดเรียงพาเลทบนตู้รถบรรทุกและมีน้ำหนักรวมไม่เกินขีดจำกัด คณะผู้วิจัยได้จึงกำหนดตัวแปรและสมการที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอข้อจำกัดในการปฏิบัติจริง (Realistic constraints) แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 รูปขนาด (Dimension) และตำแหน่งของล้อรถบรรทุก

ตัวแปรตัดสินใจ

x_{kij} คือ จำนวนชั้นของผลิตภัณฑ์ *j* ที่ถูกวางตำแหน่ง *i* ในรถบรรทุก *k*

y_k คือ 1, ในกรณีที่ใช้รถบรรทุก *k* ในการบรรจุสินค้า และ 0, *Otherwise*

z_{ki} คือ 1, ในกรณีที่พาเลทถูกวางบนตำแหน่ง *i* ในรถบรรทุก *k* และ 0, *Otherwise*

พารามิเตอร์

n_j คือ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ *j*

h_j คือ ความสูงของผลิตภัณฑ์ *j*

h^p คือ ความสูงของพาเลท *p*

H' คือ ความสูงของรถบรรทุก

q^p คือ น้ำหนักของพาเลท *p*

q_j คือ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ *j*

Q คือ ขีดจำกัดของน้ำหนักที่รถบรรทุกที่บรรจุสินค้าแล้ว

Q^e คือ น้ำหนักของตู้บรรจุสินค้าบนรถบรรทุกที่ยังไม่ถูกบรรจุสินค้า

Q_1 คือ ขีดจำกัดของน้ำหนักของล้อหน้า

Q_2 คือ ขีดจำกัดของน้ำหนักของล้อหลัง

δ_1 คือ ระยะห่างจากด้านหน้าของรถบรรทุกถึงล้อหน้า

δ_2 คือ ระยะห่างจากด้านหน้าของรถบรรทุกถึงล้อหลัง

G_x คือ ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงแกน *x*

G_y คือ ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงแกน *y*

p_i^x คือ จุดกึ่งกลางของพาเลทในตำแหน่ง *i* ในแกน *x*

p_i^y คือ จุดกึ่งกลางของพาเลทในตำแหน่ง *i* ในแกน *y*

τ_1^x คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรในแกน *x* ณ บริเวณล้อหน้า

τ_2^x คือค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรในแกน *x* ณ บริเวณล้อหลัง

τ_1^y **คือ** ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรในแกน *y* ณ บริเวณล้อหน้า

τ_2^y คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรในแกน *x* ณ บริเวณล้อหลัง

L_{init} คือ ขอบล่าง Lower bound ของจำนวนรถบรรทุก

สมการเป้าหมาย

Minimize $\sum_{k\in K} y_k$ (2.1)

สมการข้อจำกัด

$\sum_{k\in K}\sum_{i\in I} x_{kij} = n_j \;\; j \in J$ (2.2)

$\sum_{j\in J} h_j x_{kij} + h^p z_{ki} \quad \le H' y_k \;\; k \in K, i \in I$ (2.3)

$\sum_{j\in J}(q^p z_{ki} + \sum_{j\in J} q_j x_{kij}) \quad \le Q\, y_k \;\; k \in K$ (2.4)

$\sum_{j\in J}(q^p z_{ki} + \sum_{j\in J} q_j x_{kij})\,(\delta_2 - p_i^x) \quad \le Q_1(\delta_2 - \delta_1) y_k \;\; k \in K$ (2.5)

$\sum_{j\in J}(q^p z_{ki} + \sum_{j\in J} q_j x_{kij})\,(p_i^x - \delta_1) \quad \le Q_2(\delta_2 - \delta_1) y_k \;\; k \in K$ (2.6)

$\sum_{j\in J} h_j x_{kij} \le (H' - h^p) z_{ki} \quad k \in K, i \in I$ (2.7)

$z_{ki} \quad \le \sum_{j\in J} X_{kij} \quad k \in K, i \in I$ (2.8)

$Q^e G_x + \sum_{i\in I} p_i^x q^p z_{ki} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} p_i^x q_j x_{kij} \le \big(\sum_{i\in I} q^p z_{ki} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} q_j x_{kij} + Q^e\big)\,(G_x - \tau_1^x) \quad k \in K$ (2.9)

$Q^e G_x + \sum_{i\in I} p_i^x q^p z_{ki} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} p_i^x q_j x_{kij} \le \big(\sum_{i\in I} q^p z_{ki} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} q_j x_{kij} + Q^e\big)\,(G_x - \tau_2^x) \quad k \in K$ (2.10)

$Q^e G_x + \sum_{i\in I} p_i^x q^p z_{ki} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} p_i^x q_j x_{kij} \le \big(\sum_{i\in I} q^p z_{ki} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} q_j x_{kij} + Q^e\big)\,(G_y - \tau_1^y) \quad k \in K$ (2.11)

$Q^e G_x + \sum_{i\in I} p_i^x q^p z_{ki} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} p_i^x q_j x_{kij} \le \big(\sum_{i\in I} q^p z_{ki} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} q_j x_{kij} + Q^e\big)\,(G_y - \tau_2^y) \quad k \in K$ (2.12)

$y_k \ge y_{k+1} \;\; k \in K: < |K|$ (2.13)

$y_k = 1 \;\; k \in K: k \le L_{init}$ (2.14)

$x_{kij} \ge 0\; interger\; k \in K, i \in I, j \in J$ (2.15)

$y_k \in \{0,1\} \;\; k \in K$ (2.16)

$z_{ki} \in \{0,1\} \;\; k \in K, i \in I$ (2.17)

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก

วิธีฮิวริสติก หมายถึง วิธีการที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งไม่มีแบบแผนที่แน่นอนตายตัว ดังนั้นวิธีการฮิวริสติกที่ใช้ในการแก้ปัญหาหนึ่งอาจไม่สามารถนำไปใช้แก้อีกปัญหาได้ และไม่สามารถรับประกันว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดหรือเท่ากันทุกครั้ง แต่จะได้คำตอบในเวลาที่รวดเร็ว หรือสามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนจนไม่สามารถเขียนออกมาเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งฮิวริสติกสำหรับการจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้านั้นแบ่งออกเป็น 4 แบบหลัก ๆ ดังนี้

1. การจัดแบบจัดแล้วจัดเลย (Single-pass Heuristic) เป็นการจัดโดยการตัดสินใจเอาสินค้าไปวางที่ใดที่หนึ่ง จากนั้นจะเลือกการจัดสินค้าชิ้นต่อไป โดยจะไม่นำสินค้าที่ถูกจัดเรียงไปแล้วออกมาจัดเรียงใหม่ การจัดสินค้าแบบนี้อาศัยประสบการณ์ที่คิดว่าจะทำให้คำตอบดี หรืออาศัย Greedy Algorithm

2. การจัดแบบวิธีการ Tabu Search เป็นการหาคำตอบโดยประมาณ และเป็นวิธีการทั่ว ๆ ไปในการแก้ไขปัญหาการตัดและการจัดเรียง การทำงานของ Tabu Search จะ ทำงานซ้ำ ๆ ซึ่งแต่ละครั้งจะให้คำตอบที่เป็นไปได้แบบใหม่ขึ้นมา โดยยอมให้คำตอบใหม่เลวกว่าคำตอบเดิมครั้งที่แล้วได้ แต่จะเก็บค่าตอบที่ดีที่สุดไว้ในหน่วยความจำ

3. อัลกอริทึมแบบพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นการหาการจัดกล่องสินค้าที่เลียนแบบวิธีการทางธรรมชาติ อัลกอริทึมแบบพันธุกรรมสามารถใช้แก้ปัญหาได้หลากหลาย ไม่ได้จำกัดที่ปัญหาการตัดและการจัดเรียงเท่านั้น การทำงานทำโดยเก็บเซตของการจัดกล่องสินค้า จำนวนหนึ่งไว้ (การจัดแต่ละแบบเปรียบเทียบได้กับยีนในทางพันธุกรรม) หลังจากนั้นจะทำการผสมพันธุ์ยีน และการกลายพันธุ์ กล่าวคือการผสมพันธุ์ยีนจะเลือกการจัดเรียงที่เป็นไปได้มา 2 วิธี จากเซตของการจัดเรียงที่กำลังพิจารณาอยู่ แล้วทำการสร้างการจัดเรียงแบบที่ 3 จากการจัดเรียงทั้งสองแบบนี้ ส่วนการกลายพันธุ์ทำโดย เลือกการจัดเรียงกล่องสินค้ามา 1 แบบ จากเซตของการจัดเรียงที่กำลังพิจารณาอยู่ แล้วทำการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงนั้นให้เป็นการจัดเรียงแบบใหม่ การจัดเรียงแบบใหม่ที่เกิดขึ้นโดยการผสมพันธุ์ และการกลายพันธุ์ จะเข้าไปอยู่ในเขตของการจัดเรียงที่ กำลังพิจารณาอยู่ และการจัดเรียงแบบเก่าในเซตอาจถูกลบไป เพื่อไม่ให้หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์เต็ม

4. วิธีการแบบอื่น ๆ เช่น การค้นหาแบบต้นไม้ (Tree Search Algorithm) วิธีการที่อาศัยโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) หรืออาศัย Dynamic programming หรือใช้ Heuristics หลาย ๆ แบบปนกัน

ปิยธิดา สุวรรณสันติสุข [20] ได้นำเสนอ “ขั้นตอนวิธีการทางคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดเรียงกล่องหลายมิติเข้าตู้สินค้า โดยมีจุดประสงค์ในการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดเรียงสินค้าเข้าตู้สินค้าโดยพัฒนาวิธีการทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) โดยมีข้อจำกัดในด้านน้ำหนัก คือการจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าต้องทำให้น้ำหนักของตู้สินค้าไม่เกินขีดจำกัด รูปแบบของการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าต้องทำให้ศูนย์ถ่วงของตู้สินค้าหลังการจัดเรียงมีความสมดุล จากผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการจัดเรียงสินค้าเข้าไปยังตู้สินค้าที่ได้พัฒนาขึ้นมานั้นให้ต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำกว่าการจัดโดยอาศัยมือ และสามารถตอบสนองต่อสภาพการทำงานจริงที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมอีกด้วย

Sheng, Liu, et al. [21] ได้ทำการศึกษาเรื่อง “ฮิวริสติกอัลกอลิทึมสำหรับการจัดเรียงพาเลทลงในตู้สินค้า” คณะผู้วิจัยได้ยกกรณีศึกษาของโรงงานผลิตฟอร์นิเจอร์ที่พบปัญหาการจัดเรียงพาเลทในตู้สินค้า โดยมีจุดประสงค์คือปริมาณของผลิตภัณฑ์ในตู้สินค้านั้นควรจะต้องมากที่สุด และพาเลทชั้นล่างจะต้องถูกจัดเรียงเต็มพื้นที่ของตู้สินค้า รวมทั้งต้องเรียงชั้นขึ้นไปเป็นพาเลทเดียว (Single pallet) ที่มีขนาดเท่ากัน เพื่อลดความซับซ้อนในการจัดเรียงสินค้าในตู้สินค้า ในการปรับปรุงอัตราการจัดเรียงของตู้จัดเรียงสินค้านั้น มีข้อจำกัดในการจัดเรียงคือ ช่องว่างบริเวณด้านบนและด้านข้างของพาเลทควรที่จะถูกเติมเต็มด้วยผลิตภัณฑ์ชนิดกล่อง อย่างไรก็ตามต้องมั่นใจว่ากล่องผลิตภัณฑ์ที่ถูกเติมไปด้านบนของพาเลทนั้น สามารถวางบนพาเลทได้ทั้งหมดหลังจากจัดส่งไปยังปลายทาง ในการแก้ปัญหาดังกล่าวทางคณะผู้วิจัยได้นำฮิวริสติกอัลกอลิทึม ซึ่งประกอบไปด้วย อัลกอลิทึมการค้นหาแบบต้นไม้ (Tree search sub-algorithm) ในการจัดเรียงพาเลทในตู้สินค้า และใช้ Greedy sub-algorithm ในการเติมช่องว่างของด้านบนและด้านข้างพาเลทด้วยผลิตภัณฑ์แบบกล่อง โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณผล

วิชาญ ชัยจำรัส, พฤษภ์ บุญมา [22] ได้นำเสนอวิธีการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ในสามมิติซึ่งคำนึงความสามารถในการรับน้ำหนักของจัดเรียงภัณฑ์โดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาผังต้นไม้ (Tree Search Algorithm) และวิธีบรูทฟอร์ซ (Brute Force) พบว่าทั้งสองวิธีสามารถหาผลลัพท์ที่มีความใกล้เคียงกัน แต่ระยะเวลาการประมวลผลของวิธีการค้นหาผังต้นไม้มีความเร็วกว่าคือ ขั้นตอนวิธีบรูทฟอร์ช ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง แต่วิธีการค้นหาผังต้นไม้ใช้ระยะเวลาเพียงแค่ 1 นาที 20 วินาทีเท่านั้น อย่างไรก็ตามวิธีที่สามารถจัดเรียงผลิตภัณฑ์ลงในตู้สินค้าได้เหมาะสมและมีเปอร์เซ็นการใช้พื้นที่ในตู้สินค้ามากกว่าคือวิธีวิธีบรูทฟอร์ซซึ่งมีเปอร์เซ็นค่าเฉลี่ยสูงกว่าวิธีการค้นหาผังต้นไม้ 1.68%

Loh, K. H., Golden, B., & Wasil, E. et al. [23] ได้ทำการพัฒนาขั้นตอนวิธีการใหม่ คือ วิธีการถ่วงการอบอ่อน (Weight Annealing Algorithm) ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงแบบใส่ถัง (Bin Packing) 1 มิติ ขั้นตอนที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่นี้มีความเข้าใจง่ายและตรงไปตรงมา คณะผู้วิจัยได้วิธีการนี้ในกรณีตัวอย่างจำนวน 1,587 กรณี โดยมีจุดประสงค์ในการลดจำนวนของถังให้ได้จำนวนเหมาะสมในการจัดเรียงผลิตภัณฑ์โดยปราศจากการฝ่าฝืน (Violating) และข้อจำกัดความสามารถในการจัดเรียงของแต่ถัง ซึ่งในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้เริ่มพัฒนาโดยใช้วิธีการพื้นฐานฮิวริสติกและยังคงแนวคิดของการถ่วงน้ำหนักการอบอ่อนนี้ไว้ ในวิธีการถ่วงน้ำหนักการอบอ่อนนี้คือ เมตาฮิวริสติกส์แบบใหม่ แนวคิดของการถ่วงน้ำหนักการอบอ่อนนั้นคือ การใส่ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมากลงในถังด้านล่าง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักน้อยกว่าใส่ลงไป ทำซ้ำแบบนี้เสมอในการจัดเรียงผลิตภัณฑ์

ลงไปในแต่ละถัง โดยเปรียบเทียบกับวิธีค้นต้องห้าม (Tubu Search) ผลการทดลองคือวิธีการการถ่วงน้ำหนักการอบอ่อนนั้นได้ผลและแก้ปัญหาได้คุณภาพที่สูงกว่าวิธีค้นต้องห้าม (Tubu Search) อีกทั้งยังสามารถประมวลผลได้เร็วกว่าวิธีค้นต้องห้ามเล็กน้อย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการ

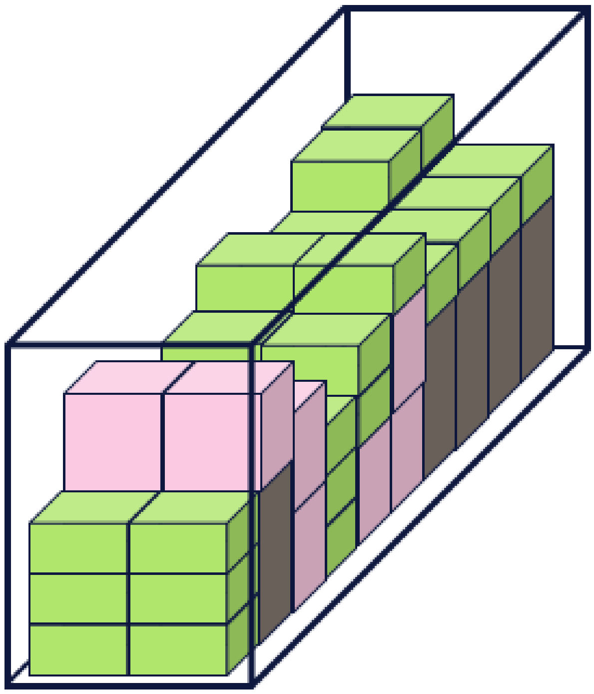
ในการศึกษาวิธีการทางคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยตัดใจสินใจเลือกผลิตภัณฑ์บรรจุลงในตู้บรรจุสินค้าให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือสามารถใช้พื้นที่ภายในตู้สินค้าได้คุ้มค่า บรรจุสินค้าให้ได้จำนวนสูงสุด และลดจำนวนตู้สินค้าหรือรถบรรทุกให้ได้จำนวนต่ำสุด โดยใช้วิธีฮิวริสติก (Heuristic) มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาวิธีการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า โดยใช้ความชำนาญของพนักงาน
2. พัฒนาวิธีการทางคอมพิวเตอร์ใช้วิธีการทางฮิวริสติกมาช่วยในการจัดเรียงและบรรจุสินค้าสำเร็จรูปลงตู้สินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เปรียบเทียบวิธีการจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าที่ถูกเลือกมานำเสนอกับวิธีการที่ใช้ความชำนาญของคนโดยใช้ข้อมูลจริงจากการปฏิบัติงานจริง

3.1 ศึกษาวิธีการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า โดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

ในการศึกษาวิธีการจัดเรียงพาเลทสินค้าลงในตู้สินค้าในสภาพการทำงานจริงนั้น พบว่าไม่มีแบบแผนที่ชัดเจนและสุ่มการจัดเรียงคือ สินค้าชนิดใดผลิตเสร็จก่อนจะถูกนำมาจัดเรียงก่อน ซึ่งในกระบวนการจัดเรียงพาเลทสินค้าลงในตู้สินค้านั้น เมื่อทางแผนกบรรจุสินค้าได้รับแผนการส่งสินค้าแล้ว หลังจากนั้นจะต้องนำงานที่อยู่ในคลังสินค้าแต่ละชนิดออกมาจัดเรียงและบรรจุใหม่ โดยจัดเรียงและซ้อนพาเลทสินค้าแต่ละชนิดให้ได้ตามแผนการส่งสินค้า โดยใช้ประสบการณ์ในการจัดเรียงและซ้อนพาเลทสินค้า ซึ่งมีข้อจำกัดคือ ความสูงของพาเลทสินค้าที่ถูกนำมาซ้อนกันทั้งหมดต้องไม่เกินความสูงของตู้บรรจุสินค้า และการซ้อนพาเลทสินค้าต้องไม่เกิน 3 ชั้น ซึ่งในแผนการส่งสินค้าจะมีสินค้าหลากหลายความสูงและมีจำนวนที่ไม่แน่นอน อีกทั้งในแต่ละครั้งที่มีการบรรจุสินค้าลงในตู้บรรจุสินค้าจะต้องใช้ระยะเวลานานในการจัดเรียงสินค้า ทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนของขนส่งขั้นตอนถัดไป

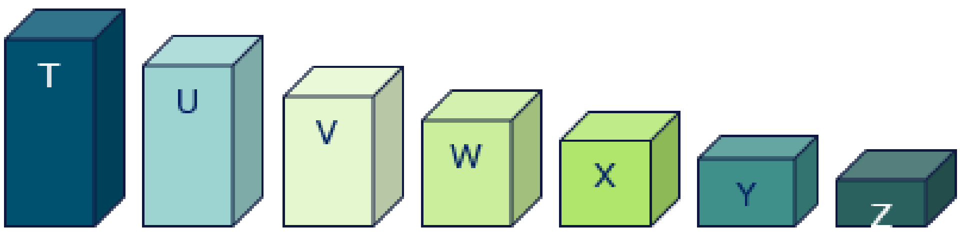
ยกตัวอย่างการจัดเรียงของสภาพหน้างานจริง คือ พนักงานแผนกบรรจุจะทำการซ้อนพาเลทสินค้าแบบสุ่ม จัดแล้วจัดเลย และนำงานดังกล่าวจัดเรียงเข้าตู้สินค้าตามลำดับที่บรรจุเสร็จ แสดงดังภาพที่ 13 อีกทั้งหากมีการเพิ่มจำนวนสินค้า จะต้องมีการเพิ่มตู้บรรจุสินค้าและทำให้มีพื้นที่ว่างไม่ได้ใช้ประโยชน์ ทำให้เพิ่มต้นทุนในการส่งสินค้าเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 13 การจัดวางสินค้าในตู้สินค้าแบบสุ่ม โดยอาศัยประสบการณ์ของพนักงานบรรจุสินค้า

3.2 พัฒนาวิธีการทางคอมพิวเตอร์ใช้วิธีการทางฮิวริสติกมาช่วยในการจัดเรียงและบรรจุสินค้าสำเร็จรูปลงตู้สินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการดำเนินงานวิจัยผู้วิจัยได้กำหนดชนิดของตู้บรรจุสินค้าอ้างอิงจากชนิดของตู้สินค้าที่ใช้ในการส่งออกสินค้าขนาด 40 ฟุต ชนิด High Cube ขนาดของพาเลทในการบรรจุลงตู้สินค้ามีขนาดเดียว คือ กว้าง 1,150 มิลลิเมตร x ยาว 1,150 มิลลิเมตร และมีความสูงที่แตกต่างกัน 7 แบบ ดังภาพที่ 14 ซึ่งการบรรจุสินค้าชนิดม้วนฟิล์มลงในตู้สินค้า ไม่มีน้ำหนักเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากม้วนฟิล์มมีน้ำหนักเบาและสามารถบรรจุลงตู้สินค้า โดยที่น้ำหนักรวมไม่เกินขีดจำกัดของตู้บรรจุสินค้าและการซ้อนพาเลทต้องไม่เกิน 3 ชั้น



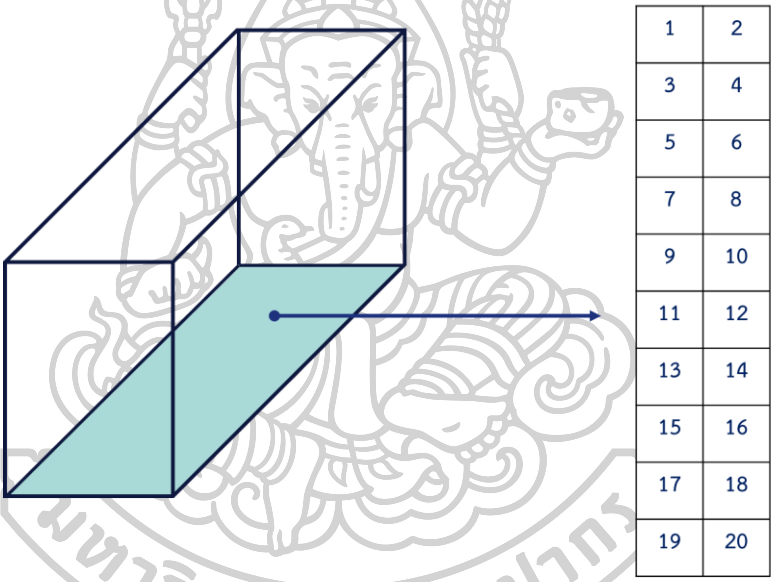
ภาพที่ 14 รูปจำลองพาเลทที่มีความสูงแตกต่างกัน 7 แบบ

3.2.1 หลักการวิธีการทางฮิวริสติก

ในการพัฒนารูปแบบการจัดพาเลทลงตู้สินค้านั้น ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการจัดเรียงด้วยวิธีการทางฮิวริสติก โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: จัดเรียงพาเลทตามลำดับความสูงจากมากไปหาน้อย (เช่นเดียวกับภาพที่ 14)

ขั้นตอนที่ 2: นำพาเลทที่ความสูงที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง ที่ยังไม่ได้ถูกจัดวางในตู้สินค้า มาวางเป็นชั้นแรกเรียกว่าชั้น A โดยเริ่มจากตำแหน่งที่ 1 จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณความสูงรวม ณ ตำแหน่งที่ 1 หากความสูงรวมของพาเลทยังไม่เกินขีดจำกัดความสูงของตู้สินค้าจะดำเนินการไปขั้นตอนที่ 3



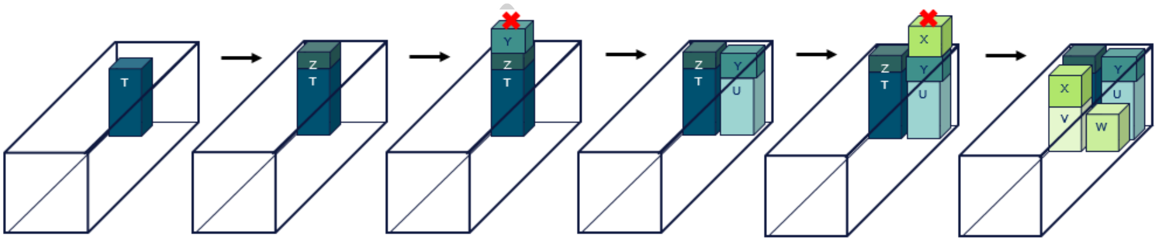
ภาพที่ 15 การกำหนดตำแหน่งของตู้สินค้า (Top View)

ขั้นตอนที่ 3: นำพาเลทที่มีความสูงน้อยที่สุด มาวางซ้อนเป็นชั้นที่ 2 เรียกว่าชั้น B ณ ตำแหน่งที่ 1 จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณความสูงรวมของพาเลท ณ ตำแหน่งที่ 1 หากความสูงรวมยังไม่เกินขีดจำกัดความสูงของตู้สินค้าจะดำเนินการไปขั้นตอนที่ 4 แต่หากความสูงพาเลทรวม 2 ชั้นเกินขีดจำกัดความสูงของตู้สินค้า พาเลทดังกล่าวนี้จะถูกนำไปจัดเรียงในตำแหน่งใหม่ถัดไปโดยเริ่มทำซ้ำจากขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 4: นำพาเลทที่มีความสูงน้อยที่สุดที่เหลือและยังไม่ได้ถูกจัดเรียงในตู้สินค้า มาวางซ้อนเป็นชั้นที่ 3 เรียกว่าชั้น C ณ ตำแหน่งที่ 1 จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณความสูงรวม ณ ตำแหน่งที่ 1 หาก

ความสูงรวมยังไม่เกินขีดจำกัดความสูงของตู้สินค้า โปรแกรมจะหยุดการจัดเรียง ณ ตำแหน่งที่ 1 และทำการจัดเรียง ณ ตำแหน่งใหม่ถัดไป โดยทำซ้ำจากขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 4 แต่หากความสูงของพาเลทรวมทั้ง 3 ชั้นเกินขีดจำกัดความสูงของตู้สินค้า พาเลทดังกล่าวนี้จะถูกนำไปจัดเรียงในตำแหน่งใหม่ถัดไปโดยเริ่มทำซ้ำจากขั้นตอนที่ 2 (ขั้นตอนดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 16

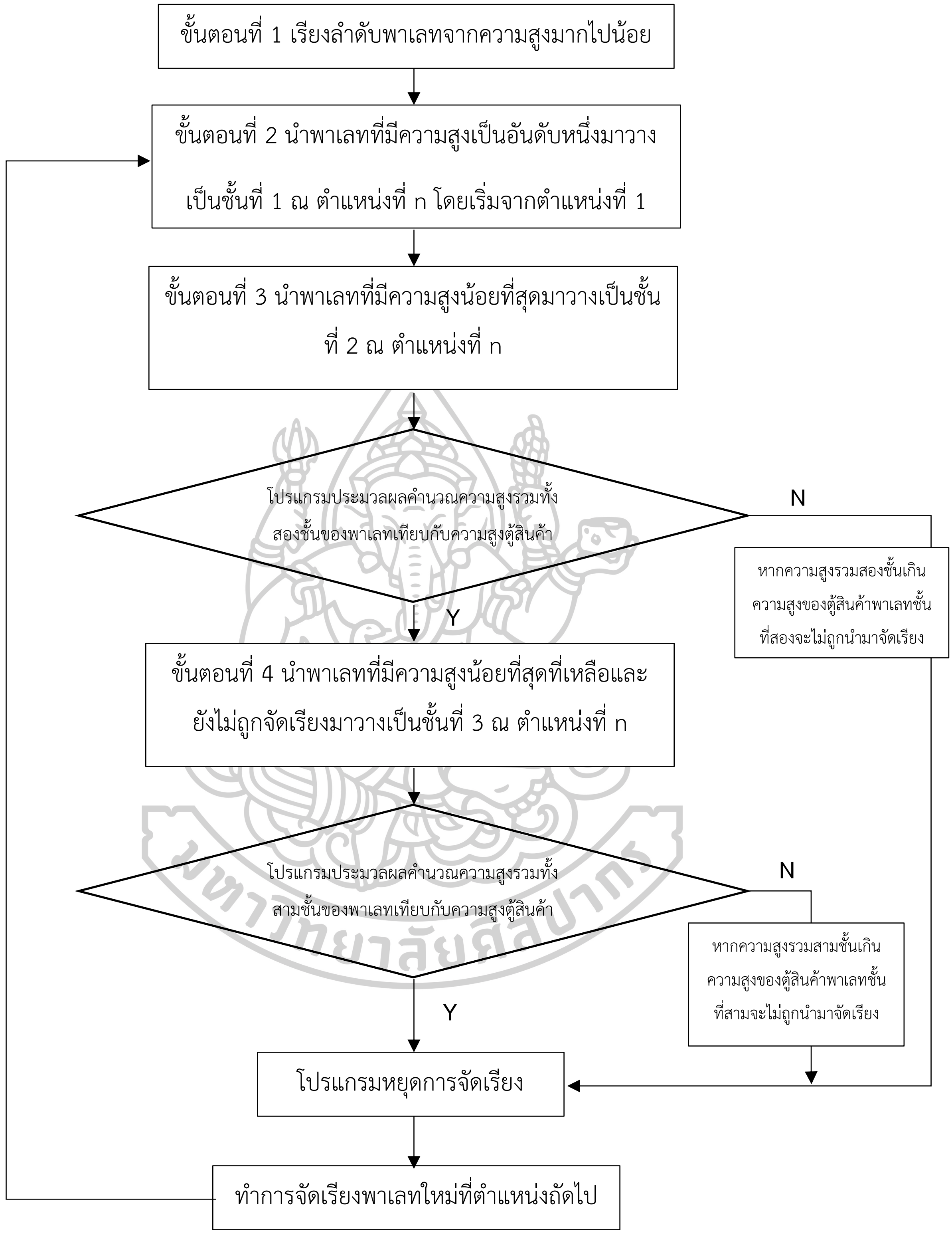
ขั้นตอนที่ 5: ตรวจสอบพาเลทที่ยังไม่ได้ถูกจัดเรียง หากไม่เป็นเซตว่าง ให้ย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 4 แต่หากเป็นเซตว่างให้หยุดการทำงานและแสดงวิธีการจัดเรียง



ภาพที่ 16 จำลองรูปแบบการจัดเรียงพาเลทลงในตู้สินค้าด้วยวิธีการทางฮิวริสติก

อนึ่งขั้นตอนวิธีการในงานวิจัยนี้ได้ถูกเขียนเป็นโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic for Applications (VBA) ซึ่งเป็นภาษาที่มีอยู่ใน Microsoft Excel 2010 อยู่แล้วทำให้บริษัทตัวอย่างไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาโปรแกรมแต่อย่างใด

จากการอธิบายแต่ละขั้นตอนของวิธีการฮิวริสติกสามารถเขียนเป็นแผนภาพการไหลได้ดังภาพที่



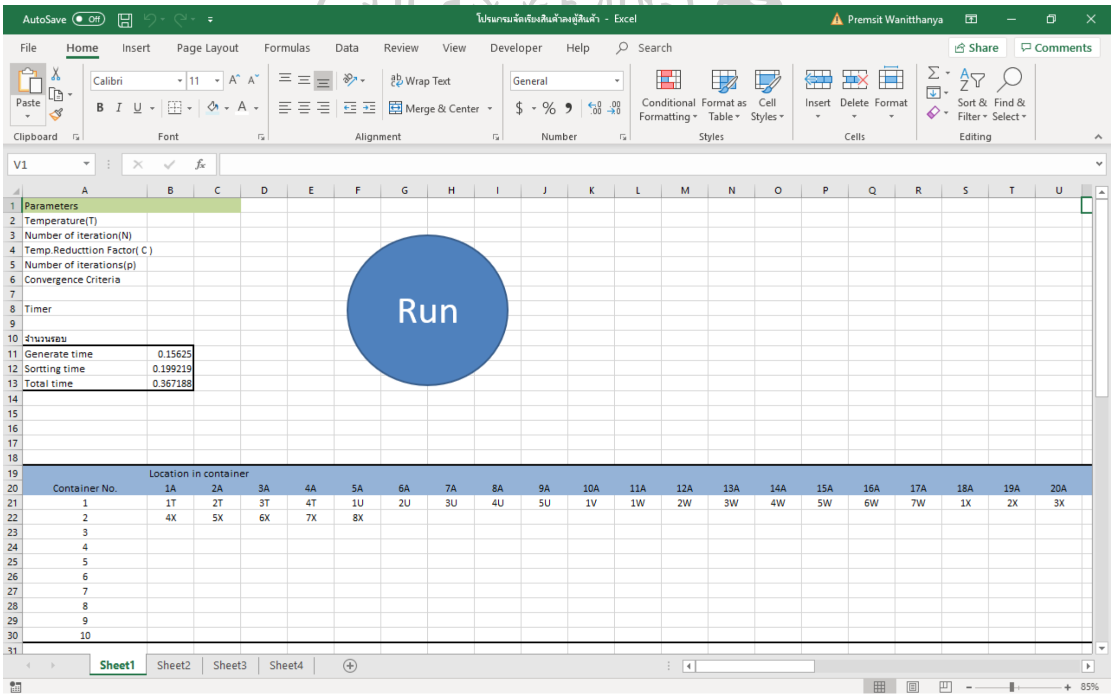
ภาพที่ 17 แผนภาพหลักการวิธีการทางฮิวริสติก

3.2.2 วิธีการใช้งานโปรแกรมจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มการใช้งานโปรแกรมจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าโดยการคลิกสองครั้งที่ไอคอนโปรแกรมดังภาพที่ 17

ภาพที่ 18 ไอคอนของโปรแกรมการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

หน้าจอจะปรากฏหน้าแรก Sheet 1 ของโปรแกรมขึ้นมาแสดงดังภาพที่ 18



ภาพที่ 19 หน้าต่างฟอร์มขอโปรแกรมการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

ขั้นตอนที่ 2 กดคลิกที่ Sheet 2 ด้านล่างของโปรแกรมดังภาพที่ 19 เพื่อกรอกข้อมูลต่าง ๆ ในช่องตารางสีฟ้าคือ ชื่อสินค้า (Product Name), ชนิด (Type), จำนวนพาเลท (Qty.) ของสินค้าแต่ละชนิดที่ต้องการบรรจุลงในตู้สินค้า และความสูง (Height) หน่วยมิลลิเมตรของพาเลทแต่ละชนิด

ข้อควรระวัง คือ ต้องกรอกข้อมูลให้ถูกต้องและครบถ้วน หากข้อมูลที่กรอกไม่ถูกต้องอาจจะทำให้โปรแกรมการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้านั้นให้เกิดผลการตัดสินใจที่ผิดพลาด

หมายเหตุ ห้ามเปลี่ยนข้อมูลหรือแทรกแถวและคอลัมน์ใหม่ เนื่องจากตัวโปรแกรมถูกเขียนไว้ให้ยึดข้อมูลไว้กับเซลล์ของแต่ละแถวและคอลัมน์

	A	B	C	D
1	**Product Name**	**Type**	**Qty (Pallet)**	**Height (mm)**
2	MARC	T	2	2008
3	MARJ	U	1	1200
4	HAMA	V	3	1156
5	HASB	W	4	1150
6	HALI	X	5	1051
7	HNMA	Y	6	757
8	Gusset	Z	9	473

ภาพที่ 20 ตารางที่ใช้การกรอกข้อมูลในโปรแกรมการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

ขั้นตอนที่ 3 จากนั้นเมื่อทำการกรอกข้อมูลในฐานข้อมูลครบเรียบร้อยแล้ว ให้คลิกกลับไปที่ Sheet 1 เพื่อกดไอคอน “RUN” ดังภาพที่ 20 เพื่อให้โปรแกรมประมวลผล

ภาพที่ 21 ไอคอน “RUN” เพื่อให้โปรแกรมประมวลผล

เมื่อกดปุ่ม “RUN” โปรแกรมจะประมวลผลและแสดงผลการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า ซึ่งจะแสดงผลออกมาเป็นรายงาน (Report) แสดงดังภาพที่ 21

1st Container

1st Floor		2nd Floor		3rd Floor	
1T	2T	9Z	8Z	0	0
1U	1V	7Z	5Z	6Z	4Z
2V	3V	3Z	1Z	2Z	6Y
1W	2W	5Y	4Y	0	0
3W	4W	3Y	2Y	0	0
1X	2X	1Y	5X	0	0
3X	0	4X	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

2nd Container

1st Floor		2nd Floor		3rd Floor	
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

3rd Container

1st Floor		2nd Floor		3rd Floor	
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

1st Floor 2nd Floor 3rd Floor

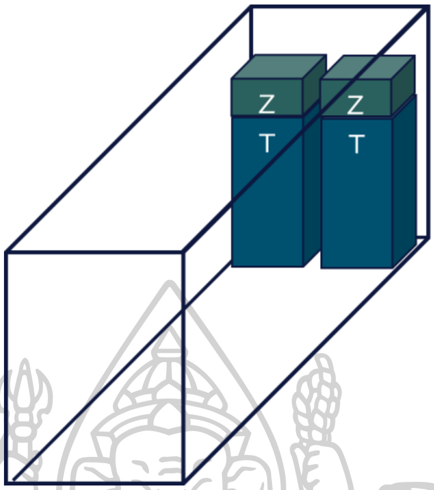
ภาพที่ 22 หน้าผลลัพท์ที่ได้จากการใช้โปรแกรมการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

ขั้นตอนที่ 4 แปลงข้อมูลจากหน้าผลลัพท์มาใช้ในการปฏิบัติจริง

ยกตัวอย่างการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า จากหน้าผลลัพท์ที่โปรแกรมประมวลผล จะสามารถจัดเรียงแต่ละตำแหน่งได้ดังนี้

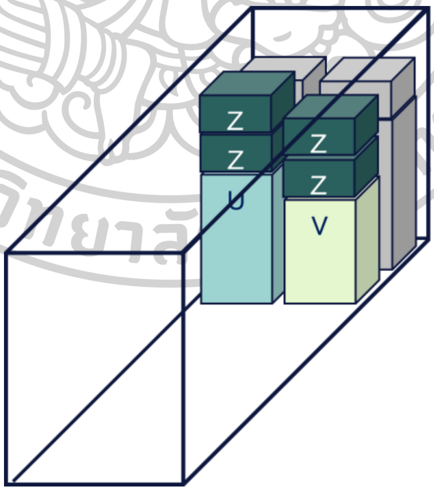
ตู้สินค้า ตู้ที่ 1

- ณ ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 สามารถจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าแสดงดังภาพที่ 22



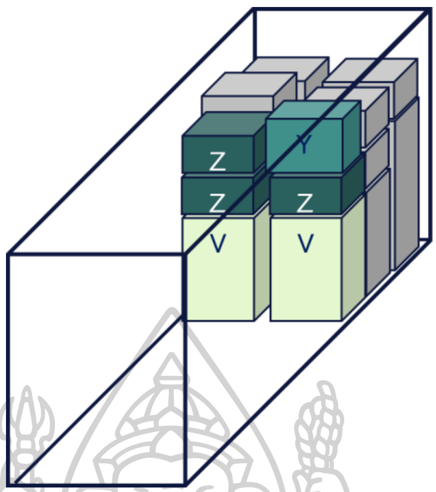
ภาพที่ 23 จำลองการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า ตู้ที่ 1 ณ ตำแหน่งที่ 1 และ 2

- ณ ตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 4 สามารถจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าแสดงดังภาพที่ 23



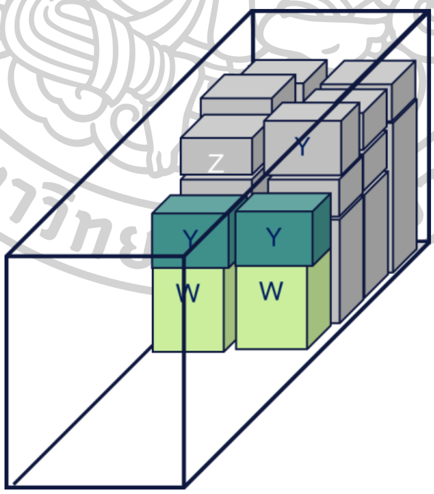
ภาพที่ 24 จำลองการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า ตู้ที่ 1 ณ ตำแหน่งที่ 3 และ 4

- ณ ตำแหน่งที่ 5 และตำแหน่งที่ 6 สามารถจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าแสดงดังภาพที่ 24



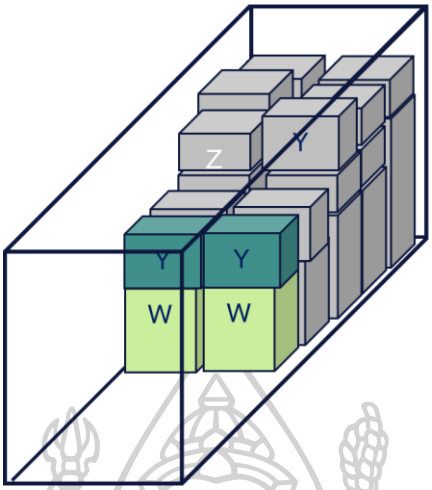
ภาพที่ 25 จำลองการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า ตู้ที่ 1 ณ ตำแหน่งที่ 5 และ 6

- ณ ตำแหน่งที่ 7 และตำแหน่งที่ 8 สามารถจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าแสดงดังภาพที่ 25



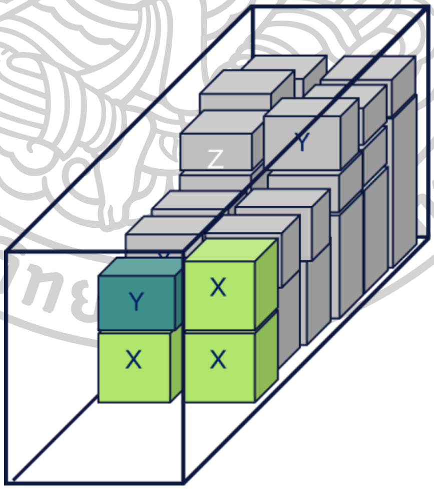
ภาพที่ 26 จำลองการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า ตู้ที่ 1 ณ ตำแหน่งที่ 7 และ 8

- ณ ตำแหน่งที่ 9 และตำแหน่งที่ 10 สามารถจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าแสดงดังภาพที่ 26



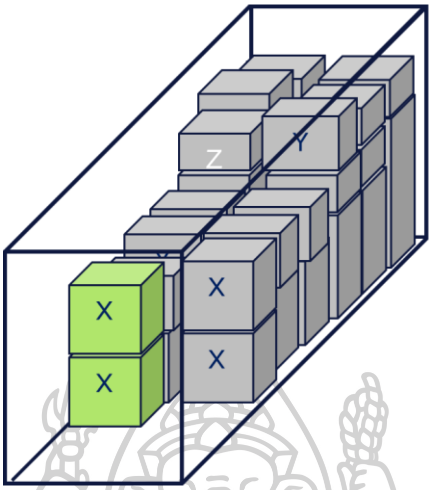
ภาพที่ 27 จำลองการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า ตู้ที่ 1 ณ ตำแหน่งที่ 9 และ 10

- ณ ตำแหน่งที่ 11 และตำแหน่งที่ 12 สามารถจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าแสดงดังภาพที่ 27



ภาพที่ 28 จำลองการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า ตู้ที่ 1 ณ ตำแหน่งที่ 11 และ 12

- ณ ตำแหน่งที่ 13 สามารถจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าแสดงดังภาพที่ 28



ภาพที่ 29 จำลองการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า ตู้ที่ 1 ณ ตำแหน่งที่ 13

ขั้นตอนที่ 1 คลิกสองครั้งเพื่อเปิดโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 2 กดคลิกที่ “Sheet 2”เพื่อกรอกข้อมูลชื่อสินค้า ชนิด และจำนวนพาเลท

ขั้นตอนที่ 3 กดคลิกกลับไปยังที่ “Sheet 1” และกดที่ไอคอน “RUN” เพื่อให้โปรแกรมประมวลผล

โปรแกรมแสดงผลเป็นรายงานแบบจำลองการจัดเรียงสินค้า โดยระบุการจัดเรียงสินค้าของพาเลทแต่ละชั้นในตู้สินค้า

นำรายงานแบบจำลองการจัดเรียงสินค้า มาใช้ในการปฏิบัติงานจริงของการจัดเรียงพาเลทในตู้สินค้า

ภาพที่ 30 แผนภาพขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

3.3 เปรียบเทียบวิธีการจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าที่ถูกเลือกมานำเสนอกับวิธีการที่ใช้ความชำนาญของคนโดยใช้ข้อมูลจริงจากการปฏิบัติงานจริง

การเปรียบเทียบวิธีการจัดเรียงสินค้าที่นำเสนอนี้กับวิธีการที่ใช้ความชำนาญของคนโดยใช้ข้อมูลจริงจากการปฏิบัติงานจริง มีรายละเอียดและขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.3.1 เลือกทดลองกับสินค้าที่จะถูกส่งออกด้วยวิธีจัดเรียงสินค้าลงในตู้สินค้าของบริษัทตัวอย่าง จำนวน 40 ตู้สินค้า เฉลี่ยสัปดาห์ละ 5 ตู้ เป็นเวลา 9 สัปดาห์ รายละเอียดตารางที่ 1

3.3.2 นำโปรแกรมที่ถูกพัฒนาในข้อ 3.2 มาทดลองกับข้อมูลบริษัทตัวอย่างและเก็บข้อมูล จำนวน 40 ตู้สินค้า เฉลี่ยสัปดาห์ละ 5 ตู้ เป็นเวลา 9 สัปดาห์

3.3.3 จากนั้นนำข้อมูลที่เก็บได้จากทดลองใช้โปรแกรม 3.3.2 นำมาเปรียบเทียบกับการจัดเรียงของพนักงานที่มีประสบการณ์ แบ่งเป็น 3 ประเด็น คือ

1. จำนวนตู้สินค้าที่ใช้ในแต่ละสัปดาห์
2. โดยการประเมินร้อยละปริมาตรการใช้ประโยชน์ของตู้สินค้า
3. ความรวดเร็วในการวางแผนจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำนวนพาเลทที่ถูกส่งออกในแต่ละสัปดาห์

ชื่อสินค้า	ชนิด	ความสูงของพาเลท	สัปดาห์ที่								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
		มิลลิเมตร	จำนวนพาเลทของแต่ละสินค้า ต่อสัปดาห์								
MARC	T	2008	9	15	53	59	14	12	37	14	18
MARJ	U	1200	6	5	6	3	10	11	12	5	9
HAMA	V	1156	10	10	17	4	18	17	12	11	17
HASB	W	1150	11	16	7	27	13	8	38	16	8
HALI	X	1051	33	31	43	43	42	39	34	53	14
HNMA	Y	757	40	25	17	5	29	27	30	34	38
Gusset	Z	473	15	22	18	19	17	15	21	12	17
รวมจำนวนพาเลท			**124**	**124**	**161**	**160**	**143**	**129**	**184**	**145**	**121**

บทที่ 4
ผลและการวิเคราะห์ผล

ผู้วิจัยได้นำเสนอการทดลองใช้งานโปรแกรมที่คิดค้นขึ้นกับบริษัทตัวอย่างที่มีการบรรจุสินค้าลงตู้สินค้าจำนวน 40 ตู้ เฉลี่ยสัปดาห์ละ 5 ตู้ เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ โดยมีการเก็บข้อมูลผลของการจัดเรียงจากการใช้โปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการจัดเรียงพาเลทสินค้าลงตู้สินค้ากับวิธีการที่ใช้ความชำนาญของคนของบริษัทตัวอย่างดังตารางที่ 2 จำนวน 40 ตู้สินค้า เป็นเวลา 9 สัปดาห์ และได้นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ประเด็นคือ

1. จำนวนตู้สินค้าที่ใช้ในแต่ละสัปดาห์
2. การประเมินร้อยละปริมาตรการใช้ประโยชน์ของตู้สินค้า
3. ความรวดเร็วในการวางแผนจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

4.1 ผลการเก็บข้อมูลของการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าโดยใช้ความชำนาญของคนและโปรแกรม

ตารางที่ 2 ข้อมูลของการทดลองจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าโดยใช้ความชำนาญของคนและโปรแกรม

สัปดาห์ที่	จำนวนตู้บรรจุสินค้าที่ใช้ในการจัดเรียง	ปริมาตรการใช้พื้นที่ตู้สินค้าจากการจัดเรียงของโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน	คิดเป็นร้อยละ	ปริมาตรการใช้พื้นที่ตู้สินค้าจากการจัดเรียงโดยใช้โปรแกรม	คิดเป็นร้อยละ	เวลาที่ใช้ในการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน	เวลาที่ใช้จากการจัดเรียงโดยใช้โปรแกรม
		ลูกบาศก์มิลลิเมตร		ลูกบาศก์มิลลิเมตร		วินาที	วินาที
1	1	49,428,437,500	68%	58,458,467,500	81%	508.2	0.10156
	2	45,868,267,500	63%	53,960,645,000	75%	433.2	0.06250
	3	57,473,205,000	79%	48,317,537,500	67%	1080.6	0.07031
	4	7,966,740,000	11%	0		25.2	0.00000
2	1	54,078,347,500	75%	63,532,900,000	88%	613.8	0.07813
	2	57,692,740,000	80%	50,519,500,000	70%	271.2	0.05469
	3	54,842,752,500	76%	55,217,020,000	76%	138	0.06250
	4	2,655,580,000	4%	0		27	0.00000

ตารางที่ 2 (ต่อ) ข้อมูลของการทดลองจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าโดยใช้ความชำนาญของคนและโปรแกรม

สัปดาห์ที่	จำนวนตู้บรรจุสินค้าที่ใช้ในการจัดเรียง	ปริมาตรการใช้พื้นที่ตู้สินค้าจากการจัดเรียงของโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน	คิดเป็นร้อยละ	ปริมาตรการใช้พื้นที่ตู้สินค้าจากการจัดเรียงโดยใช้โปรแกรม	คิดเป็นร้อยละ	เวลาที่ใช้ในการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน	เวลาที่ใช้จากการจัดเรียงโดยใช้โปรแกรม
		ลูกบาศก์มิลลิเมตร		ลูกบาศก์มิลลิเมตร		วินาที	วินาที
3	1	64,371,365,000	89%	64,371,365,000	89%	73.8	0.09009
	2	53,111,600,000	73%	53,111,600,000	73%	71.4	0.10986
	3	48,538,395,000	67%	52,581,277,500	73%	130.8	0.10010
	4	58,890,925,000	81%	54,455,260,000	75%	253.8	0.07007
	5	50,038,110,000	69%	50,430,892,500	70%	62.4	0.06982
4	1	64,996,907,500	90%	64,996,907,500	90%	73.2	0.09985
	2	53,111,600,000	73%	53,111,600,000	73%	92.4	0.11011
	3	53,571,830,000	74%	53,044,152,500	73%	78	0.11987
	4	59,943,635,000	83%	56,825,180,000	79%	130.8	0.07007
	5	53,653,825,000	74%	57,299,957,500	79%	94.2	0.08008

ตารางที่ 2 (ต่อ) ข้อมูลของการทดลองจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าโดยใช้ความชำนาญของคนและโปรแกรม

สัปดาห์ที่	จำนวนตู้บรรจุสินค้าที่ใช้ในการจัดเรียง	ปริมาตรการใช้พื้นที่ตู้สินค้าจากการจัดเรียงของโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน	คิดเป็นร้อยละ	ปริมาตรการใช้พื้นที่ตู้สินค้าจากการจัดเรียงโดยใช้โปรแกรม	คิดเป็นร้อยละ	เวลาที่ใช้ในการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน	เวลาที่ใช้จากการจัดเรียงโดยใช้โปรแกรม
		ลูกบาศก์มิลลิเมตร		ลูกบาศก์มิลลิเมตร		วินาที	วินาที
5	1	58,097,425,000	80%	62,340,005,000	86%	145.8	0.08984
	2	54,578,252,500	75%	50,831,610,000	70%	247.2	0.10156
	3	57,900,372,500	80%	56,022,422,500	77%	424.8	0.05859
	4	27,806,885,000	38%	29,188,897,500	40%	66.6	0.06055
6	1	54,695,955,000	76%	60,954,025,000	84%	147	0.08984
	2	59,570,690,000	82%	50,773,420,000	70%	484.2	0.08984
	3	53,213,432,500	74%	56,645,320,000	78%	330	0.05078
	4	10,622,320,000	15%	9,729,632,500	13%	36	0.07031

ตารางที่ 2 (ต่อ) ข้อมูลของการทดลองจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าโดยใช้ความชำนาญของคนและโปรแกรม

สัปดาห์ที่	จำนวนตู้บรรจุสินค้าที่ใช้ในการจัดเรียง	ปริมาตรการใช้พื้นที่ตู้สินค้าจากการจัดเรียงของโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน	คิดเป็นร้อยละ	ปริมาตรการใช้พื้นที่ตู้สินค้าจากการจัดเรียงโดยใช้โปรแกรม	คิดเป็นร้อยละ	เวลาที่ใช้ในการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน	เวลาที่ใช้จากการจัดเรียงโดยใช้โปรแกรม
		ลูกบาศก์มิลลิเมตร		ลูกบาศก์มิลลิเมตร		วินาที	วินาที
7	1	58,634,360,000	81%	65,622,450,000	91%	187.2	0.09375
	2	53,111,600,000	73%	53,534,800,000	74%	84	0.15625
	3	53,140,695,000	73%	51,122,560,000	71%	138	0.09375
	4	58,368,537,500	81%	55,502,680,000	77%	75.6	0.07813
	5	39,833,700,000	55%	58,085,522,500	80%	93.6	0.07813
	6	12,013,590,000	17%	-		19.2	0.00000
8	1	37,178,120,000	51%	60,155,235,000	83%	273.6	0.10938
	2	50,670,265,000	70%	50,519,500,000	70%	127.2	0.10156
	3	59,419,925,000	82%	54,662,892,500	76%	91.8	0.05859
	4	54,207,952,500	75%	36,138,635,000	50%	19.2	0.06250

ตารางที่ 2 (ต่อ) ข้อมูลของการทดลองจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าโดยใช้ความชำนาญของคนและโปรแกรม

สัปดาห์ที่	จำนวนตู้บรรจุสินค้าที่ใช้ในการจัดเรียง	ปริมาตรการใช้พื้นที่ตู้สินค้าจากการจัดเรียงของโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน	คิดเป็นร้อยละ	ปริมาตรการใช้พื้นที่ตู้สินค้าจากการจัดเรียงโดยใช้โปรแกรม	คิดเป็นร้อยละ	เวลาที่ใช้ในการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน	เวลาที่ใช้จากการจัดเรียงโดยใช้โปรแกรม
		ลูกบาศก์มิลลิเมตร		ลูกบาศก์มิลลิเมตร		วินาที	วินาที
9	1	58,047,170,000	80%	63,610,927,500	88%	367.2	0.12109
	2	52,472,832,500	73%	51,006,180,000	70%	80.4	0.05078
	3	56,327,920,000	78%	53,759,625,000	74%	154.2	0.05859
	4	1,528,810,000	2%	-		18	0.00000

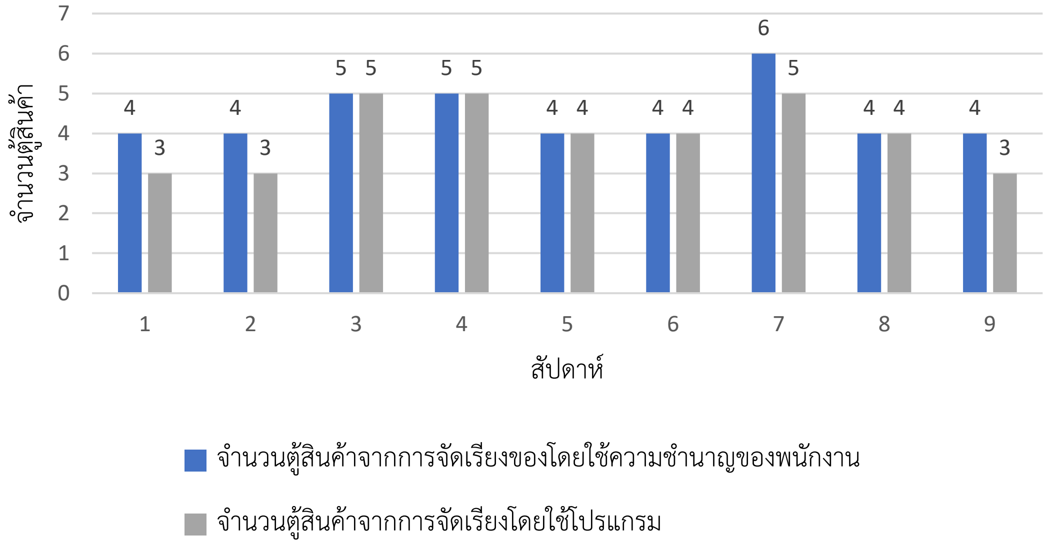
4.2 จำนวนตู้สินค้าที่ใช้ในแต่ละสัปดาห์

จากตารางที่ 2 ผลการเก็บข้อมูลจำนวน 9 สัปดาห์สามารถสรุปจำนวนการใช้ตู้สินค้าในการจัดเรียงสินค้าดังตารางที่ 3 จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าพนักงานผู้ชำนาญต้องใช้ตู้สินค้าจำนวน 40 ตู้ในการบรรจุสินค้า ในขณะที่โปรแกรมที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถบรรจุสินค้าทั้งหมดลงในตู้เพียง 36 เท่านั้น ซึ่งรายละเอียดการเปรียบการใช้ตู้สินค้าในแต่ละสัปดาห์แสดงเป็นกราฟแท่งดังภาพที่ 29

ตารางที่ 3 ผลสรุปจำนวนการใช้ตู้สินค้าจากการจัดเรียงโดยใช้ความชำนาญของพนักงานและโปรแกรม

สัปดาห์ที่	จำนวนตู้สินค้าจากการจัดเรียงของ โดยใช้ความชำนาญของพนักงาน	จำนวนตู้สินค้าจากการจัดเรียง โดยใช้โปรแกรม
หน่วย	ตู้	ตู้
1	4	3
2	4	3
3	5	5
4	5	5
5	4	4
6	4	4
7	6	5
8	4	4
9	4	3
รวม	40	36

จากภาพที่ 29 และข้อมูลทั้งหมดพบว่าโปรแกรมที่นำเสนอสามารถลดจำนวนตู้สินค้าลงได้ในสัปดาห์ที่ 1,2,7 และ 9 โดยจำนวนตู้สินค้าลงได้สัปดาห์ละ 1 ตู้ รวมทั้งหมด 4 ตู้ คิดเป็นร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับความชำนาญของพนักงาน และหากคิดเป็นมูลค่าที่สามารถประหยัดได้ ตู้ละ 28,000 บาท ในระยะเวลา 9 สัปดาห์ สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง 112,000 บาท



ภาพที่ 31 จำนวนตู้สินค้าจากการจัดเรียงโดยใช้ความชำนาญของพนักงานกับการใช้โปรแกรม

4.3 การประเมินร้อยละปริมาตรการใช้ประโยชน์ของตู้สินค้า

นอกจากนี้โปรแกรมที่ได้นำเสนอยังสามารถประเมินในรูปของร้อยละปริมาตรการใช้ประโยชน์ของตู้สินค้าของแต่ละสัปดาห์ โดยผู้วิจัยได้สรุปร้อยละเฉลี่ยของปริมาตรการใช้ตู้สินค้าในแต่ละสัปดาห์เทียบกับพนักงานที่ชำนาญได้ดังตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 จะพบว่าร้อยละปริมาตรการใช้ประโยชน์พื้นที่ของตู้สินค้าที่จัดเรียงโดยโปรแกรมให้ค่าที่ดีกว่าที่จัดเรียงโดยความชำนาญของพนักงาน 4 สัปดาห์คือสัปดาห์ที่ 1, 2, 7 และ 9 โดยแสดงค่าที่ดีกว่า 15 ถึง 22% และหากคิดโดยเฉลี่ยตลอดทั้ง 9 สัปดาห์แล้ว การใช้โปรแกรมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะได้ค่าร้อยละปริมาตรการใช้ประโยชน์ของตู้สินค้าดีกว่าการใช้ความชำนาญของพนักงานอยู่ 8.33% ซึ่งสอดคล้องกับผลจำนวนตู้สินค้าที่ใช้ในการจัดเรียง

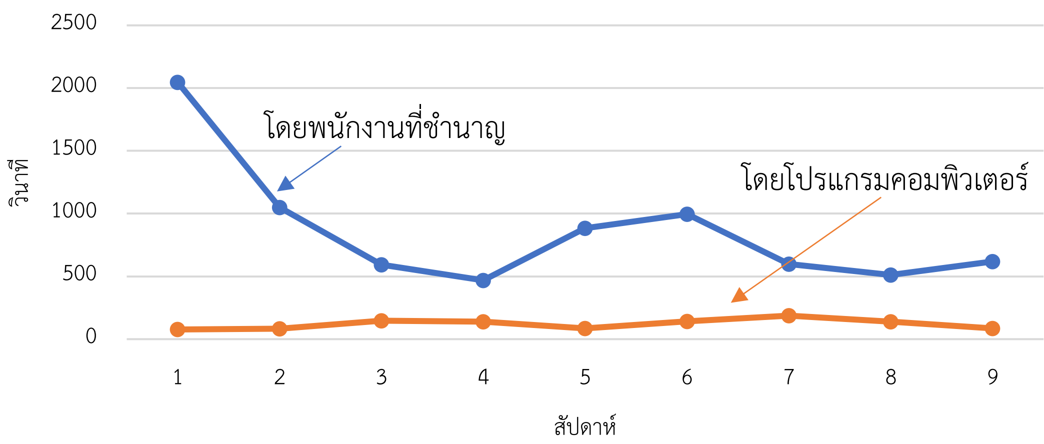
ตารางที่ 4 ร้อยละปริมาตรการใช้ประโยชน์ของตู้สินค้า

สัปดาห์ที่	ปริมาตรการใช้ประโยชน์ของตู้สินค้าโดยใช้ความชำนาญ	ปริมาตรการใช้ประโยชน์ของตู้สินค้าโดยใช้โปรแกรม	ความแตกต่าง
	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ
1	56%	74%	+18%
2	58%	78%	+22%
3	76%	76%	0%
4	79%	79%	0%
5	69%	69%	0%
6	62%	62%	0%
7	63%	78%	+15%
8	70%	70%	0
9	58%	78%	+20%
รวม	66%	74%	เฉลี่ย 8.33%

จากตารางที่ 4 จะพบว่าร้อยละปริมาตรการใช้ประโยชน์พื้นที่ของตู้สินค้าที่จัดเรียงโดยโปรแกรมให้ค่าที่ดีกว่าที่จัดเรียงโดยความชำนาญของพนักงาน 4 สัปดาห์คือสัปดาห์ที่ 1, 2, 7 และ 9 โดยแสดงค่าที่ดีกว่า 15 ถึง 22% และหากคิดโดยเฉลี่ยตลอดทั้ง 9 สัปดาห์แล้ว การใช้โปรแกรมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะได้ค่าร้อยละปริมาตรการใช้ประโยชน์ของตู้สินค้าดีกว่าการใช้ความชำนาญของพนักงานอยู่ 8.33% ซึ่งสอดคล้องกับผลจำนวนตู้สินค้าที่ใช้ในการจัดเรียง

4.4 ความรวดเร็วในการวางแผนจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

ในงานวิจัยนี้ยังได้สนใจประเมินความยากง่ายในการใช้โปรแกรมโดยการเปรียบเทียบระยะเวลาในการใช้โปรแกรมจัดเรียงสินค้ากับการใช้พนักงานที่ชำนาญในการคิดและวางแผนจัดเรียงสินค้า ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 30



ภาพที่ 32 กราฟเวลาที่ใช้ในการจัดเรียงโดยใช้ความชำนาญของพนักงานเทียบกับโปรแกรม

จากภาพที่ 30 เมื่อเปรียบเทียบกราฟเวลาที่ใช้ในการจัดเรียงสินค้าจะเห็นได้ว่าการใช้โปรแกรมในการวางแผนจัดเรียงสินค้าสามารถประหยัดเวลาในการทำงานของพนักงานลงได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเวลาในการใช้โปรแกรมจะเริ่มตั้งแต่การกรอกข้อมูลจนกระทั่งได้ผลเป็นแผนการจัดเรียง ใช้เวลาโดยรวมไม่เกิน 187 วินาที (ประมาณ 0.52 ชั่วโมง) ในขณะที่การใช้พนักงานผู้ชำนาญในการจัดเรียงสินค้าใช้เวลาอยู่ในช่วง 468 วินาที (ประมาณ 1.3 ชั่วโมง) จนถึง 2,047 วินาที (ประมาณ 5.6 ชั่วโมง)

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการทางฮิวริสติกเพื่อใช้ในการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า และเขียนเป็นโปรแกรมโดยใช้ภาษา VBA บน Microsoft Excel 2010 จากนั้นได้นำไปทดลองใช้กับบริษัทตัวอย่างที่มีการใช้ตู้สินค้าขนาด 40 ฟุตในการส่งออกสินค้าไปต่างประเทศโดยเฉลี่ยเดือนละ 20 ตู้ โดยมีการเก็บข้อมูลผลของการจัดเรียงใน 3 ประเด็นคือ 1) จำนวนตู้สินค้าที่ใช้ในแต่ละสัปดาห์ 2) โดยการประเมินอัตราการใช้ประโยชน์ปริมาตรของตู้สินค้า (Volume Utilization) 3) ความรวดเร็วในการวางแผนจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ผลการประเมินทั้งสามด้านโดยการทดลองเปรียบเทียบกับการใช้พนักงานที่ชำนาญในการวางแผนจัดเรียงสินค้าเทียบกับโปรแกรมที่นำเสนอเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าการใช้โปรแกรมที่นำเสนอในงานวิจัยครั้งนี้ สามารถจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้าได้มีประสิทธิภาพมากกว่าการจัดเรียงโดยใช้ผู้ชำนาญทั้งสามด้านดังนี้

5.1.1 จำนวนตู้สินค้าที่ใช้ในแต่ละสัปดาห์

พนักงานผู้ชำนาญต้องใช้ตู้สินค้าจำนวน 40 ตู้ในการบรรจุสินค้า ในขณะที่โปรแกรมที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถบรรจุสินค้าทั้งหมดลงในตู้เพียง 36 เท่านั้น โดยจำนวนตู้สินค้าที่ลดลงนั้นคิดเป็นร้อยละ 10เป็นเงินที่ประหยัดได้ 112,000 บาท

5.1.2 การประเมินร้อยละการใช้ประโยชน์ปริมาตรของตู้สินค้า (Volume Utilization)

ผลการเปรียบเทียบพบว่าร้อยละการใช้ประโยชน์ปริมาตรของตู้สินค้าที่จัดเรียงโดยโปรแกรมให้ค่าที่ดีกว่าที่จัดเรียงโดยความชำนาญของพนักงาน 4 สัปดาห์ใน 9 สัปดาห์ โดยให้ค่าที่ดีกว่า 15 ถึง 22% และหากคิดโดยเฉลี่ยตลอดทั้ง 9 สัปดาห์แล้ว การใช้โปรแกรมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะได้ค่าร้อยละการใช้ประโยชน์ปริมาตรในตู้สินค้าดีกว่าการใช้ความชำนาญของพนักงานอยู่ 8.33%

5.1.3 ความรวดเร็วในการวางแผนจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

การใช้โปรแกรมในการวางแผนจัดเรียงสินค้าสามารถประหยัดเวลาในการทำงานของพนักงานลงได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเวลาในการใช้โปรแกรมจะเริ่มตั้งแต่การกรอกข้อมูลจนกระทั่งได้ผลเป็นแผนการจัดเรียง ใช้เวลาโดยรวมไม่เกิน 187 วินาที (ประมาณ 0.52 ชั่วโมง) ในขณะที่การใช้พนักงานผู้ชำนาญในการจัดเรียงสินค้าใช้เวลาอยู่ในช่วง 468 วินาที (ประมาณ 1.3 ชั่วโมง) จนถึง

2,047 วินาที (ประมาณ 5.6 ชั่วโมง) จะเห็นได้ว่าการใช้โปรแกรมในการจัดเรียงใช้ระยะเวลาสั้นและประหยัดเวลากว่าการใช้ผู้ชำนาญในการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

นอกเหนือจากนี้โปรแกรมการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้านี้ไม่จำกัดจำนวนพาเลทที่จะมาจัดเรียง โปรแกรมสามารถประมวลผลและคำนวณจำนวนการใช้ตู้สินค้าให้เหมาะสมกับจำนวนพาเลทที่ต้องการจะจัดเรียงได้ โดยที่พาเลทที่ถูกนำมาซ้อนแต่ละชั้นไม่เกินพิกัดความสูงของตู้สินค้า

5.2 ข้อเสนอแนะ

โปรแกรมที่ใช้ในการทดลองนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถลดระยะเวลาในการวางแผนจัดเรียงสินค้าและลดการใช้ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานได้ อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้ง่าย คล่องตัว สามารถสับเปลี่ยนพนักงานในการใช้โปรแกรมได้และยังคงได้รับผลลัพท์ในการจัดเรียงสินค้าที่มีประสิทธิภาพคงเดิม นอกจากนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและวิจัยต่อไป ในการเพิ่มตัวเลือกให้สามารถเลือกขนาดของตู้สินค้า ขนาดพาเลท รวมไปถึงกำหนดน้ำหนักรวมของสินค้าให้ไม่เกินขีดจำกัดของตู้สินค้าได้อย่าง อิสระ ถือเป็นข้อเสนอแนะให้เกิดการพัฒนาโปรแกรมให้เหมาะกับสินค้าชนิดอื่น ๆ ต่อไป

รายการอ้างอิง

1. Alonso, M.T., et al., Mathematical models for multicontainer loading problems. Omega, 2017. **66**: p. 106-117.
2. Ramos, A.G., E. Silva, and J.F. Oliveira, A new load balance methodology for container loading problem in road transportation. European Journal of Operational Research, 2018. **266**(3): p. 1140-1152.
3. Toffolo, T.A.M., et al., A two-dimensional heuristic decomposition approach to a three-dimensional multiple container loading problem. European Journal of Operational Research, 2017. **257**(2): p. 526-538.
4. บุญหล้า., ฐ., การจัดการโลจิสติกส์ : มิติซัพพลายเชน ภาคทฤษฎีและปฏิบัติ = Logistics management a supply chain perspective : theory and practice / ฐาปนา บุญหล้า, นงลักษณ์ นิมิตรภูวดล. 2555, กรุงเทพฯ :: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 399.
5. อิสราพานิช, ก., คุณรู้จักระบบการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ทางทะเล...ไหม? Quality for Trend, 2554. **18**(สิงหาคม 2554): p. 25-30.
6. รัตนาวิจิตร, ม. ขนาดตู้ Container 2560 23 เมษายน 2562]; Available from: http://goodforklift.blogspot.com/2017/09/container.html.
7. Bhujbal, M. Fott Steel Dry Cargo Container. 2010 23 April 2019]; Available from: https://www.indiamart.com/proddetail/40-fott-steel-dry-cargo-container-6435450430.html.
8. Masten, M. Indo Container 2007 23 April 2019]; Available from: http://www.indokontainer.com/tag/harga-kontainer/page/18/.
9. logistics, D.g.t.a. Garments on hangers’ containers 2018 23 April 2019]; Available from: http://www.uk.dsv.com/sea-freight/sea-containers/garments-on-hangers-containers.
10. Morysse, M. 20' Hard Top Open Top. 2018 23 April 2019]; Available from: https://www.lotus-containers.com/pt/a-nossa-oferta/frota/hard-top-open-top/20-hard-top-open-top/.
11. Manaadiar, H. 20′ Flat Rack Container 2008 23 April 2019]; Available from: https://shippingandfreightresource.com/special-containers/.

12. ดับเบิลยูทีซี, ค. พาเลท 2 ทาง 2556 23 เมษายน 2562].

13. FoodSolids. Pouch Packaging 2018 23 April 2019]; Available from: http://foodsolids.com/web/packaging.html.

14. Alonso, M.T., et al., Mathematical models for Multi Container Loading Problems with practical constraints. Computers & Industrial Engineering, 2019. **127**: p. 722-733.

15. Cardoso, R.N., et al., Automated Planning Integrated with Linear Programming Applied in the Container Loading Problem. IFAC Proceedings Volumes, 2013. **46**(24): p. 153-158.

16. Bischoff, E.E. and M.S.W. Ratcliff, Issues in the development of approaches to container loading. Omega, 1995. **23**(4): p. 377-390.

17. Wäscher, G., H. Haußner, and H. Schumann, An improved typology of cutting and packing problems. European Journal of Operational Research, 2007. **183**(3): p. 1109-1130.

18. Bischoff, E. and M.J.J.o.t.O.R.S. Ratcliff, Loading multiple pallets. 1995. **46**(11): p. 1322-1336.

19. Bortfeldt, A. and G. Wäscher, Constraints in container loading – A state-of-the-art review. European Journal of Operational Research, 2013. **229**(1): p. 1-20.

20. สันติสุข, ป.ธ.ส., ขั้น ตอน วิธี ทาง คอมพิวเตอร์ สำหรับ การ บรรจุ กล่อง หลาย มิติ เข้าตู้ คอนเทนเนอร์. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

21. Sheng, L., et al., A heuristic algorithm for container loading of pallets with infill boxes. European Journal of Operational Research, 2016. **252**(3): p. 728-736.

22. วิชาญ ชัยจำรัส, พ.บ., การแก้ปัญหาการบรรจุภัณฑ์ในสามมิติโดยพิจารณาการรับน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2561. **1**: p. 1-6.

23. Loh, K.-H., B. Golden, and E. Wasil, Solving the one-dimensional bin packing problem with a weight annealing heuristic. Computers & Operations Research, 2008. **35**(7): p. 2283-2291.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

ตารางที่ 5 ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ A โดยการใช้ความชำนาญของพนักงานในการจัดเรียงสินค้า																			
		1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A	15A	16A	17A	18A	19A	20A
สัปดาห์ที่ 1	1	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20
	2	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
	3	D1	D2	D3	D4	D5	D6	C2	C3	C4	C5	C6	B1	B2	B3	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	4	A7	A8	A9																	
สัปดาห์ที่ 2	1	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	2	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
	3	E25	E26	E27	E28	B2	B3	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
	4	A15																			
สัปดาห์ที่ 3	1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
	2	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A38	A39	A40
	3	A41	A42	A43	A44	A45	A46	A47	A48	A49	A50	A51	A52	A53	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
	4	F15	B1	F16	B2	F17	B3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	D1	D2	D3	E1	E2	E3
	5	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27

ตารางที่ 5 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้า	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ A โดยการใช้ความชำนาญของพนักงานในการจัดเรียงสินค้า																			
	ลำดับที่	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A	15A	16A	17A	18A	19A	20A
สัปดาห์ที่ 4	1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
	2	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A38	A39	A40
	3	A41	A42	A43	A44	A45	A46	A47	A48	A49	A50	A51	A52	A53	A54	A55	A56	A57	A58	A59	B1
	4	B2	B3	C2	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17
	5	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28
สัปดาห์ที่ 5	1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
	2	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	F1	F2	F3
	3	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	B1	B2	B3	B4	B5	A1	A2	A3	A4
	4	A9	A10	A11	A12	A13	A14														
สัปดาห์ที่ 6	1	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	D1	D2	D3	D4	C1	C2
	2	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	B1	B2	B3	B4	B5	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
	3	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E29	E30	E31	E32	E33	E34	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	4	A9	A10	A11	A12																

ตารางที่ 5 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ A โดยการใช้ความชำนาญของพนักงานในการจัดเรียงสินค้า																			
		1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A	15A	16A	17A	18A	19A	20A
สัปดาห์ที่ 7	1	B1	B2	B3	B4	B5	B6	C1	C2	C3	C4	C5	C6	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	2	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28
	3	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
	4	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	E1	E2	E3	E4	E5	E6
	5	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
	6	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	F30								
สัปดาห์ที่ 8	1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14						
	2	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	D1	D2	D3
	3	D7	D8	D9	D10	D11	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	C5	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
	4	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32	E33	E34
สัปดาห์ที่ 9	1	D1	D2	D3	D4	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	B1	B2	B3	B4	B5	F1	F2	F3	F4
	2	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	3	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	4	C17																			

ตารางที่ 5 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ **B** โดยการใช้ความชำนาญของพนักงานในการจัดเรียงสินค้า																			
		1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B	18B	19B	20B
สัปดาห์ที่ 1	1	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	F30	F31	F32	F33	F34	F35	F36	F37	F38	F39	F40
	2	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32	E33							
	3	D7	D8	D9	D10	D11	C1	C7	C8	C9	C10	B4	B5	B6							
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 2	1	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	G1	G2	G3	G4	G5	C8	C9	C10
	2	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
	3	E29	E30	E31	B1	B4	B5														
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 3	1	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18		
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท													F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14
	4	B4	C1	B5	C2	B6	C3	C12	C13	C14	C15	C16	C17	D4	D5	D6	D7	E4	E5	E6	E7
	5	E28	E29	E30	E31	E32	E33	E34	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E41	E42	E43				

ตารางที่ 5 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ B โดยการใช้ความชำนาญของพนักงานในการจัดเรียงสินค้า																			
		1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A	15A	16A	17A	18A	19A	20A
สัปดาห์ที่ 4	1	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			C1
	4	C3	C4	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
	5	E29	E30	E31	E32	E33	E34	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E41	E42	E43	F1	F2	F3	F4	F5
สัปดาห์ที่ 5	1	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
	2	E33	E34	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E41	E42	D8	D9	D10	D11	D12	D13	F4	F5	F6	F7
	3	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	B6	B7	B8	B9	B10	A5	A6	A7	A8
	4	G16	G17																		
สัปดาห์ที่ 6	1	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	G1	D5	D6	D7	D8	C3	C4
	2	C12	C13	C14	C15	C16	C17	B6	B7	B8	B9	B10	B11	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
	3	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E35	E36	E37	E38	E39									
	4	ไม่มีพาเลท																			

ตารางที่ 5 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ B โดยการใช้ความชำนาญของพนักงานในการจัดเรียงสินค้า																			
		1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A	15A	16A	17A	18A	19A	20A
สัปดาห์ที่ 7	1	B7	B8	B9	B10	B11	B12	C7	C8	C9	C10	C11	C12								
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
	4	G21	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37	D38	E7	E8	E9	E10	E11	E12
	5	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32	E33	E34	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18
	6	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 8	1	ไม่มีพาเลท																			
	2	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F27	F28	F29	F30	F31	F32	F33	F34	D4	D5	D6
	3	D12	D13	D14	D15	D16	B4	B5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
	4	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E41	E42	E43	E44	E45	E46	E47	E48	E49	E50	E51	E52	E53	
สัปดาห์ที่ 9	1	D5	D6	D7	D8	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	B6	B7	B8	B9	F5	F6	F7	F8	F9
	2	F24	F25	F26	F27	F28	F29	F30	F31	F32	F33	F34	F35	F36	F37						
	3	ไม่มีพาเลท												C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
	4	ไม่มีพาเลท																			

ตารางที่ 5 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ C โดยการใช้ความชำนาญของพนักงานในการจัดเรียงสินค้า																			
		1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C	13C	14C	15C	16C	17C	18C	19C	20C
สัปดาห์ที่ 1	1	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15					
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 2	1	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22			
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 3	1	ไม่มีพาเลท																			
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			
	5	ไม่มีพาเลท																			

ตารางที่ 5 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ C โดยการใช้ความชำนาญของพนักงานในการจัดเรียงสินค้า																			
		1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C	13C	14C	15C	16C	17C	18C	19C	20C
สัปดาห์ที่ 4	1	ไม่มีพาเลท																			
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			
	5	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 5	1	ไม่มีพาเลท																			
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11						G12	G13	G14	G15
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 6	1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15						
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			

ตารางที่ 5 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ C โดยการใช้ความชำนาญของพนักงานในการจัดเรียงสินค้า																			
		1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C	13C	14C	15C	16C	17C	18C	19C	20C
สัปดาห์ที่ 7	1	ไม่มีพาเลท																			
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			
	5	ไม่มีพาเลท																			
	6	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 8	1	ไม่มีพาเลท																			
	2	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12								
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 9	1	ไม่มีพาเลท															G1	G2	G3	G4	G5
	2	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	F38							
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้โปรแกรม

ตารางที่ 6 ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้โปรแกรม

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ A โดยโปรแกรม																			
		1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A	15A	16A	17A	18A	19A	20A
สัปดาห์ที่ 1	1	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T	9T	1U	2U	3U	4U	5U	6U	1V	2V	3V	4V	5V
	2	6V	7V	8V	9V	10V	1W	2W	3W	4W	5W	6W	7W	8W	9W	10W	11W	1X	2X	3X	4X
	3	5X	6X	7X	8X	9X	10X	11X	12X	13X	14X	15X	16X	17X	18X	19X	20X	21X			
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 2	1	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T	9T	10T	11T	12T	13T	14T	15T	1U	2U	3U	4U	5U
	2	1V	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V	10V	1W	2W	3W	4W	5W	6W	7W	8W	9W	10W
	3	11W	12W	13W	14W	15W	16W	1X	2X	3X	4X	5X	6X	7X	8X	9X	10X	11X	12X	13X	14X
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 3	1	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T	9T	10T	11T	12T	13T	14T	15T	16T	17T	18T	19T	20T
	2	21T	22T	23T	24T	25T	26T	27T	28T	29T	30T	31T	32T	33T	34T	35T	36T	37T	38T	39T	40T
	3	41T	42T	43T	44T	45T	46T	47T	48T	49T	50T	51T	52T	53T	1U	2U	3U	4U	5U	6U	1V
	4	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V	10V	11V	12V	13V	14V	15V	16V	17V	1W	2W	3W	4W
	5	5W	6W	7W	1X	2X	3X	4X	5X	6X	7X	8X	9X	10X	11X	12X	13X	14X	15X		

ตารางที่ 6 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้โปรแกรม

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ A โดยโปรแกรม																			
		1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A	15A	16A	17A	18A	19A	20A
สัปดาห์ที่ 4	1	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T	9T	10T	11T	12T	13T	14T	15T	16T	17T	18T	19T	20T
	2	21T	22T	23T	24T	25T	26T	27T	28T	29T	30T	31T	32T	33T	34T	35T	36T	37T	38T	39T	40T
	3	41T	42T	43T	44T	45T	46T	47T	48T	49T	50T	51T	52T	53T	54T	55T	56T	57T	58T	59T	1U
	4	2U	3U	1V	2V	3V	4V	1W	2W	3W	4W	5W	6W	7W	8W	9W	10W	11W	12W	13W	14W
	5	15W	16W	17W	18W	19W	20W	21W	22W	23W	24W	25W	26W	27W	1X	2X	3X	4X	5X	6X	7X
สัปดาห์ที่ 5	1	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T	9T	10T	11T	12T	13T	14T	1U	2U	3U	4U	5U	6U
	2	7U	8U	9U	10U	1V	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V	10V	11V	12V	13V	14V	15V	16V
	3	17V	18V	1W	2W	3W	4W	5W	6W	7W	8W	9W	10W	11W	12W	13W	1X	2X	3X	4X	5X
	4	6X	7X	8X	9X	10X	11X	12X	13X	14X	15X	16X									
สัปดาห์ที่ 6	1	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T	9T	10T	11T	12T	1U	2U	3U	4U	5U	6U	7U	8U
	2	9U	10U	11U	1V	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V	10V	11V	12V	13V	14V	15V	16V	17V
	3	1W	2W	3W	4W	5W	6W	7W	8W	1X	2X	3X	4X	5X	6X	7X	8X	9X	10X	11X	12X
	4	13X	14X	15X	16X																

ตารางที่ 6 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้โปรแกรม

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ A โดยโปรแกรม																			
		1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A	15A	16A	17A	18A	19A	20A
สัปดาห์ที่ 7	1	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T	9T	10T	11T	12T	13T	14T	15T	16T	17T	18T	19T	20T
	2	21T	22T	23T	24T	25T	26T	27T	28T	29T	30T	31T	32T	33T	34T	35T	36T	37T	1U	2U	3U
	3	4U	5U	6U	7U	8U	9U	10U	11U	12U	1V	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V	10V	11V
	4	12V	1W	2W	3W	4W	5W	6W	7W	8W	9W	10W	11W	12W	13W	14W	15W	16W	17W	18W	19W
	5	20W	21W	22W	23W	24W	25W	26W	27W	28W	29W	30W	31W	32W	33W	34W	35W	36W	37W	38W	1X
	6	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 8	1	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T	9T	10T	11T	12T	13T	14T	1U	2U	3U	4U	5U	1V
	2	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V	10V	11V	1W	2W	3W	4W	5W	6W	7W	8W	9W	10W
	3	11W	12W	13W	14W	15W	16W	1X	2X	3X	4X	5X	6X	7X	8X	9X	10X	11X	12X	13X	14X
	4	15X	16X	17X	18X	19X	20X	21X	22X	23X	24X	25X	26X	27X							
สัปดาห์ที่ 9	1	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	8T	9T	10T	11T	12T	13T	14T	15T	16T	17T	18T	1U	2U
	2	3U	4U	5U	6U	7U	8U	9U	1V	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V	10V	11V	12V	13V
	3	14V	15V	16V	17V	1W	2W	3W	4W	5W	6W	7W	8W	1X	2X	3X	4X	5X	6X	7X	8X
	4	ไม่มีพาเลท																			

ตารางที่ 6 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้โปรแกรม

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ B โดยโปรแกรม																			
		1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B	18B	19B	20B
สัปดาห์ที่ 1	1	15Z	14Z	13Z	12Z	11Z	10Z	9Z	8Z	7Z	6Z	4Z	2Z	40Y	39Y	38Y	37Y	36Y	35Y	34Y	33Y
	2	32Y	31Y	30Y	29Y	28Y	27Y	26Y	25Y	24Y	23Y	22Y	21Y	20Y	19Y	18Y	17Y	16Y	14Y	12Y	10Y
	3	8Y	6Y	4Y	2Y	33X	32X	31X	30X	29X	28X	27X	26X	25X	24X	23X	22X				
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 2	1	22Z	21Z	20Z	19Z	18Z	17Z	16Z	15Z	14Z	13Z	12Z	11Z	10Z	9Z	8Z	7Z	5Z	3Z	1Z	24Y
	2	23Y	22Y	21Y	20Y	19Y	18Y	17Y	16Y	15Y	14Y	13Y	12Y	11Y	10Y	9Y	8Y	7Y	6Y	5Y	4Y
	3	3Y	2Y	1Y	31X	30X	29X	28X	27X	26X	25X	24X	23X	22X	21X	20X	19X	18X	17X	16X	15X
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 3	1	18Z	17Z	16Z	15Z	14Z	13Z	12Z	11Z	10Z	9Z	8Z	7Z	6Z	5Z	4Z	3Z	2Z	1Z		
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท													17Y	16Y	15Y	14Y	13Y	12Y	11Y
	4	10Y	9Y	8Y	7Y	6Y	5Y	4Y	3Y	2Y	1Y	43X	42X	41X	40X	39X	38X	37X	36X	35X	34X
	5	33X	32X	31X	30X	29X	28X	27X	26X	25X	24X	23X	22X	21X	20X	19X	18X	17X	16X		

ตารางที่ 6 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้โปรแกรม

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ B โดยโปรแกรม																			
		1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B	18B	19B	20B
สัปดาห์ที่ 4	1	19Z	18Z	17Z	16Z	15Z	14Z	13Z	12Z	11Z	10Z	9Z	8Z	7Z	6Z	5Z	4Z	3Z	2Z	1Z	
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3																				5Y
	4	4Y	3Y	2Y	1Y	43X	42X	41X	40X	39X	38X	37X	36X	35X	34X	33X	32X	31X	30X	29X	28X
	5	27X	26X	25X	24X	23X	22X	21X	20X	19X	18X	17X	16X	15X	14X	13X	12X	11X	10X	9X	8X
สัปดาห์ที่ 5	1	17Z	16Z	15Z	14Z	13Z	12Z	11Z	10Z	9Z	8Z	7Z	6Z	5Z	4Z	3Z	1Z	28Y	27Y	26Y	25Y
	2	24Y	23Y	22Y	21Y	20Y	19Y	18Y	17Y	16Y	15Y	14Y	13Y	12Y	11Y	10Y	9Y	8Y	7Y	6Y	5Y
	3	4Y	3Y	2Y	1Y	42X	41X	40X	39X	38X	37X	36X	35X	34X	33X	32X	31X	30X	29X	28X	27X
	4	26X	25X	24X	23X	22X	21X	20X	19X	18X	17X										
สัปดาห์ที่ 6	1	15Z	14Z	13Z	12Z	11Z	10Z	9Z	8Z	7Z	6Z	5Z	4Z	3Z	1Z	26Y	25Y	24Y	23Y	22Y	21Y
	2	20Y	19Y	18Y	17Y	16Y	15Y	14Y	13Y	12Y	11Y	10Y	9Y	8Y	7Y	6Y	5Y	4Y	3Y	2Y	1Y
	3	39X	38X	37X	36X	35X	34X	33X	32X	31X	30X	29X	28X	27X	26X	25X	24X	23X	22X	21X	20X
	4	19X	18X	17X																	

ตารางที่ 6 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้โปรแกรม

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ B โดยโปรแกรม																			
		1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B	18B	19B	20B
สัปดาห์ที่ 7	1	21Z	20Z	19Z	18Z	17Z	16Z	15Z	14Z	13Z	12Z	11Z	10Z	9Z	8Z	7Z	6Z	5Z	4Z	3Z	2Z
	2	1Z																	30Y	29Y	28Y
	3	27Y	26Y	25Y	24Y	23Y	22Y	21Y	20Y	19Y	18Y	17Y	16Y	15Y	14Y	13Y	12Y	11Y	10Y	9Y	8Y
	4	7Y	6Y	5Y	4Y	3Y	2Y	1Y	34X	33X	32X	31X	30X	29X	28X	27X	26X	25X	24X	23X	22X
	5	21X	20X	19X	18X	17X	16X	15X	14X	13X	12X	11X	10X	9X	8X	7X	6X	5X	4X	3X	2X
	6	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 8	1	12Z	11Z	10Z	9Z	8Z	7Z	6Z	5Z	4Z	3Z	2Z	1Z			34Y	33Y	32Y	31Y	30Y	29Y
	2	28Y	27Y	26Y	25Y	24Y	23Y	22Y	21Y	20Y	19Y	18Y	17Y	16Y	15Y	14Y	13Y	12Y	11Y	10Y	9Y
	3	8Y	7Y	6Y	5Y	4Y	3Y	2Y	53X	52X	51X	50X	49X	48X	47X	46X	45X	44X	43X	42X	41X
	4	40X	39X	38X	37X	36X	35X	34X	33X	32X	31X	30X	29X	28X							
สัปดาห์ที่ 9	1	17Z	16Z	15Z	14Z	13Z	12Z	11Z	10Z	9Z	8Z	7Z	6Z	5Z	4Z	3Z	2Z	1Z		38Y	37Y
	2	36Y	35Y	34Y	33Y	32Y	31Y	30Y	29Y	28Y	27Y	26Y	25Y	24Y	23Y	22Y	21Y	20Y	19Y	18Y	17Y
	3	16Y	15Y	14Y	13Y	12Y	11Y	10Y	9Y	8Y	7Y	6Y	5Y	4Y	2Y	14X	13X	12X	11X	10X	9X
	4	ไม่มีพาเลท																			

ตารางที่ 6 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้โปรแกรม

สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ C โดยโปรแกรม																			
		1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C	13C	14C	15C	16C	17C	18C	19C	20C
สัปดาห์ที่ 1	1										5Z	3Z	1Z								
	2																	15Y	13Y	11Y	9Y
	3	7Y	5Y	3Y	1Y																
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 2	1																6Z	4Z	2Z	25Y	
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 3	1	ไม่มีพาเลท																			
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			
	5	ไม่มีพาเลท																			

ตารางที่ 6 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้โปรแกรม

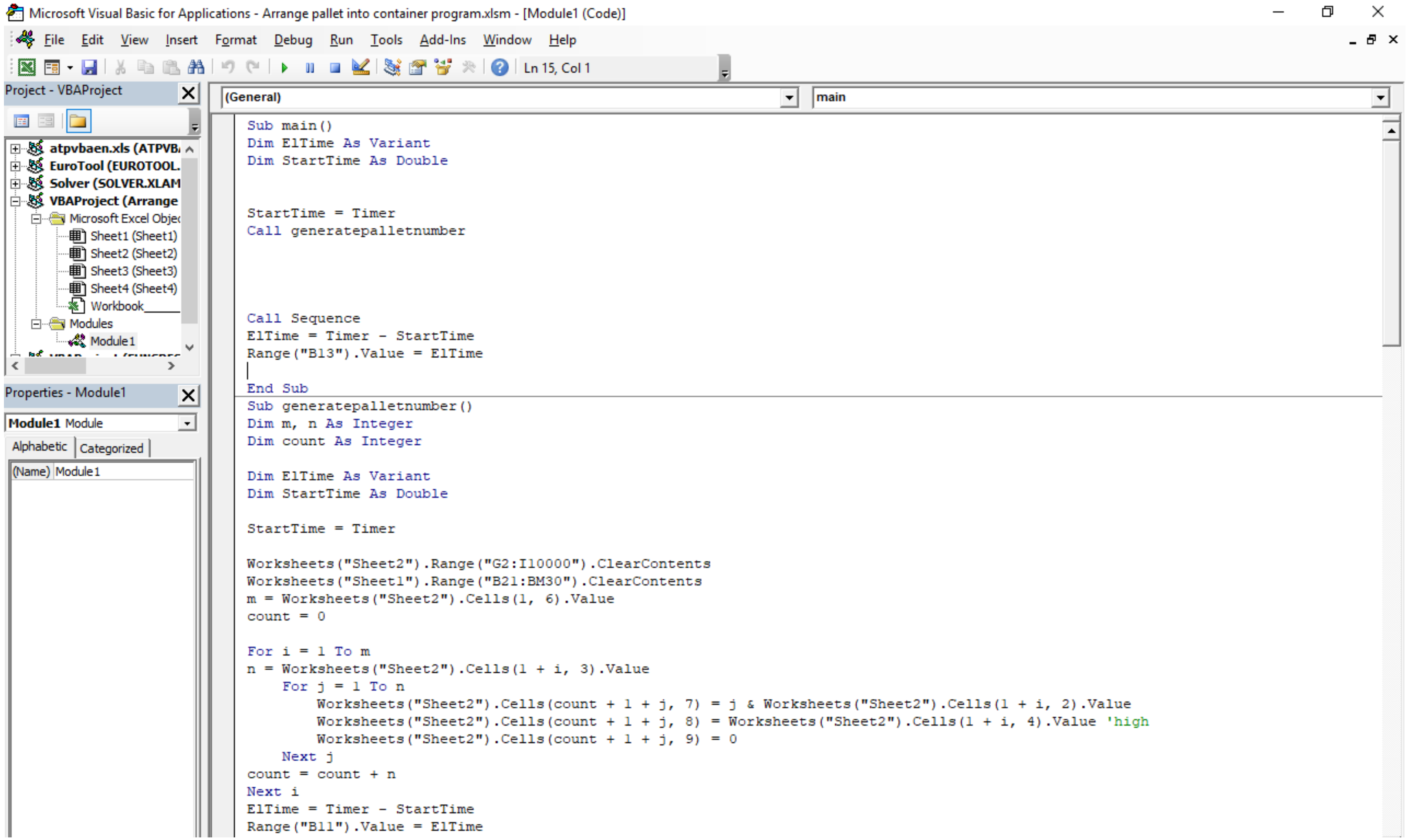
สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ C โดยโปรแกรม																			
		1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C	13C	14C	15C	16C	17C	18C	19C	20C
สัปดาห์ที่ 4	1	ไม่มีพาเลท																			
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			
	5	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 5	1															2Z	29Y				
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 6	1													2Z	27Y						
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			

ตารางที่ 6 (ต่อ) ข้อมูลการจัดเรียงสินค้าโดยใช้โปรแกรม

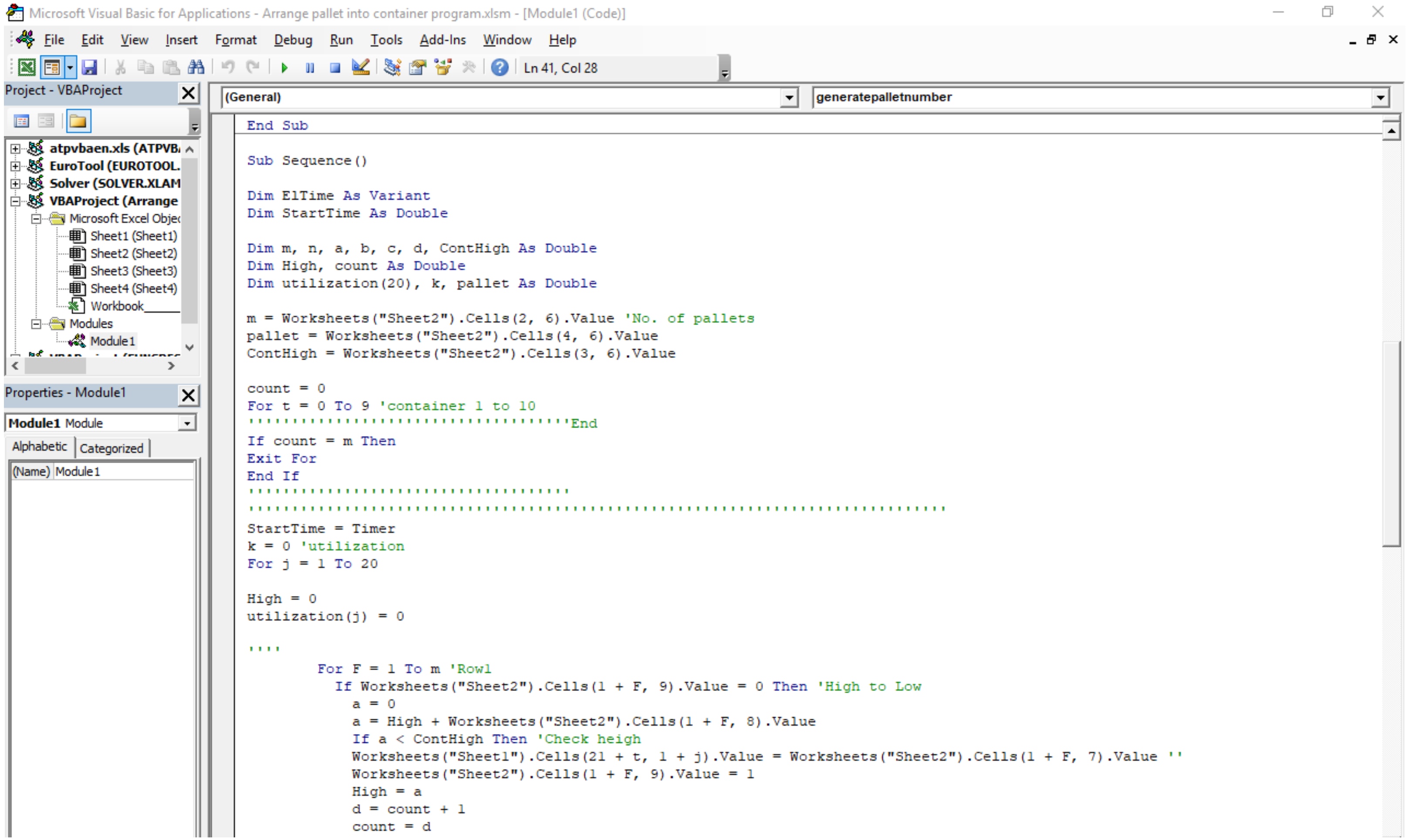
สัปดาห์ที่	ตู้สินค้าลำดับที่	ตำแหน่งในการจัดเรียงของพาเลทชั้นที่ C โดยโปรแกรม																			
		1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C	13C	14C	15C	16C	17C	18C	19C	20C
สัปดาห์ที่ 7	1	ไม่มีพาเลท																			
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3	ไม่มีพาเลท																			
	4	ไม่มีพาเลท																			
	5	ไม่มีพาเลท																			
	6	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 8	1	ไม่มีพาเลท																			
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3							1Y													
	4	ไม่มีพาเลท																			
สัปดาห์ที่ 9	1	ไม่มีพาเลท																			
	2	ไม่มีพาเลท																			
	3													3Y	1Y						
	4	ไม่มีพาเลท																			

ภาคผนวก ค

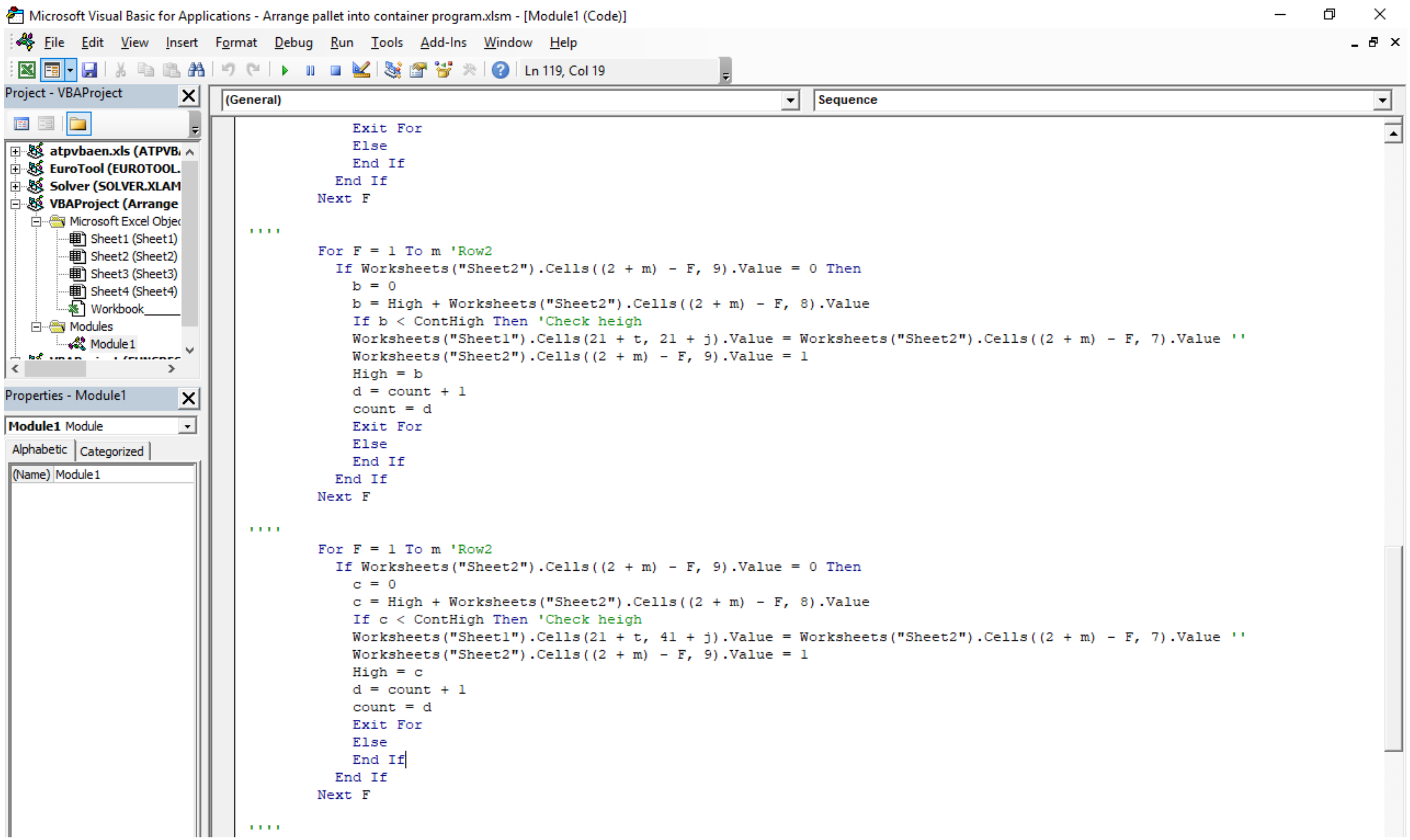
Code ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมการจัดเรียงสินค้าด้วย VBA



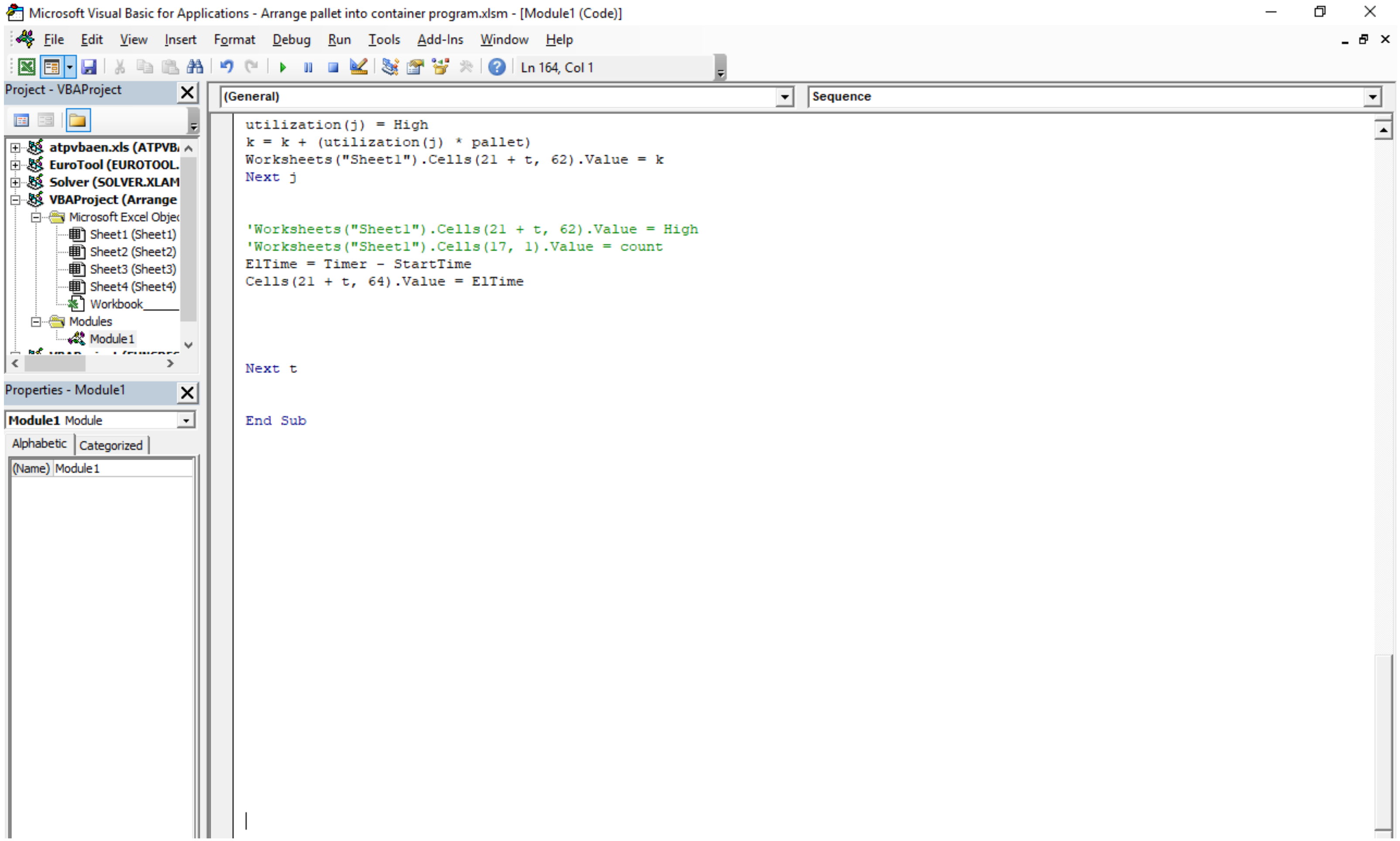
ภาพที่ 33 Code ส่วนที่ 1 ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมการจัดเรียงสินค้าด้วย VBA



ภาพที่ 34 Code ส่วนที่ 2 ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมการจัดเรียงสินค้าด้วย VBA



ภาพที่ 35 Code ส่วนที่ 3 ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมการจัดเรียงสินค้าด้วย VBA



ภาพที่ 36 Code ส่วนที่ 4 ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมการจัดเรียงสินค้าด้วย VBA

ภาคผนวก ง

การพัฒนาตนเอง

เข้าร่วมงานการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 48 ร่วมกับ โครงการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 9 และการประชุมวิชาการ “ศิลปากรวิจัย” ครั้งที่ 11 เรื่อง “นวัตกรรมและการสร้างสรรค์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน”

โดยความร่วมมือระหว่างบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากรร่วมกับ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ที่ประชุมคณะผู้บริหารบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยของรัฐและมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ (ทคบร.) และสภาคณะผู้บริหารบัณฑิตศึกษาแห่งประเทศไทย (สคบท.) และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ถูกจัดขึ้นในวันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ณ ศูนย์ศิลปวัฒนธรรมเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม

โดยมีวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุลนารถ อบสุวรรณ เป็นผู้ดำเนินรายการ ในกลุ่มวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 37 เข้าร่วมการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย


บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ขอมอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

นางสาวธัญญธรณ์ ทองริ้ว

ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัย/ผลงานสร้างสรรค์ ด้วย วาจา
ในหัวข้อ

วิธีการทางฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเรียงสินค้าลงตู้สินค้า

การประชุมวิชาการ เสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ ๑๘
การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ ๙
"นวัตกรรมและการสร้างสรรค์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน"

ให้ไว้ ณ วันที่ ๑๘ เดือน มิถุนายน พ.ศ.๒๕๖๖

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาพที่ 38 เกียรติบัตรยืนยันการเข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยด้วยวาจา

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ธัณญธรณ์ ทองริ้ว
วัน เดือน ปี เกิด	23 มีนาคม 2535
สถานที่เกิด	ลำปาง
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) วัสดุขั้นสูงและนาโนเทคโนโลยี (2554-2557) คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม) การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต (2560-ปัจจุบัน) คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	45/409 หมู่บ้านศุภาลัยเบลล่า หมู่ที่ 5 ตำบลพันท้ายนรสิงห์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร 74000