การจัดกลุ่มขนาดผลิตภัณฑ์โดยการใช้ K-means Clustering เพื่อลดต้นทุนบรรจุภัณฑ์

โดย
นางสาวสุชาวดี ปลั่งศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การจัดกลุ่มขนาดผลิตภัณฑ์โดยการใช้ K-means Clustering เพื่อลดต้นทุนบรรจุภัณฑ์

โดย
นางสาวสุชาวดี ปลั่งศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

GROUP TECHNOLOGY FOR PRODUCT SIZE BY USING K-MEANS CLUSTERING FOR REDUCE PACKAGING COST

By

MISS Suchawadee PLUNGSRI

An 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 2019

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การจัดกลุ่มขนาดผลิตภัณฑ์โดยการใช้ K-means Clustering เพื่อลดต้นทุนบรรจุภัณฑ์
โดย	สุชาวดี ปลั่งศรี
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คเณศ พันธุ์สวาสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลิ่ม)

61405317 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : การจัดกลุ่มแบบเคมีน, การออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์, การรับแรงกดทับของกล่องบรรจุภัณฑ์

โรงงานกรณีศึกษาคือโรงงานผลิตผ้าเบรกซึ่งมีกล่องบรรจุภัณฑ์หลายขนาด ส่งผลให้เกิดผลเสีย 3 ด้าน คือ 1. ต้นทุนบรรจุภัณฑ์สูง เนื่องจากการสั่งซื้อกล่องบรรจุภัณฑ์แต่ละขนาดต่อครั้งมีปริมาณต่ำ 2. พื้นที่จัดเก็บมาก 3. ปริมาณขนส่งต่ำ เนื่องจากไม่มีมาตรฐานการวางซ้อนที่ชัดเจนและไม่ทราบขีดจำกัดการรับแรงของกล่อง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ และหาปริมาณที่มากที่สุดที่สามารถซ้อนทับกันบนพาเลท สำหรับเสนอแนวทางออกแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อและพื้นที่การจัดเก็บ และเพิ่มปริมาณขนส่ง โดยมีขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ 1. จัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-means Clustering Analysis) เพื่อจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ ซึ่งมีข้อมูลทั้งหมด 3 ชุดข้อมูล ชุดข้อมูลละ 437 ข้อมูล 2. หาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สามารถซ้อนทับกันบนพาเลทโดยทดสอบความสามารถในการรับแรงกดของกล่อง (Box Compression Test, BCT) งานวิจัยนี้ใช้การประเมินปัจจัยภายในแบบเมทริกซ์เพื่อเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุด โดยแนวทางที่ 5 คือแนวทางที่ดีที่สุดจากการเสนอแนวทางออกแบบบรรจุภัณฑ์ทั้ง 8 แนวทาง ซึ่งแนวทางนี้คือการออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์แนวนอนไม่ใส่โฟม 2 ขนาดและยุบขนาดแนวนอนใส่โฟม โดยสามารถลดต้นทุนได้ 2.9 ล้านบาท คิดเป็น 13.43% ลดพื้นที่จัดเก็บคงคลังได้ 2.19 ล้านลูกบาศก์นิ้ว คิดเป็น 48.65% เพิ่มปริมาณการขนส่งได้ 5,200 กล่อง/รอบ คิดเป็น 86.7%

61405317 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)
Keyword : K-means Clustering, Design of Packaging Box Size, Box Compression Test

MISS SUCHAWADEE PLUNGSRI : GROUP TECHNOLOGY FOR PRODUCT SIZE BY USING K-MEANS CLUSTERING FOR REDUCE PACKAGING COST THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR KANATE PUNTUSAVASE, Ph.D.

This case study is the brake pad factory. There are many packaging box sizes. The problem is that there are 3 different types of disadvantages. One of the disadvantages of many packaging box sizes is the high packaging cost because it has to purchase each size packaging box per time with low volume. Another one is a lot of storage space. The other one is low transport volume because there is no clear standard and the box's load limit. Therefore, the research aimed to group the products for designing the packaging box sizes and find the most layers that can stack on a pallet. The case of the study is to propose packaging design guidelines to reduce purchase costs, reduce storage space, and increase transport volume. This work implemented in 2 main methods. First, the k-mean clustering is applied to group the product sizes for designing a new package box size. There are three types of product sizes, each with 437 sizes. Last, the box compression test (BCT) is applied to analyze the number of products that can stack on the pallet. This work applied the internal factors matrix to choose a suitable guideline. The 5th guideline is the best result of 8 packaging design guidelines. This approach is the most suitable guideline for the company's needs and is designed horizontal size of two packaging sizes without adding foam and canceling sizes with foam. This approach found that the purchasing cost reduced by 2.9 million baht or 13.43%. The storage space reduced by 2.19 million cubic inches or 48.65%. The transport volume increased by 5,200 boxes/round or 86.7%.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.คเณศ พันธุ์สวาสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศิลปากร บริษัทกรณีศึกษา และสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนๆ สำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุชาวดี ปลั่งศรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย 1

1.1 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 3

1.2 ขอบเขตการศึกษา 3

1.4 กรอบแนวคิดงานวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 4

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล (Clustering Analysis) 4

2.1.1 เงื่อนไขในการเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดกลุ่ม 4

2.1.2 ประเภทของการจัดกลุ่ม 5

2.1.3 การจัดกลุ่มวิธี K-means Clustering 6

2.1.3.1 ข้อมูลที่ใช้ประกอบการจัดกลุ่ม 8

2.1.3.2 การคำนวณระยะห่างข้อมูลวิธี k-means clustering 8

2.1.3.3 การเลือกจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม (k กลุ่ม) 9
2.1.3.4 ตัวอย่างการจัดกลุ่มลูกค้าโดยวิธี K-means Clustering 9
2.2 การบรรจุหีบห่อในการย้ายผลิตภัณฑ์ (Packaging in Material Handling) 11
2.2.1 การออกแบบบรรจุภัณฑ์และการขนย้ายผลิตภัณฑ์ 11
2.2.1.1 ประเภทของบรรจุภัณฑ์ 12
2.2.1.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพกล่องบรรจุภัณฑ์ 13
2.2.1.3 การวัดค่าความสามารถในการรับแรงกดของกล่อง 13
2.2.1.4 ตัวอย่างการวัดค่าความสามารถในการรับแรงกดของกล่อง 14
2.3 การเขียนแบบเครื่องกล (Mechanical Drawing) [16] 14
2.3.1 เส้นบอกขนาด (Dimension Lines) 15
2.3.2 เส้นช่วยกำหนดขนาด (Projection Lines) 16
2.3.3 ตัวเลขบอกขนาด (Numerical Value of Dimension) 16
2.3.4 การใส่สัญลักษณ์ที่ใช้บอกขนาด (Entry by Means of Symbols for Dimensioning) 16
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
บทที่ 3 22
วิธีการดำเนินงานวิจัย 22
3.1 ศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ผ้าเบรก 23
3.1.1 ศึกษาภาพเขียน (Drawing) ผลิตภัณฑ์ผ้าเบรก 23
3.1.2 ศึกษารูปแบบการบรรจุผลิตภัณฑ์ 24
3.1.3 ศึกษาเงื่อนไขการบรรจุผลิตภัณฑ์ 27
3.2 จัดกลุ่มข้อมูลผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี K-means Clustering 29
3.3 ออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ 31

3.4 หาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่ผลิตภัณฑ์สามารถเรียงซ้อนทับกันได้ ด้วยวิธี Box Compression Test หรือ BCT 32
3.5 วิเคราะห์ผลการศึกษา 33
3.5.1 วิเคราะห์ผลการจัดกลุ่มและออกแบบขนาดผลิตภัณฑ์ 33
3.5.2 วิเคราะห์ผลการหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ซ้อนทับกันได้ 33
3.5.3 วิเคราะห์ผลการเสนอแนวทางออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ 33
บทที่ 4 36
ผลการวิจัย 36
4.1 การจัดกลุ่มและออกแบบขนาดผลิตภัณฑ์ 36
4.2 การหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ซ้อนทับกันได้ 39
4.3 การเสนอแนวทางออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ 40
4.3.1 พื้นที่การจัดเก็บ (วัตถุดิบคงคลัง) 40
4.3.2 ปริมาณขนส่งและพื้นที่สูญเปล่าในการขนส่ง 40
4.3.3 ต้นทุนการสั่งซื้อบรรจุภัณฑ์ 41
บทที่ 5 46
สรุปและอภิปรายผล 46
ภาคผนวก 47
รายการอ้างอิง 48
ประวัติผู้เขียน 51

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างข้อมูลลูกค้า [9] 9
ตารางที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลลูกค้า [9] 9
ตารางที่ 2.3 ประเภทบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรม [12] 12
ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของลักษณะการวางซ้อนของกล่องและค่า BCT [13] 13
ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของจำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายกล่องและค่า BCT [13] 13
ตารางที่ 2.6 สัญลักษณ์สำหรับการกำหนดขนาด 17
ตารางที่ 2.7 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20
ตารางที่ 3.1 รูปแบบการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ลงกล่องบรรจุภัณฑ์ 25
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลกล่องบรรจุภัณฑ์ 27
ตารางที่ 3.3 รูปแบบการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ลงกล่องบรรจุภัณฑ์ที่มีโฟม 28
ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างข้อมูลในการจัดกลุ่ม 29
ตารางที่ 3.5 แนวทางการออกแบบบรรจุภัณฑ์ 33
ตารางที่ 4.1 ผลจัดกลุ่มข้อมูลชุดที่ 1 เป็น 2 กลุ่มย่อย 36
ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างผลสมาชิกในแต่ละกลุ่มย่อย 37
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการจัดกลุ่มย่อย 3 ชุดข้อมูล 37
ตารางที่ 4.4 ค่า max(Hig) max(Wig) และ max(Tig) 38
ตารางที่ 4.5 ระยะเผื่อจากการจัดชุดของพนักงาน 38
ตารางที่ 4. 6 ขนาดบรรจุภัณฑ์สุทธิของข้อมูลแต่ละชุด 38
ตารางที่ 4.7 ค่า BCT ที่ safety factor =2 และ ที่คำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพบรรจุภัณฑ์ 39
ตารางที่ 4.8 น้ำหนักผลิตภัณฑ์และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ซ้อนได้ 39
ตารางที่ 4.9 ตัวอย่างราคาสั่งซื้อกับปริมาณการสั่งซื้อของกล่องแนวนอนและกล่องแนวตั้ง 42

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนกล่องแนวนอนและกล่องแนวตั้ง ตัวอย่างละ 1 โค้ดการขาย 42

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของแต่ละแนวทาง 43

ตารางที่ 4.12 ผลประเมิน Internal Factor Evaluation Matrix 45

ตารางที่ ก เกณฑ์ประเมิน Internal Factor Evaluation Matrix 47

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 ความหลากหลายของบรรจุภัณฑ์ 2
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการจัดกลุ่มแบบแบ่งส่วน (ก) ก่อนการจัดกลุ่ม (ข) หลังการจัดกลุ่ม [6] 5
รูปที่ 2.2 แผนภาพเดนโดรแกรมจากการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้น [6] 5
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้น (ก) ก่อนการจัดกลุ่ม (ข) หลังการจัดกลุ่ม [6] 6
รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการจัดกลุ่มของเทคนิค K-means Clustering [6] 7
รูปที่ 2. 5 การสาธิตการจัดกลุ่มด้วยวิธี K-mean Clustering [7] 8
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกลุ่มและค่า WCSS [8] 10
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างกลุ่มลูกค้า (ก) 4 กลุ่ม (ข) 6 กลุ่ม [9] 10
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการกำหนดขนาดของชิ้นงาน 15
รูปที่ 2.9 การกำหนดเส้นบอกขนาดมุม 15
รูปที่ 2.10 การเขียนเส้นบอกขนาด 15
รูปที่ 2.11 การกำหนดขนาดส่วนโค้งหรือมุมโดยการสร้างจุดตัดของผิว 16
รูปที่ 2.12 การกำหนดขนาดโดยวิธีเขียนเส้นช่วยกำหนดขนาด 16
รูปที่ 2.13 การกำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ 17
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 22
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบผ้าเบรก [26] 23
รูปที่ 3.3 ความหลากหลายของอุปกรณ์เสริม (กิ๊ฟ) 23
รูปที่ 3.4 ตัวอย่าง Drawing ผ้าเบรก และผลิตภัณฑ์สำเร็จ [27] 24
รูปที่ 3.5 รูปแบบการบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอน 24
รูปที่ 3.6 รูปแบบการบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง 25
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างชิ้นงานใส่โฟมคั่น 27

รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการจัดกลุ่มขนาดผลิตภัณฑ์..... 30
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์..... 31
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการหาค่า BCT..... 32
รูปที่ 4.1 รูปตัวอย่างผลจัดกลุ่มข้อมูลชุดที่ 1 เป็น 2 กลุ่มย่อย 36
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของพื้นที่จัดเก็บและแนวทางออกแบบขนาด 40
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ปริมาณขนส่ง พื้นที่เหลือ และแนวทางออกแบบขนาด 41
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ต้นทุนสั่งซื้อและแนวทางออกแบบขนาด (ก) รายเดือนของกล่องแนวนอน.. 41

มหาวิทยาลัยศิลปากร

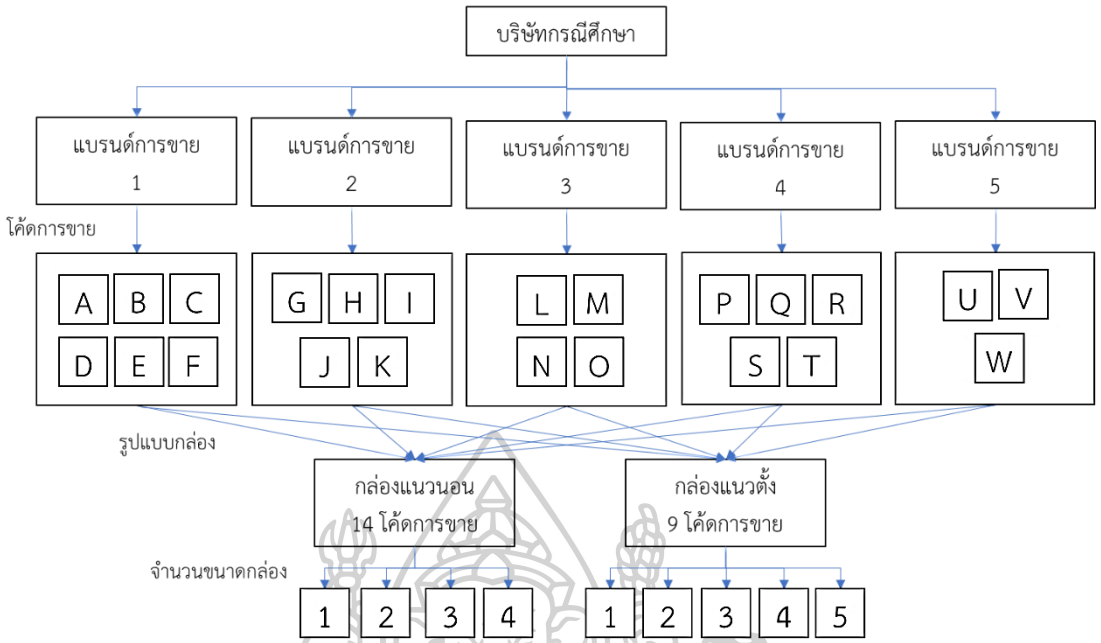
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันเศรษฐกิจไทยมีอัตราการเติบโตชะลอตัวลงจากร้อยละ 4.2 เป็นร้อยละ 4.0 ซึ่งเกิดจากผลกระทบสงครามทางการค้าของสหรัฐอเมริกากับจีน และการเมืองของประเทศไทย [1] ทำให้ความเชื่อมั่นในการลงทุนลดลง บริษัทอุตสาหกรรมจึงต้องแข่งขันกันสูงขึ้นเพื่อให้ธุรกิจรอดพ้นจากภาวะเศรษฐกิจ บริษัทจึงจำเป็นต้องปรับลดต้นทุนในการดำเนินการของบริษัท เช่น ลดการทำงานล่วงเวลา ลดค่าใช้จ่ายในสำนักงาน ลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต และลดต้นทุนบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

สำหรับบริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผลิตผ้าเบรกรถยนต์สำหรับรถหลายประเภท เช่น รถเก๋ง รถกระบะ รถตู้ เป็นต้น บริษัทกรณีศึกษามีการเติบโตมาจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการผลิตผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้า และมีการเติบโตอย่างก้าวกระโดดจากการมีกลยุทธ์การขายที่ชัดเจน คือมีการผลิตผลิตภัณฑ์ครอบคลุมทุกรุ่นรถ และขายผลิตภัณฑ์ภายใต้แบรนด์ที่หลากหลาย นอกจากนี้ในแต่ละแบรนด์จะมีโค้ดการขายที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการใช้งานและประเภทของรถ ทำให้กลุ่มผู้บริโภคสามารถเข้าถึงผลิตภัณฑ์ได้ง่าย

ผลกระทบจากกลยุทธ์การขายที่เห็นได้ชัดคือเรื่องต้นทุนบรรจุภัณฑ์ ปัจจุบันมูลค่าการสั่งซื้อกล่องบรรจุภัณฑ์ของบริษัทเพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า เมื่อวิเคราะห์หาสาเหตุโดยละเอียดพบว่าเกิดจากการที่โค้ดการขายหลากหลายส่งผลให้กล่องบรรจุภัณฑ์หลากหลายเช่นกัน โดยกล่องบรรจุภัณฑ์ของบริษัทมีทั้งหมด 23 โค้ดการขาย แบ่งตามรูปแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ได้ 2 กลุ่ม คือ รูปแบบกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอน 14 โค้ดการขาย โดยแต่ละโค้ดการขายจะมีขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ 3-4 ขนาด และรูปแบบกล่องบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง 9 โค้ดการขาย โดยแต่ละโค้ดการขายจะมีขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์มากถึง 4-5 ขนาด รวมชนิดกล่องบรรจุภัณฑ์ได้ 91 ชนิด (SKU) แสดงดังรูปที่ 1.1 และเนื่องจากการสั่งซื้อจำเป็นต้องระบุทั้งโค้ดการขายและขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ ความหลากหลายของขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณการสั่งซื้อกล่องบรรจุภัณฑ์ในแต่ละครั้งต่ำ ส่งผลให้มูลค่าการสั่งซื้อกล่องบรรจุภัณฑ์สูง และหากในอนาคตบริษัทผลิตผลิตภัณฑ์ภายใต้แบรนด์หรือโค้ดการขายใหม่โดยใช้จำนวนขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบัน ก็จะส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น



รูปที่ 1.1 ความหลากหลายของบรรจุภัณฑ์

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสในการลดมูลค่าการสั่งซื้อกล่องบรรจุภัณฑ์ โดยถ้ามีการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์แล้วจะสามารถสั่งซื้อกล่องบรรจุภัณฑ์ในปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้มูลค่าการสั่งซื้อกล่องบรรจุภัณฑ์ลดลงได้

นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจุบันการขนส่งผลิตภัณฑ์จากโรงงานไปคลังสินค้า พนักงานจะเรียงผลิตภัณฑ์ซ้อนทับกันบนพาเลทเพียง 10 ชั้น เพื่อให้สะดวกต่อการนับจำนวนเท่านั้น ดังนั้นหากมีการศึกษาหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่สามารถเรียงซ้อนทับกันบนพาเลทโดยไม่เกิดความเสียหายได้ จะสามารถนำเป็นข้อมูลสำหรับการนำไปพัฒนาระบบขนส่ง ซึ่งอาจทำให้ลดต้นทุนการขนส่งของบริษัทได้

การวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางการลดต้นทุนการสั่งซื้อ โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ หลังจากนั้นใช้การแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-means Clustering Analysis) เพื่อจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์และออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ จากนั้นวิเคราะห์หาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้เรื่องต้นทุนบรรจุภัณฑ์เป็นเกณฑ์ สุดท้ายจะศึกษาเรื่องการบรรจุหีบห่อในการขนถ่ายวัสดุ (Packaging in Material Handling) เพื่อหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่สามารถเรียงซ้อนทับกันบนพาเลทได้ เพื่อเป็นข้อมูลให้บริษัทสำหรับนำไปพัฒนาระบบการขนส่งและการจัดเก็บให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.1 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางในการลดมูลค่าการสั่งซื้อกล่องบรรจุภัณฑ์

1.2.2 เพื่อหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่สามารถเรียงซ้อนทับกันบนพาเลทได้ เพื่อเป็นข้อมูลให้บริษัทสำหรับนำไปพัฒนาระบบการขนส่งและการจัดเก็บสินค้าคงคลังให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาภาพเขียนผลิตภัณฑ์ผ้าเบรก 437 รุ่น (437 ขนาด) และเปรียบเทียบมูลค่าการสั่งซื้อระหว่างจำนวนขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์แบบปัจจุบันและจำนวนขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์แบบใหม่ โดยเปรียบเทียบจากข้อมูลการสั่งซื้อปี พ.ศ. 2561

1.3.2 ศึกษาความสามารถในการรับแรงกดของกล่องบรรจุภัณฑ์ และเปรียบเทียบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เรียงซ้อนทับกันแบบปัจจุบันและแบบใหม่

1.3.3 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม 2562

1.4 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ตัวแปรต้น	**การประยุกต์ใช้**	**ตัวแปรตาม**
1. ขนาดผ้าเบรก 438 รุ่น 2. ขนาดกิ๊ฟ 85 แบบ 3. ขนาดโฟม 4. รูปแบบการแพ็คชิ้นงาน 5. น้ำหนักผลิตภัณฑ์ 6. ขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์	1. K-means clustering 2. การวัดค่าความสามารถในการรับแรงกดของกล่อง (Box compression test) 3. การวิเคราะห์ภาพเขียน (Drawing)	1. ขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม 2. ปริมาณมากที่สุดที่ผลิตภัณฑ์สามารถเรียงซ้อนทับกันได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถสร้างวิธีการมาตรฐานในการออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดหลากหลาย

1.4.2 สามารถนำไปประยุกต์ใช้จัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายเพื่อลดมูลค่าในการสั่งซื้อได้

1.4.3 สามารถประยุกต์ใช้ K-means Clustering Analysis ซึ่งเป็นเครื่องมือทางสถิติเพื่อประโยชน์ทางอุตสาหกรรมได้

1.4.4 สามารถเป็นแนวทางในการหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่สามารถวางซ้อนกันบนพาเลทโดยไม่เกิดความเสียหายได้

1.4.5 สามารถเพิ่มปริมาณการขนส่งผลิตภัณฑ์และลดพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าคงคลังได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเรื่องการจัดกลุ่มขนาดผลิตภัณฑ์ โดยการประยุกต์ใช้ K-mean Clustering เพื่อลดต้นทุนบรรจุภัณฑ์ โดยศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย โดยมีเนื้อหาครอบคลุม ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล (Clustering Analysis)

2.2 การบรรจุหีบห่อในการขนถ่ายวัสดุ (Packaging in Material Handling)

2.3 การเขียนแบบเครื่องกล (Mechanical Drawing)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อย่างไรก็ตามการศึกษาข้อมูลตามที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจะนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้กับเครื่องมือวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูง คือโปรแกรม SPSS เพื่อจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์และนำกลุ่มผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์เพื่อออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์

2.1 การวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล (Clustering Analysis)

การวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster Analysis) เป็นเทคนิคการแบ่งกลุ่มหน่วยข้อมูล หรือเป็นการแบ่ง คน สัตว์ สิ่งของ องค์กร ฯลฯ ออกเป็นกลุ่มย่อยอย่างน้อย 2 กลุ่ม โดยมีหลักเกณฑ์ในการแบ่งดังนี้ “ให้หน่วยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีลักษณะที่สนใจเหมือนกันหรือคล้ายกัน แต่หน่วยที่อยู่ต่างกลุ่มกันจะมีลักษณะที่สนใจต่างกัน” [2]

โดยสรุปวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลคือเป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดกลุ่มโดยไม่ทราบมาก่อนว่าควรมีกี่กลุ่ม แต่จะจัดกลุ่มตามค่าของตัวแปรที่นำมาใช้ โดยให้สมาชิกในกลุ่มเดียวกันมีความเหมือนหรือใกล้เคียงกันในตัวแปรที่ศึกษา และมีความแตกต่างจากสมาชิกกลุ่มอื่น [3]

2.1.1 เงื่อนไขในการเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดกลุ่ม [4]

การจัดกลุ่มข้อมูล นอกจากตัวแปรที่เลือกใช้จะมีความสำคัญแล้ว ยังมีเงื่อนไขอื่น ๆ ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มได้ ประกอบด้วย

1. การวัดความคล้ายคลึงกัน: ควรใช้พิจารณาเฉพาะข้อมูลที่มีความคล้ายกัน

2. การลดขนาด: ควรลดขนาดของข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยการแยกข้อมูลที่มีความแตกต่างสูงออกจากกลุ่ม

3. ชื่อกลุ่ม: ควรตั้งชื่อกลุ่มสำหรับกลุ่มที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นการระบุกลุ่มอย่างชัดเจน

4. จำนวนกลุ่ม: จำนวนกลุ่มสำคัญต่อการจัดกลุ่มมาก หากมีข้อมูลน้อยจะประเมิณได้ยาก

5. การซ้อนทับของกลุ่ม: หากเป็นการจัดกลุ่มเอกสารหรือข้อความ ควรยอมรับได้หากมีการซ้อนทับกันในแต่ละกลุ่ม เนื่องจากเอกสารบางอย่างมีหัวข้อเหมือนกัน

6. ความสามารถในการขยายขนาด: สามารถจัดกลุ่มโดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดอัลกอริทึม

7. ความยืดหยุ่น: อัลกอริทึมควรปรับขนาดได้ด้วยคุณสมบัติที่แตกต่างกันจากกลุ่มอื่น

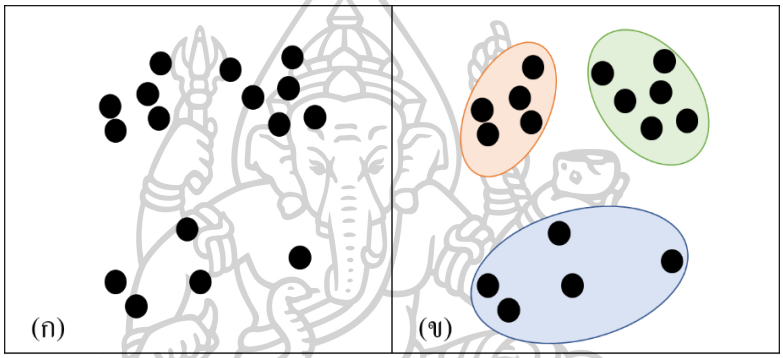
2.1.2 ประเภทของการจัดกลุ่ม [4], [5]

1. Partitioning Clustering เป็นวิธีการจัดกลุ่มแบบแบ่งส่วน โดยจะจัดกลุ่ม k กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มอาจแสดงโดยค่ากึ่งกลางของกลุ่ม (Centroid) โดยความแม่นยำของกลุ่มขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูลที่นำมาจัดกลุ่ม

โดยจะเริ่มจากฐานข้อมูลตัวแปรทั้งหมด n หน่วย และต้องการจัดกลุ่มออกเป็น k กลุ่ม โดยมีข้อตกลง คือ จำนวนกลุ่มที่แบ่งออกมาต้องมีจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนข้อมูลทั้งหมด (k<=n) และจะต้องใส่ข้อมูลที่มีอยู่ลงไปในแต่ละกลุ่มจนครบจำนวน k กลุ่ม โดยที่

1. แต่ละกลุ่มควรมีข้อมูลอย่างน้อย 1 ข้อมูล
2. ข้อมูลแต่ละข้อมูลควรอยู่เพียงกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเท่านั้น

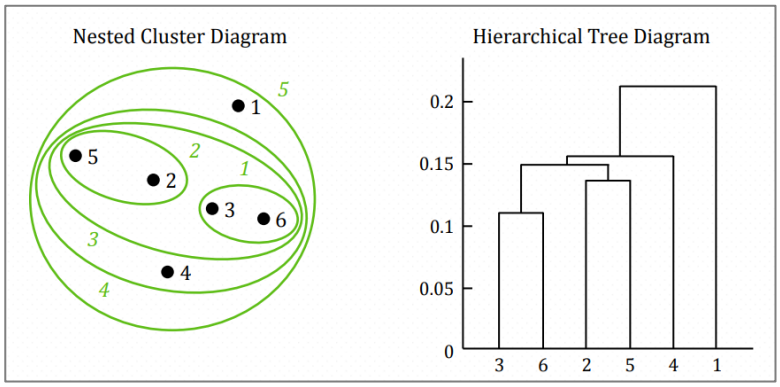
ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการจัดกลุ่มแบบแบ่งส่วน (ก) ก่อนการจัดกลุ่ม (ข) หลังการจัดกลุ่ม [6]

วิธีการที่นิยมใช้ คือการจัดกลุ่มใหม่ซ้ำ ๆ โดยการเปลี่ยนค่าที่เป็นค่ากึ่งกลางของแต่ละกลุ่มซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ระยะห่างของกลุ่มน้อยที่สุดหรือเข้าใกล้ 0 มากที่สุด

2 Hierarchical Clustering เป็นวิธีการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้น วิธีนี้จะจัดกลุ่มข้อมูลโดยพิจารณาการรวมกลุ่มจากระยะห่างของข้อมูล โดยข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกันมากที่สุดจะเชื่อมต่อกันรวมเป็นกลุ่มก่อน จากนั้นค่อยเชื่อมต่อกับข้อมูลที่มีระยะห่างไกลถัดไป ซึ่งระยะห่างที่แตกต่างกันในกลุ่มและลำดับขั้นในการจัดกลุ่มสามารถอธิบายจากแผนภาพเดนโดรแกรม (Dendrogram) ได้ ดังรูปที่ 2.2



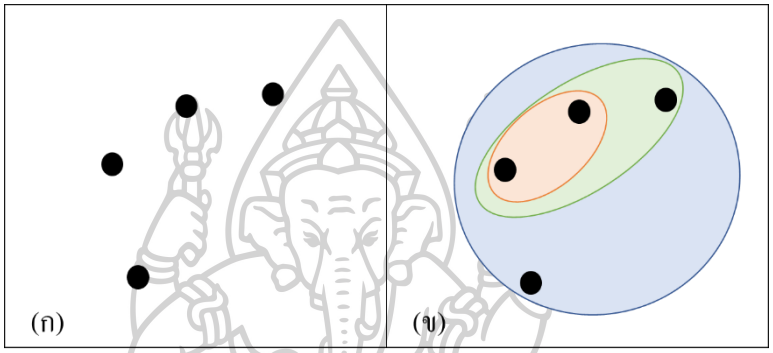
รูปที่ 2.2 แผนภาพเดนโดรแกรมจากการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้น [6]

วิธีการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้นสามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ Agglomerative Approach และ Divisive Approach โดยวิธี Agglomerative เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด

การจัดกลุ่มแบบลำดับขั้นโดยวิธี Agglomerative สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

1. ค้นหาข้อมูลที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด และรวมเข้าไว้ด้วยกันเป็นกลุ่ม
2. ค้นหาและรวมข้อมูลที่ใกล้เคียงที่สุดลำดับถัดไปโดยที่ข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลเดี่ยวหรือกลุ่มของข้อมูลก็ได้

หากทำตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 แล้ว ยังคงมีจำนวนกลุ่มมากกว่าหนึ่งกลุ่ม ให้กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 โดยสุดท้ายแล้วการจัดกลุ่มนี้ จะเหลือกลุ่มเพียง 1 กลุ่มเท่านั้น ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้น (ก) ก่อนการจัดกลุ่ม (ข) หลังการจัดกลุ่ม [6]

3. Density Based Clustering เป็นวิธีการจัดกลุ่มแบบอิงความหนาแน่นของข้อมูลแต่ละกลุ่ม สำหรับแต่ละข้อมูลในกลุ่มอย่างน้อยต้องมีจำนวนจุดต่ำสุดภายในรัศมีที่กำหนด แต่ละกลุ่มเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นและล้อมรอบด้วยพื้นที่ที่มีความหนาแน่นต่ำ

4. Grid Based Clustering เป็นวิธีการจัดกลุ่มโดยข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็นกริดตามลักษณะของข้อมูล วิธีนี้ไม่ได้รับผลกระทบจากการสั่งข้อมูลและสามารถจัดการกับข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวเลขได้อย่างง่ายดาย

5. Model Based Clustering เป็นวิธีการจัดกลุ่มโดยจัดกลุ่มข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงสูงและความคล้ายคลึงกันต่ำ การจัดกลุ่มวิธีนี้จะยึดตามค่าเฉลี่ยและฟังก์ชันข้อผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด

2.1.3 การจัดกลุ่มวิธี K-means Clustering [6]

การวิเคราะห์แบบ Partitioning methods ที่ดีที่สุด คือวิธี K-means และ K-Medoids ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาโดยวิธี K-means Clustering ซึ่งอธิบายโดยละเอียดได้ ดังนี้ วิธี K-means Clustering เป็นวิธีจัดกลุ่มตามคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกัน โดยจะกำหนดจุดกึ่งกลางแต่ละกลุ่มข้อมูล จุดกึ่งกลางคือค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด และพิกัดเป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตสำหรับแต่ละมิติจะแตกต่างกันไปตามข้อมูลทั้งหมดในกลุ่ม [4]

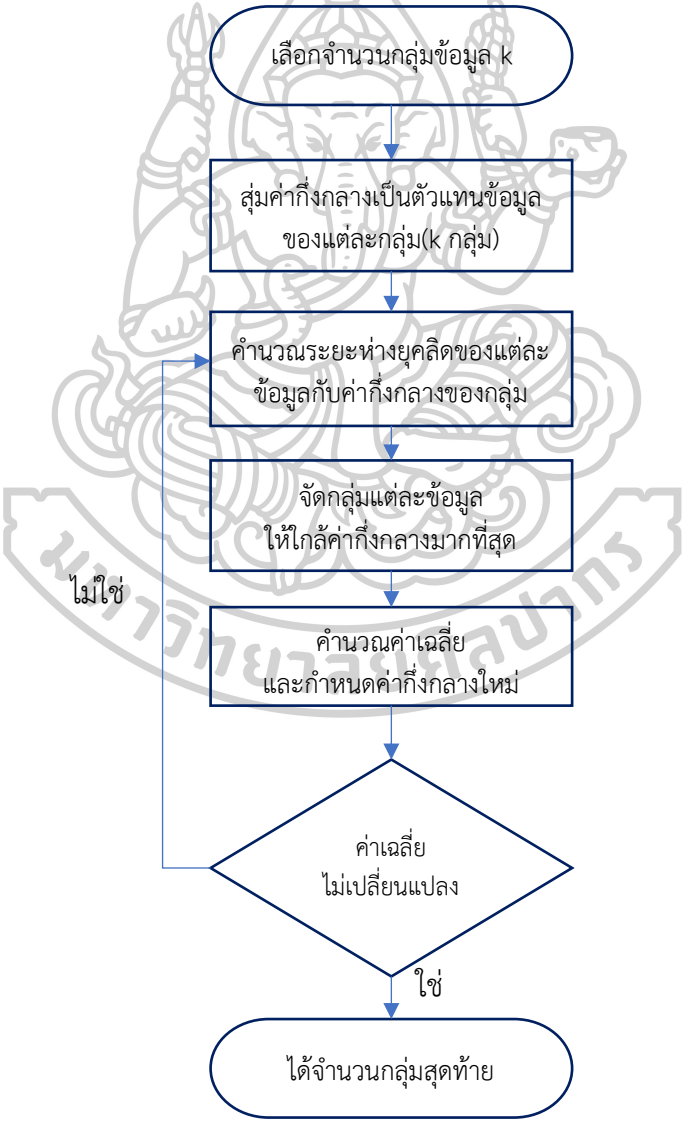
การจัดกลุ่มแบบนี้มีเงื่อนไขว่าเราต้องกำหนดจำนวนกลุ่มไว้ก่อน จากนั้นโปรแกรมจะเลือกข้อมูลเข้าแต่ละกลุ่ม โดยสุดท้ายแล้วกลุ่มที่ได้จะเป็นกลุ่มแยกจากกัน ไม่ซ้อนทับกัน โดยการจัดกลุ่ม

วิธีนี้เหมาะสำหรับข้อมูลมากกว่า 200 ข้อมูล โดยมุ่งเน้นที่จะให้ข้อมูลในกลุ่มเดียวกันมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด และข้อมูลต่างกลุ่มกันมีความแตกต่างกันมากที่สุด [5]

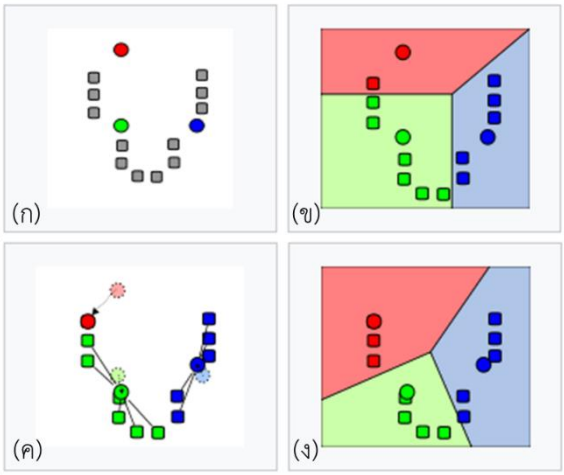
โดยขั้นตอนการจัดกลุ่มของเทคนิค K-means Clustering มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. เลือกจำนวนกลุ่มข้อมูล k กลุ่ม
2. สุ่มค่ากึ่งกลางเป็นตัวแทนข้อมูลของแต่ละกลุ่ม (k กลุ่ม)
3. คำนวณระยะห่างแบบยุคลิด (Euclidean Distance) ของแต่ละข้อมูลกับค่ากึ่งกลางของกลุ่ม
4. จัดกลุ่มแต่ละข้อมูลให้ใกล้กับค่ากึ่งกลางมากที่สุด
5. คำนวณค่าเฉลี่ยและกำหนดค่ากึ่งกลางใหม่
6. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 จนได้ค่าเฉลี่ยไม่เปลี่ยนแปลง

ซึ่งสามารถแสดงลำดับขั้นตอนได้ดังรูปที่ 2.4 และสาธิตการจัดกลุ่มดังรูปที่ 2.5 [7]



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการจัดกลุ่มของเทคนิค K-means Clustering [6]



รูปที่ 2. 5 การสาธิตการจัดกลุ่มด้วยวิธี K-mean Clustering [7]

ก) เลือกค่าเฉลี่ยเริ่มต้น k (ในกรณีนี้ k=3) โดยการสุ่มจากข้อมูล

ข) สร้างกลุ่ม k กลุ่ม โดยคำนวณระยะห่างของข้อมูล

ค) จุดกึ่งกลางของแต่ละกลุ่มจะถูกกำหนดเป็นค่าเฉลี่ยค่าใหม่

ง) ทำซ้ำขั้นตอน ข และ ค จนกระทั่งค่ากลางของแต่ละกลุ่มไม่เปลี่ยนแปลง

2.1.3.1 ข้อมูลที่ใช้ประกอบการจัดกลุ่ม [6]

1. ตัวแปรที่ใช้ในการรวมกลุ่ม
2. จำนวนกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการ
3. วิธีการวนซ้ำ (iterate) หรือจำแนกข้อมูล (classify)
4. วิธีการเลือกค่ากึ่งกลาง (จากอัลกอริทึมในโปรแกรม หรือจากข้อมูลที่มีอยู่แล้ว)

โดยตัวแปรที่ใช้ในเทคนิค K-means Clustering จะต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ คือ เป็นสเกลอันตรภาค (Interval Scale) หรือสเกลอัตราส่วน (Ration Scale) โดยไม่สามารถใช้กับข้อมูลที่อยู่ในรูปความถี่ หรือ Binary เหมือนเทคนิค Hierarchical ได้

2.1.3.2 การคำนวณระยะห่างข้อมูลวิธี *k-means clustering* [5]

การคำนวณระยะห่างจะคำนวณระยะห่างแบบยุคลิด โดยกระบวนการจะเริ่มจากค่ากลางตั้งต้นชุดหนึ่ง จากนั้นจะจัดกลุ่มข้อมูลโดยพิจารณาจากระยะห่างจากศูนย์กลาง หลังจากนั้นจะมีการคำนวณค่ากลางอีกชุดหนึ่งขึ้นมา ซึ่งจะมีการเปลี่ยนข้อมูลในกลุ่มโดยพิจารณาจากระยะห่างจากศูนย์กลางค่าใหม่ ทำซ้ำจนกระทั่งค่ากลางของกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลงแล้ว

วิธีการวิเคราะห์กลุ่มส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความคล้ายคลึงกันของข้อมูลโดยคำนวณระยะห่างระหว่างแต่ละคู่ การคำนวณระยะห่างแบบยุคลิด สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$d(p,q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \cdots + (p_n - q_n)2^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(p_i - q_i)^2} \qquad (2.1)$$

ระยะห่างแบบยุคลิดระหว่างจุดสองจุด p และ q คือความยาวของส่วนของเส้นตรง pq ถ้า p = (p_1, p_2, ..., p_n) และ q = (q_1, q_2, ..., q_n)

และ n เป็น จำนวนคุณลักษณะของข้อมูลแต่ละชุด

โดยคุณสมบัติของระยะห่าง คือ

1. ระยะห่างเป็นบวกเสมอ

2. ระยะห่างจากจุดหนึ่งไปยังจุดตัวเอง คือศูนย์

3. ระยะห่างจาก p ถึง q จะเท่ากับ q ถึง ย เสมอ

4. ระยะห่างจากจุด p ถึงจุด q ไม่สามารถมากกว่าผลรวมของระยะห่างจาก p ไปยังจุด r และระยะห่างจาก q ถึง p

2.1.3.3 การเลือกจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม *(k* กลุ่ม) [8]

การตัดสินใจเลือกจำนวนกลุ่มมักขึ้นกับการคำนวณจากข้อมูลหรือความต้องการของบริษัท ส่วนใหญ่หากหาจำนวนกลุ่มจากการคำนวณ จะคำนวณจากค่าผลบวกกำลังสองภายในกลุ่ม (Within Cluster Sum of Square, WCSS) ตามสมการที่ 2.2 โดยมุ่งเน้นให้ค่า WCSS น้อยที่สุด

$$WCSS\ (\Delta) = \sum_{k=1}^{K} \sum_{i=1}^{n} d(o, mci) \qquad (2.2)$$

โดย m_c คือค่ากึ่งกลางของกลุ่ม

และ $d(o, m_c)$ คือระยะห่างแบบยุคลิดของข้อมูลกับค่ากึ่งกลาง

การคำนวณเริ่มจากการกำหนดจำนวนกลุ่มขึ้นมาก่อน และคำนวณ WCSS แต่ละกลุ่ม จากนั้นนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกลุ่มและค่า WCSS โดยให้แกน x เป็นจำนวนกลุ่ม และ แกน y เป็นค่า WCSS โดยกราฟที่ได้จะลู่เข้าหา 0 โดยจำนวนกลุ่มช่วงที่สร้างจุดเบี่ยงให้กราฟมักจะบ่งชี้เกี่ยวกับจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม จากนั้นจะใช้ความรู้เฉพาะของความต้องการทางธุรกิจในการตัดสินใจเลือกจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม

2.1.3.4 ตัวอย่างการจัดกลุ่มลูกค้าโดยวิธี *K-means Clustering* [9]

การจัดกลุ่มลูกค้าตามข้อมูลประชากรและพฤติกรรมการซื้อ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนากลยุทธิ์การขาย โดยข้อมูลที่ใช้จัดกลุ่ม ประกอบด้วย รายได้ต่อปี และ รายจ่ายต่อปี จำนวน 303 ข้อมูล ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างข้อมูลลูกค้า ดังตารางที่ 2.1 และแสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลลูกค้า ดังตารางที่ 2.2

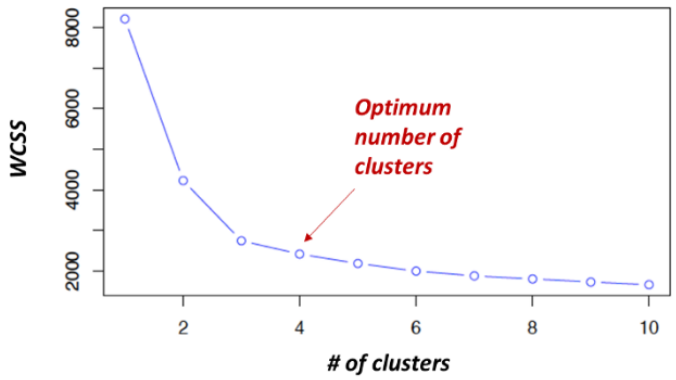
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างข้อมูลลูกค้า [9]

Data	Income	Spend
0	233	150
1	250	187
2	204	172
3	236	178
4	354	163

ตารางที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลลูกค้า [9]

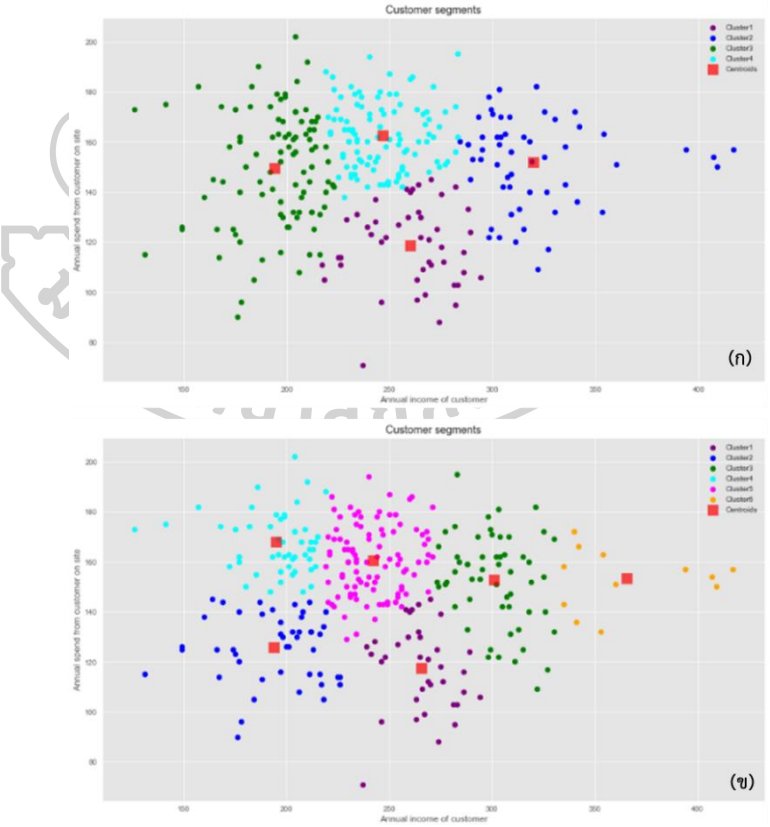
	COUNT	MEAN	STD.	MIN	25%	50%	75%	MAX
INCOME	303.0	245.27	48.50	126.0	211.0	240.0	274.0	417.0
SPEND	303.0	149.65	22.91	71.0	133.5	153.0	166.0	202.0

จากนั้นจัดกลุ่มข้อมูลลูกค้าตามขั้นตอนดังรูปที่ 2.4 และคำนวณระยะห่างยุคลิดและค่า WCSS ตามสมการ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ สุดท้ายสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกลุ่มและค่า WCSS จะได้กราฟดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกลุ่มและค่า WCSS [8]

จากกราฟจุดเบี่ยงของกราฟอยู่ช่วงจำนวนกลุ่มเท่ากับ 4-6 กลุ่ม จึงนำข้อมูลจากการจัดกลุ่มแบบ 4 และ 6 กลุ่ม มาวิเคราะห์ลักษณะลูกค้า โดยการจัด ได้ผลดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างกลุ่มลูกค้า (ก) 4 กลุ่ม (ข) 6 กลุ่ม [9]

2.2 การบรรจุหีบห่อในการย้ายผลิตภัณฑ์ (Packaging in Material Handling) [10]

การบรรจุหีบห่อเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางการตลาด โดยเฉพาะปัจจุบันที่การผลิตสินค้าหรือบริการให้ความสำคัญกับผู้บริโภค (Consumer Oriented)

ความหมายของการบรรจุหีบห่อหรือการบรรจุภัณฑ์ (Packaging) มีผู้ให้คำจำกัดความไว้มากมาย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ “ผลรวมของศาสตร์ (Science) ศิลป์ (Art) และเทคโนโลยีของการออกแบบ การผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้า เพื่อการขนส่งและการขายโดยเสียค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม” หรือ “การใช้เทคโนโลยีและเศรษฐศาสตร์เพื่อหาวิธีการรักษาสภาพเดิมของสินค้าจนกว่าจะถึงมือผู้บริโภคคนสุดท้าย เพื่อให้ยอดขายมากที่สุดและต้นทุนต่ำสุด” หรืออาจหมายถึง “เป็นทั้งศิลปะและวิทยาศาสตร์ ซึ่งถูกมองในหลายแง่โดยบุคคลฝ่ายต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตสินค้า กล่าวคือ ฝ่ายเทคนิคจะคิดถึงปฏิกิริยาระหว่างภาชนะบรรจุกับผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม ฝ่ายผลิตจะพิจารณาต้นทุนและประสิทธิภาพของระบบการบรรจุ ฝ่ายจัดซื้อจะคำนึงถึงต้นทุนของวัสดุทางการบรรจุ และฝ่ายขายจะเน้นถึงรูปแบบและสีสันที่สะดุดตา ซึ่งจะช่วยในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุนี้ Packaging ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมจะเกิดขึ้นได้จากการประนีประนอมของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ภาชนะบรรจุซึ่งมีน้ำหนักเบาและราคาต้นทุนต่ำ แต่ในขณะเดียวกันมีรูปแบบสวยงาม และให้ความคุ้มครองอย่างเพียงพอแก่ผลิตภัณฑ์ภายในได้”

ส่วนความหมายของหีบห่อหรือบรรจุภัณฑ์ (Package) สามารถสรุปได้ดังนี้ “สิ่งห่อหุ้มสำหรับการขนส่งผลิตภัณฑ์จากแหล่งผู้ผลิตไปยังแหล่งผู้บริโภค โดยวัตถุประสงค์เบื้องต้น คือ ป้องกันหรือรักษาผลิตภัณฑ์ให้คงสภาพตลอดจนคุณภาพใกล้เคียงกันกับเมื่อแรกผลิตให้มากที่สุด”

สิ่งสำคัญของการบรรจุหีบห่อ คือ การพิจารณาตั้งแต่กระบวนการออกแบบ การผลิต และขั้นตอนการขนย้ายวัสดุสำหรับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

งานวิจัยนี้จะศึกษาเรื่องการออกแบบและการขนย้ายผลิตภัณฑ์ เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาจ้างซัพพลายเออร์ในการผลิต

2.2.1 การออกแบบบรรจุภัณฑ์และการขนย้ายผลิตภัณฑ์ [11]

หน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์คือการบรรจุ การสื่อสาร การปกป้องผลิตภัณฑ์ และความสะดวกในการขนย้าย

การบรรจุ (Containment) คือ สินค้าจะต้องถูกจัดเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์อย่างปลอดภัยก่อนจะส่งถึงมือลูกค้า

การสื่อสาร (Communication) เปรียบเสมือนเครื่องมือทางการตลาดและทำให้ผู้บริโภคทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

การปกป้องผลิตภัณฑ์ (Protection) คือ การปกป้องผลิตภัณฑ์ไม่ให้ได้รับความเสียหายจากการขนย้ายและการขนส่งสินค้าในระหว่างกระบวนการโลจิสติกส์ เช่น การกระแทก แรงสั่นสะเทือน และปกป้องผลิตภัณฑ์ไม่ให้ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอก อาทิ ความร้อน ความชื้น แสง คลื่นไฟฟ้า และรังสีต่าง ๆ

ความสะดวกในการขนย้าย (Convenience) เพื่อเพิ่มความสะดวกในการขนส่งสินค้าและการจัดจำหน่าย เช่น การรวมหน่วย (Unitization) เพื่อรวมบรรจุภัณฑ์ขนาดย่อยให้ใหญ่ขึ้นเพื่อ

เหตุผลทางการตลาด หรือ การสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added) เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์สร้างความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นต้น

2.2.1.1 ประเภทของบรรจุภัณฑ์ [12, 13]

การแบ่งประเภทของบรรจุภัณฑ์สามารถแบ่งได้หลากหลายตามเกณฑ์ที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น แบ่งตามกลุ่มผู้ใช้ แบ่งตามลักษณะกรรมวิธีการผลิตและวิธีการขนย้าย หรือ แบ่งตามวัสดุบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

การแบ่งประเภทบรรจุภัณฑ์ตามเกณฑ์ผู้ใช้ สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. บรรจุภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค (Consumer Packaging) โดยส่วนมากเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับการค้าปลีก (Retail) จึงมีขนาดเล็ก แต่มีจำนวนมาก เน้นรูปร่างหน้าตาของบรรจุภัณฑ์มากกว่าคุณสมบัติอื่น ๆ
2. บรรจุภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรม (Industrial Packaging) ตามปกติจะใช้บรรจุสินค้าปริมาณมาก ๆ บรรจุภัณฑ์จึงมีขนาดใหญ่ เน้นที่ด้านการปกป้องผลิตภัณฑ์ ด้านต้นทุน และด้านความสะดวกในการใช้งานมากกว่ารูปร่างหน้าตาบรรจุภัณฑ์ ซึ่งชนิดของบรรจุภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรม สามารถแบ่งได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ประเภทบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรม [12]

Industrial Packaging Types		
Product	**Packaging Type**	**Some Example**
Gas/Liquefied Gas	Pressure vessels	High pressure Oxygen tubes, Low pressure liquid gas tubes in kitchens.
Liquids	Barrels (tanks with steel, plastic, fiberglass content) Big Bag (big carrier bags) Tanks, IBC's Tankers Ships	200 lt steel or plastic barrels are used for many chemicals. Used in transportation of chemicals. Fuel oil products are generally transported in tankers. Petrol
Solid	Bags (plastic, paper, big bag) Sacks (synthetic or natural) Boxes (carton and corrugated cardboard) Containers Wagons Tankers Ships	Solids in the form of granules can be packed in bags. They are generally used as secondary or tertiary packaging. Amorphous solids such as coal.

ในงานวิจัยนี้ชนิดบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบ คือบรรจุภัณฑ์ประเภทกล่อง (Boxes) ดังนั้นเพื่อการปกป้องผลิตภัณฑ์ให้คงสภาพดีที่สุด จึงต้องวิเคราะห์ปัจจัยส่งผลต่อคุณภาพกล่องบรรจุภัณฑ์

2.2.1.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพกล่องบรรจุภัณฑ์ [13]

1. ปัจจัยอันเนื่องจากปริมาณความชื้นในอากาศ เนื่องจากกระดาษเป็นวัสดุที่สามารถดูดหรือคายความชื้นกับอากาศโดยรอบได้ ดังนั้นเมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) สูงขึ้น ปริมาณความชื้นในกระดาษก็จะสูงขึ้นด้วย ซึ่งสิ่งนี้ทำให้กล่องทนต่อแรงกดได้น้อยลง

2. ปัจจัยอันเนื่องมาจากระยะเวลากองเก็บกล่อง เมื่อสินค้าถูกบรรจุลงในกล่องและวางกองเก็บไว้ กล่องกระดาษจะถูกกดทับอยู่ตลอดเวลาซึ่งทำให้โครงสร้างภายในของกระดาษเปลี่ยนแปลง โดยจะยืดตัวและรับแรงกดได้น้อยลง ดังนั้นถ้าระยะเวลาการกองเก็บของกล่องมากขึ้น จะทำให้กล่องทนต่อแรงกดได้น้อยลง

3. ปัจจัยอันเนื่องมาจากลักษณะการวางซ้อนกล่อง ลักษณะการวางซ้อนของกล่องรวมถึงลักษณะของพื้นที่ที่กล่องถูกวางไว้ จะมีผลต่อความสามารถในการรับแรงกดของกล่อง (Box Compression Test หรือ BCT) ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของลักษณะการวางซ้อนของกล่องและค่า BCT [13]

ลักษณะการวางเรียงซ้อน		%BCT ที่เหลือ	f_s
ไม่วางบนพาเลท	การเรียงซ้อนแบบกล่องสี่เหลี่ยม (column stacking)	85	0.80
ไม่วางบนพาเลท	การเรียงซ้อนแบบก่ออิฐ (interlocking)	60	0.60
วางบนพาเลท	การเรียงซ้อนแบบกล่องสี่เหลี่ยม (column stacking)	75	0.75
วางบนพาเลท	การเรียงซ้อนแบบก่ออิฐ (interlocking)	50	0.50

4. ปัจจัยอันเนื่องมาจากจำนวนการเคลื่อนย้าย จำนวนครั้งในการเคลื่อนย้ายกล่องตลอดระยะเวลาการใช้งานกล่อง จะมีผลให้ความสามารถในการรับแรงกดกล่องน้อยลง ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของจำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายกล่องและค่า BCT [13]

จำนวนครั้งของการเคลื่อนย้ายกล่อง	% BCT ที่เหลือ	f_H
2	95 %	0.95
5	80 %	0.80
10	64 %	0.64

2.2.1.3 การวัดค่าความสามารถในการรับแรงกดของกล่อง [14]

การวัดค่าความสามารถในการรับแรงกดของกล่องเพื่อใช้ในการคำนวณด้านความปลอดภัย (Box Compression Test หรือ BCT) อ้างอิงตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D642-76 และ ASTM D 4169-86 โดยมีการคำนวณจากสมการของ McKee ดังสมการที่ 2.3

$$\mathbf{BCT} = 5.87 \times \mathbf{ECT} \times \sqrt{BP \times T} \qquad (2.3)$$

โดยที่ BCT คือ ความสามารถในการรับแรงกดของกล่อง (ปอนด์)

ECT คือ ค่าความต้านทานต่อแรงกดของการทดสอบ Edge cut test (ปอนด์ต่อนิ้ว)

BP คือ ความยาวรอบกล่องในแนวตัดขวาง (Box Perimeter) (นิ้ว)

เช่น กล่องแบบ RSC จะมีค่าเท่ากับ 2L+2W

T คือ ความหนาของกล่องโดยรวม (นิ้ว)

ค่า ECT สามารถวัดจากค่าความต้านทานแรงกดวงแหวน (Ring crush resistance) ได้ เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องกด (Crush tester) และที่จับชิ้นทดสอบ (ring crush holder) มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ TAPPI T 818 , มอก. 321

ค่าความต้านทานแรงกดวงแหวน หมายถึง ความสามารถของกระดาษความยาวคงที่ที่จะต้านทานแรงกดในระนาบเดียวกับกระดาษเมื่อนำมาโค้งงอเป็นวงแหวน ซึ่งกดจนกระดาษหักยุบตัวลง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N) หรือ กิโลกรัมแรง (kgf) ค่าความต้านแรงกดวงแหวนของกระดาษในแนวขวางเครื่องจักรจะมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านทานแรงกดกล่อง หรือความแข็งแรงในการเรียงซ้อนของกล่องกระดาษ นอกจากนี้แล้วค่าความต้านแรงกดวงแหวนยังสัมพันธ์กับความต้านแรงกดแนวตั้งของแผ่นกระดาษลูกฟูกสามารถใช้ค่าความต้านแรงกดวงแหวนนี้ในการควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิตและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในสายการผลิต [15]

2.2.1.4 ตัวอย่างการวัดค่าความสามารถในการรับแรงกดของกล่อง [14]

การวัดค่าความสามารถในการรับแรงกดของกล่อง สามารถหาได้จากการคำนวณตามสมการ 2.3 ยกตัวอย่างข้อมูล เช่น

น้ำหนักสินค้าในกล่องหนัก 32 ปอนด์

บรรจุในกล่องประเภท RSC ที่มีขนาด 18” x 12” x 10” (กว้าง x ยาว x สูง)

ใช้กระดาษลูกฟูกลอน C ความหนา 0.16”

จากการทดสอบแรงกดที่ 200 psi พบว่า กระดาษลูกฟูกที่เลือกมาใช้ มีค่า ECT เท่ากับ 40 ปอนด์ต่อนิ้ว

สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\mathbf{BCT} = \mathbf{5.87} \times \mathbf{40} \times \sqrt{(2x18 + 2x12) \times 0.16}$$

BCT = 728 ปอนด์

จากนั้นจะหาว่ากล่องที่บรรจุสินค้าแล้วสามารถวางซ้อนกันได้กี่ชั้นที่ระดับ Safety Factor 4.5 โดย

BCT / Safety Factor = 728 / 4.5 = 162 ปอนด์

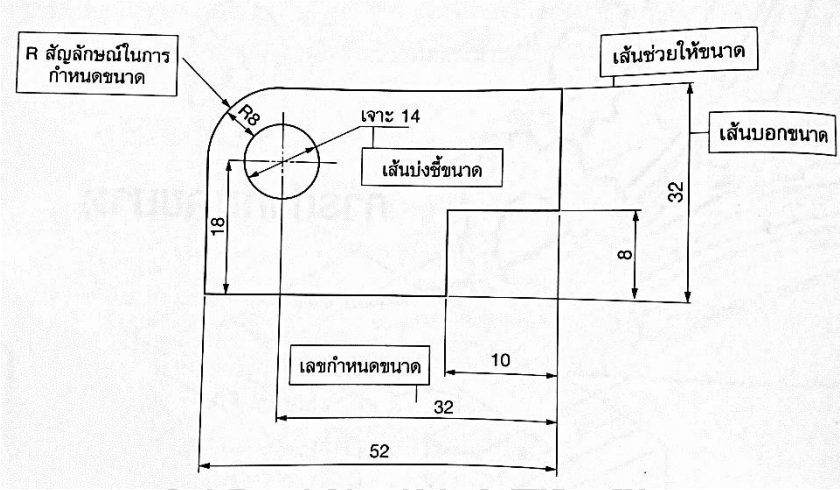
นั่นคือ จำนวนกล่องที่สามารถวางซ้อนทับกล่องล่างสุด เท่ากับ 162 / 32 = 5 ชั้น

ดังนั้น กล่องที่สามารถวางซ้อนทับได้ทั้งหมด (รวมกล่องที่ฐาน) คือ 6 ชั้น

2.3 การเขียนแบบเครื่องกล (Mechanical Drawing) [16]

ขนาดและรูปร่างของชิ้นงานสามารถทำให้ถูกต้องได้โดยการกำหนดขนาดที่ถูกต้อง ซึ่งสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ รูปแบบที่เลือกใช้ และความเข้าใจในการกำหนดขนาด

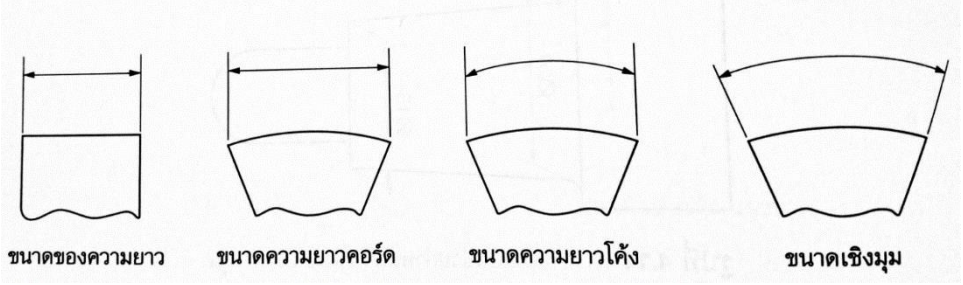
ขนาดชิ้นงานถูกเขียนแทนด้วยตัวเลข เรียกว่า ตัวเลขเชิงปริมาณของขนาดชิ้นงาน การกำหนดขนาดประกอบด้วย เส้นบอกขนาด (Dimension Lines) เส้นช่วยกำหนดขนาด (Projection Lines) เส้นบ่งชี้ขนาด (Leader Lines) และสัญลักษณ์ที่ช่วยในการบอกขนาด เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.8



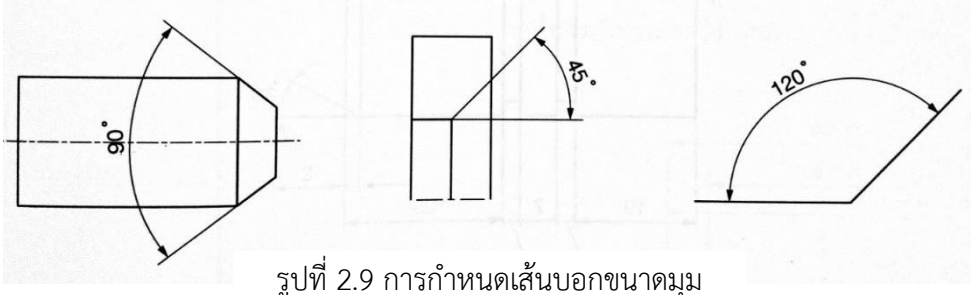
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการกำหนดขนาดของชิ้นงาน

2.3.1 เส้นบอกขนาด (Dimension Lines)

เส้นบอกขนาดจะมีทิศทางที่ขนานกับระยะความยาวเส้นตรงหรือมุมที่ต้องการแสดง ดังแสดงในรูปที่ 2.9 โดยการเขียนเส้นบอกขนาดสำหรับการบอกขนาดที่เป็นมุม จะเขียนส่วนของเส้นโค้งระหว่างเส้นขอบของชิ้นงาน 2 เส้น พร้อมกับระบุตำแหน่งจุดศูนย์กลางของมุมที่ทำการบอกขนาด ดังแสดงในรูปที่ 2.10



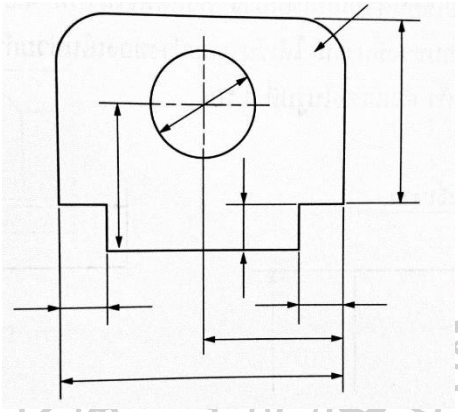
รูปที่ 2.10 การเขียนเส้นบอกขนาด



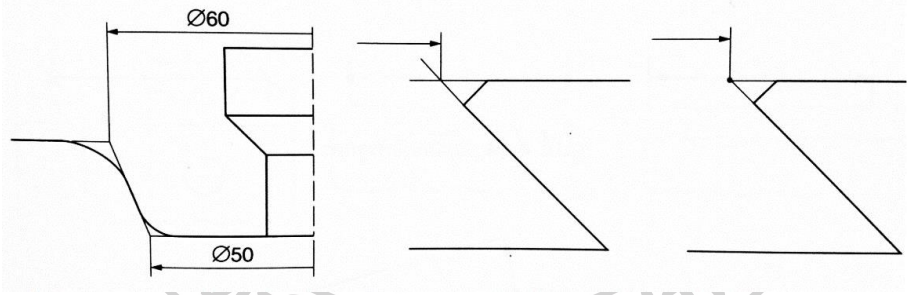
รูปที่ 2.9 การกำหนดเส้นบอกขนาดมุม

2.3.2 เส้นช่วยกำหนดขนาด (Projection Lines)

เส้นช่วยกำหนดขนาดเขียนขึ้นมาเพื่อบอกระยะขนาด หรือบ่งชี้ขนาด ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ซึ่งจะกำหนดตัวเลขขนาดไว้บนเส้นช่วยกำหนดขนาด เส้นช่วยกำหนดขนาดที่ต้องลากทับชิ้นงาน จะเขียนเส้นขนาดเลยออกไปจากเส้นขอบของชิ้นงานโดยเขียนด้วยเส้นเต็มบาง เว้นระยะห่างของเส้นช่วยกำหนดขนาดกับขอบของชิ้นงานประมาณ 1 มิลลิเมตร โดยเส้นกำหนดส่วนโค้งหรือลบมุม จะลากแสดงตำแหน่งจุดตัดผิวโค้ง และเขียนเส้นช่วยกำหนดขนาดจากจุดตัด ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การกำหนดขนาดโดยวิธีเขียนเส้นช่วยกำหนดขนาด



รูปที่ 2.11 การกำหนดขนาดส่วนโค้งหรือมุมโดยการสร้างจุดตัดของผิว

2.3.3 ตัวเลขบอกขนาด (Numerical Value of Dimension)

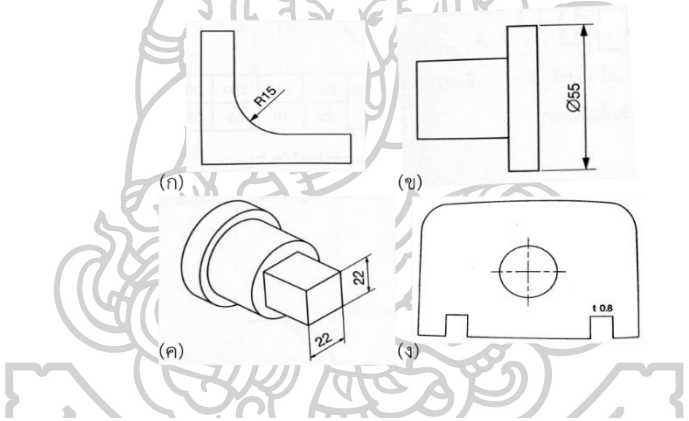
ตัวเลขบอกขนาดแบบเส้นตรงโดยปกติกำหนดเป็นมิลลิเมตร โดยไม่ต้องระบุหน่วยวัด ตัวเลขบอกขนาดเชิงมุมโดยปกติใช้หน่วยองศา ถ้าจำเป็นต้องละเอียดเพิ่มขึ้นจะใส่ค่าเป็นลิปดา และพิลิปดา ซึ่งใช้สัญลักษณ์แทนด้วย ˚, ′, ″ ตามลำดับ โดยจะใส่ที่มุมขวาของตัวเลข

2.3.4 การใส่สัญลักษณ์ที่ใช้บอกขนาด (Entry by Means of Symbols for Dimensioning)

สัญลักษณ์สำหรับใส่ร่วมกับตัวเลขในการบอกขนาดนั้น ช่วยในการอธิบายความหมายต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับขนาดเพิ่มเติมด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.6 และรูปที่ 2.13

ตารางที่ 2.6 สัญลักษณ์สำหรับการกำหนดขนาด

รายการ	สัญลักษณ์
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	Ø
รัศมี	R
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูปทรงกลม	S Ø
รัศมีของรูปทรงกลม	SR
ความยาวส่วนโค้ง	∩
ความหนาแผ่น	t
การลบมุม 45°	C
ขนาดรูปทรงสี่เหลี่ยม	□



รูปที่ 2.13 การกำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ

ก) การกำหนดขนาดรัศมี ข) การกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

ค) การกำหนดขนาดที่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ง) การกำหนดความหนา

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้จะแบ่งงานวิจัยที่ทำการศึกษาเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เรื่องการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล และส่วนที่ 2 เรื่องการบรรจุหีบห่อในการย้ายผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีรายละเอียดของงานวิจัยดังต่อไปนี้

2.4.1 การวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล (Clustering Analysis)

Oyelade และคณะ (2010) [17] ศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษาของนักเรียน 79 คน โดยใช้การวิเคราะห์กลุ่มและใช้อัลกอริทึมทางสถิติเพื่อจัดกลุ่มข้อมูลผลการศึกษา งานวิจัยนี้ใช้อัลกอริทึมการจัดกลุ่ม K-means สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษาของนักเรียน โดยการวิเคราะห์ดังกล่าวถูกนำมารวมกับการวิเคราะห์ที่กำหนดขึ้นเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษาของ

นักเรียนสถาบันเอกชนใน %igeria ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ดีในการตรวจสอบความก้าวหน้าของผลการศึกษาของนักเรียนในสถาบันอุดมศึกษาเพื่อช่วยในการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ

เมธาพร (2013) [18] ศึกษาการจัดกลุ่มลูกค้าค้างชำระของสินเชื่อที่อยู่อาศัยและหาลักษณะปัจจัยสำคัญประจำกลุ่ม โดยการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ใช้ข้อมูลลูกค้าที่ค้างชำระจำนวน 744 รายการ และวิเคราะห์หารจัดกลุ่ม (Cluster Analysis) แบบวิธี K-means โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จากการศึกษาพบว่าสามารถจัดกลุ่มลูกค้าค้าชำระได้เป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีลักษณะปัจจัยประจำกลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มที่ทำธุรกิจส่วนตัวหรือเจ้าของกิจการ ซึ่งเป็นกลุ่มที่ค้างชำระน้อยที่สุด และปัจจัยสำคัญประจำกลุ่มนี้คือ รายได้ต่อเดือน จำนวนเงินต้นที่ค้างชำระ และวงเงินสินเชื่อ กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มธุรกิจส่วนตัวและพนักงานบริษัท และลักษณะปัจจัยประจำกลุ่ม คือ อายุ จำนวนเดือนปีที่เปิด และรายได้ต่อเดือน และกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่พนักงานบริษัท ซึ่งมีจำนวนลูกค้าที่ค้างชำระมากที่สุด ปัจจัยประจำกลุ่มคือ จำนวนเงินต้นที่ค้างชำระ วงเงินสินเชื่อ และวงเงินที่อนุมัติ ซึ่งข้อมูลนี้สามารถเป็นข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดแนวทางและนโยบายให้บริษัทได้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมลักษณ์ (2015) [19] งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบโดยอัตโนมัติ (Generative Design System) โดยคำนึงถึงการนำเสนอรูปร่างจำนวนมากที่ถูกสร้างขึ้นด้วยระบบออกแบบอัตโนมัติ โดยใช้หลักการของอัลกอริทึมการจัดกลุ่มกลุ่มข้อมูลสำหรับประชาการกลุ่มใหญ่ (Large Population Size) โดยมีการคำนวณหาค่าความคล้ายกันของรูปร่างที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อจัดกลุ่ม (Similarity-based Estimation) ดังนั้น รูปร่างที่มีความคล้ายคลึงกันจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยวิธีการเดียวกันนี้ สามารถนำไปสู่การจัดกลุ่มสไตล์หรือลักษณะเฉพาะตัวของรูปร่างได้ โดยระบบจะคำนวณเพื่อจัดกลุ่มรูปร่างตามความคล้าย จากนั้นจะนำเสนองานให้ผู้ใช้งานประเมินเพื่อเลือกกลุ่มรูปร่างที่พอใจ จากนั้นระบบจะนำเสนอรูปร่างในกลุ่มที่ถูกเลือกไว้ ผู้ใช้งานจะทำการเลือกรูปร่างที่ชื่นชอบ หากยังไม่พบรูปร่างที่พึงพอใจในกลุ่มที่เลือกจะส่ง Feedback กลับไปยังระบบ ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการสร้างรูปร่างใหม่ๆตามขอบเขตของกลุ่มที่เลือก กระบวนการนี้จะสิ้นสุดลงเมื่อผู้ใช้ได้รูปร่างที่พึงพอใจหรือผู้ใช้ต้องการรันระบบในรอบใหม่ งานวิจัยนี้ ได้ทดลองใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นในการออกแบบเครื่องประดับต่างหูและจี้ห้อยคอ

Chinedu และคณะ (2015) [20] ศึกษาการจัดกลุ่มลูกค้าเพื่อสร้างความเข้าใจความต้องการลูกค้าอย่างแท้จริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับธุรกิจเป็นอย่างมากในการให้บริการลูกค้าเป้าหมาย ความเข้าใจนี้สามารถทำได้โดยการจัดกลุ่มลูกค้าอย่างเป็นระบบโดยอาศัยความคล้ายคลึงกัน งานวิจัยนี้ใช้อัลกอริทึมการจัดกลุ่ม K-means ผ่านโปรแกรม MATLAB และใช้ชุดข้อมูลมาตรฐานที่มีรูปแบบการฝึกอบรม 100 รูปแบบที่ได้มาจากธุรกิจค้าปลีก ข้อมูลที่ใช้คือจำนวนเฉลี่ยของสินค้าที่ลูกค้าซื้อต่อเดือนและจำนวนการเข้าชมโดยเฉลี่ยต่อเดือน จากข้อมูลจัดกลุ่มลูกค้าด้วยความแม่นยำ 95% ได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ 1. High-Buyers-Regular-Visitors (HBRV) 2. High-Buyers-Irregular-Visitors (HBIV) 3. Low-BuyersRegular-Visitors (LBRV) 4. Low-Buyers-Irregular-Visitors (LBIV)

สุจิรา และคณะ (2016) [21] ศึกษาการจัดกลุ่มกราฟแท่งเทียนเพื่อประกอบการพิจารณาในการลงทุน ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์กราฟสะดวกยิ่งขึ้นและยังสามารถใช้ในการสร้างระบบการลงทุนในอนาคตได้ โดยในงานวิจัยนี้ใช้การจัดกลุ่มแท่งเทียนด้วยวิธี K-means โดยใช้ข้อมูลการซื้อขายรายวันจากหุ้น ในกลุ่ม SET50 ซึ่งประกอบไปด้วย ราคาเปิด ราคาปิด ราคาสูงสุดและราคาต่ำสุดของ

หุ้น AOT CPALL CPN PTT และ TRUE ด้วยข้อมูลทั้งหมด 7500 ชุดข้อมูล และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Weka เพื่อประมวลผลวิธีการจัดกลุ่มแบบ K-means ซึ่งสามารถจัดกลุ่มกราฟแท่งเทียนออกเป็น 5 กลุ่ม จากส่วนประกอบ Body Upper Wick Lower Wick ที่แตกต่างกันของแท่งเทียน ซึ่งแต่ละกลุ่มมีรูปแบบที่สะท้อนลักษณะการเคลื่อนไหวของราคาที่แตกต่างกัน

Ananthi และคณะ (2016) [5] ศึกษางานอัลกอริทึมการทำเหมืองข้อมูลและเทคนิคการจัดกลุ่ม อัลกอริทึมการจัดกลุ่มต่าง ๆ รวมถึงอัลกอริทึมการจัดกลุ่มวิธี K-means พร้อมแสดงจุดแข็งและข้อจำกัดในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ยังมีการการคำนวณต่าง ๆ ของอัลกอริทึมเพื่อระบุความคล้ายคลึงกันของกลุ่มข้อมูล โดยงานวิจัยนี้เป็นการวิจัย Text mining เนื่องจากปัจจุบันมีแหล่งค้นคว้าที่เกิดขึ้นใหม่ทุกวัน ทำให้ข้อมูลบนเว็บไซส์เพิ่มขึ้นทุกวัน การค้นหาข้อมูลในบางครั้งเอกสารที่ได้มีความเกี่ยวข้องกัน และหลายครั้งเอกสารที่ได้ไม่เกี่ยวข้องกันกับสิ่งที่ต้องการค้นหา ซึ่งผลลัพธ์ที่เหล่านี้ขึ้นกับอัลกอริทึมการจัดกลุ่มที่ใช้กับข้อมูล

ณัฏฐ์ฏาพร และคณะ (2017) [22] ศึกษาการจัดกลุ่มหลักทรัพย์ด้วยอัลกอริทึมการจัดกลุ่มวิธี K-means ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดกลุ่มหลักทรัพย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกันได้ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังของหลักทรัพย์ ใน SET 50 ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นหุ้นสามัญ 50 บริษัท โดยส่วนใหญ่เป็นหุ้นที่มีปัจจัยพื้นฐานดี มีอัตราการเติบโตของบริษัทอย่างต่อเนื่อง โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วย ราคาสูงสุด ราคาต่ำสุด ราคาเปิดตลาด และราคาปิดตลาด จากการศึกษาพบว่า วิธีการดังกล่าวสามารถจัดกลุ่มหลักทรัพย์ที่มีความคล้ายคลึงกันได้ ซึ่งกลุ่มหลักทรัพย์ที่จัดอยู่ด้วยกันจะถูกนำไปกระจายความเสี่ยงในการจัดพอร์ตการลงทุน

2.4.2 การบรรจุหีบห่อในการย้ายผลิตภัณฑ์ (Packaging in Material Handling)

สาทิต และคณะ (2001) [23] ศึกษาการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อให้ต้นทุนค่าวัสดุของบรรจุภัณฑ์ในกลุ่มที่ศึกษาลดลง ด้วยวิธีการวิเคราะห์คุณค่า (Value Analysis) ซึ่งจะวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด เพื่อหาหน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งปัจจุบันพบว่ามีวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีหน้าที่ซ้ำซ้อนกันมาก ทำให้เวลาสั่งซื้อวัสดุบรรจุภัณฑ์ สั่งซื้อได้ในปริมาณน้อย ทำให้ต้นทุนค่าวัสดุของบรรจุภัณฑ์สูง จากการศึกษาพบว่า หน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์มีเพียง 6 หน้าที่ หลังจากปรับปรุงบรรจุภัณฑ์แล้วพบว่าต้นทุนค่าวัสดุที่ใช้ในบรรจุภัณฑ์ลดลง 29%

อภิสิทธิ์ และคณะ (2009) [24]ศึกษาการออกแบบระบบบรรจุภัณฑ์มาตรฐาน ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเรียงผลิตภัณฑ์บนพาเลท และเพิ่ม Load capacity ในการเคลื่อนย้ายและขนส่งผลิตภัณฑ์ โดยใช้โปรแกรม CAPE PACK ซึ่งโปรแกรมสามารถคำนวณการจัดเรียงสินค้าบนพาเลทหรือคอนเทนเนอร์ได้ ซึ่งปัจจุบันพบว่าในขั้นตอนการออกแบบบรรจุภัณฑ์ไม่ได้คำนึงถึงชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีอยู่และความเหมาะสมด้านประสิทธิภาพการบรรจุรวมถึงการจัดเรียงบนพาเลท จากการศึกษาพบว่าสามารถลดจำนวนบรรจุภัณฑที่หลากหลายของกลองกระดาษลงได้ และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการโหลดสินคาได 6 เปอรเซ็นต และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดวางสินคาบนพาเลทได 20 เปอรเซ็นต

Roman (2016) [25] ศึกษาการประยุกต์สูตรคำนวณ BCT ของ McKee ให้เหมาะสมกับข้อมูล(กล่องกระดาษถ่ายเอกสาร) มากยิ่งขึ้น เพื่อหาจำนวนกล่องที่มากที่สุดที่สามารถเรียงซ้อนทับกันได้โดยไม่เกิดความเสียหาย

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลและการบรรจุหีบห่อในการย้ายผลิตภัณฑ์ สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2.7

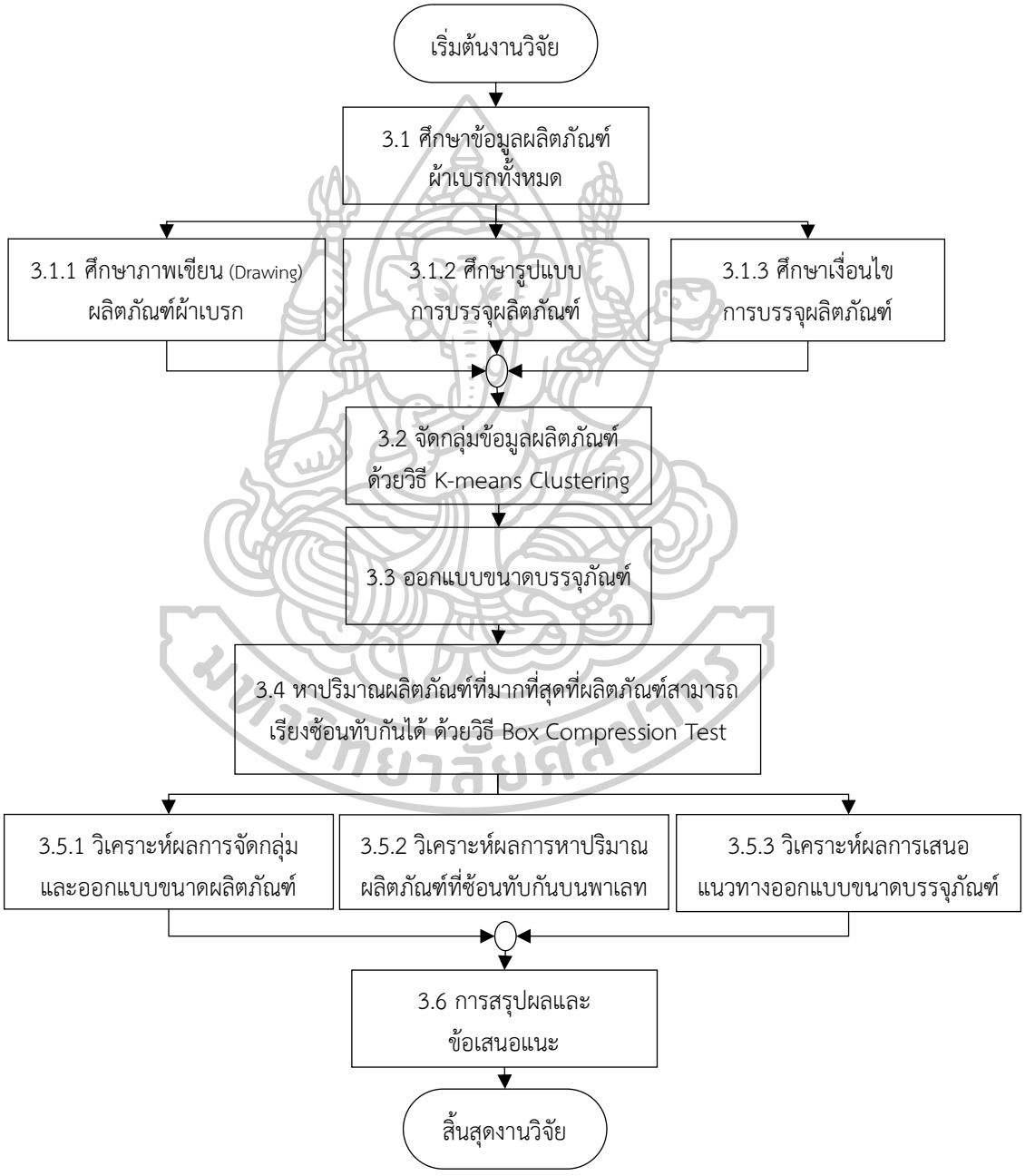
ตารางที่ 2.7 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้แต่ง	วัตถุประสงค์	รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูล	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม
Oyelade และคณะ (2010)	เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลผลการศึกษาของนักเรียน	กลุ่มข้อมูล คือนักเรียนในสถาบัน 79 คน	1. ทฤษฎีการจัดกลุ่ม : วิธี K-means	-
เมธาพร (2013)	เพื่อจัดกลุ่มลูกค้าค้างชำระของสินเชื่อที่อยู่อาศัยและหาลักษณะปัจจัยสำคัญประจำกลุ่ม	เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ใช้ข้อมูลลูกค้าที่ค้างชำระจำนวน 744 รายการ	1. ทฤษฎีการจัดกลุ่ม : วิธี K-means	-
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมลักษณ์ (2015)	เพื่อจัดกลุ่มรูปร่างที่มีความคล้ายคลึงกัน สำหรับนำมาพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบโดยอัตโนมัติ		1. ทฤษฎีการจัดกลุ่ม : วิธี K-means 2. ระบบออกแบบอัตโนมัติ (Generative Design System)	1. การออกแบบเครื่องประดับ ร่วมกับทางภาคอุตสาหกรรมเครื่องประดับไทย
Chinedu และคณะ (2015)	เพื่อจัดกลุ่มลูกค้าซึ่งจะช่วยให้เข้าใจความต้องการลูกค้าอย่างแท้จริง	กลุ่มข้อมูล คือข้อมูลมาตรฐานที่มีรูปแบบการฝึกอบรม 100 รูปแบบที่ได้มาจากธุรกิจค้าปลีก	1. ทฤษฎีการจัดกลุ่ม : วิธี K-means	-
สุจิรา และคณะ (2016)	เพื่อจัดกลุ่มกราฟแท่งเทียนเพื่อประกอบการพิจารณาในการลงทุน	กลุ่มข้อมูล คือข้อมูลการซื้อขายรายวัน รวม 7500 ข้อมูล	1. ทฤษฎีการจัดกลุ่ม : วิธี K-means	-
Ananthi และคณะ (2016)	เพื่อศึกษาอัลกอริทึมการทำเหมืองข้อมูลและเทคนิคการจัดกลุ่ม	กลุ่มข้อมูล คือ Text Mining	1. ทฤษฎีการจัดกลุ่ม : เปรียบเทียบหลายวิธี	-
ณัฏฐ์ฏาพร และคณะ (2017)	เพื่อจัดกลุ่มหลักทรัพย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน	กลุ่มข้อมูล คือหุ้นสามัญ 50 บริษัท	1. ทฤษฎีการจัดกลุ่ม : วิธี K-means	-
สาทิต และคณะ (2001)	เพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อให้ต้นทุนค่าวัสดุของบรรจุภัณฑ์ในกลุ่มที่ศึกษาลดลง	กลุ่มข้อมูล คือวัสดุบรรจุภัณฑ์ 14 ชนิด	1. การวิเคราะห์คุณค่า (Value Analysis)	1.การออกแบบบรรจุภัณฑ์ (วัสดุในบรรจุภัณฑ์)
อภิสิทธิ์ และคณะ (2009)	เพื่อออกแบบระบบบรรจุภัณฑ์มาตรฐานที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเรียงผลิตภัณฑ์บนพาเลท	กลุ่มข้อมูล คือบรรจุภัณฑ์ 51 ชนิด	1. โปรแกรม CAPE PACK	1. การออกแบบระบบบรรจุภัณฑ์มาตรฐาน
Roman (2016)	เพื่อประยุกต์สูตรคำนวณ BCT ของ McKee ให้เหมาะสมกับกล่องกระดาษถ่าย	กลุ่มข้อมูล คือ กล่องกระดาษถ่ายเอกสาร	1. การวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้คุณภาพกล่องลดลง : การวัดค่า BCT	1. การเรียงกล่องบรรจุภัณฑ์ทับซ้อนกัน

	เอกสาร			
งานวิจัยฉบับนี้ (2019)	1.เพื่อจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ 2. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่สามารถจัดเรียงบนพาเลทได้	กลุ่มข้อมูล คือ ผลิตภัณฑ์ดิสก์เบรก (Brake Pad) ทั้งหมด 437 รุ่น และกล่องบรรจุภัณฑ์ 91 ชนิด	1. ทฤษฎีการจัดกลุ่ม : วิธี K-means 2. ทฤษฎีการบรรจุหีบห่อในการขนถ่ายวัสดุ : การวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้คุณภาพกล่องลดลง : การวัดค่า BCT	1.การออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ 2. การจัดเรียงผลิตภัณฑ์ทับซ้อนกัน ร่วมกับบริษัทผลิตผ้าเบรก

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

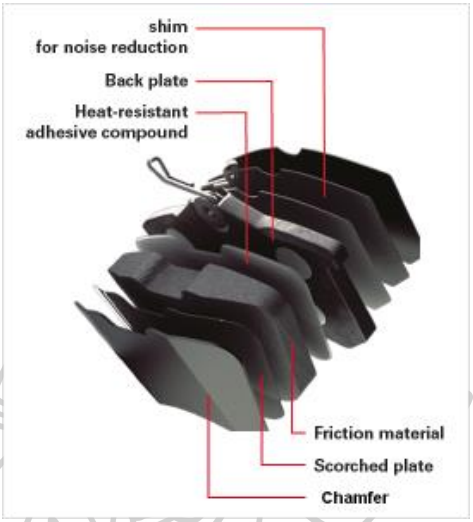
ผู้วิจัยได้วางแผนการดำเนินงานเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเขน เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามระบบ โดยแผนการดำเนินงานนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนและเนื้อหาสาระสำคัญในการดำเนินงานวิจัย งานวิจัยเรื่องนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ผ้าเบรก

ผ้าเบรก คือ อุปกรณ์สร้างแรงเสียดทานให้กับระบบเบรกของรถ โดยการผลิตผ้าเบรกหนึ่งชิ้นต้องผ่านกระบวนการผลิตหลากหลายขั้นตอน เมื่อผลิตเสร็จยังมีขั้นตอนในการติดตั้งอุปกรณ์เสริมที่หลากหลาย ดังรูปที่ 3.2 [26] ทำให้การปรับปรุงกระบวนการผลิตหรือกระบวนการออกแบบต้องอาศัยความละเอียดสูง



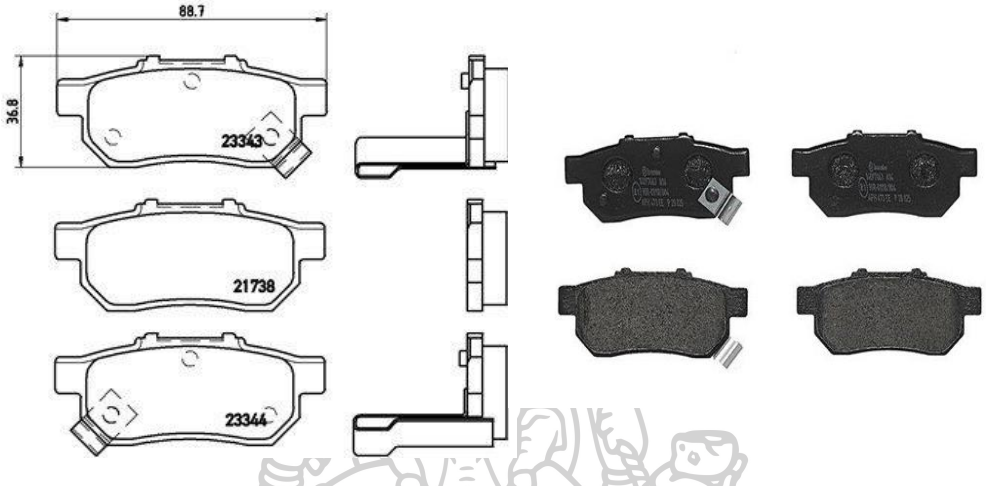
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบผ้าเบรก [26]

3.1.1 ศึกษาภาพเขียน (Drawing) ผลิตภัณฑ์ผ้าเบรก

ผ้าเบรกมีส่วนประกอบหลักๆคือ แผ่นเหล็ก (Plate) ตัวผ้า (Friction Material) และมีอุปกรณ์เสริมที่หลากหลาย ดังรูปที่ 3.3 เช่น แผ่นชิมเพื่อช่วยซับเสียง กิ๊ฟเตือนเพื่อช่วยเตือนก่อนผ้าเบรกหมด เป็นต้น ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดจะมีขนาดที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับรุ่นรถที่ใช้งาน ดังนั้นการออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์จึงต้องศึกษาภาพเขียน (Drawing) ผ้าเบรกทั้งหมด เพื่อหาขนาดสุดท้ายหลังการติดตั้งอุปกรณ์เสร็จสิ้น

รูปที่ 3.3 ความหลากหลายของอุปกรณ์เสริม (กิ๊ฟ)

บริษัทกรณีศึกษามีผ้าเบรกทั้งหมด 437 รุ่น มีจำนวนกิ๊ฟทั้งหมด 85 แบบ Drawing ของผ้าเบรกจะระบุขนาดแยกกันโดยจะมีขนาดผ้าเบรก (แผ่นเหล็กรวมตัวผ้า) และขนาดกิ๊ฟ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.4 [27] ดังนั้นจำเป็นต้องศึกษา Drawing ทีละรุ่น เพื่อบันทึกขนาดของผ้าเบรกและขนาดของกิ๊ฟที่ใช้คู่กัน สุดท้ายจะได้ขนาดผ้าเบรกหลังติดกิ๊ฟแล้ว



รูปที่ 3.4 ตัวอย่าง Drawing ผ้าเบรก และผลิตภัณฑ์สำเร็จ [27]

3.1.2 ศึกษารูปแบบการบรรจุผลิตภัณฑ์

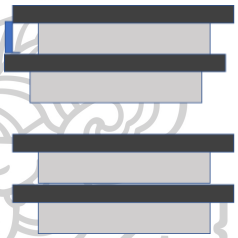
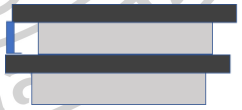
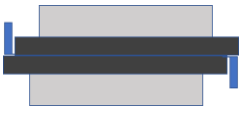
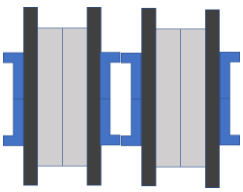
ผ้าเบรก 1 ชุด จะมีทั้งหมด 4 ชิ้น โดยรูปแบบการบรรจุผ้าเบรกลงบรรจุภัณฑ์ มี 2 รูปแบบขึ้นกับรูปแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ ถ้าเป็นกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอน จะบรรจุโดยวางผ้าเบรก 2 ชิ้นประกบกัน จะได้ผ้าเบรกทั้งหมด 2 คู่ จากนั้นนำผ้าเบรก 2 คู่นี้วางข้างกันและซีลรวมกันก่อนบรรจุลงกล่อง ดังรูปที่ 3.5 และถ้าเป็นกล่องบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง จะบรรจุโดยวางผ้าเบรกแนวตั้งซ้อนกัน 4 ชิ้น และซีลรวมกันก่อนบรรจุลงกล่อง ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.5 รูปแบบการบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอน

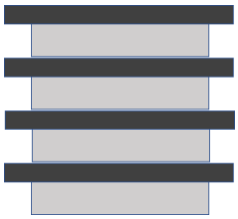
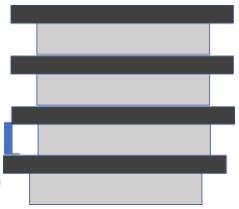
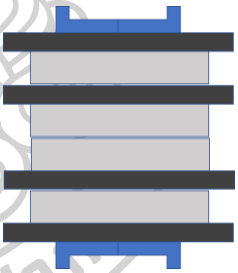
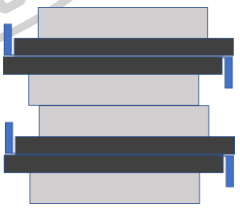
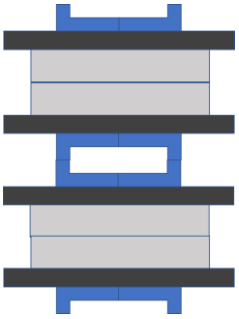
รูปที่ 3.6 รูปแบบการบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง

โดยรูปแบบการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ขึ้นกับจำนวนกิ๊ฟและรูปแบบกิ๊ฟ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รูปแบบการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ลงกล่องบรรจุภัณฑ์

รูปแบบการบรรจุ	รูปแบบกิ๊ฟ	รูปแบบการจัดเรียงผลิตภัณฑ์
แนวนอน	ไม่มีกิ๊ฟ	X2
	กิ๊ฟข้าง 1 ตัว	 X1 X1
	กิ๊ฟข้าง 2 ตัว	 X2
	กิ๊ฟกลาง 2 ตัว	X2
	กิ๊ฟข้าง 4 ตัว	 X2
	กิ๊ฟกลาง 4 ตัว	

ตารางที่ 3.1 รูปแบบการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ลงกล่องบรรจุภัณฑ์ (ต่อ)

รูปแบบการบรรจุ	รูปแบบกิ๊ฟ	รูปแบบการจัดเรียงผลิตภัณฑ์
แนวตั้ง	ไม่มีกิ๊ฟ	
	กิ๊ฟข้าง 1 ตัว	
	กิ๊ฟข้าง 2 ตัว	
	กิ๊ฟกลาง 2 ตัว	
	กิ๊ฟข้าง 4 ตัว	
	กิ๊ฟกลาง 4 ตัว	

3.1.3 ศึกษาเงื่อนไขการบรรจุผลิตภัณฑ์

เงื่อนไขการบรรจุผลิตภัณฑ์ขึ้นกับโค้ดการขาย บางโค้ดการขายมีข้อกำหนดให้ใส่โฟมคั่นชิ้นงานที่ประกบกันก่อนบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอน ดังรูปที่ 3.7 โดยขนาดโฟมเป็นขนาดมาตรฐานเท่ากันทุกโค้ดการขาย

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างชิ้นงานใส่โฟมคั่น

โค้ดการขายภายใต้บริษัทกรณีศึกษามีทั้งหมด 23 โค้ดการขาย แบ่งตามรูปแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ได้ 2 กลุ่ม คือ รูปแบบกล่องบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง 9 โค้ดการขาย และรูปแบบกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอน 14 โค้ดการขาย โดยกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอนที่ต้องใส่โฟมกั้น มีทั้งหมด 12 โค้ดการขาย แสดงดังตารางที่ 3.2

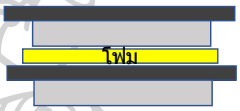
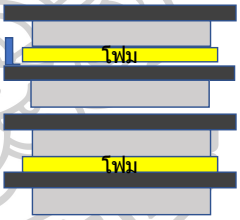
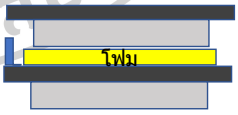
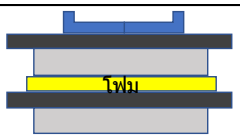
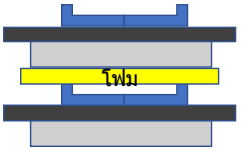
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลกล่องบรรจุภัณฑ์

Code	จัดเรียง	โฟม	จำนวนขนาดกล่อง
A	แนวตั้ง	X	4
B	แนวตั้ง	X	3
C	แนวตั้ง	X	4
D	แนวตั้ง	X	4
E	แนวตั้ง	X	4
F	แนวตั้ง	X	5
G	แนวตั้ง	X	5
H	แนวตั้ง	X	4
I	แนวตั้ง	X	4
J	แนวนอน	/	4
K	แนวนอน	/	4
L	แนวนอน	/	4
M	แนวนอน	/	4
N	แนวนอน	/	3

O	แนวนอน	/	4
P	แนวนอน	/	4
Q	แนวนอน	/	4
R	แนวนอน	/	4
S	แนวนอน	/	4
T	แนวนอน	/	4
U	แนวนอน	/	4
W	แนวนอน	X	3
X	แนวนอน	X	4
		SKU	91

จากตาราง 3.2 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีข้อจำกัดเรื่องโฟม คือรูปแบบกล่องแนวนอน ซึ่งมีวิธีการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ร่วมกับโฟม ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รูปแบบการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ลงกล่องบรรจุภัณฑ์ที่มีโฟม

รูปแบบการบรรจุ	รูปแบบกิ๊ฟ	รูปแบบการจัดเรียงผลิตภัณฑ์
แนวนอน	ไม่มีกิ๊ฟ	 X2
	กิ๊ฟข้าง 1 ตัว	 X1 X1
	กิ๊ฟข้าง 2 ตัว	 X2
	กิ๊ฟกลาง 2 ตัว	 X2
	กิ๊ฟข้าง 4 ตัว	X2
	กิ๊ฟกลาง 4 ตัว	 X2

จากขั้นตอน 3.1.1 หลังจากได้ขนาดสุดท้ายหลังรวมกิ๊ฟแล้ว เมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับรูปแบบการจัดเรียงและเงื่อนไขการบรรจุผลิตภัณฑ์จะได้ข้อมูลขนาดของผ้าแบรกแต่ละรุ่น 3 กลุ่มข้อมูล ข้อมูลกลุ่มที่ 1 คือ ข้อมูลขนาดผลิตภัณฑ์หลังซีลแล้วสำหรับบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอนที่ไม่มีโฟม ข้อมูลกลุ่มที่ 2 คือ ข้อมูลขนาดผลิตภัณฑ์หลังซีลแล้วสำหรับบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอนที่มีโฟม และ ข้อมูลกลุ่มที่ 3 คือ ข้อมูลขนาดผลิตภัณฑ์หลังซีลแล้วสำหรับบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง

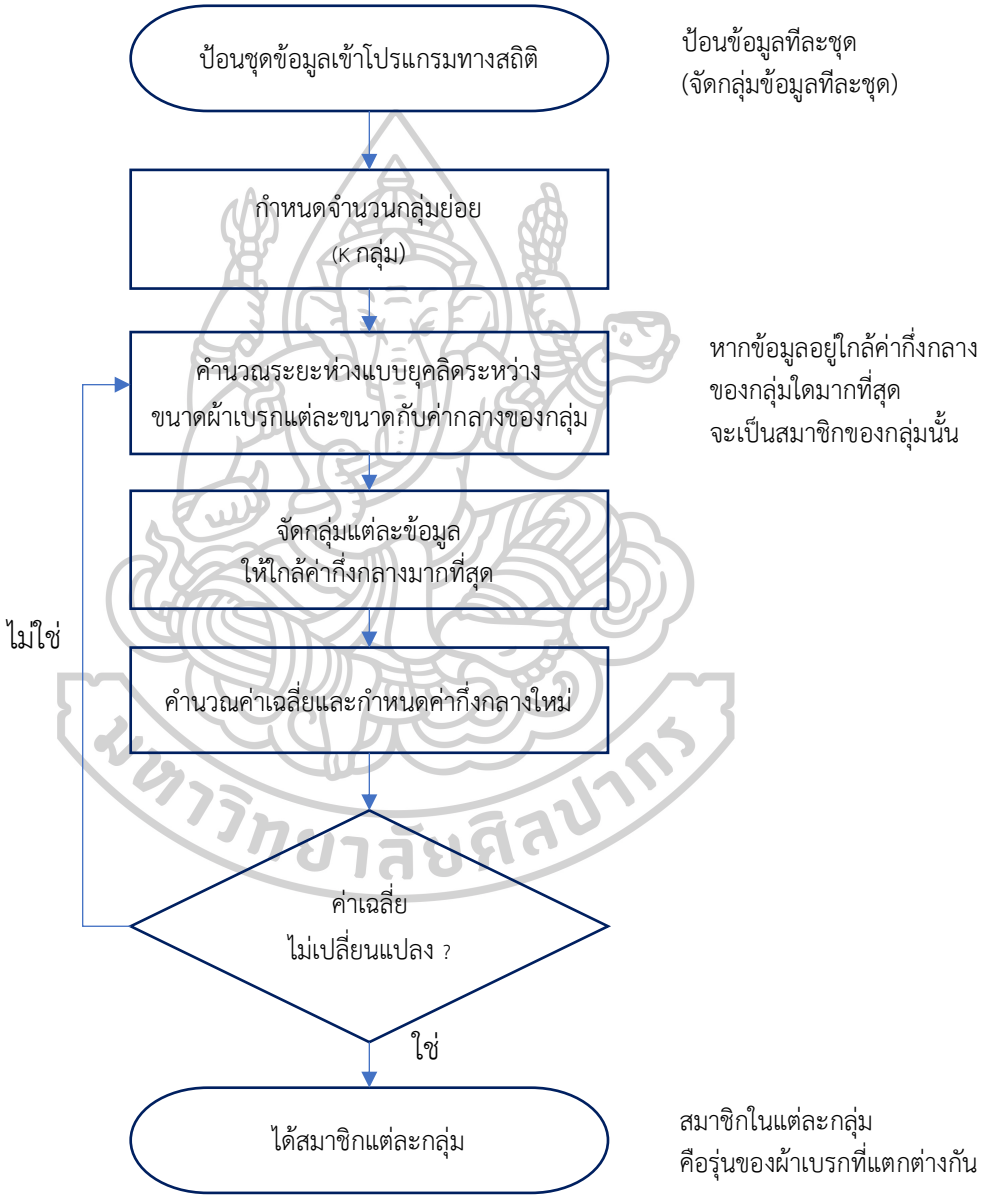
3.2 จัดกลุ่มข้อมูลผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี K-means Clustering

งานวิจัยนี้จัดกลุ่มข้อมูลโดยการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS โดยข้อมูลที่ป้อนเข้ามี 3 ชุด ชุดละ 437 ข้อมูล ชุดที่ 1 คือ กลุ่มข้อมูลขนาดผลิตภัณฑ์หลังซีลแล้วสำหรับบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอนที่ไม่มีโฟม ชุดที่ 2 คือ กลุ่มข้อมูลขนาดผลิตภัณฑ์หลังซีลแล้วสำหรับบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอนที่มีโฟม และ ชุดที่ 3 คือ กลุ่มข้อมูลขนาดผลิตภัณฑ์หลังซีลแล้วสำหรับบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง โดยตัวแปรที่ใช้ในการจัดกลุ่ม คือ ความยาวของผลิตภัณฑ์ ความกว้างของผลิตภัณฑ์ และ ความสูงของผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างข้อมูลในการจัดกลุ่ม

รุ่น	ความยาว	ความกว้าง	ความหนา
1	119.5	99.9	30.8
2	109.5	104.2	29
3	155.9	132.6	61.96
4	108.45	80	31
5	108.3	94.8	29.6
6	127.6	104.6	30
7	115.9	90.6	37.5
8	119.35	94.8	30
9	130	98.6	33.2
10	110.4	82.6	31
11	132.5	98.94	40.5
12	132.8	104	32.2
13	140	110	30
14	119.2	75	31.6
⋮	⋮	⋮	⋮
437	149.9	115.8	35.4

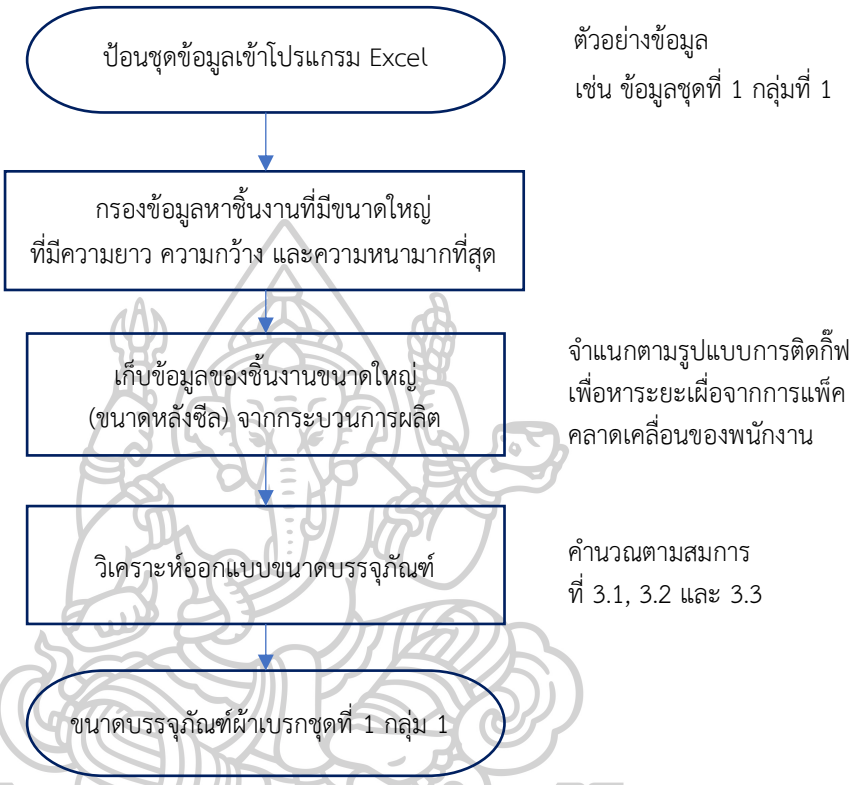
วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การจำแนกกลุ่มด้วยวิธี K-means ซึ่งจะได้กลุ่มย่อยออกมา โดยจำนวนกลุ่มย่อยผู้วิจัยต้องกำหนดเอง ซึ่งจะกำหนดกลุ่มย่อย 2 และ 3 กลุ่มย่อยต่อ 1 ชุดข้อมูล เพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งงานวิจัยนี้จำนวนกลุ่มย่อยคือจำนวนขนาดของกล่อง สุดท้ายข้อมูลที่ได้จากการจัดกลุ่มคือข้อมูลชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย โดยสมาชิกในแต่ละกลุ่มคือรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน จากนั้นจะนำสมาชิกในแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์เพื่อออกแบบขนาดผลิตภัณฑ์ต่อไป ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการจัดกลุ่มได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการจัดกลุ่มขนาดผลิตภัณฑ์

3.3 ออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์

ในงานวิจัยนี้สำหรับการออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ผ้าเบรกซึ่งเป็นของแข็งจะคงชนิดของบรรจุภัณฑ์ไว้เช่นเดิม คือบรรจุภัณฑ์ประเภทกล่อง (Boxes) เพื่อเน้นด้านความสะดวกในการใช้งาน โดยขั้นตอนการออกแบบขนาดกล่อง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์

การวิเคราะห์ออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์จะใช้หลักคิดตามสมการที่ 3.1, 3.2 และ 3.3 ดังนี้

$$H^g = \max(H_i^g) + t_1 \quad (3.1)$$

$$W^g = \max(W_i^g) + t_2 \quad (3.2)$$

$$T^g = \max(T_i^g) + t_3 \quad (3.3)$$

โดยที่ H_i^g คือ ความยาวของชิ้นงานตัวที่ i ในกลุ่ม g

W_i^g คือ ความกว้างของชิ้นงานตัวที่ i ในกลุ่ม g

T_i^g คือ ความหนาของชิ้นงานตัวที่ i ในกลุ่ม g

t_1 คือ ระยะเผื่อจากการแพ็ค (ความยาว)

t_2 คือ ระยะเผื่อจากการแพ็ค (ความกว้าง)

t_3 คือ ระยะเผื่อจากการแพ็ค (ความหนา)

ยกตัวอย่างการเก็บข้อมูลโดยจำแนกตามรูปแบบการติดกิ๊ฟ เช่น ชิ้นงานที่มีความหนามากที่สุด มีรูปแบบการติดกิ๊ฟ คือ กิ๊ฟกลาง 2 ตัว หลังจากนั้นจะเก็บข้อมูลที่มีรูปแบบกิ๊ฟกลาง 2 ตัว เพื่อหาระยะเผื่อจากการแพ็ค (ความหนา) เป็นต้น

3.4 หาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่ผลิตภัณฑ์สามารถเรียงซ้อนทับกันได้ ด้วยวิธี Box Compression Test **หรือ** BCT

การหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่ผลิตภัณฑ์สามารถเรียงซ้อนทับกัน สามารถหาจากการคำนวณ BCT โดยงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพกล่องบรรจุภัณฑ์ โดยปัจจัยที่ส่งผลให้คุณภาพกล่องบรรจุภัณฑ์ลดลงนั้น มี 4 ปัจจัย ได้แก่ ความชื้น ระยะเวลากองเก็บกล่อง ลักษณะการวางซ้อน และ จำนวนครั้งในการเคลื่อนย้าย

งานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ร่วมกับลักษณะการวางซ้อน และ จำนวนครั้งในการเคลื่อนย้าย เท่านั้น เนื่องจากการวิเคราะห์ความชื้นและระยะเวลากองเก็บกล่องมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาในการศึกษาและต้องควบคุมพื้นที่บางส่วน

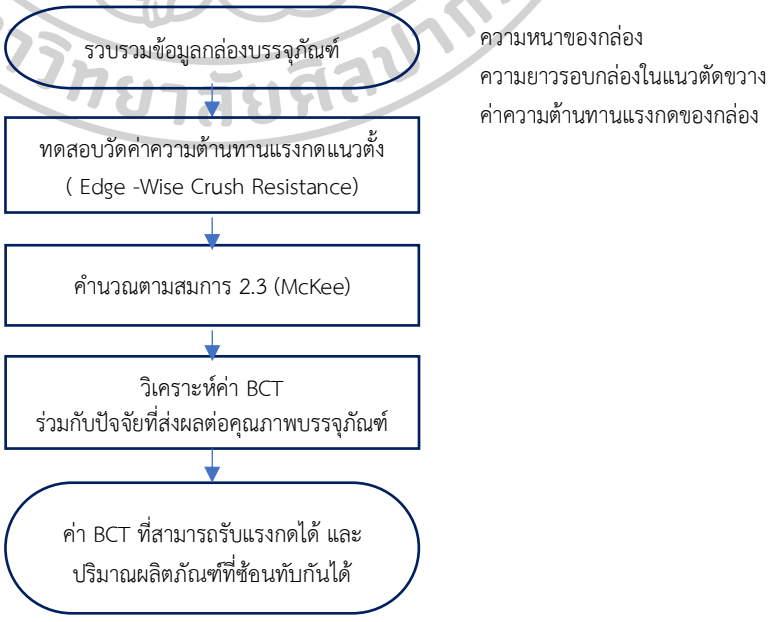
การหาค่าความสามารถในการรับแรงกดของกล่อง หรือ BCT สามารถหาได้ดังนี้

3.4.1 รวบรวมข้อมูลกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ต้องใช้ในการคำนวณ ได้แก่ ความหนาของกล่อง ความยาวรอบกล่องในแนวตัดขวาง และ ค่าความต้านทานแรงกดของกล่อง

3.4.2 หาค่าความต้านทางแรงกดของกล่อง โดยการนำกล่องบรรจุภัณฑ์มาทดสอบโดยการวัดค่าความต้านทานแรงกดแนวตั้งของบรรจุภัณฑ์ (ECT) โดยเครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องกด (Crush tester) และที่จับชิ้นทดสอบ (Ring crush holder) มาตรฐานที่ใช้ ได้แก่ TAPPI T 818 , ISO 3037

3.4.3 นำข้อมูลทั้งหมดมาคำนวณตามสมการที่ 2.3 จะได้ค่า BCT

3.4.4 วิเคราะห์ค่า BCT ที่คำนวณได้ร่วมกับปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพกล่อง ได้แก่ ลักษณะการวางซ้อนและจำนวนครั้งในการเคลื่อนย้าย ซึ่งลักษณะการวางซ้อนของบริษัทเป็นการวางบนพาเลทแบบกล่องสี่เหลี่ยม ทำให้ %BCT เหลือ 85% และการเคลื่อนย้ายจำนวน 2 ครั้ง ทำให้ %BCT เหลือ 95% ซึ่งสามารถดูข้อมูลจากตาราง 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ สุดท้ายจะได้ค่า BCT ที่สามารถรับแรงกดทับได้ และสามารถหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่สามารถเรียงซ้อนทับกันได้ จากตัวอย่างการคำนวณได้จากหัวข้อ 2.2.1.4 ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการหาค่า BCT

3.5 วิเคราะห์ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ผลการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การวิเคราะห์ผลการจัดกลุ่มและออกแบบขนาดผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์ผลการหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ซ้อนทับกันได้ และ การวิเคราะห์ผลการเสนอแนวทางออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์

3.5.1 วิเคราะห์ผลการจัดกลุ่มและออกแบบขนาดผลิตภัณฑ์

เมื่อจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี K-means และนำผลที่ได้มาออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ตามขั้นตอนขั้นต้นแล้ว สุดท้ายจะได้ขนาดบรรจุภัณฑ์สุทธิสำหรับการออกแบบ ได้จำนวนรุ่นและรายละเอียดว่ารุ่นใดบรรจุลงกล่องบรรจุภัณฑ์ขนาดใด

3.5.2 วิเคราะห์ผลการหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ซ้อนทับกันได้

เมื่อทดสอบกล่องบรรจุภัณฑ์หาค่าความต้านทานแรงกดแนวตั้งของบรรจุภัณฑ์ (ECT) และนำมาคำนวณตามสมการของ McKee ร่วมกับปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพกล่องบรรจุภัณฑ์และการใช้งานของบริษัทแล้ว จะทราบค่าที่กล่องบรรจุภัณฑ์สามารถรับแรงกดทับได้ จากนั้นคำนวณร่วมกับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ สุดท้ายจะทราบว่ากล่องบรรจุภัณฑ์นั้นสามารถซ้อนทับกันได้กี่ชั้น โดยไม่เกิดการชำรุดเสียหายและสามารถกำหนดมาตรฐานการซ้อนทับที่บริษัทสามารถยอมรับได้

3.5.3 วิเคราะห์ผลการเสนอแนวทางออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์

หลังขั้นตอนการจัดกลุ่มและออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ แต่ละโค้ดการขายจะมีแนวทางในการออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์มากกว่า 1 แนวทาง ซึ่งงานวิจัยนี้เสนอแนวทางการจัดกลุ่มสำหรับออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด 8 แนวทาง ได้แก่ แนวทางสำหรับกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอน 6 แนวทาง และ แนวทางสำหรับกล่องบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง 2 แนวทาง ซึ่งแสดงข้อมูลและรหัสแนวทางการออกแบบดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แนวทางการออกแบบบรรจุภัณฑ์

แนวทาง	จำนวนขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ (ขนาด)			รหัสแนวทาง
	แนวนอนไม่ใส่โฟม (HN)	แนวนอนใส่โฟม (HF)	แนวตั้ง (V)	
1	2	2	X	HN2, HF2
2	2	3	X	HN2, HF3
3	3	2	X	HN3, HF2
4	3	3	X	HN3, HF3
5	2	X	X	HN2
6	3	X	X	HN3
A	X	X	2	V2
B	X	X	3	V3

จากนั้นวิเคราะห์ผลแต่ละแนวทาง 4 ด้าน ได้แก่ พื้นที่การจัดเก็บ (วัตถุดิบคงคลัง) ปริมาณการขนส่ง พื้นที่สูญเปล่าในการขนส่ง และ ต้นทุนการสั่งซื้อ และสรุปเป็นข้อดี-ข้อเสียของแต่ละแนวทางไว้ก่อนที่จะทำการประเมินผล เพื่อความสะดวกสำหรับการตัดสินใจ โดยตัวอย่างลักษณะตารางเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย แสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างลักษณะตารางเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของแต่ละแนวทาง

แนวทางที่	ลักษณะบรรจุภัณฑ์	ข้อดี	ข้อเสีย
1	HN2, HF2		
2	HN2, HF3		
3	HN3, HF2		
4	HN3, HF3		
5	HN2		
6	HN3		
A	V2		
B	V3		

การประเมินผลการออกแบบ จะใช้วิธีการประเมินแบบ Evaluation Matrix เพื่อให้ได้ขนาดที่ตอบวัตถุประสงค์การนำไปใช้งานมากที่สุด โดยจะพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ พร้อมทั้งกำหนดคุณค่า (Assign Value) ดังหัวข้อต่อไป

	Assigned Value
ต้นทุนบรรจุภัณฑ์	10
พื้นที่จัดเก็บ (วัตถุดิบคงคลัง)	8
ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ขนส่ง	8
พื้นที่เหลือในการขนส่ง	3

โดยคะแนนการกำหนดคุณค่าจะมาจากนโยบายการทำงานของบริษัท โดยให้ความสำคัญต้นทุนบรรจุภัณฑ์มากที่สุด คือ ให้ 10 คะแนน และลดลงมาจนถึงพื้นที่เหลือในการขนส่ง คือ ให้ 3 คะแนน จากนั้นประเมินผลแบบ Matrix แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 3.7

สุดท้ายแล้วแนวทางที่เหมาะสมและตรงความต้องการของบริษัทมากที่สุด คือแนวทางที่มีคะแนนจากการประเมินมากที่สุด

ตารางที่ 3.7 ตัวอย่างตารางประเมินผลแบบ Matrix

		คะแนนน้ำหนัก	ต้นทุนบรรจุภัณฑ์	ปริมาณผลิตภัณฑ์ต่อหน่วย	สี่เหลี่ยมเก็บ (ตรงตัว)	สี่เหลี่ยมคูณโค้ง	
		10	8	8	3	Total	Rank
แนวทางที่ 1	5 4 3 2 1						
แนวทางที่ 2	5 4 3 2 1						
แนวทางที่ 3	5 4 3 2 1						
แนวทางที่ 4	5 4 3 2 1						
แนวทางที่ 5	5 4 3 2 1						
แนวทางที่ 6	5 4 3 2 1						
แนวทางที่ A	5 4 3 2 1 0						
แนวทางที่ B	5 4 3 2 1 0						

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้การจัดกลุ่มเคมีน และหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่สามารถวางซ้อนทับกันบนพาเลท เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ สำหรับลดต้นทุนการสั่งซื้อ ลดพื้นที่การจัดเก็บ (วัตถุดิบคงคลัง) เพิ่มปริมาณการขนส่งและลดพื้นที่สูญเปล่า สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

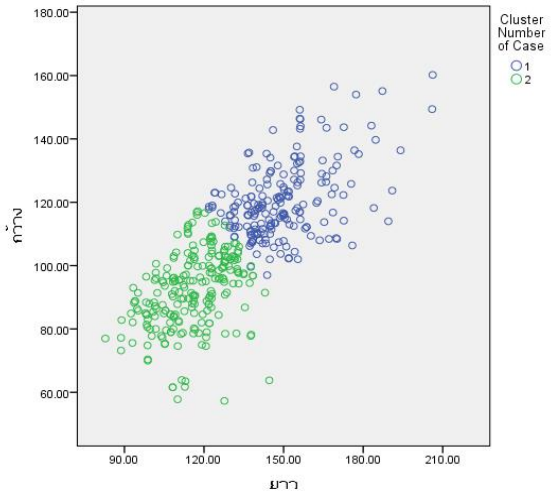
4.1 การจัดกลุ่มและออกแบบขนาดผลิตภัณฑ์

4.2 การหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ซ้อนทับกันได้

4.3 การเสนอแนวทางออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์

4.1 การจัดกลุ่มและออกแบบขนาดผลิตภัณฑ์

งานวิจัยนี้ต้องการลดต้นทุนสั่งซื้อโดยต้องการสั่งซื้อกล่องบรรจุภัณฑ์ปริมาณมาก เพื่อให้ราคาต่อชิ้นถูกลง จึงจัดกลุ่มข้อมูลผลิตภัณฑ์แต่ละชุดใหม่ จากเดิม 4-5 กลุ่มย่อย เป็น 2-3 กลุ่มย่อย (ขนาด) เท่าที่บริษัทรับได้ โดยสมาชิกในแต่ละกลุ่มคือรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปตัวอย่างผลการจัดกลุ่มข้อมูลชุดที่ 1 เป็น 2 กลุ่มย่อยจะแสดงดังรูปที่ 4.1 และแสดงตารางตัวอย่างผลการจัดกลุ่มข้อมูลชุดที่ 1 เป็น 2 กลุ่มย่อย จาก SPSS ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 รูปตัวอย่างผลจัดกลุ่มข้อมูลชุดที่ 1 เป็น 2

ตารางที่ 4.1 ผลจัดกลุ่มข้อมูลชุดที่ 1 เป็น 2 กลุ่มย่อย

จำนวนรุ่นในแต่ละกลุ่มย่อย		
กลุ่มย่อย	1	155.000
	2	282.000
จำนวนข้อมูลทั้งหมด		437.000
ค่าความผิดพลาด		0.000

และแสดงตัวอย่างผลสมาชิกในแต่ละกลุ่มย่อย (Cluster membership) ดังตารางที่ 4.2 สุดท้ายแสดงสรุปผลการจัดกลุ่มผ้าเบรกแต่ละรุ่นครบทั้ง 3 ชุดข้อมูล ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างผลสมาชิกในแต่ละกลุ่มย่อย

Cluster membership		
รุ่น	กลุ่ม (Cluster)	ระยะห่าง
1	2	9.528
2	2	14.803
3	1	25.274
4	2	14.719
5	2	9.533
6	2	17.861
7	2	3.024
8	2	6.631
9	2	27.592
10	1	18.522
11	2	15.720
12	2	11.639
13	2	18.903
...	2	20.924
437	1	17.656

จากตารางที่ 4.1 พบว่าชุดข้อมูลที่ 1 เมื่อแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย กลุ่มย่อยที่ 1 สามารถบรรจุผ้าเบรกได้ 155 รุ่น และกลุ่มย่อยที่ 2 บรรจุได้ 282 รุ่น และ ตารางที่ 4.2 จะแสดงผลสมาชิกในแต่ละกลุ่มย่อย (Cluster membership) ว่าจำนวน 155 รุ่น หรือ 282 รุ่นนั้นคือรุ่นอะไรบ้าง

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการจัดกลุ่มย่อย 3 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูล	**จำนวนรุ่นแต่ละขนาด (รุ่น)**		
	ขนาดที่ 1	**ขนาดที่ 2**	**ขนาดที่ 3**
HN2	155	282	
HN3	62	146	229
HF2	155	282	
HF3	54	142	241
V2	189	248	
V3	5	203	229

จากตารางที่ 4.3 ทำให้ทราบว่าหากการออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์แต่ละชุดข้อมูลสำเร็จแล้ว ขนาดแต่ละขนาดจะสามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ครอบคลุมทั้งหมดกี่รุ่น

จากนั้นออกแบบขนาด โดยต้องการให้ขนาดที่ออกแบบครอบคลุมผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดหลากหลายในแต่ละกลุ่มนั้น จึงต้องออกแบบจากความยาว ความกว้าง และความหนาที่มากที่สุดของผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม ซึ่งสรุปการออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ได้ดังสมการ (3.1) (3.2) และ (3.3) โดยหลัง

การจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์เป็น 2 และ 3 กลุ่มย่อยและหาความยาว ความกว้าง และความหนาที่มากที่สุดของแต่ละกลุ่มย่อยแล้ว ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่า max(Hig) max(Wig) และ max(Tig)

ชุดข้อมูล	ขนาดที่ 1 (mm.)			ขนาดที่ 2 (mm.)			ขนาดที่ 3 (mm.)		
	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา
HN2	190.9	156.5	73.8	144.6	117.2	61.0			
HN3	190.9	156.5	73.8	155.4	135.7	61.4	144.6	109.8	47.8
HF2	190.9	156.5	84.7	144.6	117.2	72.0			
HF3	190.9	156.5	84.7	160.3	135.7	72.4	144.6	110.4	50.7
V2	203.5	84.5	155.1	131.5	75	101.6			
V3	203.5	80.1	82.0	183.1	84.5	155.1	126.0	75.0	101.6

และค่า t1 t2 และ t3 ได้จากการเก็บข้อมูลขนาดชิ้นงานหลังซีลในกระบวนการผลิต 3 ชุดข้อมูล ชุดข้อมูลละ 40 ข้อมูล เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยได้ผลระยะเผื่อจากการจัดชุดดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ระยะเผื่อจากการจัดชุดของพนักงาน

ชุดข้อมูล	ระยะเผื่อ (มิลลิเมตร)		
	ความยาว	ความกว้าง	ความหนา
HN	2.90	0.55	0.50
HF	3.20	0.40	0.50
V	2.70	0.00	0.80

จากนั้นออกแบบขนาดตามสมการ (3.1) (3.2) และ (3.3) จะได้ขนาดบรรจุภัณฑ์สุทธิของแต่ละชุดข้อมูลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4. 6 ขนาดบรรจุภัณฑ์สุทธิของข้อมูลแต่ละชุด

ชุดข้อมูล	ขนาดที่ 1 (mm.)			ขนาดที่ 2 (mm.)			ขนาดที่ 3 (mm.)		
	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา
HN2	193.8	157.05	74.3	147.5	117.75	61.5			
HN3	193.8	157.05	74.3	158.3	136.25	61.9	147.5	110.35	48.3
HF2	194.1	156.9	85.2	147.8	117.2	72.0			
HF3	194.1	156.9	85.2	163.5	136.1	72.9	147.8	110.8	51.2
V2	206.2	84.5	155.9	134.2	75.0	102.4			
V3	206.2	80.1	82.8	185.8	84.5	155.9	128.7	75.0	102.4

จากตารางที่ 4.6 พบว่าหากนำการจัดกลุ่มเคมีนมาใช้จัดกลุ่มผลิตภัณฑ์และออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์จะได้ขนาดแนวนอนไม่ใส่โฟม 2 ขนาด ขนาดที่ 1 จะมีขนาด ยาว:กว้าง:หนา เท่ากับ 193.8 : 157.05 : 74.3 มม. และขนาดที่ 2 จะมีขนาดเท่ากับ 147.5 : 117.75 : 61.5 มม. และ จากตารางที่ 4.3 จะทราบว่าขนาดที่ 1 บรรจุได้ครอบคลุม 155 รุ่น และ ขนาดที่ 2 ครอบคลุม 282 รุ่น เป็นต้น

4.2 การหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ซ้อนทับกันได้

จากทดสอบค่าความต้านทานแรงกดแนวตั้งของบรรจุภัณฑ์ (ECT) โดยทดสอบกล่องแนวนอนและกล่องแนวตั้ง อย่างละ 10 ตัวอย่างตามมาตรฐาน ISO 3037-2013 ที่อุณหภูมิ 27$\pm$1 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 65$\pm$2% ได้ผลดังนี้

ECT กล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอนและกล่องแนวตั้ง 33.12 และ 33.46 ปอนด์ต่อนิ้ว ตามลำดับ จากนั้นคำนวณตามสมการของ McKee ที่ safety factor เท่ากับ 2 จะได้ค่า BCT หรือน้ำหนักที่กล่องบรรจุภัณฑ์สามารถรับแรงกดทับได้ และเพื่อความปลอดภัยจะศึกษาร่วมกับปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพกล่องบรรจุภัณฑ์และการใช้งานของบริษัท (Effect factor) ซึ่งมี 2 ปัจจัย คือ ลักษณะการวางซ้อน ซึ่งเป็นการวางซ้อนแบบกล่องบนพาเลท ส่งผลให้ BCT ลดลง 25% และ จำนวนครั้งในการเคลื่อนย้าย ซึ่งมีทั้งหมด 2 ครั้ง ส่งผลให้ BCT ลดลง 5% ได้ผลน้ำหนักที่กล่องบรรจุภัณฑ์สามารถรับแรงกดทับ ดังตารางที่ 4.7 และแสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สามารถวางซ้อนทับกันได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 ค่า BCT ที่ safety factor =2 และ ที่คำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพบรรจุภัณฑ์

ชุดข้อมูล	BCT (SF=2) (กรัม)			BCT * EF1 *EF2 (กรัม)		
	ขนาด 1	ขนาด 2	ขนาด 3	ขนาด 1	ขนาด 2	ขนาด 3
HN2	61,363	53,332		43,721	37,999	
HN3	61,363	56,201	52,583	43,721	40,043	37,465
HF2	61,350	53,307		43,712	37,981	
HF3	61,350	56,680	52,659	43,712	40,385	37,520
V2	62,959	50,891		44,858	36,260	
V3	56,245	61,160	50,293	40,074	43,576	35,833

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักผลิตภัณฑ์และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ซ้อนได้

ชุดข้อมูล	น้ำหนักเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ (กรัม)			ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ซ้อนได้ (กล่อง)		
	ขนาด 1	ขนาด 2	ขนาด 3	ขนาด 1	ขนาด 2	ขนาด 3
HN2	646	440		67	86	
HN3	706	600	405	61	66	92
HF2	646	440		67	86	
HF3	729	604	418	59	66	89
V2	604	397		74	91	
V3	844	582	369	47	74	97

จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 กล่องบรรจุภัณฑ์ของบริษัทสามารถรองรับน้ำหนักได้เฉลี่ย 40,457 กรัม ซึ่งสามารถเฉลี่ยได้ 75 กล่อง ทั้งนี้เพื่อความสะดวกต่อการทำงานของพนักงาน ความปลอดภัยในการขนส่งสินค้า และข้อจำกัดเรื่องน้ำหนักโหลดบนพาเลท ที่รับน้ำหนักได้เพียง 1,000 กิโลกรัม บริษัทจึงกำหนดความสูงที่ยอมรับได้ โดยเพิ่มความสูงในการขนส่งจากเดิมกล่องซ้อนเพียง 10 ชั้น เป็น 20 ชั้น ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 1.2 เมตร และ น้ำหนักเฉลี่ยที่ 960 กิโลกรัม

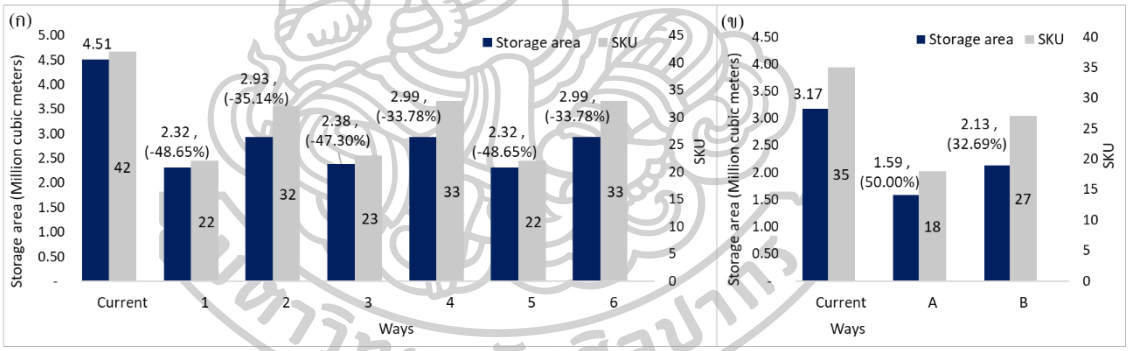
4.3 การเสนอแนวทางออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์

จากการปรึกษากับบริษัทพบว่าลักษณะกล่องแนวนอนสำหรับโค้ดการขายที่ต้องใส่โฟมสามารถยกเลิกได้หากมีการออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ใหม่ งานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางการจัดกลุ่มสำหรับออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด 8 แนวทาง ได้แก่ แนวทางสำหรับกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอน 6 แนวทาง และ แนวทางสำหรับกล่องบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง 2 แนวทาง แสดงดังตารางที่ 3.5

จากนั้นวิเคราะห์ผลแต่ละแนวทาง 3 ด้าน ได้แก่ พื้นที่การจัดเก็บ (วัตถุดิบคงคลัง) ปริมาณการขนส่งและพื้นที่สูญเปล่าในการขนส่ง และ ต้นทุนการสั่งซื้อ

4.3.1 พื้นที่การจัดเก็บ (วัตถุดิบคงคลัง)

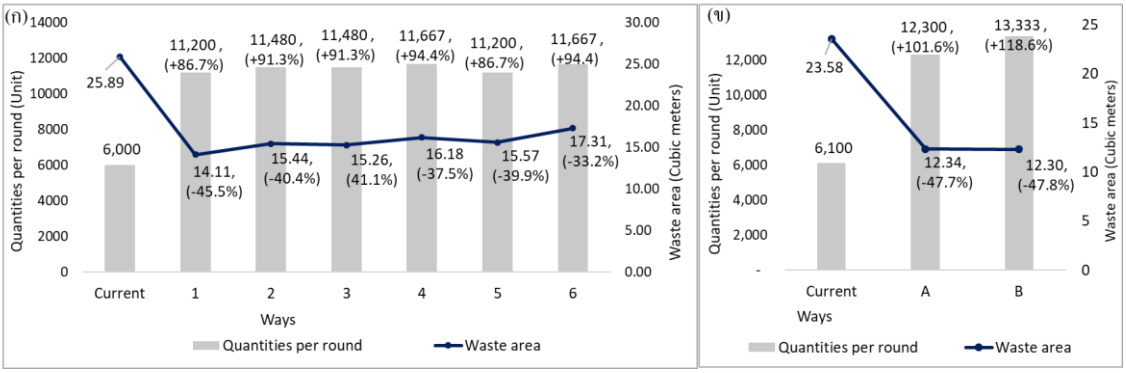
บริษัทจัดเก็บวัตถุดิบคงคลังโดยใช้ระบบจัดเก็บแบบกำหนดตำแหน่งตายตัว (Dedicated Storage System) ซึ่งวัตถุดิบทุกชนิด (SKU) จะมีตำแหน่งกำหนดไว้ตายตัว โดย 1 SKU จะมีพื้นที่จัดเก็บ เท่ากับ 121,956.25 ลบ.นิ้ว เดิมกล่องบรรจุภัณฑ์มีทั้งหมด 77 SKU แบ่งเป็น กล่องแนวนอน 42 SKU ใช้พื้นที่จัดเก็บ 4.51 ล้านลบ.นิ้ว และ กล่องแนวตั้ง 35 SKU ใช้พื้นที่จัดเก็บ 3.17 ล้านลบ.นิ้ว หลังจากออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ใหม่ พบว่า พื้นที่จัดเก็บของกล่องแนวนอน แนวทางที่ 1 และ 5 มี 22 SKU และใช้พื้นที่จัดเก็บน้อยที่สุด 2.32 ล้านลบ.นิ้ว ซึ่งลดพื้นที่จัดเก็บได้ 48.65% สำหรับกล่องแนวตั้งแนวทางที่ใช้พื้นที่จัดเก็บน้อยที่สุด คือ แนวทาง A ซึ่งมี 18 SKU ใช้พื้นที่จัดเก็บ 1.59 ล้านลบ.นิ้ว ลดพื้นที่จัดเก็บได้ 50% แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของพื้นที่จัดเก็บและแนวทางออกแบบขนาด
(ก) แนวทางกล่องแนวนอน (ข) แนวทางกล่องแนวตั้ง

4.3.2 ปริมาณขนส่งและพื้นที่สูญเปล่าในการขนส่ง

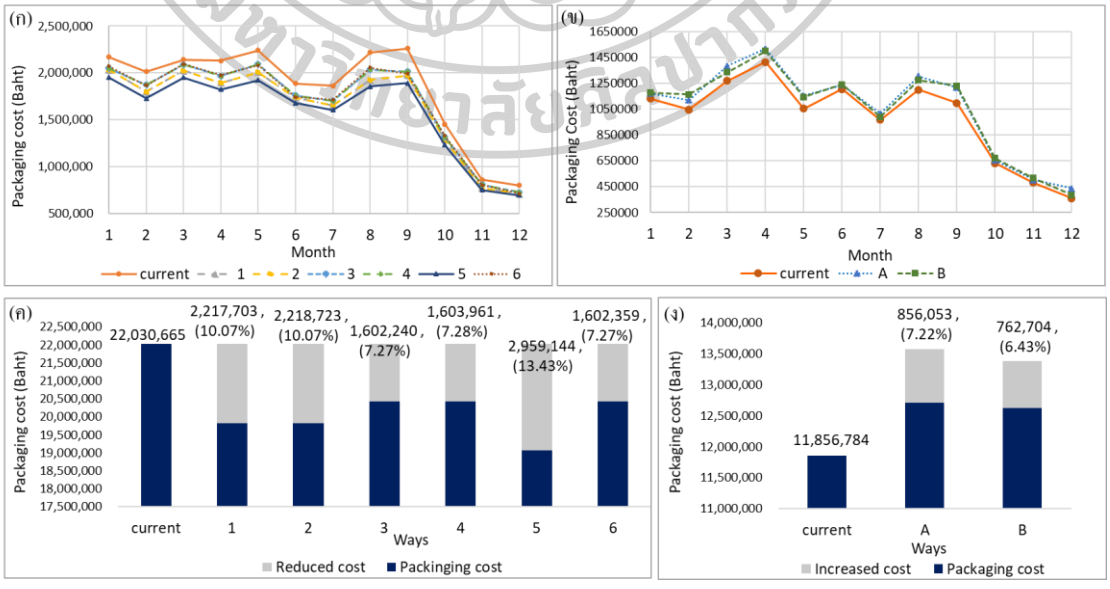
การขนส่งจากเดิมวางซ้อนกันเพียง 10 ชั้นต่อพาเลท โดยรถคอนเทนเนอร์ 1 คันจะบรรจุ 10 พาเลท ปริมาณขนส่งจึงขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่วางซ้อนกันบนพาเลท เดิม 1 พาเลทจะขนส่งได้เฉลี่ยพาเลทละ 600 กล่อง ดังนั้น 1 รอบจะขนส่งได้ 6,000 กล่อง หลังจากศึกษาหาปริมาณที่วางซ้อนกันได้ บริษัทมีข้อกำหนดให้วางซ้อนกล่องบรรจุภัณฑ์เพิ่มจาก 10 ชั้นเป็น 20 ชั้น ซึ่งหลังออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ใหม่ พบว่า กล่องแนวนอน แนวทางที่ 4 และ 6 สามารถเพิ่มปริมาณขนส่งได้มากที่สุด 5,667 กล่อง คิดเป็น 94.4% เทียบกับรูปแบบเดิม และแนวทางที่ 1 ลดพื้นที่สูญเปล่าได้มากที่สุด คิดเป็น 45.5% ขณะที่กล่องแนวตั้ง แนวทาง B สามารถเพิ่มปริมาณขนส่งได้ 7,233 กล่อง คิดเป็น 118.6% และลดพื้นที่สูญเปล่าได้ 47.8% ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ปริมาณขนส่ง พื้นที่เหลือ และแนวทางออกแบบขนาด
(ก) แนวทางกล่องแนวนอน (ข) แนวทางกล่องแนวตั้ง

4.3.3 ต้นทุนการสั่งซื้อบรรจุภัณฑ์

เดิมยอดสั่งซื้อบรรจุภัณฑ์เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2561 รวม 33.8 ล้านบาท แบ่งเป็นต้นทุนการสั่งซื้อกล่องบรรจุภัณฑ์แนวนอน 22 ล้านบาท และกล่องบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง 11.8 ล้านบาท เมื่อจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ใหม่ พบว่าสามารถสั่งซื้อได้ในปริมาณที่สูงขึ้น ซึ่งทำให้ราคาสั่งซื้อต่อชิ้นลดลง โดยแนวโน้มต้นทุนสั่งซื้อของแนวทางกล่องแนวนอนค่อนข้างคงที่ในแต่ละเดือน กล่าวคือแนวทางที่ 5 ใช้ต้นทุนน้อยที่สุด รองลงมาคือแนวทางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.4 (ก) และเมื่อคิดต้นทุนสั่งซื้อรวมทั้งปี พบว่าแนวทางที่ 5 มีต้นทุนสั่งซื้อน้อยที่สุด คือ 19.1 ล้านบาท ซึ่งลดต้นทุนการสั่งซื้อได้ 2.9 ล้านบาทต่อปี คิดเป็น 13.43% รองลงมาคือแนวทางที่ 1 และ 2 มียอดสั่งซื้อ 19.8 ล้านบาท ซึ่งลดต้นทุนการสั่งซื้อได้ 2.2 ล้านบาทต่อปี คิดเป็น 10.07% ดังรูปที่ 4.4 (ค) ขณะที่กล่องแนวตั้งมีแนวโน้มต้นทุนสั่งซื้อในแต่ละเดือนค่อนข้างแปรปรวน ดังรูปที่ 4.4 (ข) เมื่อคิดต้นทุนสั่งซื้อรวมทั้งปี พบว่า แนวทางปัจจุบันเป็นแนวทางที่ดีที่สุดดังรูปที่ 4.4 (ง)



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ต้นทุนสั่งซื้อและแนวทางออกแบบขนาด (ก) รายเดือนของกล่องแนวนอน
ข) รายเดือนของกล่องแนวตั้ง (ค) ต้นทุนสั่งซื้อรวมของกล่องแนวนอน (ง) ต้นทุนสั่งซื้อรวมของกล่องแนวตั้ง

ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณความต้องการของตลาดต่อผลิตภัณฑ์ที่บรรจุลงกล่องแนวตั้งยังไม่มากพอที่จะเปลี่ยนช่วงราคาของปริมาณการสั่งซื้อ ทำให้การสั่งซื้อในปริมาณน้อยของกล่องบรรจุภัณฑ์หลายขนาดถูกกว่าการสั่งซื้อบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่เพียง 2 หรือ 3ขนาด ซึ่งแสดงตัวอย่างราคาสั่งซื้อกับปริมาณการสั่งซื้อ ดังตารางที่ 4.9 และ แสดงตัวอย่างการคำนวณต้นทุนกล่องแนวนอนและกล่องแนวตั้ง ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 ตัวอย่างราคาสั่งซื้อกับปริมาณการสั่งซื้อของกล่องแนวนอนและกล่องแนวตั้ง

รูปแบบกล่อง	โค้ดการขาย	ขนาด	ปริมาณสั่งซื้อ					
			500	3000	5000	10000	15000	17500
H (Horizon)	L	100	24	8	6.5	5.3	3.8	3.5
		200	25	8.2	6.5	5.4	3.8	3.5
		300	26	9	7	6.3	4.4	4.1
		400	28	14	12	11.5	9.0	8.6
		1 (New)	27.5	10.2	7.8	7.7	5.4	5.0
		2 (New)	24.7	8.3	6.7	5.7	4.0	3.7
V (vertical)	A	001	20.5	7.1	6	n/a	n/a	n/a
		002	21.5	7.5	6.5	n/a	n/a	n/a
		003	22.5	7.75	6.75	n/a	n/a	n/a
		004	34	13.25	11.25	n/a	n/a	n/a
		1 (New)	27.2	9.2	8.5	n/a	n/a	n/a
		2 (New)	20.5	7.1	6.0	n/a	n/a	n/a

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนกล่องแนวนอนและกล่องแนวตั้ง ตัวอย่างละ 1 โค้ดการขาย

รูปแบบกล่อง	โค้ดการขาย	ขนาด	ปริมาณสั่งซื้อ	ราคาต่อชิ้น	ราคา	ราคารวม
H (Horizon)	L	100	5380	6.5	34,970	162,649
		200	6896	6.5	44,824	
		300	17832	4.1	73,111	
		400	348	28	9,744	
		1 (New)	17756	5.0	88,780	144,660
		2 (New)	12700	4.4	55,880	
V (vertical)	A	001	808	20.50	16,564	24,872
		002	332	21.50	7,138	
		003	52	22.50	1,170	
		1 (New)	624	27.2	16,973	28,617
		2 (New)	568	20.5	11,644	

จากตาราง4.10 พบว่าหลังออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ใหม่ให้ครอบคลุมผลิตภัณฑ์มากขึ้นเพื่อลดจำนวนขนาดลง สามารถสั่งซื้อกล่องบรรจุภัณฑ์ใหม่ถูกลงกว่าเดิม 17,989 บาท/ โค้ดการขาย/เดือน ขณะที่กล่องแนวตั้งมีปริมาณการสั่งซื้อไม่มากพอที่จะเปลี่ยนช่วงราคาสั่งซื้อ (ความต้องการของตลาดต่อผลิตภัณฑ์ต่ำ) ทำให้การสั่งซื้อในปริมาณน้อยของกล่องบรรจุภัณฑ์หลายขนาดถูกกว่าการสั่งซื้อบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่

จากนั้นวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของแต่ละแนวทางแต่ละด้าน สำหรับกล่องแนวนอนและกล่องแนวตั้งพบว่าด้านพื้นที่สูญเปล่าในการขนส่งทุกแนวทางสามารถลดพื้นที่สูญเปล่าได้ใกล้เคียงกัน ด้านพื้นที่จัดเก็บ แนวทางที่ 1 5 และ A ใช้พื้นที่จัดเก็บน้อยที่สุด ด้านปริมาณขนส่ง แนวทาง 4 6 และ B สามารถขนส่งได้มากที่สุด ด้านต้นทุนสั่งซื้อ แนวทาง 5 และ A ใช้ต้นทุนน้อยที่สุดตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของแต่ละแนวทาง

แนวทาง	ลักษณะบรรจุภัณฑ์	ข้อดี	ข้อเสีย
1	HN2, HF2	ขนาดหลากหลายน้อย ทำให้ใช้พื้นที่จัดเก็บน้อย (1)* และลดต้นทุนได้มาก (2)	กล่องมีขนาดใหญ่ ทำให้เพิ่มปริมาณการขนส่งน้อยที่สุด (6)
2	HN2, HF3	ขนาดหลากหลายปานกลาง ทำให้ปริมาณการขนส่งเพิ่มปานกลาง (3)* และลดต้นทุนได้มาก (2)	ขนาดหลากหลายปานกลาง ทำให้ใช้พื้นที่จัดเก็บปานกลาง (4)
3	HN3, HF2	ขนาดหลากหลายมาก ทำให้ปริมาณการขนส่งเพิ่มปานกลาง (3)* และใช้พื้นที่จัดเก็บปานกลาง (3)	ขนาดหลากหลายมาก ทำให้ลดต้นทุนได้น้อยที่สุด (6)
4	HN3, HF3	กล่องมีขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ ทำให้ปริมาณการขนส่งเพิ่มมากที่สุด (1)	ขนาดหลากหลายมาก ทำให้ใช้พื้นที่จัดเก็บมากที่สุด (6) ลดต้นทุนได้ปานกลาง (4)
5	HN2	ขนาดหลากหลายน้อย ทำให้ใช้พื้นที่จัดเก็บน้อยที่สุด (1) ลดต้นทุนได้มากที่สุด (1)	กล่องมีขนาดใหญ่ ทำให้เพิ่มปริมาณการขนส่งน้อยที่สุด (6)
6	HN3	กล่องมีขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ ทำให้ปริมาณการขนส่งเพิ่มมากที่สุด (1)	ขนาดหลากหลายมาก ทำให้ใช้พื้นที่จัดเก็บมากที่สุด (6) ลดต้นทุนได้น้อยที่สุด (6)
A	V2	ขนาดหลากหลายน้อย ทำให้ใช้พื้นที่จัดเก็บน้อย (1)* และลดต้นทุนได้มาก (1)	กล่องมีขนาดใหญ่ ทำให้เพิ่มปริมาณการขนส่งน้อยที่สุด (2)
B	V3	กล่องมีขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ ทำให้ปริมาณการขนส่งเพิ่มมากที่สุด (1)	ขนาดหลากหลายมาก ทำให้ใช้พื้นที่จัดเก็บน้อย (2)* และลดต้นทุนได้มาก (2)

*(x) = เพิ่มหรือลดปัจจัยด้านต่าง ๆ เป็นลำดับที่ x

จากนั้นประเมินผลโดยวิธี Internal Factor Evaluation Matrix เพื่อให้ได้แนวทางที่ตรงวัตถุประสงค์การนำไปใช้งานมากที่สุด โดยจะพิจารณาจาก 4 ปัจจัย พร้อมกำหนดคุณค่า (Assign Value) ดังนี้

ต้นทุนสั่งซื้อบรรจุภัณฑ์ = 10 คะแนน
พื้นที่จัดเก็บ (วัตถุดิบคงคลัง) = 8 คะแนน
ปริมาณขนส่ง = 8 คะแนน
พื้นที่เหลือในการขนส่ง = 3 คะแนน

คะแนนการกำหนดคุณค่ามาจากนโยบายการทำงานของบริษัท โดยให้ความสำคัญกับต้นทุนการสั่งซื้อบรรจุภัณฑ์มากที่สุด และให้ความสำคัญพื้นที่เหลือในการขนส่งน้อยที่สุด ซึ่งการประเมินแต่ละแนวทางได้ผลดังตารางที่ 4.12 ซึ่งสรุปได้ว่าการจัดกลุ่มและออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์ตามแนวทางที่ 5 คือแนวนอนไม่ใส่โฟม 2 ขนาด และยุบขแนวนอนใส่โฟม ตรงความต้องการของบริษัทมากที่สุด โดยสามารถลดต้นทุนได้ 2.9 ล้านบาทต่อปี คิดเป็น 13.43% สามารถลดพื้นที่จัดเก็บคงคลังได้ 2.19 ล้านลูกบาศก์นิ้ว คิดเป็น 48.65 % เพิ่มปริมาณการขนส่งได้ 5,200 กล่อง/รอบ คิดเป็น 86.7% และลดพื้นที่สูญเปล่าในการขนส่งได้ 10.32 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 39.9%

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.12 ผลประเมิน Internal Factor Evaluation Matrix

Ways	Point	Packaging cost	Quantities	Storage area	Waste area	Total	Rank
		10	8	8	3		
1	5		x				
	4	x					
	3			x	x		
	2						
	1						
		40	40	24	9	113	2
2	5		x				
	4	x					
	3				x		
	2			x			
	1						
		40	40	16	9	105	3
3	5		x				
	4						
	3	x		x	x		
	2						
	1						
		30	40	24	9	103	4
4	5		x				
	4						
	3	x					
	2			x	x		
	1						
		30	40	16	6	92	5
5	5	x	x				
	4						
	3			x			
	2				x		
	1						
		50	40	24	6	120	1
6	5		x				
	4						
	3	x					
	2			x	x		
	1						
		30	40	16	6	92	5
A	5		x				
	4						
	3			x	x		
	2						
	1						
	0	x					
		0	40	24	9	73	-
B	5		x				
	4						
	3				x		
	2			x			
	1						
	0	x					
		0	40	16	9	65	-

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ และหาปริมาณที่มากที่สุดที่สามารถซ้อนทับกันบนพาเลท รวมทั้งเสนอแนวทางการออกแบบขนาดบรรจุภัณฑ์เพื่อลดต้นทุนสั่งซื้อของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตผ้าเบรกรถยนต์

โดยศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ ซึ่งได้ข้อมูล 3 ชุดข้อมูล ชุดข้อมูลละ 437 ข้อมูล จากนั้นใช้การจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-means Clustering Analysis) เพื่อจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ครั้งละ 1 ชุดข้อมูล โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS และทำการเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตเพื่อหาระยะเผื่อจากการห่อของพนักงาน เพื่อออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ใหม่ จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่สามารถซ้อนทับกันบนพาเลท โดยศึกษาความสามารถในการรับแรงกดของกล่องบรรจุภัณฑ์ (Box Compression Test, BCT) ร่วมกับปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพกล่อง สุดท้ายเสนอแนวทางการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุภัณฑ์แนวนอน 6 แนวทาง และสำหรับบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง 2 แนวทาง โดยการประเมิน Internal Factor Evaluation Matrix โดยใช้ต้นทุนการสั่งซื้อ พื้นที่การจัดเก็บ (วัตถุดิบคงคลัง) ปริมาณการขนส่งและพื้นที่สูญเปล่าเป็นเกณฑ์ ผลการศึกษาพบว่าการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีนสามารถนำมาจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์และออกแบบขนาดได้ โดยแนวทางที่เหมาะสมสำหรับออกแบบบรรจุภัณฑ์แนวนอนและตรงความต้องการของบริษัทมากที่สุด ได้แก่ แนวทางที่ 5 คือออกแบบบรรจุภัณฑ์แนวนอนไม่ใส่โฟม 2 ขนาดและยุบขนาดแนวนอนใส่โฟม โดยสามารถลดต้นทุนได้ 2.9 ล้านบาทต่อปี คิดเป็น 13.43% เพิ่มพื้นที่จัดเก็บคงคลังได้ 2.19 ล้านลูกบาศก์นิ้ว คิดเป็น 48.65% เพิ่มปริมาณการขนส่งได้ 5,200 กล่อง/รอบ คิดเป็น 86.7% และลดพื้นที่สูญเปล่าในการขนส่งได้ 10.32 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 39.9% และสำหรับแนวทางการออกแบบบรรจุภัณฑ์แนวตั้ง พบว่ารูปแบบปัจจุบันเป็นแนวทางที่ดีที่สุด เนื่องจากปริมาณความต้องการของตลาดต่อผลิตภัณฑ์ที่บรรจุลงกล่องแนวตั้งยังไม่มากพอที่จะเปลี่ยนช่วงราคาของปริมาณการสั่งซื้อ ทำให้การสั่งซื้อในปริมาณน้อยของกล่องบรรจุภัณฑ์หลายขนาดถูกกว่าการสั่งซื้อบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่เพียง 2 หรือ 3 ขนาด

ข้อเสนอแนะงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้เป็นการเสนอแนวทางเพื่อลดต้นทุนบรรจุภัณฑ์ยังไม่ปรับใช้จริง

2. การจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องทราบถึงปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการจัดกลุ่ม หากใช้ปัจจัยผิดหรือไม่สื่อความหมาย ผลลัพธ์การจัดกลุ่มก็อาจไม่สามารถเอามาวิเคราะห์ผลได้

3. ปริมาณความต้องการของตลาดมีผลต่อการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นก่อนการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อลดต้นทุนในการสั่งซื้อ ควรศึกษาข้อมูลพยากรณ์ปริมาณความต้องการของตลาด (Demand Forecast) ก่อน เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบนั้น ๆ

ภาคผนวก

ตารางที่ ก เกณฑ์ประเมิน Internal Factor Evaluation Matrix

คะแนน	ต้นทุนบรรจุภัณฑ์	พื้นที่จัดเก็บ, ปริมาณขนส่ง, พื้นที่สูญเปล่า
5	2,500,000-3,000,000 บาท	>80%
4	2,000,000-2,500,000 บาท	60-80%
3	1,500,000-2,000,000 บาท	40-60%
2	500,000-1,000,000 บาท	20-40%
1	0-500,000 บาท	0-20%
0	< 0 บาท	<0

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

1. ธนาคารประเทศไทย. ทิศทางเศรษฐกิจปี *2562* ยังเติบโตแต่ในอัตราที่ชะลอลง. 2019; Available from: https://www.bot.or.th/Thai/BOT_Magazine/ Pages/CoverStory0162.aspx.
2. กัลยา วานิชย์บัญชา, การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร, ed. 3. 2008, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. Meng Jianliang, S.H., and Bian Ling., *The Application on Intrusion Detection Based on K-means Cluster Algorithm.* International Forum on Information Technology and Applications, 2009: p. 150-152.
4. L.V. Bijuraj, *Clustering and its Applications*, in *In Proceedings of National Conference on New Horizons in IT - NCNHIT 2013*. 2013. p. 169-172.
5. Ananthi Sheshasayee and Thailambal, *A Study on K-Means Clustering in Text Mining Using Python.* International Journal of Computer Systems, 2016. **03**(08): p. 560-564.
6. ดนัย ปัตตพงศ์, *Cluster analysis*, in เอกสารวิชาการด้านศาสตร์การวิจัยและสถิติประยุกต์มหาวิทยาลัยเนชั่น. 2018, มหาวิทยาลัยเนชั่น.
7. *K-mean Clustering*. [cited 2019 5 มิถุนายน]; Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/K-means_clustering.
8. Thi Bich Hanh Dao, Khanh Chuong Duong, and C. Vrain, *Constrained Minimum Sum of Squares Clustering by Constraint Programming*, in *In Principles and Practice of Constraint Programming: 21 st International Conference, CP 2015*. 2015. p. 557-559.
9. Vivek Sowmya, *Clustering algorithms for customer segmentation*. 2018.
10. การบรรจุภัณฑ์. [cited 2019 10 มิถุนายน]; Available from: https://www.tupack.co.th/บทความ/623-การบรรจุภัณฑ์-packaging.html.
11. Wohner Bernhard et al, *Packaging-Related Food Losses and Waste: An Overview of Drivers and Issues.* Sustainability, 2019. **11**: p. 1-15.
12. B. ambalaj, *Industrial Packing*, in *Interpack Special Edition*. 2011. p. 34-36.
13. สาเหตุที่ทำให้คุณภาพกล่องลูกฟูกลดลง. [cited 2019 10 มิถุนายน]; Available from: http://www.pt-pack.com/ความรู้ที่ลูกค้าควรทราบ/สาเหตุที่ทำให้คุณภาพกล่องลูกฟูกลดลง.html.

14. สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์, *material Handling System Design*. 2017.
15. การทดสอบกระดาษลูกฟูก. [cited 2019 10 มิถุนายน]; Available from: http://www.pt-pack.com/กระดาษลูกฟูก/การทดสอบกระดาษลูกฟูก.html.
16. ศิริชัย ต่อสกุล, เขียนแบบเครื่องกล. 2014, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
17. O.J. Oyelade, O.O. Oladipupo, and I.C. Obagbuwa, *Application of k-Means Clustering algorithm for prediction of Students' Academic Performance.* (IJCSIS) International Journal of Computer Science and Information Security, 2010. **7**(1): p. 292-295.
18. Methaporn Kongthong, *Clustering of delinquent customer of housing loan at the commercial bank*. 2013, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
19. สมลักษณ์ วรรณฤมล กีเยลาโรว่า, การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบออกแบบเครื่องประดับอัตโนมัติด้วยอัลกอริที่มจัดกลุ่มสาหรับการประเมินกลุ่มประชากรขนาดใหญ่. 2015, มหาวิทยาลัยนเรศวร.
20. C.P Ezenkwu, S. Ozuomba, and C. Kalu, *Application of K-Means Algorithm for Efficient Customer Segmentation: A Strategy for Targeted Customer Services.* (IJARAI) International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence,, 2015. **4**(10): p. 40-44.
21. สุจิรา ไชยกุสินธุ์. ปริญญา มากลิ่น และ และวัชระ โพธิสรณ์. *An Application of K-Means for Candle Stick Clustering*. in การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านบริหารธุรกิจราชมงคลพระนคร และการนาเสนอผลงานวิจัยเชิงสร้างสรรค์. 2016.
22. Nattaporn Saikhamwong, S.R., *K-Means Clustering of the Stock Exchange of Thailand 50 (SET 50) for Portfolio Diversification* 2017.
23. Sathit Temnatee, *Package improvement for reducing production cost in power tranformer factory*, in *Engineering*. 2001, Chulalongkorn University. p. 207.
24. อภิสิทธิ์ อริยนนทวิทย์ และ กาญจนา กาญจนสุนทร, การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บและขนส่งสินค้าด้วยการพัฒนาระบบบรรจุภัณฑ์มาตรฐานกรณีศึกษา : บริษัท *AAA* ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด. 2009.
25. Roman Popil. *The BCT of copy paper boxes - Applying McKee's formula*. in *CorrExpo 2013: Where Ideas Turn into Innovation*. 2016.
26. Witoonk. ข้อมูลที่ควรรู้ก่อนเปลี่ยนผ้าเบรก. [cited 2019 15 มิถุนายน]; Available from: https://aacandtrw.wordpress.com/tag/%E0%B8%9C%E0%B9%89%E0%B8%B2%E

0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%81.

27. Varuosatark. *BRAKE PAD SET, DISC BRAKE*. [cited 2019 15 มิถุนายน]; Available from: https://varuosatark.ee/parts/vw/touran-1t1-1t2/1-4-fsi-27994/brake-system/p28025/brembo.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	สุชาวดี ปลั่งศรี
วัน เดือน ปี เกิด	21 ตุลาคม 2538
สถานที่เกิด	เพชรบุรี
วุฒิการศึกษา	คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	23 ม.5 ต.บ้านหม้อ อ.เมือง จ.เพชรบุรี 76000

มหาวิทยาลัยศิลปากร