

การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า

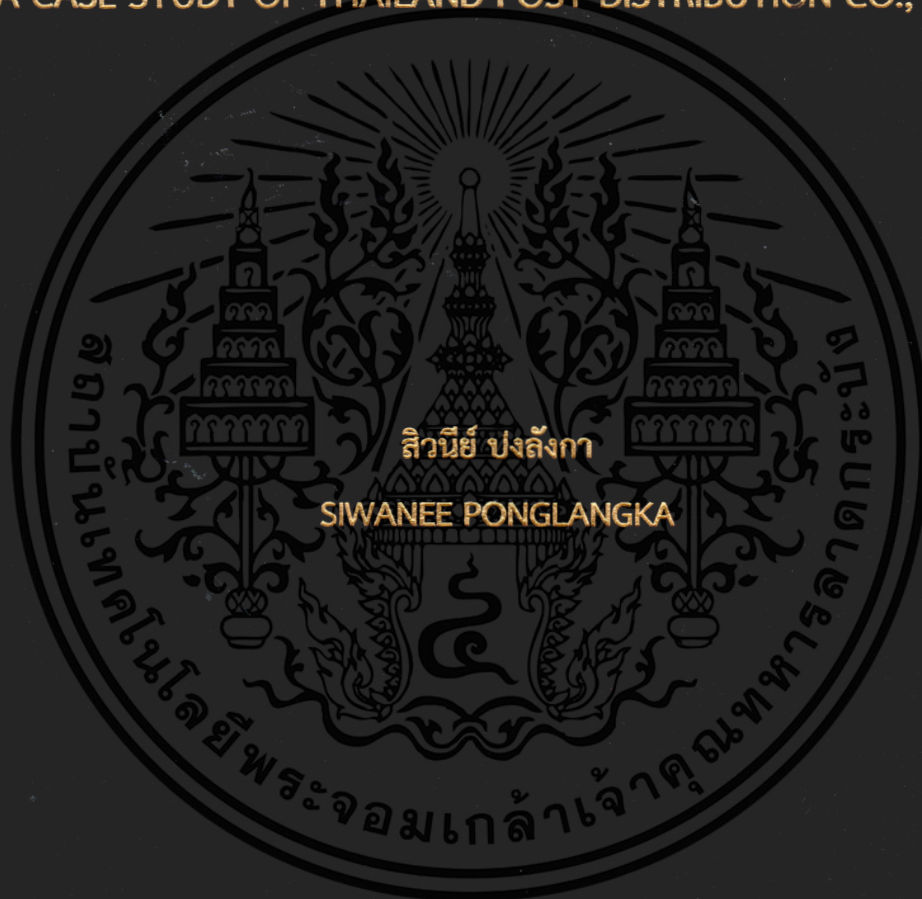
โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

กรณีศึกษา บริษัท ไปรษณีย์ไทยดีสทริบิวชัน จำกัด

LOCATION SELECTION OF WAREHOUSE AND

DISTRIBUTION CENTER USING MATHEMATICAL MODEL

A CASE STUDY OF THAILAND POST DISTRIBUTION CO., LTD.



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-SC-M-050-007

การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า

โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

กรณีศึกษา บริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชั่น จำกัด

LOCATION SELECTION OF WAREHOUSE AND  
DISTRIBUTION CENTER USING MATHEMATICAL MODEL  
A CASE STUDY OF THAILAND POST DISTRIBUTION CO., LTD.



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ  
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2562

KMITL-2019-SC-M-050-007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOCATION SELECTION OF WAREHOUSE AND  
DISTRIBUTION CENTER USING MATHEMATICAL MODEL  
A CASE STUDY OF THAILAND POST DISTRIBUTION CO., LTD.



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE  
DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN STATISTICS AND BUSINESS ANALYTICS  
DEPARTMENT OF STATISTICS FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2019-SC-M-050-007



COPYRIGHT 2019

FACULTY OF SCIENCE

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์
ชื่อนักศึกษา	กรณศึกษา บริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชั่น จำกัด
รหัสประจำตัว	นางสาวสิวินีย์ ปงลังกา
ปริญญา	60605100
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สถิติและการวิเคราะห์ธุรกิจ)
พ.ศ.	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	2562
	รองศาสตราจารย์ ดร.วัลย์ลักษณ์ อัครธีรวงศ์

### บทคัดย่อ

ตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้านับเป็นตัวแปรสำคัญสำหรับต้นทุนการขนส่ง การตั้งศูนย์กระจายสินค้าใกล้กับแหล่งลูกค้าปลายทางจะช่วยให้การขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า มีความสะดวกรวดเร็วมมากขึ้น แต่ต้องคำนึงถึงต้นทุนการขนส่งโดยรวมที่จะเพิ่มสูงขึ้นหากมีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง ปัจจุบันบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชั่น จำกัด เป็นผู้ให้บริการขนส่งสินค้า กลุ่มยาและเวชภัณฑ์ไปยังลูกค้าในจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ โดยมีคลังสินค้า 1 แห่งตั้งอยู่ที่จังหวัดสมุทรปราการและศูนย์กระจายสินค้าอีก 9 แห่งกระจายอยู่ในภูมิภาคต่างๆ ที่ผ่านมาทางบริษัท ยังไม่เคยวิเคราะห์เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมให้กับทางบริษัทในการที่จะขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าปลายทางด้วยต้นทุนการขนส่งโดยรวมที่ต่ำที่สุดโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์และประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO รวมถึงการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่คาดว่าจะเกิดความเป็นไปได้ในการดำเนินงานจริงมีการเปลี่ยนแปลง

ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบที่ 1 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด (เมื่อศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลง) สรุปได้ว่า บริษัทควรมีคลังสินค้า 1 แห่งที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งสามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้ 170,250 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 0.77 ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบที่ 2 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด สรุปได้ว่า บริษัทควรมีคลังสินค้า 1 แห่งที่จังหวัดสมุทรปราการและมีศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 12 แห่ง ซึ่งสามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้ 1,343,170 บาทต่อเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือคิดเป็นร้อยละ 6.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำตัวแบบที่ 2 มาจำลองสถานการณ์เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้อง มีการเปลี่ยนแปลงพบว่า ถ้าต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อและรถกระบะ 4 ล้อลดลง 15% (ลดลง 6 บาท/กม. และ 3 บาท/กม. ตามลำดับ) สามารถลดต้นทุนการขนส่งได้ 3,226,672 บาทต่อเดือนหรือคิดเป็นร้อยละ 14.66 ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งสินค้ามีค่าต่ำที่สุดโดยที่ผลลัพธ์ของตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ายังคงไม่เปลี่ยนเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2

**คำสำคัญ :** คลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis Title</b>	Location Selection of Warehouse and Distribution Center using Mathematical Model A Case Study of Thailand Post Distribution Co., Ltd.
<b>Student Name</b>	Miss Siwanee Ponglangka
<b>Student ID</b>	60605100
<b>Degree</b>	Master of Science (Statistics and Business Analytics)
<b>Department</b>	Statistics
<b>Year</b>	2019
<b>Thesis Advisor</b>	Associate Prof. Dr. Walailak Atthirawong

### Abstract

The location of Warehouse and Distribution Center is the major factor of transportation cost. Construction Distribution Center proximity to customer will help product transportation to customers more convenient and faster. However we should consider about total transportation cost that will increase if we have too many distribution centers. Currently, Thailand Post Distribution Co., Ltd. is the pharmaceutical product transporter to customers in various provinces around the country. The company has a warehouse in Samut Prakan province and nine distribution centers in various regions. In the past, the company has never analysis about a warehouse location and optimal number of distribution center. So the objective of this research is to select location of warehouse and distribution center for this company to ship products to customers with the lowest transportation costs using mathematical model and processing with LINGO software. Including analysis of the result from model when related factors that may occur in operation have changed.

The result from 1<sup>st</sup> model Location Selection of Warehouse with the lowest transportation costs when nine existing Distribution Center not changed concluded that the company should have a warehouse in Samut Prakan province which reduced the transportation cost by 170,250 baht per month or 0.77%. The result

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

from 2<sup>nd</sup> model Location Selection of Warehouse and Distribution Center with the lowest transportation costs concluded that the company should have a warehouse in Samut Prakan province and distribution center in twelve provinces which reduced the transportation cost by 1,343,170 baht per month or 6.1%. The result from using 2<sup>nd</sup> model to simulate the scenario when related factors have changed concluded that if transportation costs of 18 wheeler truck and 4 wheeler pickup decrease 15% (decrease 6 baht/km. and 3 baht/km. respectively), the transportation cost reduced by 3,226,672 baht per month or 14.66%. This scenario shows the lowest transportation costs with the same Warehouse and Distribution Center location when compare as 2nd model.

**Keywords :** Warehouse and Distribution Center, Mathematical Model, Location Problem



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลงได้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วลัยลักษณ์ อัครธีรวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และให้ความรู้เพิ่มเติม ช่วยตรวจสอบ และช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบ ศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์ ที่ได้ร่วมให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ในการแก้ไขข้อบกพร่องและพัฒนางานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาสถิติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้สั่งสอน อบรมและให้วิชาความรู้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่ดีตลอดระยะเวลาการศึกษา

ขอขอบคุณ นางสาวมาริษา อ่องเนียม ตำแหน่งผู้จัดการฝ่ายบริหารคลังสินค้า ที่ได้ให้ข้อมูลในด้านการขนส่งของบริษัท ไปรษณีย์ไทยดีสทริบิวชัน จำกัด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาและให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือต่างๆ รวมทั้งคอยเป็นกำลังใจตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำงานวิจัยฉบับนี้

และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จของงานวิจัยฉบับนี้ ซึ่งไม่ได้กล่าวนามไว้ทุกท่าน

นางสาวสิวนีย์ ปงลังกา

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ณ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนของงานวิจัย	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>6</b>
2.1 ต้นทุนโลจิสติกส์	6
2.2 การวัดความแปรปรวนของระดับความต้องการสินค้า	8
2.3 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง	8
2.4 กำหนดการเชิงเส้น	13
2.5 การแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป	15
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย</b>	<b>22</b>
3.1 รูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ในปัจจุบัน	22
3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์	24
3.2.1 ต้นทุนการขนส่งสินค้าและจำนวนบรรทุกของยานพาหนะแต่ละประเภท	24
3.2.2 ความต้องการสินค้าของแต่ละจังหวัดและจำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อ	25
3.2.3 รายชื่อจังหวัดที่ใช้ในการพิจารณาตำแหน่งที่ตั้ง	28
3.2.4 ต้นทุนการดำเนินงานของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่ง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
3.2.5 ระยะทางการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง	31
3.3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์	32
3.3.1 ตัวแบบที่ 1 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด (เมื่อศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลง)	32
3.3.2 ตัวแบบที่ 2 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า ด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด	35
3.3.3 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง	37
3.4 การประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO	38
3.5 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ	40
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล</b>	<b>41</b>
4.1 ตัวแบบที่ 1 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด (เมื่อศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลง)	41
4.2 ตัวแบบที่ 2 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า ด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด	42
4.3 การวิเคราะห์เพิ่มเติมกรณีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง	43
4.4 การอภิปรายผล	46
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	<b>53</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก	60
ภาคผนวก ก	61
ประวัติผู้เขียน	63

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 พื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งในปัจจุบัน	23
3.2 ต้นทุนการขนส่งสินค้าและปริมาณความจุของยานพาหนะแต่ละประเภท	24
3.3 ค่าเฉลี่ยและค่า VC ของข้อมูลความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัด (กล่อง/เดือน)	25
3.4 ความต้องการสินค้าในแต่ละจังหวัด (กล่อง/เดือน) และจำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อ	26
3.5 ต้นทุนการดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งในปัจจุบัน (บาท/เดือน)	29
3.6 ต้นทุนการดำเนินงานสำหรับศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่ (บาท/เดือน)	30
3.7 ระยะทางจากคลังสินค้า $i$ ไปยังศูนย์กระจายสินค้า $j$	31
3.8 ระยะทางจากคลังสินค้า $i$ หรือศูนย์กระจายสินค้า $j$ ไปยังลูกค้าปลายทาง $k$	31
3.9 การจำลองสถานการณ์เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง	38
4.1 ต้นทุนการขนส่งสินค้าก่อนการวิจัยและผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบที่ 1	42
4.2 พื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่ได้จากตัวแบบที่ 1	42
4.3 พื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่ได้จากตัวแบบที่ 2	43
4.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบที่ 2 เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง	48
4.5 พื้นที่ให้บริการเมื่อจำนวนบรรทุกของรถบรรทุก 18 ล้อเพิ่มขึ้น 15%	49
4.6 พื้นที่ให้บริการเมื่อจำนวนบรรทุกของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15%	50
4.7 พื้นที่ให้บริการเมื่อจำนวนบรรทุกของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 30%	50
4.8 พื้นที่ให้บริการเมื่อจำนวนบรรทุกและต้นทุนการขนส่งรถบรรทุก 18 ล้อเพิ่มขึ้น 15%	51
4.9 พื้นที่ให้บริการเมื่อต้นทุนคงที่สำหรับคลังสินค้าลดลงเหลือ 600,000 บาท/เดือน	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 รูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ของทางบริษัทในปัจจุบัน	23
3.2 แผนที่แสดงจังหวัดที่ใช้พิจารณาสำหรับตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า	28
3.3 ความสัมพันธ์ของมูลค่าที่ดินในแต่ละจังหวัดและค่าเช่าศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 8 แห่ง	30
3.4 การแปลงตัวแบบเพื่อทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO สำหรับตัวแบบที่ 1	38
3.5 การแปลงตัวแบบเพื่อทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO สำหรับตัวแบบที่ 2	39
4.1 ต้นทุนการขนส่งโดยรวมเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง	49
5.1 เปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งสินค้า	52
5.2 พื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าก่อนวิจัยและตัวแบบที่ 1	53
5.3 พื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าก่อนวิจัยและตัวแบบที่ 2	54
5.4 การนำตัวแบบที่ 2 มาปรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยที่ผลลัพธ์ตำแหน่งที่ตั้งยังคงเหมือนเดิม	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ต้นทุนค่าขนส่งสินค้านับเป็นตัวแปรที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์โดยรวมมากที่สุด จากรายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี 2560 (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561) พบว่า ปี 2559 ต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทยมีมูลค่ารวม 2.02 ล้านล้านบาทหรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 13.9 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ซึ่งมีการขยายตัวในอัตราที่สูงขึ้นตามการฟื้นตัวของเศรษฐกิจ ต้นทุนค่าขนส่งสินค้ายังคงเป็นองค์ประกอบใหญ่ที่สุด โดยมีสัดส่วนร้อยละ 54.0 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 53.5 ในปี 2558 เนื่องจากผู้ประกอบการยังคงเลือกใช้การขนส่งทางถนนที่มีต้นทุนค่าขนส่งต่อหน่วยสูงเป็นหลัก รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกที่สนับสนุนการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งยังอยู่ระหว่างการพัฒนารองลงมาคือต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลังมีสัดส่วนร้อยละ 36.9 ลดลงจากร้อยละ 37.4 ในปี 2558 ซึ่งเป็นผลจากการที่ผู้ประกอบการมีการบริหารจัดการคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นทำให้สามารถควบคุมปริมาณการถือครองสินค้าให้อยู่ในระดับที่ต่ำ ส่วนต้นทุนการบริหารจัดการโลจิสติกส์มีสัดส่วนคงที่ร้อยละ 9.1

สำหรับบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด เป็นบริษัทในเครือของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด เป็นผู้ให้บริการขนส่งและกระจายสินค้าแบบครบวงจร ตามนโยบายดิจิทัล อีโคโนมี เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและการเติบโตของอีคอมเมิร์ซทำให้ความต้องการในกลุ่มธุรกิจขนส่งเพิ่มมากขึ้น ซึ่งบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการที่ครบวงจรมากขึ้น ยกกระดับความสามารถให้บริการเพื่อขยายสู่การขนส่งข้ามประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันมีการให้บริการในด้านกลุ่มยาและเวชภัณฑ์ อุปกรณ์สื่อสาร อิเล็กทรอนิกส์และไอที อีคอมเมิร์ซ เมลลอร์เตอร์และเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน โดยการให้บริการส่วนใหญ่จะเป็นด้านกลุ่มยาและเวชภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 95 ของการให้บริการทั้งหมด

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันมีผู้ประกอบการในกลุ่มธุรกิจขนส่งเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ทั้งที่เป็นผู้ประกอบการรายเดิมและผู้ประกอบการรายใหม่ที่กำลังจะเข้ามาในอนาคต ส่งผลทำให้ส่วนแบ่งทางการตลาดในกลุ่มธุรกิจขนส่งมีการแข่งขันที่ค่อนข้างสูง ทางบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด จึงให้ความสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดต้นทุนการขนส่ง เนื่องจากร้อยละ 80 ของต้นทุนรวมเป็นต้นทุนที่เกิดจากการขนส่งสินค้า ซึ่งหากบริษัทสามารถลดต้นทุนการขนส่งให้ต่ำลงจะทำให้บริษัทมีความสามารถในการแข่งขันเพิ่มมากขึ้น มีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น จากการสำรวจข้อมูลการจัดส่งสินค้าในเบื้องต้นพบว่า ปัจจุบันทางบริษัทมีคลังสินค้า 1 แห่งตั้งอยู่ในพื้นที่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ และมีศูนย์กระจายสินค้าอีก 9 แห่งกระจายอยู่ในจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ ได้แก่ เชียงราย ลำพูน พิษณุโลก อุตรธานี นครราชสีมา อุบลราชธานี สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และสงขลา ซึ่งการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังกลุ่มลูกค้าในโซนภาคกลางจะใช้รถกระบะ 4 ล้อ ในขณะที่การขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังกลุ่มลูกค้าในภูมิภาคอื่นๆ จะใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่บรรทุกสินค้าจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า จากนั้นทำการคัดแยกและเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะแล้วจึงใช้รถกระบะ 4 ล้อในการกระจายสินค้าส่งให้กับลูกค้าในแต่ละจังหวัด ประกอบกับคลังสินค้าที่มีอยู่ 1 แห่งในปัจจุบันมีการดำเนินการในลักษณะสัญญาเช่า ทางบริษัทจึงมีแนวคิดต้องการที่จะวิเคราะห์ความเหมาะสมของที่ตั้งคลังสินค้าในปัจจุบันเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาการต่อสัญญาเช่าคลังสินค้าครั้งต่อไป

โดยทั่วไปปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการที่เหมาะสมคือ การกำหนดจำนวนขนาด และตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการ พร้อมทั้งจัดสรรการให้บริการเพื่อให้ต้นทุนการขนส่งระยะทาง หรือระยะเวลาในการส่งมอบสินค้าน้อยที่สุด (จันทร์ศิริ, 2554) และการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้แก้ไขปัญหาเริ่มได้รับความนิยมและการยอมรับมากขึ้น ไม่เพียงแต่เฉพาะด้านเศรษฐศาสตร์ ธุรกิจและวิทยาการคอมพิวเตอร์แต่ทางด้านอุตสาหกรรมก็เช่นกัน มีการเรียกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อแก้ไขปัญหา โดยการแปลงปัญหาจริงให้อยู่ในรูปของสมการหรือตัวแบบทางคณิตศาสตร์และสามารถปรับเปลี่ยนค่าข้อมูลต่างๆ เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของผลเฉลยโดยสั่งให้โปรแกรมประมวลผลตามสถานการณ์ใหม่ๆ (กรุง, 2545) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมทั้งที่เกิดจากการขนส่งด้วยรถบรรทุกขนาดใหญ่และการขนส่งด้วยรถกระบะ 4 ล้อให้กับบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสรวิวัฒน์ จำกัด ในการที่จะขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ไปยังลูกค้าปลายทางในจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศด้วยต้นทุนการขนส่งโดยรวมที่ต่ำที่สุด โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์และประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งทางบริษัทสามารถใช้เป็นแนวทางประกอบการพิจารณาการต่อสัญญาเช่าในครั้งต่อไป ก่อนคลังสินค้าจะหมดสัญญาเช่าในปี 2565 หรือใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานของบริษัท

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 วิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าที่เหมาะสม (เมื่อศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลง) โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ภายใต้เงื่อนไขต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมที่ต่ำที่สุด

1.2.2 วิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ภายใต้เงื่อนไขต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมที่ต่ำที่สุด

1.2.3 วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 งานวิจัยครั้งนี้จะศึกษารูปแบบการขนส่งสินค้าของบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชั่น จำกัด ในกลุ่มยาและเวชภัณฑ์เท่านั้น เนื่องจากเป็นกลุ่มสินค้าหลักมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 95 ของการให้บริการทั้งหมด

1.3.2 ความต้องการสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ของลูกค้าแต่ละจังหวัดกำหนดให้เป็นค่าคงที่ โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลความต้องการสินค้าในแต่ละจังหวัดตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม 2562

1.3.3 วิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์และทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้ 1) พิจารณาเฉพาะตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าเท่านั้น 2) พิจารณาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าไปพร้อมๆ กัน โดยรายชื่อจังหวัดที่จะใช้ในการพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ามีทั้งหมด 25 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย ลำพูน พิชณุโลก นครราชสีมา อุรธานี อุบลราชธานี นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี สงขลา สมุทรปราการ อัญญา ปทุมธานี กรุงเทพมหานคร พระยาแพร่ เชียงใหม่ ลำปาง ร้อยเอ็ด ชัยภูมิ มหาสารคาม สกลนคร ขอนแก่น กาฬสินธุ์ และศรีสะเกษ โดยรายชื่อส่วนใหญ่พิจารณาจากจังหวัดที่อยู่บริเวณตรงกลางของแต่ละภูมิภาคและมีความต้องการสินค้าในปริมาณมาก

1.3.4 การคำนวณระยะทางจากต้นทางไปยังปลายทางจะใช้พิกัดของศาลากลางประจำจังหวัดแทนตำแหน่งคลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า หรือลูกค้าปลายทางในจังหวัดนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ขั้นตอนของงานวิจัย

1.4.1 สัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษารูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ของบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด ในปัจจุบัน

1.4.2 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ของบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด เพื่อนำมาใช้ในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์

1.4.3 เก็บรวบรวมข้อมูลพิกัดศาลากลางประจำจังหวัด เพื่อนำมาใช้ในการหาระยะทางจากต้นทางไปยังปลายทางด้วยระยะทางจริงจาก Google map

1.4.4 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าให้กับบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด

1.4.5 ทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

1.4.6 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

## 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 การขนส่ง หมายถึง การเคลื่อนย้ายบุคคล สัตว์ หรือสิ่งของจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ถ้าเป็นการเคลื่อนย้ายบุคคล เรียกว่า การขนส่งผู้โดยสาร หากเป็นการเคลื่อนย้ายสัตว์หรือสิ่งของ เรียกว่า การขนส่งสินค้า

1.6.2 คลังสินค้า หมายถึง สิ่งปลูกสร้างที่มีไว้เพื่อใช้ในการพักและเก็บรักษาสินค้าในปริมาณมาก โดยกิจกรรมส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสินค้าหรือวัตถุดิบ การจัดเก็บโดยไม่ให้สินค้าเสื่อมสภาพหรือแตกหักเสียหาย คลังสินค้ามีวัตถุประสงค์หลายด้าน อาทิเช่น ทำหน้าที่รักษา ระดับสินค้าคงคลังเพื่อสนับสนุนการผลิต (Manufacturing Support) ทำหน้าที่ผสมสินค้า (Product-Mixing) ทำหน้าที่รวบรวมสินค้าก่อนจัดส่ง (Consolidation) ทำหน้าที่แยกหีบห่อ (Break-Bulk) หรือทำหน้าที่เป็นศูนย์กระจายสินค้า (Cross Dock) เป็นต้น (คำนาย, 2556)

1.6.3 ศูนย์กระจายสินค้า หมายถึง คลังสินค้าที่ทำหน้าที่ทั้งในฐานะเป็นคลังสินค้า (Warehouse) เป็นหน่วยเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิต (Manufacturer) กับผู้ขายปลีก (Retailer) เป็นผู้ให้บริการทางด้านโลจิสติกส์ (Logistics Provider) ในด้านการจัดเก็บสินค้าและการจัดการขนส่งสินค้าสำเร็จรูปให้กับลูกค้าได้อย่างทันเวลาและถูกต้องตรงตามความต้องการ (คำนาย, 2556)

1.6.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หมายถึง แบบจำลองที่สร้างขึ้นและวิเคราะห์โดยอาศัยคณิตศาสตร์ มักมีจุดประสงค์เพื่อการตัดสินใจ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบจำลองที่ต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเสมอไป บางแบบจำลองอาจจะเป็นการอธิบายอินพุต (Input) กับเอาต์พุต (Output) เท่านั้น (ศักดิ์สิทธิ์, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.5 การขนส่งสินค้าแบบ Cross-Docking หมายถึง วิธีการขนส่งสินค้าที่ใช้คลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าเป็นจุดเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะ โดยสินค้าที่มาจากโรงงานจะถูกนำมาคัดแยก และรวบรวมก่อนนำไปกระจายส่งให้ลูกค้า ซึ่งสินค้าจะพักที่ศูนย์กระจายสินค้าไม่เกิน 24 ชั่วโมง

1.6.6 การขนส่งสินค้าแบบ Milk Runs หมายถึง วิธีการขนส่งสินค้าโดยมีการรวบรวมสินค้าจากโรงงาน คลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าแบบเต็มคันรถแล้วไปกระจายส่งให้ลูกค้าหลายราย เป็นวิธีการขนส่งสินค้าที่ใช้ประโยชน์จากระวางยานพาหนะสูงสุดหรือเต็มคันรถ (ไชยยศ, 2550)

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 เป็นแนวทางในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าให้กับบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด ภายใต้เงื่อนไขต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมที่ต่ำที่สุด กรณีที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.7.2 เป็นแนวทางในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าให้กับบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด ภายใต้เงื่อนไขต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมที่ต่ำที่สุด

1.7.3 เป็นแนวทางประกอบการพิจารณาการต่อสัญญาคลังสินค้าครั้งต่อไปให้กับบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด หลังจากคลังสินค้าบางทำเลใกล้จะหมดสัญญาเช่า

1.7.4 เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานให้กับบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด โดยการลดต้นทุนการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์

1.7.5 เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับบริษัทอื่นๆ

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการวิจัยเรื่อง การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา บริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชั่น จำกัด ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า รวบรวมความรู้ แนวคิด ทฤษฎีจากแหล่งข้อมูลต่างๆ อาทิ เอกสาร ตำรา และงานวิจัย ที่เกี่ยวกับการเลือกทำเลที่ตั้งโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถจำแนกตามหัวข้อได้ดังนี้

- 2.1 ต้นทุนโลจิสติกส์
- 2.2 การวัดความแปรปรวนของระดับความต้องการสินค้า
- 2.3 ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้ง
- 2.4 กำหนดการเชิงเส้น
- 2.5 การแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ต้นทุนโลจิสติกส์

คำนาย (2550) กล่าวว่า ในการวางแผนโลจิสติกส์ให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องศึกษาต้นทุนที่เกิดขึ้นในการดำเนินงาน เพื่อใช้วิเคราะห์และพัฒนาประสิทธิภาพของระบบโลจิสติกส์ให้กับองค์กร โดยรายละเอียดของต้นทุนโลจิสติกส์แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

#### 2.1.1 ต้นทุนการขนส่ง (Transportation Cost)

สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ การขนส่งปฐมภูมิ เป็นการขนส่งในปริมาณมากๆ ในรูปแบบเต็มคันรถจากโรงงานผลิตไปยังศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งจำนวนศูนย์กระจายสินค้าจะมีผลต่อต้นทุนโดยรวมของการขนส่งชนิดนี้ ถ้าจำนวนศูนย์กระจายสินค้าเพิ่มขึ้นจะทำให้ต้นทุนการขนส่งปฐมภูมิเพิ่มตามไปด้วย และในทางตรงกันข้ามการขนส่งทุติยภูมิ เป็นการใช้ระบบการขนส่งที่อาจจะใช้รถขนส่งของตนเองหรือจ้างบริษัทเอกชนที่ให้บริการ ต้นทุนของการขนส่งชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนศูนย์กระจายสินค้าลดลง โดยเฉพาะถ้าระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าไกลจากลูกค้า ต้นทุนการขนส่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เป็นต้นทุนที่จะต้องทำการจ่ายเป็นประจำ โดยค่าใช้จ่ายเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณกิจกรรมการขนส่ง ได้แก่ ค่าที่ดินและอาคารสถานที่ ค่าสิ่งอำนวยความสะดวกและเครื่องมือต่างๆ ค่าซื้อหรือเช่ารถ ค่าประกันภัย ค่าต่อทะเบียนรถ ค่าเสื่อมราคา เงินเดือนพนักงานขับรถ เป็นต้น

2.1.1.2 ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) เป็นต้นทุนที่ผันแปรตามการใช้งานรถบรรทุก ได้แก่ ค่าเชื้อเพลิง ค่าน้ำมันเครื่องยนต์ ค่ายาง ค่าบำรุงรักษา ค่าบริการการตรวจสอบสภาพ ซึ่งถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่มากเป็นอันดับสองของต้นทุนดำเนินการ ในกรณีที่มีเที่ยวเดินรถพิเศษจะมีต้นทุนการขนส่งที่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้นอีก ได้แก่ ค่าธรรมเนียมในการผ่านด่านข้ามแดนในกรณีขนส่งเข้าประเทศเพื่อนบ้าน ค่าธรรมเนียมที่พักลินค้าเมื่อติดข้อห้ามการขนส่ง ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้าย ปลายทาง ในกรณีที่ลูกค้าไม่มีอุปกรณ์การเคลื่อนย้าย เป็นต้น

2.1.1.3 ต้นทุนรวม (Total Cost) เป็นต้นทุนที่นำต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรมารวมกัน ถือเป็นต้นทุนของการบริการทั้งหมด

2.1.1.4 ต้นทุนเที่ยวกลับ (Back Haul Cost) เป็นต้นทุนที่รวมค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ถือเป็นค่าชดเชยที่ต้องเสียไปจากการไม่ได้บรรทุกอะไรกลับมา

## 2.1.2 ต้นทุนคลังสินค้า (Warehousing Cost)

ต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมภายในศูนย์กระจายสินค้าหรือคลังสินค้านวมถึงการจัดเก็บดูแลสินค้า การเลือกสถานที่ตั้ง ซึ่งจะผันแปรไปตาม ชนิดและปริมาณของสินค้า โดยทั่วไปต้นทุนแรงงานทางตรงจะเป็นต้นทุนส่วนที่ใหญ่ที่สุด ส่วนต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับอาคารจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่น ขนาดของศูนย์กระจายสินค้า จำนวนศูนย์กระจายสินค้า เป็นต้น คลังสินค้าสามารถแบ่งได้ตามลักษณะของสถานที่เป็น 4 ประเภทคือ คลังสินค้าโรงงาน (Plant Warehouses) คลังสินค้าสาธารณะ (Public Warehouses) คลังสินค้าเช่าหรือเช่าซื้อ (Rent or Leased Warehouses) คลังสินค้าของกิจการ (Company-owned (Private) Warehouses)

## 2.1.3 ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory Carrying Cost)

เป็นต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ประกอบด้วยค่าประกันภัยในด้านอัคคีภัย การโจรกรรมทรัพย์สินที่เป็นสินค้าคงคลัง ภาษี เป็นต้น และยังรวมถึงต้นทุนในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ต้นทุนเงินทุน ต้นทุนความเสี่ยงของตัวสินค้า ต้นทุนพื้นที่จัดเก็บสินค้า ต้นทุนบริการสินค้า

### 2.1.4 ต้นทุนการบริหาร (Administration Cost)

เกิดจากกิจกรรมหลัก 3 ประเภท ได้แก่ 1) ระดับการให้บริการลูกค้า (Customer Service Level) เป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้เพื่อการสนับสนุนการบริการลูกค้า เพื่อให้ได้รับความพึงพอใจจากลูกค้า 2) ต้นทุนกระบวนการสั่งซื้อและระบบสารสนเทศ (Order Processing and Information Costs) เป็นต้นทุนที่เกี่ยวกับกระบวนการสั่งซื้อและการติดต่อสื่อสาร ซึ่งรวมถึงการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า 3) ต้นทุนปริมาณ (Lot Quantity Cost) โดยหลักการจะขึ้นอยู่กับปริมาณสินค้าที่จัดซื้อ จัดหา ในแต่ละรอบ

## 2.2 การวัดความแปรปรวนของระดับความต้องการสินค้า

Peterson and Silver (1979) ได้แบ่งรูปแบบความต้องการสินค้าไว้เป็น 2 กรณี ได้แก่ 1) ความต้องการสินค้ามีความแน่นอนและคงที่ 2) ความต้องการสินค้ามีความไม่แน่นอน และได้เสนอวิธีการวัดความแปรปรวนของระดับความต้องการสินค้าด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Variability Coefficient: VC) ดังสมการที่ 2.1 โดยกำหนดค่าไว้ดังนี้

ถ้าค่า  $VC \leq 0.25$  แสดงว่า ความต้องการสินค้ามีความแน่นอนและคงที่

ถ้าค่า  $VC > 0.25$  แสดงว่า ความต้องการสินค้ามีความแปรปรวนหรือไม่แน่นอน

$$\text{Variability Coefficient (VC)} = \frac{\text{Est. VarD}}{(\bar{d})^2} \quad (2.1)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n} (\sum d_i) \quad (2.2)$$

$$\text{Est. VarD} = \frac{1}{n} (\sum d_i^2) - (\bar{d})^2 \quad (2.3)$$

เมื่อ  $d_i$  คือ ปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละช่วงเวลา

$\bar{d}$  คือ ค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้า

$n$  คือ ช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

Est. VarD คือ ความแปรปรวนของความต้องการ

## 2.3 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง

จันท์ศิริ (2554) กล่าวว่า โดยทั่วไปปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการที่เหมาะสม (Facility Location Problem, FLP) เป็นการกำหนดจำนวน ขนาด และตำแหน่งที่ตั้งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสถานที่ให้บริการ พร้อมทั้งจัดสรรการให้บริการเพื่อให้ต้นทุนการขนส่ง ระยะทาง หรือระยะเวลาในการส่งมอบสินค้าหรือบริการน้อยที่สุด วิธีการแก้ปัญหาแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ วิธีฮิวริสติกส์ที่ใช้ระยะเวลาในการคำนวณน้อยกว่าแต่ให้คุณภาพของคำตอบต่ำกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Algorithm) ที่มีคุณลักษณะเฉพาะเจาะจง (Specific Problems) แต่ให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ซึ่งหากใช้ปัจจัยที่มีผลต่อแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด สามารถแบ่งประเภทของปัญหาได้เป็น 4 ประเภทหลัก ดังนี้

### 2.3.1 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบดีเทอร์มินิสติก (Deterministic Facility Location Problems)

ปัญหา FLP ที่เลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมโดยพิจารณา ณ เวลาใดเวลาหนึ่งทำการตัดสินใจและพิจารณาปัจจัยนำเข้า เช่น ความต้องการของลูกค้า ตำแหน่งของลูกค้า ต้นทุนการขนส่ง เป็นต้น เป็นค่าที่ทราบค่าแน่นอนและมีค่าคงที่ เป็นปัญหาพื้นฐานที่จะถูกนำไปใช้แก้ปัญหาในหัวข้ออื่นๆ ต่อไป สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทตามวัตถุประสงค์ในการตั้งสถานที่ให้บริการ ดังนี้

2.3.1.1 ปัญหาระยะทางรวมน้อยที่สุด (Minimum Facility Location Problem) เป็นปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการจำนวน  $P$  แห่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะทาง ระยะเวลา หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างสถานที่ให้บริการกับลูกค้าทุกคนมีค่าน้อยที่สุด มีรูปแบบทั่วไปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{Minimize } \sum_i \sum_j w_i d_{ij} Y_{ij} \quad (2.4)$$

ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_j X_j = P \quad (2.5)$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad ; \forall i \quad (2.6)$$

$$\sum_i w_i Y_{ij} \leq s_j X_j \quad ; \forall j \quad (2.7)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad ; \forall j \quad (2.8)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, \forall j \quad (2.9)$$

ตัวแปรตัดสินใจ

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าเลือกตั้งสถานที่ให้บริการที่ตำแหน่ง } j \\ 0 & \text{ถ้าไม่ใช่} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าลูกค้าที่ตำแหน่ง } i \text{ ได้รับความบริการจากสถานที่ให้บริการที่ตำแหน่ง } j \\ 0 & \text{ถ้าไม่ใช่} \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $P$  เป็นจำนวนตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการตามที่กำหนด  
 $w_i$  เป็นปริมาณสินค้าหรือบริการของลูกค้าที่ตำแหน่ง  $i$   
 $d_{ij}$  เป็นระยะทางระหว่างลูกค้าที่ตำแหน่ง  $i$  กับสถานที่ให้บริการที่ตำแหน่ง  $j$   
 $s_j$  เป็นขีดความสามารถในการให้บริการของสถานที่ให้บริการที่ตำแหน่ง  $j$

สมการเป้าหมาย (2.1) เป็นการหาค่าระยะทางรวมระหว่างลูกค้าและสถานที่ให้บริการ สมการข้อจำกัด (2.2) เป็นข้อจำกัดในการเลือกจำนวนตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งให้บริการให้เท่ากับจำนวนแหล่งให้บริการที่กำหนด ( $P$  แห่ง) สมการข้อจำกัด (2.3) เป็นการรับประกันว่าลูกค้าทุกคนจะได้รับการให้บริการจากแหล่งให้บริการ สมการข้อจำกัด (2.4) แสดงถึง ลูกค้าที่ตำแหน่ง  $i$  จะได้รับการจากสถานที่ให้บริการที่ตำแหน่ง  $j$  ได้ก็ต่อเมื่อที่ตำแหน่ง  $j$  มีสถานที่ให้บริการตั้งอยู่ และสถานที่ให้บริการจะให้บริการได้ไม่เกินขีดความสามารถในการให้บริการที่มีอยู่ ส่วนสมการที่ (2.5-2.6) แสดงข้อจำกัดเชิงตัวเลขของตัวแปรในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งและการจัดสรรบริการ

2.3.1.2 ปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้า (Covering Problem) เป็นปัญหาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ลูกค้าสามารถเข้ารับบริการได้อย่างทั่วถึงด้วยระยะทางหรือระยะเวลาที่ยอมรับได้ เช่น สถานีดับเพลิง โรงพยาบาล เป็นต้น ปัญหานี้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้าทุกคนด้วยต้นทุนน้อยที่สุด (Set Covering Problem) เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการโดยใช้จำนวนหรือต้นทุนในการสร้างน้อยที่สุดเพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มลูกค้าทั้งหมด และปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด (Maximal Covering Problem) เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการจำนวน  $P$  แห่ง เพื่อให้สามารถครอบคลุมความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด ซึ่ง Set Covering Problem มีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{Minimize } \sum_j c_j X_j \quad (2.10)$$

ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_{j \in N_i} X_j \geq 1 \quad ; \forall i \quad (2.11)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad ; \forall j \quad (2.12)$$

ตัวแปรตัดสินใจ

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าเลือกตั้งสถานที่ให้บริการที่ตำแหน่ง } j \\ 0 & \text{ถ้าไม่ใช่} \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $c_j$  เป็นค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานที่ให้บริการ  
 $S$  เป็นระยะทางที่ไกลที่สุดหรือระยะเวลาที่นานที่สุดที่ยอมรับได้ จากสถานที่ให้บริการไปยังลูกค้า  
 $N_i$  เป็นเซตของตำแหน่งที่ตั้งที่อยู่ห่างจากลูกค้าตำแหน่งที่  $i$  ด้วยระยะทางที่ยอมรับได้ นั่นคือ  $N_i = \{j | d_{ij} \leq S\}$

สมการเป้าหมาย (2.7) แสดงการเลือกตำแหน่งที่ตั้งเพื่อให้ต้นทุนก่อสร้างหรือจำนวนสถานที่ให้บริการน้อยที่สุด สมการข้อจำกัด (2.8) เป็นการรับประกันว่าลูกค้าทุกคนจะได้รับบริการจากสถานที่ให้บริการที่อยู่ภายในระยะทางที่กำหนดอย่างน้อยหนึ่งแห่ง สมการข้อจำกัด (2.9) เป็นข้อจำกัดเชิงตัวเลข

2.3.1.3 ปัญหาระยะทางไกลสุดที่น้อยที่สุด (Minimax Facility Location Problems) เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมให้กับสถานที่ให้บริการ  $P$  แห่ง เพื่อให้ลูกค้าที่อยู่ไกลที่สุดได้อยู่ใกล้สถานที่ให้บริการมากที่สุดโดยทั่วไปจะเรียกปัญหานี้ว่า ปัญหา P-Center ซึ่งมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{Minimize } D \quad (2.13)$$

ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_j X_j = P \quad (2.14)$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad ; \forall i \quad (2.15)$$

$$Y_{ij} \leq X_j \quad ; \forall i, \forall j \quad (2.16)$$

$$D \geq \sum_j d_{ij} Y_{ij} \quad ; \forall i \quad (2.17)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad ; \forall j \quad (2.18)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, \forall j \quad (2.19)$$

ตัวแปรตัดสินใจ

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าเลือกตั้งสถานที่ให้บริการที่ตำแหน่ง } j \\ 0 & \text{ถ้าไม่ใช่} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าลูกค้าที่ตำแหน่ง } i \text{ ได้รับบริการจากสถานที่ให้บริการที่ตำแหน่ง } j \\ 0 & \text{ถ้าไม่ใช่} \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $D$  เป็นระยะทางที่ไกลที่สุดระหว่างลูกค้ากับสถานที่ให้บริการที่อยู่ใกล้ที่สุด  
 $P$  เป็นจำนวนตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการตามที่กำหนด  
 $d_{ij}$  เป็นระยะทางระหว่างลูกค้าที่ตำแหน่ง  $i$  กับสถานที่ให้บริการที่ตำแหน่ง  $j$

สมการเป้าหมาย (2.10) เป็นการทำให้ระยะทางที่ไกลที่สุดมีค่าน้อยที่สุด สมการ (2.11–2.13) แสดงเงื่อนไขเดียวกันกับสมการ (2.2–2.4) สมการข้อจำกัด (2.14) เป็นการจำกัดระยะทางที่ไกลที่สุดของลูกค้าและสมการข้อจำกัด (2.15–2.16) เป็นข้อจำกัดเชิงตัวเลข

2.3.1.4 Obnoxious Facility Location Problem เป็นการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมให้กับสถานที่ให้บริการที่ไม่พึงประสงค์ที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือสวัสดิภาพของสถานที่ใกล้เคียง แต่ก็ยังเป็นสถานที่ที่มีประโยชน์และยังคงไม่ต้องการให้อยู่ห่างจากลูกค้าจนเกินไป เนื่องจากเหตุผลด้านต้นทุนการขนส่ง เช่น โรงงานกำจัดขยะ โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ บ่อบำบัดน้ำเสีย

2.3.1.5 ปัญหาอื่นๆ ที่ขยายผลมาจากปัญหาทั้ง 4 ประเภทข้างต้น มีความหลากหลายตามรายละเอียดเพิ่มเติมของปัญหา เช่น กรณีสถานที่ให้บริการที่ให้บริการหรือขายสินค้าที่มีความหลากหลาย (Multi-Commodity) หรือกรณีที่มีการส่งมอบสินค้าในหลายระดับ (Multi-Level) เช่น อาจมีสินค้าบางส่วนถูกส่งมอบโดยตรงจากโรงงานไปยังลูกค้าและอาจมีบางส่วนถูกส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าก่อนแล้วจึงกระจายสินค้าจากศูนย์นี้ไปยังลูกค้าอีกครั้งหนึ่ง หรือในกรณีที่มีเป้าหมายในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานที่ให้บริการมากกว่าหนึ่ง (Multi-Objective) หรือปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการเพื่อให้ต้นทุนรวม เช่น ด้านการก่อสร้างการดำเนินการและการขนส่งต่ำที่สุด (Fixed Charged Facility Location Problem) เป็นต้น

## 2.3.2 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบพลวัต (Dynamic Facility Location Problems)

ในความเป็นจริงแล้วปัญหา FLP เป็นการตัดสินใจที่ส่งผลในระยะยาวซึ่งข้อมูลนำเข้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา เช่น ความต้องการของลูกค้าที่อาจเพิ่มขึ้นจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เป็นต้น วิธีการแก้ปัญหาประเภทนี้ในช่วงแรกๆ จะใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดตามความเหมาะสมของปัญหาในประเภทที่ 2.3.1 ที่ถูกนำมาขยายผล โดยพิจารณาที่ละจุดเวลาจนกว่าจะครบช่วงระยะเวลาที่กำหนด แล้วนำตำแหน่งที่ดีที่สุดของแต่ละจุดเวลามาพิจารณาเลือกตำแหน่งที่ดีที่สุดอีกครั้ง ซึ่งต่อมา Scott (1971) ได้พิสูจน์ว่า คำตอบที่ได้ยังไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดพร้อมกับการนำเสนอวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยแนวคิดการแก้ปัญหาที่กำหนดการพลวัต (Dynamic Programming) ซึ่งให้คำตอบที่ดีที่สุดในระยะเวลาคำนวณที่ยอมรับได้

### 2.3.3 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบสโตแคสติก (Stochastic Facility Location Problems)

เป็นปัญหา FLP ที่พิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าที่ไม่แน่นอนแต่สามารถอธิบายได้ด้วย ความน่าจะเป็น โดยมีทั้งปัญหาที่ขยายผลจากปัญหาในประเภทที่ 2.3.1 และปัญหาที่ถูกพัฒนาขึ้น ในรูปแบบที่แตกต่างออกไป เพื่อสะท้อนถึงสภาพที่แท้จริงของปัญหา เช่น ปัญหาระยะทางรวมน้อย ที่สุดแบบสโตแคสติก (Stochastic P-median Problems) ซึ่งปรับเปลี่ยนฟังก์ชันเป้าหมายจาก ระยะทางน้อยที่สุดเป็นค่าคาดคะเนของต้นทุนน้อยที่สุด หรือค่าคาดคะเนของกำไรมากที่สุด ภายใต้ การกระจายตัวของตำแหน่งลูกค้าแบบสุ่มหรือภายใต้สถานการณ์ (Scenario) ต่างๆ หรือปัญหา ต้นทุนรวมน้อยที่สุดแบบสโตแคสติก (Stochastic Fixed-Charge Facility Location) ภายใต้ความ ไม่แน่นอนของความต้องการของลูกค้า ต้นทุนการผลิตและราคาขาย เป็นต้น วิธีการแก้ปัญหาขึ้นอยู่กับ ลักษณะของพารามิเตอร์ที่มีความไม่แน่นอน โดยหากพารามิเตอร์ที่ไม่แน่นอนนั้นเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง วิธีการที่ใช้จะอยู่ภายใต้แนวคิดการหาคำตอบที่ดีที่สุดภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ที่พิจารณา (The Scenario Approach) แต่ถ้าค่าพารามิเตอร์ที่ไม่แน่นอนนั้นเป็นค่าต่อเนื่องซึ่งมักจะกำหนดช่วงของ ค่าพารามิเตอร์ การตัดสินใจจะพิจารณาภายใต้สถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด (Worst Case Scenario)

### 2.3.4 ปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการแบบโรบัสต์ (Robust Facility Location Problems)

เป็นปัญหา FLP ที่พิจารณาปัจจัยนำเข้าเป็นค่าที่ไม่แน่นอนที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วย ความน่าจะเป็น โดยเป้าหมายก็คือต้องการให้ผลลัพธ์เป็นการตัดสินใจที่ดีแม้ค่าพารามิเตอร์จะ เปลี่ยนไปตามความไม่แน่นอนที่พิจารณา ตัววัดส่วนใหญ่ที่ใช้ในการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์นั้น มักจะใช้อยู่ 2 ตัววัด ได้แก่ ค่าเสียโอกาสจากการตัดสินใจที่ผิดพลาด (Regret) และค่าใช้จ่าย โดย ฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะอยู่ในรูปแบบที่ต้องการทำให้ค่าเสียโอกาสที่เกิดจากการตัดสินใจผิดพลาดหรือ ค่าใช้จ่ายที่มากที่สุดมีค่าน้อยที่สุด และมักจะเป็นการขยายผลมาจากปัญหาแบบ P-Median หรือ แบบ P-Center

## 2.4 กำหนดการเชิงเส้น

โดยทั่วไปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสม มักใช้ตัวแบบทาง คณิตศาสตร์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) สำหรับการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย หรือเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งตัวแบบทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ที่พบในงานวิจัยล้วนใช้หลักการของ กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มและมักกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าต่ำสุด (Minimization)

เช่น ต้นทุนของการขนส่งโดยรวมน้อยที่สุด ระยะทางหรือระยะเวลาในการขนส่งโดยรวมน้อยที่สุด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่เป็นการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.1 องค์ประกอบของกำหนดการเชิงเส้น

ศักดิ์สิทธิ์ (2557) กล่าวว่า องค์ประกอบของปัญหาที่ต้องการผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ประกอบด้วยกลุ่มตัวแปรตัดสินใจ หลักเกณฑ์และกลุ่มเงื่อนไข ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดผลการตัดสินใจว่า ต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขทั้งหมด รายละเอียดแต่ละองค์ประกอบมีดังนี้

2.4.1.1 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) เป็นตัวแปรที่ผู้ตัดสินใจเลือกได้ว่าจะให้มามีค่าเท่าใด ค่าของตัวแปรเหล่านี้เป็นตัวกำหนดถึงผลลัพธ์ที่ได้ เช่น จำนวนผลิต ต้นทุนรายได้ ระยะทาง เวลา เป็นต้น

2.4.1.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) เป็นตัวแปรที่ต้องการให้มามีค่าที่ดีที่สุด ไม่ว่าจะเป็นค่าต่ำสุดหรือค่าสูงสุด

2.4.1.3 ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (Constraints) เป็นเงื่อนไขบังคับที่ต้องทำตามอาจเป็นเงื่อนไขด้านกายภาพ ด้านการเงิน ด้านการผลิต เงื่อนไขทางตรรกะ หรือเงื่อนไขด้านอื่นๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา ในการค้นหาค่าของตัวแปรตัดสินใจที่ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าที่ดีที่สุด

### 2.4.2 รูปแบบมาตรฐานของปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม

สุปรีชา (2558) กล่าวว่า กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming: ILP) หรืออาจเรียกอีกอย่างว่า กำหนดการจำนวนเต็ม (Integer Programming: IP) มีรูปแบบของปัญหาในลักษณะเดียวกับปัญหากำหนดการเชิงเส้นรูปแบบทั่วไป แต่จะต่างกันตรงที่มีการระบุค่าของตัวแปรที่ต้องการตัดสินใจให้มามีค่าเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น เพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจและสามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง รูปแบบมาตรฐานของปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะขึ้นอยู่กับว่าปัญหากำหนดการเชิงเส้นที่พิจารณาเป็นปัญหาในลักษณะที่ต้องการหาค่าสูงสุด (Maximization) หรือต้องการหาค่าต่ำสุด (Minimization) ซึ่งจะเขียนได้ดังนี้

กำหนดให้

จำนวนกิจกรรมทั้งหมดเท่ากับ  $n$  กิจกรรม

จำนวนเงื่อนไขบังคับ (Constraint) หรือจำนวนทรัพยากรที่มีเท่ากับ  $m$  เงื่อนไข

$P$  คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$X_j$  คือ ตัวแปรที่ต้องการตัดสินใจตัวที่  $j$

$C_j$  คือ สัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัวที่  $j$  ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ อาจหมายถึง

กำไรต่อหน่วย หรือต้นทุนต่อหน่วย เป็นต้น

$a_{ij}$  คือ สัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่  $j$  ในเงื่อนไขบังคับข้อที่  $i$

$b_i$  คือ ค่าคงที่ทางขวามือของเงื่อนไขบังคับข้อที่  $i$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{Maximize หรือ Minimize } P = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n \quad (2.20)$$

เงื่อนไขบังคับ

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \quad (<, \leq, >, \geq, =) \quad b_1 \quad (2.21)$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \quad (<, \leq, >, \geq, =) \quad b_2 \quad (2.22)$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \quad (<, \leq, >, \geq, =) \quad b_m \quad (2.23)$$

$$X_j \geq 0 \text{ และ } X_j \text{ เป็นเลขจำนวนเต็ม โดยที่ } i=1,2,3,\dots,m \text{ และ } j=1,2,3,\dots,n$$

#### 2.4.3 การหาผลเฉลยของปัญหาคำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม

วิธีการหาผลเฉลยอย่างง่ายสำหรับปัญหาคำหนดการเชิงเส้นที่มีตัวแปรตัดสินใจเพียง 2-3 ตัวแปร จะนิยมหาผลเฉลยโดยวิธีการกราฟ หากจำนวนตัวแปรมากกว่านี้ จะนิยมใช้วิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method) ที่มีพื้นฐานมาจากวิธีพีชคณิต แต่โดยทั่วไปตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นสำหรับปัญหาในทางธุรกิจและอุตสาหกรรมมักมีตัวแปรตัดสินใจจำนวนมาก ทำให้ตัวแบบมีความซับซ้อน จึงนิยมนำเอาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการหาผลเฉลย

#### 2.5 การแก้ปัญหาคำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ในปัจจุบันโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการแก้ปัญหาคำหนดการเชิงเส้นมีหลากหลาย โปรแกรม อาทิเช่น Visual Math, Gurobi, GAMS, CPLEX, MINOS หรือ LINGO เป็นต้น ในที่นี้จะขอยกตัวอย่าง 3 โปรแกรมดังนี้

##### 2.5.1 Microsoft Excel Solver

ศักดิ์สิทธิ์ (2557) กล่าวว่า Standard Excel Solver ที่มาพร้อมกับ Microsoft Excel จะสามารถใช้ได้กับจำนวนตัวแปรตัดสินใจไม่เกิน 200 ตัวแปร และ 100 ข้อจำกัด หากปัญหามีขนาดใหญ่กว่านั้นจะต้องใช้โปรแกรม Premium Solver ของบริษัท Frontline Systems โดยสามารถแก้ปัญหาคำหนดการเชิงเส้นที่มีตัวแปรได้ถึง 2,000 ตัวแปร และ 1,000 ข้อจำกัด หรือใช้ Premium Solver Platform ที่รองรับตัวแปรได้ถึง 8,000 ตัวแปร และ 8,000 ข้อจำกัด ซึ่ง Solver เป็นโปรแกรมย่อย (Add-Ins) หนึ่งของโปรแกรม Microsoft Excel มีไว้เพื่อช่วยวิเคราะห์ปัญหาประเภทต้องการคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดย solver สามารถหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่แท้จริงได้ แต่ไม่เสมอไป เพราะบางครั้งให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดนอกขอบเขตหนึ่ง บางครั้งอาจให้เพียงผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเท่าที่ทำได้ภายในเวลาที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.2 The General Algebraic Modeling System (GAMS)

กรุง (2545) กล่าวว่า GAMS เป็นระบบการสร้างภาษาตัวแบบที่เขียนมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาด้วยค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ภายใน GAMS ประกอบไปด้วยคอมไพเลอร์และโปรแกรมแก้ปัญหาสำเร็จรูปมากมาย เช่น CPLEX, MINOS เป็นต้น โครงสร้างหลักในการแก้ปัญหาด้วย GAMS จะแบ่งการเขียนตัวแบบออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

2.5.2.1 การสร้างเซต (SET) เป็นการกำหนดขอบเขตของตัวแปรที่เป็นไปได้ ช่วยให้การเขียนตัวแบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และเมื่อเพิ่มขนาดของปัญหาสามารถกระทำได้โดยไม่กระทบกับส่วนอื่นของตัวแบบ ตัวอย่างของการนิยามเซตใน GAMS

```
Sets  i plants      / seattle, san-diego /
      j markets    / new-york, chicago, topeka /;
```

2.5.2.2 การนิยามตัวแปร (VARIABLE) เป็นการกำหนดชื่อตัวแปรสำหรับเก็บผลเฉลยของปัญหา โดยแต่ละปัญหาจะต้องมีการนิยามตัวแปรที่ชัดเจนและจำเป็นสำหรับการหาคำตอบ ซึ่งสามารถระบุชนิดของตัวแปรได้ เช่น positive หมายถึง ค่าที่เป็นไปได้ต้องไม่ใช่จำนวนลบ binary หมายถึง ค่าที่เป็นไปได้คือ 0 หรือ 1 เท่านั้น integer หมายถึง ค่าที่เป็นไปได้ต้องเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น เป็นต้น ตัวอย่างของการนิยามตัวแปรใน GAMS

```
Positive Variables  amount(drink) 'in gallons';
Variables  x(i,j)  shipment quantities in case
           z       total transportation costs in thousands of
                    dollars;
```

2.5.2.3 การกำหนดข้อมูลจากปัญหา (PARAMETER) จะขึ้นอยู่กับสถานการณ์แต่ละปัญหา และมีผลต่อการหาคำตอบ ถ้าข้อมูลเปลี่ยนไป จำนวนขั้นตอนในการหาคำตอบก็จะเปลี่ยนไป การเขียนตัวแบบที่ดีต้องแยกข้อมูลออกจากตัวแบบให้ชัดเจน จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ผลของข้อมูลแต่ละตัวกับผลเฉลยได้ ข้อมูลที่ได้จากปัญหาอาจต้องผ่านการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมและการแยกข้อมูลจะช่วยตรวจสอบข้อมูลที่นำเข้ามาว่า เหมาะสมหรือไม่ ตัวอย่างของการนิยามข้อมูลใน GAMS

```
Parameters  a(i) capacity of plant i / seattle 550, san-diego 600 /
```

```
Table  d(i,j) distance in thousands of miles
```

	new-york	Chicago	topeka
seattle	2.5	1.7	1.8
san-diego	2.5	1.8	1.4 ;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.4 การเขียนสมการข้อจำกัด (EQUATION) เป็นส่วนหลักของการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ถ้าสมการข้อจำกัดทั้งหมดเป็นสมการเชิงเส้นและคำตอบที่ได้จาก GAMS มีการหยุดแบบ NORMAL COMPLETION คำตอบนั้นจะเป็นผลเฉลยที่ดีที่สุดสำหรับทุกคำตอบที่เป็นไปได้ สมการใน GAMS เป็นนิยามความสัมพันธ์ของตัวแปรกับข้อมูลจากปัญหาในรูปแบบของสูตรคณิตศาสตร์ ตัวอย่างของการนิยามสมการใน GAMS

```
Equations      cost, supply(i), demand(j) ;
Cost..        z =E= sum((i,j),c(i,j)*x(i,j));
supply(i) ..  sum(j,x(i,j)) =L= a(i);
```

2.5.2.5 การใช้คำสั่งเพื่อหาคำตอบ (SOLVE) คือ การรวบรวมเซต ข้อมูลเข้า ตัวแปร และสมการข้อจำกัด แล้วเรียกใช้ Optimization Solve เพื่อหาผลเฉลยที่ดีที่สุด ซึ่งต้องระบุว่าต้องการหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีค่ามากที่สุดหรือน้อยสุด และระบุประเภทของตัวแปรที่เขียนเพื่อให้เรียกใช้โปรแกรมแก้ปัญหาสำเร็จรูปที่เหมาะสม ตัวอย่างของการนิยามคำสั่งใน GAMS

```
Model transport /all/;
Solve transport using lp minimizing z;
```

### 2.5.3 LINGO

สมหวัง (2554) กล่าวว่า LINGO คือโปรแกรมที่เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด เช่น จุดที่ประหยัดที่สุด กำไรสูงสุด ผลตอบแทนสูงสุด หรือต้นทุนต่ำสุด เป็นต้น ปัญหาโดยทั่วไปเกิดจากการที่ต้องการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดซึ่งหมายถึงรวมถึง เงิน เวลา เครื่องจักร คน สินค้าคงคลัง เป็นต้น โครงสร้างหลักในการแก้ปัญหาด้วย LINGO จะแบ่งการเขียนตัวแบบออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

2.5.3.1 เซต (Sets) คือกลุ่มวัตถุที่มีความสัมพันธ์กัน อาจเป็นรายการสินค้า การขนส่ง หรือลูกค้า การใช้เซตจะทำให้ตัวแบบที่มีขนาดใหญ่สามารถที่จะกำหนดได้กระชับ สะดวก รวดเร็ว และง่ายขึ้น ตัวอย่างของการนิยามเซตใน LINGO

```
SET :
      WAREHOUSES : CAPACITY ;
ENDSETS
DATA :
      WAREHOUSES = WH1 WH2 WH3 WH4 WH5 WH6 ;
      CAPACITY = 60 55 51 43 41 52 ;
ENDDATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) เป็นส่วนที่บอกว่าตัวแบบต้องการหาที่ดีที่สุดแบบไหนระหว่างมากที่สุดหรือน้อยสุด ซึ่งในทางธุรกิจ ฟังก์ชันที่ต้องการหาค่าสูงสุดก็คือกำไร และในทางกลับกันฟังก์ชันที่ต้องการหาค่าต่ำสุดก็คือต้นทุน ตัวอย่างของการนิยามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ใน LINGO

$$\text{MIN} = @\text{SUM}(\text{LINK}(I,J) : \text{COST}(I,J) * \text{VOLUME}(I,J)) ;$$

2.5.3.3 ตัวแปร (Variable) บางครั้งเรียกว่า ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision Variable) มีจุดประสงค์เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดหรือค่าของตัวแปรในตัวแบบที่ทำให้เกิดคำตอบในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ตัวอย่างของการนิยามตัวแปรที่ชื่อว่า STANDARD และ TURBO ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{MAX} = 100 * \text{STANDARD} + 150 * \text{TURBO} ;$$

2.5.3.4 ข้อจำกัด (Constraints) คือการแปลงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่างๆ ของปัญหา เช่น จำนวนชั่วโมงของพนักงานในสายการผลิต จำนวนวัตถุดิบในแต่ละเดือน เป็นต้น ให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการประมวลผลของตัวแบบเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด ตัวอย่างของการนิยามข้อจำกัดใน LINGO

$$@\text{FOR}(\text{WAREHOUSES}(I) :$$

$$@\text{SUM}(\text{VENDORS}(J) : \text{VOLUME}(I,J)) <= \text{CAPACITY}(II)) ;$$

จากการศึกษาค้นคว้า รวบรวมความรู้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ พบว่า โปรแกรมสำเร็จรูปทั้ง 3 โปรแกรมสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาที่กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มได้ ซึ่งการเลือกใช้งานอาจขึ้นอยู่กับความถนัดของผู้ใช้ จำนวนตัวแปรและข้อจำกัดของตัวแบบ หรือค่าใช้จ่ายในการจัดหาโปรแกรมสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอเลือกใช้โปรแกรม LINGO สำหรับการวิเคราะห์ตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าให้กับบริษัท ไพรซิเนียไทยดิสทริบิวชั่น จำกัด ในการที่จะขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ไปยังลูกค้าปลายทางในจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศด้วยต้นทุนการขนส่งโดยรวมที่ต่ำที่สุด เนื่องจาก จำนวนตัวแปรในตัวแบบมีปริมาณมากกว่าจำนวนตัวแปรของ Standard Excel Solver ที่เป็นแบบ Freeware สามารถรองรับได้ ประกอบกับผู้วิจัยมีความสะดวกในการจัดหาโปรแกรม LINGO เพื่อนำมาใช้งานวิจัยครั้งนี้มากกว่าโปรแกรม GAMS

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยได้ทำการรวบรวมวรรณกรรมทั้งจากงานวิจัยภายในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับงานวิจัย เพื่อนำมาเป็นแนวทางสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ดังนี้

พัชรภรณ์ และวลัยลักษณ์ (2555) ได้นำเสนอแนวทางในการปรับปรุงระบบการกระจายเหรียญกษาปณ์โดยการจัดตั้งหน่วยรับแลกเหรียญ (Window) เพื่อให้สามารถครอบคลุมทุกอำเภอในประเทศไทย งานวิจัยนี้ได้ใช้กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มที่มีชื่อว่า ตัวแบบปัญหาการครอบคลุมเซต (Set Covering Problem Model) โดยมีข้อกำหนดด้านระยะทางระหว่างศูนย์กระจายเหรียญของสำนักบริหารเงินตรา กับพื้นที่ให้บริการในอำเภอต่างๆ ทั่วประเทศไม่เกิน 200 กิโลเมตรเพื่อให้รถขนส่งเหรียญสามารถวิ่งไป-กลับได้ภายใน 1 วัน ผลการวิจัยพบว่า ควรมี Window ทั้งหมด 40 แห่ง

ชวิต และชมพูท (2557) ได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการขนส่งและกระจายสินค้าในโรงงานผลิตผลไม้กระป๋องโดยพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า และจำนวนเที่ยวขนส่งที่เหมาะสมที่สุด ทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO ผลการวิจัยพบว่า ต้นทุนรวมในการกระจายสินค้าที่ต่ำที่สุดคือ 1,127,067 บาทต่อเดือน ซึ่งจะทำให้การเลือกศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 3 แห่ง เมื่อทำการเปรียบเทียบกับต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในปัจจุบันจะทำให้ต้นทุนลดลงร้อยละ 4.08 เป็นมูลค่า 576,588 บาทต่อปี

วโรรส (2557) ได้ศึกษาและเก็บข้อมูลการแพทย์ฉุกเฉินในปัจจุบันเพื่อพัฒนาตัวแบบการจัดสรรตำแหน่งชุดปฏิบัติการฉุกเฉิน เพื่อให้ผู้ป่วยฉุกเฉินได้รับบริการทางการแพทย์จากชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับสูงภายในระยะเวลาตอบสนอง 8 นาทีให้ได้มากที่สุด ผลจากการศึกษาพบว่า กรณียังไม่มี การปรับปรุงที่ตั้งชุดปฏิบัติการ จำนวนเหตุฉุกเฉินที่ได้รับบริการ มีทั้งสิ้น 62% กรณีใช้ตัวแบบทำการยกระดับที่ตั้งชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้นให้เป็นชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับสูง จำนวนเหตุฉุกเฉินที่จะได้รับบริการเพิ่มเป็น 100% และถ้าใช้ตัวแบบการส่งต่อผู้ป่วยฉุกเฉินจากชุดปฏิบัติการฉุกเฉินเบื้องต้น ไปให้กับชุดปฏิบัติการฉุกเฉินระดับสูง จำนวนเหตุฉุกเฉินที่จะได้รับบริการจะเพิ่มขึ้นเป็น 89.6%

วิจิตรสวัสดิ์ (2558) ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีชื่อว่า P-Median ซึ่งใช้หลักการของ กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มเพื่อเลือกทำเลที่ตั้งโรงปรับปรุงคุณภาพข้าวที่ทำให้ต้นทุนของการขนส่งโดยรวมมีค่าต่ำสุดโดยคำนึงถึงความไม่แน่นอนสำหรับผลผลิตข้าวในปีในแต่ละจังหวัดตั้งแต่ปี 2551 ถึง 2555 ทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม Gusek ผลการวิจัยพบว่า จังหวัดชลบุรีเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมเพราะอยู่ใกล้กับท่าเรือแหลมฉบัง อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าความไม่แน่นอนของผลผลิตข้าวในแต่ละจังหวัดจะถูกนำมาพิจารณา แต่งานวิจัยในอนาคตควรจะรวมความไม่แน่นอนอื่นๆ อาทิเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาในการขนส่งข้าวจากแหล่งผลิตไปยังโรงปรับปรุงพันธุ์ข้าวเข้ามาปรับใช้แทนระยะทาง อีกทั้งควรพิจารณาถึงรูปแบบการขนส่งอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งข้าวเพื่อให้ผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความสมบูรณ์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้

ภัทรภรณ์ และสมบัติ (2559) ได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อเลือกขนาดเตาเผา และหาตำแหน่งที่ตั้งเตาเผาสำหรับกำจัดขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลชุมชน 109 แห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยมีเป้าหมายให้ต้นทุนรวมของการขนส่งและการดำเนินการมีค่าต่ำที่สุด ทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO ผลลัพธ์พบว่ามีการเปิดดำเนินการเตาเผา 5 แห่งซึ่งเตาเผาทั้งหมดเป็นเตาเผาที่มีขนาดอัตราการเผา 800 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดเท่ากับ 56,760 บาท/วัน

จารุพงษ์ และคณะ (2560) ได้พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ขยายมาจากตัวแบบ P-Median ซึ่งใช้หลักการของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มเพื่อแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งคลังวัคซีนระดับภูมิภาคให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดและเป็นการขจัดปัญหาการขาดแคลนวัคซีน โดยพิจารณาจากต้นทุนการจัดตั้งคลังวัคซีนแต่ละแห่งและค่าใช้จ่ายในการขนส่ง งานวิจัยนี้แก้ไขปัญหาโดยใช้ข้อมูลของกรณีศึกษาในเขตจังหวัดราชสีห์มา ผลการคำนวณพบว่า จำนวนคลังวัคซีนระดับภูมิภาคที่เหมาะสมคือ 10 แห่งและมีค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 413,773 บาท/ปี

อชิวัฒน์ และเปรมพร (2561) ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์รวบรวมสินค้าจากโรงงานผลิตเบียร์ทั้ง 3 แห่งและเป็นศูนย์กระจายสินค้าให้กับกลุ่มลูกค้าในภาคใต้ เนื่องจากในปัจจุบัน สินค้าจะถูกส่งจากโรงงานที่ผลิตไปยังลูกค้าโดยใช้รถประเภท 10 ล้อและ 6 ล้อซึ่งมีต้นทุนการขนส่งสูงกว่ารถเทรลเลอร์ การมีคลังสินค้าเพื่อรองรับสินค้าที่ขนส่งด้วยรถเทรลเลอร์จะช่วยลดต้นทุนการขนส่งได้ งานวิจัยนี้ได้ใช้อำเภอเมืองของทั้ง 14 จังหวัดในภาคใต้เป็นตัวแปรตัดสินใจและทำการประมวลผลข้อมูลด้วย Excel Solver ผลการวิจัยสรุปว่า ควรตั้งคลังสินค้าที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีค่าขนส่งสุทธิหลังการวิจัยเท่ากับ 167,489,011 บาท ซึ่งลดลง 30.70%

Andrés. et al. (2014) ได้นำเสนอกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming: MILP) ในการเลือกทำเลที่ตั้ง ขนาดและการทำงานของศูนย์กระจายสินค้าในเมืองเพื่อลดค่าใช้จ่ายหรือระยะทางรวมภายใต้ข้อจำกัดของปัญหา เช่น ระยะทางในการขนส่งสินค้า จำนวนและความจุของยานพาหนะ ตำแหน่งและปริมาณความต้องการของลูกค้า เป็นต้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวถูกเขียนด้วยภาษา GAMS (General Algebraic Modeling System) ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่นำเสนอดีกว่าวิธีฮิวริสติกแบบลำดับขั้นของ Montoya-Torres ในทุกกรณี โดยมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำกว่าถึง 30.57%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shitai. et al. (2014) ได้ทำการวิเคราะห์การเลือกทำเลที่ตั้งหอสังเกตการณ์ไฟฟ้าโดยใช้กำหนดการเชิงเส้นที่มีชื่อว่า ตัวแบบการจัดสรรทำเลที่ตั้ง (Location-Allocation Models) เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและเพิ่มพื้นที่การแผ่รังสีให้ครอบคลุมมากที่สุด ผลการวิจัยพบว่า การสร้างหอสังเกตการณ์แค่เพียง 9 แห่งบนทำเลที่ตั้งที่ได้จากการวิเคราะห์ สามารถครอบคลุมพื้นที่ป่าได้มากถึง 97.5% และใช้งบประมาณแค่ 48 ล้านบาท ซึ่งมีความเหมาะสมมากกว่าการสร้างหอสังเกตการณ์ 20 แห่งเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ป่า 100% แต่ใช้งบประมาณสูงถึง 102 ล้านบาทและมีการครอบคลุมพื้นที่ป่าทับซ้อนกันถึง 85%

Krishnaraj. et al. (2016) ได้กล่าวว่า ปัญหาการออกแบบโครงข่ายโซ่อุปทาน (Supply Chain Network Design Problem: SCND Problem) โดยทั่วไปจะเป็นการกำหนดจำนวนและรูปแบบกิจกรรมของสถานที่ให้บริการแต่ละแห่ง โดยสถานที่ให้บริการบางแห่งอาจถูกเปิดหรือปิด ในขณะที่บางแห่งสามารถปรับเปลี่ยนได้โดยการใช้ขนาดความจุที่ต่างกัน วิธีการสร้างแบบจำลองหลายๆ วิธีสามารถใช้แก้ไขปัญหาการออกแบบโครงข่ายโซ่อุปทาน ในงานวิจัยฉบับนี้ได้แก้ปัญหาเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรม LINGO และได้สรุปว่าให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (The Global Optimal Solution)

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้เริ่มจากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ ของบริษัท ไพรซิเนีย ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด หลังจากทำการศึกษารูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ในปัจจุบัน จึงเริ่มทำการวิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการขนส่งสินค้า อาทิเช่น ระยะเวลาจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่ง ระยะเวลาจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า ปลายทาง ต้นทุนการขนส่งและปริมาณความจุของยานพาหนะแต่ละประเภท จำนวนลูกค้าแต่ละจังหวัด เป็นต้น เพื่อนำมาใช้ในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป สำหรับการค้นหาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าที่เหมาะสมให้กับบริษัท ไพรซิเนียไทยดิสทริบิวชัน จำกัด ในการที่จะขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ไปยังลูกค้าปลายทางในจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ ด้วยต้นทุนการขนส่งโดยรวมที่ต่ำที่สุด หลังจากคลังสินค้าบางงานจะหมดสัญญาเช่า โดยขอสรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยตามหัวข้อดังต่อไปนี้

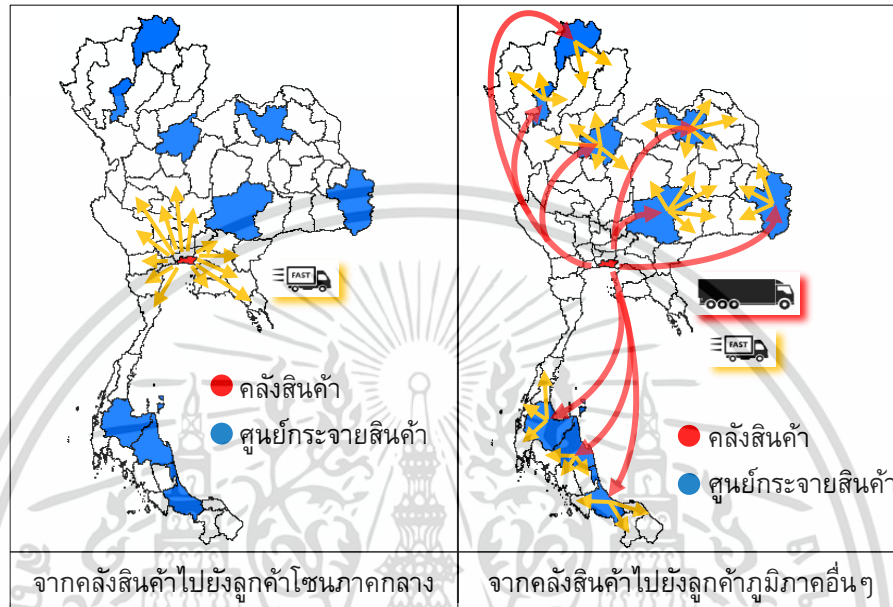
- 3.1 รูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ในปัจจุบัน
- 3.2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์
- 3.3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม LINGO
- 3.5 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 3.1 รูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ในปัจจุบัน

บริษัท ไพรซิเนียไทยดิสทริบิวชัน จำกัด มีคลังสินค้า 1 แห่งตั้งอยู่ในพื้นที่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ และมีศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center: DC) อีก 9 แห่งกระจายอยู่ในจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ ดังนี้ เชียงราย ลำพูน พิชณุโลก อุตรธานี นครราชสีมา อุบลราชธานี สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และสงขลา เส้นทางขนส่งสินค้าจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้ ส่วนแรกจะเริ่มจากต้นทางคือบริษัทผู้ผลิตใน จ.ระยอง ขนส่งไปยังคลังสินค้าที่ จ.สมุทรปราการ ด้วยรถบรรทุก 18 ล้อ ส่วนที่สองคือการจัดส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังกลุ่มลูกค้าในโซนภาคกลางจะมีลักษณะเป็นแบบ Milk Runs โดยใช้รถกระบะ 4 ล้อที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิ ในส่วนที่สามจะเป็นการจัดส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังกลุ่มลูกค้าในภูมิภาคอื่นๆ จะมีลักษณะเป็นแบบ Cross Docking

กับ Milk Runs เนื่องจากมีการใช้รถบรรทุก 18 ล้อบรรทุกสินค้าจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจาย  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สินค้าในช่วงเวลากลางคืน จากนั้นทำการคัดแยกและเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะที่ศูนย์กระจายสินค้า ก่อนจะใช้รถกระบะ 4 ล้อที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิกระจายสินค้าให้กับลูกค้าในแต่ละจังหวัด ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 สำหรับพื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งในปัจจุบัน แสดงไว้ในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.1 รูปแบบการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ของทางบริษัทในปัจจุบัน

ตารางที่ 3.1 พื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งในปัจจุบัน

ต้นทาง	พื้นที่ให้บริการ
คลังสินค้า สมุทรปราการ	กรุงเทพฯ ชลบุรี นครปฐม สมุทรปราการ สุพรรณบุรี ราชบุรี นครสวรรค์ ฉะเชิงเทรา อัญญา สมุทรสาคร ปทุมธานี นนทบุรี สระแก้ว ประจวบคีรีขันธ์ สระบุรี จันทบุรี ลพบุรี ระยอง เพชรบุรี ปราจีนบุรี กาญจนบุรี นครนายก อุทัยธานี ตราด ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง สมุทรสงคราม
1 DC เชียงราย	เชียงราย น่าน พะเยา แพร่
2 DC ลำพูน	เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน แม่ฮ่องสอน
3 DC พิษณุโลก	เพชรบูรณ์ พิษณุโลก อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร
4 DC นครราชสีมา	นครราชสีมา ร้อยเอ็ด ชัยภูมิ บุรีรัมย์ มหาสารคาม สุรินทร์
5 DC อุดรธานี	อุดรธานี สกลนคร ขอนแก่น กาฬสินธุ์ เลย นครพนม หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู
6 DC อุบลราชธานี	อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ยโสธร อำนาจเจริญ มุกดาหาร
7 DC นครศรีธรรมราช	นครศรีธรรมราช พัทลุง ตรัง กระบี่
8 DC สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี ภูเก็ต พังงา ชุมพร ระนอง
9 DC สงขลา	สงขลา นราธิวาส สตูล ปัตตานี ยะลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์

ต้นทุนการขนส่งสามารถจำแนกได้ดังนี้ ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร ต้นทุนรวม และต้นทุนที่เกี่ยวกับ ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.2.1 ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ จะทำการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์และแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 หัวข้อ โดยหัวข้อแรกจะพิจารณาเฉพาะตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้า ส่วนหัวข้อที่สองจะพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าไปพร้อมๆ กัน ในส่วนของต้นทุนคงที่ เป็นต้นทุนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการขนส่ง ไม่ว่าจะดำเนินการขนส่งหรือไม่ก็ตาม ซึ่งหากมองว่าการดำเนินกิจกรรมของศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งมีค่าใช้จ่ายที่ใกล้เคียงกัน อาทิเช่น ค่าเช่าอาคารสถานที่ ค่าน้ำ ค่าไฟ เป็นต้น การมีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง เพื่อให้ใกล้กับแหล่งลูกค้าปลายทางมากขึ้น อาจทำให้ต้นทุนคงที่ในส่วนนี้เพิ่มสูงขึ้น จึงมีการคำนึงถึงต้นทุนคงที่ไว้ในตัวแบบ นอกจากนี้ ต้นทุนผันแปรและต้นทุนที่เกี่ยวกับก็ถูกใช้พิจารณาในตัวแบบเช่นกัน เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าจะเกี่ยวข้องกับระยะทางการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง ทำให้มีผลกับต้นทุนผันแปรและต้นทุนที่เกี่ยวกับโดยตรง ข้อมูลที่จะนำมาพิจารณาในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าประกอบไปด้วย

#### 3.2.1 ต้นทุนการขนส่งสินค้าและจำนวนบรรทุกของยานพาหนะแต่ละประเภท

ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์มีทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ รถกระบะ 4 ล้อ สำหรับการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าปลายทาง รถบรรทุก 10 ล้อ และ 18 ล้อ สำหรับการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า รายละเอียดต้นทุนการขนส่งและจำนวนบรรทุกของยานพาหนะแต่ละประเภทแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 แต่เนื่องจากการใช้งานรถบรรทุก 10 ล้อมีปริมาณน้อยมากคิดเป็นร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับการใช้งานรถบรรทุก 18 ล้อ ดังนั้น ในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ จึงขอใช้เฉพาะรถกระบะ 4 ล้อและรถบรรทุก 18 ล้อ

ตารางที่ 3.2 ต้นทุนการขนส่งสินค้าและปริมาณความจุของยานพาหนะแต่ละประเภท

ประเภทยานพาหนะ	ต้นทุนการขนส่ง (บาท/กม.)	จำนวนบรรทุก (กล่อง/คัน)
รถกระบะ 4 ล้อ	22	7
รถบรรทุก 10 ล้อ	38	36
รถบรรทุก 18 ล้อ	38	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 ความต้องการสินค้าของแต่ละจังหวัดและจำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อ

ความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัดที่จะนำไปใช้ในตัวแทนทางคณิตศาสตร์ กำหนดให้เป็นค่าคงที่โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัดตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง ธันวาคม 2562 ซึ่งได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก เนื่องจากสินค้าที่ทำการจัดส่งเป็นกลุ่มยา และเวชภัณฑ์และหน่วยงานรัฐได้มีการกำหนดจำนวนผู้ป่วยหรือจำนวนลูกค้าที่สามารถรองรับได้ต่อเดือน ทำให้ความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัดในแต่ละเดือนค่อนข้างคงที่ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความแปรปรวนของระดับความต้องการสินค้าด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Variability Coefficient: VC) ดังสมการที่ 3.1 ซึ่ง Peterson และ Silver (1979) ได้กำหนดค่าไว้ว่า ถ้าค่า  $VC \leq 0.25$  แสดงว่า ความต้องการสินค้ามีความแน่นอนและคงที่ จากการคำนวณพบว่า ทุกจังหวัดมีค่า  $VC < 0.25$  แปลว่า ความต้องการสินค้าของทุกจังหวัดมีความแน่นอนและคงที่ ดังตารางที่ 3.3 จึงเลือกใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนข้อมูลความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัด

$$\text{Variability Coefficient (VC)} = \frac{\text{Est. VarD}}{(\bar{d})^2} \quad (3.1)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n} (\sum d_i) \quad (3.2)$$

$$\text{Est. VarD} = \frac{1}{n} (\sum d_i^2) - (\bar{d})^2 \quad (3.3)$$

เมื่อ  $d_i$  คือ ปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละช่วงเวลา

$\bar{d}$  คือ ค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้า

$n$  คือ ช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

Est. VarD คือ ความแปรปรวนของความต้องการ

ในส่วนของจำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อที่ใช้ในการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าแต่ละจังหวัดที่จะนำไปใช้ในตัวแทนทางคณิตศาสตร์จะทำการคำนวณจากความต้องการสินค้าของแต่ละจังหวัดจากค่าเฉลี่ยในตารางที่ 3.3 หาดด้วยจำนวนบรรทุกของรถกระบะ 4 ล้อ ซึ่งผลการคำนวณที่ได้จะถูกปัดให้เป็นเลขจำนวนเต็มทั้งหมดเพื่อให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยและค่า VC ของข้อมูลความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัด (กล่อง/เดือน)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ค่า VC	จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ค่า VC	จังหวัด	ค่าเฉลี่ย	ค่า VC
1 กรุงเทพฯ	1,341	0.002	27 อ่างทอง	66	0.023	53 กาฬสินธุ์	428	0.000
2 ชลบุรี	347	0.003	28 สมุทรสงคราม	32	0.008	54 เลย	267	0.002
3 นครปฐม	343	0.001	29 เชียงราย	659	0.000	55 นครพนม	264	0.000
4 สมุทรปราการ	280	0.002	30 น่าน	367	0.007	56 หนองคาย	239	0.000
5 สุพรรณบุรี	255	0.000	31 พะเยา	307	0.004	57 บึงกาฬ	151	0.001
6 ราชบุรี	255	0.001	32 แพร่	309	0.002	58 หนองบัวลำภู	140	0.001
7 นครสวรรค์	248	0.001	33 เชียงใหม่	868	0.002	59 อุบลราชธานี	1,175	0.001
8 ฉะเชิงเทรา	243	0.001	34 ลำปาง	322	0.002	60 ศรีสะเกษ	532	0.005
9 อุตุยา	241	0.001	35 ลำพูน	200	0.000	61 ยโสธร	335	0.001
10 สมุทรสาคร	202	0.004	36 แม่ฮ่องสอน	35	0.003	62 อำนาจเจริญ	297	0.002
11 ปทุมธานี	213	0.001	37 เพชรบูรณ์	366	0.005	63 มุกดาหาร	227	0.003
12 นนทบุรี	201	0.001	38 พิษณุโลก	267	0.001	64 นครศรีธรรมราช	410	0.001
13 สระแก้ว	183	0.009	39 อุดรดิตถ์	206	0.030	65 พัทลุง	146	0.002
14 ประจวบคีรีขันธ์	150	0.018	40 สุโขทัย	211	0.002	66 ตรัง	117	0.003
15 สระบุรี	155	0.001	41 ตาก	169	0.008	67 กระบี่	60	0.007
16 จันทบุรี	136	0.003	42 พิจิตร	147	0.004	68 สุราษฎร์ธานี	444	0.002
17 ลพบุรี	137	0.003	43 กำแพงเพชร	141	0.002	69 ภูเก็ต	212	0.004
18 ระยอง	131	0.004	44 นครราชสีมา	713	0.004	70 พังงา	135	0.005
19 เพชรบุรี	126	0.004	45 ร้อยเอ็ด	667	0.000	71 ชุมพร	85	0.040
20 ปราจีนบุรี	108	0.008	46 ชัยภูมิ	443	0.003	72 ระนอง	45	0.009
21 กาญจนบุรี	110	0.003	47 บุรีรัมย์	338	0.002	73 สงขลา	244	0.001
22 นครนายก	102	0.001	48 มหาสารคาม	313	0.000	74 นราธิวาส	75	0.000
23 อุทัยธานี	96	0.002	49 สุรินทร์	313	0.002	75 สตูล	68	0.007
24 ตราด	83	0.004	50 อุดรธานี	701	0.000	76 ปัตตานี	50	0.005
25 ชัยนาท	75	0.003	51 สกลนคร	654	0.002	77 ยะลา	49	0.026
26 สิงห์บุรี	78	0.001	52 ขอนแก่น	477	0.001			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 จำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อที่ใช้ในการขนส่งสินค้าของแต่ละจังหวัด (เที่ยว/เดือน)

จังหวัด	จำนวนเที่ยวรถ	จังหวัด	จำนวนเที่ยวรถ	จังหวัด	จำนวนเที่ยวรถ
1 กรุงเทพฯ	192	27 อ่างทอง	10	53 กาฬสินธุ์	62
2 ชลบุรี	50	28 สมุทรสงคราม	5	54 เลย	39
3 นครปฐม	49	29 เชียงราย	95	55 นครพนม	38
4 สมุทรปราการ	40	30 น่าน	53	56 หนองคาย	35
5 สุพรรณบุรี	37	31 พะเยา	44	57 บึงกาฬ	22
6 ราชบุรี	37	32แพร่	45	58 หนองบัวลำภู	20
7 นครสวรรค์	36	33 เชียงใหม่	124	59 อุบลราชธานี	168
8 ฉะเชิงเทรา	35	34 ลำปาง	46	60 ศรีสะเกษ	76
9 อุตุยา	35	35 ลำพูน	29	61 ยโสธร	48
10 สมุทรสาคร	29	36 แม่ฮ่องสอน	5	62 อำนาจเจริญ	43
11 ปทุมธานี	31	37 เพชรบูรณ์	53	63 มุกดาหาร	33
12 นนทบุรี	29	38 พิษณุโลก	39	64 นครศรีธรรมราช	59
13 สระแก้ว	27	39 อุดรดิต์	30	65 พัทลุง	21
14 ประจวบคีรีขันธ์	22	40 สุโขทัย	31	66 ตรัง	17
15 สระบุรี	23	41 ตาก	25	67 กระบี่	9
16 จันทบุรี	20	42 พิจิตร	21	68 สุราษฎร์ธานี	64
17 ลพบุรี	20	43 กำแพงเพชร	21	69 ภูเก็ต	31
18 ระยอง	19	44 นครราชสีมา	102	70 พังงา	20
19 เพชรบุรี	18	45 ร้อยเอ็ด	96	71 ชุมพร	13
20 ปราจีนบุรี	16	46 ชัยภูมิ	64	72 ระนอง	7
21 กาญจนบุรี	16	47 บุรีรัมย์	49	73 สงขลา	35
22 นครนายก	15	48 มหาสารคาม	45	74 นราธิวาส	11
23 อุทัยธานี	14	49 สุรินทร์	45	75 สตูล	10
24 ตราด	12	50 อุดรธานี	101	76 ปัตตานี	8
25 ชัยนาท	11	51 สกลนคร	94	77 ยะลา	7
26 สิงห์บุรี	12	52 ขอนแก่น	69		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

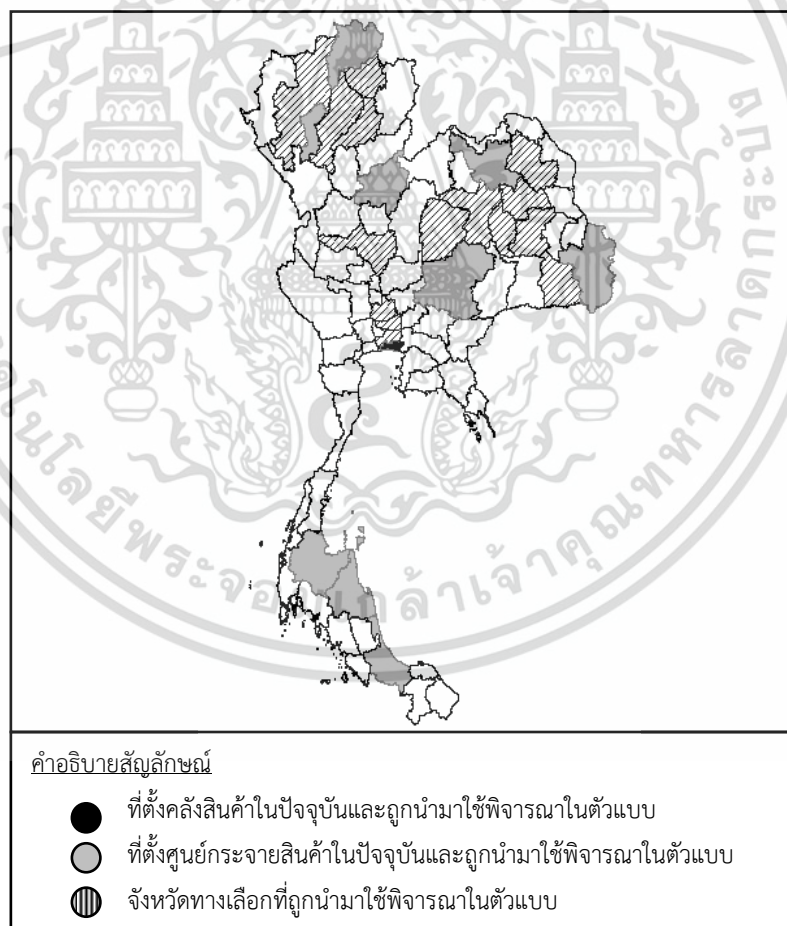
### 3.2.3 รายชื่อจังหวัดที่ใช้ในการพิจารณาคำแหน่งที่ตั้ง

รายชื่อจังหวัดที่เหมาะสมเป็นคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าที่จะนำไปใช้ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ผู้วิจัยได้พิจารณาจาก 2 ปัจจัยดังนี้

1) เป็นจังหวัดที่มีความต้องการสินค้าในปริมาณมากซึ่งมีความต้องการสินค้ามากกว่า 200 กล่องต่อเดือน และตั้งอยู่บริเวณตรงกลางในแต่ละภูมิภาค เพราะจะช่วยลดปริมาณเที่ยวรถที่ต้องขนส่งสินค้าข้ามจังหวัดและเป็นจุดที่สามารถกระจายสินค้าไปยังจังหวัดใกล้เคียงได้ทุกทิศทาง

2) เป็นจังหวัดที่มีคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าตั้งอยู่ในปัจจุบัน

ผลการคัดเลือกเบื้องต้นได้รายชื่อจังหวัดที่เหมาะสมทั้งหมด 25 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย ลำพูน พิชณุโลก นครราชสีมา อุดรธานี อุบลราชธานี นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี สงขลา สมุทรปราการ อโยธยา ปทุมธานี กรุงเทพฯ นครสวรรค์ พะเยาแพร่ เชียงใหม่ ลำปาง ร้อยเอ็ด ชัยภูมิ มหาสารคาม สกลนคร ขอนแก่น กาฬสินธุ์ และศรีสะเกษ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนที่แสดงจังหวัดที่ใช้พิจารณาสำหรับตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 ต้นทุนการดำเนินงานของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่ง

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งที่มีอยู่ในปัจจุบันจะอ้างอิงจากข้อมูลค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยต่อเดือนที่ได้รับจากทางบริษัท ซึ่งในส่วนของคลังสินค้าที่มีอยู่ 1 แห่งมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ประมาณ 5,000,000 บาท เนื่องจากคลังสินค้าเป็นสถานที่สำหรับเก็บรักษาสินค้าไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิตลอดเวลาระหว่างรอนำส่งลูกค้าจึงมีค่าใช้จ่ายที่สูง ดังนั้น ต้นทุนการดำเนินงานสำหรับคลังสินค้าที่จะนำไปใช้ในต้นแบบทางคณิตศาสตร์จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5,000,000 บาททุกจังหวัด

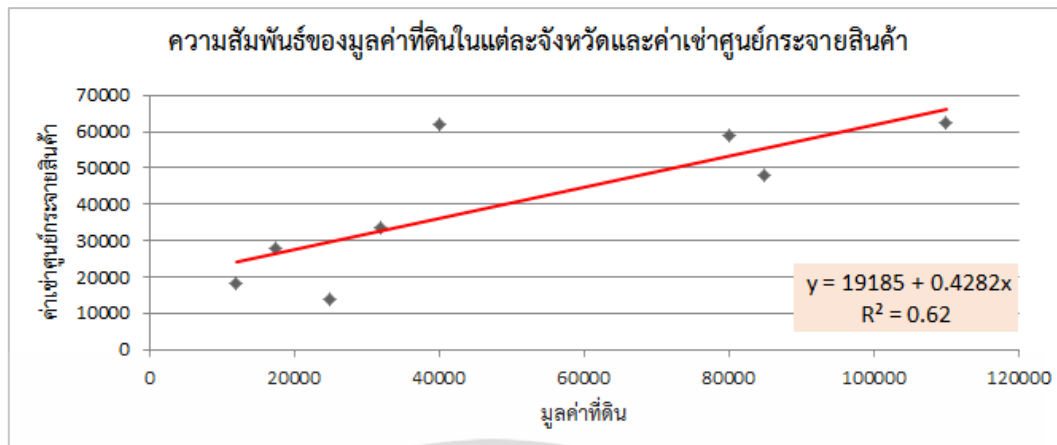
ในส่วนของศูนย์กระจายสินค้าหากไม่นับค่าเช่าสถานที่ที่มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ประมาณ 100,000 บาท ซึ่งค่าเช่าสถานที่ในแต่ละแห่งจะมีความแตกต่างกัน เนื่องจากบางแห่งเช่าพื้นที่ของเอกชน แต่บางแห่งใช้พื้นที่ของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ได้แก่ ศูนย์กระจายสินค้าที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ทำให้มีค่าใช้จ่ายในส่วนค่าเช่าสถานที่ต่ำกว่าจังหวัดอื่นๆ ดังตารางที่ 3.5 เมื่อนำมูลค่าที่ดินที่อ้างอิงข้อมูลจากกรมธนารักษ์และค่าเช่าศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน ยกเว้นจังหวัดนครศรีธรรมราช มาพิจารณาความสัมพันธ์โดยใช้ scatter plot และ trend line ในโปรแกรม microsoft excel ดังรูปที่ 3.3 จะได้สมการเชิงเส้นหรือสมการ regression ตามสมการที่ 3.4 และค่า  $R^2 = 0.62$  เมื่อ  $x$  แทน มูลค่าที่ดินในแต่ละจังหวัด และ  $y$  แทน ค่าเช่าศูนย์กระจายสินค้า ดังนั้น ต้นทุนการดำเนินงานสำหรับศูนย์กระจายสินค้าที่จะนำไปใช้ในต้นแบบทางคณิตศาสตร์จะแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ 1) ศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ในปัจจุบันจะใช้ต้นทุนรวมในตารางที่ 3.5 ซึ่งมาจากข้อมูลค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยต่อเดือน 2) ศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่จะใช้ต้นทุนรวมในตารางที่ 3.6 ซึ่งมาจากค่าเช่าสถานที่ที่คำนวณจากสมการ regression ตามสมการที่ 3.4 เมื่อแทน  $x$  ด้วยมูลค่าที่ดินของแต่ละจังหวัดรวมกับค่าดำเนินงานอีก 100,000 บาท/เดือน

ตารางที่ 3.5 ต้นทุนการดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งในปัจจุบัน (บาท/เดือน)

รายชื่อจังหวัด	มูลค่าที่ดิน (บาท/ตร.วา)	ค่าเช่าสถานที่ (บาท/เดือน)	ค่าดำเนินงาน (บาท/เดือน)	ต้นทุนรวม (บาท/เดือน)
1. เชียงราย	85,000	48,000	100,000	148,000
2. ลำพูน	12,000	18,192	100,000	118,192
3. พิษณุโลก	80,000	59,000	100,000	159,000
4. นครราชสีมา	110,000	62,640	100,000	162,640
5. อุตรธานี	40,000	61,864	100,000	161,864
6. อุบลราชธานี	32,000	33,690	100,000	133,690
7. นครศรีธรรมราช	-	1,154	100,000	101,154
8. สุราษฎร์ธานี	25,000	14,008	100,000	114,008
9. สงขลา	17,500	28,000	100,000	128,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ของมูลค่าที่ดินในแต่ละจังหวัดและค่าเช่าศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 8 แห่ง

$$y = 19,185 + 0.4282x \quad (3.4)$$

ตารางที่ 3.6 ต้นทุนการดำเนินงานสำหรับศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่ (บาท/เดือน)

รายชื่อจังหวัด	มูลค่าที่ดิน (บาท/ตร.วา)	ค่าเช่าสถานที่ (บาท/เดือน)	ค่าดำเนินงาน (บาท/เดือน)	ต้นทุนรวม (บาท/เดือน)
1. สมุทรปราการ	160,000	87,697	100,000	187,697
2. อุดรธานี	50,000	40,595	100,000	140,595
3. ปทุมธานี	100,000	62,005	100,000	162,005
4. กรุงเทพฯ	1,000,000	447,385	100,000	547,385
5. นครสวรรค์	107,500	65,217	100,000	165,217
6. พะเยา	58,000	44,021	100,000	144,021
7.แพร่	42,500	37,384	100,000	137,384
8. เชียงใหม่	250,000	126,235	100,000	226,235
9. ลำปาง	59,500	44,663	100,000	144,663
10. ร้อยเอ็ด	80,000	53,441	100,000	153,441
11. ชัยภูมิ	53,500	42,094	100,000	142,094
12. มหาสารคาม	60,000	44,877	100,000	144,877
13. สกลนคร	62,000	45,733	100,000	145,733
14. ขอนแก่น	200,000	104,825	100,000	204,825
15. กาฬสินธุ์	33,500	33,530	100,000	133,530
16. ศรีสะเกษ	40,000	36,313	100,000	136,313

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.5 ระยะทางการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง

การคำนวณระยะทางการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางเพื่อนำไปใช้กับตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ มีขั้นตอนดังนี้

3.2.4.1 เก็บรวบรวมข้อมูลพิกัด Latitude/Longitude ของศาลากลางประจำจังหวัดจาก Google Map เพื่อใช้เป็นตัวแทนตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละจังหวัด

3.2.4.2 ใช้ค่าพิกัด Latitude/Longitude ของแต่ละจังหวัดที่เก็บรวบรวมจากข้อ

3.2.4.1 ในการหาระยะทางระหว่างต้นทาง-ปลายทางแต่ละคู่จาก Google Map โดยกำหนดให้เซต  $I$  คือ คลังสินค้า  $\{1,2,3,\dots,25\}$  เซต  $J$  คือ ศูนย์กระจายสินค้า  $\{1,2,3,\dots,25\}$  เซต  $K$  คือ ลูกค้าปลายทาง  $\{1,2,3,\dots,77\}$  และแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ช่วงดังนี้ 1) ระยะทางจากคลังสินค้า  $i$  ไปยังศูนย์กระจายสินค้า  $j$  2) ระยะทางจากคลังสินค้า  $i$  หรือศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ไปยังลูกค้าปลายทาง  $k$  แสดงดังตารางที่ 3.7 และตารางที่ 3.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.7 ระยะทางจากคลังสินค้า  $i$  ไปยังศูนย์กระจายสินค้า  $j$  (หน่วย : กิโลเมตร)

$i/j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	25
1	0	216	384	745	650	989	1,510	1,401	1,706	...	796
2	212	0	317	679	583	922	1,416	1,308	1,609	...	874
3	381	320	0	384	360	628	1,127	995	1,319	...	579
4	749	688	391	0	316	341	1,002	893	1,198	...	280
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25	937	875	578	284	382	63	1,281	1,172	1,477	...	0

ตารางที่ 3.8 ระยะทางจากคลังสินค้า  $i$  หรือศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ไปยังลูกค้าปลายทาง  $k$

(หน่วย : กิโลเมตร)

$i, j/k$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	77
1	0	216	384	745	650	989	1,510	1,401	1,706	...	1,830
2	212	0	317	679	583	922	1,416	1,308	1,609	...	1,733
3	381	320	0	384	360	628	1,127	995	1,319	...	1,440
4	749	688	391	0	316	341	1,002	893	1,198	...	1,323
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25	937	875	578	284	382	63	1,281	1,172	1,477	...	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ในการนำไปใช้แก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับการลดต้นทุนการขนส่งสินค้าควรคำนึงถึงต้นทุนการขนส่งโดยรวมที่เกิดจากทุกๆ กิจกรรมในกระบวนการขนส่งเพื่อให้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่ต้องการแก้ปัญหามากที่สุด ข้อมูลต้นทุนการขนส่งสินค้าที่จะนำมาพิจารณาในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าในครั้งนี้ ประกอบไปด้วยต้นทุนคงที่ ได้แก่ ต้นทุนการดำเนินงานกิจกรรมของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าหนึ่งแห่งโดยเฉลี่ย ต้นทุนผันแปรและต้นทุนเที่ยวกลับ ได้แก่ ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตไปยังคลังสินค้า  $i$  ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้า  $i$  ไปยังศูนย์กระจายสินค้า  $j$  และลูกค้า  $k$  ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ไปยังลูกค้า  $k$

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เป็นกำหนดการเชิงเส้น จะมีรูปแบบมาตรฐานอยู่ 2 รูปแบบขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาที่ต้องการพิจารณา ได้แก่ ปัญหาที่ต้องการหาค่าสูงสุด (Maximization) หรือปัญหาที่ต้องการหาค่าต่ำสุด (Minimization) เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ ต้องการค้นหาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด จึงกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นการหาค่าต่ำสุด และจะทำการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ตัวแบบ โดยตัวแบบที่ 1 จะพิจารณาเฉพาะตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าเท่านั้น ส่วนตัวแบบที่ 2 จะพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าไปพร้อมๆ กัน นอกจากนี้ ผู้วิจัยจะทำการนำตัวแบบที่ 2 มาวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อดูผลลัพธ์ที่ได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรายละเอียดแต่ละหัวข้อ มีดังนี้

**3.3.1 ตัวแบบที่ 1 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด (เมื่อศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลง)**

เซต (Set)

$I$  คือ คลังสินค้า  $\{1,2,3,\dots,25\}$

$J$  คือ ศูนย์กระจายสินค้า  $\{1,2,3,\dots,9\}$

$K$  คือ ลูกค้าปลายทาง  $\{1,2,3,\dots,77\}$

## พารามิเตอร์ (Parameters)

$F_j$  คือ ต้นทุนการดำเนินการของศูนย์กระจายสินค้า  $j$

$D_i$  คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจาก จ.ระยองไปยังคลังสินค้า  $i$

$D_{ij}$  คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้า  $i$  ไปยังศูนย์กระจายสินค้า  $j$

$D_{ik}$  คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้า  $i$  ไปยังลูกค้า  $k$

$D_{jk}$  คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ไปยังลูกค้า  $k$

$R_i$  คือ จำนวนเที่ยวรถบรรทุกทุก 18 ล้อสำหรับขนส่งสินค้าจาก จ.ระยองไปยังคลังสินค้า  $i$

$R_j$  คือ จำนวนเที่ยวรถบรรทุกทุก 18 ล้อสำหรับขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าที่กำหนดไปยังศูนย์กระจายสินค้า  $j$

$N_i$  คือ จำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อสำหรับขนส่งสินค้าภายในจังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็นคลังสินค้า  $i$

$N_j$  คือ จำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อสำหรับขนส่งสินค้าภายในจังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้า  $j$

$N_k$  คือ จำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อสำหรับขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า  $k$

$Q_k$  คือ ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า  $k$

## ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$Y_i \in \{0,1\}$  โดย  $Y_i = 1$  ถ้าเลือกตั้งคลังสินค้าที่ตำแหน่ง  $i$  มิฉะนั้น  $Y_i = 0$

$X_{ij} \in \{0,1\}$  โดย  $X_{ij} = 1$  ถ้าคลังสินค้า  $i$  ทำการส่งสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า  $j$  มิฉะนั้น  $X_{ij} = 0$

$X_{ik} \in \{0,1\}$  โดย  $X_{ik} = 1$  ถ้าคลังสินค้า  $i$  ทำการส่งสินค้าไปยังลูกค้า  $k$  มิฉะนั้น  $X_{ik} = 0$

$X_{jk} \in \{0,1\}$  โดย  $X_{jk} = 1$  ถ้าศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ทำการส่งสินค้าไปยังลูกค้า  $k$  มิฉะนั้น  $X_{jk} = 0$

## ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & (5,000,000 \times \sum_{i=1}^{25} Y_i) + (\sum_{j=1}^9 F_j) + (38 \times \sum_{i=1}^{25} D_i R_i Y_i) + (38 \times \sum_{i=1}^{25} \sum_{j=1}^9 D_{ij} R_j X_{ij}) \\ & + (1,850 \times (\sum_{i=1}^{25} N_i Y_i + \sum_{j=1}^9 N_j)) + (22 \times \sum_{i=1}^{25} \sum_{k=1}^{77} D_{ik} N_k X_{ik}) + (22 \times \sum_{j=1}^9 \sum_{k=1}^{77} D_{jk} N_k X_{jk}) \quad (3.5) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^{25} Y_i \geq 1 \quad (3.6)$$

$$\sum_{i=1}^{25} X_{ik} + \sum_{j=1}^9 X_{jk} = 1 \quad ; \forall k \quad (3.7)$$

$$\sum_{i=1}^{25} X_{ij} = 1 \quad ; \forall j \quad (3.8)$$

$$X_{ij} \leq Y_i \quad ; \forall i, \forall j \quad (3.9)$$

$$X_{ij} = 0 \quad ; \forall i = j \quad (3.10)$$

$$X_{ik} \leq Y_i \quad ; \forall i, \forall k \quad (3.11)$$

$$R_i \geq (\sum_{k=1}^{77} Q_k X_{ik} + \sum_{j=1}^9 \sum_{k=1}^{77} Q_k X_{jk} X_{ij}) / 60 \quad ; \forall i \quad (3.12)$$

$$R_j \geq (\sum_{k=1}^{77} Q_k X_{jk}) / 60 \quad ; \forall j \quad (3.13)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \quad ; \forall i \quad (3.14)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, \forall j \quad (3.15)$$

$$X_{ik} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, \forall k \quad (3.16)$$

$$X_{jk} \in \{0,1\} \quad ; \forall j, \forall k \quad (3.17)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์หรือสมการเป้าหมาย (3.5) เป็นการหาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด โดยพจน์ที่ 1 แทนต้นทุนการดำเนินงานของคลังสินค้า พจน์ที่ 2 แทนต้นทุนการดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้า พจน์ที่ 3 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากจ.ระยอง ไปยังคลังสินค้า พจน์ที่ 4 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า พจน์ที่ 5 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าภายในจังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็นคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้า พจน์ที่ 6 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังลูกค้า และพจน์ที่ 7 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า สมการข้อจำกัด (3.6) เป็นการยืนยันว่าคลังสินค้าต้องมีอย่างน้อย 1 แห่ง สมการข้อจำกัด (3.7) เป็นการยืนยันว่าลูกค้าทุกจังหวัดจะได้รับสินค้า สมการข้อจำกัด (3.8) และ (3.9) เป็นการยืนยันว่าศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ที่เปิดให้บริการจะได้รับสินค้าจากคลังสินค้าแค่เพียง 1 แห่งและเป็นคลังสินค้า  $i$  ที่เปิดให้บริการเท่านั้น สมการข้อจำกัด (3.10) เป็นการยืนยันว่าใน 1 จังหวัดจะมีแค่คลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าแค่เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น สมการข้อจำกัด (3.11) เป็นการยืนยันว่าลูกค้าที่  $k$  จะได้รับสินค้าจากคลังสินค้า  $i$  ที่เปิดให้บริการเท่านั้น สมการข้อจำกัด (3.12) เป็นการคำนวณหาจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่ต้องวิ่งจาก จ.ระยอง ไปยังคลังสินค้า  $i$  ที่เปิดให้บริการ สมการข้อจำกัด (3.13) เป็นการคำนวณหาจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่ต้อง

วิ่งจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ที่เปิดให้บริการ สมการข้อจำกัด (3.14) ถึง (3.17) เป็นข้อจำกัดเชิงตัวเลขของตัวแปรตัดสินใจ

### 3.3.2 ตัวแบบที่ 2 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด

เซต (Set)

$I$  คือ คลังสินค้า  $\{1,2,3,\dots,25\}$

$J$  คือ ศูนย์กระจายสินค้า  $\{1,2,3,\dots,25\}$

$K$  คือ ลูกค้าปลายทาง  $\{1,2,3,\dots,77\}$

พารามิเตอร์ (Parameters)

$F_j$  คือ ต้นทุนการดำเนินการของศูนย์กระจายสินค้า  $j$

$D_i$  คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจาก จ.ระยองไปยังคลังสินค้า  $i$

$D_{ij}$  คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้า  $i$  ไปยังศูนย์กระจายสินค้า  $j$

$D_{ik}$  คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้า  $i$  ไปยังลูกค้า  $k$

$D_{jk}$  คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ไปยังลูกค้า  $k$

$R_i$  คือ จำนวนเที่ยวรถบรรทุก 18 ล้อสำหรับขนส่งสินค้าจาก จ.ระยองไปยังคลังสินค้า  $i$

$R_j$  คือ จำนวนเที่ยวรถบรรทุก 18 ล้อสำหรับขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าที่กำหนดไปยังศูนย์กระจายสินค้า  $j$

$N_i$  คือ จำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อสำหรับขนส่งสินค้าภายในจังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็นคลังสินค้า  $i$

$N_j$  คือ จำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อสำหรับขนส่งสินค้าภายในจังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้า  $j$

$N_k$  คือ จำนวนเที่ยวรถกระบะ 4 ล้อสำหรับขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า  $k$

$Q_k$  คือ ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า  $k$

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$Y_i \in \{0,1\}$  โดย  $Y_i = 1$  ถ้าเลือกตั้งคลังสินค้าที่ตำแหน่ง  $i$  มิฉะนั้น  $Y_i = 0$

$Z_j \in \{0,1\}$  โดย  $Z_j = 1$  ถ้าเลือกตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ตำแหน่ง  $j$  มิฉะนั้น  $Z_j = 0$

$X_{ij} \in \{0,1\}$  โดย  $X_{ij} = 1$  ถ้าคลังสินค้า  $i$  ทำการส่งสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า  $j$   
มิฉะนั้น  $X_{ij} = 0$

$X_{ik} \in \{0,1\}$  โดย  $X_{ik} = 1$  ถ้าคลังสินค้า  $i$  ทำการส่งสินค้าไปยังลูกค้า  $k$  มิฉะนั้น  $X_{ik} = 0$

$X_{jk} \in \{0,1\}$  โดย  $X_{jk} = 1$  ถ้าศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ทำการส่งสินค้าไปยังลูกค้า  $k$   
มิฉะนั้น  $X_{jk} = 0$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & (5,000,000 \times \sum_{i=1}^{25} Y_i) + (\sum_{j=1}^{25} F_j Z_j) + (38 \times \sum_{i=1}^{25} D_i R_i Y_i) + (38 \times \sum_{i=1}^{25} \sum_{j=1}^{25} D_{ij} R_j X_{ij}) \\ & + (1,850 \times (\sum_{i=1}^{25} N_i Y_i + \sum_{j=1}^{25} N_j Z_j)) + (22 \times \sum_{i=1}^{25} \sum_{k=1}^{77} D_{ik} N_k X_{ik}) + (22 \times \sum_{j=1}^{25} \sum_{k=1}^{77} D_{jk} N_k X_{jk}) \quad (3.18) \end{aligned}$$

ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^{25} Y_i \geq 1 \quad (3.19)$$

$$\sum_{i=1}^{25} X_{ik} + \sum_{j=1}^{25} X_{jk} = 1 \quad ; \forall k \quad (3.20)$$

$$\sum_{i=1}^{25} X_{ij} = Z_j \quad ; \forall j \quad (3.21)$$

$$X_{ij} \leq Y_i \quad ; \forall i, \forall j \quad (3.22)$$

$$X_{ij} = 0 \quad ; \forall i = j \quad (3.23)$$

$$X_{ik} \leq Y_i \quad ; \forall i, \forall k \quad (3.24)$$

$$X_{jk} \leq Z_j \quad ; \forall j, \forall k \quad (3.25)$$

$$R_i \geq (\sum_{k=1}^{77} Q_k X_{ik} + \sum_{j=1}^{25} \sum_{k=1}^{77} Q_k X_{jk} X_{ij}) / 60 \quad ; \forall i \quad (3.26)$$

$$R_j \geq (\sum_{k=1}^{77} Q_k X_{jk}) / 60 \quad ; \forall j \quad (3.27)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \quad ; \forall i \quad (3.28)$$

$$Z_j \in \{0,1\} \quad ; \forall j \quad (3.29)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, \forall j \quad (3.30)$$

$$X_{ik} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, \forall k \quad (3.31)$$

$$X_{jk} \in \{0,1\} \quad ; \forall j, \forall k \quad (3.32)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์หรือสมการเป้าหมาย (3.18) เป็นการหาตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด โดยพจน์ที่ 1 แทนต้นทุนการดำเนินงานของคลังสินค้า พจน์ที่ 2 แทนต้นทุนการดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้า พจน์ที่ 3 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจาก จ.ระยอง ไปยังคลังสินค้า พจน์ที่ 4 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า พจน์ที่ 5 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าภายในจังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็นคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้า พจน์ที่ 6 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังลูกค้า และพจน์ที่ 7 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า สมการข้อจำกัด (3.19) เป็นการยืนยันว่าคลังสินค้าต้องมีอย่างน้อย 1 แห่ง สมการข้อจำกัด (3.20) เป็นการยืนยันว่าลูกค้าทุกจังหวัดจะได้รับสินค้า สมการข้อจำกัด (3.21) และ (3.22) เป็นการยืนยันว่าศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ที่เปิดให้บริการจะได้รับสินค้าจากคลังสินค้าแค่เพียง 1 แห่งและเป็นคลังสินค้า  $i$  ที่เปิดให้บริการเท่านั้น สมการข้อจำกัด (3.23) เป็นการยืนยันว่าใน 1 จังหวัดจะมีแค่คลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าแค่เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น สมการข้อจำกัด (3.24) และ (3.25) เป็นการยืนยันว่าลูกค้าที่  $k$  จะได้รับสินค้าจากคลังสินค้า  $i$  หรือศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ที่เปิดให้บริการเท่านั้น สมการข้อจำกัด (3.26) เป็นการคำนวณหาจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่ต้องวิ่งจาก จ.ระยอง ไปยังคลังสินค้า  $i$  ที่เปิดให้บริการ สมการข้อจำกัด (3.27) เป็นการคำนวณหาจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่ต้องวิ่งจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า  $j$  ที่เปิดให้บริการ สมการข้อจำกัด (3.28) ถึง (3.32) เป็นข้อจำกัดเชิงตัวเลขของตัวแปรตัดสินใจ

### 3.3.3 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง

ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะทำการนำตัวแบบที่ 2 มาวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อดูการเปลี่ยนไปของผลลัพธ์ที่ได้เมื่อค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องหรือตัวแปรต้นในตัวแบบมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณามีทั้งหมด 6 ปัจจัยดังนี้ 1) จำนวนบรรทุกของรถบรรทุก 18 ล้อ 2) จำนวนบรรทุกของรถกระบะ 4 ล้อ 3) ต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อ 4) ต้นทุนการขนส่งของรถกระบะ 4 ล้อ 5) ค่าเช่าสำหรับศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่และ 6) ต้นทุนคลังสินค้า โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสถานการณ์ต่างๆ ที่คาดว่าจะเกิดความเป็นไปได้ในการดำเนินงานจริง เช่น ค่าเชื้อเพลิงยานพาหนะที่เปลี่ยนไปซึ่งส่งผลกับต้นทุนการขนส่งโดยตรงหรือการปรับรูปแบบการบรรทุกสินค้าที่อาจทำให้ยานพาหนะมีจำนวนบรรทุกเพิ่มขึ้น เป็นต้น ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 การจำลองสถานการณ์เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง

สถานการณ์/ ปัจจัย	จำนวนบรรทุก ของรถ 18 ล้อ	จำนวนบรรทุก ของรถ 4 ล้อ	ต้นทุนการขนส่ง ของรถ 18 ล้อ	ต้นทุนการขนส่ง ของรถ 4 ล้อ	ต้นทุนศูนย์ กระจายสินค้า	ต้นทุน คลังสินค้า
1	เพิ่มขึ้น 15%					
2		เพิ่มขึ้น 15%				
3		เพิ่มขึ้น 30%				
4			เพิ่มขึ้น 15%			
5			ลดลง 15%			
6				เพิ่มขึ้น 15%		
7				ลดลง 15%		
8					เพิ่มขึ้น 30%	
9					ลดลง 30%	
10	เพิ่มขึ้น 15%		เพิ่มขึ้น 15%			
11		เพิ่มขึ้น 15%		เพิ่มขึ้น 15%		
12	เพิ่มขึ้น 15%	เพิ่มขึ้น 15%				
13			เพิ่มขึ้น 15%	เพิ่มขึ้น 15%		
14			ลดลง 15%	ลดลง 15%		
15	เพิ่มขึ้น 15%	เพิ่มขึ้น 15%	เพิ่มขึ้น 15%	เพิ่มขึ้น 15%		
16						ลดลง

### 3.4 การประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO

หลังจากได้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าซึ่งเปรียบเสมือนการแปลงเป้าหมายและข้อจำกัดต่างๆ จากปัญหาจริงให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนต่อไปคือการนำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้ มาแปลงให้อยู่ในรูปแบบของภาษาที่ใช้ในโปรแกรม LINGO ซึ่งเปรียบเสมือนการป้อนข้อมูลให้กับโปรแกรมเพื่อทำการวิเคราะห์และประมวลผล ขั้นตอนในการแปลงตัวแบบแบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้ การนิยามเซต การนิยามพารามิเตอร์ การนิยามตัวแปรตัดสินใจ การนิยามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และการนิยามข้อจำกัด ในการแปลงตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อนำข้อมูลเข้าโปรแกรม LINGO สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.4 สำหรับตัวแบบที่ 1 และรูปที่ 3.5 สำหรับตัวแบบที่ 2 หลังจากนั้นทำการประมวลผลด้วยคำสั่ง Solve

```

Sets:
  WH: Ni, Ri, Di, Yi;
  DC: Nj, Fj, Rj;
  Cus: Nk, Qk;
  IK(WH,Cus): Dik, Xik;
  IJ(WH,DC): Dij, Xij;
  JK(DC,Cus): Djk, Xjk;

End sets
Data:
  WH = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Ni = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  DC = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Nj = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Fj = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Cus = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Nk = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Qk = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Di = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Dik = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Dij = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Djk = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);

End data
!Objective Function;
Min = (@sum(WH(i): 500000*Yi(i)) + @sum(DC(j): Fj(j))
  + @sum(WH(i): 38*Di(i)*Ri(i)*Yi(i)) + @sum(IJ(i,j): 38*Dij(i,j)*Rj(j)*Xij(i,j))
  + (1850*(@sum(WH(i): Ni(i)*Yi(i))+@sum(DC(j): Nj(j))))
  + @sum(IK(i,k): 22*Dik(i,k)*Nk(k)*Xik(i,k)) + @sum(JK(j,k): 22*Djk(j,k)*Nk(k)*Xjk(j,k)));

!Constraints;
@sum(WH(i): Yi(i)) >= 1;
@for(Cus(k): (@sum(WH(i): Xik(i,k))+@sum(DC(j): Xjk(j,k))) = 1);
@for(DC(j): @sum(WH(i): Xij(i,j)) = 1);
@for(IJ(i,j): Xij(i,j) <= Yi(i));
@for(DC(j): Xij(j,j) = 0);
@for(IK(i,k): Xik(i,k) <= Yi(i));
@for(WH(i): Ri(i) >= (@sum(Cus(k): Qk(k)*Xik(i,k)) + @sum(JK(j,k): Qk(k)*Xjk(j,k)*Xij(i,j)))/60);
@for(DC(j): Rj(j) >= @sum(Cus(k): Qk(k)*Xjk(j,k))/60);
@for(WH(i): @Bin(Yi));
@for(IJ(i,j): @Bin(Xij));
@for(IK(i,k): @Bin(Xik));
@for(JK(j,k): @Bin(Xjk));
@for(WH(i): @Gin(Ri));
@for(DC(j): @Gin(Rj));

```

รูปที่ 3.4 การแปลงตัวแบบเพื่อทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO สำหรับตัวแบบที่ 1

```

Sets:
  WH: Ni, Ri, Di, Yi;
  DC: Nj, Fj, Rj;
  Cus: Nk, Qk;
  IK(WH,Cus): Dik, Xik;
  IJ(WH,DC): Dij, Xij;
  JK(DC,Cus): Djk, Xjk;

End sets
Data:
  WH = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Ni = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  DC = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Nj = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Fj = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Cus = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Nk = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Qk = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Di = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Dik = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Dij = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);
  Djk = @OLE(D:\LINGO\Thesis\MathModel.xlsx);

End data
!Objective Function;
Min = (@sum(WH(i): 500000*Yi(i)) + @sum(DC(j): Fj(j)*Zj(j))
  + @sum(WH(i): 38*Di(i)*Ri(i)*Yi(i)) + @sum(IJ(i,j): 38*Dij(i,j)*Rj(j)*Xij(i,j))
  + (1850*(@sum(WH(i): Ni(i)*Yi(i))+@sum(DC(j): Nj(j)*Zj(j))))
  + @sum(IK(i,k): 22*Dik(i,k)*Nk(k)*Xik(i,k)) + @sum(JK(j,k): 22*Djk(j,k)*Nk(k)*Xjk(j,k)));

!Constraints;
@sum(WH(i): Yi(i)) >= 1;
@for(Cus(k): (@sum(WH(i): Xik(i,k))+@sum(DC(j): Xjk(j,k))) = 1);
@for(DC(j): @sum(WH(i): Xij(i,j)) = Zj(j));
@for(IJ(i,j): Xij(i,j) <= Yi(i));
@for(WH(i): Xij(i,i) = 0);
@for(IK(i,k): Xik(i,k) <= Yi(i));
@for(JK(j,k): Xjk(j,k) <= Zj(j));
@for(WH(i): Ri(i) >= (@sum(Cus(k): Qk(k)*Xik(i,k)) + @sum(JK(j,k): Qk(k)*Xjk(j,k)*Xij(i,j)))/60);
@for(DC(j): Rj(j) >= @sum(Cus(k): Qk(k)*Xjk(j,k))/60);
@for(WH(i): @Bin(Yi));
@for(DC(j): @Bin(Zj));
@for(IJ(i,j): @Bin(Xij));
@for(IK(i,k): @Bin(Xik));
@for(JK(j,k): @Bin(Xjk));
@for(WH(i): @Gin(Ri));
@for(DC(j): @Gin(Rj));

```

รูปที่ 3.5 การแปลงตัวแบบเพื่อทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม LINGO สำหรับตัวแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้กับการแข่งขันเพื่อชิงเงินรางวัล เมื่อผู้เขียนได้ยื่นใบสมัครเข้าแข่งขันแล้ว  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลลัพธ์ของตัวแบบจะพิจารณาจากคำตอบของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ซึ่งก็คือ ต้นทุนการขนส่งสินค้าที่ต่ำที่สุดและคำตอบของตัวแปรตัดสินใจซึ่งก็คือตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้าและพื้นที่ให้บริการแต่ละแห่ง ดังนี้

- ถ้า  $Y_i = 1$  แสดงว่า ควรตั้งคลังสินค้าที่ตำแหน่ง  $i$
- ถ้า  $Z_j = 1$  แสดงว่า ควรตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ตำแหน่ง  $j$
- ถ้า  $X_{ij} = 1$  แสดงว่า คลังสินค้าที่ตำแหน่ง  $i$  จะทำการส่งสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าที่ตำแหน่ง  $j$
- ถ้า  $X_{ik} = 1$  แสดงว่า คลังสินค้าที่ตำแหน่ง  $i$  จะทำการส่งสินค้าไปยังลูกค้าที่ตำแหน่ง  $k$
- ถ้า  $X_{jk} = 1$  แสดงว่า ศูนย์กระจายสินค้าที่ตำแหน่ง  $j$  จะทำการส่งสินค้าไปยังลูกค้าที่ตำแหน่ง  $k$

ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดจะนำเสนอไว้ในบทที่ 4

### 3.5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะที่ได้หลังจากทำการศึกษาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา บริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด ตลอดจนภาพรวมของการปรับปรุงวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อลดต้นทุนการขนส่งสินค้าให้ได้มากยิ่งขึ้นโดยที่ผลลัพธ์ของตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ายังคงไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดจะนำเสนอไว้ในบทที่ 5

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งต้นทุนการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ของบริษัท ไพรซิเนีย ไทยดิสทริบิวชั่น จำกัด ในปัจจุบัน ถ้าหากพิจารณาตั้งแต่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของคลังสินค้า และศูนย์กระจายสินค้า การขนย้ายสินค้าจากต้นทางคือ บริษัทผู้ผลิตที่จังหวัดระยองไปยังคลังสินค้าที่จังหวัดสมุทรปราการ การขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า ตลอดจนการกระจายสินค้าจากคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าจังหวัดต่างๆ จะมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 22,010,384 บาทต่อเดือน แต่จากผลการศึกษาพบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบที่นำเสนอทั้ง 2 ตัวแบบ มีต้นทุนการขนส่งสินค้าเฉลี่ยต่อเดือนที่ต่ำกว่าโดยรายละเอียดทั้งหมดจะนำเสนอเรียงตามหัวข้อดังนี้

4.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบที่ 1 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด (เมื่อศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลง)

4.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบที่ 2 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด

4.3 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง

4.4 การอภิปรายผล

**4.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบที่ 1 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด (เมื่อศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลง)**

ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า ต้นทุนการขนส่งสินค้ามีค่าเท่ากับ 21,840,134 บาทต่อเดือน โดยเลือกตั้งคลังสินค้า 1 แห่งที่จังหวัดสมุทรปราการและศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลง แม้ว่าตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าจะยังคงอยู่ที่เดิม และมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะในส่วนพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้าเท่านั้นได้แก่ 1) จ.แม่ฮ่องสอน ย้ายมาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.เชียงราย 2) จ.นครสวรรค์ จ.แพร่ และจ.ลำปาง ย้ายมาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.พิษณุโลก และ 3) จ.ภูเก็ต และ จ.สตูล ย้ายมาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.นครศรีธรรมราช แต่ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมได้ถึง 170,250 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 0.77 ดังตารางที่ 4.1 สำหรับพื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งที่ได้จากโปรแกรม LINGO แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบที่ 2 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด

ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า ต้นทุนการขนส่งสินค้ามีค่าเท่ากับ 20,667,214 บาทต่อเดือน โดยเลือกตั้งคลังสินค้า 1 แห่งที่จังหวัดสมุทรปราการและศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 12 แห่งใน 12 จังหวัดได้แก่ จังหวัดลำพูน พิชณุโลก นครราชสีมา อุตรธานี สุราษฎร์ธานี สงขลา อุดรธานี พะเยา แพร่ มหาสารคาม สกลนคร และศรีสะเกษ ศูนย์กระจายสินค้าในปัจจุบันที่ไม่ถูกเลือกมีทั้งหมด 3 แห่ง ได้แก่ จังหวัดเชียงราย อุบลราชธานี และนครศรีธรรมราช แม้ว่าตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าจะยังคงอยู่ที่ตำแหน่งเดิม แต่การเปลี่ยนจำนวนและตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมทำให้ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมได้ถึง 1,343,170 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 6.10 ดังตารางที่ 4.1 สำหรับพื้นที่การให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งที่ได้จากโปรแกรม LINGO แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบที่ 1 และตัวแบบที่ 2

รูปแบบการขนส่ง สินค้า	จำนวน		ต้นทุนการดำเนินงาน		ต้นทุนการขนส่งสินค้า		ต้นทุนรวม	ลดลง (บาท/เดือน)	ลดลง (%)
	WH	DC	WH	DC	รถ 18 ล้อ	รถ 4 ล้อ			
ก่อนการวิจัย	1	9	5,000,000	1,226,548	7,694,392	8,089,434	22,010,384	-	-
ตัวแบบที่ 1	1	9	5,000,000	1,226,548	7,547,978	8,065,608	21,840,134	170,250	0.77
ตัวแบบที่ 2	1	12	5,000,000	1,692,628	7,748,276	6,226,310	20,667,214	1,343,170	6.10

ตารางที่ 4.2 พื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่ได้จากตัวแบบที่ 1

ต้นทาง	พื้นที่ให้บริการ
คลังสินค้า สมุทรปราการ	สมุทรปราการ อุดรธานี กรุงเทพมหานคร ชลบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี ราชบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรสาคร นนทบุรี สระแก้ว ประจวบคีรีขันธ์ สระบุรี จันทบุรี ลพบุรี ระยอง เพชรบุรี ปราจีนบุรี กาญจนบุรี นครนายก อุทัยธานี ตราด ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง สมุทรสงคราม
1 DC เชียงราย	เชียงราย พะเยา น่าน แม่ฮ่องสอน
2 DC ลำพูน	ลำพูน เชียงใหม่
3 DC พิชณุโลก	พิษณุโลก นครสวรรค์ แพร่ ลำปาง เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร
4 DC นครราชสีมา	นครราชสีมา มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สุรินทร์
5 DC อุตรธานี	อุตรธานี สกลนคร ขอนแก่น กาฬสินธุ์ เลย นครพนม หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู
6 DC อุบลราชธานี	อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ยโสธร อำนาจเจริญ มุกดาหาร
7 DC นครศรีธรรมราช	นครศรีธรรมราช พัทลุง ตรัง กระบี่ ภูเก็ต สตูล
8 DC สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี พังงา ชุมพร ระนอง
9 DC สงขลา	สงขลา นราธิวาส ปัตตานี ยะลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 4.3 พื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าที่ได้จากตัวแบบที่ 2

ต้นทาง	พื้นที่ให้บริการ
คลังสินค้า สมุทรปราการ	สมุทรปราการ กรุงเทพฯ ชลบุรี นครปฐม ราชบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรสาคร นนทบุรี สระแก้ว ประจวบคีรีขันธ์ จันทบุรี ระยอง เพชรบุรี ปราจีนบุรี ตราด สมุทรสงคราม
1 DC ลำพูน	ลำพูน เชียงใหม่
2 DC พิษณุโลก	พิษณุโลก เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร
3 DC นครราชสีมา	นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์
4 DC อุดรธานี	อุดรธานี เลย หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู
5 DC สุราษฎร์ธานี	นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี กระบี่ ภูเก็ต พังงา ชุมพร ระนอง
6 DC สงขลา	สงขลา พัทลุง นราธิวาส สตูล ปัตตานี ยะลา ตรัง
7 DC อัญญา	อัญญา ปทุมธานี นครสวรรค์ สุพรรณบุรี สระบุรี ลพบุรี กาญจนบุรี นครนายก อุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง
8 DC พะเยา	เชียงราย พะเยา แม่ฮ่องสอน
9 DC แพร่	แพร่ ลำปาง น่าน
10 DC มหาสารคาม	มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ขอนแก่น กาฬสินธุ์ ยโสธร
11 DC สกลนคร	สกลนคร นครพนม มุกดาหาร
12 DC ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ อำนาจเจริญ

### 4.3 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องจะมีการเปลี่ยนแปลง

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ทำการนำตัวแบบที่ 2 มาวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อดูการเปลี่ยนไปของผลลัพธ์ที่ได้เมื่อค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณามีทั้งหมด 6 ปัจจัยดังนี้ จำนวนบรรทุกของรถ 18 ล้อ จำนวนบรรทุกของรถ 4 ล้อ ต้นทุนการขนส่งของรถ 18 ล้อ ต้นทุนการขนส่งของรถ 4 ล้อ ต้นทุนศูนย์กระจายสินค้าและต้นทุนคลังสินค้า โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสถานการณ์ต่างๆ ผลลัพธ์โดยภาพรวมพบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้ายังคงเป็น 1 แห่งและอยู่ที่ จ.สมุทรปราการ แต่จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในบางสถานการณ์ดังตารางที่ 4.5 ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมก็จะแตกต่างกันออกไปในแต่ละสถานการณ์ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งรายละเอียดแต่ละสถานการณ์สามารถสรุปได้ดังนี้

- สถานการณ์ที่ 1 ถ้าจำนวนบรรทุกของรถบรรทุก 18 ล้อเพิ่มขึ้น 15% (9 กล่อง) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ายังคงเหมือนเดิม ส่วนต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะลดลงตามจำนวนบรรทุกที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2 เนื่องจากจำนวนบรรทุกที่เพิ่มขึ้นทำให้จำนวนเที่ยวรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้าลดลง สำหรับพื้นที่การให้บริการของศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยได้แก่ 1) จ.แม่ฮ่องสอน ย้ายมาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.ลำพูน 2) จ.อุตรดิตถ์ ย้ายมาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์กระจายสินค้า จ.แพร่ และ 3) จ.ยโสธร ย้ายมาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.ศรีสะเกษ ดังตารางที่ 4.6

- สถานการณ์ที่ 2 ถ้าจำนวนบรรทุกของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15% (1 กล่อง) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ายังคงเหมือนเดิม ส่วนต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะลดลงตามจำนวนบรรทุกที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2 สำหรับพื้นที่การให้บริการของศูนย์กระจายสินค้ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยได้แก่ จ.ตรัง ย้ายมาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.สุราษฎร์ธานี ดังตารางที่ 4.7

- สถานการณ์ที่ 3 ถ้าจำนวนบรรทุกของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 30% (2 กล่อง) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้ายังคงเหมือนเดิม แต่จำนวนศูนย์กระจายสินค้าจะลดลงเหลือ 11 แห่งใน 11 จังหวัด ส่วนต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะลดลงตามจำนวนบรรทุกที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2 สำหรับพื้นที่การให้บริการของศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 11 แห่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.8

- สถานการณ์ที่ 4 ถ้าต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อเพิ่มขึ้น 15% (6 บาท/กม.) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ายังคงเหมือนเดิม ส่วนต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะเพิ่มขึ้นตามต้นทุนการขนส่งที่เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2 สำหรับพื้นที่การให้บริการของศูนย์กระจายสินค้ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยได้แก่ จ.ตรัง เช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ 2

- สถานการณ์ที่ 5 ถ้าต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อลดลง 15% (6 บาท/กม.) และสถานการณ์ที่ 6 ถ้าต้นทุนการขนส่งของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15% (3 บาท/กม.) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้ง ตลอดจนพื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งยังคงเหมือนเดิม แต่ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามต้นทุนการขนส่งที่เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2

- สถานการณ์ที่ 7 ถ้าต้นทุนการขนส่งของรถกระบะ 4 ล้อลดลง 15% (3 บาท/กม.) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้ายังคงเหมือนเดิม แต่จำนวนศูนย์กระจายสินค้าจะลดลงเหลือ 11 แห่งใน 11 จังหวัด ส่วนต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะลดลงตามต้นทุนการขนส่งที่เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2 สำหรับพื้นที่การให้บริการของศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 11 แห่งได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ 3

- สถานการณ์ที่ 8 ถ้าค่าเช่าศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่เพิ่มขึ้น 30% และสถานการณ์ที่ 9 ถ้าค่าเช่าศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่ลดลง 30% ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้ง ตลอดจนพื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งยังคงเหมือนเดิม แต่ต้นทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขนส่งสินค้าโดยรวมจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามค่าเช่าศูนย์กระจายสินค้าที่เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2

- สถานการณ์ที่ 10 ถ้าจำนวนบรรทุกและต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อเพิ่มขึ้น 15% ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ายังคงเหมือนเดิม ส่วนต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2 สำหรับพื้นที่การให้บริการของศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยได้แก่ 1) จ.แม่ฮ่องสอน ย้ายมาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.ลำพูน และ 2) จ.ยโสธร ย้ายมาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.ศรีสะเกษ ดังตารางที่ 4.9

- สถานการณ์ที่ 11 ถ้าจำนวนบรรทุกและต้นทุนการขนส่งของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15% ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้ง ตลอดจนพื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งยังคงเหมือนเดิม แต่ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2

- สถานการณ์ที่ 12 ถ้าจำนวนบรรทุกของรถบรรทุก 18 ล้อและรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15% ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ายังคงเหมือนเดิม ส่วนต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2 สำหรับพื้นที่การให้บริการของศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยได้แก่ จ.แม่ฮ่องสอน และ จ.ยโสธร เช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ 10

- สถานการณ์ที่ 13 ถ้าต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อและรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15% ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ายังคงเหมือนเดิม ส่วนต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2 สำหรับพื้นที่การให้บริการของศูนย์กระจายสินค้ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยได้แก่ จ.ตรัง เช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ 2

- สถานการณ์ที่ 14 ถ้าต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อและรถกระบะ 4 ล้อลดลง 15% ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้ง ตลอดจนพื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งยังคงเหมือนเดิม แต่ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2

- สถานการณ์ที่ 15 ถ้าจำนวนบรรทุกและต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อและรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15% ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ายังคงเหมือนเดิม ส่วนต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2 สำหรับพื้นที่การให้บริการของศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยได้แก่ จ.แม่ฮ่องสอน และ จ.ยโสธร เช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สถานการณ์ที่ 16 ถ้าปรับค่าต้นทุนคงที่สำหรับคลังสินค้าลดลงเรื่อยๆ ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า ถ้าต้นทุนคงที่สำหรับคลังสินค้าอยู่ในช่วง 700,000 – 5,000,000 บาท/เดือน จำนวนและตำแหน่งที่ตั้ง ตลอดจนพื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งยังคงเหมือนเดิม แต่ถ้าต้นทุนคงที่สำหรับคลังสินค้าอยู่ในช่วง 200,000 – 600,000 บาท/เดือน จำนวนคลังสินค้าจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 แห่งและมีศูนย์กระจายสินค้า 11 แห่งใน 11 จังหวัด ส่วนต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมจะลดลงตามต้นทุนคงที่ที่เปลี่ยนไป สำหรับพื้นที่การให้บริการของศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 11 แห่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.10 นอกจากนี้ สิ่งที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนเมื่อต้นทุนคงที่สำหรับคลังสินค้าลดลงเหลือ 600,000 บาท/เดือน และมีคลังสินค้าเพิ่มขึ้นเป็น 2 แห่ง จะทำให้ต้นทุนการขนส่งในส่วนของบริษัท 18 ล้อลดลง 473,214 บาทเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 6 ในขณะที่ต้นทุนค่าขนส่งในส่วนของบริษัท 4 ล้อยังคงเท่าเดิม แปลว่า คลังสินค้าที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกับต้นทุนการขนส่งด้วยบริษัท 18 ล้อโดยตรง แต่ไม่มีผลกับต้นทุนการขนส่งด้วยบริษัท 4 ล้อ

#### 4.4 การอภิปรายผล

สำหรับตัวแบบที่ 1 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด (เมื่อศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลง) แม้ว่าผลลัพธ์ของตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้ายังคงเลือก จ.สมุทรปราการ เช่นเดิมและมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะในส่วนในพื้นที่ให้บริการเท่านั้น แต่ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมได้ถึง 170,250 บาทต่อเดือน สำหรับกรณีของ จ.แม่ฮ่องสอน ที่อยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.เชียงราย จากเดิมที่เคยอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.ลำพูน หากมองในแง่ของระยะทาง จ.แม่ฮ่องสอน จะใกล้กับ จ.ลำพูน มากกว่า แต่จากการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบ หาก จ.แม่ฮ่องสอน อยู่ในพื้นที่ให้บริการของ จ.ลำพูน จะทำให้จำนวนเที่ยวรถบรรทุก 18 ล้อที่วิ่งไปยังศูนย์กระจายสินค้า จ.ลำพูน เพิ่มขึ้นอีก 1 เที่ยวและทำให้ต้นทุนการขนส่งโดยรวมที่เกิดขึ้นไม่ใช่ต้นทุนที่ต่ำที่สุด

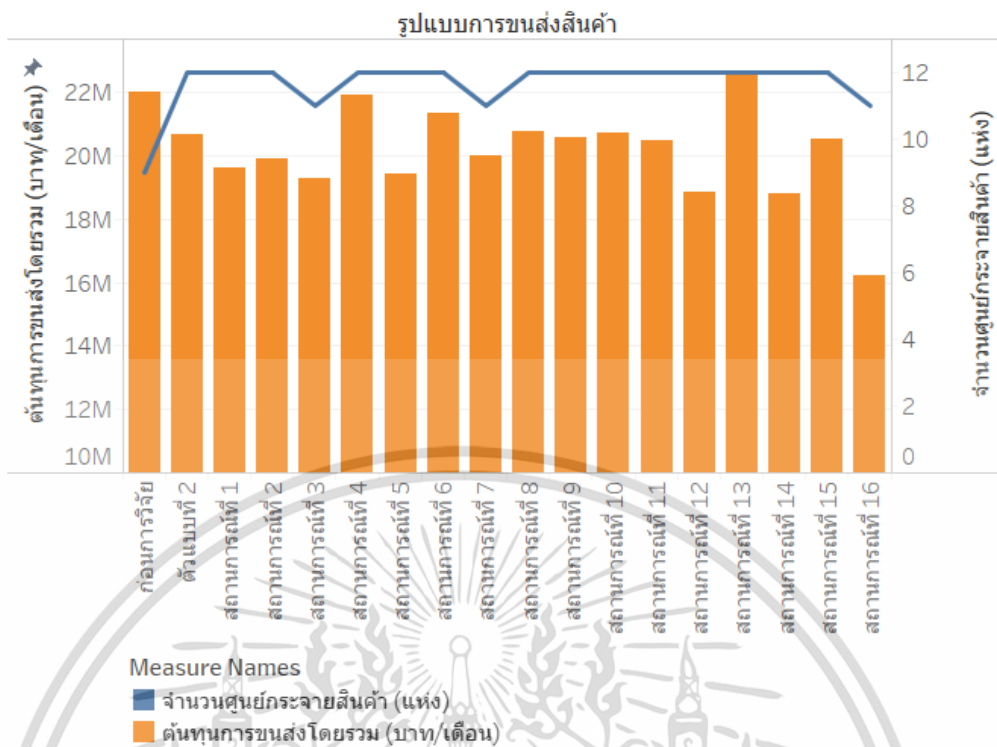
สำหรับตัวแบบที่ 2 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด พบว่า ตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้ายังคงเลือก จ.สมุทรปราการ แค่เพียง 1 แห่งเช่นเดิม แต่จำนวนศูนย์กระจายสินค้าจะเพิ่มขึ้นเป็น 12 แห่งใน 12 จังหวัด จากเดิมที่มีแค่ 9 แห่งในปัจจุบัน การเปลี่ยนจำนวนและตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมจะทำให้การขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าแต่ละจังหวัดมีระยะทางสั้นลงส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งด้วยบริษัท 4 ล้อที่มีต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยสูงกว่ารถบรรทุก 18 ล้อมีค่าลดลงอย่างมากซึ่งทำให้ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมลดลงได้ถึง 1,343,170 บาทต่อเดือน

สำหรับการวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง โดยนำตัวแบบที่ 2 มาทำการวิเคราะห์ด้วยสถานการณ์ต่างๆ ที่คาดว่าจะเกิดความเป็นไปได้ในการดำเนินงานจริง ผลลัพธ์ที่ได้พบว่ามี 8 สถานการณ์ที่ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมมีค่าต่ำกว่าตัวแบบที่ 2 โดยที่ผลลัพธ์ของ จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งยังคงเหมือนเดิม นั่นแปลว่า ถ้าบริษัทต้องการลดต้นทุนการขนส่งสินค้าให้ต่ำกว่าเดิม นอกจากการปรับตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าเพียงอย่างเดียวในตัวแบบที่ 2 อาจพิจารณาการปรับปรุงรูปแบบการขนส่งที่ส่งผลกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในตัวแบบ เช่น การเพิ่มจำนวนบรรทุกหรือการลดต้นทุนการขนส่งของยานพาหนะแต่ละประเภท เป็นต้น เนื่องจากการเปลี่ยนค่าบางปัจจัยสามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมได้มากยิ่งขึ้น สำหรับการจำลองสถานการณ์ที่ 16 ที่ได้ทำการปรับค่าต้นทุนคงที่ของคลังสินค้าให้ลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดคลังสินค้าจำนวน 2 แห่งที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนคือ ต้นทุนการขนส่งในส่วนของรถบรรทุก 18 ล้อลดลงอย่างมาก ในขณะที่ต้นทุนค่าขนส่งในส่วนของรถกระบะ 4 ล้อยังคงเท่าเดิม แปลว่า คลังสินค้าที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกับต้นทุนการขนส่งด้วยรถบรรทุก 18 ล้อโดยตรง แต่ไม่มีผลกับต้นทุนการขนส่งด้วยรถกระบะ 4 ล้อ

**ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบที่ 2 เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง**

รูปแบบการขนส่งสินค้า	จำนวนบรรทุกของรถ 18 ล้อ	จำนวนบรรทุกของรถ 4 ล้อ	ต้นทุนการขนส่งของรถ 18 ล้อ	ต้นทุนการขนส่งของรถ 4 ล้อ	ค่าเช่า DC แห่งใหม่	ต้นทุนคลังสินค้า	จำนวน		ต้นทุน DC	ต้นทุนรถ 18 ล้อ	ต้นทุนรถ 4 ล้อ	ต้นทุนรวม	ต้นทุนที่ลดลง (บาท/เดือน)	ต้นทุนที่ลดลง (%)
							WH	DC						
ก่อนการวิจัย							1	9	1,226,548	7,694,392	8,089,434	22,010,384	-	-
ตัวแบบที่ 2							1	12	1,692,628	7,748,276	6,226,310	20,667,214	1,343,170	6.10
สถานการณ์ที่ 1	เพิ่มขึ้น 15%						1	12	1,692,628	6,755,906	6,183,542	19,632,076	2,378,308	10.81
สถานการณ์ที่ 2		เพิ่มขึ้น 15%					1	12	1,692,628	7,724,564	5,481,382	19,898,574	2,111,810	9.59
สถานการณ์ที่ 3		เพิ่มขึ้น 30%					1	11	1,558,250	7,591,944	5,128,478	19,278,672	2,731,712	12.41
สถานการณ์ที่ 4			เพิ่มขึ้น 15%				1	12	1,692,628	8,944,232	6,250,246	21,887,106	123,278	0.56
สถานการณ์ที่ 5			ลดลง 15%				1	12	1,692,628	6,524,864	6,226,310	19,443,802	2,566,582	11.66
สถานการณ์ที่ 6				เพิ่มขึ้น 15%			1	12	1,692,628	7,748,276	6,886,400	21,327,304	683,080	3.10
สถานการณ์ที่ 7				ลดลง 15%			1	11	1,558,250	7,591,944	5,852,208	20,002,402	2,007,982	9.12
สถานการณ์ที่ 8					เพิ่มขึ้น 30%		1	12	1,767,306	7,748,276	6,226,310	20,741,892	1,268,492	5.76
สถานการณ์ที่ 9					ลดลง 30%		1	12	1,617,953	7,748,276	6,226,310	20,592,539	1,417,845	6.44
สถานการณ์ที่ 10	เพิ่มขึ้น 15%		เพิ่มขึ้น 15%				1	12	1,692,628	7,799,528	6,205,322	20,697,478	1,312,906	5.96
สถานการณ์ที่ 11		เพิ่มขึ้น 15%		เพิ่มขึ้น 15%			1	12	1,692,628	7,748,276	6,039,100	20,480,004	1,530,380	6.95
สถานการณ์ที่ 12	เพิ่มขึ้น 15%	เพิ่มขึ้น 15%					1	12	1,692,628	6,735,956	5,440,330	18,868,914	3,141,470	14.27
สถานการณ์ที่ 13			เพิ่มขึ้น 15%	เพิ่มขึ้น 15%			1	12	1,692,628	8,944,232	6,913,600	22,550,460	- 540,076	-2.45
สถานการณ์ที่ 14			ลดลง 15%	ลดลง 15%			1	12	1,692,628	6,524,864	5,566,220	18,783,712	3,226,672	14.66
สถานการณ์ที่ 15	เพิ่มขึ้น 15%	เพิ่มขึ้น 15%	เพิ่มขึ้น 15%	เพิ่มขึ้น 15%			1	12	1,692,628	7,799,528	6,016,450	20,508,606	1,501,778	6.82
สถานการณ์ที่ 16						ลดเหลือ 600,000	2	11	1,529,988	7,275,062	6,226,310	16,231,360	5,779,024	26.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ต้นทุนการขนส่งโดยรวมเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 4.5 พื้นที่ให้บริการเมื่อจำนวนบรรทุกของรถบรรทุก 18 ล้อเพิ่มขึ้น 15%

ต้นทาง	พื้นที่ให้บริการ
คลังสินค้า สมุทรปราการ	สมุทรปราการ กรุงเทพฯ ชลบุรี นครปฐม ราชบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรสาคร นนทบุรี สระแก้ว ประจวบคีรีขันธ์ จันทบุรี ระยอง เพชรบุรี ปราจีนบุรี ตราด สมุทรสงคราม
1 DC ลำพูน	ลำพูน เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน
2 DC พิษณุโลก	พิษณุโลก เพชรบูรณ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร
3 DC นครราชสีมา	นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์
4 DC อุดรธานี	อุดรธานี เลย หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู
5 DC สุราษฎร์ธานี	นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี กระบี่ ภูเก็ต พังงา ชุมพร ระนอง
6 DC สงขลา	สงขลา พัทลุง นราธิวาส สตูล ปัตตานี ยะลา ตรัง
7 DC อุทยา	อุทยา ปทุมธานี นครสวรรค์ สุพรรณบุรี สระบุรี ลพบุรี กาญจนบุรี นครนายก อุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง
8 DC พะเยา	เชียงราย พะเยา
9 DC แพร่	แพร่ ลำปาง น่าน อุตรดิตถ์
10 DC มหาสารคาม	มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ขอนแก่น กาฬสินธุ์
11 DC สกลนคร	สกลนคร นครพนม มุกดาหาร
12 DC ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ อำนาจเจริญ ยโสธร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6** พื้นที่ให้บริการเมื่อจำนวนบรรทุกของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15%

ต้นทาง	พื้นที่ให้บริการ
คลังสินค้า สมุทรปราการ	สมุทรปราการ กรุงเทพฯ ชลบุรี นครปฐม ราชบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรสาคร นนทบุรี สระแก้ว ประจวบคีรีขันธ์ จันทบุรี ระยอง เพชรบุรี ปราจีนบุรี ตรัง สมุทรสงคราม
1 DC ลำพูน	ลำพูน เชียงใหม่
2 DC พิษณุโลก	พิษณุโลก เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร
3 DC นครราชสีมา	นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์
4 DC อุดรธานี	อุดรธานี เลย หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู
5 DC สุราษฎร์ธานี	นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี กระบี่ ภูเก็ต พังงา ชุมพร ระนอง ตรัง
6 DC สงขลา	สงขลา พัทลุง นราธิวาส สตูล ปัตตานี ยะลา
7 DC อัญญา	อัญญา ปทุมธานี นครสวรรค์ สุพรรณบุรี สระบุรี ลพบุรี กาญจนบุรี นครนายก อุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง
8 DC พะเยา	เชียงราย พะเยา แม่ฮ่องสอน
9 DC แพร่	แพร่ ลำปาง น่าน
10 DC มหาสารคาม	มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ขอนแก่น กาฬสินธุ์ ยโสธร
11 DC สกลนคร	สกลนคร นครพนม มุกดาหาร
12 DC ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ อำนาจเจริญ

**ตารางที่ 4.7** พื้นที่ให้บริการเมื่อจำนวนบรรทุกของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 30%

ต้นทาง	พื้นที่ให้บริการ
คลังสินค้า สมุทรปราการ	อัญญา ปทุมธานี สมุทรปราการ กรุงเทพฯ ชลบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี ราชบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรสาคร นนทบุรี สระแก้ว ประจวบคีรีขันธ์ สระบุรี จันทบุรี ลพบุรี ระยอง เพชรบุรี ปราจีนบุรี กาญจนบุรี นครนายก ตรัง อ่างทอง สมุทรสงคราม
1 DC ลำพูน	ลำพูน เชียงใหม่
2 DC นครราชสีมา	นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์
3 DC อุดรธานี	อุดรธานี เลย หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู
4 DC สุราษฎร์ธานี	นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี ตรัง กระบี่ ภูเก็ต พังงา ชุมพร ระนอง
5 DC สงขลา	สงขลา พัทลุง นราธิวาส สตูล ปัตตานี ยะลา
6 DC นครสวรรค์	พิษณุโลก นครสวรรค์ อุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี เพชรบูรณ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร
7 DC พะเยา	เชียงราย พะเยา แม่ฮ่องสอน
8 DC แพร่	แพร่ ลำปาง น่าน อุตรดิตถ์
9 DC มหาสารคาม	มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ขอนแก่น กาฬสินธุ์ ยโสธร
10 DC สกลนคร	สกลนคร นครพนม มุกดาหาร
11 DC ศรีสะเกษ	ศรีสะเกษ อุบลราชธานี สุรินทร์ อำนาจเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.8** พื้นที่ให้บริการเมื่อจำนวนบรรทุกและต้นทุนการขนส่งบรรทุก 18 ล้อเพิ่มขึ้น 15%

ต้นทาง	พื้นที่ให้บริการ
คลังสินค้า สมุทรปราการ	สมุทรปราการ กรุงเทพฯ ชลบุรี นครปฐม ราชบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรสาคร นนทบุรี สระแก้ว ประจวบคีรีขันธ์ จันทบุรี ระยอง เพชรบุรี ปราจีนบุรี ตราด สมุทรสงคราม
1 DC ลำพูน	ลำพูน เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน
2 DC พิษณุโลก	พิษณุโลก เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร
3 DC นครราชสีมา	นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์
4 DC อุดรธานี	อุดรธานี เลย หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู
5 DC สุราษฎร์ธานี	นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี กระบี่ ภูเก็ต พังงา ชุมพร ระนอง
6 DC สงขลา	สงขลา พัทลุง นราธิวาส สตูล ปัตตานี ยะลา ตรัง
7 DC อัญญา	อัญญา ปทุมธานี นครสวรรค์ สุพรรณบุรี สระบุรี ลพบุรี กาญจนบุรี นครนายก อุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง
8 DC พะเยา	เชียงราย พะเยา
9 DC แพร่	แพร่ ลำปาง น่าน
10 DC มหาสารคาม	มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ขอนแก่น กาฬสินธุ์
11 DC สกลนคร	สกลนคร นครพนม มุกดาหาร
12 DC ศรีสะเกษ	อุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ อำนาจเจริญ ยโสธร

**ตารางที่ 4.9** พื้นที่ให้บริการเมื่อต้นทุนคงที่สำหรับคลังสินค้าลดลงเหลือ 600,000 บาท/เดือน

ต้นทาง	พื้นที่ให้บริการ
คลังสินค้า สมุทรปราการ	DC ลำพูน DC พิษณุโลก DC สุราษฎร์ธานี DC สงขลา DC อัญญา DC พะเยา DC แพร่ สมุทรปราการ กรุงเทพฯ ชลบุรี นครปฐม ราชบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรสาคร นนทบุรี สระแก้ว ประจวบคีรีขันธ์ จันทบุรี ระยอง เพชรบุรี ปราจีนบุรี ตราด สมุทรสงคราม อ่างทอง สมุทรสงคราม
คลังสินค้า นครราชสีมา	DC อุดรธานี DC มหาสารคาม DC สกลนคร DC ศรีสะเกษ นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์
1 DC ลำพูน	ลำพูน เชียงใหม่
2 DC พิษณุโลก	พิษณุโลก เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิจิตร กำแพงเพชร
3 DC อุดรธานี	อุดรธานี เลย หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู
4 DC สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ภูเก็ต พังงา ชุมพร ระนอง
5 DC สงขลา	สงขลา พัทลุง ตรัง นราธิวาส สตูล ปัตตานี ยะลา
6 DC อัญญา	อัญญา ปทุมธานี นครสวรรค์ สุพรรณบุรี สระบุรี ลพบุรี กาญจนบุรี นครนายก อุทัยธานี ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง
7 DC พะเยา	พะเยา เชียงราย แม่ฮ่องสอน
8 DC แพร่	แพร่ ลำปาง น่าน
9 DC มหาสารคาม	มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ขอนแก่น กาฬสินธุ์ ยโสธร
10 DC สกลนคร	สกลนคร นครพนม มุกดาหาร
11 DC ศรีสะเกษ	ศรีสะเกษ อุบลราชธานี สุรินทร์ อำนาจเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

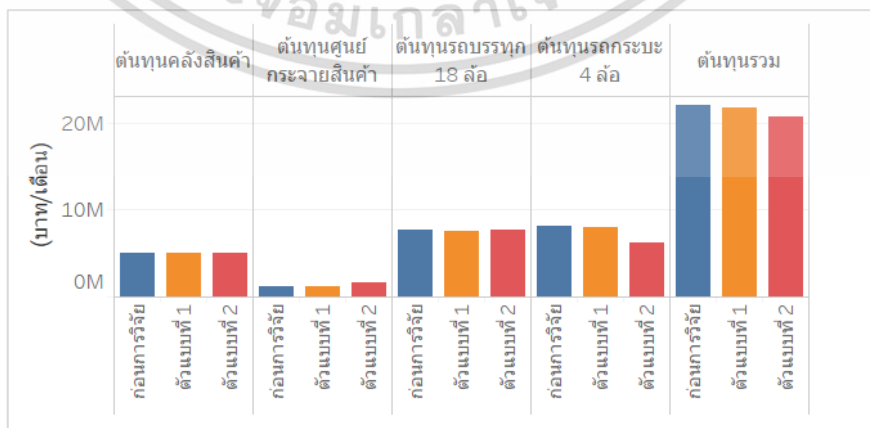
ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะที่ได้หลังจากทำการศึกษาคำเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา บริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด โดยขอสรุปตามหัวข้อดังต่อไปนี้

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

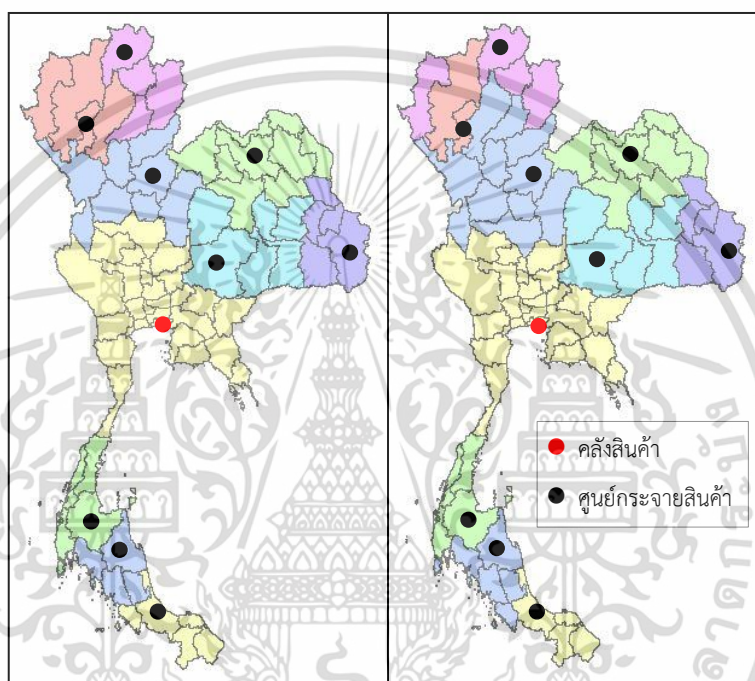
ต้นทุนการขนส่งสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ของบริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด ในปัจจุบัน ถ้าหากพิจารณาตั้งแต่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า การขนย้ายสินค้าจากต้นทางคือ บริษัทผู้ผลิตที่จังหวัดระยองไปยังคลังสินค้าที่จังหวัดสมุทรปราการ การขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า ตลอดจนการกระจายสินค้าจากคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า จะมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 22,010,384 บาทต่อเดือน แต่หลังจากที่ได้ทำการศึกษาคำเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าโดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยตัวแบบที่ 1 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด (เมื่อศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลง) และตัวแบบที่ 2 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่าทั้ง 2 ตัวแบบที่นำเสนอมีต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมต่ำกว่าดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งสินค้า

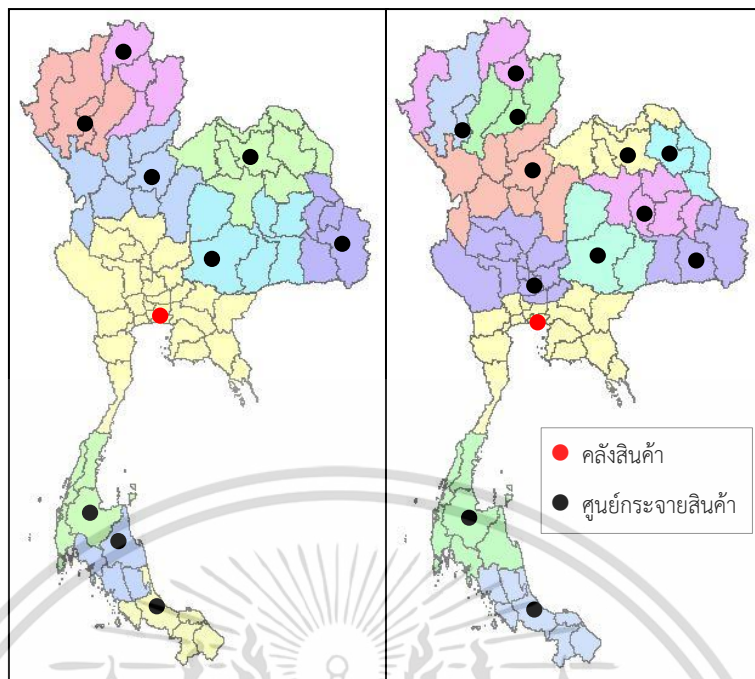
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัวแบบที่ 1 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด (เมื่อศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบันไม่มีการเปลี่ยนแปลง) พบว่า ต้นทุนการขนส่งสินค้ามีค่าเท่ากับ 21,840,134 บาทต่อเดือน โดยเลือกตั้งคลังสินค้า 1 แห่งที่จังหวัดสมุทรปราการและไม่มีการเปลี่ยนแปลงศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 9 แห่งในปัจจุบัน แม้ว่าตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าจะยังคงอยู่ที่ตำแหน่งเดิม และมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะในส่วนของพื้นที่การให้บริการเท่านั้นดังรูปที่ 5.2 แต่ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้ถึง 170,250 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 0.77



รูปที่ 5.2 พื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าก่อนวิจัย (ซ้าย) และตัวแบบที่ 1 (ขวา)

สำหรับตัวแบบที่ 2 การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด พบว่า ต้นทุนการขนส่งสินค้ามีค่าเท่ากับ 20,667,214 บาทต่อเดือน โดยเลือกตั้งคลังสินค้า 1 แห่งที่จังหวัดสมุทรปราการและมีศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 12 แห่งใน 12 จังหวัด แม้ว่าตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าจะยังคงอยู่ที่เดิม แต่การเปลี่ยนจำนวนและตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมดังรูปที่ 5.3 ทำให้ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้ถึง 1,343,170 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 6.10



รูปที่ 5.3 พื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าก่อนวิจัย (ซ้าย) และตัวแบบที่ 2 (ขวา)

สำหรับการวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง โดยใช้ตัวแบบที่ 2 มาทำการวิเคราะห์ด้วยสถานการณ์ต่างๆ ที่คาดว่าจะเกิดความเป็นไปได้ในการดำเนินงานจริง ผลลัพธ์ที่ได้สามารถสรุปได้เป็น 4 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน ตำแหน่งที่ตั้ง ตลอดจนพื้นที่ให้บริการของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งยังคงเหมือนเดิมเมื่อเทียบกับตัวแบบที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ดังต่อไปนี้

- เมื่อต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อลดลง 15% (6 บาท/กม.)
- เมื่อต้นทุนการขนส่งของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15% (3 บาท/กม.)
- เมื่อค่าเช่าสถานที่สำหรับศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่เพิ่มขึ้นหรือลดลง 30%
- เมื่อจำนวนบรรทุกและต้นทุนการขนส่งของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15%
- เมื่อต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อและรถกระบะ 4 ล้อลดลง 15%

กลุ่มที่ 2 จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งยังคงเหมือนเดิม แต่พื้นที่การให้บริการของศูนย์กระจายสินค้าจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในบางพื้นที่ เช่น 1) จ.แม่ฮ่องสอน ที่ย้ายจากศูนย์กระจายสินค้า จ.เชียงราย มาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.ลำพูน 2) จ.อุตรดิตถ์ ที่ย้ายจากศูนย์กระจายสินค้า จ.พิษณุโลก มาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.แพร่ และ 3) จ.ยโสธร ที่ย้ายจากศูนย์กระจายสินค้า จ.มหาสารคาม มาอยู่ในพื้นที่ให้บริการของศูนย์กระจายสินค้า จ.ศรีสะเกษ ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อจำนวนบรรทุกของรถบรรทุก 18 ล้อเพิ่มขึ้น 15% (9 กล่อง)
- เมื่อจำนวนบรรทุกของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15% (1 กล่อง)
- เมื่อต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อเพิ่มขึ้น 15% (6 บาท/กม.)
- เมื่อจำนวนบรรทุกและต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อเพิ่มขึ้น 15%
- เมื่อจำนวนบรรทุกของรถบรรทุก 18 ล้อและรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15%
- เมื่อต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อและรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15%
- เมื่อจำนวนบรรทุกและต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุก 18 ล้อและรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 15%

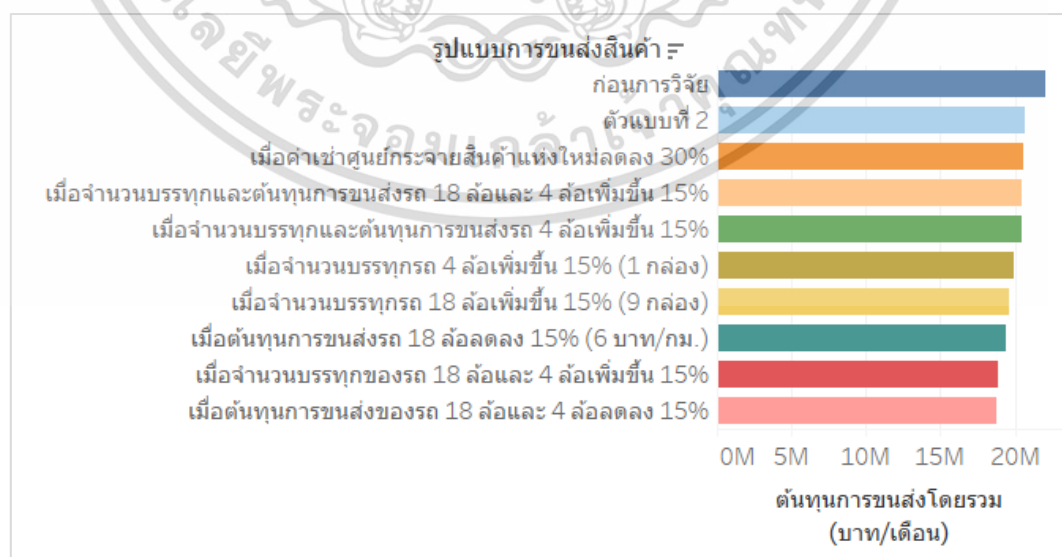
เพิ่มขึ้น 15%

กลุ่มที่ 3 ตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้ายังคงเหมือนเดิม แต่จำนวนศูนย์กระจายสินค้าจะลดลงเหลือ 11 แห่งใน 11 จังหวัด ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ดังต่อไปนี้

- เมื่อจำนวนบรรทุกของรถกระบะ 4 ล้อเพิ่มขึ้น 30% (2 กล่อง)
- เมื่อต้นทุนการขนส่งของรถกระบะ 4 ล้อลดลง 15% (3 บาท/กม.)

กลุ่มที่ 4 จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 แห่ง ถ้าต้นทุนคงที่สำหรับคลังสินค้าลดลงเหลือ 600,000 บาท/เดือน

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้จำลองมาทั้งหมด หากต้องการปรับปรุงต้นทุนการขนส่งสินค้าให้ดีขึ้น โดยที่ผลลัพธ์ของ จำนวนและตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งยังคงเหมือนเดิม อาจพิจารณาการปรับปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเนื่องจากสามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับการปรับตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้าเพียงอย่างเดียวในตัวแบบที่ 2 ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.4 การนำตัวแบบที่ 2 มาปรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยที่ผลลัพธ์ตำแหน่งที่ตั้งยังคงเหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ผู้ตัดสินใจควรนำปัจจัยด้านคุณภาพ เช่น ด้านระบบสาธารณูปโภค ด้านการจัดหาที่ดิน ด้านแรงงาน มาใช้ประกอบในการตัดสินใจเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นและเป็นการเพิ่มทางเลือกในการตัดสินใจ

5.2.2 ในการศึกษาครั้งต่อไป อาจพิจารณาการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นเมื่อความต้องการสินค้าของลูกค้าเปลี่ยนแปลงไป รวมถึงตัวแปรตัดสินใจอื่นๆ ที่มีผลต่อการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า เช่น ระยะเวลาในการขนส่งที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพสินค้าเนื่องจากสินค้าเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทยา

5.2.3 การพิจารณาเกี่ยวกับประเภทยานพาหนะหรือรูปแบบการออกแบบการขนส่งที่มีความหลากหลายมากขึ้น อาจจะช่วยลดต้นทุนการขนส่งโดยรวมได้มากขึ้น



## บรรณานุกรม

กรมธนารักษ์. 2562. **สรุปราคาประเมินทุนทรัพย์ที่ดินในปริมาณทลและภูมิภาค.** [Online].

Available : <http://www.treasury.go.th>

กรุง ลินอภิมย์สรณ. 2545. **การแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดในเชิงปฏิบัติสำหรับอุตสาหกรรม.**

กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ค่านาย อภิปรัชญาสกุล. 2550. **การจัดการขนส่ง (Transport Management).** นนทบุรี :

ซี.วาย.ซีเซียม พรินต์ติ้ง.

ค่านาย อภิปรัชญาสกุล. 2556. **การจัดการคลังสินค้าและการกระจายสินค้า.** กรุงเทพฯ :

โพกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง.

จันทร์ศิริ สิงห์เลื่อน. 2554. “การเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ให้บริการด้วยวิธีการหาค่าตอบ  
ที่ดีที่สุด.” *วิศวกรรมสาร มก.* 24(78) : 107-122.

จารุพงษ์ บรรเทา และคณะ. 2560. “ตัวแบบการกำหนดที่ตั้งคลังวัคซีน กรณีศึกษาโรงพยาบาล

ในเขตจังหวัดนครราชสีมา.” หน้า 494-500. ใน **การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์  
วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 8.** ขอนแก่น :

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

ชวิต บุญมี และชมพูนุท เกษมเศรษฐ์. 2557. “การประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับการ  
กระจายสินค้า กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง.” *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน.*

2(2) : 1-10.

บริษัท ไพรซ์ณียไทยดิสทริบิวชั่น จำกัด. 2558. **รูปแบบการให้บริการ** [Online].

Available : <http://www.thpd.co.th>

พัชรารณณ์ เนียมมณี และวัลย์ลักษณ์ อัครีรวงศ์. 2555. “ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาที่ตั้ง

Window สำหรับการกระจายเหรียญกษาปณ์.” หน้า 77-86. **การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ  
ด้านการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที่ 11.** ชลบุรี : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภัทรารณณ์ ศรีเสนพิลา และสมบัติ สินธุเชาวน์. 2559. “การแก้ปัญหาการเลือกขนาดและการหา

ตำแหน่งที่ตั้งหลายแห่ง กรณีศึกษา การกำจัดขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลชุมชนในภาค

ตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย.” *วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.*

9(1) : 39-47.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วโรรส อินทศิริพงษ์. 2557. “การพัฒนาตัวแบบการจัดสรรตำแหน่งของหน่วยการแพทย์ฉุกเฉิน เพื่อลดระยะเวลาการเข้าถึงจุดเกิดเหตุ กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา.”  
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม  
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- วิจิตรสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ ณ อยุธยา. 2558. “วิธีแบบ P-Median สำหรับการเลือกที่ตั้งสำหรับ  
โรงงานปรับปรุงคุณภาพข้าว.” *Thai VCML*. 8(1) : 99-105.
- ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุขเมฆ. 2557. **สร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ (Optimization Modeling) ด้วย  
Excel (Solver)**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สุปรีชา วงศ์อารีย์. 2558. **กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มและการประยุกต์**. อุดรธานี :  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- สมหวัง ปิ่นปภกรณ์. 2554. “คู่มือการใช้โปรแกรม LINGO เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมของ  
โมเดลทางคณิตศาสตร์.” การค้นคว้าอิสระหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต  
แขนงวิชาบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิทยาการจัดการ, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2561. **รายงานโลจิสติกส์ของ  
ประเทศไทยประจำปี 2560**. [Online]. Available : <http://www.nesdb.go.th>.
- อธิวัฒน์ ถิ่นะธรรม และเปรมพร เขมาวุฒ์. 2561. “การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าโดยการ  
ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา : โรงงานผลิตเบียร์.” *Engineering Journal  
of Siam University*. 19(36) : 14-26.
- Andrés, F. Jairo, R. and Nilson, H. 2014. “Mathematical Programming Modeling and  
Resolution of the Location-Routing Problem in Urban Logistics.”  
*The Engineering and University journal (Colombia)*. 18(2) : 271-289.
- Krishnaraj, C. Anand, A. and Deepa, S. 2015. “Solving Supply Chain Network  
Optimization Models Using LINGO.” *International Journal of Applied Engineering  
Research*. 10 : 14715-14718.
- Scott, A.J. 1971. “Dynamic Location-Allocation Systems: Some Basic Planning  
Strategies.” *Environment and Planning*. 3 : 73-82.
- Shitai, B. Ningchuan, X. Zehui, L. Heyuan, Z. and Changjoo, K. 2015. “Optimizing  
watchtower locations for forest fire monitoring using location models.”  
*Fire Safety Journal*. 71 : 100-109.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peterson, R. and Silver, E. 1979. **A Decision Systems for Inventory Management and Production Planning**. New York : John Wiley & Sons.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

ข้อมูลความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัด ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2562

จังหวัด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1 กรุงเทพฯ	1,433	1,297	1,486	1,351	1,301	1,281	1,310	1,310	1,279	1,318	1,363	1,361
2 ชลบุรี	333	337	391	336	375	339	330	339	340	342	348	348
3 นครปฐม	330	328	335	342	347	338	360	359	338	340	349	340
4 สมุทรปราการ	263	260	313	269	280	286	278	286	285	279	280	280
5 สุพรรณบุรี	260	255	247	252	253	252	256	255	258	257	253	253
6 ราชบุรี	250	252	252	251	247	255	258	256	262	271	249	252
7 นครสวรรค์	246	238	258	238	242	242	245	242	246	252	258	258
8 ฉะเชิงเทรา	239	236	259	247	248	242	242	242	242	238	238	238
9 อุดรธานี	226	223	237	237	236	242	245	242	248	248	252	252
10 สมุทรสาคร	206	203	244	202	200	195	193	195	196	193	196	196
11 ปทุมธานี	210	215	220	221	211	216	214	216	213	211	202	202
12 นนทบุรี	207	201	199	201	196	208	196	208	196	194	200	200
13 สระแก้ว	161	180	205	185	206	188	189	188	182	201	155	155
14 ประจวบคีรีขันธ์	151	136	178	201	149	128	149	152	143	133	137	138
15 สระบุรี	143	153	151	157	161	159	156	159	155	156	155	155
16 จันทบุรี	139	137	157	132	137	129	132	129	134	134	132	132
17 ลพบุรี	131	132	156	129	137	135	130	135	137	147	133	133
18 ระยอง	133	133	137	133	135	105	137	138	136	131	126	126
19 เพชรบุรี	110	115	143	123	129	124	127	124	126	125	129	129
20 ปราจีนบุรี	103	103	138	102	101	105	111	105	109	104	105	105
21 กาญจนบุรี	106	112	107	109	110	112	118	118	95	109	111	111
22 นครนายก	98	103	99	103	103	104	104	104	102	97	100	100
23 อุทัยธานี	94	101	99	97	99	99	96	99	90	88	91	91
24 ตราด	84	83	99	83	80	83	82	83	76	82	79	79
25 ชัยนาท	78	80	78	74	71	68	77	68	75	79	72	72
26 สิงห์บุรี	73	78	78	80	78	81	81	81	77	76	76	76
27 อ่างทอง	61	74	76	77	50	50	70	73	50	68	70	70
28 สมุทรสงคราม	31	28	28	30	29	30	31	30	35	32	36	36
29 เชียงราย	646	645	664	672	664	647	638	642	666	677	673	673
30 น่าน	352	347	468	359	363	362	349	362	361	352	361	360
31 พะเยา	294	293	365	299	303	295	305	295	307	312	306	306
32 แพร่	297	298	293	298	303	297	307	307	318	330	326	326
33 เชียงใหม่	863	869	939	870	875	861	897	882	811	896	833	820
34 ลำปาง	298	295	322	319	316	319	317	319	331	335	345	345
35 ลำพูน	200	199	199	197	198	194	206	202	198	204	199	197
36 แม่ฮ่องสอน	32	34	33	38	34	34	39	34	36	34	35	34
37 เพชรบูรณ์	349	354	446	366	372	360	356	360	362	352	357	357
38 พิษณุโลก	257	251	263	264	272	274	271	270	275	262	271	271

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้แก้ไขข้อมูลใด ๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อมูลความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัด ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2562 (ต่อ)

จังหวัด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
39 อุดรดิตต์	322	192	194	199	198	204	201	204	190	188	191	188
40 สุโขทัย	196	190	203	212	218	219	212	219	215	215	213	210
41 ตาก	154	150	209	157	165	171	167	171	158	173	176	176
42 พิจิตร	154	147	173	142	149	141	137	141	139	141	146	152
43 กำแพงเพชร	132	131	147	137	147	141	135	141	139	142	150	150
44 นครราชสีมา	669	689	852	690	704	706	707	706	662	719	723	723
45 ร้อยเอ็ด	668	661	651	654	668	666	664	661	685	673	675	669
46 ชัยภูมิ	380	407	475	446	433	452	441	451	448	444	467	467
47 บุรีรัมย์	318	331	385	331	337	330	344	330	337	332	338	338
48 มหาสารคาม	322	315	314	316	309	311	309	311	310	313	311	309
49 สุรินทร์	293	297	305	321	287	318	320	318	330	318	320	319
50 อุดรธานี	688	694	705	708	700	703	715	703	697	704	701	693
51 สกลนคร	633	636	748	632	645	637	645	637	656	668	650	651
52 ขอนแก่น	456	455	432	478	482	485	491	487	482	483	496	491
53 กาฬสินธุ์	419	426	425	424	434	424	429	414	434	432	437	437
54 เลย	264	258	274	257	254	251	267	251	274	278	283	283
55 นครพนม	260	256	271	261	265	268	263	268	257	266	264	264
56 หนองคาย	244	243	240	240	244	236	235	236	236	232	244	237
57 บึงกาฬ	141	143	147	153	152	155	156	155	147	149	153	153
58 หนองบัวลำภู	145	143	138	142	143	141	140	141	138	135	135	134
59 อุบลราชธานี	1,127	1,138	1,136	1,161	1,166	1,166	1,170	1,178	1,216	1,220	1,214	1,206
60 ศรีสะเกษ	509	503	647	515	515	528	515	528	526	525	536	536
61 ยโสธร	329	334	339	346	341	343	338	343	327	327	323	321
62 อำนาจเจริญ	288	280	333	291	304	297	305	297	297	287	292	292
63 มุกดาหาร	208	212	216	215	222	223	230	230	235	243	244	244
64 นครศรีธรรมราช	392	397	437	415	398	406	412	416	412	413	411	410
65 พัทลุง	136	130	141	146	140	147	148	145	151	153	153	153
66 ตรัง	107	108	114	114	111	115	114	115	125	124	126	126
67 กระบี่	49	53	66	58	59	58	60	58	61	63	66	66
68 สุราษฎร์ธานี	427	415	424	420	445	449	445	445	456	457	468	470
69 ภูเก็ต	204	209	258	211	205	209	208	209	204	209	209	209
70 พังงา	124	124	164	129	135	133	129	134	132	132	137	137
71 ชุมพร	85	87	95	92	93	88	89	88	90	29	90	90
72 ระนอง	38	40	55	43	42	43	42	43	46	46	46	46
73 สงขลา	229	230	249	235	244	242	244	242	251	253	254	254
74 นราธิวาส	78	75	72	75	74	74	76	74	74	74	76	76
75 สตูล	61	62	82	61	63	69	69	69	66	68	71	71
76 ปัตตานี	49	51	60	51	48	49	47	49	47	47	48	48
77 ยะลา	40	46	71	39	45	46	49	46	46	51	52	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวสินีย์ ปงลังกา
วัน เดือน ปีเกิด	28 ตุลาคม 2535
ที่อยู่ปัจจุบัน	30 หมู่ 6 ตำบลบ้านถิ่น อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ 54000
ประวัติการศึกษา	(2558) วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ เกรดเฉลี่ย 3.33 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผลงานทางวิชาการ	ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าและ ศูนย์กระจายสินค้า สำหรับบริษัท ไพรชณีย์ไทยดิสรวิวัฒน์ จำกัด การประชุมวิชาการสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศระดับชาติ ประจำปี 2562 วันที่ 30-31 ตุลาคม 2562 ณ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้