การเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าด้วยวิธีการแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ : กรณีศึกษาบริษัทโลจิสติกส์

เกษศิรินทร์ ธีรธิติไชพา

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าด้วยวิธีการแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ : กรณีศึกษาบริษัทโลจิสติกส์

เกษศิรินทร์ ธีรธิติไชพา

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าด้วยวิธีการแบบจำลองกำหนดการทาง
คณิตศาสตร์ : กรณีศึกษาบริษัทโลจิสติกส์ "
ของ เกษศิรินทร์ ธีรธิติไชพา
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย เทพกรณ์)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ดร.ศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ดร.ใกล้รุ่ง พรอนันต์)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าด้วยวิธีการแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ : กรณีศึกษาบริษัทโลจิสติกส์

ผู้วิจัย เกษศิรินทร์ ธีรธิติไชพา

ประธานที่ปรึกษา ดร.ศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2564

คำสำคัญ ศูนย์กระจายสินค้า, การเลือกทำเลที่ตั้ง, แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์

บทคัดย่อ

การเลือกทำเลที่ตั้งเป็นปัญหาที่มีการอภิปรายกันอย่างกว้างขวางในการขนส่ง และระบบโลจิสติกส์ อีกทั้งยังมีการกล่าวถึง การเลือกทำเลที่ตั้งเฉพาะสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ได้แก่ คลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า ศูนย์การขนส่ง และอื่น ๆ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอตัวแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า และศูนย์ให้บริการที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อรองรับต่อการขนส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อทำให้ต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า และต้นทุนการขนส่งสินค้า ซึ่งแบบจำลองนี้ได้ถูกทดสอบโดยการใช้ข้อมูลของบริษัทโลจิสติกส์แห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา โดยตัวแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ที่ได้นำเสนอแบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ 1) กรณีที่พิจารณาเฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) 2) กรณีที่พิจารณาเฉพาะศูนย์ให้บริการที่มีอยู่เดิมที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) และ 3) กรณีที่พิจารณาทั้งศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณแสดงให้เห็นว่า มีศูนย์กระจายสินค้า 2 แห่ง ได้แก่ ศูนย์พิษณุโลก และศูนย์ขอนแก่น ถูกเลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อจัดส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด คือ 961,759 บาท นอกเหนือจากนี้ เมื่อทำการเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสินค้าระหว่างต้นทุนการขนส่งทางอากาศ ซึ่งเป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้านในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษากับต้นทุนการขนส่งด้วยรูปแบบการขนส่งทางบก ที่ได้จากตัวแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ ส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษามีค่าลดลงจากเดิม

Title LOCATION SELECTION OF DISTRIBUTION CENTER WITH A MATHEMATICAL MODELING APPROACH: THE CASE STUDY OF A LOGISTICS COMPANY

Author KESTSIRIN THEERATHITICHAIPA

Advisor Sirikarn Chansombat, Ph.D.

Academic Paper M.S. Thesis in Logistics and Supply Chain - (Type A 2), Naresuan University, 2021

Keywords Distribution Center, Location Selection, Mathematical Programming Model

ABSTRACT

Location selection problem is a widely discussed topic in the fields of transportation and logistics and also refers to facilities such as warehouses, distribution centers, hubs, and others. This research presents a mathematical model to solve the location selection problem of the existing distribution centers and service centers where located on route number 9 (R9) of a logistics company which was used to be a case study. The objective of this research is to minimize total costs including the setting up cost of distribution centers and cost of transportation. The proposed mathematical models were considered into three cases: (i) consider only existing distribution centers (ii) consider only existing service centers, and (iii) consider both distribution centers and service centers where located on route 9 (R9). The proposed models were tested using data obtained from a logistics company. Computational results revealed that Phitsanulok and Konkaen centers are selected as a hub to transport the parcels from Thailand to Myanmar and Laos and the total cost is 961,759 THB which can reduce the transportation cost of the logistics company.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.ศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจนให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่งตลอดเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำตลอดจนเสนอแนะแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ บริษัทกรณีศึกษา ฝ่ายจัดส่งสินค้า ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ เสียสละเวลาอันมีค่าให้สัมภาษณ์ข้อมูลต่าง ๆ ผู้วิจัยซาบซึ้งในความช่วยเหลือ และขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิด ซึ่งอบรมเลี้ยงดูด้วยความรัก และส่งเสริมด้านการศึกษาเป็นอย่างดี ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา ผู้วิจัยจึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

เกษศิรินทร์ ธีรธิติไชพา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

ประกาศคุณูปการ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาของปัญหา 1

จุดมุ่งหมายของการศึกษา 5

ขอบเขตของงานวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 7

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา 9

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 11

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 49

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 74

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 74

ขั้นตอนการดำเนินงาน 74

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย....86
ผลการศึกษาต้นทุนการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา....86
ผลการสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์....87
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง....98
การประยุกต์ใช้ Microsoft Excel Solver เพื่อหาผลลัพธ์ของแบบจำลอง....99
ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel Solver....106
การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis)....114
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย....124
สรุปผลการดำเนินงานวิจัย....124
ข้อเสนอแนะ....126
บรรณานุกรม....127
ประวัติผู้วิจัย....135

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ตัวถ่วงน้ำหนักต้นทุนในแต่ละรายการ 33

ตาราง 2 ต้นทุนการขนส่งโดยเฉลี่ยของรถบรรทุกในแต่ละประเภทที่ศึกษากับระยะการขนส่ง.....34

ตาราง 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....50

ตาราง 4 ระยะทางจากต้นทางไปยังปลายทาง 81

ตาราง 5 ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง.....81

ตาราง 6 โครงสร้างต้นทุนค่าขนส่งต่อกิโลเมตร กรณีรถบรรทุก 4 ล้อใช้น้ำมันดีเซล 82

ตาราง 7 ปริมาณสินค้าที่ต้องการจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้านของศูนย์ให้บริการ 83

ตาราง 8 ต้นทุนการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า และความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณสินค้า.....83

ตาราง 9 ต้นทุนการขนส่งทางอากาศของบริษัทกรณีศึกษา 86

ตาราง 10 ประเด็นที่ถูกพิจารณาในแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์แบ่งตามกรณี 87

ตาราง 11 ต้นทุนการขนส่งทางบกของบริษัทกรณีศึกษา ที่ได้จากตัวแบบจำลองในแต่ละกรณี 113

ตาราง 12 การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองกรณีที่ 1 115

ตาราง 13 การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองกรณีที่ 2 118

ตาราง 14 การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองกรณีที่ 3 121

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 ขอบเขตด้านพื้นที่การศึกษา 6
ภาพ 2 ที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา 10
ภาพ 3 ตัวอย่างการส่งต่อจดหมายและพัสดุระหว่างของบริษัทกรณีศึกษา 11
ภาพ 4 ตัวอย่างคลังสินค้าและกิจกรรมในคลังสินค้า 12
ภาพ 5 ตัวอย่างศูนย์กระจายสินค้า 15
ภาพ 6 เปรียบเทียบระหว่างการส่งสินค้าโดยผ่าน และไม่ผ่าน Cross Dock 17
ภาพ 7 แนวคิดเชิงระบบของการจัดการโลจิสติกส์ 20
ภาพ 8 การจัดการโลจิสติกส์ขาเข้าและขาออก 22
ภาพ 9 กิจกรรมโลจิสติกส์ 23
ภาพ 10 การกระจายสินค้าจากผู้ผลิตถึงลูกค้าโดยตรง 30
ภาพ 11 การขนส่งสินค้าโดยผ่านศูนย์กระจายสินค้า 31
ภาพ 12 ตัวแบบการขนส่ง 39
ภาพ 13 ระบบการขนส่ง 41
ภาพ 14 การติดตั้งการใช้งานฟังก์ชัน Solver ใน Microsoft Excel 45
ภาพ 15 การเลือกใช้งานฟังก์ชัน Solver ใน Microsoft Excel 46
ภาพ 16 การกำหนดพารามิเตอร์ 47
ภาพ 17 วิธีการดำเนินการวิจัย 75
ภาพ 18 ลักษณะการขนส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้านของบริษัทกรณีศึกษา 77
ภาพ 19 ปริมาณงานแยกตามประเภทการบริการ ของบริษัทกรณีศึกษา 78

ภาพ 20 ศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษาที่อยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 79
ภาพ 21 เส้นทางการกระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นไปได้ 80
ภาพ 22 แถบเครื่องมือ Microsoft Excel Solver 85
ภาพ 23 ผลการประมวลหาค่าที่เหมาะสมที่สุดตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ 99
ภาพ 24 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ที่ต้องการ แบบจำลองกรณีที่ 1 100
ภาพ 25 การกำหนดเซลล์ที่ต้องการให้เปลี่ยนค่า แบบจำลองกรณีที่ 1 101
ภาพ 26 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ที่ต้องการ แบบจำลองกรณีที่ 2 102
ภาพ 27 การกำหนดเซลล์ที่ต้องการให้เปลี่ยนค่า แบบจำลองกรณีที่ 2 103
ภาพ 28 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ที่ต้องการ แบบจำลองกรณีที่ 3 104
ภาพ 29 การกำหนดเซลล์ที่ต้องการให้เปลี่ยนค่า แบบจำลองกรณีที่ 1 105
ภาพ 30 แผนภาพผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ สำหรับแบบจำลองกรณีที่ 1 108
ภาพ 31 แผนภาพผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ สำหรับแบบจำลองกรณีที่ 2 110
ภาพ 32 แผนภาพผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ สำหรับแบบจำลองกรณีที่ 3 112
ภาพ 33 แผนภูมิเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนที่เกิดขึ้นของบริษัทกรณีศึกษา 125

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

สมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Association of Southeast Asian Nations หรือ ASEAN) ก่อตั้งขึ้นโดยปฏิญญากรุงเทพ (The Bangkok Declaration) เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม ปี พ.ศ. 2510 โดยสมาชิกผู้ก่อตั้งมี 5 ประเทศ ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ และไทย ซึ่งผู้แทนทั้ง 5 ประเทศ ประกอบด้วย นายอาดัม มาลิก (รัฐมนตรีต่างประเทศอินโดนีเซีย) ตุน อับดุล ราซัก บิน ฮุสเซน (รองนายกรัฐมนตรี รัฐมนตรีกลาโหมและรัฐมนตรีกระทรวงพัฒนาการแห่งชาติมาเลเซีย) นายนาซิโซ รามอส (รัฐมนตรีต่างประเทศฟิลิปปินส์) นายเอส ราชา รัตนัม (รัฐมนตรีต่างประเทศสิงคโปร์) และพันเอก (พิเศษ) ถนัด คอมันตร์ (รัฐมนตรีต่างประเทศไทย) ในเวลาต่อมา ได้มีประเทศต่าง ๆ เข้าเป็นสมาชิกเพิ่มเติมได้แก่ บรูไนดารุสซาลาม (เป็นสมาชิกเมื่อวันที่ 7 มกราคม ปี พ.ศ. 2527) สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม (เป็นสมาชิกเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2538) สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา (เป็นสมาชิกเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2540) และประเทศกัมพูชา (เป็นสมาชิกเมื่อวันที่ 30 เมษายน ปี พ.ศ. 2542) ตามลำดับ จากการรับกัมพูชาเข้าเป็นสมาชิก ทำให้อาเซียนมีสมาชิกครบ 10 ประเทศในภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ โดยวัตถุประสงค์ของการก่อตั้งอาเซียน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจอันดีต่อกันระหว่างประเทศในภูมิภาค ธำรงไว้ซึ่งสันติภาพเสถียรภาพ และความมั่นคงทางการเมือง สร้างสรรค์ความเจริญก้าวหน้า ทางด้านเศรษฐกิจ การพัฒนาทางสังคม และวัฒนธรรม การกินดีอยู่ดีของประชาชนบนพื้นฐานของความเสมอภาคและผลประโยชน์ร่วมกันของประเทศสมาชิก (กระทรวงการต่างประเทศ, 2558)

ประเทศไทยมีอาณาเขตติดต่อกับพรมแดนประเทศเพื่อนบ้านหลายประเทศ คือ ทิศเหนือ ได้แก่ สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทิศตะวันตก ได้แก่ สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา ทิศตะวันออก ได้แก่ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และกัมพูชา และทิศใต้ ได้แก่ มาเลเซีย ทั้งนี้โดยรวมแล้วประเทศไทยมีพรมแดนติดต่อสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาเป็นระยะทางยาวที่สุด คือ 2,400 กิโลเมตร รองลงมาคือสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ระยะทาง 1,810 กิโลเมตร ประเทศกัมพูชา ระยะทาง 725 กิโลเมตร และประเทศมาเลเซีย ระยะทาง 647 กิโลเมตร ปัจจุบันประเทศไทยมีจุดผ่านแดนถาวรกับประเทศเพื่อนบ้านรวม 29 จุด มีจุดผ่านแดนชั่วคราวหรือจุดผ่อนปรน รวม 42 แห่ง โดยแยกเป็น จุดผ่านแดนระหว่าง

ประเทศไทยกับเมียนมา จำนวน 11 แห่ง จุดผ่านแดนระหว่างประเทศไทยกับสปป.ลาว จำนวน 21 แห่ง และจุดผ่านแดนระหว่างประเทศไทยกับกัมพูชา จำนวน 10 แห่ง ประเทศไทยถือว่ามีความได้เปรียบและมีจุดแข็งหลายด้านเมื่อเทียบกับประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคอาเซียน สถาบันนานาชาติเพื่อพัฒนาด้านการจัดการ (International Institute for Management Development : IMD) ได้ทำการพิจาณาขีดความสามารถในการแข่งขันโดยรวม ในปี พ.ศ. 2554 พบว่า ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 3 ของภูมิภาคอาเซียน โดยเป็นรองเฉพาะประเทศสิงคโปร์และมาเลเซีย และอยู่ในอันดับที่ 10 เมื่อเทียบกับประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก ซึ่งประเทศไทยมีความได้เปรียบในด้านยุทธศาสตร์การคมนาคมทั้งทางบกและทางอากาศ จากแหล่งทำเลที่ตั้งในภูมิภาคอาเซียน รวมไปถึงแหล่งทำเลที่ตั้งในโครงการพัฒนาความร่วมมือทางเศรษฐกิจในอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง (Greater Mekong Subregion : GMS) ซึ่งทำให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางในการคมนาคมในภูมิภาคอาเซียนได้ไม่ยากนัก นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีศักยภาพที่จะเป็นศูนย์กลางทางการบินและคมนาคมทางบกที่จะเชื่อมประเทศคาบสมุทรอินโดจีนและเชื่อมโยงเอเชียเหนือโดยเฉพาะจีนกับเอเชียตะวันตกโดยเฉพาะอินเดียเข้าด้วยกัน (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดตาก, 2557)

ปัจจุบันการค้าระหว่างประเทศของไทยกับกลุ่มประเทศ GMS เริ่มมีบทบาทสำคัญมากขึ้น โดยเฉพาะการค้าชายแดนหรือผ่านแดน เนื่องจากประเทศไทยมีชายแดนติดกับประเทศเพื่อนบ้านหลายประเทศ ทำให้มีต้นทุนค่าขนส่งสินค้าต่ำ รวมทั้งตลาดประเทศเพื่อนบ้านยังเป็นแหล่งระบายสินค้าภายในประเทศของไทยได้เป็นอย่างดี ตลอดจนเป็นช่องทางในการจัดหาวัตถุดิบราคาถูกเพื่อป้อนโรงงานภายในประเทศ ทั้งนี้ ในอนาคตหลังการเปิดใช้เส้นทางเศรษฐกิจ GMS อย่างเต็มรูปแบบจะทำให้มูลค่าการค้าระหว่างประเทศและมูลค่าการค้าชายแดนหรือผ่านแดนเติบโตมากขึ้น โดยเฉพาะบนเส้นทางระเบียงเศรษฐกิจแนวตะวันออก - ตะวันตก (East-West Economic Corridor : EWEC) หรือเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ที่เชื่อมโยงประเทศเวียดนาม สปป.ลาว ประเทศไทย และประเทศเมียนมา เนื่องจากเส้นทางหมายเลข 9 (R9) จะช่วยส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศทั้งภายในอนุภูมิภาค GMS และประเทศอื่น ๆ เนื่องจากเส้นทางนี้จะเป็นการเพิ่มทางเลือกในการเชื่อมต่อเส้นทางการขนส่งจากทะเลอันดามันไปสู่ทะเลจีนใต้ นอกจากนี้เส้นทางหมายเลข 9 (R9) ยังช่วยเพิ่มโอกาสและทางเลือกในการขนส่งสินค้าไปยังภูมิภาคเอเชียตะวันออก เนื่องจากสามารถเลือกขนส่งสินค้าผ่านเส้นทางหมายเลข 9 (R9) เพื่อส่งต่อไปยังท่าเรือดานังของประเทศเวียดนามได้อีกด้วย (Positionning, 2551)

เส้นทางระเบียงเศรษฐกิจสายตะวันออก-ตะวันตก (East-West Economic Corridor : EWEC) หรือเส้นทางหมายเลข 9 (R9) เป็นโครงการพัฒนาความร่วมมือทางเศรษฐกิจในอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง (Greater Mekong Subregion : GMS) ซึ่งประกอบด้วยประเทศสมาชิก ได้แก่ ประเทศไทย สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ประเทศกัมพูชา

สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม และสาธารณรัฐประชาชนจีน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้เกิดการขยายตัวทางการค้า การลงทุน อุตสาหกรรม การเกษตร และบริการ และยกระดับความเป็นอยู่ของประชาชนในอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง ซึ่งมีระยะทางยาว 1,450 กิโลเมตร อยู่ในเขตประเทศไทยเป็นระยะทางยาวที่สุดประมาณ 950 กิโลเมตร โดยเส้นทางเริ่มจากเมืองท่าดานังของเวียดนามผ่านเมืองเว้ และเมืองลาวบาว (Lao Bao) อันเป็นเขตเศรษฐกิจพิเศษของเวียดนาม ซึ่งติดกับชายแดน สปป.ลาว จากนั้นเส้นทางหมายเลข 9 (R9) จะผ่านเข้าแขวงสะหวันนะเขตในสปป.ลาว และมาข้ามสะพานมิตรภาพแห่งที่ 2 (มุกดาหาร-สะหวันนะเขต) ซึ่งข้ามแม่น้ำโขงจากฝั่ง สปป.ลาว เพื่อเข้าสู่ประเทศไทยที่จังหวัดมุกดาหาร ผ่านจังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น เพชรบูรณ์ พิษณุโลก จนไปสุดที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก และเข้าไปยังเมียนมาจนทะลุอ่าวเมาะตะมะที่เมืองเมาะลำไย หรือมะละแหม่ง (Mawlamyine หรือ Mawlamyaing) เป็นการเชื่อมจากทะเลจีนใต้ไปสู่มหาสมุทรอินเดีย (ณัฐธยาน์ โสกุล, 2559)

ปัจจุบันรูปแบบการขนส่งสินค้าของประเทศไทยโดยส่วนใหญ่ เป็นการขนส่งทางถนน เนื่องจากประเทศไทยมีโครงการตัดถนนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และยังเป็นถนนที่สามารถเชื่อมต่อไปยังประเทศเพื่อนบ้านได้อย่างสะดวกสบาย อีกทั้งการขนส่งทางบกยังมีข้อได้เปรียบทั้งในเรื่องความคุ้มค่าและต้นทุนที่ถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการขนส่งด้วยเครื่องบิน อีกทั้งยังรวดเร็วกว่าการขนส่งทางเรือเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุนี้ทำให้ผู้ให้บริการการขนส่งต่างพากันลงทุนสร้างเครือข่ายการขนส่งทางบกของตนเองให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงความได้เปรียบของประเทศไทยกับประเทศเพื่อนบ้านทั้งในด้านเทคโนโลยี วัสดุอุปกรณ์ ตลอดจนแรงงานในภาคการขนส่งที่ยังคงมีต้นทุนที่คุ้มค่ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตลาดแรงงานในประเทศเพื่อนบ้านที่กำลังเติบโตอย่างรวดเร็ว ยิ่งเป็นการตอกย้ำให้เห็นถึงศักยภาพและความพร้อมของประเทศไทยในการเป็นศูนย์กลางด้านการขนส่งสินค้าทางบก ที่จะสามารถช่วยให้ผู้ผลิตสินค้าสามารถลดต้นทุนการขนส่งลงได้ซึ่งส่งผลต่อราคาสินค้าที่สามารถขายได้ในราคาที่ถูกลงเพื่อเพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขันกับคู่แข่งในตลาดได้เป็นอย่างมาก อีกทั้งตัวชี้วัดเชิงพาณิชย์ยังระบุว่า ธุรกิจการนำเข้าและส่งออกสินค้าส่วนใหญ่ของโลกจะเกิดขึ้นในภูมิภาคอาเซียน ซึ่งผู้ประกอบการในอาเซียนล้วนเป็นทั้งลูกค้าและผู้จัดหาสินค้ารายใหญ่ของตลาดไทย และเมื่อเปิด AEC ในปี 2558 สมาชิกทั้ง 10 ประเทศ จะต้องร่วมกันทลายกำแพงภาษีทั้งการนำเข้าและส่งออกเพื่อสนับสนุนภาคการลงทุน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการหมุนเวียนของสินค้า การบริการ การลงทุน เม็ดเงิน ตลอดจนแรงงานในภูมิภาคอาเซียนอย่างเสรีมากกว่าเดิม (จรัสพรรณ แจ่มใส, 2557)

ปัจจุบันตลาดพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-commerce) ของประเทศไทยเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2564 พบว่า ตลาดพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยเติบโตขึ้น 81% และมีมูลค่าการค้า 294,000 ล้านบาท เหตุผลที่ทำให้มูลค่าการค้าของตลาดพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สูงขึ้น

เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) ในปัจจุบัน ส่งผลให้ลูกค้ามีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการซื้อสินค้า ทำให้นิยมสั่งสินค้าผ่านทางออนไลน์มากขึ้น อีกทั้งผู้ประกอบการต่าง ๆ มีการปรับตัว เพื่อเพิ่มช่องทางจำหน่ายสินค้าให้มีความหลากหลายมากขึ้น ทำให้มีผู้ประกอบการเปิดร้านค้าในแพลตฟอร์มออนไลน์มากขึ้นเช่นกัน จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2564 พบว่า มีผู้ประกอบการเข้ามาเปิดร้านค้าในแพลตฟอร์มออนไลน์ต่าง ๆ เช่น ลาซาด้า (Lazada), ช้อปปี้ (Shopee) และเจดี เซ็นทรัล (JD Central) มากถึง 50% ดังนั้นจากการเติบโตของตลาดพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ในปัจจุบันของประเทศไทย จึงส่งผลให้ยอดปริมาณการขนส่งสินค้าและพัสดุของบริษัทขนส่งโลจิสติกส์ต่าง ๆ ภายในประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย (Eukeikk.ee, 2021)

สำหรับบริษัทกรณีศึกษา เป็นบริษัทที่ทำธุรกิจการให้บริการฝากส่งสิ่งของทั้งประเทศไทยและมีความร่วมมือกับบริษัทขนส่งทั่วโลกในการให้บริการฝากส่งสิ่งของไปยังปลายทางต่างประเทศ โดยรูปแบบการให้บริการของบริษัทขนส่งระหว่างประเทศในปัจจุบัน ประกอบด้วย การขนส่งทางอากาศ (Airmail) หมายถึง การขนส่งจดหมายและพัสดุ โดยใช้วิธีการขนส่งทางอากาศตลอดเส้นทางจากประเทศต้นทางไปถึงปลายทางต่างประเทศ การขนส่งทางอากาศราคาประหยัด (Economy Air หรือ Surface Air Lifted : SAL) หมายถึง การขนส่งจดหมายและพัสดุที่ผสมผสานระหว่างการขนส่งทางอากาศ และการขนส่งภาคพื้น โดยการขนส่งระหว่างประเทศจะขนส่งทางอากาศ ส่วนการขนส่งภายในประเทศต้นทางและในประเทศปลายทางจะเป็นการขนส่งทางภาคพื้น และ การขนส่งทางภาคพื้น (Surface Mail) หมายถึง การจัดส่งจดหมายและพัสดุโดยวิธีการขนส่งทางบกหรือทางน้ำ ซึ่งอาจจะขนส่งโดยรถยนต์ เรือ หรือยานพาหนะอื่น ๆ แล้วแต่กรณีจากต้นทางประเทศไทยไปถึงที่ทำการปลายทางต่างประเทศ

ศูนย์กระจายสินค้า มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศในฐานะเป็นกิจกรรมในการลดต้นทุนโลจิสติกส์และทำให้ระบบการกระจายสินค้าสามารถขับเคลื่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในปัจจุบันระดับการพัฒนาโลจิสติกส์ของไทยยังอยู่ในระดับโลกที่สาม (The Third World Logistics) ก่อให้เกิดผลเสียทำให้ประเทศไทยมีต้นทุนด้านโลจิสติกส์ที่สูงถึงร้อยละ 16 ถึง 19 เปอร์เซ็นต์ต่อ GDP เป็นต้นทุนในการเก็บสินค้าคิดเป็นประมาณ 47 เปอร์เซ็นต์ และเป็นต้นทุนในการขนส่งอีกประมาณ 41 เปอร์เซ็นต์ เหตุผลสำคัญที่ทำให้ต้นทุนดังกล่าวสูง เนื่องจากการที่ผู้ผลิตขนส่งสินค้าไปให้กับลูกค้าในต่างจังหวัด โดยที่ไม่มีศูนย์รวบรวมพักสินค้าตามจังหวัดที่เป็นศูนย์กลางขนส่ง (HUB) ทำให้ส่วนใหญ่แล้วต้องขนส่งรถเที่ยวเปล่ากลับหรือสินค้าส่งมอบให้เต็มคันรถ (Back Haul) ในการแก้ปัญหาดังกล่าว จะต้องมีศูนย์กระจายสินค้าที่มีประสิทธิภาพ โดยโครงข่ายการกระจายสินค้าทำหน้าที่ในการรวบรวมสินค้าให้เต็มคันรถหรือจัดพาหนะให้เหมาะสมกับจำนวนและสอดคล้องกับสถานที่ส่งมอบสินค้า ยังมีเครือข่ายในการรวบรวมสินค้า หรือเปลี่ยนรูปแบบประเภทการขนส่งไปสู่โหมดที่ประหยัดพลังงานหรือประเภทการส่งมอบแบบ Door to Door (ธนิต โสรัตน์, 2551)

ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษามีศูนย์กระจายสินค้าที่รองรับการขนส่งพัสดุภายในประเทศจำนวน 19 แห่ง แต่ยังไม่มีการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า สำหรับการส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านโดยเฉพาะ ซึ่งรูปแบบการขนส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านของบริษัทกรณีศึกษาในปัจจุบันมีขั้นตอนการดำเนินงาน โดยเริ่มต้นจากลูกค้าจะนำจดหมายหรือพัสดุต่าง ๆ มาส่งยังที่ทำการ จากนั้นที่ทำการจะรวบรวมและส่งต่อไปยังศูนย์กระจายสินค้าตามจังหวัดที่รับผิดชอบ จากนั้นศูนย์กระจายสินค้าตามจังหวัดที่รับผิดชอบจะส่งต่อมายังศูนย์กระจายสินค้าสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ และจดหมายหรือพัสดุที่จะจัดส่งทั้งหมดจะใช้วิธีการขนส่งทางอากาศโดยเครื่องบิน ส่งต่อไปยังประเทศเพื่อนบ้านต่าง ๆ โดยจากการศึกษาข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา พบว่า บริษัทแห่งนี้ได้ร่วมมือกับบริษัทขนส่งพัสดุอื่น ๆ ทั่วโลก เพื่อให้บริการฝากส่งสิ่งของไปยังประเทศปลายทางต่าง ๆ ทั่วโลก เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพของประเทศไทยดังที่กล่าวข้างต้น ถือได้ว่าประเทศไทยมีความได้เปรียบสูงมากในกลุ่มประเทศเพื่อนบ้าน หรือ Asean Economics Community : AEC ในการเป็นสะพานเชื่อมโยงการขนส่งพัสดุสู่ประเทศเพื่อนบ้าน

จากที่มาและความสำคัญข้างต้น งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Model) โดยทำการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อรองรับต่อการขนส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาถึงการหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสม เพื่อพัฒนาเป็นศูนย์กระจายสินค้าของการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศไทยไปยังประเทศเพื่อนบ้าน

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. สร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Model) เพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อรองรับต่อการขนส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9)
2. เพื่อเสนอโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งพัสดุจากต้นทางประเทศไทยไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9)

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ขอบเขตของพื้นที่การศึกษาของงานวิจัยนี้ จะพิจารณาตามเส้นทางแนวระเบียงเศรษฐกิจแนวตะวันออก-ตะวันตก (East-West Economic Corridor : EWEC) หรือเส้นทางหมายเลข 9 (R9) เชื่อมโยงประเทศเมียนมา ประเทศไทย และสปป.ลาว โดยจะพิจารณาจำนวน 4 พื้นที่ในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดมุกดาหาร (อำเภอเมือง) จังหวัดขอนแก่น (อำเภอเมือง)

จังหวัดพิษณุโลก (อำเภอเมือง) และจังหวัดตาก (อำเภอแม่สอด) แสดงดังภาพที่ 1 โดยพิจารณาการเชื่อมโยงการค้าตามแนวชายแดนประเทศไทย และเมียนมาบริเวณด่านพรมแดนถาวรแม่สอด จังหวัดตาก ผ่านจังหวัดพิษณุโลก จังหวัดขอนแก่น และเชื่อมโยงชายแดนประเทศไทยกับสปป.ลาว ที่ด่านพรมแดนมุกดาหาร

2. พิจารณาข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 ถึงปี พ.ศ. 2561

ภาพ 1 ขอบเขตด้านพื้นที่การศึกษา

ที่มา: thaiquote.org, 2559

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. คลังสินค้า (Warehouse) คือ สิ่งปลูกสร้างที่มีไว้เพื่อใช้ในการพักและเก็บสินค้าในปริมาณที่มาก พื้นที่ที่ได้วางแผนแล้วเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้สอย และการเคลื่อนย้ายสินค้าและวัตถุดิบ โดยคลังสินค้าทำหน้าที่ในการเก็บสินค้าระหว่างกระบวนการเคลื่อนย้าย เพื่อสนับสนุนการผลิตและการกระจายสินค้า

2. ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center : DC) คือ ศูนย์เพื่อรวบรวม คัดแยก แบ่งบรรจุ ให้เหมาะสมกับประเภทพาหนะที่จะใช้ในการขนส่งให้กับลูกค้า และการจัดส่งสินค้า สามารถทำให้เพิ่มมูลค่าแก่สินค้า (Value Added) รวมทั้งการประกอบสินค้าขั้นสุดท้าย (Final Assembly)

3. การเลือกทำเลที่ตั้ง (Location Selection) คือ การจัดหาหรือสรรหาสถานที่ สำหรับประกอบธุรกิจให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยคำนึงถึงกำไร ค่าใช้จ่าย พนักงาน ความสัมพันธ์กับลูกค้า ความสะดวก เส้นทางการขนส่ง ตลอดจนสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่ดีตลอดระยะเวลาที่ประกอบธุรกิจนั้น

4. เส้นทางหมายเลข 9 (R9) คือ ระเบียงเศรษฐกิจระหว่างตะวันออกกับตะวันตก (East-West Economic Corridor : EWEC) เป็นส่วนหนึ่งของแผนพัฒนาเศรษฐกิจในอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง (Greater Mekong Subregion : GMS) เป็นเส้นทางสายหลักที่เชื่อมโยงพื้นที่ทางฝั่งตะวันตกจากทะเลอันดามันเข้ากับพื้นที่ทางฝั่งตะวันออกด้านทะเลจีนใต้

5. การขนส่งทางอากาศ (Airmail) คือ การขนส่งจดหมายและพัสดุ โดยใช้วิธีการขนส่งทางอากาศตลอดเส้นทางจากประเทศต้นทางไปถึงปลายทางต่างประเทศ

6. การขนส่งทางอากาศราคาประหยัด (Economy Air หรือ Surface Air Lifed : SAL) คือ การขนส่งจดหมายและพัสดุที่ผสมผสานระหว่างการขนส่งทางอากาศ และการขนส่งภาคพื้น โดยการขนส่งระหว่างประเทศจะขนส่งทางอากาศ ส่วนการขนส่งภายในประเทศต้นทางและในประเทศปลายทางจะเป็นการขนส่งทางภาคพื้น

7. การขนส่งทางภาคพื้นดิน (Surface Mail) คือ การจัดส่งจดหมายและพัสดุโดยวิธีการขนส่งทางบกหรือทางน้ำ ซึ่งอาจจะขนส่งโดยรถยนต์ เรือ หรือยานพาหนะอื่น ๆ แล้วแต่กรณีจากต้นทางประเทศไทยไปถึงที่ทำการปลายทางต่างประเทศ

8. การขนส่งแบบ Door to Door คือ บริการรับส่งสินค้า ที่จะอำนวยความสะดวกให้แก่ทั้งผู้ส่งสินค้าและผู้รับสินค้า โดยมีการจัดการไปรับสินค้า ณ สถานที่จัดเก็บสินค้า และจัดการเอกสารให้ทุกอย่าง ตลอดจนการเดินพิธิการศุลกากรที่ท่าเรือ จะดำเนินการผ่านพิธีการขาเข้า และนำสินค้าไปส่งยังสถานที่ปลายทางที่ลูกค้าได้กำหนดไว้

9. แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Model) เป็นการนำเอาหลักการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เป็นสิ่งที่ถูก

ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันทั้งทางด้านวิชาฟิสิกส์ วิชาชีววิทยา วิชาสังคมศาสตร์ วิชาจิตวิทยา วิชาเคมี วิชาเศรษฐศาสตร์ ฯลฯ ซึ่งแบบจำลองเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าของข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ โดยปัจจุบันแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์นิยมนำมาใช้สำหรับการแก้ไขปัญหาการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าอีกด้วย

10. โลจิสติกส์ (Logistics) คือ การจัดการลำเลียงสินค้าเพื่อให้เกิดต้นทุนโดยรวมในการกระจายสินค้าต่ำที่สุด เกี่ยวข้องตั้งแต่ต้นทาง (Upstream) ไปสิ้นสุด ณ จุดปลายทาง (Downstream) หรือเป็นกระบวนการในการจัดการวางแผน จัดสายงาน และควบคุมกิจกรรมทั้งในส่วนที่มีการเคลื่อนย้ายและไม่มีการเคลื่อนย้าย การอำนวยความสะดวกในกระบวนการไหลสินค้าตั้งแต่จุดจัดหาวัตถุดิบไปจนถึงจุดที่มีการบริโภค

11. การจัดการโลจิสติกส์ (Logistics Management) เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการโซ่อุปทาน รวมตั้งแต่กระบวนการวางแผน การดำเนินการ การควบคุมประสิทธิภาพและประสิทธิผล การเคลื่อนย้าย การจัดเก็บสินค้า การบริการ และสารสนเทศจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่มีการใช้งานโดยที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

12. โซ่อุปทาน (Supply Chain) หรือ เครือข่ายโลจิสติกส์ คือ การใช้ระบบของหน่วยงาน คน เทคโนโลยี กิจกรรม ข้อมูลข่าวสาร และทรัพยากร มาประยุกต์เข้าด้วยกัน เพื่อการเคลื่อนย้ายสินค้าหรือบริการ จากผู้จัดหาไปยังลูกค้า กิจกรรมของโซ่อุปทาน (Supply Chain) จะแปรสภาพทรัพยากรธรรมชาติ วัตถุดิบ และวัสดุอื่น ๆ ให้กลายเป็นสินค้าสำเร็จ แล้วส่งไปจนถึงลูกค้าคนสุดท้าย (End Customer)

13. การจัดการโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) คือ การออกแบบการวางแผนปฏิบัติการ การควบคุมติดตามกิจกรรมในโซ่อุปทาน โดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างคุณค่าในการแข่งขัน และยกระดับความสามารถในการบริหารงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ สำหรับการหาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อรองรับต่อการขนส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9)

2. ทำให้ทราบถึงโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งพัสดุจากต้นทางประเทศไทยไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9)

3. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจ ได้นำผลงานวิจัยนี้ไปพัฒนาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

บทที่ 2

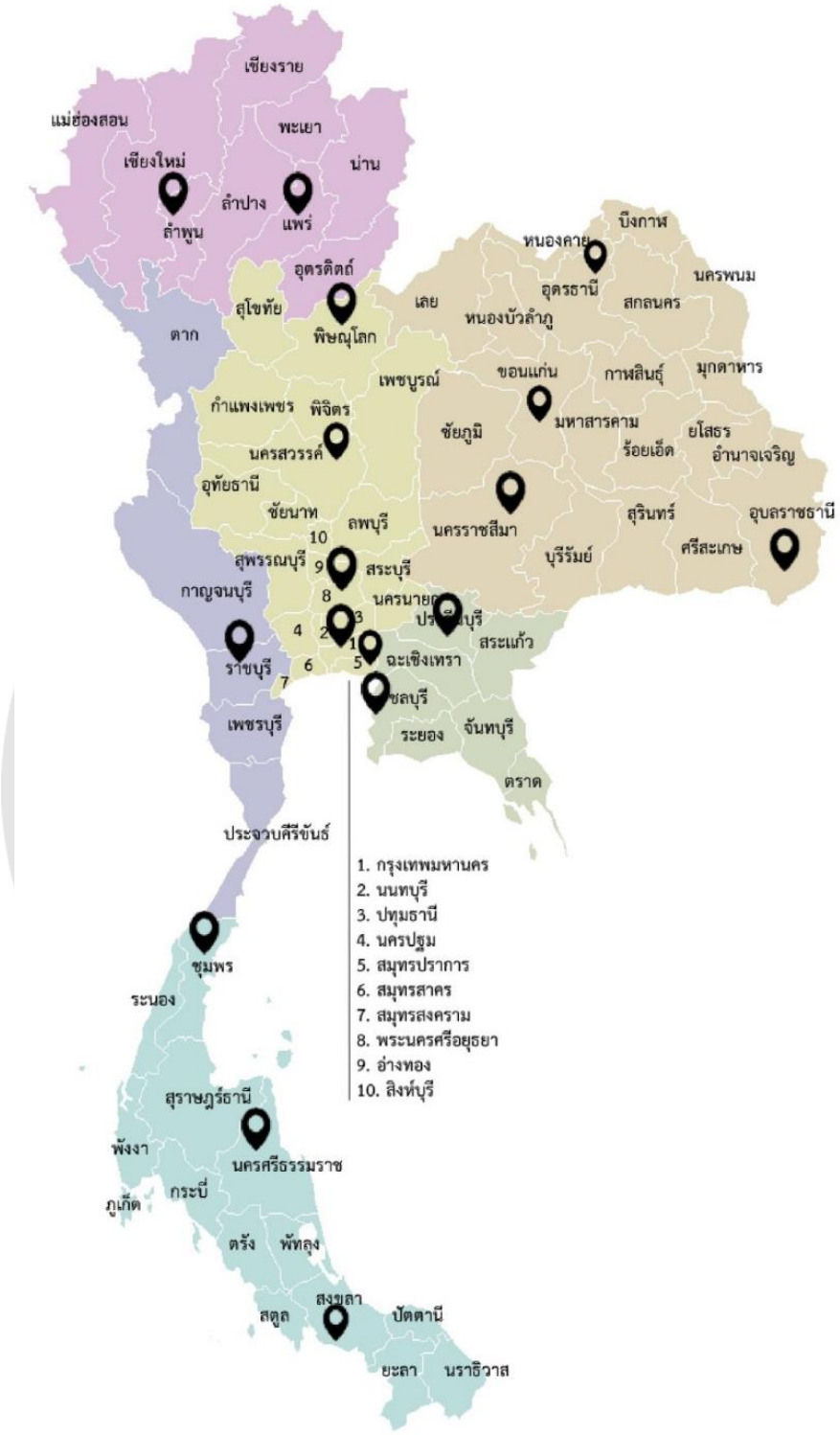
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษา เป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการขนส่งพัสดุ โดยมีเครือข่าย หรือที่ทำการทั้งสิ้นจำนวน 32,081 แห่งทั่วประเทศไทย อีกทั้งบริษัทกรณีศึกษาได้เข้าร่วมกับสหภาพสากลไปรษณีย์ (Universal Postal Union : UPU) ซึ่งเป็นองค์กรการชำนัญพิเศษแห่งสหประชาชาติ จัดตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2417 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดระบบงานการให้บริการและปรับปรุงกิจการการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศให้มีประสิทธิภาพ ตลอดจนเพื่อส่งเสริมและพัฒนาความร่วมมือระหว่างประเทศด้านการบริการการขนส่ง ปัจจุบันนี้บริษัทกรณีศึกษาได้มีการร่วมมือกับบริษัทขนส่งของประเทศต่าง ๆ ครอบคลุมกว่า 221 ประเทศ ทั่วโลก

บริษัทกรณีศึกษามีการให้บริการแบ่งเป็น 4 กลุ่มธุรกิจ ประกอบด้วย 1) กลุ่มธุรกิจบริการขนส่งขนาดเล็ก เช่น บริการส่งจดหมาย ของตีพิมพ์ และจดหมายลงทะเบียนในประเทศ เป็นต้น 2) กลุ่มธุรกิจขนส่งและโลจิสติกส์ เช่น บริการแบบด่วนพิเศษในประเทศ พัสดุในประเทศ และบริการขนส่งสิ่งของขนาดใหญ่ (Logispost) เป็นต้น 3) กลุ่มธุรกิจบริการระหว่างประเทศ เช่น บริการลงทะเบียนระหว่างประเทศ บริการด่วนพิเศษระหว่างประเทศ เป็นต้น และ 4) การขนส่งพัสดุระหว่างประเทศ และกลุ่มธุรกิจค้าปลีกและการเงิน เช่น บริการธนาณัติออนไลน์ แสตมป์สะสม สินค้าที่บริษัทกรณีศึกษารับเป็นตัวแทนจำหน่าย และบริการทางการเงิน (Pay at Post) เป็นต้น

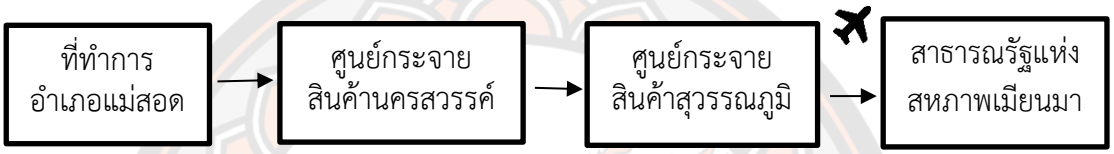
ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษา ได้มีการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 19 แห่ง ภายใน 17 จังหวัดทั่วประเทศ ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ ชลบุรี ราชบุรี พระนครศรีอยุธยา ปราจีนบุรี แพร่ ลำพูน พิษณุโลก นครสวรรค์ อุดรธานี ขอนแก่น นครราชสีมา อุบลราชธานี สงขลา นครศรีธรรมราช และชุมพร แสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 19 แห่งนี้ถูกใช้เฉพาะการให้บริการรับส่งพัสดุสินค้าภายในประเทศเท่านั้น



ภาพ 2 ที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

ที่มา: ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา

สำหรับการให้บริการจัดส่งจดหมายและพัสดุระหว่างประเทศ บริษัทกรณีศึกษามีการดำเนินการโดยรวบรวมจดหมายและพัสดุเพื่อมาเก็บไว้ยังศูนย์กระจายสินค้าตามจังหวัดที่รับผิดชอบ จากนั้นจะส่งต่อมายังศูนย์กระจายสินค้าสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ และจดหมายหรือพัสดุที่จะจัดส่งทั้งหมดจะใช้วิธีการขนส่งทางอากาศโดยเครื่องบิน ส่งต่อไปยังประเทศเพื่อนบ้านต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การส่งจดหมายหรือพัสดุจากที่ทำการแม่สอด จังหวัดตากไปยังสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา จดหมายหรือพัสดุที่จะทำการขนส่งจะถูกรวบรวมและส่งต่อมายังศูนย์กระจายสินค้านครสวรรค์ จากนั้นจะถูกส่งต่อไปยังศูนย์กระจายสินค้าสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ และขนส่งโดยเครื่องบิน ส่งต่อไปยังสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา โดยมีลำดับแสดงดังภาพที่ 3



ภาพ 3 ตัวอย่างการส่งต่อจดหมายและพัสดุระหว่างของบริษัทกรณีศึกษา

ที่มา: ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวกับคลังสินค้า (Warehouse)

คลังสินค้า (Warehouse) หมายถึง สิ่งปลูกสร้างที่มีไว้เพื่อใช้ในการพักและเก็บสินค้าในปริมาณที่มาก พื้นที่ที่ได้วางแผนแล้วเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้สอย และการเคลื่อนย้ายสินค้าและวัตถุดิบ โดยคลังสินค้าทำหน้าที่ในการเก็บสินค้าระหว่างกระบวนการเคลื่อนย้ายเพื่อสนับสนุนการผลิตและการกระจายสินค้า ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสินค้าหรือวัตถุดิบการจัดเก็บ โดยไม่ให้สินค้าเสื่อมสภาพหรือแตกหักเสียหาย คลังสินค้าโดยทั่วไปจะทำหน้าที่จัดเก็บวัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูปเป็นหลัก หรือบางครั้งอาจใช้เก็บงานระหว่างการผลิต ชิ้นส่วนหรือสินค้ากึ่งสำเร็จรูป ซึ่งในการจัดเก็บสินค้าหรือวัตถุดิบจำพวกนี้ จำเป็นต้องมีการจัดการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงเห็นได้ว่าคลังสินค้ามีความสำคัญต่อกิจกรรมหลักของธุรกิจเป็นอย่างมาก กิจกรรมของคลังสินค้าส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสินค้าหรือวัตถุดิบ การจัดเก็บโดยไม่ให้สินค้าเสื่อมสภาพหรือไม่เกิดความเสียหายต่อสินค้าหรือวัตถุดิบที่เก็บอยู่ภายในคลังสินค้า ลักษณะทั่วไปของคลังสินค้าคืออาคารชั้นเดียวมีพื้นที่โล่งกว้างสำหรับเก็บสินค้า มีประตูขนาดใหญ่ เพื่อสะดวกในการขนถ่ายสินค้า (พงษ์ชัย อธิคมรัตนกุล, 2556) แสดงดังในภาพที่ 4

ภาพ 4 ตัวอย่างคลังสินค้าและกิจกรรมในคลังสินค้า

ที่มา: BKK Warehouse, 2560

คลังสินค้ามีวัตถุประสงค์หลาย ๆ ด้าน คือ เพื่อรักษาระดับสินค้าคงคลัง เพื่อสนับสนุนระบบการผลิตหรือการขาย (Manufacturing Support) เพื่อทำหน้าที่รวบรวมสินค้าก่อนจัดส่ง (Consolidation) เพื่อทำหน้าที่แยกหีบห่อ (Break-Bulk) หรือทำหน้าที่เป็นศูนย์กระจายสินค้า (Cross Dock) เป็นต้น เนื่องจากคลังสินค้ามีหน้าที่หลากหลาย ประโยชน์ของคลังสินค้าจึงมีมากมาย (พงษ์ชัย อธิคมรัตนกุล, 2556) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- เพื่อให้เกิดประโยชน์ในเรื่องการขนส่ง
- เพื่อให้เกิดการประหยัดในระบบการผลิต (Production Smoothing)
- เพื่อให้เกิดประโยชน์ในเรื่องของการสั่งซื้อในปริมาณมาก (Economies of Scale)
- เพื่อใช้เป็นแหล่งของวัตถุดิบ เพื่อรองรับต่อความไม่แน่นอนของการซื้อวัตถุดิบ
- เพื่อรองรับต่อความไม่แน่นอนของการขาย
- เพื่อให้เกิดการบริการต้นทุนโลจิสติกส์ที่ต่ำ

คลังสินค้าโดยทั่วไปจะทำหน้าที่จัดเก็บวัตถุดิบ หรือสินค้าสำเร็จรูปเป็นหลัก หรือบางครั้งอาจใช้เก็บงานระหว่างการผลิตชิ้นส่วนหรือสินค้ากึ่งสำเร็จรูปบ้าง ซึ่งในการจัดเก็บสินค้าหรือวัตถุดิบ จำพวกนี้จำเป็นต้องมีการจัดการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และไม่เกิดความเสียหายต่อสินค้าหรือวัตถุดิบที่เก็บอยู่ภายในคลังสินค้า การแบ่งประเภทของคลังสินค้าสามารถทำได้โดยแบ่งตามลักษณะธุรกิจ แบ่งประเภทของคลังสินค้าตามลักษณะงาน หรือแบ่งตามลักษณะสินค้าที่เก็บรักษา (พงษ์ชัย อธิคมรัตนกุล, 2556) ดังต่อไปนี้

1.1 การแบ่งประเภทของคลังสินค้าตามลักษณะธุรกิจ

คลังสินค้ายังแบ่งออกได้ 2 ประเภทตามลักษณะธุรกิจ คือ คลังสาธารณะ (Public warehouse) และคลังส่วนตัว (Private warehouse) ซึ่งแต่ละประเภทมีข้อดี ข้อเสีย ดังต่อไปนี้

1.1.1 คลังสาธารณะ (Public warehouse) คือ คลังที่เจ้าของธุรกิจเปิดขึ้นเพื่อรับเก็บสินค้าเป็นหลัก เป็นโกดังสินค้าแล้ว เก็บค่าเช่าในการจัดเก็บสินค้า เช่น พวกคลังห้องเย็นต่าง ๆ ที่รับจัดเก็บปลาแช่แข็งที่มาจากเมืองนอก โดยที่โรงงานแปรรูปไม่ต้องการลงทุนสร้างคลังห้องเย็นเป็นของตัวเองก็จะจัดจ้างให้คลังห้องเย็น ช่วยจัดเก็บให้โดยคิดค่าจัดเก็บ เป็นต้น

1) ข้อดีของคลังสาธารณะ
   - มีการใช้ประโยชน์ของเงินทุนมากขึ้น เนื่องจากคลังที่สร้างได้ให้บริการแก่ลูกค้าหลายคน
   - มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ได้ดีกว่า เพราะมีการให้บริการแก่ลูกค้าหลายคน
   - เป็นการลดความเสี่ยงจากการว่างของคลังสินค้า
   - มีการใช้ประโยชน์เชิงเศรษฐศาสตร์ (Economies of Scale) มากกว่า
   - มีความยืดหยุ่นสูง
   - มีความรู้และความเชี่ยวชาญในเรื่องการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายมากกว่า
2) ข้อเสียของคลังสาธารณะ
   - อาจมีปัญหาเรื่องการสื่อสารข้อมูล เพราะระบบการสื่อสารอาจมีความแตกต่างกันมาก
   - อาจไม่มีการบริการพิเศษบางประเภท ซึ่งเป็นความต้องการเฉพาะด้านของตัวสินค้า
   - พื้นที่อาจไม่เพียงพอในบางช่วงของความต้องการ

1.1.2 คลังส่วนตัว (Private warehouse) คือ คลังโดยทั่วไปของบริษัทซึ่งบริษัทหลาย ๆ แห่ง ได้สร้างคลังในพื้นที่ของตัวเอง เช่น คลังวัตถุดิบ คลังสินค้าสำเร็จรูป เป็นต้น และใช้ในการจัดเก็บวัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูปของบริษัทเท่านั้น

1) ข้อดีของคลังส่วนตัว
   - มีการควบคุมที่ทำได้ง่าย
   - มีความยืดหยุ่นสูง
   - มีต้นทุนต่ำกว่าในระยะยาว

- มีการใช้แรงงานที่มีประสิทธิภาพสูง

2) ข้อเสียของคลังส่วนตัว

- ขาดความยืดหยุ่น
- ข้อจำกัดทางด้านการเงิน
- ผลตอบแทนต่อการลงทุนต่ำ

1.2 การแบ่งประเภทของคลังสินค้าตามลักษณะงาน

คลังสินค้าชนิดนี้มีหน้าที่หลักในการเก็บรักษาสินค้าซึ่งอาจจะอยู่ในรูปวัตถุดิบหรือสินค้าสำเร็จรูป เพื่อทำหน้าที่ตอบสนองความต้องการของฝ่ายผลิต หรือร้านค้าตามลำดับ ดังนั้นการจัดการสินค้าประเภทนี้จะเน้นที่การรักษาสภาพสินค้า และการป้องกันการสูญหายของสินค้าเป็นสำคัญ

1.3 การแบ่งประเภทของคลังสินค้าตามสินค้า

คลังสินค้าประเภทนี้ จะประกอบด้วย 4 ประเภท ได้แก่

1.3.1 คลังสินค้าทั่วไป คือ คลังสินค้าทั่วไปทำหน้าที่เก็บสินค้าหลากหลายที่ไม่ต้องการการรักษาดูแลเป็นพิเศษ อาทิเช่น สินค้าอุปโภคและเครื่องใช้สอยทั่วไป เป็นต้น

1.3.2 คลังสินค้าของสด คือ คลังสินค้าชนิดนี้ทำหน้าที่เก็บสินค้าที่เป็นของสด อาทิเช่น อาหาร ผัก ผลไม้ และเครื่องดื่ม เป็นต้น ซึ่งสินค้าเหล่านี้ต้องการการรักษาดูแลเป็นพิเศษด้วยการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อรักษาความสดใหม่ของสินค้า

1.3.3 คลังสินค้าอันตราย คือ คลังสินค้าชนิดนี้ทำหน้าที่เก็บสินค้าที่เป็นอันตราย เช่น สารพิษ สารเคมี เชื้อเพลิง และวัตถุระเบิด เป็นต้น สิ่งที่สำคัญที่สุดของคลังสินค้าอันตราย คือการจัดการแยกประเภทของวัตถุอันตรายและการจัดเก็บให้เหมาะสมตามหลักการทางด้านวิทยาศาสตร์ของวัตถุนั้น ๆ คลังสินค้าชนิดนี้จะต้องมีผู้ควบคุมดูแลระบบบำบัดมลพิษ ซึ่งจะต้องได้รับใบอนุญาตโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

1.3.4 คลังสินค้าพิเศษ (ควบคุมอุณหภูมิความชื้น) คือ คลังสินค้าพิเศษมักจะเป็นคลังสินค้าที่มีขนาดเล็ก เพื่อใช้เก็บสินค้าที่มูลค่าสูง ซึ่งต้องได้รับการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นให้เหมาะสม เพื่อคงคุณสมบัติของสินค้าไว้ให้มีอายุยืนยาว ตัวอย่างสินค้าได้แก่ ยา และเครื่องเวชภัณฑ์ต่าง ๆ รวมถึงสารเคมีบางชนิดด้วย

2. ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center : DC)

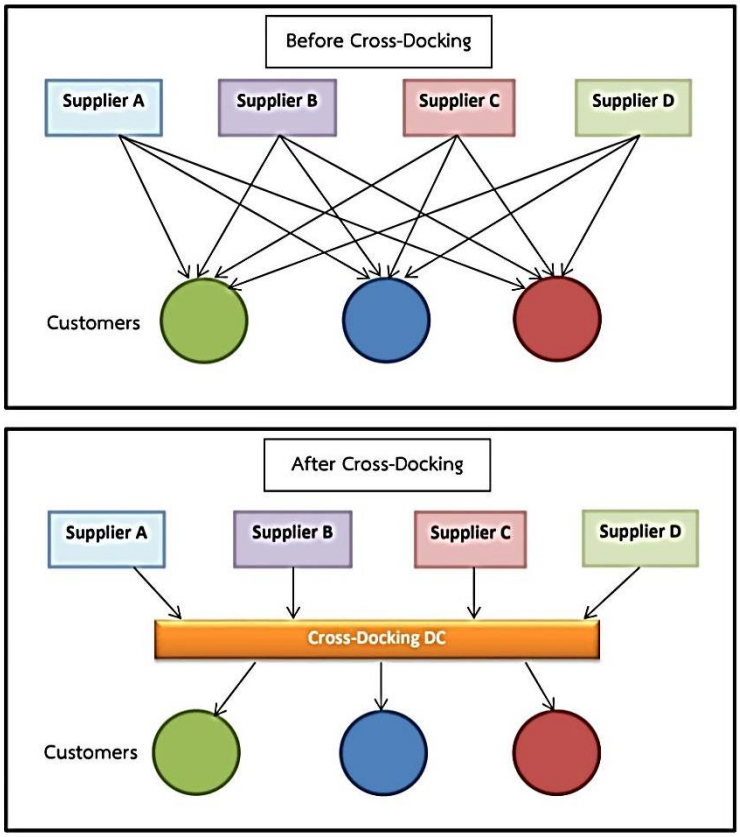
ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) คือ คลังสินค้าที่ทำหน้าที่ทั้งในฐานะเป็นคลังสินค้า (Warehouse) และเป็นหน่วยเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิต (Manufacturer) กับผู้ขายปลีก (Retailers) จะเป็นผู้ให้บริการทางด้านโลจิสติกส์ (Logistics Provider) ในด้านการจัดเก็บสินค้าและการจัดการขนส่งสินค้าสำเร็จรูปให้กับลูกค้าได้อย่างทันเวลาและถูกต้องตรงตามความต้องการ DC ส่วนใหญ่จะเป็นผู้ให้บริการภายนอก (Outsource) หรือ Third Party Logistics Service Providers (3PL) จะทำหน้าที่รับสินค้าจากผู้ผลิตแต่ละรายมาเก็บในคลังสินค้าของตน โดยดำเนินการบริหารจัดการในการควบคุมปริมาณด้านเทคโนโลยีในการกระจายและจัดส่งสินค้าแทนเจ้าของสินค้าหรือผู้ผลิตสินค้าโดยรับผิดชอบงานขนส่งจนสินค้าไปสู่ผู้รับ ประโยชน์ที่เกิดขึ้นนี้ คือ การลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งของผู้ผลิตไปสู่ผู้ขายปลีกหรือลูกค้าแต่ละราย ผู้ผลิตสามารถขนส่งมาที่ DC เพียงแห่งเดียว โดย DC จะทำการกระจายสินค้าสู่ผู้ขายปลีกตามความถี่ที่ผู้ขายปลีกต้องการทำให้ไม่จำเป็นต้องมีที่เก็บสินค้าคงคลังจำนวนมากที่ผู้ขายปลีกอีกต่อไป ค่าใช้จ่ายส่วนวัสดุคงคลังของร้านขายปลีกก็ลดลง ทำให้ต้นทุนรวมลดลง ส่งผลให้มีความได้เปรียบในด้านการแข่งขันทั้งด้านราคาและความรวดเร็วในการบริการ ในปัจจุบันร้านขายปลีกหลายแห่งจึงสามารถรับประกันราคาต่ำสุดแก่ผู้บริโภคได้ (สมโรตม์ โกมลวนิช และอนันต์ ดีโรจนวงศ์, 2560) ตัวอย่างศูนย์กระจายสินค้า แสดงดังในภาพที่ 5

ภาพ 5 ตัวอย่างศูนย์กระจายสินค้า

ที่มา: Internet Marketing Solution Services, 2563

3. ศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า (Cross Dock)

ศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า (Cross Dock) หมายถึง คลังสินค้าใช้สำหรับในการรับสินค้าและส่งสินค้าในเวลาเดียวกัน หรือเป็นคลังสินค้าซึ่งมีการออกแบบเป็นพิเศษ เพื่อใช้ในการขนถ่ายจากพาหนะหนึ่งไปสู่อีกพาหนะหนึ่ง โดย Cross Dock ส่วนใหญ่แล้วเหมาะจะเป็นสถานที่ซึ่งมีลักษณะเป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า ซึ่งจะทำหน้าที่ในการบรรจุและคัดแยกสินค้า โดย Cross Dock จะทำหน้าที่เป็นสถานีเปลี่ยนถ่ายสินค้าระหว่างรูปแบบการขนส่ง ซึ่งอาจเป็นจากซัพพลายเออร์หลายราย แล้วนำมาคัดแยกรวมรวม บรรทุก เพื่อจัดส่งให้ลูกค้าแต่ละราย ซึ่งจะจัดส่งต่อให้ลูกค้าซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นร้านผู้ขายปลีก หรือร้านสะดวกซื้อ ซึ่งจะมีความต้องการสินค้าย่อยที่หลากหลาย Cross Dock จะมีลักษณะคล้ายคลังสินค้าที่มี 2 ด้าน โดยด้านหนึ่งสำหรับใช้ในการรับสินค้า และอีกด้านหนึ่งใช้ในการจัดส่งสินค้า โดยสินค้าที่นำเข้ามาใน Cross Dock จะมีกระบวนการคัดแยก บรรจุ และรวบรวมสินค้า เพื่อจัดส่งไปให้กับผู้รับ ซึ่งโดยปกติแล้วนำสินค้าเข้ามาเก็บและจัดส่ง มักจะดำเนินการให้เสร็จสิ้นภายใน 24 ชั่วโมง ภารกิจสำคัญของ Cross Dock จะเป็นตัวกลางในการรวบรวมสินค้าให้สามารถจัดส่งได้เต็มคันรถหรือใช้พื้นที่ในคอนเทนเนอร์ให้ได้เต็มพิกัด โดย Cross Dock ซึ่งอาจจะเรียกได้ว่า ศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า ส่วนใหญ่แล้วศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าจะกระจายอยู่ตามภาค หรือจังหวัดซึ่งเป็นศูนย์กลางของการขนส่ง จึงมีส่วนช่วยแก้ปัญหารถบรรทุกที่ไม่มีสินค้าในเที่ยวกลับ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของการขนส่งทางถนนในประเทศไทย ทั้งนี้ Cross Dock อาจจะทำหน้าที่เป็นสถานีตู้สินค้า (Inland Container Depot : ICD) โดยสามารถเชื่อมโยงการขนส่งในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งทางรถไฟ ทางรถบรรทุก การขนส่งทางน้ำ และการขนส่งอากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Cross Dock จะมีบทบาทและเป็นปัจจัยสำคัญต่อการสนับสนุนรูปแบบการขนส่ง ที่เรียกว่า การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transport) (สมโรตม์ โกมลวนิช และ อนันต์ ดีโรจนวงศ์, 2560) ภาพที่ 6 แสดงเปรียบเทียบระหว่างการส่งสินค้าจากซัพพลายเออร์หลายรายไปสู่ลูกค้า โดยผ่านและไม่ผ่าน Cross Dock



ภาพ 6 เปรียบเทียบระหว่างการส่งสินค้าโดยผ่าน และไม่ผ่าน Cross Dock

ที่มา: สมโรตม์ โกมลวนิช และอนันต์ ดีโรจนวงศ์, 2560

4. ทฤษฎีเกี่ยวกับการเลือกทำเลที่ตั้ง (Location Selection)

ทำเลที่ตั้ง หมายถึง แหล่งที่จะทำให้ธุรกิจคลังสินค้าสามารถประกอบกิจกรรมได้สะดวก โดยคำนึงถึงผลกำไร ค่าใช้จ่าย ความสัมพันธ์กับลูกค้า ความสัมพันธ์กับพนักงานและสภาพแวดล้อมภายนอกอื่นๆ ตลอดเวลาที่ประกอบกิจกรรมอยู่ ณ ที่ตั้งนั้น

วัตถุประสงค์โดยพื้นฐานของทำเลที่ตั้งคลังสินค้า คือ การพยายามที่จะหาแหล่งที่ตั้งที่ก่อให้เกิดต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นจากการเลือกทำเลที่ตั้งนั้นต่ำสุดเท่าที่สามารถเป็นไปได้ แต่ก่อให้เกิดรายได้สูงสุด ซึ่งในทางเป็นจริงจะเห็นได้ว่าวัตถุประสงค์นี้เป็นไปได้ยาก เนื่องจากพื้นที่หรือทำเลที่ตั้งที่มีต้นทุนต่ำ ย่อมก่อให้เกิดรายได้ต่ำเช่นกัน ตัวอย่างเช่น ทำเลที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ห่างไกลความเจริญ ต้นทุนราคาที่ดิน ค่าแรงต่ำ ในขณะเดียวกันในพื้นที่นี้จะมีการผลิตสินค้าน้อย ลูกค้าที่จะมาใช้บริการคลังสินค้าก็จะน้อย ย่อมส่งผลให้รายได้ของคลังสินค้าต่ำไปด้วย ในขณะที่พื้นที่ที่มีความเจริญมาก ต้นทุนค่าที่ดิน ค่าแรงงานจะสูงมาก แต่จะมีผู้ผลิตสินค้าจำนวนมาก ย่อมส่งผลให้คลังสินค้ามีรายได้

สูงตามไปด้วย วัตถุประสงค์ของทำเลที่ตั้งคลังสินค้า ซึ่งน่าจะมีความเป็นไปได้ คือ การพยายามหาแหล่งที่ก่อให้เกิดความสัมพันธ์ที่เหมาะสมที่สุด ระหว่างต้นทุนรวมกับรายได้ หรืออีกนัยหนึ่ง คือ แหล่งที่ก่อให้เกิดจุดคุ้มทุนได้ในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งนั่นก็หมายถึง การมีผลกำไรของกิจการภายในระยะเวลาเร็ววันที่สุดนั่นเอง (คำนาย อภิปรัชญาสกุล, 2556)

การเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้าสามารถใช้ได้ทั้งแนวมหภาค (Macro Approaches) และแนวทางจุลภาค (Micro Approaches) ซึ่งแนวทางมหภาคเป็นการวิเคราะห์เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งหรือพื้นที่ขนาดใหญ่ระดับประเทศ และภูมิภาคส่วนแนวทางจุลภาคเป็นการเลือกทำเลที่ตั้งแบบเฉพาะเจาะจงจากพื้นที่หรือประเทศที่ได้เลือกไว้แล้วจากแนวทางมหภาค ในอดีตได้มีผู้เสนอแนวทางมหภาค สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งไว้หลายแนวทาง (คำนาย อภิปรัชญาสกุล, 2556) ในที่นี้จะขอเสนอแนวทางของ Edgar M. Hoover ซึ่งเสนอกลยุทธ์การเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้าไว้ 3 ประเภทดังนี้

4.1 กลยุทธ์ทำเลที่ตั้งใกล้ตลาด (Market-positioned Strategy) กลยุทธ์นี้จะกำหนดให้ตั้งคลังสินค้าอยู่ใกล้กับลูกค้าลำดับสุดท้าย (Final customer) ให้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้สามารถให้บริการลูกค้าได้ดี ปัจจัยสำคัญในการเลือกทำเลที่ตั้งใกล้ลูกค้ามีหลายประการ เช่น ค่าขนส่ง รอบ เวลาการสั่งสินค้า ความอ่อนไหวของผลิตภัณฑ์ ขนาดของการสั่ง ความเพียงพอของพาหนะในพื้นที่ และระดับการให้บริการลูกค้าที่ต้องการ เป็นต้น

4.2 กลยุทธ์ทำเลที่ตั้งใกล้แหล่งผลิต (Production-positioned Strategy) กลยุทธ์นี้กำหนดให้ที่ตั้งคลังสินค้าอยู่ใกล้กับแหล่งวัตถุดิบ หรือโรงงานให้มากที่สุด ซึ่งการตั้งคลังสินค้าแบบนี้จะทำให้ระดับการให้บริการลูกค้าต่ำกว่าแบบแรก แต่จะสามารถประหยัดค่าขนส่งวัตถุดิบเข้าสู่โรงงาน ซึ่งการประหยัดในการขนส่งสามารถเกิดขึ้นได้โดยรวบรวมการขนส่งจากแหล่งต่าง ๆ โดยรถบรรทุก หรือรถตู้คอนเทนเนอร์ ปัจจัยสำคัญในการเลือกทำเลที่ตั้งใกล้แหล่งผลิต เช่น สภาพของวัตถุดิบที่เป็นส่วนของผลิตภัณฑ์ และคุณสมบัติพิเศษของวัตถุดิบที่เป็นส่วนของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

4.3 กลยุทธ์ทำเลที่ตั้งอยู่ระหว่าง (Intermediately-positioned Strategy) กลยุทธ์นี้จะกำหนดให้ตั้งคลังสินค้าอยู่ตรงกลางระหว่างแหล่งผลิตและตลาด ซึ่งการตั้งคลังสินค้าประเภทนี้ทำให้ระดับการให้บริการลูกค้าต่ำกว่าแบบแรก แต่สูงกว่าแบบที่สอง ทำเลที่ตั้งประเภทนี้เหมาะสำหรับธุรกิจที่ต้องการให้บริการลูกค้าอยู่ในระดับสูง และมีโรงงานการผลิตหลายแห่ง

ซึ่งงานวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นการเลือกกลยุทธ์ทำเลที่ตั้งใกล้ตลาด (Market-positionef Strategy) เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษา เป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าและพัสดุ ทำให้การจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าใกล้กับแหล่งชุมชนนั้นมีความเหมาะสม และสามารถอำนวยความสะดวกให้กับลูกค้าในการเดินทางมาใช้บริการได้อย่างสะดวกสบาย

ส่วนการเลือกทำเลที่ตั้งสำหรับแนวทางจุลภาคสำหรับคลังสินค้าเอกชน ควรพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- คุณภาพและความหลากหลายของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง
- คุณภาพและปริมาณของแรงงาน อัตราจ้างแรงงาน
- ต้นทุนและคุณภาพของเขตอุตสาหกรรม สิ่งแวดล้อมชุมชน สาธารณูปโภค
- ต้นทุนของเงินทุน ต้นทุนค่าก่อสร้าง ศักยภาพของการขยายพื้นที่

การเลือกทำเลที่ตั้งควรพิจารณาหลายปัจจัยมากกว่าปัจจัยเดียว เพราะต้นทุนที่ต่ำในทางหนึ่งอาจจะไม่ได้ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด จึงควรพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดำเนินกิจการคลังสินค้าทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ซึ่งปัจจัยหลัก ๆ ที่ควรพิจารณา คือ ปัจจัยในเชิงคุณภาพ และปัจจัยในเชิงปริมาณ (คำนาย อภิปรัชญาสกุล, 2556) มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ปัจจัยพิจารณาในเชิงคุณภาพ หมายถึง ปัจจัยที่ไม่อาจวัดออกมาในรูปของการประมาณเป็นตัวเลขได้ชัดเจน เป็นปัจจัยที่ไม่มีตัวตน แต่มีความสำคัญต่อการเปรียบเทียบทำเลที่ตั้งหลายแห่ง เช่น แหล่งสินค้า เส้นทางคมนาคม แหล่งแรงงาน ทัศนคติของชุมชน บริการสาธารณะ สิ่งแวดล้อม โอกาสในอนาคต เป็นต้น

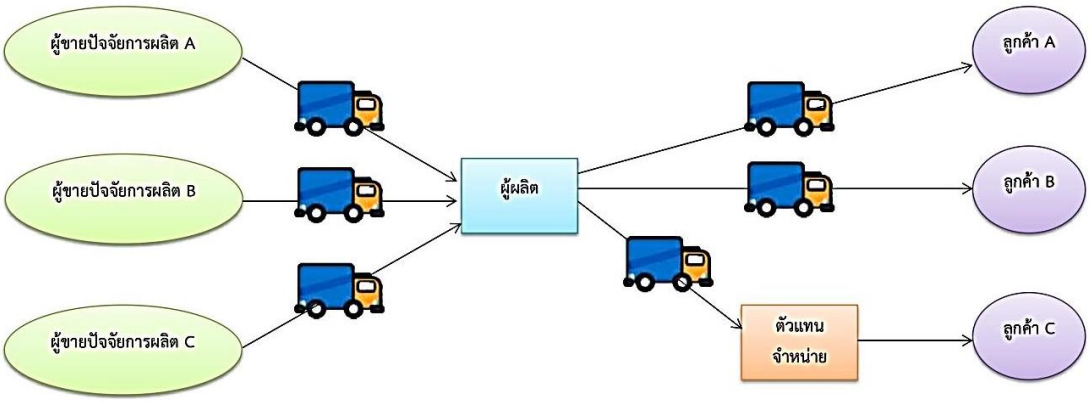
ปัจจัยพิจารณาในเชิงปริมาณ หมายถึง ปัจจัยเกี่ยวกับทำเลที่ตั้งที่สามารถวัดได้เป็นตัวเลข ซึ่งมักแสดงในรูปของตัวเงิน ที่เรียกว่า ต้นทุน เป็นปัจจัยทางเศรษฐกิจ การพิจารณาปัจจัยทำเลที่ตั้งนี้ เน้นการวิเคราะห์ต้นทุนเปรียบเทียบระหว่างทำเลที่ตั้งแต่ละแห่งเพื่อหาทำเลที่ตั้งที่มีต้นทุนต่ำสุด การวิเคราะห์ปัจจัยด้านต้นทุนมีหลายด้าน เช่น ต้นทุนเกี่ยวกับค่าที่ดิน ต้นทุนการก่อสร้าง ต้นทุนแรงงาน ต้นทุนของแต่ละวิธีการขนส่ง ระยะทางการเคลื่อนย้าย เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้นำปัจจัยในเชิงปริมาณเข้ามาร่วมในการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนรวมทั้งหมดที่ต่ำที่สุด โดยปัจจัยในเชิงปริมาณที่ถูกนำมาพิจารณา ได้แก่ ปัจจัยด้านระยะทาง ปัจจัยด้านต้นทุน และปัจจัยด้านเวลา เป็นต้น

5. ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน (Logistics and Supply Chain Management)

การจัดการโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) คือ การออกแบบ การวางแผน ปฏิบัติการ การควบคุมติดตามกิจกรรมในโซ่อุปทาน โดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างคุณค่าในการแข่งขัน และยกระดับงานสากล การปรับอุปทานให้สอดคล้องกับอุปสงค์และการปฏิบัติงาน (กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ, 2554)

ในส่วนการจัดการโลจิสติกส์ (Logistics Management) นั้นถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการโซ่อุปทาน รวมตั้งแต่กระบวนการวางแผน การดำเนินการ การควบคุมประสิทธิภาพและประสิทธิผล การเคลื่อนย้าย การจัดเก็บสินค้า การบริการ และสารสนเทศจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่มีการใช้งาน โดยที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค แสดงดังภาพที่ 7



ภาพ 7 แนวคิดเชิงระบบของการจัดการโลจิสติกส์

ที่มา: กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ, 2554

โลจิสติกส์ (Logistics) หมายถึง การจัดการลำเลียงสินค้าเพื่อให้เกิดต้นทุนโดยรวมในการกระจายสินค้าต่ำที่สุด เกี่ยวข้องตั้งแต่กระบวนการจัดหาวัตถุดิบไปสิ้นสุด ณ จุดที่มีการบริโภค หรือเป็นกระบวนการในการจัดการวางแผน จัดสายงานและควบคุมกิจกรรมทั้งในส่วนที่มีการเคลื่อนย้ายและไม่มีการเคลื่อนย้าย การอำนวยความสะดวกในกระบวนการไหลสินค้า ตั้งแต่จุดจัดหาวัตถุดิบไปจนถึงจุดที่มีการบริโภค (กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ, 2554)

5.1 งานโลจิสติกส์ประกอบด้วย 2 ลักษณะ คือ

5.1.1 กิจกรรมหลัก หมายถึง กิจกรรมที่มีความสำคัญและมีผลกระทบต่อต้นทุนการให้บริการ ซึ่งประกอบด้วย 3 กิจกรรมได้แก่ การขนส่ง การคลังสินค้า กระบวนการสั่งซื้อ เป็นต้น

5.1.2 กิจกรรมสนับสนุน หมายถึง กิจกรรมที่มีส่วนสนับสนุนกระบวนการกระจายสินค้าหรือเป็นกิจกรรมที่สนับสนุนให้งานของกิจกรรมหลักดำเนินไปได้สะดวก เช่น การจัดการด้านโกดัง การหีบห่อ การจัดซื้อจัดหา การจัดตารางผลิต และการจัดการด้านข้อมูล เป็นต้น

กิจกรรมของโลจิสติกส์มีความสำคัญต่อการสร้างความสัมพันธ์กับผู้ขายปัจจัยการผลิต (Supplier) ผู้จัดจำหน่าย (Distributor) และลูกค้า (Customer) รวมทั้งกระบวนการตัดสินใจด้านต่าง ๆ ได้แก่ การไหลของสินเชื่อ (Credit Flow) การไหลของวัตถุดิบ (Material Flow)

การออกแบบเพื่อความพึงพอใจ (Ideas and Design to satisfy) การไหลของการสั่งสินค้าและกระแสเงินสด (Order Flow and Cash Flow) ข้อมูลด้านวิศวกรรมและการออกแบบ (Engineering and Design data) กำหนดตารางเวลาของข้อมูล (Scheduling Information) ข้อมูลวิจัยการตลาด (Market research data) เป็นต้น

5.2 รูปแบบของการจัดการโลจิสติกส์ (Dimention of Logistics) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ โลจิสติกส์มหภาค (Macro Perspective) และโลจิสติกส์จุลภาค (Micro Perspective) ทั้งสองรูปแบบเป็นการบริหารงานในส่วนการตอบสนองลูกค้าด้วยความพึงพอใจ โดยการใช้กลยุทธ์ที่สำคัญมาใช้ในการบริหาร เช่น การวางแผนการผลิต (Material Resource Planning : MRP) การส่งมอบให้ตรงเวลา (Just In Time : JIT) การตอบสนองลูกค้าด้วยความรวดเร็ว (Quick Response : QR) และการกระจายสินค้า (Disaster Recovery Planning : DRP) กลยุทธ์ต่าง ๆ นี้เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่การจัดการโลจิสติกส์ด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

5.2.1 อรรถประโยชน์ด้านรูปแบบ (Form Utility) เป็นการสร้างประโยชน์ทางเศรษฐกิจหรือความพอใจอันเนื่องจากการแปรรูปของปัจจัยการผลิตหรือวัตถุดิบเพื่อให้เกิดเป็นสินค้าและบริการในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคให้ได้มากที่สุด ได้แก่ การแปรรูป จากยางพาราเป็นยางรถยนต์ จากแป้งสาลีเป็นขนมประเภทต่าง ๆ จากเม็ดพลาสติกเป็นอุปกรณ์พลาสติกจากเหล็ก และไม้เป็นเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

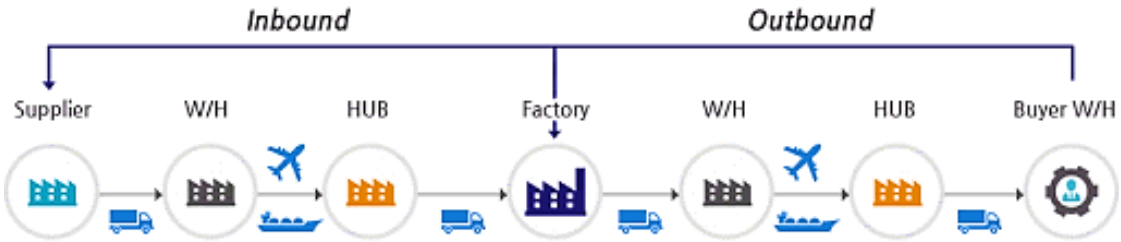
5.2.2 อรรถประโยชน์ด้านสถานที่ (Place Utility) เป็นการสร้างประโยชน์ทางเศรษฐกิจหรือความพอใจอันเนื่องจากการเคลื่อนย้ายสินค้าหรือปัจจัยการผลิตต่าง ๆ จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เพื่อบำบัดความต้องการให้ผู้บริโภคมากขึ้นอย่างทั่วถึง ได้แก่ การขนส่งสินค้าจากผู้ผลิตมายังร้านค้าส่ง จากร้านค้าส่งมายังร้านค้าปลีก และจากร้านค้าปลีกมายังผู้บริโภค หรือการขนส่งผู้โดยสารจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง เป็นต้น

5.2.3 อรรถประโยชน์ด้านเวลา (Time Utility) เป็นการสร้างประโยชน์ทางเศรษฐกิจ หรือความพอใจอันเนื่องจากการแปรรูปปัจจัยการผลิตหรือสินค้า และบริการให้มีอายุการใช้งานได้นานขึ้น หรือให้ทันกับความต้องการใช้ของผู้บริโภค เช่น การถนอมอาหารเพื่อให้สามารถเก็บอาหารนั้นไว้บริโภคได้นาน ๆ การเสนอข่าวที่ทันต่อเหตุการณ์ของสื่อมวลชนแขนงต่าง ๆ การผลิตสินค้าและบริการที่สอดคล้องกับฤดูกาล เช่น ในฤดูร้อนควรมีการผลิตน้ำแข็งมากขึ้น หรือในฤดูฝนควรมีการผลิตร่มเพิ่มขึ้น เพื่อให้พอเพียงกับความต้องการที่สูงขึ้นในขณะนั้น ๆ เป็นต้น

5.2.4 อรรถประโยชน์ด้านการเป็นเจ้าของ (Possession Utility) เป็นการสร้างประโยชน์ทางเศรษฐกิจหรือความพอใจอันเนื่องจากการโอนกรรมสิทธิ์ความเป็นเจ้าของในปัจจัยการผลิต หรือสินค้าและบริการต่าง ๆ จากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่ง โดยทั้งสองฝ่ายต่างยินยอมซึ่งกัน

และกัน เช่น การเป็นนายหน้าซื้อขายหลักทรัพย์หรือตราสารทางการเงินประเภทต่าง ๆ ที่ดิน บ้านที่อยู่อาศัย และรถยนต์ เป็นต้น

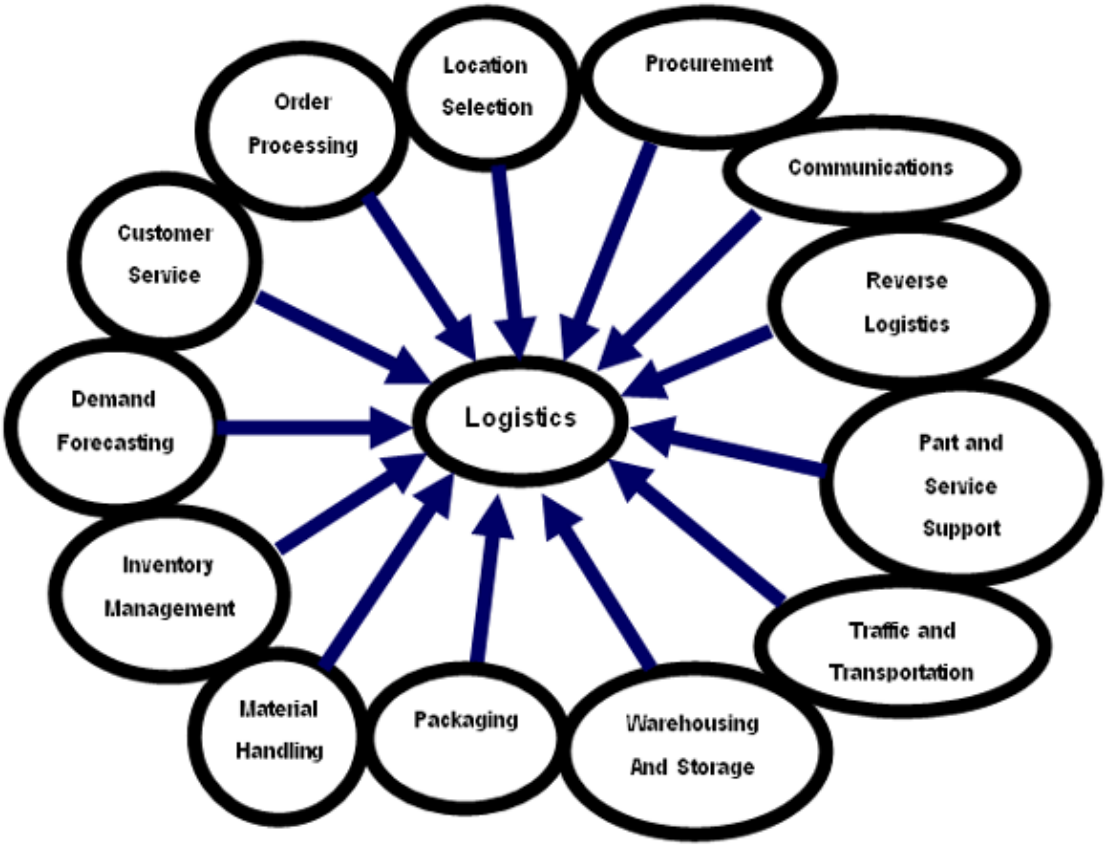
นอกจากรูปแบบของการจัดการทั้งโลจิสติกส์มหภาค (Macro Perspective) และโลจิสติกส์จุลภาค (Micro Perspective) ดังที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ยังสามารถแบ่งการจัดการโลจิสติกส์ ออกได้อีก 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ การจัดการโลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound Logistics Management) และการจัดการโลจิสติกส์ขาออก (Outbound Logistics Management) ซึ่งการแบ่งแยกในการจัดการนี้แบ่งตามกิจกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติการของกิจกรรมโลจิสติกส์ เช่น การจัดการโลจิสติกส์ขาออก รวมตั้งแต่ขบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าสำเร็จรูป (Finished Goods) หรือสินค้าขั้นกลาง (Intermediate Goods) ออกจากโรงงานผลิตไปยังลูกค้า โดยผ่านศูนย์กลางกระจายสินค้าหรือส่งตรงไปยังลูกค้าคนสุดท้าย (กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ, 2554) แสดงดังภาพที่ 8 การจัดการโลจิสติกส์ขาเข้าและขาออก



ภาพ 8 การจัดการโลจิสติกส์ขาเข้าและขาออก

ที่มา: Eusu Logistics, 2015

กิจกรรมโลจิสติกส์ (Logistics Activities) เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายสินค้าจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดบริโภค ได้แก่ กิจกรรมต่าง ๆ ที่ครอบคลุมกลุ่มการบริการลูกค้า (Customer Service) เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มที่สร้างประโยชน์ให้กับโซ่อุปทานด้วยและเป็นวิธีที่คุ้มค่าต้นทุนมากที่สุด ตั้งแต่การพยากรณ์และการวางแผนอุปสงค์ความต้องการของลูกค้า การจัดการด้านวัตถุดิบ การบริหารสินค้าคงคลัง การขนส่ง การติดต่อสื่อสารด้านโลจิสติกส์ กระบวนการสั่งซื้อ การหีบห่อและบรรจุภัณฑ์ การเลือกที่ตั้งโรงงานและคลังสินค้า และรวมถึงการรับสินค้าผิดปกติคืนจากลูกค้า แสดงดังภาพที่ 9 กิจกรรมโลจิสติกส์



ภาพ 9 กิจกรรมโลจิสติกส์

ที่มา: สภาผู้ส่งสินค้าทางเรือแห่งประเทศไทย, 2559

5.3 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อต้นทุนโลจิสติกส์ (Factor Affecting the Cost of Logistics) สามารถแบ่งแยกออกได้ดังต่อไปนี้

5.3.1 ความสัมพันธ์กับคู่แข่งในเชิงของราคาขาย

5.3.2 วงจรของคำสั่งซื้อจะเกี่ยวข้องกับระดับของการมีสินค้าคงคลังที่ระดับเพียงต่อความต้องการของลูกค้า

5.3.3 การมีสินค้าทดแทนเพื่อ สร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าเพื่อลดปัญหาการรอคอย หรือระยะการสั่งสินค้า

5.3.4 ความสัมพันธ์กับการขายและจุดสั่งใหม่ที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้า

การขนส่ง คือ ต้นทุนโลจิสติกส์เพื่อขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังลูกค้าปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ถือได้ว่าเป็นต้นทุนโลจิสติกส์ที่มีผลกระทบต่อการบริหารโซ่อุปทานของทุกอุตสาหกรรม (กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ, 2554)

5.4 ต้นทุนกิจกรรมโลจิสติกส์ (Logistics cost) สามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

5.4.1 ต้นทุนให้การบริการพิจารณาที่ต้นทุนเสียโอกาสในการขาย

5.4.2 ต้นทุนการขนส่งพิจารณาตามลูกค้า ผลิตภัณฑ์ ช่องทางการกระจายสินค้า

5.4.3 ต้นทุนสินค้าคงคลังเป็นต้นทุนแปรผันตามจำนวนสินค้าและสถานที่ตั้งของคลังสินค้า

5.4.4 ต้นทุนกระบวนการสั่งซื้อและกระบวนการสารสนเทศ เป็นต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับคำสั่งซื้อการติดต่อสื่อสารและการพยากรณ์อุปสงค์เพื่อระดับการบริการที่ดี

5.4.5 ต้นทุนปริมาณเป็นต้นทุนเกี่ยวข้องกับการจัดหาผลิตภัณฑ์และความเปลี่ยนแปลงของคำสั่งซื้อของลูกค้า

ต้นทุนเหล่านี้ไม่สามารถพิจารณาแยกจากกันได้เนื่องจากว่าต้นทุนเหล่านี้ต่างส่งผลกระทบต่อต้นทุนอื่น ๆ จึงเกี่ยวข้องกับผู้ผลิตสินค้าทั้งปริมาณและการผลิต เนื่องจากการผลิตไม่มีความสม่ำเสมอเมื่อทำการผลิตครั้งละมาก ๆ สินค้าคงคลังเข้าใกล้ศูนย์จะทำให้เกิดการขาดแคลนของสินค้าคงคลัง จึงทำให้ต้นทุนด้านข้อมูลและการสั่งซื้อเพิ่มขึ้น และต้นทุนการขนส่งจะเพิ่มมากขึ้นตามเมื่อลูกค้าต้องการแยกการจัดส่งเป็นหน่วยย่อย ๆ ส่วนต้นทุนในการดูแลสินค้าคงคลังก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนหนึ่ง ๆ จะต้องถูกนำมาพิจารณาด้วยทุกครั้ง (กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ, 2554)

5.5 ช่องทางการกระจายสินค้า (Channel of Distribution)

การจัดการโลจิสติกส์ขาออกจะมีกิจกรรมโลจิสติกส์หลาย ๆ กิจกรรมที่สัมพันธ์กัน ได้แก่ ช่องทางการกระจาย โดยที่เป็นกลุ่มขององค์กร สถาบันหรือหน่วยงานที่อยู่ภายในหรือภายนอกโรงงานผลิต เป็นผู้ทำหน้าที่สนับสนุนกิจกรรมทางการตลาด เช่น การซื้อ การขาย การขนส่ง การเก็บรักษาสินค้า การคัดแยกสินค้า การสนับสนุนทางการเงิน การยอมรับความเสี่ยง และการให้ข้อมูลทางการตลาด เป็นต้น (กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ, 2554)

โครงสร้างช่องทางการกระจายทางการตลาดที่อยู่ภายในความรับผิดชอบขององค์กรแต่ละแห่ง ส่วนใหญ่ใช้โครงข่ายเชื่อมโยงระหว่างหน่วยงานอย่างหลวม ๆ โดยโครงสร้างช่องทางแต่ละประเภทจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสินค้าและกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย ไม่มีโครงสร้างช่องทางกระจายสินค้าประเภทหนึ่งประเภทใดที่ดีที่สุดและเหมาะสมในทุกสถานการณ์ ดังนั้นผู้บริหารต้องตัดทำการสินใจเลือกโครงสร้างช่องทางการกระจายสินค้าที่เหมาะสมและสอดคล้องกับ

กลุ่มเป้าหมายของกิจการและเป้าหมายทางการตลาด การดำเนินงาน จุดแข็งและจุดอ่อน เพื่อช่วยให้เกิดประสิทธิภาพและอรรถประโยชน์ด้านต่าง ๆ

5.6 บทบาทการขนส่งในโลจิสติกส์ (The Role of Transportation in Logistics)

ระบบการขนส่ง (Transportation System) เป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญในการเคลื่อนย้ายสินค้าจากสถานที่ผลิตไปยังสถานที่บริโภคสินค้า ซึ่งการเคลื่อนย้ายสินค้าระหว่างสถานที่ดังกล่าวนั้นก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่สินค้าและมูลค่าที่เพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า อรรถประโยชน์ด้านสถานที่ (Place Utility) อรรถประโยชน์ด้านเวลา (Time Utility) โดยขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย ได้แก่ (กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ, 2554)

5.6.1 ปัจจัยความสัมพันธ์ระหว่างการขนส่งโลจิสติกส์และการตลาด ระบบการขนส่ง ช่วยอำนวยประโยชน์ในการเคลื่อนย้ายสินค้าระหว่างสถานที่ที่อยู่ห่างไกลกันและสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ลูกค้าเมื่อสินค้านั้นมาถึงจุดมุ่งหมายตรงตามเวลาในปริมาณที่เพียงพอและสินค้ามีคุณภาพตรงตามที่กำหนด ดังนั้นการขนส่งจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่สร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อทางการตลาด

5.6.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อต้นทุนค่าขนส่งและการกำหนดราคาเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสินค้าโดยตรง เช่น

- ความหนาแน่น (Density) หมายถึง อัตราของน้ำหนักต่อปริมาตรสินค้า ซึ่งโดยทั่วไปหากสินค้าใดมีความหนาแน่นต่ำจะมีความเป็นไปได้ที่จะเสียค่าใช่จ่ายในการขนส่งต่อน้ำหนักต่ำกว่าปกติ

- การจัดเรียงสินค้าบนยานพาหนะ (Stow Ability) เป็นระดับที่มีสินค้าสามารถจัดให้เต็มพื้นที่บนพาหนะสินค้า เพื่อความสะดวกในการขนถ่ายสินค้าให้เป็นไปอย่างสะดวก

- ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการกำหนดต้นทุนค่าขนส่ง และอัตราการขนส่งยังขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะสินค้า เช่น สินค้าอันตราย สินค้าที่ต้องได้รับการห่อหุ้มที่แข็งแรงเป็นพิเศษตลอดจนต้องมีความรับผิดชอบ (Liability) ในการขนส่งสินค้าด้วย

5.7 บทบาทและความสำคัญของการขนส่ง คือ ทำให้เกิดการดำรงชีวิตอยู่ได้ เพราะทุกการดำเนินชีวิตของเราทุกขั้นตอนนั้นล้วนเกี่ยวข้องกับการขนส่งทั้งสิ้น หากไม่มีการขนส่งก็จะไม่สามารถเกิดการดำรงชีวิตในขั้นตอนต่าง ๆ อย่างที่เราดำเนินอยู่ได้ ตัวอย่างเช่น การอาบน้ำ หากไม่มีการขนส่ง ก็ไม่สามารถมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการอาบน้ำ หรือการลำเลียงน้ำมาใช้ตามบ้านต่าง ๆ ได้ หรือการเดินทางไปยังที่ต่าง ๆ เป็นต้น

5.7.1 การขนส่งและโลจิสติกส์ทำให้เกิดการประกอบการธุรกิจได้

การขนส่ง มีความสำคัญต่อการทำธุรกิจอย่างมาก หากไม่มีการขนส่งก็จะขาดขั้นตอนในการดำเนินการทางธุรกิจที่สำคัญมากตั้งแต่ขั้นตอนการจัดซื้อวัตถุดิบ รวมถึงการขนส่ง

ในขั้นตอนอื่น ๆ ไป ทำให้ไม่สามารถดำเนินธุรกิจอยู่ได้ ดังนั้นการขนส่งและโลจิสติกส์ จึงเป็นกระบวนการที่สนับสนุนธุรกิจ และขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศได้โดยตรง การขนส่งจึงต้องมีการพัฒนาอยู่เสมอ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ

5.7.2 การขนส่งและโลจิสติกส์ทำให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ดี

การขนส่งนั้นมีบทบาทต่อการดำรงชีวิต และการทำธุรกิจ ซึ่งก็ทำให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ดี หากมีการพัฒนาการขนส่งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คุณภาพชีวิตของผู้คนในสังคมก็จะถูกยกระดับขึ้นด้วย นี่เป็นวัตถุประสงค์หลักอย่างหนึ่งของการขนส่งและโลจิสติกส์ คือ การตอบสนองความต้องการของผู้คนในสังคม และยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้คนในสังคมให้ได้มากที่สุดจากการขนส่ง

5.7.3 การขนส่งและโลจิสติกส์ทำให้เกิดการติดต่อสื่อสารกัน

ในยุคแรกของการขนส่งนั้น เกิดขึ้นจากการที่ผู้คนต้องการมีความสัมพันธ์ต่อกัน ต้องการสื่อสารกัน ทั้งการส่งของ ส่งเอกสาร ส่งข้อความ การแลกเปลี่ยนสินค้า การค้าขาย และสิ่งต่าง ๆ สิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดการขนส่งขึ้นในยุคแรก จนมาถึงในปัจจุบันที่เกิดการขนส่งที่มีประสิทธิภาพขึ้นมาก และข้อจำกัดในเรื่องเวลาและเรื่องต่าง ๆ มีน้อยลง จึงทำให้สามารถขนส่งข้ามประเทศได้อีกด้วย

การขนส่งและโลจิสติกส์ จะต้องเกิดการพัฒนาให้มีคุณภาพมากที่สุด ดังนั้นจึงต้องมีการบริหารด้านโลจิสติกส์อย่างต่อเนื่อง และใช้ต้นทุนให้น้อยที่สุด เพื่อให้สามารถจัดการด้านการขนส่งให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้คนในสังคมและตอบสนองความต้องการในการขนส่งในรูปแบบต่าง ๆ ให้ได้มากที่สุด

6. ทฤษฎีเกี่ยวกับการขนส่ง (Transportation)

การขนส่ง (Transportation) คือ การเคลื่อนย้ายคนและสิ่งของจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งในกรณีถ้าเป็นการเคลื่อนย้ายบุคคล จะเรียกว่า การขนส่งผู้โดยสาร หากเป็นการเคลื่อนย้ายสัตว์หรือสิ่งของต่าง ๆ จะเรียกว่า การขนส่งสินค้า (International Transport and Business School, 2550)

การขนส่ง มีบทบาทสำคัญต่อการสนับสนุนการกระจายสินค้าสู่ตลาด เพราะการขนส่งมีหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายปัจจัยการผลิตจากแหล่งผลิตต่าง ๆ มาสู่โรงงาน เพื่อใช้ในการผลิตสินค้า เมื่อผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปแล้วจึงนำมาเก็บไว้ในคลังสินค้า เพื่อจัดส่งผ่านไปยังพ่อค้าคนกลางจนกระทั่งถึงผู้บริโภค ในเวลาที่ผู้บริโภคต้องการ และในสถานที่ที่ผู้บริโภคสะดวกที่จะซื้อหา นอกจากนี้การขนส่งยังมีผลต่อต้นทุนรวมในการกระจายสินค้าสู่ตลาด เพราะค่าใช้จ่ายในการขนส่งถือเป็นต้นทุนส่วนหนึ่งในของการนำมาวิเคราะห์ร่วมในการกำหนดราคาสินค้าที่จำหน่ายในตลาด

6.1 รูปแบบการขนส่งในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

6.1.1 การจัดส่งทางรถบรรทุก (Trucking) เป็นการจัดส่งที่รวดเร็วทันเวลาและต้นทุนต่ำ บริษัทรถบรรทุกในปัจจุบันมีการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการบริการด้านการขนส่งเพื่อความรวดเร็ว และลดต้นทุนด้านเชื้อเพลิง

6.1.2 การจัดส่งทางรถไฟ (Railroads) เป็นการขนส่งสินค้าในปริมาณมากโดยใช้ตู้เสบียงของการรถไฟ

6.1.3 การจัดส่งทางอากาศ (Airfreight) เป็นการจัดส่งที่ต้องการความรวดเร็วเหมาะสำหรับสินค้าที่มีน้ำหนักเบาเสียง่าย เช่น ยารักษาโรค ดอกไม้ ผลไม้ ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ และสินค้าอื่น ๆ ที่จะต้องใช้เวลาฉุกเฉินในการขนส่ง เป็นต้น

6.1.4 การจัดส่งทางน้ำ (Waterways) เป็นวิธีการจัดส่งที่เก่าแก่ที่สุด โดยขนส่งผ่าน แม่น้ำ ลำคลอง ทะเลสาบ ชายฝั่งทะเล มหาสมุทร นิยมใช้ขนส่งสินค้าประเภทเหล็กกล้า ข้าว ถ่าน หิน วัตถุเคมี ซึ่งการขนส่งทางเรือจะมีต้นทุนการขนส่งต่ำกว่าทุกรูปแบบการขนส่งแต่อาจล่าช้าในเรื่องเวลา

6.1.5 การจัดส่งทางท่อ (Pipeline) เป็นการจัดส่งสินค้าทางตรง เช่น การขนส่งประเภทน้ำมันดิบ แก๊สธรรมชาติ น้ำมันปิโตรเลียม และผลิตภัณฑ์เคมีต่าง ๆ เป็นต้น

งานวิจัยนี้จะเลือกพิจารณาการจัดส่งสินค้าและพัสดุ เพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและต้นทุนการจัดส่งสินค้าใน 2 รูปแบบ ประกอบด้วย การจัดส่งทางบก ด้วยรูปแบบการขนส่งโดยรถบรรทุก (Trucking) และการจัดส่งทางอากาศ (Airfreight)

6.2 การจัดการการขนส่งมีเป้าหมายหลักหลายประการ ดังต่อไปนี้

6.2.1 เพื่อลดต้นทุน ถือเป็นเป้าหมายยอดนิยมของการจัดการด้านโลจิสติกส์ทุกกิจกรรม รวมทั้งการขนส่งด้วย ผู้ประกอบการมักจะตั้งเป้าหมายเป็นอันดับแรกว่าเมื่อมีการจัดการการขนส่งที่ดีจะต้องช่วยลดต้นทุนของธุรกิจลงได้ โดยอาจจะเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าแรงงาน หรือค่าบำรุงรักษารถบรรทุก

6.2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน บริษัทขนส่งอาจตั้งเป้าหมายว่าเมื่อมีการจัดการการขนส่งที่ดีด้วยจำนวนทรัพยากรที่เท่าเดิม ประสิทธิภาพการทำงานจะสูงขึ้น เช่น จำนวนรถบรรทุกและพนักงานเท่าเดิม แต่ส่งสินค้าให้ลูกค้าได้มากขึ้น เป็นต้น

6.2.3 เพื่อสร้างความพึงพอใจสูงสุดให้แก่ลูกค้า บริษัทขนส่งอาจตั้งเป้าหมายว่าเมื่อจัดการการขนส่งได้ดีข้อตำหนิติเตียนจากลูกค้าจะลดน้อยลงจนหมดสิ้นไป ทำให้ลูกค้ามีความพอใจในบริการที่ได้รับและยังคงใช้บริการของบริษัทต่อไปในภายภาคหน้า

6.2.4 เพื่อลดระยะเวลา บริษัทขนส่งอาจตั้งเป้าหมายว่าเมื่อมีการจัดการการขนส่งที่ดีจะสามารถส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้าได้รวดเร็วขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งรวดเร็วกว่าคู่แข่งผลิตภัณฑ์ของตนก็จะออกสู่ตลาดได้เร็วและแพร่หลายมากกว่าคู่แข่งขัน

6.2.5 เพื่อสร้างรายได้เพิ่ม เป็นไปได้เช่นกันว่าบริษัทขนส่งอาจจะตั้งเป้าหมายว่าเมื่อมีการจัดการการขนส่งที่ดีจะสามารถสร้างรายได้เพิ่มให้แก่บริษัท ไม่ว่าจะเป็นจากกลุ่มลูกค้าเดิมที่ยอมจ่ายแพงขึ้นเพื่อแลกกับบริการที่รวดเร็วขึ้น พิเศษขึ้นหรือละเอียดถูกต้องมากขึ้น หรือรายได้จากกลุ่มลูกค้าใหม่ที่เข้ามาใช้บริการ

6.2.6 เพื่อเพิ่มกำไร ไม่บ่อยนักที่เราจะได้ยินว่าบริษัทขนส่งลงทุนปรับปรุงระบบการจัดการหรือลงทุนในระบบการจัดการใหม่เพื่อต้องการเพิ่มผลกำไรของบริษัท โดยมากจะมองว่ากำไรเป็นผลพลอยได้จากการที่การจัดการไปลดต้นทุนลง มุมมองเพื่อหวังเพิ่มกำไรเป็นสิ่งท้าทายฝีมือผู้บริหารมากกว่า เพราะว่าเป็นการพิจารณาสองทางไปพร้อม ๆ กัน คือ สร้างรายได้เพิ่มและลดต้นทุน ซึ่งไม่ใช่เรื่องที่จะทำได้ง่าย ๆ สำหรับบริษัทขนส่งโดยทั่วไป

6.2.7 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน อาจจะไม่ใช่เป้าหมายหลักสำหรับบริษัทขนส่งในการลงทุนปรับปรุงระบบการจัดการการขนส่ง แต่ก็มีความสำคัญไม่น้อย บริษัทขนส่งหลายแห่งแสดงสถิติของช่วงเวลาต่อเนื่องที่ไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นให้พนักงานได้รับทราบโดยทั่วกันและพยายามกระตุ้นให้พนักงานช่วยกันรักษาสถิตินั้นให้นานที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

6.3 การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation)

เป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าด้วยวิธีการผสมผสานการขนส่งหลายรูปแบบจากสถานที่หนึ่งหรือจากผู้ส่งสินค้าต้นทางไปสู่สถานหนึ่งหรือต่อเนื่องไปจนถึงสถานที่หรือผู้รับสินค้าปลายทาง โดยการส่งมอบนั้น อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของผู้ประกอบการขนส่งรายเดียวหรือภายใต้สัญญาขนส่งเพียงฉบับเดียว เป็นลักษณะการขนส่ง ซึ่งเหมาะสำหรับการขนส่งเชื่อมโยงในระดับภูมิภาคหรือการขนส่งระหว่างประเทศ โดยการผสมผสานการขนส่งสินค้า จากที่หนึ่งที่ใด (One Point) หรือจากประเทศหนึ่งประเทศใด ไปสู่อีกที่หนึ่งหรืออีกประเทศหนึ่งซึ่งเป็นอาณาบริเวณที่เป็นจุดพบสุดท้าย (Interface Final Point) โดยใช้รูปแบบการขนส่งตั้งแต่ 2 รูปแบบขึ้นไปภายใต้การบริหารจัดการของผู้ขนส่งรายเดียว และมีสัญญาขนส่งฉบับเดียว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาของการขนส่ง (Just In Time) ลดต้นทุน (Reduce Transport Cost) เพิ่มประสิทธิภาพให้มีศักยภาพการแข่งขัน (Core Competitiveness) และให้สินค้ามีและความปลอดภัยที่ดีกว่า (Cargoes Security) หรือเป็นวิธีการขนส่งสินค้าแบบเบ็ดเสร็จที่ครอบคลุมการขนส่งทุกประเภทโดยผู้ประกอบการเพียงรายเดียว ในการสนองความต้องการของกระบวนการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโลจิสติกส์ และลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการโซ่อุปทาน ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนของคลังสินค้า ต้นทุนที่เกี่ยวกับการผลิต และการกระจายสินค้า (ธนิต โสรัตน์, 2550)

6.3.1 องค์ประกอบของการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ

1) เป็นรูปแบบการขนส่งสินค้า หรือเคลื่อนย้ายสินค้าที่มีลักษณะการขนส่งหลายรูปแบบมาผสมผสานกัน ภายใต้ผู้ให้บริการขนส่งรายเดียว ซึ่งจะต้องรับผิดชอบตั้งแต่สินค้าต้นทางไปถึงผู้รับปลายทาง

2) การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ มุ่งเน้นให้เกิดประสิทธิภาพด้านต้นทุน เมื่อเปรียบเทียบกับการขนส่งทางถนน โดยการขนส่งประเภทนี้จะให้ความสำคัญต่อประเภทการขนส่งหลัก ได้แก่ การขนส่งทางรถไฟ หรือการขนส่งทางน้ำ โดยจำกัดระยะทางในการขนส่งทางถนนให้น้อยที่สุด รวมถึงการใช้ในระยะทางสั้น ๆ ในช่วงต้นทางหรือในช่วงการส่งมอบสินค้าปลายทาง

3) จะเป็นลักษณะของการขนส่ง ที่เรียกว่า Door to Door Delivery คือ การขนส่งจากประตูจนถึงประตู หรือการขนส่งจากต้นทางไปถึงผู้รับปลายทาง

6.3.2 สาระสำคัญของการเป็นขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ คือ

1) การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ต้องเป็นการขนส่งสินค้าที่ใช้การขนส่งตั้งแต่สองรูปแบบขึ้นไป และจะเป็นการขนส่งต่อเนื่องระหว่างการขนส่งทางบกกับการขนส่งทางทะเลหรืออาจเป็นการขนส่งทางทะเลกับการขนส่งทางอากาศ

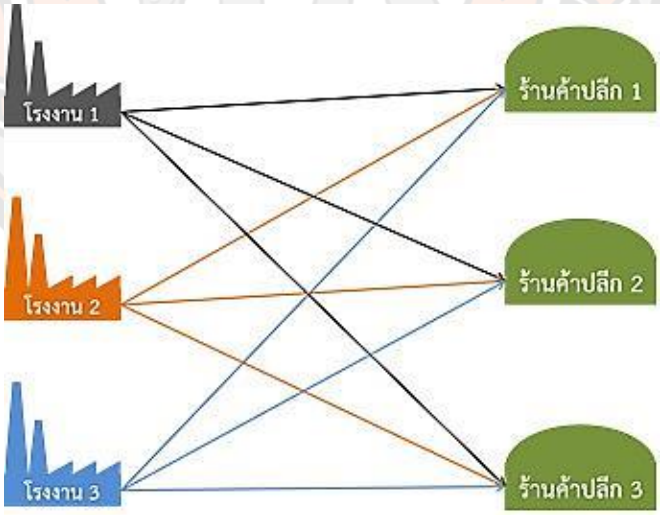
2) เป็นการขนส่งทั้งในประเทศและหรือระหว่างประเทศ การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบอาจถูกนำมาใช้กับการขนส่งของทั้งการขนส่งภายในประเทศ (Domestic Multimodal Transport) และการขนส่งของระหว่างประเทศ (International Multimodal Transport) แต่โดยทั่วไปแล้ว การขนส่งของที่จำเป็นต้องใช้รูปแบบการขนส่งที่แตกต่างกันตั้งแต่สองรูปแบบขึ้นไปขนส่งของต่อเนื่องกันไป มักเป็นการขนส่งที่มีระยะทางไกล ๆ จึงนิยมนำเอาการขนส่งต่อเนื่องดังกล่าวไปใช้กับการขนส่งของระหว่างประเทศเป็นส่วนใหญ่

3) เป็นการขนส่งของตามสัญญาฉบับเดียว ในการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบระหว่างประเทศนี้ ผู้ส่งของกับผู้ประกอบการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบเพียงผู้เดียวเป็นผู้รับผิดชอบโดยจะออกเอกสารการขนส่งฉบับเดียวสำหรับการขนส่งของ และมีการคิดอัตราค่าขนส่งเดียวตลอดเส้นทาง (Single Rate) ตลอดจนผู้ประกอบการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจะเป็นผู้มีหน้าที่และความรับผิดชอบต่อการขนส่งตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทาง

6.4 การสร้างโครงข่ายการขนส่ง ในทางปฏิบัติ รัฐบาลเป็นผู้ลงทุนก่อสร้างโครงสร้างสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานด้านการขนส่ง ผู้ประกอบการขนส่งทุกรายสามารถใช้งานทางถนน รางรถไฟ ท่าเรือ สนามบินและท่อ ได้ค่อนข้างอิสระและเท่าเทียมกัน ดังนั้นสิ่งที่ท้าทายความสามารถอย่างมากของบริษัทขนส่งทั้งหลาย คือ ทำอย่างไรจึงจะหาประโยชน์จากสาธารณูปโภคฟรี ๆ เหล่านี้ให้ได้เหนือกว่าคู่แข่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับความคิดสร้างสรรค์ของผู้ประกอบการที่จะสามารถออกแบบและคิดค้นนวัตกรรมด้านการขนส่งให้เป็นประโยชน์ต่อธุรกิจของตนเองได้หรือไม่ ในทางทฤษฎีนั้น มีการคิดค้น

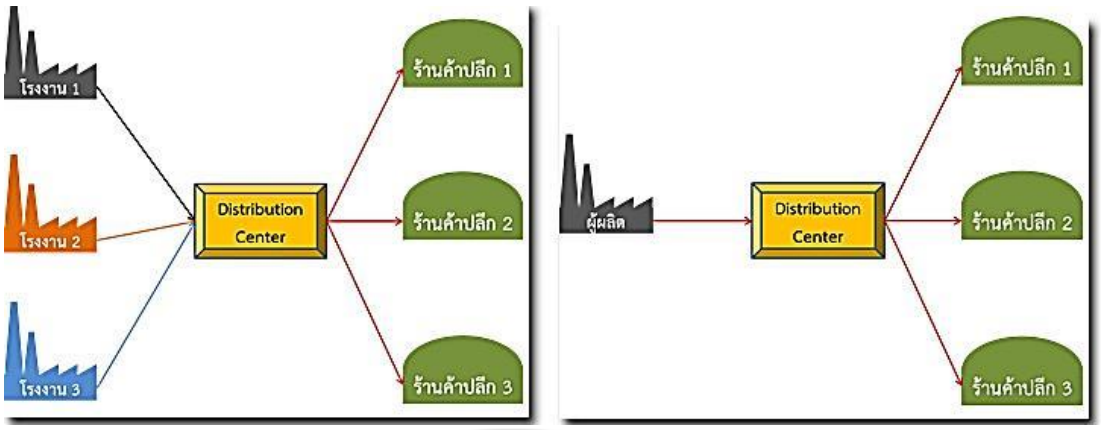
รูปแบบการสร้างโครงข่ายการขนส่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งมากมาย ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างที่ชัดเจนสองประการ ได้แก่ การใช้ศูนย์กลางกระจายสินค้า (Distribution Center : DC) และการพัฒนาระบบขนส่งหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation)

6.4.1 การใช้ศูนย์กลางกระจายสินค้า (Distribution Center : DC) เป็นการสร้างโครงข่ายที่คิดขึ้น เพื่อลดเส้นทางการขนส่งจำนวนมากและสลับซับซ้อน ให้เหลือโครงข่ายการขนส่งน้อยลงและเรียบง่ายขึ้น ทำให้บริหารจัดการเส้นทางง่ายขึ้น และช่วยลดต้นทุนการขนส่งในภาพรวม อธิบายประโยชน์ของการมีศูนย์กลางการกระจายสินค้า ที่สามารถอธิบายได้แสดงดังภาพที่ 10 และภาพที่ 11 ซึ่งภาพที่ 10 ได้แสดงถึงการกระจายสินค้าจากผู้ผลิตส่งตรงถึงลูกค้า หากผู้ผลิต A หรือ B และ C ต้องการส่งสินค้าไปถึงลูกค้า 1 หรือ 2 และ 3 โดยตรงต้องวิ่งรถทั้งสิ้น 9 เส้นทาง (หรือเท่ากับจำนวนลูกศร) บางคันอาจจะเต็มคันบ้างไม่เต็มคันบ้าง ขากลับก็ยังต้องวิ่งรถเที่ยวเปล่ากลับมาโรงงานเป็นระยะทางไกล แต่เมื่อมีศูนย์กลางกระจายสินค้า แสดงดังภาพที่ 11 ผู้ผลิต A หรือ B และ C เพียงแต่วิ่งมาส่งสินค้าที่ศูนย์กลางและให้ศูนย์กลางรวบรวมสินค้าลงรถบรรทุกก่อนส่งต่อไปให้ลูกค้า 1 หรือ 2 และ 3 ต่อไป ซึ่งจำนวนเส้นทางที่ใช้น้อยลงเหลือเพียง 6 เส้นทางเท่านั้น และในบางครั้งยังสามารถจัดให้ลูกค้า 1 หรือ 2 และ 3 อยู่บนเส้นทางเดียวกันได้อีกด้วย ยิ่งจะทำให้จำนวนเส้นทางน้อยและระยะทางสั้นลง ช่วยประหยัดต้นทุนการขนส่งลงได้อย่างเห็นได้ชัด



ภาพ 10 การกระจายสินค้าจากผู้ผลิตถึงลูกค้าโดยตรง

ที่มา: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2559



ภาพ 11 การขนส่งสินค้าโดยผ่านศูนย์กระจายสินค้า

ที่มา: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2559

จากภาพที่ 11 พบว่า ปัจจุบันผู้ประกอบการรายใหญ่ให้ความสำคัญกับการขนส่งโดยผ่านศูนย์กลางกระจายสินค้าอย่าง เช่น Tesco Lotus ให้ผู้จัดหา (Suppliers) ส่งสินค้ามาที่ศูนย์กลางกระจายสินค้าของตนที่ศูนย์วังน้อย จังหวัดอยุธยา หรือศูนย์บางบัวทอง จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อทำการคัด แยก จัดเรียงบรรจุ ลำเลียงใส่รถขนส่งวิ่งกระจายส่งไปให้ร้านค้า (Stores) ทั้งหลายในเครือข่าย โดยที่ Tesco Lotus เก็บค่าใช้จ่ายในการบริหารศูนย์กลางกระจายสินค้าจากผู้จัดหา (Suppliers) โดยคิดเสียว่าเป็นการประหยัดค่าขนส่งให้กับผู้จัดหา (Suppliers) ที่ไม่ต้องวิ่งรถไปส่งสินค้าให้ร้านค้าในเมืองจำนวนมาก Supermarket ห้างสรรพสินค้า ร้านสะดวกซื้อล้วนแล้วแต่ใช้รูปแบบธุรกิจเดียวกันนี้ในการบริหารศูนย์กลางกระจายสินค้าของตน บริษัทขนส่งซึ่งมีเครือข่ายกว้างขวาง ปริมาณสินค้าจำนวนมาก ก็สามารถนำเอาแนวคิดของศูนย์กลางกระจายสินค้ามาพัฒนาโครงข่ายขนส่งให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้เช่นกัน บริษัทขนส่งขนาดใหญ่แห่งหนึ่งก็ได้ใช้หลักการเดียวกันนี้อย่างได้ผล คือ แทนที่จะส่งสินค้าจากกรุงเทพมหานครไปยังแต่ละจังหวัดโดยตรง ซึ่งจะทำให้เกิดการบรรทุกไม่เต็มคันในหลายเส้นทาง (ต้นทุนค่าขนส่งต่อหน่วยสูงขึ้น) ก็ใช้วิธีสร้างศูนย์กลางกระจายสินค้าตามจังหวัดสำคัญ ๆ ในภูมิภาคให้เป็นจุดกระจายสินค้าอีกทอดหนึ่ง

6.4.2 การใช้การขนส่งหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) ดังที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้นว่า รูปแบบการขนส่งมีหลากหลาย ไม่ได้มีเฉพาะการขนส่งทางถนนโดยรถเท่านั้น ความจริงที่เกิดขึ้นขณะนี้คือผู้ประกอบการโลจิสติกส์ไทยมักจะมีความเชี่ยวชาญการขนส่งแบบใดแบบหนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากการขนส่งรูปแบบต่าง ๆ ร่วมกันได้ แต่ในปัจจุบันรัฐบาลได้ให้ความสำคัญกับการขนส่งหลายรูปแบบมากขึ้น มีการออกพระราชบัญญัติการขนส่ง

ต่อเนื่องหลายรูปแบบ พ.ศ. 2548 กระทรวงพาณิชย์เองก็รับเป็นตัวกลางประสานให้เกิดการรวมกลุ่มของผู้ประกอบการโลจิสติกส์ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ เช่น ผู้ทำหน้าที่ด้านพิธีการศุลกากร (Shipping) และตัวแทนของผู้ส่งสินค้า (Freight Forwarder) เป็นต้น มาเป็นพันธมิตรกันเพื่อให้สามารถทำธุรกิจได้ครบวงจร โดยมีเป้าหมายระยะยาวว่าจะสามารถแข่งขันได้กับคู่แข่งที่เข้มแข็งจากต่างชาติ

6.5 การวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งด้านการขนส่ง คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมด เพื่อให้บริษัททราบถึงต้นทุนด้านการขนส่งที่แท้จริง และสามารถนำไปประยุกต์ต่อไปได้ โดยแบ่งต้นทุนออกเป็น 2 ประเภท คือต้นทุนผันแปร (Variable Cost) และต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) (สถาบันทรัพย์สินแห่งปัญญา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544) ตัวอย่างการวิเคราะห์แนวทางการเกิดต้นทุนในการขนส่ง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.5.1 การวิเคราะห์ตัวขับต้นทุน (Cost Driver) หมายถึง หน่วยในการวัดกิจกรรมที่ออกมาในเชิงตัวเลข เช่น รายการต้นทุนที่แปรผันตามหน่วยการผลิต โดยกำหนดให้ตัวขับเป็นน้ำหนักของสินค้าที่ทำการขนส่ง (ตัน) และระยะทางที่ให้บริการ (กิโลเมตร)

6.5.2 การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วย น้ำหนัก ระยะทาง 1 ตันต่อกิโลเมตร และนำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงต้นทุนเทียบกับช่วงเวลา เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพให้มีความเหมาะสม ต้นทุนเฉลี่ยในการขนส่งที่ได้น้ำหนักเป็นค่าเฉลี่ยของกิจการในแต่ละรายเป็นการหาตัวแทนต้นทุนของแต่ละประเภทการขนส่งในแต่ละสินค้านั้น ใช้วิธีการคำนวณด้วยการหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weight Average Cost) ของต้นทุนในแต่ละรายการ แสดงดังในตารางที่ 1

การคำนวณการถ่วงน้ำหนักในรูปจำนวนการขนส่งต่อเดือนแล้วนำมาเปรียบเทียบเป็นสัดส่วน (Proportion) จากตารางที่ 1 พบว่า ระหว่างผู้ประกอบการกับกรมทางหลวงที่เป็นผู้รับผิดชอบกำหนดน้ำหนักบรรทุกสูงสุดสำหรับรถบรรทุกแต่ละประเภท ซึ่งการกำหนดน้ำหนักบรรทุกดังกล่าว มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อต้นทุนการขนส่งทางถนน เนื่องจากจะเป็นตัวควบคุมปริมาณสินค้าที่สามารถบรรทุกได้ในแต่ละเที่ยวของสินค้า

ตาราง 1 ตัวถ่วงน้ำหนักต้นทุนในแต่ละรายการ

รายการ	ตัวถ่วงน้ำหนัก
ค่าน้ำมัน	น้ำหนักบรรทุกและระยะทาง (ตันต่อกิโลเมตร)
ค่าซ่อมบำรุง	ระยะทาง (กิโลเมตร)
ค่าแรงงานคนขับ	ระยะทาง (กิโลเมตร)
ค่าแรงคนงาน	น้ำหนักบรรทุก (ตัน)
ค่าบริการ	น้ำหนักบรรทุก (ตัน)
ค่าน้ำร้อนน้ำชา	น้ำหนักบรรทุกและระยะทาง (ตันต่อกิโลเมตร)
อื่น ๆ	น้ำหนักบรรทุกและระยะทาง (ตันต่อกิโลเมตร)

ที่มา: สถาบันทรัพย์สินแห่งปัญญาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

6.6 ปัจจัยกำหนดโครงสร้างต้นทุนการขนส่งสินค้า

จากผลการสำรวจภาคสนามของสถาบันทรัพย์สินแห่งปัญญาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดโครงสร้างต้นทุนที่แท้จริงนั้นมีอยู่หลายประการทั้งในส่วนที่ขึ้นอยู่กับสินค้า ผู้ประกอบการ สภาพตลาด และสภาพเชิงกายภาพ ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้ (สถาบันทรัพย์สินแห่งปัญญา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544)

6.6.1 ระยะทางขนส่งสินค้า เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากในการกำหนดโครงสร้างและต้นทุนรวมการขนส่งโดยเฉพาะการขนส่งทางบก พบว่า จากสถิติที่ทำการคำนวณจากการสุ่มตัวอย่างภาคสนาม ปรากฏว่าการขนส่งระยะสั้นมีต้นทุนการขนส่งต่อหน่วย (บาทต่อตันต่อกิโลเมตร) ที่สูงโดยเฉลี่ยตั้งแต่ 1.93 บาทต่อตันต่อกิโลเมตรถึง 6.66 บาทต่อตันต่อกิโลเมตร (สถาบันทรัพย์สินแห่งปัญญา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544)

6.6.2 ลักษณะรถที่บรรทุกสินค้า โดยปกติสินค้าบางประการมีความจำเป็นที่จะต้องใช้รถพิเศษหรืออุปกรณ์พิเศษในการขนส่งค้า เช่น อาหารทะเลแช่แข็งที่จำเป็นต้องใช้รถบรรทุกห้อง ผัก และผลไม้ เป็นต้น

6.6.3 ลักษณะของสินค้า สินค้าบางประเภทมีลักษณะเฉพาะตัวที่จะบรรทุกในรถขนส่ง ซึ่งจำเป็นจำกัดหรือลักษณะพิเศษที่เอื้ออำนวยให้บรรทุกได้เต็มน้ำหนักหรือเกินพิกัดได้ และใช้ความระมัดระวังอย่างมากเพื่อไม่ให้ชำรุดแตกหักจึงทำให้ต้นทุนค่าขนส่งสูงขึ้น

6.6.4 อัตราการให้บริการขนส่งต่อปี (Utilization Rate) ผู้ประกอบการ หรือสินค้าบางประเภทที่มีลักษณะฤดูกาล (Seasonal) มีการใช้รถขนส่งต่อปีหรือต่อเดือนในอัตราที่ต่ำ เช่น จำนวนเที่ยวที่รถวิ่งให้การบริการต่อเดือนน้อย จึงทำให้ประกอบการคิดอัตราค่าดำเนินการเสื่อมราคาต่อตันต่อกิโลเมตรสูงกว่าปกติ เป็นต้น

6.6.5 ปริมาณสินค้าที่ต้องการขนส่งในพื้นที่เดียวกัน ปัจจัยหลักที่มีความสำคัญในการกำหนดต้นทุนของผู้ประกอบการ เนื่องจากถ้ามีปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าประเภทเดียวกันสูงก็จะทำให้ผู้ประกอบการสามารถให้บริการบรรทุกสินค้าต่อเที่ยวเต็มพิกัดน้ำหนัก จึงทำให้ต้นทุนเฉลี่ยต่อตันบรรทุกต่ำ เช่น สินค้าอุปโภค และสินค้าบริโภค เป็นต้น

ต้นทุนขนส่งนั้นสามารถอธิบายแสดงดังตาราง 2 พบว่า ต้นทุนขนส่งจะขึ้นอยู่กับระยะทางและประเภทของรถ หรือน้ำหนักบรรทุก โดยที่รถบรรทุกเล็กประเภท 4 ล้อมีต้นทุนการขนส่งในระยะสั้นเท่ากับ 6.66 บาทต่อตันต่อกิโลเมตรสูงกว่าการขนส่งระยะกลางในประเภทรถเดียวกันถึง 2 เท่า ในขณะที่รถ 6 ล้อ มีต้นทุนเฉลี่ยของการขนส่งในระยะสั้นเท่ากับ 5.04 บาทต่อตันต่อกิโลเมตร ซึ่งสูงกว่าการขนส่งในระยะกลางและระยะสั้นซึ่งมีต้นทุนการขนส่งเฉลี่ย 3.05 และ 2.12 บาทต่อตันต่อกิโลเมตร

ตาราง 2 ต้นทุนการขนส่งโดยเฉลี่ยของรถบรรทุกในแต่ละประเภทที่ศึกษากับระยะการขนส่ง

ต้นทุนการขนส่งโดยเฉลี่ยของรถบรรทุกแต่ละประเภท (หน่วย : บาทต่อตันต่อกิโลเมตร)				
ประเภทระยะทางที่ขนส่ง	**รถบรรทุก 4 ล้อ**	**รถบรรทุก 6 ล้อ**	**รถบรรทุก 10 ล้อ**	**รถบรรทุก เทรลเลอร์**
ระยะใกล้	6.66	5.04	3.04	1.93
ระยะกลาง	3.04	3.05	1.18	1.22
ระยะไกล	-	2.12	1.15	0.93

หมายเหตุ: ระยะใกล้ หมายถึงระยะทาง 1 – 100 กิโลเมตร
ระยะกลาง หมายถึง ระยะทาง 101 – 400 กิโลเมตร
ระยะไกล หมายถึง ระยะทางมากกว่า 400 กิโลเมตร

ที่มา: สถาบันทรัพย์สินแห่งปัญญาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

7. แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Model)

แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Model) เป็นวิธีที่นิยมอย่างมากในการแก้ไขปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า เนื่องจากแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญในการปฏิบัติงานของกลุ่มวิชาชีพต่าง ๆ เช่น วิศวกร (Engineer) นักเศรษฐศาสตร์ (Economist) นักวิทยาศาสตร์ (Scientist) และนักสังคมศาสตร์ (Social Scientist) เป็นต้น ซึ่งแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์หรือตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม หลัก ๆ ได้แก่ กลุ่มอธิบายการทำงานแบบระบบสถิตย์ (Static system) คือ ไม่นำเวลามาเกี่ยวข้อง และกลุ่มอธิบายการทำงานแบบระบบพลวัต (Dynamic system) โดยสามารถทำให้คอมพิวเตอร์คำนวณการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา แบบจำลองประเภทนี้เรียกว่า Computer simulation ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดลองการทำงานของระบบในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

7.1 แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นตรง (Linear Programming Model)

กำหนดการเชิงเส้นเป็นหลักการอย่างหนึ่งที่ช่วยในการตัดสินใจของฝ่ายจัดการองค์การธุรกิจที่ต้องเผชิญกับปัญหาการแบ่งสรรปันส่วนทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ทรัพยากรเหล่านี้หมายถึง เงิน วัตถุดิบ เครื่องจักร สถานที่ เวลา แรงงาน เป็นต้น

แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นตรง ไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์อย่างใดเลย แต่หมายถึง การทำให้เหมาะสมที่สุด (Optimization) เชิงเส้น (Linear) เป็นคำขยายความเพื่อให้เข้าใจแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบบจำลองนั้นมีลักษณะของสมการเส้นตรง ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การนำความรู้เรื่องกำหนดการเชิงเส้นไปใช้ประกอบด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอน (สนธิกิจ ลิมปนาวาณิช, 2561) คือ

<u>ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลองของกำหนดการเชิงเส้น</u>

ในการสร้างแบบจำลองของกำหนดการเชิงเส้นนี้ ต้องรวบรวมรายละเอียดทั้งหมดที่มีอยู่ กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นให้ชัดเจน แล้วกำหนดสัญลักษณ์ตัวไม่ทราบค่า หรือตัวแปร ที่ต้องการทราบค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้องเป็นความสัมพันธ์ที่เป็นปฏิภาคโดยตรง เมื่อพิจารณาแล้วดำเนินการดังต่อไปนี้คือ

ก) สร้างสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) สมการวัตถุประสงค์นี้ต้องมีลักษณะเป็นสมการแบบเส้นตรง โดยมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการหาค่าที่เหมาะสม ซึ่งอาจจะเป็นต่ำสุดหรือสูงสุดก็ได้ ต้องเป็นสมการวัตถุประสงค์เดียวคือ ต้องการหากำไรสูงสุด หรือต้องการหาต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่ำสุด สมการวัตถุประสงค์ เป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องการทราบค่ากำไรหรือต้นทุน หรือค่าใช้จ่าย

รูปแบบของสมการโดยทั่วไป คือ

$$Y = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \ldots + C_nX_n$$

C_j คือ สัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_j ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ซึ่งมีค่าคงที่ $j = 1, 2, 3,., n$

ข) เขียนข้อจำกัด (Constraints) เนื่องจากรายละเอียดที่มีอยู่นั้นจะมีทางเลือกปฏิบัติได้หลายทาง ซึ่งประกอบ ด้วยทรัพยากรมีจำกัด เช่น จำนวนชั่วโมงเครื่องจักรมีจำกัด วัตถุดิบมีจำกัด หรือแรงงานมีจำกัด เป็นต้น ต้องรวบรวมดูว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นมีขีดจำกัดอย่างใดบ้าง แล้วนำข้อจำกัดเหล่านี้มาสร้างในรูปสมการแบบเส้นตรง (Linear Equation) หรือ อสมการแบบเส้นตรง (Linear Inequality)

รูปแบบของสมการ หรืออสมการแบบเส้นตรงได้แก่

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \ldots + a_1nX_n = b_1$$
$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \ldots + a_2nX_n = b_2$$
$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \ldots + a_mnX_n = b_m$$

X_j คือ ตัวแปรที่จะหาค่า $j = 1, 2, 3, \ldots, n$

a_{ij} คือ สัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันข้อจำกัด (Constraints) $i = 1, 2, 3, \ldots, m$ และ $j = 1, 2, 3, \ldots, n$

b_m ปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ ซึ่งมีค่าเป็นค่าคงที่และเป็นจำนวนบวก $i = 1, 2, 3, \ldots, m$

ค) พิจารณาให้ตัวแปรทุกตัวมีค่าไม่ติดลบ (Non-negative) ตัวแปรทุกตัวมีค่าเท่ากับศูนย์หรือมากกว่าศูนย์ การให้ค่าตัวแปรทุกตัวที่กำหนดขึ้นมานั้นมีค่าไม่ติดลบ ถือเป็นข้อจำกัดไม่ติดลบ (Non-negativity Restriction) เช่น

$$X_i \geq 0 ; i = 1,2,3,\ldots n$$

<u>ขั้นที่ 2 แก้สมการหรืออสมการที่สร้างขึ้น</u>

เมื่อผ่านขั้นตอนที่หนึ่งคือ สร้างแบบจำลองแล้ว ต่อไปก็หาค่าตัวแปร โดยค่าของตัวแปรทุกตัวจะต้องสอดคล้องกับข้อจำกัดทุกข้อ (เมื่อนำค่าที่หาได้ไปแทน ในสมการ หรืออสมการแล้วทำให้สมการหรืออสมการนั้นเป็นจริง) การหาค่าของตัวแปรมีอยู่หลายแบบแต่ที่เราจะศึกษาในตอนนี้มีสองแบบ คือ แบบใช้กราฟ และแบบวิธีซิมเพล็กซ์

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกวิธีการแก้ไขปัญหา โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming) เนื่องจากโปรแกรมเชิงเส้นตรงสามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ออกมาให้มีค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด และโปรแกรมเชิงเส้นตรง เป็นวิธีในการหาคำตอบ

แบบแม่นตรง (Exact Methods) หรือแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพ สามารถรับประกันได้ว่าคำตอบที่ได้รับนั้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution)

7.2 รูปแบบตัวอย่างการเขียนสมการกำหนดการทางคณิตศาสตร์

จากงานวิจัยเรื่องการสร้างแบบจำลองกำหนดทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม กรณีศึกษาโรงงานดาวเทียม (ทิพวัลย์ ต้นกสิกิจ, 2556) เป็นการนำเสนอแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ สำหรับออกแบบการกระจายสินค้าการขนส่งขนออกของธุรกิจ เพื่อวิเคราะห์หาที่ตั้งและจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม และมีต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นต่ำที่สุด ซึ่งแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์มีการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ดัชนี (Indices)

i คือ ศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถตั้งได้ โดยที่ $i = 1,2,\ldots,n$

j คือ จำนวนจังหวัดที่กระจายสินค้า โดยที่ $j = 1,2,\ldots,m$

พารามิเตอร์ (Parameters)

f_i คือ ต้นทุนในการตั้งสถานที่ i

C_{ij} คือ ต้นทุนการเดินทางจากศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังจังหวัดที่กระจายสินค้า j

D_j คือ ปริมาณความต้องการสินค้าของแต่ละจังหวัด j

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าถูกเลือกให้จัดตั้งเป็นศูนย์กระจายสินค้าที่ตำแหน่ง } i \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าลูกค้าทีตำแหน่ง } j \text{ ได้รับสินค้าจากสถานที่ } i \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

การสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เช่น ต้นทุนการเดินทาง และค่าใช้จ่ายในการตั้งสถานที่

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} C_{ij} D_j Y_{ij} + f_i X_i \qquad (1)$$

ฟังก์ชันค่าต่ำสุด (Minimize) เป็นฟังก์ชันการหาค่าใช้จ่ายของการตั้งสถานที่และต้นทุนในการเดินทาง

สมการเงื่อนไข (Constrained)

Subject to 1: ข้อจำกัดของศูนย์กระจายสินค้าเพิ่มเท่ากับ 2 จุด

$$\sum_{i} X_i = P \qquad (2)$$

Subject to 2: ข้อจำกัดที่รับประกันว่าปริมาณงานของจังหวัดที่กระจายสินค้าทั้งหมดจะได้รับจากศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด

$$\sum_{i} Y_{ij} = 1 \qquad ;\forall_j \qquad (3)$$

Subject to 3: ข้อจำกัดด้านปริมาณงานของจังหวัดที่กระจายสินค้า j จะถูกบริการจากศูนย์กระจายสินค้า i ก็ต่อเมื่อศูนย์กระจายสินค้า i เป็นศูนย์กระจายสินค้าได้ไม่เกินความสามารถในการให้บริการของศูนย์กระจายสินค้านั้นจะรับได้

$$\sum_{i} D_j Y_{ij} \leq S_i X_i \qquad ;\forall_j \qquad (4)$$

Subject to 4: Binary constraints ตัวแปรตัดสินใจต้องเป็นตัวแปรทวิภาค มีค่า 0 หรือ 1 เท่านั้น

$$X_i \in \{0,1\} \qquad ;\forall_i \qquad (5)$$

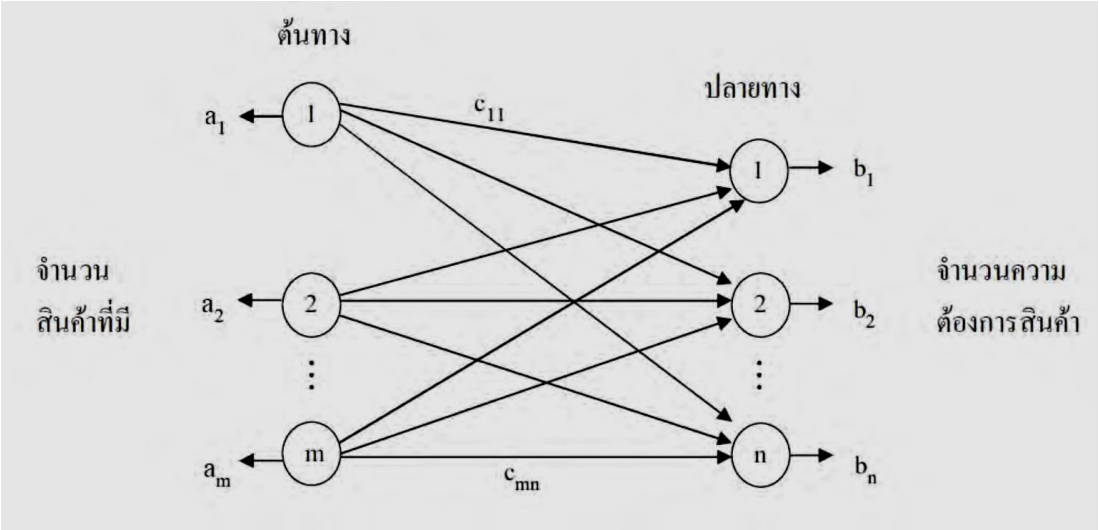
Subject to 5: Binary constraints ตัวแปรตัดสินใจต้องเป็นตัวแปรทวิภาค มีค่า 0 หรือ 1 เท่านั้น

$$Y_i \in \{0,1\} \qquad ;\forall_i \forall_j \qquad (6)$$

ดังนั้นรูปแบบการสร้างสมการนี้ จึงสร้างจากความสัมพันธ์ของข้อมูลต้นทุนในการเดินทาง เพื่อทำการวิเคราะห์หาต้นทุนค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด

8. ตัวแบบการขนส่ง (Transportation Model)

ตัวแบบการขนส่ง (Transportation Model) เป็นตัวแบบที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการวางแผนที่ใช้ในการขนส่งสินค้าจากต้นทาง (Source) ซึ่งอาจเป็นแหล่งผลิตสินค้า โรงงาน คลังสินค้า หรืออื่น ๆ ไปยังปลายทาง (Destination) ที่กำหนด ทั้งนี้โดยมีเป้าหมายที่จะให้ค่าใช้จ่ายของการดำเนินการขนส่งมีค่าน้อยที่สุด ตัวแบบการขนส่งโดยทั่วไป มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 12



ภาพ 12 ตัวแบบการขนส่ง

ที่มา: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (Nida), 2558

โดยที่

a_i เป็นจำนวนสินค้าที่มีอยู่ในแต่ละต้นทาง $i, i = 1,2,...,m$

b_i เป็นจำนวนความต้องการของสินค้าในแต่ละปลายทาง $j, j = 1,2,...,n$

C_{ij} เป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าต่อหน่วยจากต้นทาง i ไปปลายทาง j

จากภาพที่ 12 จะเห็นได้ว่าในแต่ละต้นทาง สามารถขนส่งสินค้าไปยังปลายทางได้หลายแห่ง และในทำนองกลับกัน จำนวนสินค้าที่ปลายทางแต่ละแห่งจะได้รับก็อาจมาจากต้นทางหลายแห่งเช่นกัน ดังนั้นปัญหาของการขนส่งโดยทั่วไปคือ การหาว่าจะขนส่งสินค้าจากต้นทางใดไปยังปลายทางใดและเป็นจำนวนเท่าใด ทั้งนี้ต้องสอดคล้องกับจำนวนสินค้าที่มีอยู่ในแต่ละต้นทาง และสอดคล้องกับความต้องการสินค้าของแต่ละปลายทาง โดยให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุดจากปัญหาการขนส่งดังกล่าว สามารถนำมาสร้างเป็นแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

ถ้าให้ Z คือค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งสินค้าทั้งหมด

และ X_{ij} เป็นจำนวนสินค้าที่จะขนส่งจากต้นทาง i ไปยังปลายทาง j

ดังนั้น ฟังก์ชันเป้าหมายคือ การหาค่าน้อยสุดของ $z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} C_{ij} \times X_{ij}$

ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ij} \leq a_i, \ i = 1,2,\ldots,m$$

$$\sum_{j=1}^{m} X_{ij} \leq b_i, \ j = 1,2,\ldots,m$$

$$X_{ij} \geq 0, \text{ทุกค่า } i, j$$

ในข้อจำกัดส่วนแรกที่มี m ข้อจำกัดแสดงให้เห็นถึงผลรวมของจำนวนสินค้าที่ขนส่งจากต้นทางหนึ่ง ๆ จะต้องไม่เกินจำนวนสินค้าที่ต้นทางนั้นมีอยู่ และในข้อจำกัดส่วนที่สองอีก n ข้อจำกัดแสดงให้เห็นผลรวมของจำนวนสินค้าที่ปลายทางหนึ่งได้รับ จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าความต้องการสินค้าของปลายทางนั้นถ้าเมื่อไรก็ตามที่ผลรวมของจำนวนสินค้าที่มีอยู่ที่ต้นทางทั้งหมดเท่ากับผลรวมของจำนวนความต้องการสินค้าที่ปลายทางทั้งหมด จะเรียกตัวแบบนั้นว่าเป็นตัวแบบการขนส่งสมดุล (Balanced Transportation Model) แต่ถ้าผลรวมของจำนวนสินค้าที่มีอยู่ที่ต้นทางทั้งหมดมีค่าไม่เท่ากับผลรวมของจำนวนความต้องการสินค้าที่ปลายทางทั้งหมด จะเรียกตัวแบบนั้นว่าเป็นตัวแบบการขนส่งไม่สมดุล (Unbalanced Transportation Model) จากตัวแบบการขนส่งจะเห็นได้ว่า มีลักษณะพื้นฐานเป็นแบบจำลองของโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งทำให้การหาคำตอบ สามารถทำได้ด้วยเทคนิควิธีที่ใช้ในการหาคำตอบของแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นอย่างไรก็ตามการหาคำตอบดังกล่าวนั้นค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาขั้นตอนวิธีที่จะหาคำตอบของตัวแบบการขนส่งขึ้นมาโดยเฉพาะ

8.1 การจัดตั้งปัญหาการขนส่งมาตรฐาน (The Standard From of Transportation Problem)

ปัญหาที่จัดตั้งขึ้นอาจเป็นแบบโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Formulation) เช่น สมมุติว่าบริษัทมีโกดัง m และร้านค้าปลีก n มีผลิตภัณฑ์เดียวถูกส่งมาจากโกดังและส่งออกไปยังร้านค้าปลีกในแต่ละแหล่งและร้านค้าปลีกแต่ละแหล่งมีระดับความต้องการไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นในการขนส่งไปในแต่ละแหล่งมีลักษณะปัญหาเป็นเชิงเส้น ดังนั้นจึงสามารถตั้งสมการได้กลุ่มตัวแปรได้ดังนี้ (สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2558)

i = ดัชนีของโกดังและกำลังการผลิตคือ a_i ซึ่ง $i, i = 1,2,\ldots,m$

j = ดัชนีของร้านค้าปลีกและปริมาณความต้องการคือ b_j ซึ่ง $j, j = 1,2,\ldots,n$

C_{ij} = ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์จากคลัง i ถึงร้านค้าปลีก j

ต้นทุนรวมทั้งหมดของการขนส่งเป็นเชิงเส้นกับขนาดการขนส่ง สิ่งที่น่าสนใจของปัญหานี้คือ การหาแผนการขนส่งที่ดีที่สุดระหว่างคลังและร้านค้าปลีก โดยมีการให้เงื่อนไขการ

สนับสนุนความต้องการเป็นข้อบังคับ การขนส่งนี้ให้พิจารณาเป็นเครือข่ายตั้งแต่และสามารถเขียนปัญหาการขนส่งโปรแกรมเชิงเส้นได้ดังนี้

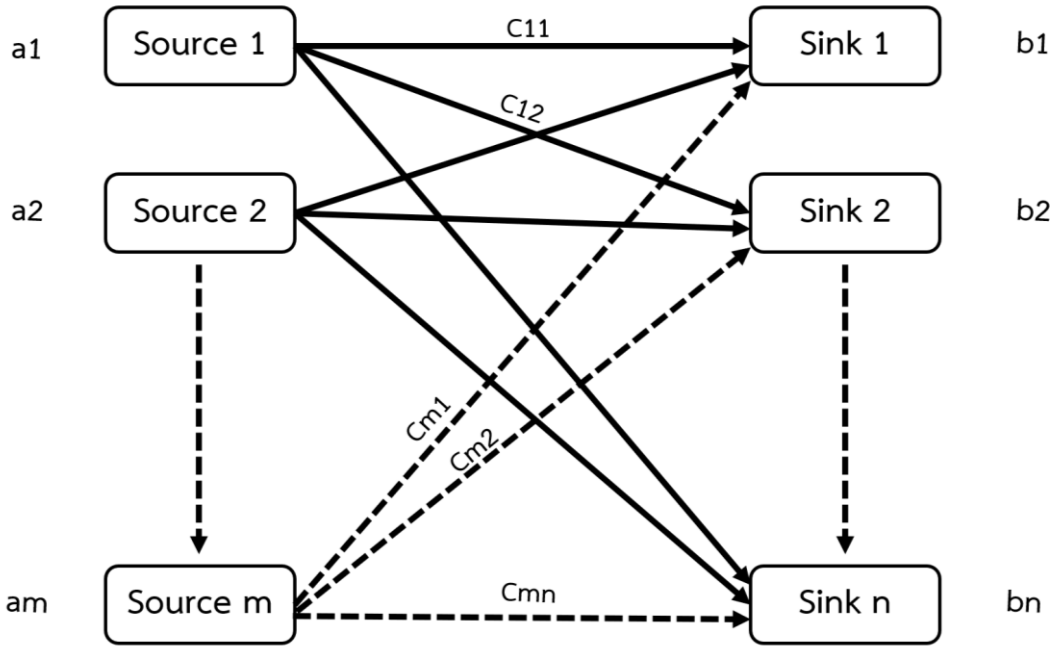
ก) ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variable) ตัวแปรการตัดสินใจประกอบด้วย

X_{ij} = จำนวนของการขนส่งสินค้าจากคลัง i ถึงร้านค้าปลีก j ซึ่ง $i = 1,2,\ldots,m$ และ $j = 1,2,\ldots,n$

ข) สมการเป้าหมาย (Objective Function)

การพิจารณาการขนส่งสินค้าจากคลัง i ถึงร้านค้าปลีก j ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อหน่วย คือ C_{ij} และจำนวนสินค้าของการขนส่ง คือ X_{ij} ดังนั้นค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการขนส่งนี้เท่ากับ $C_{ij}X_{ij}$ และสมการเป้าหมายสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Minimize = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{ij} \times X_{ij}$$



ภาพ 13 ระบบการขนส่ง

ที่มา: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (Nida), 2558

ค) เงื่อนไขการบังคับ (Constraints)

เป็นการพิจารณาที่คลังที่จะขนส่งสินค้า i ไปยังปลายทาง j คือ $X_{i1} + X_{i2} + ... + X_{in}$ และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$\sum_{j=1}^{n} X_{ij}$ คือ ความสามารถสนับสนุนสินค้าจากคลัง เท่ากับ a_i แต่ไม่ขนส่งเกินความสามารถของคลัง ดังนั้นจะได้ดังสมการที่ข้างล่างนี้

$$\sum_{j=0}^{n} X_{ij} \leq a_i \qquad for\ j = 1,2,\ldots,m$$

และจะพิจารณาที่ร้านค้าปลีก ในการรับสินค้าจากการขนส่งสินค้าที่เข้ามาคลัง คือ $X_{1j} + X_{2j} + ... + X_{mj}$ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$\sum_{j=1}^{n} X_{ij}$ เมื่อความต้องการที่ของร้านค้าปลีก j เท่ากับ b_j ดังนั้น การขนส่งเข้ามาทั้งหมดจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ b_j ซึ่งเขียนได้ดังสมการข้างล่างนี้

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} \leq b_j \qquad \text{for } i = 1,2,\ldots,n$$

ง) การจัดตั้งรูปแบบปัญหาแบบเชิงเส้น (Linear Programming Formulation) สามารถเขียนโดยภาพรวมของปัญหาการขนส่งมาตรฐานได้ดังต่อไปนี้

$$Minimize = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{ij} \times X_{ij}$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} \leq a_i \qquad \text{for } j = 1,2,\ldots,n$$

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} \geq b_j \qquad \text{for } j = 1,2,\ldots,m$$

$$X_{ij} \geq 0 \qquad \text{for } i = 1,2,\ldots,m \text{ and } j = 1,2,\ldots,n$$

for i = 1, 2, ..., m and j = 1, 2, ..., n

9. ทฤษฎีการออกแบบเครือข่ายงานโลจิสติกส์ (Logistics Network Design)

การออกแบบเครือข่ายงานโลจิสติกส์ (Logistcs Network Design) ขององค์กรอุตสาหกรรมจะต้องพิจารณาปัจจัยที่สำคัญ ที่มีผลกระทบต่อระบบและทำการออกแบบการเชื่อมโยงของกิจกรรมในการกระจายสินค้า เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยที่นำมาใส่ในรูปแบบเครือข่ายนั้นจะต้องได้จากการสำรวจอย่างแท้จริงจากปัจจุบันและสอดคล้องกับพฤติกรรมจริงของกิจกรรมโลจิสติกส์ เพื่อให้การออกแบบเครือข่ายโลจิสติกส์ที่เหมาะสมซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนอย่างมาก และวิธีการสร้างแบบจำลอง เพื่อวิเคราะห์หาตำตอบที่เหมาะสม ซึ่งสามารถแบ่งวิธีในการออกแบบเครือข่ายได้ดังนี้

9.1 การหาค่าที่เหมาะสม (Optimization Model)

รูปแบบของแบบจำลองนี้จะขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงของการจัดตั้งรูปแบบคณิตศาสตร์และสามารถรับรองค่าที่ได้จากแบบจำลองเป็นค่าที่ดีที่สุด โดยทำการปรับปรุงคำตอบซ้ำเพื่อที่จะได้คำตอบที่ดีที่สุด (ภรัณยา อำมฤครัตน, 2555)

วิธีการค้นหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุด คือ กระบวนการทำงานที่ใช้ในการตัดสินใจ โดยนำหลักเหตุผลและคณิตศาสตร์มาช่วยในการเลือกวิธีการหรือขั้นตอนของกระบวนการทำงานต่าง ๆ เพื่อให้ได้รับคำตอบที่เหมาะสมที่สุด สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ วิธีแบบแม่นตรง (Exact Methods) เป็นวิธีการในการหาคำตอบหรือแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ สามารถรับประกันได้ว่าคำตอบที่ได้รับนั้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) และวิธีแบบประมาณค่า (Approximate methods) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดี (Good) แต่ไม่มีการรับประกันว่าคำตอบที่ได้รับนั้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Blum and Roli 2003, Talbi 2009, Blum, Puchinger et al, 2011)

9.2 แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model)

เป็นวิธีการจำลองสถานการณ์เพื่อศึกษากระบวนการกระจายสินค้าและทำการปรับปรุงเครือข่ายในจุดที่มีปัญหาด้านต่าง ๆ ความเที่ยงตรงในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ขึ้นอยู่การเก็บรวบรวมข้อมูลจริงในอุตสาหกรรมนั้น ๆ เพื่อความสมบูรณ์และสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างแท้จริง (Mirinda, 2554)

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) คือ การรวบรวมวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้จำลองสถานการณ์จริง หรือพฤติกรรมของระบบต่าง ๆ มาไว้บนคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เข้ามาช่วย เพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงในอนาคต (Kelton, et al., 2003)

แบบการจำลอง (Simulation Model) เป็นแบบจำลองที่สามารถใช้แทนระบบปัญหาต่าง ๆ มากมาย เช่น ปัญหาแถวคอย ปัญหาการควบคุมสินค้าคงคลัง เป็นต้น ตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้แบบการจำลอง เพื่อช่วยในการจัดตารางการเดินรถบรรทุกอ้อย เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการรอคอย บริเวณหน้าโรงงานน้ำตาลเป็นจำนวนมาก

9.3 แบบจำลองฮิวริสติกส์ (Heuristic Model)

เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาของเครือข่ายอย่างมาก ซึ่งโดยปกติแล้ววิธีการนี้มักจะมุ่งให้คำตอบที่ดีแต่อาจมีการลดบทบาทของปัจจัยที่สำคัญบางอย่างลงไป หรือทำให้ปัจจัยบางอย่างคงที่และไม่มีผลกระทบต่อแบบจำลองมาก เพื่อให้ได้คำตอบใกล้เคียงกับความเป็นไปได้และได้คำตอบที่เหมาะสมของเครือข่าย (Thanakrit Lersmethasakul, 2559)

10. การแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นด้วยเอ็กเซลโซลเวอร์ (Excel Solver)

Solver เป็นโปรแกรม Add-in ของ Microsoft Excel ที่สามารถใช้เพื่อทำการวิเคราะห์แบบ What-If ใช้ Solver เพื่อหาค่า (สูงสุดหรือต่ำสุด) ที่เหมาะสมสำหรับสูตรในเซลล์หนึ่งซึ่งจะเรียกว่าเป็นเซลล์วัตถุประสงค์ ภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดในค่าของเซลล์สูตรอื่น ๆ บนเวิร์กชีต Solver ทำงานร่วมกับกลุ่มของเซลล์ ซึ่งจะเรียกว่าเป็นเซลล์ตัวแปรการตัดสินหรือเซลล์ตัวแปร ที่ใช้ในการคำนวณสูตรในเซลล์วัตถุประสงค์และเซลล์ข้อจำกัด Solver จะปรับค่าในเซลล์ตัวแปรการตัดสินเพื่อให้เหมาะกับขีดจำกัดในเซลล์ข้อจำกัด และสร้างผลลัพธ์ที่คุณต้องการสำหรับเซลล์วัตถุประสงค์ (Microsoft, 2562)

การประมวลผลแบบจำลองเพื่อหาผลเฉลยเหมาะสมที่สุด หลังจากสร้างแบบจำลองของโปรแกรมเชิงเส้นแล้ว ในสารนิพนธ์นี้ขอแนะนำวิธีการใช้ Microsoft Excel Solver เพื่อประมวลผลแบบจำลองของโปรแกรมเชิงเส้น Standard Excel Solver ที่มาพร้อมกับ Microsoft Excel สามารถแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นได้ (สนธิกิจ ลิมปนาวาณิช, 2561)

โซลเวอร์ (Solver) คือ เครื่องมือที่ช่วยในการคำนวณประเภทโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) โดยจะช่วยในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดและดีที่สุด (Optimization) จากข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่มีอยู่โดยโซลเวอร์ สามารถหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเท่าที่หาได้ภายในเวลาที่กำหนด

10.1 วิธีการใช้ฟังก์ชัน Solver ในชุด Microsoft Excel

สำหรับคอมพิวเตอร์ที่ไม่เคยใช้งานฟังก์ชัน Solver ใน Microsoft Excel มาก่อน จำเป็นต้องเลือกฟังก์ชัน Solver ออกมาใช้งานก่อน โดยให้ไปที่แถบ Menu Bar ด้านบนของ Microsoft Excel

File / แฟ้ม

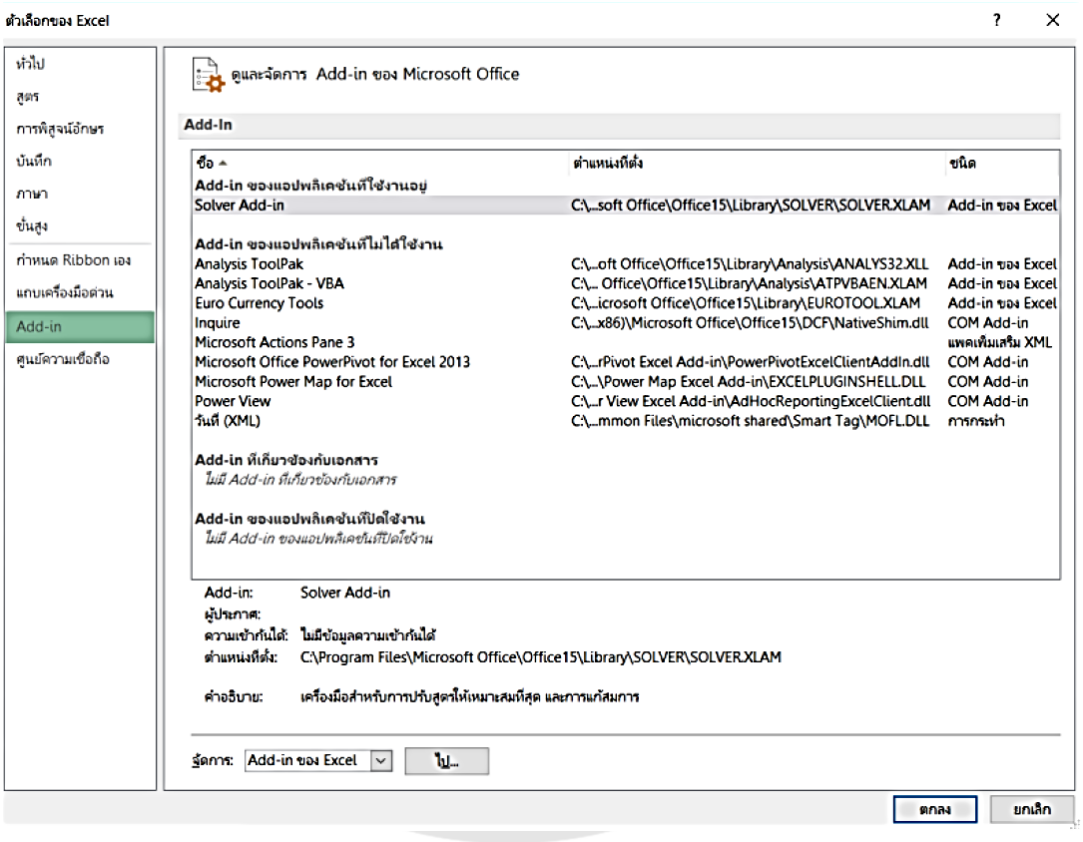
Option / ตัวเลือก

Click: Add-in

Manage / จัดการ เลือก Add-in ของ Excel

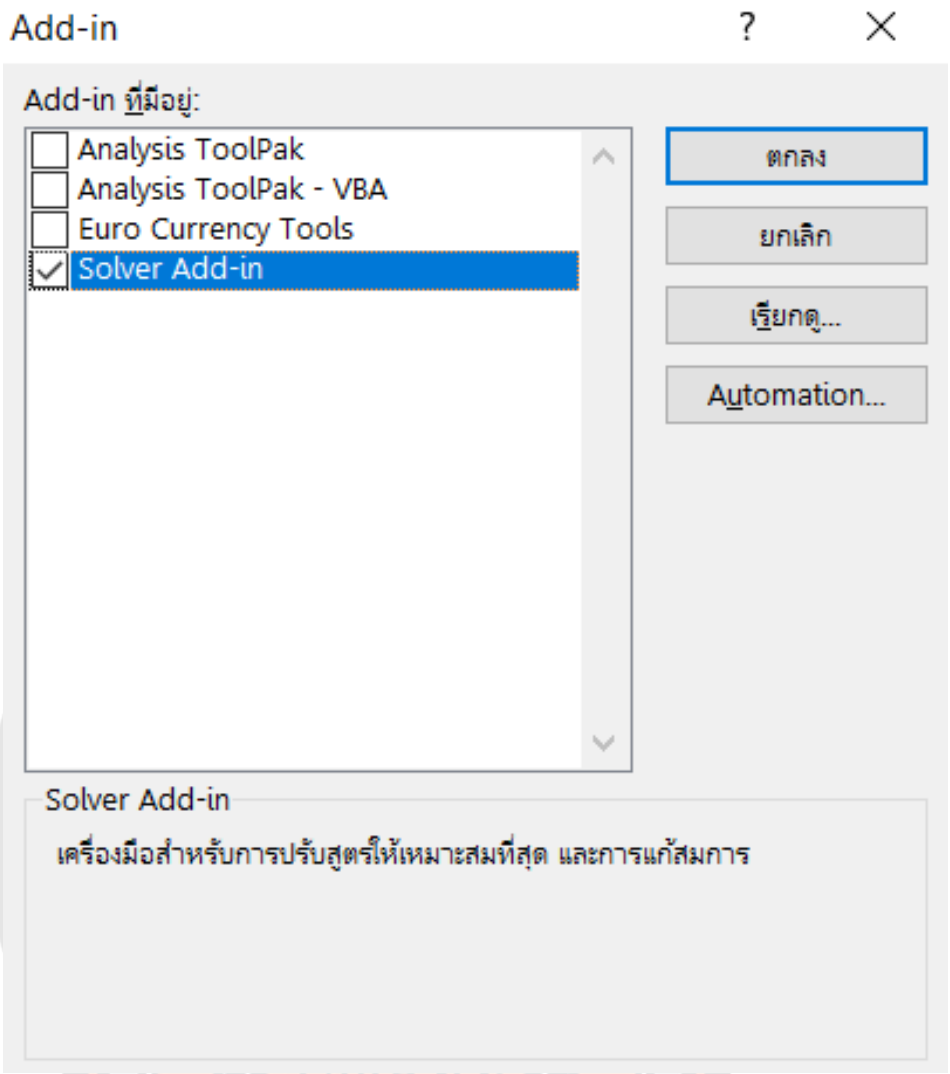
Click: Go / ไป...

เลือก Solver Add-in แล้วกด OK / ตกลง



ภาพ 14 การติดตั้งการใช้งานฟังก์ชัน Solver ใน Microsoft Excel

ที่มา: Microsoft, 2562

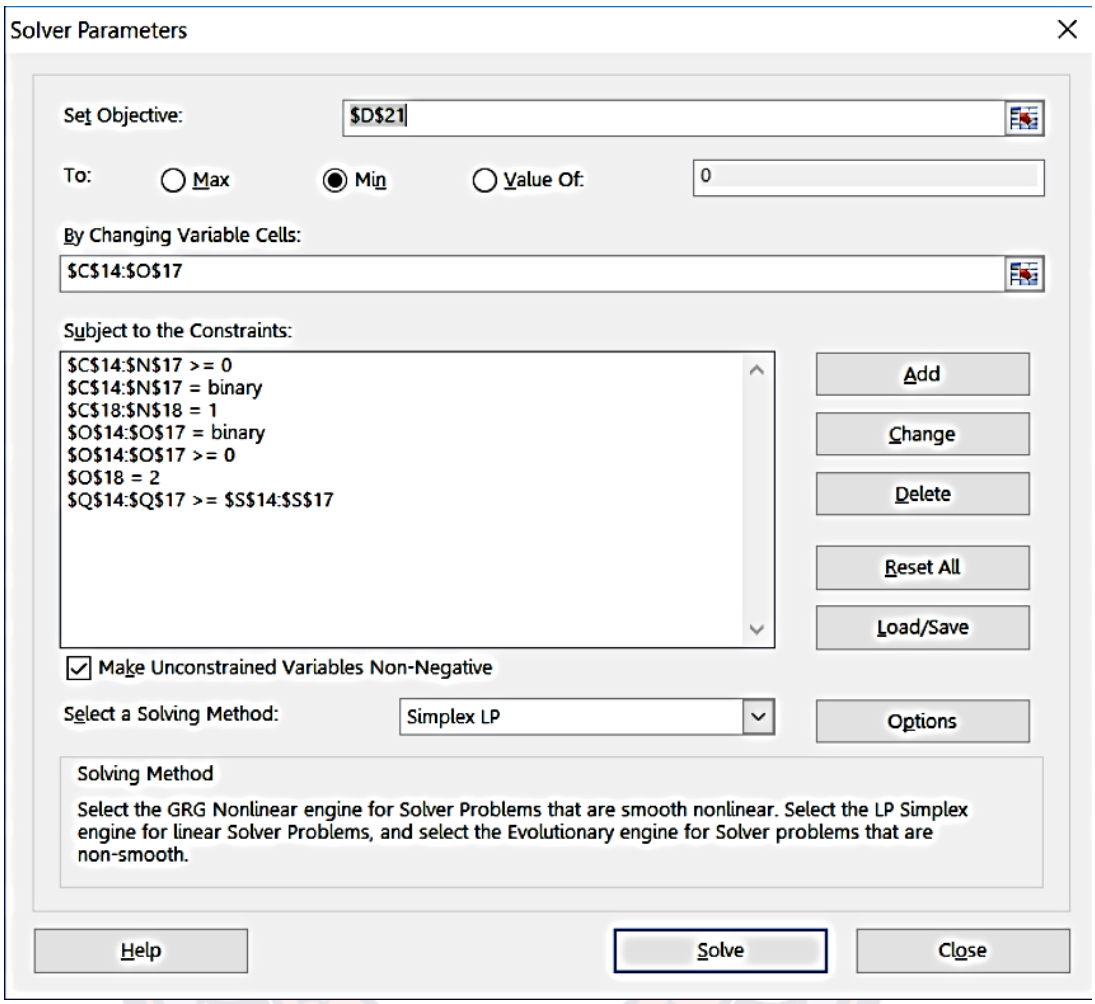


ภาพ 15 การเลือกใช้งานฟังก์ชัน Solver ใน Microsoft Excel

ที่มา: Microsoft, 2562

10.2 การกำหนดพารามิเตอร์

เมื่อจัดรูปแบบของตารางข้อมูล ช่องตัวแปรและพิมพ์ข้อมูลต่าง ๆ ของปัญหาเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นใช้ Solver เพื่อคำนวณค่าตามที่ผู้วิจัยต้องการ โดยคลิกข้อมูลบนแถบ Menu Bar เลือก Solver จะปรากฏ Solver Parameter แสดงดังภาพที่ 16 โดยรายละเอียดแต่ละช่องความหมาย (Microsoft, 2562) ดังต่อไปนี้



ภาพ 16 การกำหนดพารามิเตอร์

ที่มา: Microsoft, 2562

ช่อง Set Objective หรือ Target Cell : เซลล์ objective ที่ต้องการแสดงค่าเป้าหมาย โดยประกอบไปด้วยเป้าหมายที่เราต้องการหา ค่าสูงสุด (Max) เช่น กำไร เป็นต้น ค่าต่ำสุด (Min) เช่น ต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด ค่าขนส่งที่ต่ำที่สุด เป็นต้น และ ผลลัพธ์ที่ต้องการ (Value of)

ช่อง By Changing Variable Cells : เซลล์เหล่านี้เป็นเซลล์ที่เราสามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือปรับ เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของเซลล์เป้าหมายหรือ target cell ในข้อนี้เซลล์ที่เปลี่ยนแปลง หรือ changing cell จะเป็นราคาของผลิตภัณฑ์แต่ละตัว

ช่อง ภายใต้เงื่อนไขบังคับ (Subject to the Constraints) : คือข้อจำกัดของเซลล์ที่เปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น เราอาจต้องการจำกัดราคาสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ของเราให้อยู่ภายใน 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาของคู่แข่ง โดยเราสามารถเลือกจากตัวเลือกต่อไปนี้

10.2.1 Simplex LP engine ใช้เพื่อแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงเส้น ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมเชิงเส้นเป็นหนึ่งในเซลล์เป้าหมายและข้อจำกัดทั้งหมดสร้างโดยการเพิ่มเงื่อนไขในรูปแบบ (changing cell) * (constant) แต่แบบจำลองทางการตลาดส่วนใหญ่ไม่เป็นแบบเชิงเส้น

10.2.2 GRG Nonlinear engine ถูกใช้เพื่อแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงเส้น ซึ่งเซลล์เป้าหมายบางส่วนของข้อจำกัดไม่ได้เป็นแบบเชิงเส้น และคำนวณโดยใช้การดำเนินงานทางคณิตศาสตร์ทั่วไป เช่น การคูณหรือหารเซลล์ที่เปลี่ยนแปลง ยกเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงเป็นค่ากำลังการใช้เลขชี้กำลังหรือฟังก์ชัน trig ในการดำเนินการกับเซลล์ที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น GRG engine ประกอบด้วย ตัวเลือก Multistate ที่มีประสิทธิภาพซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถแก้ปัญหาได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

10.2.3 Evolutionary engine ใช้เมื่อเซลล์เป้าหมายและข้อจำกัดที่ประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ไม่เรียบง่าย ซึ่งอ้างอิงถึงเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น หากเซลล์เป้าหมายและหรือข้อจำกัดของเรามีฟังก์ชัน IF SUMIF COUNTIF SUMIFS COUNTIFS AVERAGEIF AVERAGEIFS ABS MAX หรือ MIN ที่อ้างอิงเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงแล้ว Evolutionary engine อาจมีช่วงที่ดีที่สุดในการหาคำตอบที่ดีสำหรับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

10.3 ช่องแสดงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

เลือก Cell ที่ต้องการเพื่อเป็นช่องที่แสดงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ที่ได้มาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะเลือกช่องใดในตารางก็ได้ แต่ที่สำคัญต้องสร้างสูตรการคำนวณตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของปัญหาให้แก่ช่องนั้นโดยคลิกเครื่องหมาย = บนแถบเครื่องมือ (Microsoft, 2562)

10.4 ช่องแสดงผล

ช่องแสดงค่าตัวแปรที่ต้องตัดสินใจโดยกำหนดช่องในตาราง Excel ให้ทำการแสดงผลตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง (Microsoft, 2562)

10.5 ข้อดีและข้อเสียของโปรแกรม Microsoft Excel

10.5.1 ข้อดีของโปรแกรม Microsoft Excel

- ไม่ต้องลงทุนจัดหาโปรแกรมอื่นเพิ่ม และไม่ต้องอบรมการใช้โปรแกรมใหม่

- Excel เป็นโปรแกรมใช้งานหลัก พนักงานสามารถทำงานทดแทนกันได้
- เรียนรู้ไม่ยาก สามารถสนองตอบต่อความต้องการเร่งด่วน
- ทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่าย
- สามารถแปลงข้อมูลเพื่อใช้กับโปรแกรม Database โดยไม่ต้องสร้างขึ้นใหม่

10.5.2 ข้อเสียของโปรแกรม Microsoft Excel

- ไม่สามารถใช้งานแบบ Multi Users
- ขนาดไฟล์ของ Excel (ไฟล์ที่มีนามสกุลไฟล์ .xls : XLS-file) ใหญ่กว่า file ข้อมูลของโปรแกรม Database เพราะ Excel มีโครงสร้าง file ที่ต้องเก็บรูปแบบ format และ ข้อกำหนดอื่น ๆ ไว้พร้อมกับข้อมูล
- หากฐานข้อมูลมีความซับซ้อนมากขึ้นหรือมีความต้องการข้อมูลหลายรูปแบบ จะต้องใช้ความชำนาญขั้นสูงในการออกแบบฐานข้อมูลและสร้าง Dialog (ภานุวัฒน์ พิมศร, 2561)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นงานวิจัยบนฐานข้อมูลงานวิจัยทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศ เช่น Google Scholar, ScienceDirect, และ Scopus เป็นต้น โดยใช้คำสำคัญ (Keywords) ได้แก่ การเลือกทำเลที่ตั้ง (Location Selection) ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) และแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Model) พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 42 บทความที่เกี่ยวข้อง เป็นงานวิจัยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ถึงปี พ.ศ. 2564 แสดงดังตารางที่ 3

ตาราง 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
2552	อนุรักษ์ สว่างวงค์ (2552)	การประยุกต์ใช้กระบวนการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบฟัซซี่ในการคัดเลือกพื้นที่จัดตั้งและระบบเชื่อมต่อของสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงใหม่แห่งที่ 3	เพื่อคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการจัดตั้งสถานีขนส่ง ผู้โดยสารจังหวัดเชียงใหม่แห่งที่ 3 และคัดเลือกระบบเชื่อมต่อ (รถโดยสารสาธารณะ) ที่เหมาะสม	Fuzzy AHP และ Fuzzy TOPSIS	พื้นที่ที่มีความเหมาะสม คือ กลุ่มพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ โดยหลักเกณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด คือ ความปลอดภัยจากอุบัติเหตุ และผลการคัดเลือกระบบเชื่อมต่อที่เหมาะสม คือ รถสี่ล้อสีแดง
2554	จิระเดช ดิษฐอำไพ, นิกร ศิริวงศ์ไพศาล, และเสกสรร สุธรรมานนท์ (2554)	การศึกษาตัวแบบการกระจายสินค้าในจังหวัดสุราษฎ์ธานี	เพื่อสร้างตัวแบบการกระจายสินค้าสำหรับบ่งชี้กลยุทธ์การพัฒนาการขนส่งเพื่อลดต้นทุนการขนส่งและ	การสำรวจอุปสงค์อุปทานของสินค้าสำคัญ 5 ชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์ยางพารา และผลิตภัณฑ์แร่ เป็นต้น โดยการเก็บข้อมูลจากหน่วยงานราชการ และ	ทราบเส้นทางและปริมาณการขนส่งสินค้าตั้งแต่แหล่งวัตถุดิบส่งต่อไปยังแหล่งอุตสาหกรรมแปรรูป กระทั่งถึงลูกค้าปลายทาง กลยุทธ์ประกอบด้วย (1) กลยุทธ์ด้านการกระจายวัตถุดิบ

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
			เพิ่มประสิทธิภาพการกระจายสินค้าในจังหวัดสุราษฎ์ธานี	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งในจังหวัดสุราษฎ์ธานี เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองการกระจายสินค้าในจังหวัดสุราษฎ์ธานี	จากแหล่งวัตถุดิบ (2) กลยุทธ์ด้านการพัฒนารูปแบบการขนส่งเพื่อลดต้นทุนของระบบ
2554	ดวงขวัญ รณฤทธิวิชัย (2554)	การวิเคราะห์หาจำนวนและที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์กระจายสินค้าผลิตภัณฑ์น้ำตาลด้วยวิธีออพติไมเซชัน	เพื่อศึกษาและทำการเปรียบเทียบสถานการณ์ (Scenarios) ต่างๆ ที่มีความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์ในการหาจำนวนและทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าผลิตภัณฑ์น้ำตาล	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	พบว่า Scenario การขนส่งทางตรงจากโรงงานไปยังลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ เป็นสถานการณ์ที่ใกล้เคียงและมีเงื่อนไขข้อจำกัดของโรงงานสอดคล้องกับความเป็นจริงของบริษัทกรณีศึกษามากที่สุด โดยมีค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 1,576,520,000 บาท และพบว่าศูนย์กระจายสินค้าภาคกลางมีกำลังความสามารถในการรองรับผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากมากที่สุด

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
2554	ธีระยุทธ แสนแก้ว (2554)	การศึกษาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของเหล็กรูปพรรณกลวงเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้	เพื่อลดต้นทุนค่าขนส่งสินค้า ลดระยะเวลาในการรอสินค้า	พัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ของการหาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมและทำการแก้ปัญหาโดยใช้ Microsoft Excel solver	พบว่า ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดคือ ที่ จังหวัดชุมพร ซึ่งมีค่าขนส่งต่ำที่สุด คือ 1.45-2.15 ล้านบาท ที่ปริมาณยอดขายสินค้าเหล็กในพื้นที่ 14 จังหวัด เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,500-3,000 ตันต่อปี
2554	รัฐพล ลิ้มสุขศรีกุล (2554)	การวิเคราะห์หาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องจักรกลการเกษตร	เพื่อวิเคราะห์ หาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม	โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ โดยใช้ Microsoft Excel solver	พบว่า การมีศูนย์กระจายสินค้า 3 แห่ง เพื่อกระจายสินค้าตาม เครือข่ายเดิมมีความเหมาะสมในเรื่องของต้นทุนระบบต่ำที่สุดเมื่อทำการออฟติไมซ์เซชั่น
2554	อุทัย มิตรช่วยรอด, พงศ์หรดาล, และสม	การศึกษาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายน้ำมันในภาคตะวันออกของ	เพื่อศึกษาทำเลที่ตั้งศูนย์การกระจายน้ำมันในภาคตะวันออกของ	ใช้การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายน้ำมันด้วยวิธีการหาศูนย์กลางของการขนส่ง (Center	พบว่า ศูนย์กระจายน้ำมันภาคตะวันออกที่เหมาะสมที่สุด คือ ศูนย์กระจายน้ำมันที่ตำบลหนองไผ่แก้ว

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
	เดช เฉยไสย (2554)	ประเทศไทย	ประเทศไทย	of Gravity Technique) และวิธีการหาระยะทางร่วมกับค่าขนส่ง (Load-Distance Technique)	อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี มีระยะทางรวมเท่ากับ 174,807.6 กิโลเมตร
2555	ธนวันต์ วงศ์พันธุ์เที่ยง (2555)	การศึกษาการเลือกที่ตั้งคลังสินค้าโดยใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์	เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เพื่อเลือกที่ตั้งคลังสินค้าของบริษัทผู้ให้บริการทางด้านโลจิสติกส์แห่งหนึ่ง	โดยประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ และโปรแกรมสำเร็จรูป Expert Choice	พบว่า ปัจจัยที่มีผลมากในการตัดสินใจเลือกที่ตั้งคลังสินค้า อันดับแรก คือ ต้นทุนค่าขนส่งที่มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักความสำคัญ 0.208 หรือ 20.8% ที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดในการเป็นที่ตั้งคลังสินค้าแห่งใหม่คือ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักความสำคัญอยู่ที่ 0.341 หรือ 34.1%
2555	พรเพิ่ม แซ่โง้ว (2555)	การวิเคราะห์ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของอุตสาหกรรมต้มกลั่นสุราขาว	1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบทางที่ตั้ง 2. เพื่อวิเคราะห์ขอบเขต	โดยประยุกต์ใช้วิธีการทางแผนที่ (Cartographic Method), การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการวิเคราะห์	พบว่า ที่ตั้งของอุตสาหกรรมต้มกลั่นสุราขาวมากที่สุด คือ จังหวัดกาญจนบุรี (17.47%) ส่วนจังหวัดที่มีอุตสาหกรรมต้มกลั่นสุราขาวน้อยที่สุด

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
		กรณีศึกษาจังหวัดราชบุรี	การจำหน่าย 3. เพื่อวิเคราะห์หาที่ตั้งศูนย์กลางกระจายสุราโดยการบูรณาการสถิติเชิงพื้นที่และระบบการสนับสนุนการตัดสินใจ กรณีศึกษาโรงงานสุราจังหวัดราชบุรี (บริษัทหลักชัยค้าสุรา จำกัด)	โครงข่าย (Network Analysis) และเครื่องมือที่ใช้ในการหาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า คือ การประยุกต์ใช้ GIS ร่วมกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Multi-Criteria Decision Making: MCDM)	คือ จังหวัดนครราชสีมา (2.99%) ขอบเขตการจำหน่ายของศูนย์กระจายสุราประจำจังหวัด พบว่า ศูนย์กระจายที่มีขอบเขตการจำหน่ายสุราขาวที่สุด คือ จังหวัดราชบุรี สำหรับการวิเคราะห์หาที่ตั้งศูนย์กลางกระจายสุราโดยบูรณาการสถิติเชิงพื้นที่และระบบการสนับสนุนการตัดสินใจนั้น พบว่า พื้นที่ที่เหมาะสม อยู่บริเวณตำบลหัวสะพานอำเภอเมืองเพชรบุรี (22.96 ตารางกิโลเมตร)
2555	สิริกานต์ จันทร์ศิริ (2555)	การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายอุปกรณ์	เพื่อนำเสนอแนวคิดในการวิเคราะห์หาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจาย เพื่อให้ต้นทุนในการดำเนินการต่ำที่สุด	พัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ของการหาที่ตั้งศูนย์กระจายที่เหมาะสมและทำการแก้ปัญหาโดยใช้ Microsoft Excel solver	พบว่า ผลที่ได้เลือกที่ตั้งศูนย์กระจายในภูมิภาคเพิ่มเติมจากศูนย์กรุงเทพมหานคร อยู่ที่พิษณุโลก มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเท่ากับ 460,464 บาท เป็นพื้นที่ที่เกิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่ต่ำที่สุด

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
2556	จักรพรรดิ์ เชื้อนิล และ บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน (2556)	ตัวแบบโดยรวมในการเลือกตำแหน่งที่ตั้ง การกระจายสินค้า และการลงทุนในศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่	เพื่อหาแผนการลงทุนที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุนรวมต่ำที่สุดที่จะทำให้ได้ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมด้วย	พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีวัตถุประสงค์เดียว	พบว่า องค์ประกอบในการตัดสินใจสำหรับโรงงานกรณีศึกษาที่ระดับบริการลูกค้า 90% มีความเหมาะสมที่สุดโดยต้องลงทุน 23.44 ล้านบาทในการสร้างศูนย์กระจายสินค้า 2 แห่ง
2556	จุฑามาศ อินทร์แก้ว (2556)	การวิเคราะห์ปัจจัยการเลือกทำเลที่ตั้งสาขา กรณีศึกษา หจก. เอสเอส ค้าไม้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี	1. เพื่อศึกษาปัจจัยการเลือกทำเลที่ตั้งและเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม 2. เพื่อให้ทราบถึงทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมในการตั้งบริษัท และเพื่อประมาณผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับ	โดยประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process : AHP)	พบว่า ผู้ตัดสินใจให้ความสำคัญกับปัจจัยต้นทุนเป็นอันดับแรก เมื่อพิจารณาแล้ว พบว่า อำเภอพุนพิน ควรเป็นตำแหน่งที่ตั้งแห่งใหม่ จากนั้นได้ทำการคำนวณงบประมาณการลงทุนเป็นเวลา 10 ปี มีอัตราผลตอบแทน (IRR) เท่ากับ 19.4% และมีระยะคืนทุนที่ 7 ปี 11 เดือน
2556	ทิพวัลย์ ตันกสิกิจ (2556)	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาที่ตั้งศูนย์กระจาย	เพื่อออกแบบเครือข่ายโลจิสติกส์สำหรับการขนส่ง เพื่อ	โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เอ็กเซลโซลเวอร์ (Excel Solver)	พบว่า ศูนย์กระจายสินค้าเชียงราย มีต้นทุนอยู่ที่ 636,706 บาท สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ศูนย์

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
		สินค้าที่เหมาะสม กรณีศึกษาโรงงานจานดาวเทียม	วิเคราะห์หาที่ตั้งและจำนวนของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม และเพื่อลดต้นทุนที่เกิดขึ้นลง		กระจายสินค้านครพนม และยโสธร มีต้นทุนอยู่ที่ 549,580 และ 614,580 บาท ภาคใต้ ศูนย์กระจายสินค้านครศรีธรรมราช และสงขลา มีต้นทุนอยู่ที่ 589,000 และ 554,600 บาท และศูนย์กระจายสินค้าพิษณุโลก ชลบุรี และตาก มีต้นทุนอยู่ที่ 459,900 และ 578,000 และ 620,000 บาท
2556	สุชาติ ประกอบ (2556)	การศึกษาการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมในเขตพื้นที่ภาคเหนือ กรณีศึกษาบริษัทอุตสาหกรรมขนมอบกรอบประเภทแคร็กเกอร์และบิสกิต	เพื่อเลือกหาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมในเขตพื้นที่ภาคเหนือ กรณีศึกษาอุตสาหกรรมขนมอบกรอบประเภทแคร็กเกอร์และบิสกิต	การคำนวณหาอัตราค่าขนส่งจากโรงงานผู้ผลิตไปยังศูนย์กระจายสินค้าต่าง ๆ ทางภาคเหนือ คำนวณหาอัตราค่าขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังผู้บริโภค และคำนวณต้นทุนในการเช่าพื้นที่	พบว่า จังหวัดที่เหมาะสมเป็นที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดลำปาง มีต้นทุนในการกระจายสินค้า คือ 4,582,686 บาท และมีต้นทุนในการเช่าพื้นที่เป็นจำนวน คือ 780,000 บาท ดังนั้นเมื่อรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดจะมีต้นทุนรวมอยู่ที่ 5,871,057.10 บาท

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
2557	กิตติพงษ์ รักษ์เจริญ (2557)	การศึกษาระบบการขนส่งและเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า กรณีศึกษาธุรกิจรับจัดการขนส่งสินค้าของธุรกิจค้าปลีก	เพื่อทำการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทผู้ให้บริการด้าน Logistics	ประยุกต์ใช้การใช้โปรแกรม LOGWARE ในการเลือกทำเลที่ตั้ง	พบว่า 1) ค่าละติจูดที่ 9.02 และค่าลองติจูดที่ 99.17 บริเวณอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี 2) ค่าละติจูดที่ 8.08 และค่าลองติจูดที่ 99.62 บริเวณอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 3) ค่าละติจูดที่ 7.00 และค่าลองติจูดที่ 100.49 บริเวณอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
2557	ยุพิน วงษ์วิลาศ (2557)	การวิเคราะห์ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า กรณีศึกษาธุรกิจบริการจัดส่ง และกระจายสินค้าอุปโภคบริโภค	เพื่อศึกษาทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าอุปโภคบริโภคภายในเขตพื้นที่ภาคใต้	ประยุกต์ใช้เทคนิคการหาจุดศูนย์กลาง (Center of Gravity) และเทคนิคการหาภาระระยะทางการขนส่ง (Load-Distance)	พบว่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นจังหวัดที่เหมาะสมที่สุดในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า โดยมีค่าขนส่งรวมเท่ากับ 301,083 บาทต่อวัน ประหยัดค่าขนส่งได้ร้อยละ 31
2559	กฤติกร กระแสทิพย์ และชนะเยี่ยงกมลสิงห์	การพัฒนาโปรแกรมกึ่งสำเร็จรูป เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์	เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสถานที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า	โดยประยุกต์ใช้โดยแกรม Excel Solver ในการหาเครือข่ายโลจิสติกส์สำหรับการขนส่งขาออก	พบว่า หากบริษัทกรณีศึกษาเลือกตัดสินใจเพิ่มศูนย์กระจายสินค้าในแต่ละภาค โดยใช้ผลลัพธ์จากการ

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
	(2559)	กระจายสินค้า และรูปแบบการกระจายสินค้าที่เหมาะสม กรณีศึกษา โรงงาน ABC	และรูปแบบการกระจายสินค้าที่เหมาะสม	และประยุกต์ใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น เทคนิคการหาศูนย์กลางการขนส่ง (center of gravity technique) และเทคนิคลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง (Linear Programming technique)	ประมวลผลผ่านโปรแกรม จะทำให้บริษัทประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 993,540 บาทต่อปีหรือ 24.85%
2559	ณภัทร ศรีนวล, อดุลย์ นงภา, สิทธิโชค สินรัตน์, แววมยุรา คำสุข, และพิมสหรา ยาคล้าย (2559)	การเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้า	1. เพื่อศึกษาปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้า 2. เพื่อนำเสนอตัวแบบที่ใช้ในการคัดเลือก 3. เพื่อเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้ง	ใช้เทคนิควิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process)	พบว่า ปัจจัยด้านกฎระเบียบมีความสำคัญมากที่สุด (ร้อยละ 32) และปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยที่สุดคือ ปัจจัยสภาพแวดล้อม (ร้อยละ 8) สำหรับปัจจัยรองที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ ปัจจัยรองด้านมาตรฐานอุตสาหกรรมมากที่สุด (ร้อยละ 31.80)
2560	ขจรศักดิ์ ไชยวงค์ (2560)	แนวทางการเลือกทำเลที่ตั้งสาขาของศูนย์การค้าระดับ	เพื่อศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการเลือกทำเลที่ตั้ง รวมถึงพฤติกรรมการ	สัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนในการพิจารณาตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้งสาขาของศูนย์การค้าระดับ	พบว่า ปัจจัยด้านทำเลที่ตั้งมีผลต่อการเลือกซื้อสินค้าในศูนย์การค้าระดับมหสรรพสินค้าของผู้บริโภคอยู่ใน

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
		มหสรรพสินค้า	เลือกซื้อสินค้าและความสำคัญของปัจจัยด้านทำเลที่ตั้งที่มีผลต่อการเลือกซื้อสินค้าในศูนย์การค้ามหสรรพสินค้าของผู้บริโภค	มหสรรพสินค้า จำนวน 5 ราย และเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่ใช้บริการในศูนย์การค้ามหสรรพสินค้าจำนวน 400 รายด้วยแบบสอบถามออนไลน์ และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเชิงพรรณนา	ระดับมากที่สุด มี 3 ปัจจัย ได้แก่ ที่จอดรถเพียงพอ และสะดวก ความสะดวกในการเข้าถึง และทำเลที่ตั้งสามารถมองเห็นได้ง่าย ตามลำดับ
2560	จารุพงษ์ บรรเทา, พงษศักดิ์ นาใจคง, ธัญชนก งามสมโภชน์, เสาวลักษณ์ อาจใจ, และณัฐิญา วงละคร (2560)	การกำหนดที่ตั้งคลังวัคซีน กรณีศึกษาโรงพยาบาลในเขตจังหวัดนครราชสีมา	เพื่อกำหนดตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับที่ตั้งคลังวัคซีนโรงพยาบาลชุมชนที่เหมาะสมในเขตกลุ่มจังหวัดนครชัยบุรินทร์ ให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการกำหนดทำเลที่ตั้งของคลังวัคซีนระดับภูมิภาคแต่ละแห่ง และค่าใช้จ่ายในการขนส่ง	พบว่า จำนวนคลังวัคซีนระดับภูมิภาคที่เหมาะสมคือ 10 แห่ง และมีค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 413,773 บาทต่อปี
2560	ปรางประเสริฐ น้อยสังข์ และชุมพล มณฑาทิพย์	การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคในประเทศ	เพื่อคำนวณหาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคที่เหมาะสมที่สุด	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม และวิเคราะห์หาคำตอบ	พบว่า พื้นที่ที่ถูกเลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาค คือ จังหวัดชลบุรี นครราชสีมา สุราษฎร์ธานี และ

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
	กุล (2560)	ไทย	สำหรับแต่ละวัตถุประสงค์	ด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์และการใช้โปรแกรมเป้าหมาย	ลำปาง เนื่องจากส่งผลให้มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด
2561	สนธิกิจ ลิมปนาวาณิช (2561)	การวิเคราะห์ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าสำหรับโซนภาคใต้ กรณีศึกษาบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง	เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการจัดการคลังสินค้าเพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าโซนภาคใต้ โดยช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุด	พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับหาศูนย์กระจายสินค้า โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมเอ็กเซลโซลเวอร์ (Excel Solver)	พบว่า ศูนย์กระจายสินค้าที่ได้รับเลือกมี 2 แห่ง ได้แก่ จังหวัด สงขลา (หาดใหญ่) ซึ่งเป็นจังหวัดที่เป็น ศูนย์กระจายสินค้าเดิม และอีกหนึ่งแห่งคือ จังหวัด พัทลุง ดังนั้นต้นทุนรวมของการตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ จังหวัดสงขลา (หาดใหญ่) และ จังหวัดพัทลุงมีต้นทุนรวมที่ต่ำกว่าอยู่ 22,938 บาทต่อเดือน คิดเป็น 1.54%
2561	ธนกร วิวัฒนากรวงศ์ และวงศธร เอ๊ฟวา (2561)	การเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารและเครื่องดื่ม	เพื่อศึกษาและกำหนดตำแหน่งทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมสำหรับศูนย์กระจายสินค้าในเขตภาคเหนือของบริษัทกรณีศึกษา โดยให้มีค่า	การสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ในการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า ประมวลผลข้อมูลด้วย Excel Solver โดยเปรียบเทียบกับวิธีจุดศูนย์ถ่วง	พบว่า ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดเชียงใหม่ มีค่าขนส่งก่อนการวิจัยเท่ากับ 31,849,362.326 บาท และค่าขนส่งหลังการวิจัยเท่ากับ 30,369,969.33 บาท ซึ่งคิดเป็นค่าขนส่งลดลง 1,479,392.996 บาท

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
			ขนส่งต่ำที่สุด และเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งด้วยวิธีแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์กับวิธีจุดศูนย์ถ่วง		คิดเป็น 4.64%
2562	กิตติคุณ ค้าขาย และสราวุธ จันทร์สุวรรณ (2562)	การศึกษาเพื่อจัดตั้งศูนย์ไปรษณีย์เชื่อมโยงการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ กรณีศึกษาการขนส่งไปรษณียภัณฑ์ของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด	เพื่อขนส่งไปรษณียภัณฑ์ผ่านการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ เพื่อช่วยลดต้นทุน เพิ่มประสิทธิภาพการขนส่ง และความสามารถในการแข่งขันได้	การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนที่เหมาะสม	พบว่า ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สามารถวิเคราะห์เลือกรูปแบบการขนส่ง และปริมาณงานไปรษณีย์ที่ต้องขนส่ง โดยพบว่าที่ทำการไปรษณีย์จังหวัดเชียงใหม่มีความเหมาะสม เป็น Multimodal Hub สามารถประหยัดต้นทุนได้ร้อยละ 53.54 เมื่อเปรียบเทียบการขนส่งในปัจจุบัน
2563	พงศกร วังศิลา, วนินทร สุภาพ, และจักรกฤษ	การศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่	เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทาง	แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร	พบว่า ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่านักเรียนมีการพัฒนา ความคิด

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
	กลิ่นเอี่ยม (2563)	ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และผลของการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์		สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิด ละเอียดลออ ความอยากรู้อยากเห็น ความคิดริเริ่ม และจินตนาการ
2564	เกษศิรินทร์ ธีรธิติไชพา และ ศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ (2564)	แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมสำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งของ ศูนย์กระจายสินค้า บริษัทโลจิสติกส์	เพื่อแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9)	แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programing: MILP)	มีศูนย์กระจายสินค้า 2 แห่ง ได้แก่ ศูนย์พิษณุโลก และศูนย์ขอนแก่น ถูกเลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อจัดส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด คือ 961,759 บาท

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
2005	Balram Avittathur, Janat Shah, & Omprakash K. Gupta (2005)	Distribution center location modelling for differential sales tax structure	พัฒนาแบบจำลองเพื่อกำหนดสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า	การเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มแบบไม่เชิงเส้นแบบผสม (Non-linear Mixed-Integer Programming)	พบว่า จากการใช้ตัวอย่างตัวเลขผลของอัตรา Contraction Stress Test (CST) และความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อตำแหน่งศูนย์กระจายสินค้าที่ถูกศึกษา มีผลกระทบต่อข้อเสนอของรัฐบาลอินเดียที่จะเปลี่ยนจากระบบภาษีการขายปัจจุบันไปสู่ระบบภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) วิธีนี้จะช่วยลดความไร้ประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ของบริษัท
2007	Lixing Yang, Xiaoyu Ji, Ziyou Gao, & Keping Li (2007)	Logistics distribution centers location problem and algorithm under fuzzy environment	เพื่อให้ลดต้นทุนที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ของสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า	การเขียนโปรแกรมสำหรับปัญหาการออกแบบของรูปแบบการตรวจสอบอัลกอรึทึม และค้นหาขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Search algorithm) และอัลกอริทึมการจำลองแบบฟัซซี่ (Fuzzy simulation algorithm)	พบว่า แผนของศูนย์กระจายสินค้าทำให้มีประสิทธิภาพ และความทนทานมากขึ้น โดยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมแบบไฮบริดจ์ ซึ่งได้รับการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างตัวเลข

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
2008	Anthony Ross & Vaidyanathan Jayaraman (2008)	An evaluation of new heuristics for the location of cross-docks distribution centers in supply chain network design	เพื่อประเมินขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงพฤติกรรมแบบใหม่สำหรับตำแหน่งที่ตั้งของท่าเทียบเรือและศูนย์กระจายสินค้าในการออกแบบเครือข่ายซัพพลายเชน	ใช้ทฤษฎีฮิวริสติกส์ที่สร้างความเป็นไปได้ในระดับการออกแบบระบบการกระจายและการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing : SA)	ผลการวิจัย ได้เสนอการบูรณาการแบบจำลอง การหลอมแบบดั้งเดิมกับการค้นหาแบบทาบู สำหรับการออกแบบเครือข่ายซัพพลายเชนและปัญหาการเลือกตำแหน่ง
2011	Ming-Shin Kuo (2011)	Optimal location selection for an international distribution center by using a new hybrid method	เพื่อจัดโครงสร้างที่เหมาะสมและใช้การวิเคราะห์ตามลำดับชั้น AHP) หรือ กระบวนการเครือข่าย (ANP) เพื่อสร้างเกณฑ์การประเมิน	ใช้วิธีไฮบริดจ์แบบใหม่ (Hybrid method) ที่รวมแนวคิดของ DEMATEL แบบ fuzzy และวิธีการแบบใหม่ของการตัดสินใจแบบหลายเงื่อนไขแบบ fuzzy (Multiple Criteria Decision-making: MCDM)	พบว่า เกณฑ์ต่าง ๆ สำหรับการประเมิน fuzzy โดยการเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ IDC ในเอเชียแปซิฟิก ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา คือ Multiple-criteria decision analysis (MCDM)

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
2012	Z.Naji-Azimi, J.Renaud, A.Ruiz, & M.Salari (2012)	A covering tour approach to the location of satellite distribution centers to supply humanitarian aid	เพื่อให้ความช่วยเหลือด้านมนุษยธรรมแก่ผู้ประสบภัยทั่วพื้นที่ภัยพิบัติ	โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหา Heuristic produces คุณภาพสูงและแก้ไขอินสแตนซ์ขนาดจริง (Solves real-size instances)	พบว่า ในสถานการณ์ที่เกิดภัยพิบัติประชาชนจะต้องไปที่ศูนย์กระจายสัญญาณดาวเทียม เพื่อรับสิ่งของเพื่อความอยู่รอด ซึ่งศูนย์กระจายเหล่านี้จะต้องอยู่ไม่ไกลจากบ้านของประชาชน เพื่อให้พวกเขาสามารถเดินได้ในระยะใกล้
2013	Yingfeng Ji, Hualong Yang, Yan Zhang, & Weixin Zhong (2013)	Location Optimization Model of Regional Express Distribution Center	เพื่อสร้างรูปแบบการเพิ่มประสิทธิภาพสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าด่วนในส่วนภูมิภาค	โดยใช้อัลกอริทึมการจัดกลุ่ม FCM (Fuzzy C) ในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพตำแหน่งศูนย์กระจายสินค้าด่วน ในภูมิภาค	พบว่า กระบวนการขนส่งด่วนจากการกระจายด่วนระดับ 1 ไปยังศูนย์กระจายสินค้าด่วนระดับ 2 จากนั้นก็ให้คะแนนปัญหาการจัดส่งแบบด่วนการเพิ่มประสิทธิภาพตำแหน่งตามเครือข่ายถนนจริง
2014	Esther Segura, Rafael Bernardo Carmona-	Dynamic location of distribution centres, a real case study	เพื่อศึกษาที่ตั้งแบบไดนามิก (Dynamic) ของศูนย์กระจายสินค้า	ประยุกต์ใช้อัลกอริทึมสายตาสั้น (The myopic algorithm) เป็นปัญหาแบบ P-median	พบว่า ในปัญหาที่ความต้องการมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อเวลาผ่านไปและต้นทุนการลงทุนเพื่อค้นหา DC นั้นอยู่ในระดับต่ำ DCs เป็นการ

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
	Benitez, & Angélica Lozano (2014)				ตัดสินใจเชิงกลยุทธ์หรือระยะยาว เนื่องจากการลงทุน จำเป็นสำหรับทั้งที่ตั้งหรือการย้ายถิ่นฐาน ค่าใช้จ่ายในการลงทุนมักจะมีขนาดใหญ่มากและต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวก ที่สามารถใช้งานได้ในระยะยาว
2015	Nona Onnela (2015)	Determining the Optimal Distribution Center Location	เพื่อกำหนดตำแหน่งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม และการตัดสินใจเกี่ยวกับสถานที่ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ของ บริษัท Kalmar ซึ่งเป็นบริษัทที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการจัดการขนส่งสินค้าระดับโลก	จากการสัมภาษณ์และการสังเกต รวมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณของการจัดส่งสินค้าจนถึงปลายทาง ทำการประเมินผลโดยการประยุกต์ใช้วิธีการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ AHP	พบว่า ระยะทางที่เหมาะสมจากศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วง ของ EDC ปัจจุบันก็อยู่ในประเทศเยอรมนี ซึ่งอีกหนึ่งแห่งอยู่ในเนเธอร์แลนด์ และอีกแห่งอยู่ในฝรั่งเศส ผู้ให้บริการในเยอรมนี ดังนั้นผลลัพธ์ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดของงานวิจัยนี้สำหรับกรณีศึกษาบริษัท Kalmar's EDC จะอยู่ที่Monchengladbach เป็นเมืองในรัฐนอร์ทไรน์-เว็สท์ฟาเลิน ของประเทศเยอรมนี

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
2016	Hafize Yilmaz & Özgür Kabak (2016)	A Multiple Objective Mathematical Program to Determine Locations of Disaster Response Distribution Centers	เพื่อลดระยะห่างระหว่างจุดอุปสงค์ ศูนย์กระจายสินค้าท้องถิ่นและคลังสินค้าหลัก และลดจำนวนศูนย์กระจายสินค้าท้องถิ่นและคลังสินค้าหลัก	รูปแบบการตัดสินใจหลายวัตถุประสงค์ โดยการเขียนโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ที่นำเสนอแบบจำลอง	พบว่า ผลลัพธ์ของการสร้างอินสแตนซ์ระบุว่า เวลาโซลูชันของโพรซีเดอร์โซลูชันเพิ่มขึ้นตามขนาดของปัญหา (จำนวนผู้สมัคร MDCs, LDCs points และ DPs) เพิ่มขึ้น ดังนั้นเราสามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนการแก้ปัญหานี้ไม่สามารถใช้งานได้จริง โดยสถานการณ์ที่ LDC ของผู้สมัครและคะแนนความต้องการเพิ่มเป็น 1,000
2016	Pornpimol Chaiwuttisak & et al. (2016)	Location of low-cost blood collection and distribution centers in Thailand	เพื่อขยายเครือข่ายศูนย์บริการโลหิต โดยใช้ศูนย์รวบรวมและจำหน่ายที่มีต้นทุนต่ำที่สุด	พัฒนารูปแบบการเขียนโปรแกรมเลขฐานสองแบบใหม่ตามวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงการจัดหาผลิตภัณฑ์ โดยใช้ข้อมูลที่มีความสำคัญในทางปฏิบัติต่อผู้มีอำนาจตัดสินใจ	พบว่า ปัญหาที่พบ คือ ปริมาณของเลือดที่เก็บรวบรวมในจังหวัดต่าง ๆ ของประเทศไทยไม่เพียงพอต่อความต้องการ ผลที่ได้ คือ สภากาชาดไทยควรดำเนินการขยายศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ เพื่อพัฒนา และแจกจ่ายโลหิตไปยังศูนย์บริการโลหิตส่วนภูมิภาคทั้ง 12 แห่งในจังหวัดต่าง ๆ

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
2016	Xin Tang, Fabien Lehuédé, & Olivier Péton (2016)	Location of distribution centers in a multi-period collaborative distribution network	เพื่อกำหนดสถานที่ที่เหมาะสมที่สุดของศูนย์กระจายสินค้าในภูมิภาคในเครือข่ายการกระจายความร่วมมือ	พัฒนาเป็นแบบจำลองปัญหาเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed-integer) และใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการจำหน่ายผลิตภัณฑ์พืชสวนในประเทศฝรั่งเศส	พบว่า ศูนย์บริการโลจิสติกส์ระดับกลางที่ หรือศูนย์กระจายสินค้าระดับภูมิภาค กำหนดลูกค้าให้กับโรงงาน ซึ่งระบบการกระจายสินค้านั้นรวมเส้นทางบรรทุกรถบรรทุกเต็ม (FTL) และการขนส่งน้อยกว่ารถบรรทุก (LTL) การใช้อัตราการขนส่งที่หลากหลายรวมถึงผลกระทบสูงของฤดูกาลนั้นแต่ละวันนั้นควรมีการประเมินจำนวนเส้นทาง FTL และค่าใช้จ่ายในการจัดส่ง LTL อย่างแม่นยำ
2017	Pawel Drodziel, Monika Winska, Radovan Madlenak, &	Optimization of the post logistics network and location of the local distribution	เพื่อลดต้นทุนการขนส่งพัสดุของไปรษณีย์ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนรวมของบริการไปรษณีย์ (Polish Post)	การสร้างทฤษฎีกราฟแบบจำลองเครือข่าย โดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของการแก้ไขปัญหาลักษณะ P-median	พบว่า จำเป็นต้องย้ายศูนย์กระจายสินค้าในท้องถิ่นจาก Radzyń PodlasNi ไปที่ตำแหน่งอื่น ๆ (Miċdzyrzec PodlasNi) ที่ตั้งใหม่ของศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่ เพื่อ

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
	Pawel Szumski (2017)	center in selected area of the Lublin province			ส่งผลให้ลดจำนวนรถไปรษณีย์ที่จำเป็นและในเวลาเดียวกัน และลดจำนวนกิโลเมตรที่ยานพาหนะสำหรับเดินทางในการขนส่งทางไปรษณีย์ และช่วยลดต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าฝากขาย
2018	Jian Zhao & et al. (2018)	Location selection of intra-city distribution hubs in the metro-integrated logistics system	เพื่อศึกษาความสามารถของระบบรถไฟใต้ดินในการขนส่ง เพื่อลดความแออัดของการจราจรที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถลดความล่าช้าในการจัดส่ง	ใช้เทคนิควิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process) ร่วมกับการประยุกต์ใช้เทคนิคแบบจำลอง TOPSIS	พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้ คือ การเลือกระบบรถไฟใต้ดินของเซี่ยงไฮ้เป็นกรณีศึกษาและจัดทำแผนกลยุทธ์สำหรับการเลือกสถานที่ตั้งของฮับ (Hub) การกระจายรถไฟใต้ดิน
2019	Giuseppe Musolino, Corrado	Planning urban distribution center location with	เพื่อสนับสนุนการวางแผนมาตรการโลจิสติกส์ของเมืองโดยใช้	การสร้างแบบจำลอง โดยใช้ประยุกต์ใช้ปัญหาการกำหนดเส้นทางของยานพาหนะ	พบว่า สำหรับการประเมินสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าในเมือง (UDC) เพื่อบรรลุเป้าหมายความยั่งยืน วิธีการ

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
	Rindone, Antonio Polimeni, & Antonino Vitetta (2019)	variable restocking demand scenarios: General methodology and testing in a medium-size town	การประเมินเชิงปริมาณที่สามารถดำเนินการโดยหน่วยงานสาธารณะเพื่อตรวจสอบความยั่งยืนของการปฏิบัติการโลจิสติกส์		รวมตัวบ่งชี้ที่มาจากนโยบายสาธารณะและความต้องการประสิทธิภาพของผู้ให้บริการและผู้ค้าปลีก
2019	Mahdi Alinaghian, Mohammad Aghaie, & Mohammad S. Sabbagh (2019)	A mathematical model for location of temporary relief centers and dynamic routing of aerial rescue vehicles	เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบใหม่สำหรับที่ตั้งของศูนย์บรรเทาทุกข์ชั่วคราวและเส้นทางแบบไดนามิกของยานกู้ภัยทางอากาศที่จำหน่ายวัสดุพื้นฐานในการปฏิบัติการบรรเทาทุกข์	ใช้เครื่องมือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) โดยใช้วิธีการ Hybrid Metaheuristic Algorithm	พบว่า ผลการพิจารณาความสำคัญของการดำเนินการปรับปรุงสภาพแวดล้อมหลังภัยพิบัติ เช่น ความต้องการที่ไม่แน่นอนสำหรับอุปกรณ์บรรเทาทุกข์ ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับผู้ที่ตกเป็นเหยื่อผลกระทบ และเครือข่ายถนนที่เสียหายในรูปแบบที่เสนอ และสิ่งของบรรเทาทุกข์จะถูกแจกจ่ายโดยยานพาหนะขนส่งทางอากาศ

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
2020	Alexandra Anderluh, Vera Hemmelmayr, & Dag Rüdiger (2020)	Analytic hierarchy process for city hub location selection- The Viennese case	เพื่อเพิ่มการขยายตัวของเมือง และเพิ่มปริมาณการขนส่งสินค้าในเมืองเวียนนา เพื่อช่วยลดความแออัดและมลพิษที่เกิดขึ้น ที่ส่งผลกระทบต่อประชากรในเมืองเวียนนา	ประยุกต์ใช้เครื่องมือที่ใช้สนับสนุนการตัดสินใจ คือ กระบวนการลำดับชั้นการวิเคราะห์ (AHP) สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้ง	พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการสอบถามผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งของศูนย์กลางเมือง โดยใช้เครื่องมือกระบวนการลำดับชั้นการวิเคราะห์ (AHP) ผลการสำรวจ แสดงให้เห็นว่า กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมด ให้ความสำคัญในเรื่องการบริหารเมืองด้านสิ่งแวดล้อมและสังคมเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด โดยมุ่งเน้นการลดการปล่อยมลพิษที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ ลดการใช้เสียง และควบคุมสภาพการปล่อยก๊าซเรือน โดยให้ค่าถ่วงน้ำหนักอยู่ที่ 65.4% ถึง 70.2%
2020	Peide Liu & Ying Li (2020)	Multiattribute decision method for comprehensive	เพื่ออธิบายข้อมูลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ รายงานนี้ใช้ข้อมูล 2 มิติ (2DL) เพื่อแสดงข้อมูล	โดยใช้วิธีการที่นำเสนอสร้าง Multiple attribute group decision making : MAGDM solution framework	พบว่า ได้เสนอกฎการดำเนินงานข้อมูล 2 มิติ (2DL) ที่ได้รับการปรับปรุงด้วยการวัดระยะทางใหม่ และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จากนั้นสร้างเฟรมเวิร์ก

ปี (Year)	ผู้แต่ง (Author)	ชื่องานวิจัย (Research Title)	วัตถุประสงค์ (Objective)	เครื่องมือที่ใช้ (Method)	ผลการวิจัย (Results)
		logistics distribution center location selection based on 2-dimensional linguistic information	การตั้งค่าของสินค้า และการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งไม่เพียงแสดงถึงข้อมูลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น แต่ยังรวมถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลการประเมินผล		เมทริกซ์ (MAGDM) ด้วยการทำคลัสเตอร์แบบอิงภาษาระดับสองมิติ โดยวิธีการวิเคราะห์และตัวดำเนินการ 2DLWPMSM ได้ใช้วิธี CLDCLS เพื่อแก้ปัญหาที่ใช้งานได้จริง นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความมีเหตุผล

ที่มา: ผู้วิจัย, 2564

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรม พบว่า ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical programming model) ที่นิยมนำมาใช้ส่วนใหญ่จะแบ่งออกเป็น 6 วิธี ได้แก่ วิธี Linear Programming โดยการใช้โปรแกรม Excel Solver ที่เป็นโปรแกรม Add-in ของ Microsoft Excel สามารถใช้เพื่อทำแก้ไขปัญหา เพื่อหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดที่เหมาะสม เป็นการวิเคราะห์แบบ What-If โดยใช้ Solver (ธีระยุทธ แสนแก้ว, 2554) (สิริกานต์ จันทร์ศิริ, 2555) (ทิพวัลย์ ตันกสิกิจ, 2556) (สนธิกิจ ลิมปนาวาณิช, 2561) (ธนกร วิวัฒนากรวงศ์ และวงศธร เอ๊ฟวา, 2561) และ (เกษศิรินทร์ ธีรธิติไชพา และศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ, 2564) วิธี Nonlinear Programming โดยการเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มแบบไม่เชิงเส้นแบบผสม (Non-linear Mixed-Integer Programming) (Blram Avittathur, et al., 2005) วิธี Integer Programming โดยสร้างแบบจำลองปัญหาเชิงจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer) (ปรางประเสริฐ น้อยสังข์ และชุมพร มณฑาทิพย์กุล, 2560) และ (Xin Tang, et al., 2016) วิธี Network Programming เป็นการหาค่าต่ำสุดหรือสูงสุด โดยเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปของเครือข่าย (พรเพิ่ม แซ่โง้ว, 2555) วิธี Dynamic Programming เป็นเทคนิคสำหรับแก้ปัญหาการตัดสินใจหลายชั้น โดยที่จะแบ่งปัญหาออกเป็นขั้น ๆ (Esther Segura, et al., 2014) และวิธีวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of Gravity Method) เป็นวิธีการที่ใช้เลือกศูนย์กลางของการกระจายสินค้า หรือโรงงานผลิตที่สามารถประหยัดต้นทุนค่าขนส่งรวมได้มากที่สุด โดยใช้การคำนวณหาที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แห่งเดียวตามระยะทางและน้ำหนักของสินค้าที่ต้องขนส่ง (อุทัย มิตรช่วยรอด และคณะ, 2554) และ (ยุพิน วงษ์วิลาศ, 2557) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงวิธีที่มีความเหมาะสมมากที่สุดในการแก้ไขปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา จึงเลือกวิธีการสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ โดยการใช้โปรแกรม Excel Solver ใน Microsoft Excel เพื่อช่วยในการค้นหาคำตอบ เนื่องจากเป็นโปรแกรมพื้นฐานที่สามารถใช้งานได้ง่าย และทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างแม่นยำ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

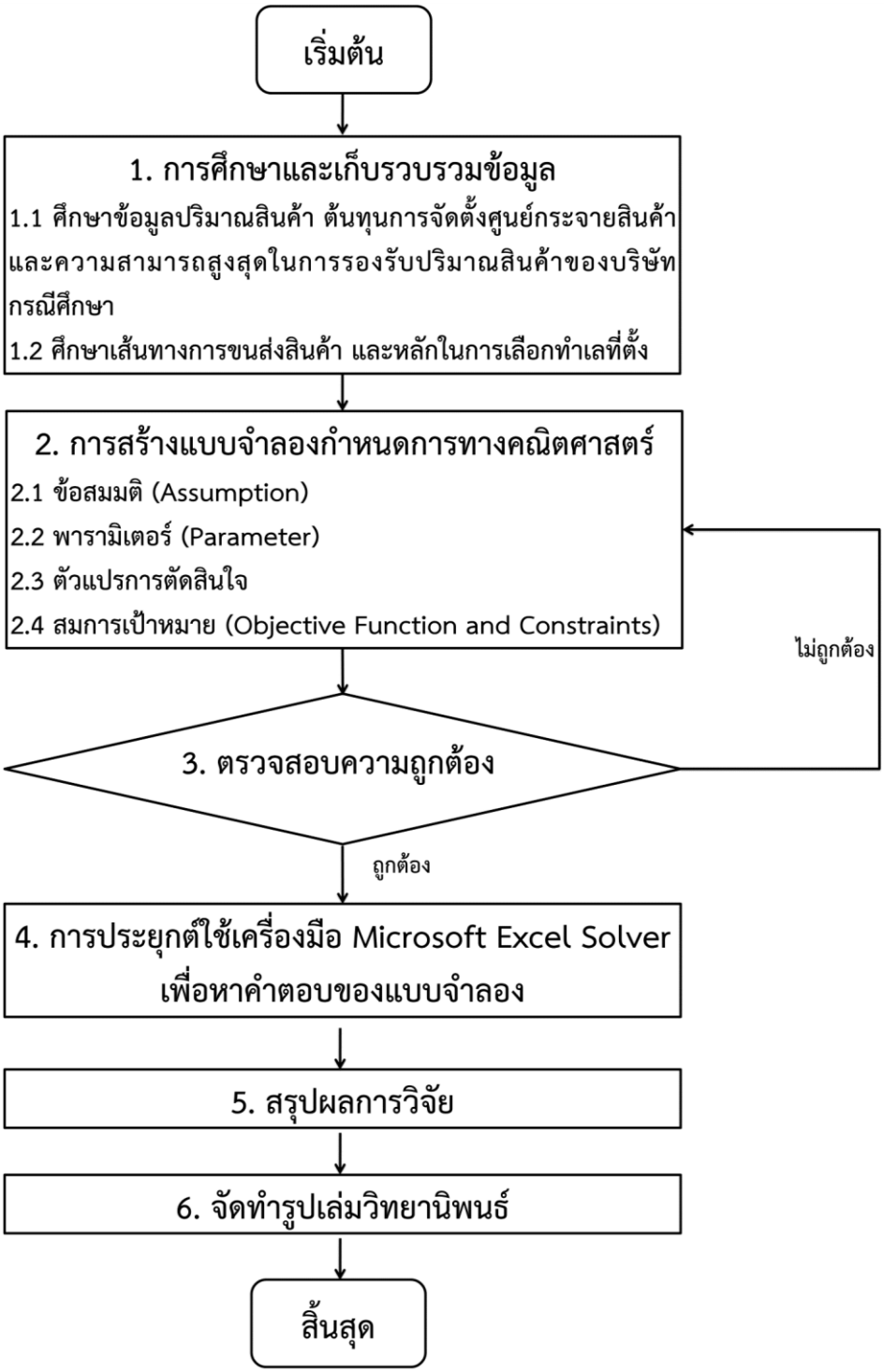
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

คอมพิวเตอร์พกพาสำหรับสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมของบริษัทกรณีศึกษา จำนวน 1 เครื่อง โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) Intel(R) Core(TM) i5-8300H CPU@ 2.30GHz
2. หน่วยความจำหลัก (RAM) 16.0 GB (15.8 GB usable)
3. หน่วยความจำสำรอง (Hard Disk) 1024 GB HDD
4. ระบบปฏิบัติการ (OS) Microsoft Windows 10 Home 64-bit Operating system
5. โปรแกรม Microsoft Excel Solver ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือสำหรับหาคำตอบของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Model) วิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อรองรับต่อการขนส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) และเสนอโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งพัสดุจากต้นทางประเทศไทยไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยจะเริ่มจากการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาทำการสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า ตรวจสอบและวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ หากไม่ถูกต้องจึงทำการปรับปรุงแก้ไข เมื่อแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ให้ผลคำตอบที่ไม่ละเมิดเงื่อนไขแล้ว จากนั้นจะทำการประยุกต์ใช้เครื่องมือ Microsoft Excel Solver เพื่อหาคำตอบของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม หลังจากนั้นจึงทำการสรุปผล และสุดท้ายจึงจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์ แสดงดังภาพที่ 17



ภาพ 17 วิธีการดำเนินการวิจัย

ที่มา: ผู้วิจัย, 2564

1. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เลือกใช้ฐานข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษาในปี พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้องที่ใช้ในการศึกษา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

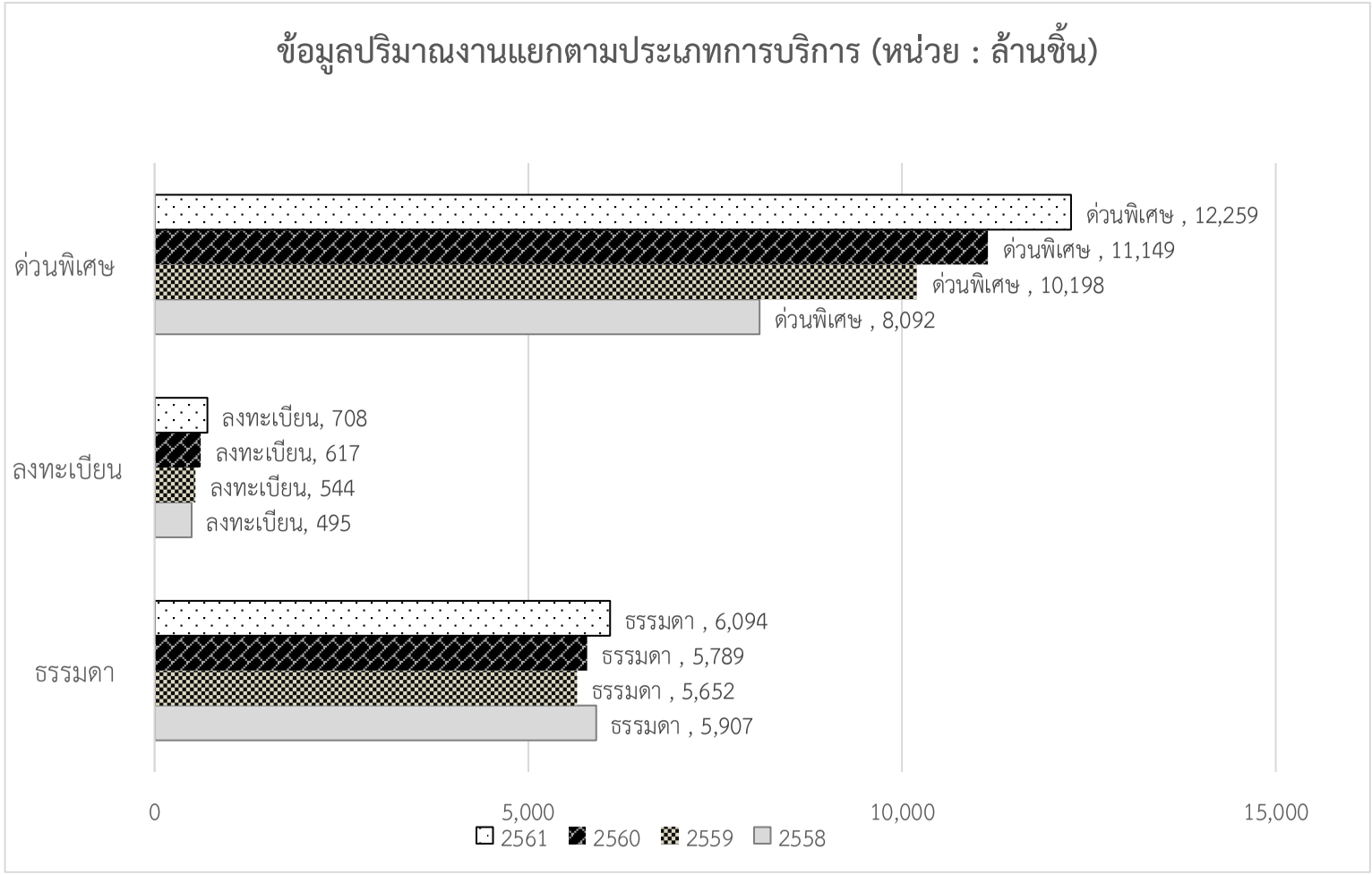
1.1 การศึกษาระบบจัดส่งสินค้าในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา

จากการศึกษากระบวนการจัดส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา พบว่า ลักษณะการให้บริการจัดส่งจดหมาย และพัสดุระหว่างประเทศของบริษัทกรณีศึกษาในปัจจุบัน มีการดำเนินการโดยรวบรวมจดหมายและพัสดุ เพื่อมาเก็บไว้ยังศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 19 แห่งตามจังหวัดที่รับผิดชอบ ซึ่งตั้งอยู่ใน 17 จังหวัดทั่วประเทศไทย ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ ชลบุรี ราชบุรี พระนครศรีอยุธยา ปราจีนบุรี แพร่ ลำพูน พิษณุโลก นครสวรรค์ อุดรธานี ขอนแก่น นครราชสีมา อุบลราชธานี สงขลา นครศรีธรรมราช และชุมพร หลังจากนั้นจดหมายและพัสดุจะถูกส่งต่อมายังศูนย์กระจายสินค้าสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ และจัดส่งจดหมายและพัสดุทั้งหมดโดยใช้วิธีการขนส่งทางอากาศโดยใช้เครื่องบินพาณิชย์ และร่วมมือกับบริษัทโลจิสติกส์ประเทศอื่น ๆ เพื่อให้บริการฝากส่งสิ่งของไปยังประเทศเพื่อนบ้านต่าง ๆ ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว แสดงดังภาพที่ 18

1.2 ข้อมูลปริมาณงาน พิจารณาแยกตามประเภทบริการ

จากการศึกษาปริมาณงานของบริษัทกรณีศึกษาในด้านการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ ที่มีปลายทางไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว พบว่า การขนส่งแบบธรรมดา ในปี พ.ศ. 2558 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 5,907,014,330 ชิ้น ปี พ.ศ. 2559 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 5,652,138,004 ชิ้น ปี พ.ศ. 2560 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 5,788,904,430 ชิ้น และในปี พ.ศ. 2561 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 6,094,495,939 ชิ้น การขนส่งแบบลงทะเบียน ในปี พ.ศ. 2558 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 494,645,779 ชิ้น ปี พ.ศ. 2559 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 543,812,668 ชิ้น ปี พ.ศ. 2560 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 617,150,756 ชิ้น และในปี พ.ศ. 2561 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 707,640,433 ชิ้น และการขนส่งแบบด่วนพิเศษ ในปี พ.ศ. 2558 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 8,091,855,645 ชิ้น ปี พ.ศ. 2559 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 10,197,960,048 ชิ้น ปี พ.ศ. 2560 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 11,148,690,510 ชิ้น และในปี พ.ศ. 2561 มียอดรวมการขนส่งพัสดุอยู่ที่ 12,259,001,408 ชิ้น แสดงดังภาพที่ 19

ภาพ 18 ลักษณะการขนส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้านของบริษัทกรณีศึกษา

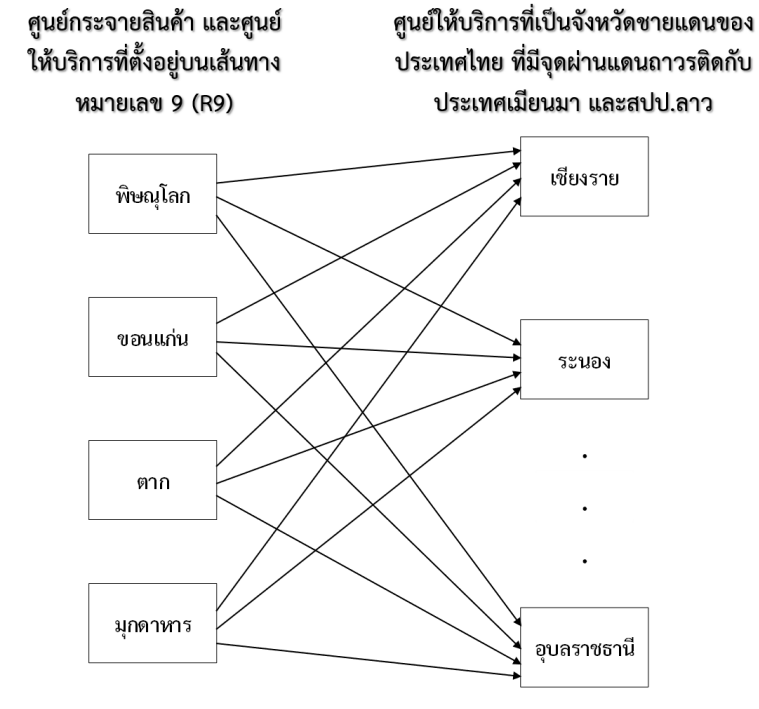


ภาพ 19 ปริมาณงานแยกตามประเภทการบริการ ของบริษัทกรณีศึกษา

1.3 ข้อมูลขอบเขตการศึกษาแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์

ซึ่งจากขอบเขตการศึกษา เมื่อพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 พบว่า มีอยู่ทั้งหมด 4 แห่ง แสดงดังภาพที่ 20 แบ่งออกเป็นศูนย์กระจายสินค้า 2 แห่ง ได้แก่ ศูนย์จังหวัดพิษณุโลก และศูนย์จังหวัดขอนแก่น และศูนย์ให้บริการ 2 แห่ง ได้แก่ ศูนย์จังหวัดตาก และศูนย์จังหวัดมุกดาหาร ซึ่งศูนย์กระจายสินค้า (ศูนย์จังหวัดพิษณุโลก และศูนย์จังหวัดขอนแก่น) สามารถถูกจัดตั้งให้เป็นศูนย์เพื่อจัดส่งสินค้าไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว ได้เลย โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการพัฒนาปรับปรุงศูนย์ แต่สำหรับศูนย์ให้บริการ (ศูนย์จังหวัดตาก และศูนย์จังหวัดมุกดาหาร) หากจะพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อจัดส่งสินค้าไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการพัฒนา และปรับปรุงศูนย์ ซึ่งแผนภาพการกระจายสินค้าจากแต่ละศูนย์ฯที่อยู่บนเส้นทาง R9 ไปยังศูนย์ให้บริการที่อยู่ตามจังหวัดของประเทศไทยที่มีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว แสดงดังภาพที่ 21 ประกอบด้วย ศูนย์จังหวัดเชียงราย ระนอง ตาก พะเยา น่าน อุตรดิตถ์ เลย หนองคาย มุกดาหาร บึงกาฬ นครพนม และอุบลราชธานี

ภาพ 20 ศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษาที่อยู่บนเส้นทางหมายเลข 9



ภาพ 21 เส้นทางการกระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นไปได้

1.4 ข้อมูลตัวแปรทราบค่าที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลอง

ข้อมูลที่ใช้สำหรับทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ ประกอบด้วย ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว แสดงดังตารางที่ 4 เมื่อนำผลคูณของระยะทางในการขนส่งสินค้ากับโครงสร้างต้นทุนการขนส่งมาคำนวณ จะทำให้ทราบถึงต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว แสดงดังตารางที่ 5 ค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณการขนส่งสินค้า ไปยังประเทศเพื่อนบ้านทั้งเมียนมา และ สปป.ลาว มีค่าเท่ากับ 0.5 สำหรับการคำนวณหาต้นทุนการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกสี่ล้อ กรณีรถใช้น้ำมันดีเซล สามารถแสดงโครงสร้างต้นทุน ดังตารางที่ 6 ส่วนข้อมูลด้านปริมาณสินค้าของศูนย์ให้บริการ ที่ต้องการจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว แสดงดังตารางที่ 7 และข้อมูลด้านต้นทุนในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าและปริมาณความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณสินค้าของศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 แสดงดังตารางที่ 8

ตาราง 4 ระยะทางจากต้นทางไปยังปลายทาง

ศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา	ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทาง R9 ศูนย์ที่ *i* ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ *j* (หน่วย : กิโลเมตร)											
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลฯ
พิษณุโลก	413	945	138	319	295	118	269	485	562	515	617	601
ขอนแก่น	732	1017	457	638	614	437	206	166	243	364	298	282
ตาก	398	994	68	304	362	179	407	623	700	692	755	739
มุกดาหาร	975	1210	700	881	858	680	437	329	8	312	104	320

ตาราง 5 ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทาง

ศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา	ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ *i* ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ *j* (หน่วย : บาท)											
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลฯ
พิษณุโลก	3,399	7,777	1,136	2,625	2,428	971	2,214	3,992	4,625	4,238	5,078	4,946
ขอนแก่น	6,024	8,370	3,761	5,251	5,053	3,597	1,695	1,366	2,000	2,996	2,453	2,321
ตาก	3,276	8,181	560	2,502	2,979	1,473	3,350	5,127	5,761	5,695	6,214	6,082
มุกดาหาร	8,024	9,958	5,761	7,251	7,061	5,596	3,597	2,708	66	2,568	856	2,634

ตาราง 6 โครงสร้างต้นทุนค่าขนส่งต่อกิโลเมตร กรณีรถบรรทุก 4 ล้อใช้น้ำมันดีเซล

ลำดับที่	รายการ	ต้นทุนค่าขนส่งของรถบรรทุก (หน่วย : บาทต่อกิโลเมตร)
1	ค่ารถและเครื่องมือ	0.88
2	ค่าทะเบียน	0.02
3	ค่าตรวจสภาพรถ	0.01
4	ค่าประกันภัย	0.22
5	ค่าพนักงานขับรถและผู้ช่วย	3.41
6	ค่าเชื้อเพลิง	2.33
7	ค่ายาง	0.14
8	ค่าน้ำมันหล่อลื่น	0.15
9	ค่าซ่อมบำรุงและบำรุงรักษา	0.49
10	ค่าผ่านด่านข้ามแดน	0.07
11	ค่าใช้จ่ายไม่มีใบเสร็จ	0.10
12	ค่าใช้จ่ายสำนักงาน	0.41
	ต้นทุนการขนส่งรวม (บาท/กม.)	**8.23**

หมายเหตุ: ข้อมูลต้นทุนรถบรรทุก 4 ล้อ กรณีที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล

ที่มา: กรมการขนส่งทางบก โครงการศึกษาต้นทุนการขนส่งและกระจายสินค้าเพื่อรองรับการพัฒนาสถานีขนส่งสินค้าทั่วประเทศ, 2559

ตาราง 7 ปริมาณสินค้าที่ต้องการจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้านของศูนย์ให้บริการ

จังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวร	ปริมาณความต้องการขนส่งสินค้า (หน่วย : ชิ้น)
เชียงราย	320,000
ระนอง	120,000
ตาก	150,000
พะเยา	85,000
น่าน	18,000
อุตรดิตถ์	11,000
เลย	78,000
หนองคาย	130,000
มุกดาหาร	190,000
บึงกาฬ	200,000
นครพนม	50,000
อุบลราชธานี	400,000

ตาราง 8 ต้นทุนการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า และความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณสินค้า

ศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา (i) (หน่วย : จังหวัด)	ต้นทุนในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า (f_i) (หน่วย : บาท)	ความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณสินค้าของศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 (CP_i) (หน่วย : ชิ้น)
พิษณุโลก	0	4,000,000
ขอนแก่น	0	5,500,000
ตาก	1,000,000	1,420,000
มุกดาหาร	1,200,000	1,850,000

ที่มา: ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา

2. การสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์

ทำการสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Model) เพื่อทำการหาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษา รองรับต่อการขนส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยให้ต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนในการตั้งศูนย์กระจายสินค้าและต้นทุนในการขนส่งสินค้า สำหรับองค์ประกอบของตัวแบบกำหนดการทางคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variables) เป็นตัวแปรตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า เพื่อส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้าน โดยกำหนดให้มีค่าเป็น 1 หากถูกเลือกให้จัดตั้งเป็นศูนย์กระจายสินค้า เพื่อส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อไม่เลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้า

2.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) เป็นการวางเป้าประสงค์ที่ให้เกิดต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนในการตั้งศูนย์กระจายสินค้าและต้นทุนในการขนส่งสินค้า

2.3 เงื่อนไขบังคับ (Constraints) เป็นเงื่อนไขที่เกิดจากข้อจำกัดในการเลือกศูนย์กระจายสินค้า ได้แก่

2.3.1 ปริมาณสินค้าต่อรอบการขนส่งที่ถูกจัดส่งจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 มีค่าปริมาณสินค้าขนส่งได้สูงสุดต่อรอบเท่ากับ 5,000 ชิ้นต่อรอบ

2.3.2 ปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้านทั้งเมียนมา และ สปป.ลาว ต้องมีการถ่วงน้ำหนักไม่เกินความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณสินค้าของศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9

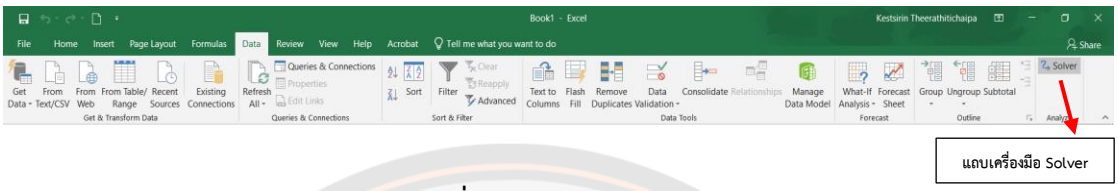
2.3.3 ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว จะเท่ากับต้นทุนรวมในการขนส่งสินค้าโดยคิดตามระยะทางเท่านั้น

3. การตรวจสอบความถูกต้อง

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบไม่ให้มีการละเมิดข้อจำกัดที่กำหนดไว้ หากพบว่าแบบจำลองไม่ถูกต้องหรือมีการละเมิดข้อจำกัดจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

4. การประยุกต์ใช้เครื่องมือ Microsoft Excel Solver เพื่อหาคำตอบของแบบจำลอง

เมื่อทำการตรวจสอบแบบจำลองว่ามีความถูกต้องเรียบร้อยแล้ว จากนั้นคือ ขั้นตอนของการค้นหาคำตอบของแบบจำลอง โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือ Microsoft Excel Solver เพื่อค้นหาคำตอบของแบบจำลอง แสดงดังภาพที่ 22



ภาพ 22 แถบเครื่องมือ Microsoft Excel Solver

ที่มา: ผู้วิจัย, 2564

5. สรุปผลการวิจัย

ขั้นตอนของการนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมาสรุปผล พร้อมทั้งแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งพัสดุจากต้นทางประเทศไทยไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 และจัดทำข้อเสนอแนะให้กับบริษัทกรณีศึกษา

6. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

เมื่อได้ผลสรุปการวิจัยแล้ว จึงจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ เพื่อนำเสนอการสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ สำหรับช่วยในการตัดสินใจเลือกตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อรองรับต่อการขนส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ที่มีต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลการศึกษาต้นทุนการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์บริษัทกรณีศึกษา พบว่า สำหรับต้นทุนในการขนส่งสินค้าทางอากาศ โดยใช้เครื่องบินพาณิชย์ของบริษัทกรณีศึกษาเพื่อจัดส่งสินค้า ทั้งจดหมายและพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว มีต้นทุนการขนส่ง แสดงดังตารางที่ 9 ซึ่งประกอบด้วย ค่าบริการพัสดุไปรษณีย์ระหว่างประเทศทางอากาศ (International Air Parcel Rates) มีหน่วยเป็นบาทต่อกิโลกรัม และปริมาณความต้องการในการขนส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้าน มีหน่วยเป็นชิ้น

ตาราง 9 ต้นทุนการขนส่งทางอากาศของบริษัทกรณีศึกษา

ประเทศเพื่อนบ้าน	อัตราค่าบริการพัสดุไปรษณีย์ระหว่างประเทศทางอากาศ (International Air Parcel Rates) ต้นทุนเฉลี่ยต่อ 1 กิโลกรัม (หน่วย : บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณความต้องการในการขนส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้าน (ชิ้น)	ผลคำนวณต้นทุนการขนส่งทางอากาศ (บาท)
เมียนมา (Myanmar)	500	590,000	295,000,000
สปป.ลาว (Lao)	800	1,162,000	929,600,000
รวมต้นทุนการขนส่งทางอากาศ			**1,224,600,000**

ที่มา: ข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษา

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า ต้นทุนการขนส่งทางอากาศจดหมาย และพัสดุระหว่างประเทศ คิดต้นทุนเฉลี่ยต่อ 1 กิโลกรัม เป็นข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา จากประเทศไทยไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ประกอบด้วย เมียนมา และ สปป.ลาว มีผลคำนวณต้นทุนการขนส่งทางอากาศเท่ากับ 1,224,600,000 บาท

ผลการสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์

สำหรับการสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อรองรับต่อการขนส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) บริษัทกรณีศึกษามีศูนย์ที่มีอยู่เดิมซึ่งตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) มีอยู่ทั้งหมด 4 แห่ง ประกอบด้วย ศูนย์กระจายสินค้า 2 แห่ง ได้แก่ ศูนย์จังหวัดพิษณุโลกและศูนย์จังหวัดขอนแก่น และศูนย์ให้บริการ 2 แห่ง ได้แก่ ศูนย์จังหวัดตากและศูนย์จังหวัดมุกดาหาร ซึ่งศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา มีหน้าที่ในการจัดเก็บ รวบรวม คัดแยก เพื่อขนส่งสินค้าไปยังแต่ละจังหวัดที่รับผิดชอบ ส่วนศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา มีทำหน้าที่ในการรับและฝากส่งสินค้า เพื่อให้บริการแก่ลูกค้าในแต่ละจังหวัด สำหรับการแบ่งเกณฑ์การสร้างแบบจำลองผู้วิจัยได้กำหนดออกเป็น 3 กรณี แสดงดังตารางที่ 10

ตาราง 10 ประเด็นที่ถูกพิจารณาในแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์แบ่งตามกรณี

กรณีที่	ศูนย์กระจายสินค้าที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9)	ศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9)
1	✓	-
2	-	✓
3	✓	✓

จากตารางที่ 10 ประกอบด้วย กรณีที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) กล่าวคือ เป็นการสร้างแบบจำลองที่พิจารณาเฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) กรณีที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์ให้บริการบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) กล่าวคือ เป็นการสร้าง

แบบจำลองที่พิจารณาเฉพาะศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ซึ่งอาจจะถูกจัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่ของบริษัทกรณีศึกษา และกรณีที่ 3 เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) กล่าวคือ เป็นการสร้างแบบจำลองที่พิจารณาศูนย์ทั้งหมดที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9)

สำหรับรายละเอียดของตัวแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย ข้อสมมติ ดัชนี ตัวแปรทราบค่า ตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และเงื่อนไขบังคับ แสดงดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ กรณีที่ 1

เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ซึ่งการสร้างแบบจำลองจะพิจารณาเฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) แบบจำลองในกรณีที่ 1 มีการกำหนดตัวแปรดัชนี จำนวน 3 ตัวแปร, ตัวแปรทราบค่า จำนวน 11 ตัวแปร, ตัวแปรตัดสินใจ จำนวน 2 ตัวแปร, ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด (Minimum Total Cost) และมีการกำหนดเงื่อนไขข้อบังคับ จำนวน 2 สมการ 1 อสมการ และ 2 ข้อกำหนด เพื่อกำหนดตัวแปรของแบบจำลอง

ข้อสมมติ (Assumptions)

ข้อสมมติสำหรับการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อการเลือกตำแหน่งทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 เพื่อจัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าสำหรับการส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้าน มีรายละเอียดดังนี้

1. การขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาสามารถขนส่งได้เต็มตามความจุของรถบรรทุก จำนวน 5,000 ชิ้นต่อการขนส่งในแต่ละรอบ
2. รถบรรทุกสามารถรับน้ำหนักการบรรทุกสินค้าในแต่ละรอบ ได้ไม่เกิน 1,200 กิโลกรัม
3. จำนวนรอบการขนส่งสินค้าของรถบรรทุก สามารถวิ่งได้สูงสุดไม่มีจำกัด
4. ความเร็วในการขับรถบรรทุก สามารถวิ่งได้ไม่เกิน 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
5. การขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาดำเนินการด้วยรถบรรทุกสี่ล้อ เครื่องยนต์ดีเซลเท่านั้น
6. ปริมาณความต้องการในการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาสามารถรู้ล่วงหน้าได้และมีปริมาณที่แน่นอน

7. ศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) สามารถขนส่งสินค้าไปยังแต่ละศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยที่มีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้มากกว่า 1 ศูนย์กระจายสินค้า

ดัชนี (Indices)

i คือ หมายเลขของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 โดยที่ $i = 1,2$ {1=ศูนย์พิษณุโลก 2=ศูนย์ขอนแก่น}

j คือ หมายเลขของจังหวัดที่มีศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวร โดยที่ $j = 1,2,\ldots,h,h+1,h+2,\ldots,b$

l คือ หมายเลขของประเทศเพื่อนบ้าน โดยที่ $l = 1,2$ {1=เมียนมา 2=สปป.ลาว}

ตัวแปรทราบค่า (Parameters)

m คือ จำนวนจังหวัดที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ที่มีศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา (จังหวัด)

h คือ จำนวนจังหวัดที่มีศูนย์ให้บริการติดชายแดนของประเทศไทย และเมียนมา โดยที่ $h = 1,2,3$ {1=เชียงราย 2=ระนอง 3=ตาก} (จังหวัด)

b คือ จำนวนจังหวัดทั้งหมดที่มีศูนย์ให้บริการติดชายแดนของประเทศไทย เมียนมา และ สปป.ลาว ที่มีจุดผ่านแดนถาวร (จังหวัด)

W_l คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้าน

f_i คือ ต้นทุนในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าสำหรับการส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้านของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ i (บาท)

E_{ij} คือ ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ $i = 1,2$ ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j (บาท)

K_{ij} คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ $i = 1,2$ ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j (กิโลเมตร)

TC คือ ต้นทุนในการขนส่งสินค้า (บาท/กิโลเมตร)

TX คือ ปริมาณการขนส่งสินค้าสูงสุดต่อรอบ (รอบ/ชิ้น)

CO_i คือ ความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณสินค้าของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ $i = 1,2$ (ชิ้น)

D_j คือ ปริมาณสินค้าของศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j ที่ต้องการจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้าน (เมียนมา และ สปป.ลาว)

ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variables) สำหรับกรณีที่ 1

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าถูกเลือกให้จัดตั้งเป็นศูนย์กระจายสินค้า เพื่อจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้าน} \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$$

U_{ij} คือ ปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ $i = 1,2$ ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j (ชิ้น)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) สำหรับกรณีที่ 1

สำหรับกรณีที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า และต้นทุนในการขนส่งสินค้า โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

$$Minimise \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{h} E_{ij}U_{ij} + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=h+1}^{b} E_{ij}U_{ij} + \sum_{i=1}^{m} f_i Y_i \qquad (1)$$

เงื่อนไขข้อบังคับ (Constraints) สำหรับกรณีที่ 1

$$U_{ij} = \frac{D_j}{TK} \qquad ;\forall_j \qquad (2)$$

$$U_{ij} \leq W_l \sum_{i=1}^{m}\left(\frac{CO_i}{TX}\right) Y_i \qquad ;\forall_{j,l} \qquad (3)$$

$$E_{ij} = TC \times K_{ij} \qquad ;\forall_{i,j} \qquad (4)$$

$$U_{ij} \geq 0 \ \ and \ \ integer \qquad ;\forall_{i,j} \qquad (5)$$

$$Y_j \in \{0,1\} \qquad ;\forall_j \qquad (6)$$

สมการที่ (1) แสดงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สำหรับวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยทำให้ต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด ประกอบด้วยต้นทุนในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าและต้นทุนในการขนส่งสินค้า สมการที่ (2) แสดงปริมาณสินค้าต่อรอบการขนส่งที่ถูกจัดส่งจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ *1* และ *2* ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ *j* อสมการที่ (3) แสดงปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้านทั้งเมียนมา และ สปป.ลาว โดยมีการถ่วงน้ำหนัก จะต้องไม่เกินความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณสินค้าของศูนย์ที่ *1* และ *2* สมการที่ (4) แสดงต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์ที่ *1* และ *2* ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ *j* จะเท่ากับต้นทุนรวมในการขนส่งสินค้าโดยคิดตามระยะทาง ข้อจำกัดที่ (5) แสดงการกำหนดตัวแปรต้องมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ และเป็นจำนวนเต็ม และข้อจำกัดที่ (6) แสดงการกำหนดคุณสมบัติของตัวแปรตัดสินใจ

2. แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ กรณีที่ 2

เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์ให้บริการบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ซึ่งการสร้างแบบจำลองจะพิจารณาเฉพาะศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ซึ่งอาจจะถูกจัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่ของบริษัทกรณีศึกษา แบบจำลองในกรณีที่ 2 มีการกำหนดตัวแปรดัชนี จำนวน 3 ตัวแปร, ตัวแปรทราบค่า จำนวน 11 ตัวแปร, ตัวแปรตัดสินใจ จำนวน 2 ตัวแปร, ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด (Minimum Total Cost) และมีการกำหนดเงื่อนไขข้อบังคับ จำนวน 2 สมการ 1 อสมการ และ 2 ข้อกำหนด เพื่อกำหนดตัวแปรของแบบจำลอง

ข้อสมมติ (Assumptions)

ข้อสมมติสำหรับการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อการเลือกตำแหน่งทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 เพื่อจัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่สำหรับการส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้าน มีรายละเอียดดังนี้

1. การขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาสามารถขนส่งได้เต็มตามความจุของรถบรรทุกจำนวน 5,000 ชิ้นต่อการขนส่งในแต่ละรอบ

2. รถบรรทุกสามารถรับน้ำหนักการบรรทุกสินค้าในแต่ละรอบ ได้ไม่เกิน 1,200 กิโลกรัม

3. จำนวนรอบการขนส่งสินค้าของรถบรรทุก สามารถวิ่งได้สูงสุดไม่มีจำกัด

4. ความเร็วในการขับรถบรรทุก สามารถวิ่งได้ไม่เกิน 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

5. การขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาดำเนินการด้วยรถบรรทุกสี่ล้อ เครื่องยนต์ดีเซล เท่านั้น

6. ปริมาณความต้องการในการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาสามารถรู้ล่วงหน้าได้ และมีปริมาณที่แน่นอน

7. ศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) สามารถขนส่งสินค้าไปยังแต่ละศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยที่มีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้มากกว่า 1 ศูนย์กระจายสินค้า

ดัชนี (Indices)

i คือ หมายเลขของศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 โดยที่ $i = 3,4$ {3=ศูนย์ตาก 4=ศูนย์มุกดาหาร}

j คือ หมายเลขของจังหวัดที่มีศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวร โดยที่ $j = 1,2,\ldots,h,h+1,h+2,\ldots,b$

l คือ หมายเลขของประเทศเพื่อนบ้าน โดยที่ $l = 1,2$ {1=เมียนมา 2=สปป.ลาว}

ตัวแปรทราบค่า (Parameters)

s คือ จำนวนจังหวัดที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ที่มีศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา (จังหวัด)

h คือ จำนวนจังหวัดที่มีศูนย์ให้บริการติดชายแดนของประเทศไทย และเมียนมา โดยที่ $h = 1,2,3$ {1=เชียงราย 2=ระนอง 3=ตาก} (จังหวัด)

b คือ จำนวนจังหวัดทั้งหมดที่มีศูนย์ให้บริการติดชายแดนของประเทศไทย เมียนมา และ สปป.ลาว ที่มีจุดผ่านแดนถาวร (จังหวัด)

W_l คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้าน

f_i คือ ต้นทุนในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าสำหรับการส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ i (บาท)

G_{ij} คือ ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ $i = 3,4$ ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j (บาท)

R_{ij} คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ $i = 3,4$ ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j (กิโลเมตร)

TC คือ ต้นทุนในการขนส่งสินค้า (บาท/กิโลเมตร)

TX คือ ปริมาณการขนส่งสินค้าสูงสุดต่อรอบ (รอบ/ชิ้น)

CN_i คือ ความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณสินค้าของศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ $i = 3,4$ (ชิ้น)

D_j คือ ปริมาณสินค้าของศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j ที่ต้องการจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้าน (เมียนมา และ สปป.ลาว)

ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variables) สำหรับกรณีที่ 2

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าถูกเลือกให้จัดตั้งเป็นศูนย์กระจายสินค้า เพื่อจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้าน} \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$$

Z_{ij} คือ ปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งจากศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ $i = 3,4$ ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j (ชิ้น)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) สำหรับกรณีที่ 2

สำหรับกรณีที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์ให้บริการบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) จัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า และต้นทุนในการขนส่งสินค้า โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

$$Minimise \sum_{i=3}^{s} \sum_{j=1}^{h} G_{ij} Z_{ij} + \sum_{i=3}^{s} \sum_{j=h+1}^{b} G_{ij} Z_{ij} + \sum_{i=3}^{s} f_i Y_i \qquad (7)$$

เงื่อนไขข้อบังคับ (Constraints) สำหรับกรณีที่ 2

$$Z_{ij} = \frac{D_j}{TX} \qquad ;\forall_j \qquad (8)$$

$$Z_{ij} \leq W_l \sum_{i=3}^{S} \left(\frac{CN_i}{TX} \right) Y_i \qquad ;\forall_{j,l} \qquad (9)$$

$$G_{ij} = TC \times R_{ij} \qquad ;\forall_{i,j} \qquad (10)$$

$$Z_{ij} \geq 0 \text{ and integer} \qquad ;\forall_{i,j} \qquad (11)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \qquad ;\forall_i \qquad (12)$$

สมการที่ (7) แสดงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สำหรับการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์ให้บริการบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) จัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) สมการที่ (8) แสดงปริมาณสินค้าต่อรอบการขนส่งที่ถูกจัดส่งจากศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ *3* และ *4* ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ *j* อสมการที่ (9) แสดงปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้านทั้งเมียนมาและ สปป.ลาว โดยมีการถ่วงน้ำหนัก จะต้องไม่เกินความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณสินค้าของศูนย์ที่ *3* และ *4* สมการที่ (10) แสดงต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์ที่ *3* และ *4* ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ *j* จะเท่ากับต้นทุนรวมในการขนส่งสินค้าโดยคิดตามระยะทาง ข้อจำกัดที่ (11) แสดงการกำหนดตัวแปรต้องมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ และเป็นจำนวนเต็ม และข้อจำกัดที่ (12) แสดงการกำหนดคุณสมบัติของตัวแปรตัดสินใจ

3. แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ กรณีที่ 3

เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ซึ่งการสร้างแบบจำลองจะพิจารณาศูนย์ทั้งหมดที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) แบบจำลองในกรณีที่ 3 มีการกำหนดตัวแปรดัชนี จำนวน 3 ตัวแปร, ตัวแปรทราบค่า จำนวน 11 ตัวแปร, ตัวแปรตัดสินใจ จำนวน 2 ตัวแปร, ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด (Minimum Total Cost) และมีการกำหนดเงื่อนไขข้อบังคับ จำนวน 2 สมการ 1 อสมการ และ 2 ข้อกำหนด เพื่อกำหนดตัวแปรของแบบจำลอง

ข้อสมมติ (Assumptions)

ข้อสมมติสำหรับการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อการเลือกตำแหน่งทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 เพื่อจัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าสำหรับการส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้าน มีรายละเอียดดังนี้

1. การขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาสามารถขนส่งได้เต็มตามความจุของรถบรรทุก จำนวน 5,000 ชิ้นต่อการขนส่งในแต่ละรอบ
2. รถบรรทุกสามารถรับน้ำหนักการบรรทุกสินค้าในแต่ละรอบ ได้ไม่เกิน 1,200 กิโลกรัม
3. จำนวนรอบการขนส่งสินค้าของรถบรรทุก สามารถวิ่งได้สูงสุดไม่มีจำกัด
4. ความเร็วในการขับรถบรรทุก สามารถวิ่งได้ไม่เกิน 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
5. การขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาดำเนินการด้วยรถบรรทุกสี่ล้อ เครื่องยนต์ดีเซลเท่านั้น
6. ปริมาณความต้องการในการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาสามารถรู้ล่วงหน้าได้และมีปริมาณที่แน่นอน
7. ศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) สามารถขนส่งสินค้าไปยังแต่ละศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยที่มีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้มากกว่า 1 ศูนย์กระจายสินค้า

ดัชนี (Indices)

i คือ หมายเลขของศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 โดยที่ $i = 1,2,\ldots,n$
{1=ศูนย์พิษณุโลก 2=ศูนย์ขอนแก่น 3=ศูนย์ตาก 4=ศูนย์มุกดาหาร}

j คือ หมายเลขของจังหวัดที่มีศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวร โดยที่ $j = 1,2,\ldots,h,h+1,h+2,\ldots,b$

l คือ หมายเลขของประเทศเพื่อนบ้าน โดยที่ $l = 1,2$ {1=เมียนมา 2=สปป.ลาว}

ตัวแปรทราบค่า (Parameters)

n คือ จำนวนจังหวัดที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ที่มีศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา (จังหวัด)

h คือ จำนวนจังหวัดที่มีศูนย์ให้บริการติดชายแดนของประเทศไทย และเมียนมา โดยที่ $h = 1,2,3$ {1=เชียงราย 2=ระนอง 3=ตาก} (จังหวัด)

b คือ จำนวนจังหวัดทั้งหมดที่มีศูนย์ให้บริการติดชายแดนของประเทศไทย เมียนมา และ สปป.ลาว ที่มีจุดผ่านแดนถาวร (จังหวัด)

W_l คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้าน

f_i คือ ต้นทุนในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าสำหรับการส่งสินค้าไปยังประเทศเพื่อนบ้านของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ i (บาท)

C_{ij} คือ ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ i ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j (บาท)

S_{ij} คือ ระยะทางในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ i ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j (กิโลเมตร)

TC คือ ต้นทุนในการขนส่งสินค้า (บาท/กิโลเมตร)

TX คือ ปริมาณการขนส่งสินค้าสูงสุดต่อรอบ (รอบ/ชิ้น)

CP_i คือ ความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณสินค้าของศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ i (ชิ้น)

D_j คือ ปริมาณสินค้าของศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j ที่ต้องการจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้าน (เมียนมา และ สปป.ลาว)

ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variables) สำหรับกรณีที่ 3

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าถูกเลือกให้จัดตั้งเป็นศูนย์กระจายสินค้า เพื่อจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้าน} \\ 0 & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$$

X_{ij} คือ ปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ i ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j (ชิ้น)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) สำหรับกรณีที่ 3

สำหรับกรณีที่ 3 เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า และต้นทุนในการขนส่งสินค้า โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

$$Minimise \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{h} C_{ij}X_{ij} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=h+1}^{b} C_{ij}X_{ij} + \sum_{i=1}^{n} f_i Y_i \qquad (13)$$

เงื่อนไขข้อบังคับ (Constraints) สำหรับกรณีที่ 3

$$X_{ij} = \frac{D_j}{TX} \quad ;\forall_j \qquad (14)$$

$$X_{ij} \le W_l \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{CP_i}{TX}\right) Y_i \quad ;\forall_{j,l} \qquad (15)$$

$$C_{ij} = TC \times S_{ij} \quad ;\forall_{i,j} \qquad (16)$$

$$X_{ij} \ge 0 \text{ and integer} \quad ;\forall_{i,j} \qquad (17)$$

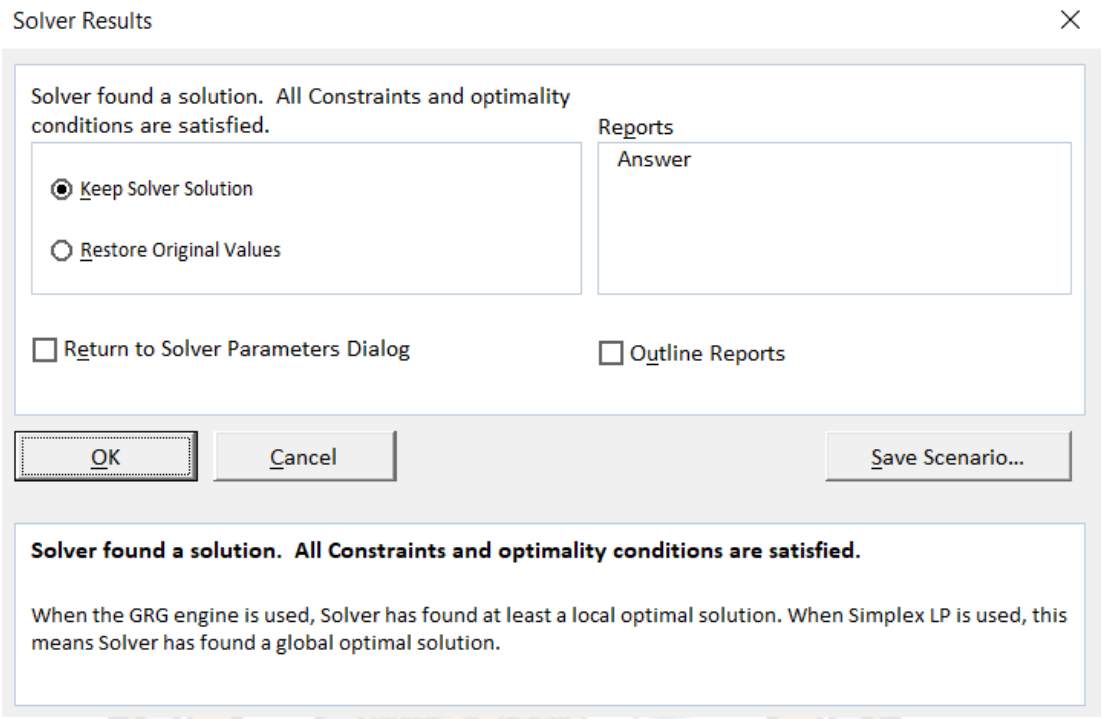
$$Y_i \in \{0,1\} \quad ;\forall_i \qquad (18)$$

สมการที่ (13) แสดงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สำหรับการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยทำให้ต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าและต้นทุนในการขนส่งสินค้า สมการที่ (14) แสดงปริมาณสินค้าต่อรอบการขนส่งที่ถูกจัดส่งจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของ

บริษัทกรณีศึกษา ที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ i ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j อสมการที่ (15) แสดงปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้านทั้งเมียนมาและ สปป.ลาว โดยมีการถ่วงน้ำหนัก จะต้องไม่เกินความสามารถสูงสุดในการรองรับปริมาณสินค้าของศูนย์ที่ i สมการที่ (16) แสดงต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์ที่ i ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j จะเท่ากับต้นทุนรวมในการขนส่งสินค้าโดยคิดตามระยะทาง ข้อจำกัดที่ (17) แสดงการกำหนดตัวแปรต้องมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ และเป็นจำนวนเต็ม และข้อจำกัดที่ (18) แสดงการกำหนดคุณสมบัติของตัวแปรตัดสินใจ

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกสร้างขึ้นมานั้น สามารถทำได้โดยการหาผลเฉลยของแบบจำลอง ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ 1 สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้อธิบายรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 พบว่าแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 กรณี ที่เป็นการหาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยการหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด หลังจากตรวจสอบผลเฉลยที่ได้จากการประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel Solver พบว่า ผลเฉลยที่ได้รับจากแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 กรณีนั้นไม่ละเมิดเงื่อนไขบังคับ และผลเฉลยของตัวแปรถูกต้องตามเงื่อนไขบังคับ จึงถือว่าแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมานั้นถูกต้อง สามารถนำผลที่ได้มาอภิปรายหาทางเลือกต่อไปได้ สำหรับผลการประมวลเพื่อหาผลเฉลยของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์แสดงดังภาพที่ 23



ภาพ 23 ผลการประมวลหาค่าที่เหมาะสมที่สุดตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์

การประยุกต์ใช้ Microsoft Excel Solver เพื่อหาผลลัพธ์ของแบบจำลอง

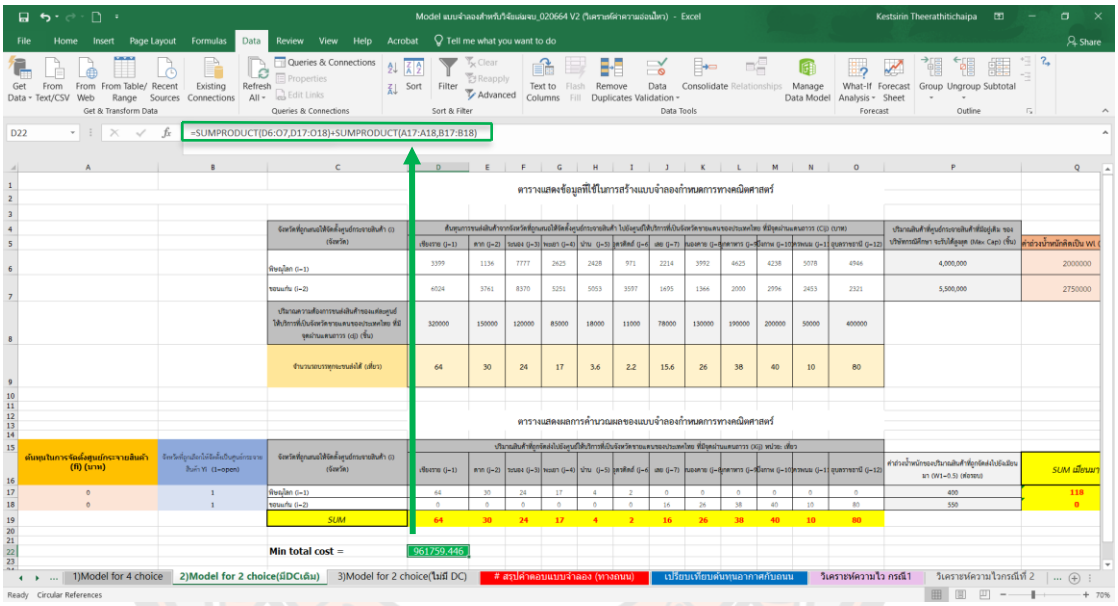
วิธีการหาคำตอบโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าสำหรับการจัดส่งสินค้าระหว่างประเทศไทยกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว และเพื่อให้ต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด นั้นจำเป็นต้องรู้ถึงคำสั่งในการป้อนค่า โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ที่ต้องการ (Set Target Cell)
2. การกำหนดให้ผลลัพธ์นั้นมีค่าเป็นเท่าไร (Equal To) ซึ่งสามารถกำหนดให้คำนวณหาค่าสูงสุด (Max), ค่าต่ำสุด (Min) หรือกำหนดค่าที่ต้องการเอง (Value of)
3. การกำหนดเซลล์ที่ต้องการให้เปลี่ยนค่า (By Changing Cells)
4. การกำหนดเงื่อนไขในการคำนวณ (Subject to the Constracints)

วิธีการหาคำตอบโดยใช้ Excel Solver แสดงให้เห็นดังต่อไปนี้

1. การประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel Solver กรณีที่ 1

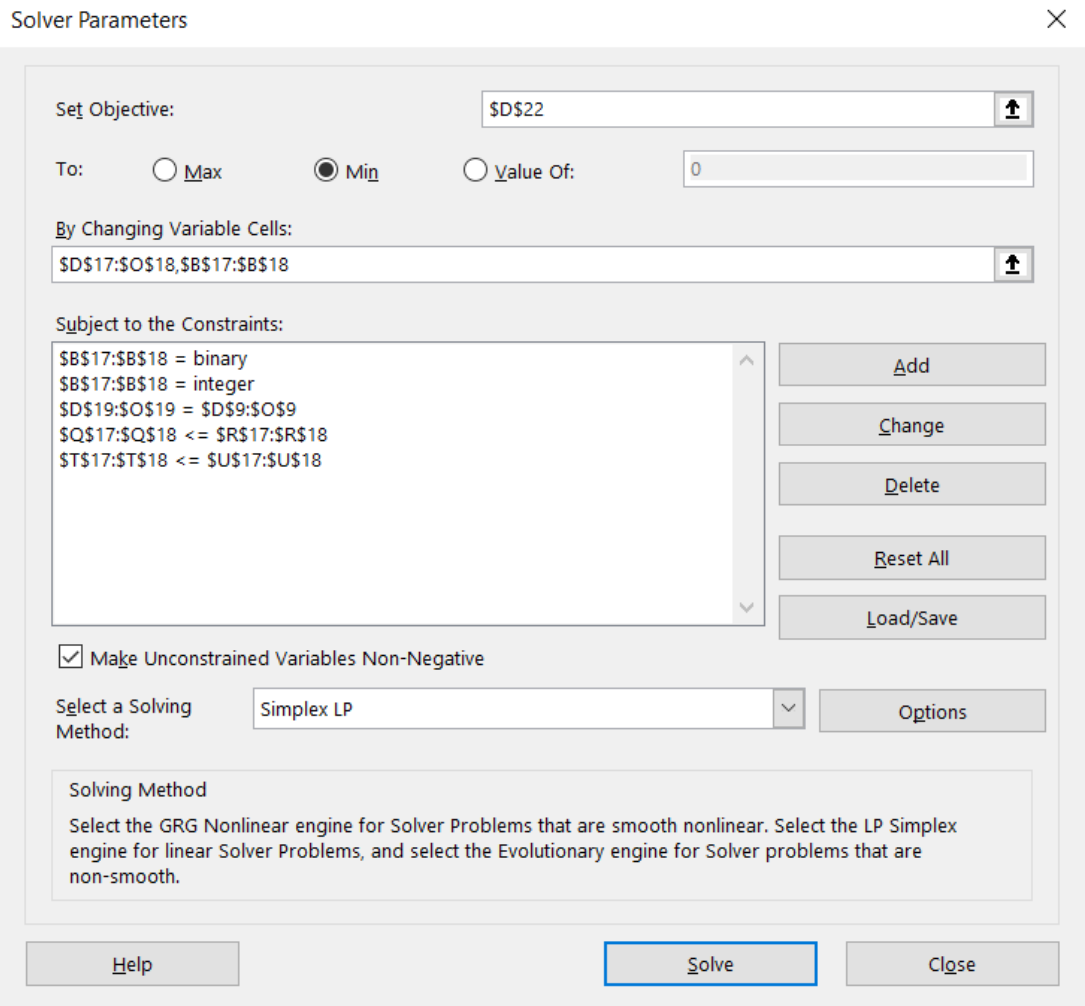
สำหรับการประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel Solver กรณีที่ 1 การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) เพื่อสร้างแบบจำลองที่พิจารณาเฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) แสดงดังภาพที่ 24 - 25



ภาพ 24 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ที่ต้องการ แบบจำลองกรณีที่ 1

จากภาพที่ 24 แสดงการกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ที่ต้องการ (Set Target Cell) ในเซลล์ D22 ให้เป็น Min Total Cost โดยใช้สูตร

=SUMPRODUCT(D6:O7,D17:O18)+SUMPRODUCT(A17:A18,B17:B18) ซึ่งเป็นการกำหนดสูตรคำนวณ ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ i ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j



ภาพ 25 การกำหนดเซลล์ที่ต้องการให้เปลี่ยนค่า แบบจำลองกรณีที่ 1

จากภาพที่ 25 แสดงการเปลี่ยนเซลล์ตามค่าที่เพิ่มประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีต้นทุนต่ำที่สุด (Min) และเลือกเซลล์ที่จะทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนของข้อจำกัด ที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด สามารถอธิบายได้ดังนี้

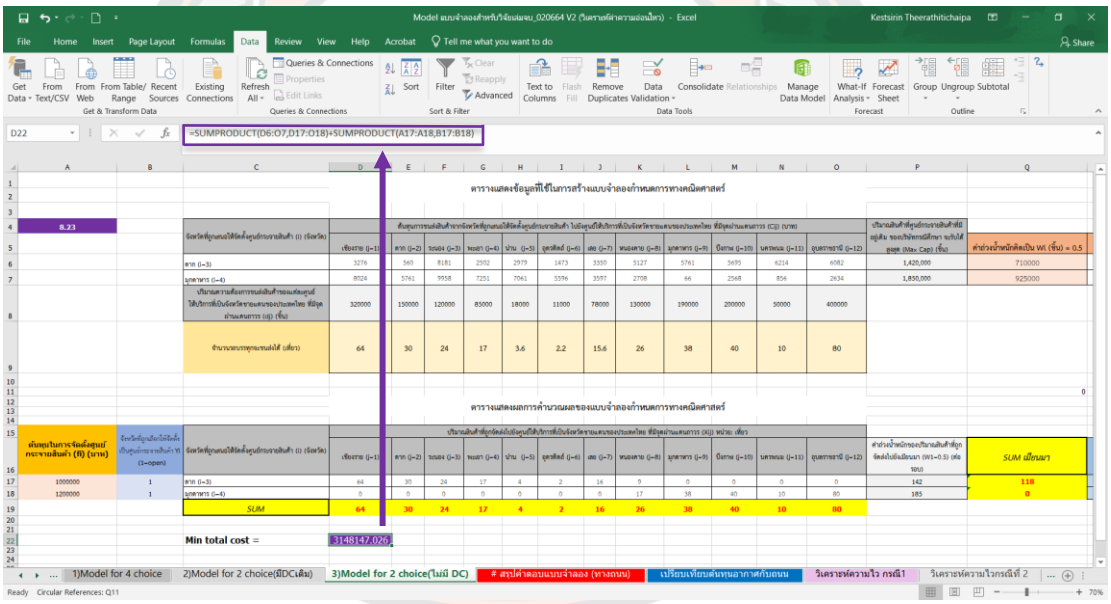
เงื่อนไขที่ 1 ปริมาณงานของแต่ละจังหวัดที่กระจายสินค้าต้องถูกดำเนินการโดยศูนย์กระจายสินค้าที่ถูกเลือกเป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใดแห่งหนึ่ง โดยเลือกเซลล์ $B$17:$B$18=binary

เงื่อนไขที่ 2 ปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าของแต่ละศูนย์ให้บริการที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว จะรับได้ต้องไม่เกินที่กำหนดไว้ โดยเลือกเซลล์ $Q$17:$Q$18<=$R$17:$R$18 และ $T$17:$T$18<=$U$17:$U$18

เงื่อนไขที่ 3 จำนวนเที่ยวการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ไปยังศูนย์ให้บริการที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว จะต้องไม่เกินจำนวนเที่ยวการขนส่งสูงสุดที่กำหนดไว้ โดยเลือกเซลล์ $D$19:$O$19=D0:$O$9

2. การประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel Solver กรณีที่ 2

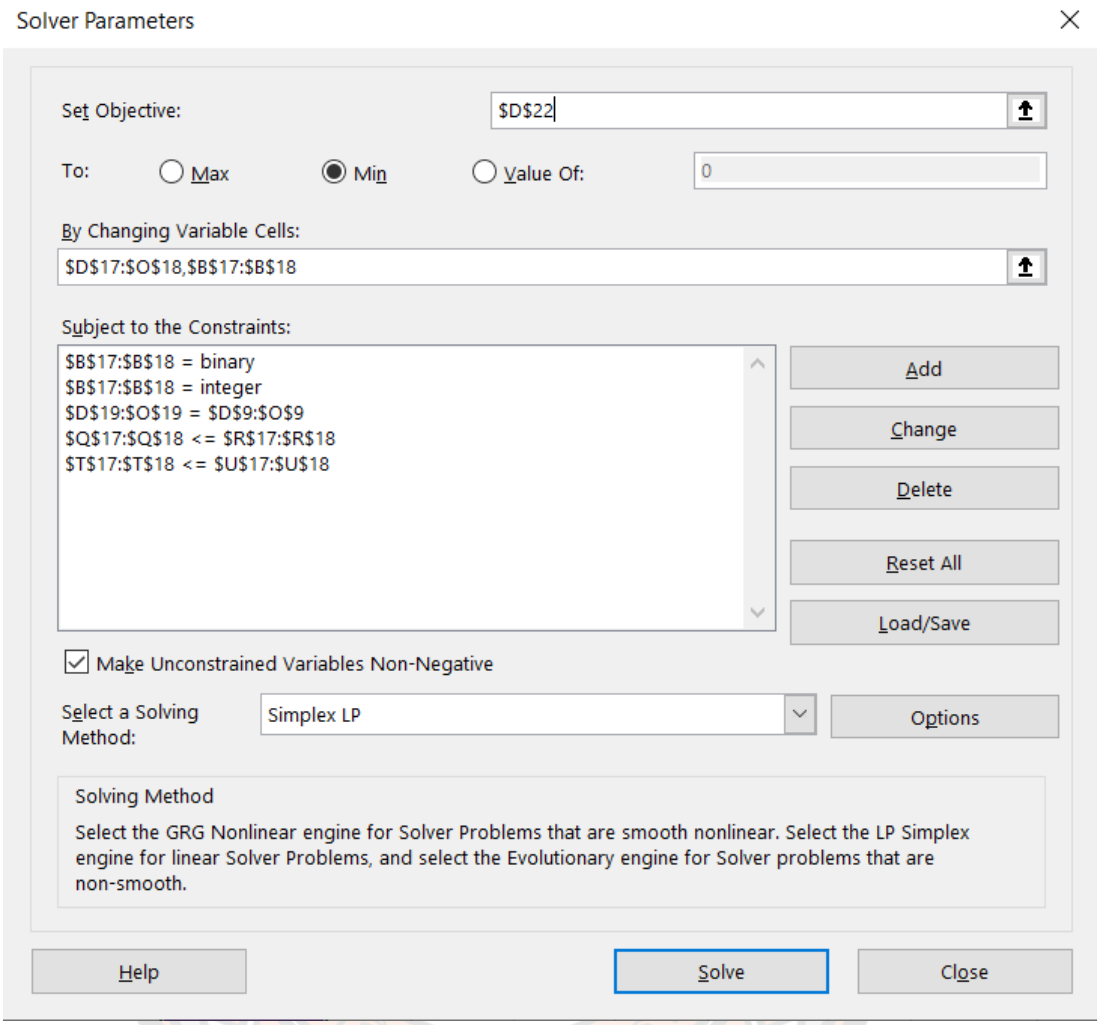
สำหรับการประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel Solver กรณีที่ 2 การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์ให้บริการที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) เพื่อสร้างแบบจำลองที่พิจารณาจัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่ของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) แสดงดังภาพที่ 26 - 27



ภาพ 26 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ที่ต้องการ แบบจำลองกรณีที่ 2

จากภาพที่ 26 แสดงการกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ที่ต้องการ (Set Target Cell) ในเซลล์ E26 ให้เป็น Min Total Cost โดยใช้สูตร

=SUMPRODUCT(D6:O7,D17:O18)+SUMPRODUCT(A17:A18,B17:B18) ซึ่งเป็นการกำหนดสูตรคำนวณ ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ i ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ j



ภาพ 27 การกำหนดเซลล์ที่ต้องการให้เปลี่ยนค่า แบบจำลองกรณีที่ 2

จากภาพที่ 27 แสดงการเปลี่ยนเซลล์ตามค่าที่เพิ่มประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีต้นทุนต่ำที่สุด (Min) และเลือกเซลล์ที่จะทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนของข้อจำกัด ที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด สามารถอธิบายได้ดังนี้

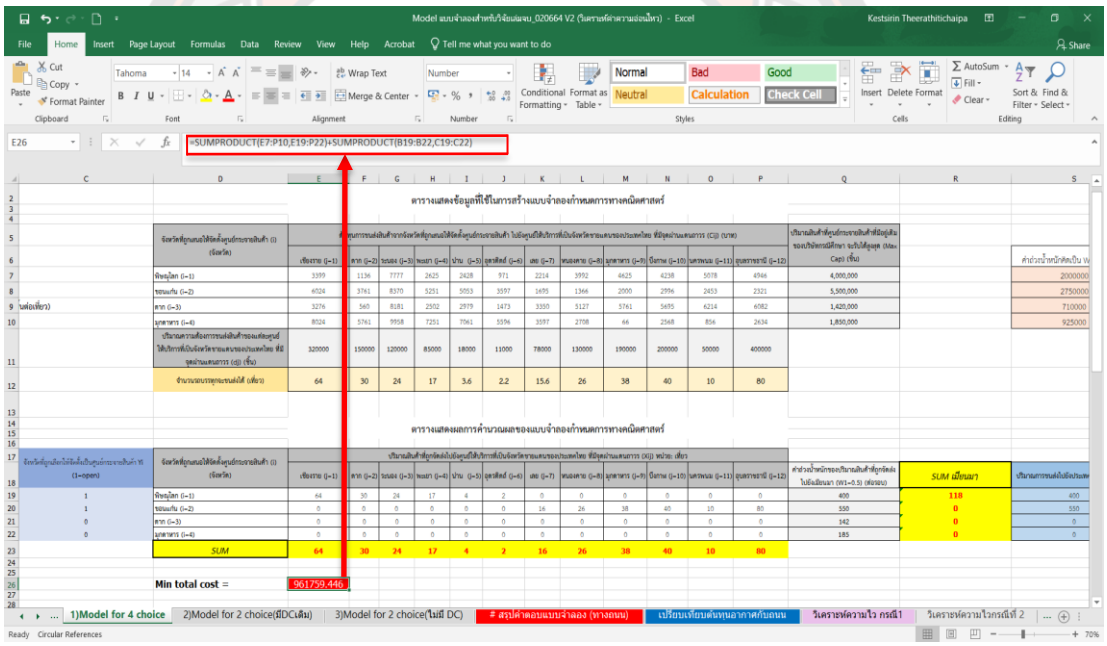
เงื่อนไขที่ 1 ปริมาณงานของแต่ละจังหวัดที่กระจายสินค้าต้องถูกดำเนินการโดยศูนย์ให้บริการบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ถูกเลือกเป็นให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่ โดยเลือกเซลล์ $B$17:$B$18=binary

เงื่อนไขที่ 2 ปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าของแต่ละศูนย์ให้บริการที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว จะรับได้ต้องไม่เกินที่กำหนดไว้ โดยเลือกเซลล์ $Q$17:$Q$18<=$R$17:$R$18 และ $T$17:$T$18<=$U$17:$U$18

เงื่อนไขที่ 3 จำนวนเที่ยวการขนส่งจากศูนย์ให้บริการที่มีอยู่เดิมบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ไปยังศูนย์ให้บริการที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมาและ สปป.ลาว จะต้องไม่เกินจำนวนเที่ยวการขนส่งสูงสุดที่กำหนดไว้ โดยเลือกเซลล์ $D$19:$O$19=$D$9:$O$9

3. การประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel Solver กรณีที่ 3

สำหรับการประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel Solver กรณีที่ 3 การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) เพื่อสร้างแบบจำลองที่พิจารณาศูนย์ทั้งหมดที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษาบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) แสดงดังภาพที่ 28 - 29

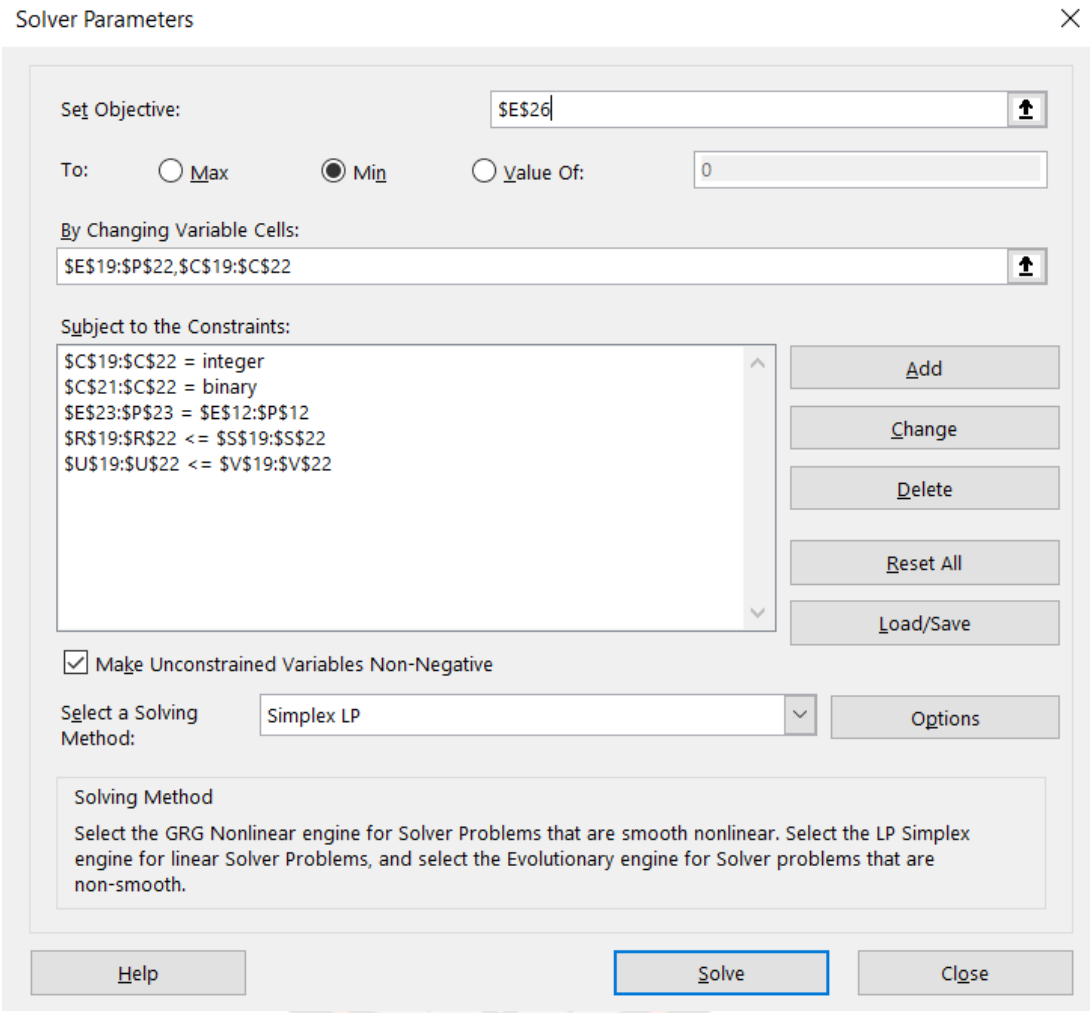


ภาพ 28 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ที่ต้องการ แบบจำลองกรณีที่ 3

จากภาพที่ 28 แสดงการกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ที่ต้องการ (Set Target Cell) ในเซลล์ E26 ให้เป็น Min Total Cost โดยใช้สูตร

=SUMPRODUCT(E7:P10,E19:P22)+SUMPRODUCT(B19:B22,C19:C22) ซึ่งเป็นการกำหนดสูตรคำนวณ ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของ

บริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 ของศูนย์ที่ *i* ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรที่ *j*



ภาพ 29 การกำหนดเซลล์ที่ต้องการให้เปลี่ยนค่า แบบจำลองกรณีที่ 1

จากภาพที่ 29 แสดงการเปลี่ยนเซลล์ตามค่าที่เพิ่มประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีต้นทุนต่ำที่สุด (Min) และเลือกเซลล์ที่จะทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนของข้อจำกัด ที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด สามารถอธิบายได้ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 ปริมาณงานของแต่ละจังหวัดที่กระจายสินค้าต้องถูกดำเนินการโดยศูนย์กระจายสินค้าที่ถูกเลือกเป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใดแห่งหนึ่ง โดยเลือกเซลล์ $C$21:$C$22=binary

เงื่อนไขที่ 2 ปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าของแต่ละศูนย์ให้บริการที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว จะรับได้ต้องไม่เกินที่กำหนดไว้ โดยเลือกเซลล์ $R$19:$R$22<=$S$19:$S$22 และ $U$19:$U$22<=$V$19:$V$22

เงื่อนไขที่ 3 จำนวนเที่ยวการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ไปยังศูนย์ให้บริการที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวรติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว จะต้องไม่เกินจำนวนเที่ยวการขนส่งสูงสุดที่กำหนดไว้ โดยเลือกเซลล์ $E$23:$P$23=$E$12:$P$12

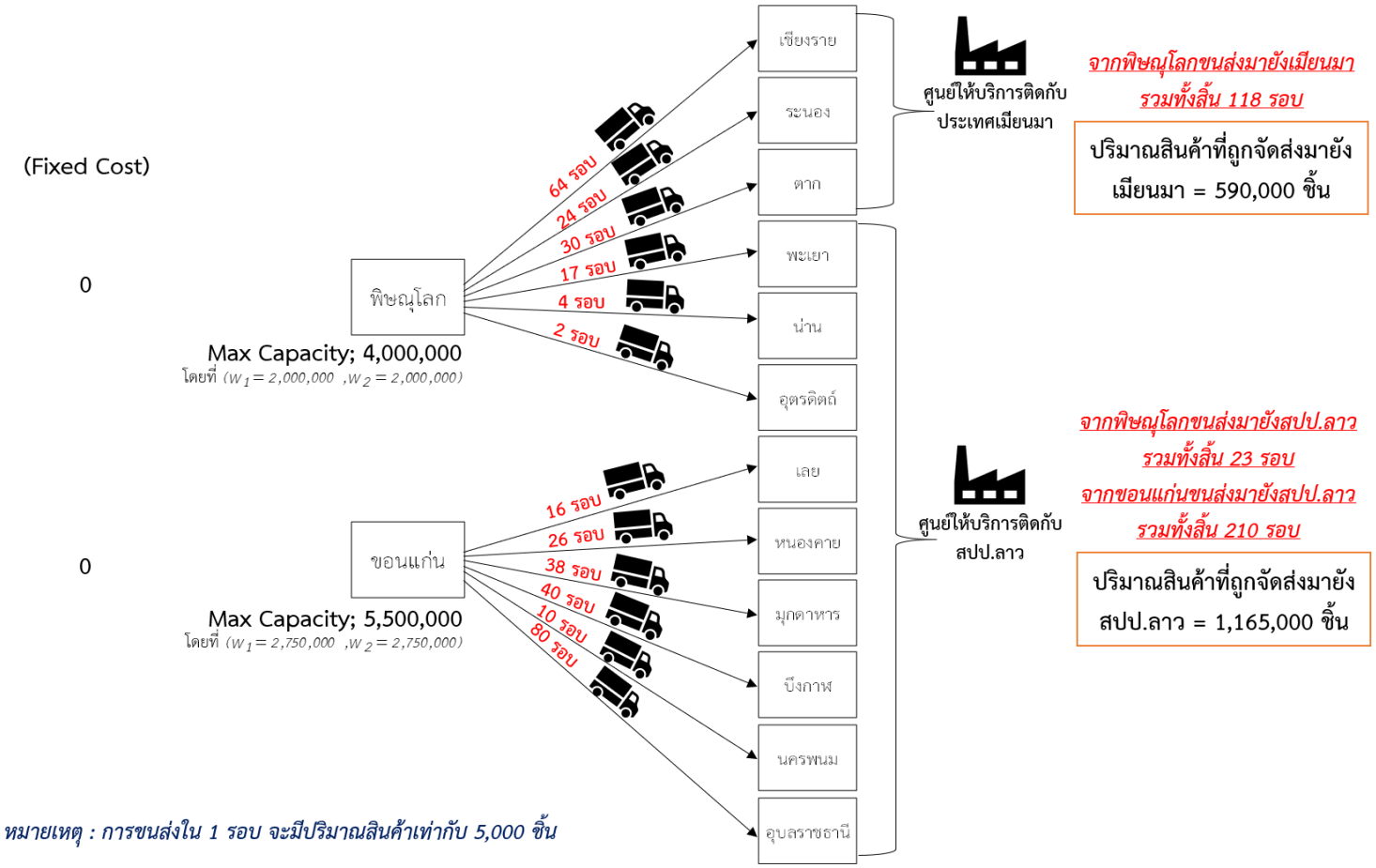
ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel Solver

ในส่วนนี้เป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel Solver ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือสำหรับหาคำตอบของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ที่ประมวลผลบนคอมพิวเตอร์พกพาซึ่งมีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) Intel(R) Core (TM) i5-8300H CPU@ 2.30GHz และมีหน่วยความจำหลัก (RAM) 16.0 GB (15.8 GB usable) หน่วยความจำสำรอง (Hard disk) 1024 GB HDD บนระบบปฏิบัติการ (OS) Microsoft Windows 10 Home 64-bit Operating system

ผลลัพธ์ของตัวแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์นี้จะแบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ 1) กรณีวิเคราะห์เฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด 2) กรณีวิเคราะห์เฉพาะศูนย์ให้บริการบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) จัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด และ 3) กรณีวิเคราะห์ศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด สำหรับผลลัพธ์ทั้ง 3 กรณี แสดงดังต่อไปนี้

1. ผลลัพธ์ของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์กรณีที่ 1

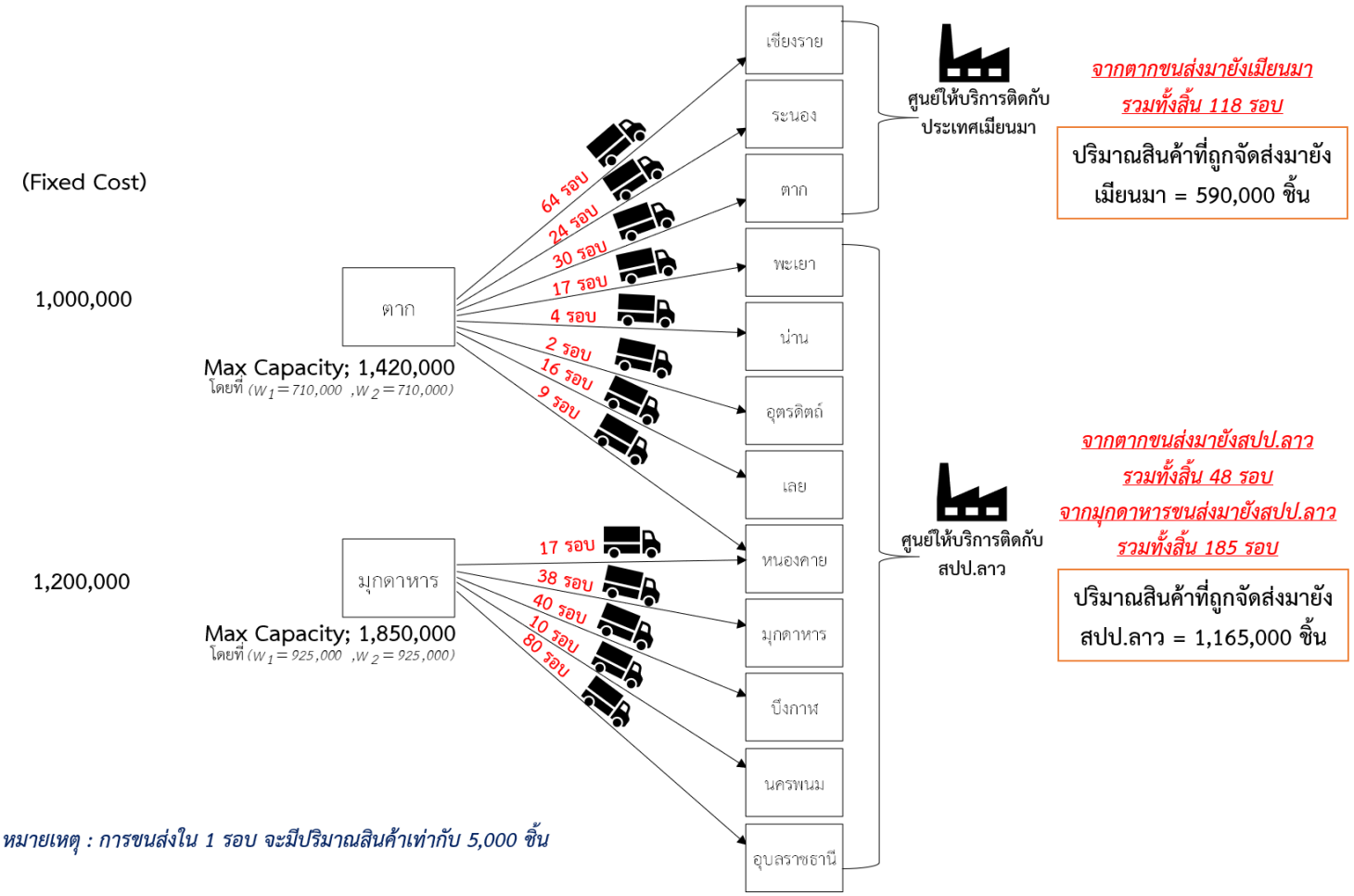
จากการประมวลผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ กรณีที่ 1 วิเคราะห์เฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ใช้ระยะเวลาในการรันผลลัพธ์ 1.63 วินาที พบว่า มีผลรวมของต้นทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 961,759 บาท และได้ผลลัพธ์เลือกให้ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดพิษณุโลก และศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดขอนแก่น เป็นที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรองรับต่อการขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งทางบก ไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว โดยที่ศูนย์พิษณุโลก มีปริมาณสินค้าที่ต้องถูกจัดส่งไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว ทั้งหมด 705,000 ชิ้น แบ่งออกเป็นสินค้าจำนวน 590,000 ชิ้น จัดส่งสินค้าไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับเมียนมา ได้แก่ จังหวัดเชียงราย ระนอง และตาก และสินค้าอีก 115,000 ชิ้น จัดส่งสินค้าไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับ สปป.ลาว ได้แก่ จังหวัดพะเยา น่าน และอุตรดิตถ์ ส่วนศูนย์ขอนแก่น มีปริมาณสินค้าที่ต้องถูกจัดส่งทั้งหมด 1,050,000 ชิ้น ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับ สปป.ลาว ได้แก่ จังหวัดเลย หนองคาย มุกดาหาร บึงกาฬ นครพนม และอุบลราชธานี ปริมาณรอบการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกสี่ล้อ กรณีรถใช้น้ำมันดีเซล ไปยังแต่ละศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย มีจำนวนรอบที่แตกต่างกัน มีรายละเอียดของต้นทุนที่เกิดขึ้นและปริมาณการกระจายของสินค้าในแต่ละศูนย์ แสดงดังภาพที่ 30



ภาพ 30 แผนภาพผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ สำหรับแบบจำลองกรณีที่ 1

2. ผลลัพธ์ของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์กรณีที่ 2

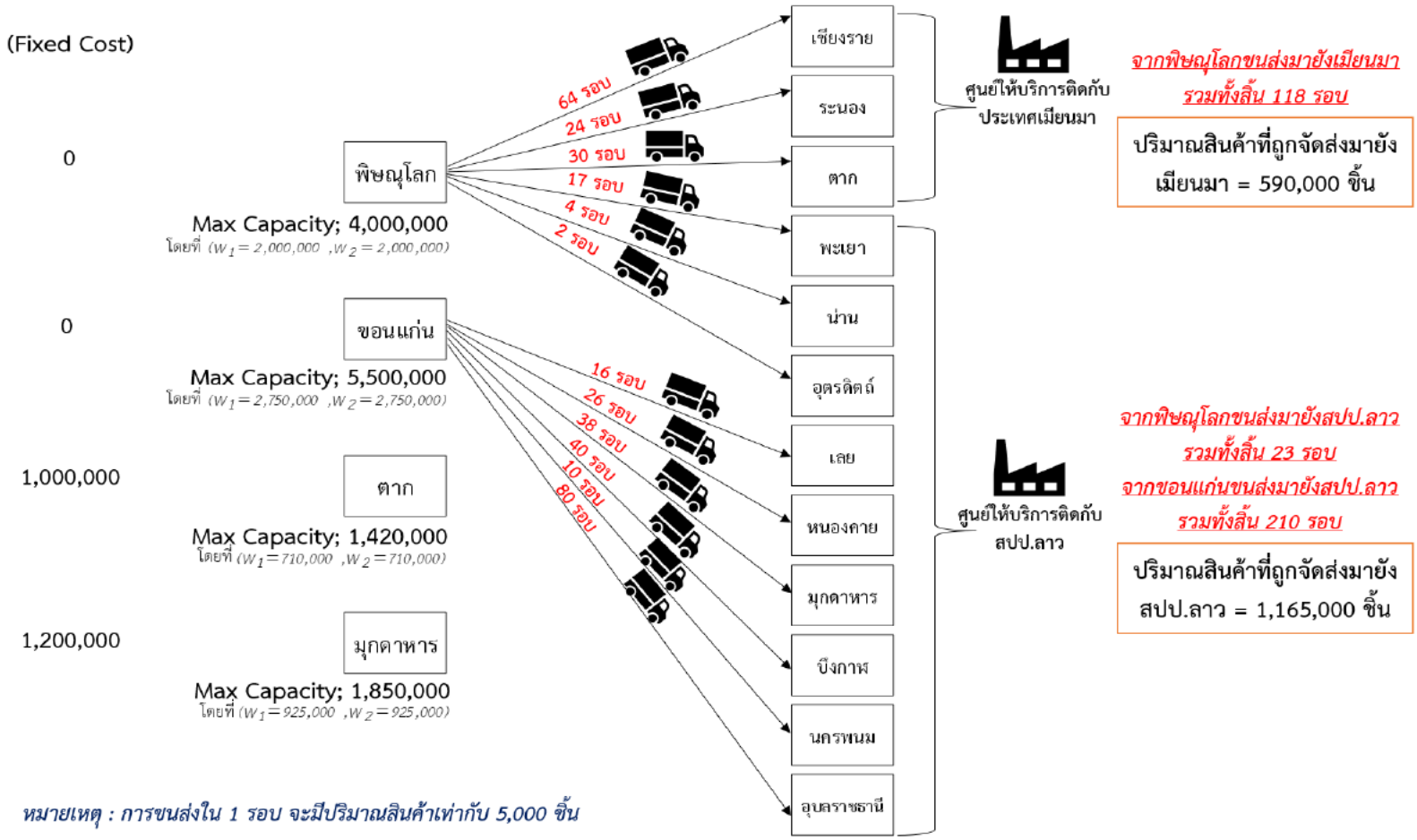
จากการประมวลผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ กรณีที่ 2 วิเคราะห์เฉพาะศูนย์ให้บริการบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) จัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ใช้ระยะเวลาในการรันผลลัพธ์ 1.25 วินาที พบว่า มีผลรวมของต้นทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 3,148,147 บาท และได้ผลลัพธ์เลือกให้จัดตั้งศูนย์ให้บริการจังหวัดตาก และศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดมุกดาหาร เป็นที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่เพื่อรองรับต่อการขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งทางบก ไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว โดยที่ศูนย์ตาก มีปริมาณสินค้าที่ต้องถูกจัดส่งไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว ทั้งหมด 830,000 ชิ้น แบ่งออกเป็นสินค้าจำนวน 590,000 ชิ้น จัดส่งสินค้าไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับเมียนมา ได้แก่ จังหวัดเชียงราย ระนอง และตาก และสินค้าอีก 240,000 ชิ้น จัดส่งสินค้าไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับ สปป.ลาว ได้แก่ จังหวัดพะเยา น่าน อุตรดิตถ์ เลย และหนองคาย ส่วนศูนย์มุกดาหาร มีปริมาณสินค้าที่ต้องถูกจัดส่งทั้งหมด 925,000 ชิ้น ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับ สปป.ลาว ได้แก่ จังหวัดหนองคาย มุกดาหาร บึงกาฬ นครพนม และอุบลราชธานี ปริมาณรอบการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกสี่ล้อ กรณีรถใช้น้ำมันดีเซล ไปยังแต่ละศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย มีจำนวนรอบที่แตกต่างกัน มีรายละเอียดของต้นทุนที่เกิดขึ้นและปริมาณการกระจายของสินค้าในแต่ละศูนย์ แสดงดังภาพที่ 31



ภาพ 31 แผนภาพผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ สำหรับแบบจำลองกรณีที่ 2

3. ผลลัพธ์ของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์กรณีที่ 3

จากการประมวลผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ กรณีที่ 3 วิเคราะห์ศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ใช้ระยะเวลาในการรันผลลัพธ์ 1.85 วินาที พบว่า มีผลรวมของต้นทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 961,759 บาท และได้ผลลัพธ์เลือกให้ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดพิษณุโลก และศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดขอนแก่น เป็นที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรองรับต่อการขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งทางบก ไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว โดยที่ศูนย์พิษณุโลก มีปริมาณสินค้าที่ต้องถูกจัดส่งไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว ทั้งหมด 705,000 ชิ้น แบ่งออกเป็นสินค้าจำนวน 590,000 ชิ้น จัดส่งสินค้าไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับเมียนมา ได้แก่ จังหวัดเชียงราย ระนอง และตาก และสินค้าอีก 115,000 ชิ้น จัดส่งสินค้าไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับ สปป.ลาว ได้แก่ จังหวัดพะเยา น่าน และอุตรดิตถ์ ส่วนศูนย์ขอนแก่น มีปริมาณสินค้าที่ต้องถูกจัดส่งทั้งหมด 1,050,000 ชิ้น ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทยซึ่งมีจุดผ่านแดนถาวรติดกับ สปป.ลาว ได้แก่ จังหวัดเลย หนองคาย มุกดาหาร บึงกาฬ นครพนม และอุบลราชธานี ปริมาณรอบการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกสี่ล้อ กรณีรถใช้น้ำมันดีเซล ไปยังแต่ละศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย มีจำนวนรอบที่แตกต่างกัน มีรายละเอียดของต้นทุนที่เกิดขึ้นและปริมาณการกระจายของสินค้าในแต่ละศูนย์ แสดงดังภาพที่ 32



ภาพ 32 แผนภาพผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ สำหรับแบบจำลองกรณีที่ 3

ตาราง 11 ต้นทุนการขนส่งทางบกของบริษัทกรณีศึกษา ที่ได้จากตัวแบบจำลองในแต่ละกรณี

ประเด็นที่ถูกพิจารณาในตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบ่งตามกรณี	จังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้า				ผลรวมต้นทุนการขนส่งทางบก (บาท) (Min Total Cost)
	พิษณุโลก	ขอนแก่น	ตาก	มุกดาหาร	
กรณีที่ 1 การวิเคราะห์เฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9)	✓	✓			961,759
กรณีที่ 2 การวิเคราะห์เฉพาะศูนย์ให้บริการบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9)			✓	✓	3,148,147
กรณีที่ 3 การวิเคราะห์ศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9)	✓	✓			961,759

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นถึง ผลสรุปต้นทุนด้วยรูปแบบการขนส่งทางบกของบริษัทกรณีศึกษา ไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว จะเห็นได้ว่า ต้นทุนการขนส่งทางบกที่มีต้นทุนต่ำที่สุด (Min Total Cost) คือ กรณีที่ 1 และกรณีที่ 3 มีผลรวมของต้นทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 961,759 บาท โดยจังหวัดที่ถูกเลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้า คือ จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดขอนแก่น ซึ่งสามารถถูกจัดตั้งให้เป็นศูนย์เพื่อจัดส่งสินค้าไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว ได้เลย โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการพัฒนาปรับปรุงศูนย์

การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis)

ในหัวข้อนี้เป็นการแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ถูกนำไปประมวลผลลัพธ์ของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver เมื่อทราบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองแล้ว การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เป็นส่วนที่สำคัญมาก ในการศึกษาถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่าหรือพารามิเตอร์ของแบบจำลอง เนื่องจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่ได้รับในแบบจำลองนั้น เป็นคำตอบที่เกิดจากการประมาณค่าพารามิเตอร์บางตัว ซึ่งในความเป็นจริง ค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นอาจเปลี่ยนแปลงได้ เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่า แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความไวกรณีที่ 1

จากการวิเคราะห์ความไวกรณีที่ 1 การวิเคราะห์เฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด คือ การนำผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบกับปัญหา เพื่อแสดงการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรทราบค่า โดยการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 (i) ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวร (j) แสดงดังตารางที่ 12

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่าของต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 (i) ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวร (j) ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่านี้ พบว่าเมื่อต้นทุนการขนส่งสินค้าลดลง ผลของต้นทุนโดยรวม (Min Total Cost) มีค่าลดลงด้วย ในทางกลับกันหากต้นทุนการขนส่งสินค้ามีค่าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ต้นทุนโดยรวม (Min Total Cost) สูงขึ้นตามไปด้วย

ตาราง 12 การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองกรณีที่ 1

$E_{ij} = TC \times K_{ij}$ **ลดระยะทางอีก 30 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**													**Min total**
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,152	7,530	889	2,378	2,181	724	1,967	3,745	4,378	3,991	4,831	4,699	**875,260**
ขอนแก่น	5,777	8,123	3,514	5,004	4,806	3,350	1,448	1,119	1,753	2,749	2,206	2,074	
$E_{ij} = TC \times K_{ij}$ **ลดระยะทางอีก 20 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**													**Min total**
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,234	7,612	971	2,460	2,263	806	2,049	3,827	4,460	4,073	4,913	4,781	**904,098**
ขอนแก่น	5,859	8,205	3,596	5,086	4,888	3,432	1,530	1,201	1,835	2,831	2,288	2,156	
$E_{ij} = TC \times K_{ij}$ **ลดระยะทางอีก 10 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**													**Min total**
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,317	7,695	1,054	2,543	2,346	889	2,132	3,910	4,543	4,156	4,996	4,864	**932,936**
ขอนแก่น	5,942	8,288	3,679	5,169	4,971	3,515	1,613	1,284	1,918	2,914	2,371	2,239	
$E_{ij} = TC \times K_{ij}$ **ระยะทางที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริง (หน่วย: บาท)**													**Min total**
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,399	7,777	1,136	2,625	2,428	971	2,214	3,992	4,625	4,238	5,078	4,946	**961,759**
ขอนแก่น	6,024	8,370	3,761	5,251	5,053	3,597	1,695	1,366	2,000	2,996	2,453	2,321	

	$E_{ij} = TC \times K_{ij}$ **เพิ่มระยะทางอีก 10 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**												Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,481	7,859	1,218	2,707	2,510	1,053	2,296	4,074	4,707	4,320	5,160	5,028	**990,612**
ขอนแก่น	6,106	8,452	3,843	5,333	5,135	3,679	1,777	1,448	2,082	3,078	2,535	2,403	
	$E_{ij} = TC \times K_{ij}$ **เพิ่มระยะทางอีก 20 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**												Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,564	7,942	1,301	2,790	2,593	1,136	2,379	4,157	4,790	4,403	5,243	5,111	**1,019,450**
ขอนแก่น	6,189	8,535	3,926	5,416	5,218	3,762	1,860	1,531	2,165	3,161	2,618	2,486	
	$E_{ij} = TC \times K_{ij}$ **เพิ่มระยะทางอีก 30 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**												Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,646	8,024	1,383	2,872	2,675	1,218	2,461	4,239	4,872	4,485	5,325	5,193	**1,048,288**
ขอนแก่น	6,271	8,617	4,008	5,498	5,300	3,844	1,942	1,613	2,247	3,243	2,700	2,568	

2. ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความไวกรณีที่ 2

จากการวิเคราะห์ความไวกรณีที่ 2 การวิเคราะห์เฉพาะศูนย์ให้บริการบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) จัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด คือ การนำผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบกับปัญหา เพื่อแสดงการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรทราบค่า โดยการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 (i) ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวร (j) แสดงดังตารางที่ 13

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่าของต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 (i) ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวร (j) ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่านี้ พบว่า เมื่อต้นทุนการขนส่งสินค้าลดลง ผลของต้นทุนโดยรวม (Min Total Cost) มีค่าลดลงด้วย ในทางกลับกันหากต้นทุนการขนส่งสินค้ามีค่าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ต้นทุนโดยรวม (Min Total Cost) สูงขึ้นตามไปด้วย

ตาราง 13 การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองกรณีที่ 2

	$G_{ij} = TC \times R_{ij}$ **ลดระยะทางอีก 30 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**												Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	cost
ตาก	3,029	7,934	313	2,255	2,732	1,226	3,103	4,880	5,514	5,448	5,967	5,835	**3,061,633**
มุกดาหาร	7,777	9,711	5,514	7,004	6,814	5,349	3,350	2,461	-181	2,321	609	2,387	
	$G_{ij} = TC \times R_{ij}$ **ลดระยะทางอีก 20 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**												Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	cost
ตาก	3,111	8,016	395	2,337	2,814	1,308	3,185	4,962	5,596	5,530	6,049	5,917	**3,090,471**
มุกดาหาร	7,859	9,793	5,596	7,086	6,896	5,431	3,432	2,543	-99	2,403	691	2,469	
	$G_{ij} = TC \times R_{ij}$ **ลดระยะทางอีก 10 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**												Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	cost
ตาก	3,194	8,099	478	2,420	2,897	1,391	3,268	5,045	5,679	5,613	6,132	6,000	**3,119,309**
มุกดาหาร	7,942	9,876	5,679	7,169	6,979	5,514	3,515	2,626	-16	2,486	774	2,552	
	$G_{ij} = TC \times R_{ij}$ **ระยะทางที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริง (หน่วย: บาท)**												Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	cost
ตาก	3,276	8,181	560	2,502	2,979	1,473	3,350	5,127	5,761	5,695	6,214	6,082	**3,148,147**
มุกดาหาร	8,024	9,958	5,761	7,251	7,061	5,596	3,597	2,708	66	2,568	856	2,634	

$G_{ij} = TC \times R_{ij}$ **เพิ่มระยะทางอีก 10 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**													Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	cost
ตาก	3,385	8,263	642	2,587	3,061	1,555	3,432	5,209	5,843	5,777	6,296	6,164	**3,176,985**
มุกดาหาร	8,106	10,040	5,843	7,333	7,143	5,678	3,679	2,790	148	2,650	938	2,716	
$G_{ij} = TC \times R_{ij}$ **เพิ่มระยะทางอีก 20 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**													Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	cost
ตาก	3,441	8,346	725	2,667	3,144	1,638	3,515	5,292	5,926	5,860	6,379	6,247	**3,205,823**
มุกดาหาร	8,189	10,123	5,926	7,416	7,226	5,761	3,762	2,873	231	2,733	1,021	2,799	
$G_{ij} = TC \times R_{ij}$ **เพิ่มระยะทางอีก 30 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**													Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	cost
ตาก	3,523	8,428	807	2,749	3,226	1,720	3,597	5,374	6,008	5,942	6,461	6,329	**3,234,661**
มุกดาหาร	8,271	10,205	6,008	7,498	7,308	5,843	3,844	2,955	313	2,815	1,103	2,881	

3. ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความไวกรณีที่ 3

จากการวิเคราะห์ความไวกรณีที่ 3 การวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยหาต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด คือ การนำผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบกับปัญหา เพื่อแสดงการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรทราบค่า โดยการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 (i) ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวร (j) แสดงดังตารางที่ 14

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่าของต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งอยู่บนเส้นทาง R9 (i) ไปยังศูนย์ให้บริการของบริษัทกรณีศึกษา ที่เป็นจังหวัดชายแดนของประเทศไทย ที่มีจุดผ่านแดนถาวร (j) ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่านี้ พบว่า เมื่อต้นทุนการขนส่งสินค้าลดลง ผลของต้นทุนโดยรวม (Min Total Cost) มีค่าลดลงด้วย ในทางกลับกันหากต้นทุนการขนส่งสินค้ามีค่าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ต้นทุนโดยรวม (Min Total Cost) สูงขึ้นตามไปด้วย

ตาราง 14 การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองกรณีที่ 3

	$C_{ij} = TC \times S_{ij}$ **ลดระยะทางอีก 30 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**												**Min total**
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,152	7,530	889	2,378	2,181	724	1,967	3,745	4,378	3,991	4,831	4,699	
ขอนแก่น	5,777	8,123	3,514	5,004	4,806	3,350	1,448	1,119	1,753	2,749	2,206	2,074	**875,260**
ตาก	3,029	7,934	313	2,255	2,732	1,226	3,103	4,880	5,514	5,448	5,967	5,835	
มุกดาหาร	7,777	9,711	5,514	7,004	6,814	5,349	3,350	2,461	-181	2,321	609	2,387	
	$C_{ij} = TC \times S_{ij}$ **ลดระยะทางอีก 20 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**												**Min total**
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,234	7,612	971	2,460	2,263	806	2,049	3,827	4,460	4,073	4,913	4,781	
ขอนแก่น	5,859	8,205	3,596	5,086	4,888	3,432	1,530	1,201	1,835	2,831	2,288	2,156	**904,098**
ตาก	3,111	8,016	395	2,337	2,814	1,308	3,185	4,962	5,596	5,530	6,049	5,917	
มุกดาหาร	7,859	9,793	5,596	7,086	6,896	5,431	3,432	2,543	-99	2,403	691	2,469	

$C_{ij} = TC \times S_{ij}$ **ลดระยะทางอีก 10 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**													Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,317	7,695	1,054	2,543	2,346	889	2,132	3,910	4,543	4,156	4,996	4,864	
ขอนแก่น	5,942	8,288	3,679	5,169	4,971	3,515	1,613	1,284	1,918	2,914	2,371	2,239	**932,936**
ตาก	3,194	8,099	478	2,420	2,897	1,391	3,268	5,045	5,679	5,613	6,132	6,000	
มุกดาหาร	7,942	9,876	5,679	7,169	6,979	5,514	3,515	2,626	-16	2,486	774	2,552	
$C_{ij} = TC \times S_{ij}$ **ระยะทางที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริง (หน่วย: บาท)**													Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,399	7,777	1,136	2,625	2,428	971	2,214	3,992	4,625	4,238	5,078	4,946	
ขอนแก่น	6,024	8,370	3,761	5,251	5,053	3,597	1,695	1,366	2,000	2,996	2,453	2,321	**961,759**
ตาก	3,276	8,181	560	2,502	2,979	1,473	3,350	5,127	5,761	5,695	6,214	6,082	
มุกดาหาร	8,024	9,958	5,761	7,251	7,061	5,596	3,597	2,708	66	2,568	856	2,634	
$C_{ij} = TC \times S_{ij}$ **เพิ่มระยะทางอีก 10 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**													Min total
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	**cost**
พิษณุโลก	3,481	7,859	1,218	2,707	2,510	1,053	2,296	4,074	4,707	4,320	5,160	5,028	
ขอนแก่น	6,106	8,452	3,843	5,333	5,135	3,679	1,777	1,448	2,082	3,078	2,535	2,403	**990,612**
ตาก	3,385	8,263	642	2,587	3,061	1,555	3,432	5,209	5,843	5,777	6,296	6,164	
มุกดาหาร	8,106	10,040	5,843	7,333	7,143	5,678	3,679	2,790	148	2,650	938	2,716	

	$C_{ij} = TC \times S_{ij}$ **เพิ่มระยะทางอีก 20 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**												**Min total cost**
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	
พิษณุโลก	3,564	7,942	1,301	2,790	2,593	1,136	2,379	4,157	4,790	4,403	5,243	5,111	**1,019,450**
ขอนแก่น	6,189	8,535	3,926	5,416	5,218	3,762	1,860	1,531	2,165	3,161	2,618	2,486	
ตาก	3,441	8,346	725	2,667	3,144	1,638	3,515	5,292	5,926	5,860	6,379	6,247	
มุกดาหาร	8,189	10,123	5,926	7,416	7,226	5,761	3,762	2,873	231	2,733	1,021	2,799	
	$C_{ij} = TC \times S_{ij}$ **เพิ่มระยะทางอีก 30 กิโลเมตรจากระยะทางจริง (หน่วย: บาท)**												**Min total cost**
	เชียงราย	ระนอง	ตาก	พะเยา	น่าน	อุตรดิตถ์	เลย	หนองคาย	มุกดาหาร	บึงกาฬ	นครพนม	อุบลราชธานี	
พิษณุโลก	3,646	8,024	1,383	2,872	2,675	1,218	2,461	4,239	4,872	4,485	5,325	5,193	**1,048,288**
ขอนแก่น	6,271	8,617	4,008	5,498	5,300	3,844	1,942	1,613	2,247	3,243	2,700	2,568	
ตาก	3,523	8,428	807	2,749	3,226	1,720	3,597	5,374	6,008	5,942	6,461	6,329	
มุกดาหาร	8,271	10,205	6,008	7,498	7,308	5,843	3,844	2,955	313	2,815	1,103	2,881	

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึง ผลสรุปของงานวิจัย ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อรองรับต่อการขนส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) รวมถึงเสนอโครงข่ายโลจิสติกส์เส้นทางการขนส่งสินค้า และข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้เพื่อนำเสนอประเด็นงานวิจัยในอนาคต สามารถเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้ และสามารถนำไปต่อยอดในอนาคตได้

สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

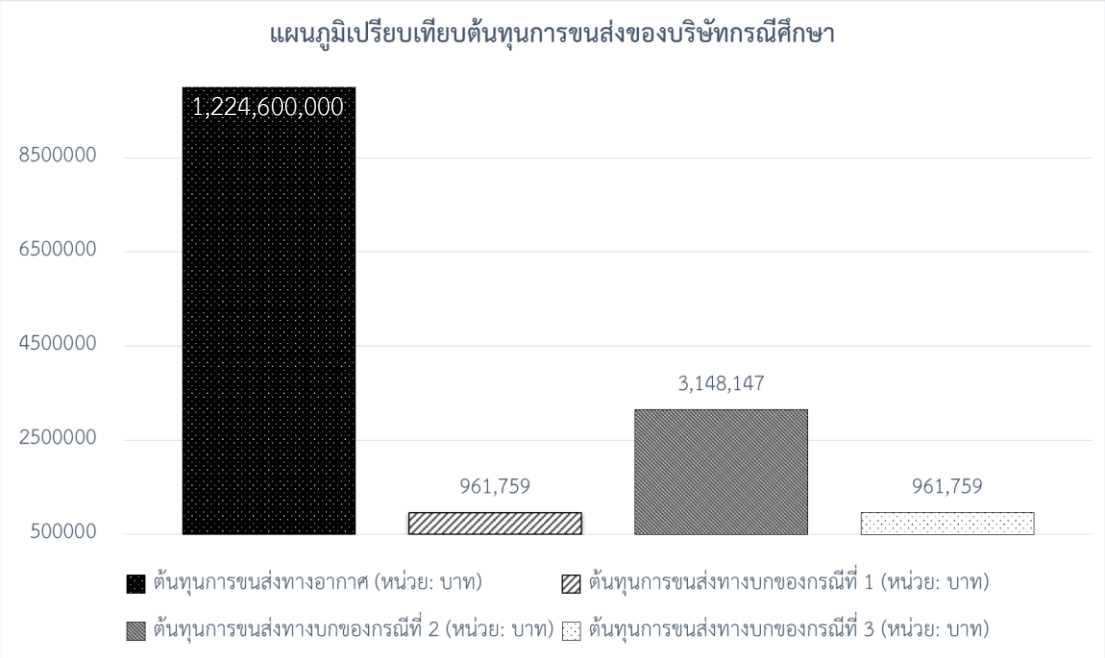
งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับช่วยในการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อรองรับต่อการขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งทางบกไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 สามารถสรุปผลรวมของต้นทุนการขนส่ง และเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนการขนส่งทางอากาศกับต้นทุนการขนส่งทางบก ที่ได้จากตัวแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ แสดงดังภาพที่ 33 โดยการแบ่งการพิจารณาของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยผลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม พบว่า ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดพิษณุโลก และศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดขอนแก่น ได้ถูกเลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรองรับต่อการขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งทางบก ไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว โดยมีต้นทุนต่ำที่สุด คือ 961,759 บาท

กรณีที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งเฉพาะศูนย์ให้บริการบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) ซึ่งอาจจะถูกจัดตั้งให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่ของบริษัทกรณีศึกษา โดยผลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม พบว่า ศูนย์ให้บริการจังหวัดตาก และศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดมุกดาหาร ได้ถูกเลือกให้เป็นที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่เพื่อรองรับต่อการขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งทางบก ไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว โดยมีต้นทุนต่ำที่สุด คือ 3,148,147 บาท

กรณีที่ 3 เป็นการวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) โดยผลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม พบว่า ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดพิษณุโลก และศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดขอนแก่น ได้ถูกเลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรองรับต่อการขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งทางบก ไปยังประเทศเมียนมา และ สปป.ลาว โดยมีต้นทุนต่ำที่สุด คือ 961,759 บาท

ซึ่งผลการวิเคราะห์ต้นทุนที่ได้จากแบบจำลองทั้งกรณีที่ 1 และกรณีที่ 3 สำหรับผลที่ได้จากการประมวลผ่านการประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver พบว่า มีผลรวมของต้นทุนที่เกิดขึ้นทั้งหมดต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับแบบจำลองในกรณีที่ 2



ภาพ 33 แผนภูมิเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนที่เกิดขึ้นของบริษัทกรณีศึกษา กับต้นทุนที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองในแต่ละกรณี

จากภาพที่ 33 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนผลการดำเนินงานวิจัย พบว่า การส่งพัสดุไปยังประเทศเพื่อนบ้านของบริษัทกรณีศึกษา ก่อนทำการปรับปรุงจะใช้วิธีการขนส่งทางอากาศโดยเครื่องบิน มีต้นทุนการขนส่งเท่ากับ 1,224,600,000 บาท เนื่องจากการขนส่งทางอากาศมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับการขนส่งในรูปแบบอื่น อีกทั้งในปัจจุบันเกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) ส่งผลให้รูปแบบการขนส่งทางอากาศต้องมีการปรับเปลี่ยนกฎระเบียบ และขั้นตอนการดำเนินงานต่าง ๆ ให้เป็นไปตามมาตราการรักษาความ

ปลอดภัย เพื่อป้องกันเชื้อไวรัสโคโรนา จึงทำให้เกิดอุปสรรคต่อการขนส่งทางอากาศเพิ่มขึ้น และหลังจากทำการศึกษาและปรับปรุง โดยสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและศูนย์ให้บริการที่มีอยู่เดิมของบริษัทกรณีศึกษา ให้รองรับต่อการขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งทางบกไปยังประเทศเพื่อนบ้านบนเส้นทางหมายเลข 9 (R9) คำนวณผลโดยประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับหาคำตอบของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ ทำให้ได้ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่มีผลรวมต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุดเท่ากับ 961,759 บาท ส่งผลให้ต้นทุนที่ได้จากแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์มีค่าน้อยกว่าต้นทุนการขนส่งทางอากาศ

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming : MILP) ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินธุรกิจของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งทางบก ระหว่างประเทศไทยกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เมียนมา และ สปป.ลาว อีกทั้งการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มแบบผสม MILP จากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการพัฒนาบริษัทการขนส่งอื่น ๆ ได้

2. ในงานวิจัยนี้ควรเพิ่มการวิเคราะห์ หรือปรับเปลี่ยนข้อสมมติฐาน และเงื่อนไขข้อบังคับต่าง ๆ เพื่อให้แบบจำลองมีความสมจริง หรือเสมือนจริงมากยิ่งขึ้น

3. ในงานวิจัยนี้การขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาดำเนินการด้วยรถบรรทุกสี่ล้อเครื่องยนต์ดีเซลเท่านั้น หากในอนาคตมีการเพิ่มประเภทยานพาหนะประเภทอื่น ๆ หรือใช้ยานพาหนะที่เป็นพลังงานทางเลือกเข้ามาร่วมด้วย จะทำให้งานวิจัยนี้เกิดความซับซ้อนของปัญหามากยิ่งขึ้น

4. งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยพิจารณาข้อมูลด้านต้นทุนในการตั้งศูนย์กระจายสินค้า และต้นทุนในการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาเพียงแห่งเดียวเท่านั้น ซึ่งสำหรับการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยนี้ในอนาคต ควรศึกษาข้อมูลร่วมกับบริษัทโลจิสติกส์ที่ดำเนินธุรกิจในภาคอุตสาหกรรมทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับระบบการขนส่งสินค้า เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถพิจารณาข้อมูลรูปแบบการขนส่งสินค้าที่หลากหลาย อีกทั้งยังสามารถเข้าถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และสามารถนำข้อมูลจริงมาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อให้งานวิจัยนี้มีผลลัพธ์ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบการขนส่งสินค้าของประเทศไทยต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

Alexandra Anderluh, Vera C Hemmelmayr, & Dag Rüdiger. (2020). Analytichierarchy process for city hub location selection- The Viennese case. *ScienceDirect, 46*, 77-84.

Anthony Ross, & Vaidyanathan Jayaraman. (2008). An evaluation of new heuristics for the location of cross-docks distribution centers in supply chain network design. *Computers & Industrial Engineering.* Retrieved July 26, 2020, from https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.12.001

Balram Avittathur, Janat Shah, & Omprakash K. Gupta. (2005). Distribution centre location modelling for differential sales tax structure. *European Journal of Operational Research.* Retrieved July 19, 2020, from https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.10.012

Eukeik.ee. (2021). E-commerce 2020 พร้อมเทรน 2021. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 กันยายน 2564, จาก https://marketeeronline.co/archives/207221.

Eusu Logistictics. (2015). Eusu Logistics Information System (ELIS). สืบค้นเมื่อวันที่ 22 กันยายน 2564, จาก https://www.eusu-logistics.com/en/elis.jsp.

Esther Segura, Rafael Bernardo Carmona-Benitez, & Angélica Lozano. (2014). Dynamic Location of Distribution Centres, a Real Case Study. *Transportation Research Procedia, 3*, 547-554.

Giuseppe Musolino, Corrado Rindone, Antonio Polimeni, & Antonino Vitetta. (2019). Planning urban distribution center location with variable restocking demand scenarios: General methodology and testing in a medium-size town. *Transport Policy, 80*, 157-166.

Hafize Yilmaz, & Özgür Kabak. (2016). A Multiple Objective Mathematical Program to Determine Locations of Disaster Response Distribution Centers. *IFAC-PapersOnLine, 49*(12), 520-525.

International Transport and Business School. (2550). ความหมายของการขนส่ง. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2563, จาก http://www.itbsthai.com/knowledge_detail.php.

Jian Zhao, Laijun Li, Huiyong Li, Meichen Sun, Yan Hu, Qingmi Mao, & Jianguang Xue. (2018). Location selection of intra-city distribution hubs in the metro-

integrated logistics system. *Tunnelling and Underground Space Technology.* Retrieved August 9, 2020, from https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.06.024

Lixing Yang, Xiaoyu Ji, Ziyou Gao, & Keping Li. (2007). Logistics distribution centers location problem and algorithm under fuzzy environment. *Journal of Computational and Applied Mathematics, 208*(2), 303-315.

Mahdi Alinaghian, Mohammad Aghaie, & Mohammad S. Sabbagh. (2019). A mathematical model for location of temporary relief centers and dynamic routing of aerial rescue vehicles. *Computers & Industrial Engineering, 131*, 227-241.

Microsoft. (2562). *การกำหนดและแก้ไขปัญหาโดยใช้ Solver*. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2563, จาก https://support.office.com/th-th/article/.

Ming-Shin Kuo. (2011). Optimal location selection for an international distribution center by using a new hybrid method. *Expert Systems with Applications*. Retrieved August 20, 2020, from https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.002

Mirinda. (2554). *การประยุกต์ใช้โปรแกรม Simulation*. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน 2563, จาก http://mirinda2512.blogspot.com.

Nona Onnela. (2015). *Determining the Optimal Distribution Center Location.* (Master's Degree Programme in Industrial Engineering and Management). Tampere University of Technology.

Pawel Drodziel, Monika Winska, Radovan Madlenak, & Pawel Szumski. (2017). Optimization of the Post Logistics Network and Location of the Local Distribution Center in Selected Area of the Lublin Province. *Procedia Engineering, 192*, 130-135.

Peide Liu, & Ying Li. (2020). Multiattribute decision method for comprehensive logistics distribution center location selection based on 2 -dimensional linguistic information. *Information Sciences, 538*, 209-244.

Pornpimol Chaiwuttisak, Honora Smith, Yue Wu, Chris Potts, Tasanee Sakuldamrongpanich, & Somchai Pathomsiri. (2016). Location of low-cost blood collection and distribution centres in Thailand. *Operations Research for Health Care, 9*, 7-15.

Positionning. (2551). *เส้นทางเศรษฐกิจและโอกาสในการเชื่อมโยงโลจิสติกส์ในอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2563, จาก https://positioningmag.com/40044.

Thanakrit Lersmethasakul. (2559). *กฎฮิวริสติก (Heuristics)*. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2564, จาก https://www.gotoknow.org/posts/609172.

Xin Tang, Fabien Lehuédé, & Olivier Péton. (2016). Location of distribution centers in a multi-period collaborative distribution network. *Electronic Notes in Discrete Mathematics, 52*, 293-300.

Yingfeng Ji, Hualong Yang, Yan Zhang, & Weixin Zhong. (2013). Location Optimization Model of Regional Express Distribution Center. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 96*, 1008-1013.

Z.Naji-Azimi, J.Renaud, A.Ruiz, & M.Salari. (2012). A covering tour approach to the location of satellite distribution centers to supply humanitarian aid. *European Journal of Operational Research, 222*(3), 596-605.

กมลชนก สุทธิวาทนฤพุฒิ. (2554). *การจัดการโลจิสติกส์*. กรุงเทพมหานครฯ: อินเตอร์เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพรส์.

กระทรวงการต่างประเทศ. (2558). *ความเป็นมาของประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 2563, จาก http://www.mfa.go.th/asean/th/other.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2559). *การขนส่งแบบผ่านศูนย์กระจายสินค้ากลาง*. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2564, จาก https://bsc.dip.go.th/th/category/logistics/lg-centertransport.

กฤติกร กระแสทิพย์, และชนะ เยี่ยงกมลสิงห์. (2559). *การพัฒนาโปรแกรมกึ่งสำเร็จรูป เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า และรูปแบบการกระจายสินค้าที่เหมาะสม กรณีศึกษาโรงงาน ABC.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

การรถไฟแห่งประเทศไทย. (2562). *โครงการต่าง ๆ ของการรถไฟ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2563, จาก http://www.railway.co.th/Home/Index.

กิตติคุณ ค้าขาย, และสราวุธ จันทร์สุวรรณ. (2562). *การศึกษาเพื่อจัดตั้งศูนย์ไปรษณีย์เชื่อมโยงการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ กรณีศึกษา การขนส่งไปรษณียภัณฑ์ของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กิตติพงษ์ รักษ์เจริญ. (2557). *การศึกษาระบบการขนส่งและเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า กรณีศึกษาธุรกิจรับจัดการจนส่งสินค้าของธุรกิจค้าปลีก*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

เกษศิรินทร ธีรธิติไชพา, และศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ. (2564). แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมสำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าบริษัทโลจิสติกส์. *วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา, 8*, (น.617-631).

ขจรศักดิ์ ไชยวงค์. (2560). *แนวทางการเลือกทำเลที่ตั้งสาขาของศูนย์การค้ามหสรรพสินค้า*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2556). *การจัดการคลังสินค้า Warehouse Management*. กรุงเทพ : โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิซซิ่ง, (น.226-230).

จรัสพรรณ แจ่มใส. (2557). *ไทยเป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ในอาเซียนได้ ถ้าช่วยกัน*. *FORBES THAILAND,* 2557.สืบค้นเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2563, จาก https://forbesthailand.com/commentaries.

จักรพรรดิ์ เชื้อนิล, และบุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน. (2556). ตัวแบบโดยรวมในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งการกระจายสินค้า และการลงทุนในศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 23*(3), (น.675-686).

จารุพงษ์ บรรเทา, พงษศักดิ์ นาใจคง, ธัญชนก งามสมโภชน์, เสาวลักษณ์ อาจใจ, และณัฐิญา วงละคร. (2560). ตัวแบบการกำหนดที่ตั้งคลังวัคซีน กรณีศึกษาโรงพยาบาลในเขตจังหวัดนครราชสีมา. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์, 8*, (น.494-500).

จิระเดช ดิษฐอำไพ, นิกร ศิริวงศ์ไพศาล, และเสกสรร สุธรรมานนท์. (2554). การศึกษาตัวแบบการกระจายสินค้าในจังหวัดสุราษฎ์ธานี. *วิศวกรรมสาร มข., 38*(2), (น.129-137).

จุฑามาศ อินทร์แก้ว. (2556). *การวิเคราะห์ปัจจัยการเลือกทำเลที่ตั้งสาขา กรณีศึกษา หจก. เอสเอสค้าไม้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

ณภัทร ศรีนวล, อดุลย์ นงภา, สิทธิโชค สินรัตน์, แววมยุรา คำสุข, และพิมสหรา ยาคล้าย. (2559). การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้า. *วารสารธุรกิจปริทัศน์, 8*(2), (น.75-90).

ณัฐธยาน์ โสกุล. (2559). *เส้นทางระเบียงเศรษฐกิจสายตะวันออก-ตะวันตก (East-West Economic Corridor: EWEC)*. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2563, จาก https://cite.dpu.ac.th/EWEC1.html.

ดวงขวัญ รณฤทธิวิชัย. (2554). *การวิเคราะห์หาจำนวนและที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์กระจายสินค้าผลิตภัณฑ์น้ำตาล ด้วยวิธีออพติไมเซชัน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิพวัลย์ ตันกสิกิจ. (2556). *การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม กรณีศึกษาโรงงานจานดาวเทียม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธนกร วิวัฒนากรวงศ์, และวงศธร เอ๊ฟวา. (2561). *การเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าด้วยวิธีแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์และวิธีจุดศูนย์ถ่วง กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารและเครื่องดื่ม.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ธนวันต์ วงศ์พันธุ์เที่ยง. (2555). *การศึกษาการเลือกที่ตั้งคลังสินค้าโดยใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ธนิต โสรัตน์. (2550). *การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ หรือ Multimodal Transport (MT) คืออะไร*. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2563, จาก http://www.logisticafe.com/2009/10.

ธนิต โสรัตน์. (2551). *ความสำคัญของศูนย์กระจายสินค้า (DC) ที่มีผลต่อการพัฒนาประเทศ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2563, จาก http://www.tanitsorat.com/view.php?id=184.

ธีระยุทธ แสนแก้ว. (2554). *การศึกษาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของเหล็กรูปพรรณกลวงเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปรางประเสริฐ น้อยสังข์, และชุมพล มณฑาทิพย์กุล. (2560). การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงปริมาณร่วมกับปัจจัยเชิงคุณภาพด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 5*(1), (น.60-70).

พงศกร วังศิลา, วนินทร สุภาพ, และจักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม. (2563). การศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 22*, (น.150-163).

พงษ์ชัย อธิคมรัตนกุล. (2556). *ก้าวย่างประเทศไทยในกระแสโลกาภิวัฒน์*. กรุงเทพ : สุขภาพใจ (พิมพ์ครั้งที่ 1).

พรเพิ่ม แซ่โง้ว. (2555). *การวิเคราะห์ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของอุตสาหกรรมต้มกลั่นสุราขาว กรณีศึกษาจังหวัดราชบุรี*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภรัณยา อำมฤครัตน, และพยุง มีสัจ. (2555). การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยขั้นตอนวิธีเคออสมีมีติกแบบหลายวัตถุประสงค์ Optimization by Multi-Objective Chaos-Memetic Algorithm. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ Information Technology Journal, 8*(1), (น. 54-61).

ภานุวัฒน์ พิมศร. (2561). *ข้อดีและข้อเสียของโปรแกรม Excel*. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2564, จาก http://pimson123.blogspot.com/p/execl_25.html.

ยุพิน วงษ์วิลาศ. (2557). *การวิเคราะห์การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า กรณีศึกษาธุรกิจบริการจัดส่งและกระจายสินค้าอุปโภคบริโภค*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยบูรพา.

รัฐพล ลิ้มสุขศรีกุล. (2554). *การวิเคราะห์หาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องจักรกลการเกษตร*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สถาบันทรัพย์สินแห่งปัญญา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2544). การใช้คลังปัญญาจุฬาฯ เพื่อประเทศไทยของอาจารยและนิสิตบัณฑิตศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. *วารสารบรรณารักษศาสตร์,* 31, ครั้งที่ 1.

สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. (2558). *บทที่ 3 ตัวแบบการขนส่ง (Transportation Model)*. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2564, จาก https://www.yumpu.com/it/document/vie.

สนธิกิจ ลิมปนาวาณิช. (2561). *การวิเคราะห์ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าสำหรับโซนภาคใต้ กรณีศึกษาบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สภาผู้ส่งสินค้าทางเรือแห่งประเทศไทย. (2559). *ซัพพลายเชนในกระบวนการขนส่ง (Logistics)*. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 มิถุนายน 2564, จาก http://www.thailandindustry.com.

สมโรตม์ โกมลวนิช, และอนันต์ ดีโรจนวงศ์. (2560). *ประเภทของคลังสินค้า*. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2564, จาก http://bkkwarehouse.com/warehouse/.

สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดตาก. (2557). *จุดเด่นและข้อได้เปรียบของไทยในตลาด*. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 2563, จาก https://pr.prd.go.th/tak/ewt_news.php?nid=.

สิริกานต์ จันทร์ศิริ. (2555). *การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาตร์สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายอุปกรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2564, จาก http://newtdc.thailis.or.th/docview.aspx?tdcid=55949.

สุชาติ ประกอบ. (2556). *การศึกษาการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมในเขตพื้นที่ภาคเหนือ กรณีศึกษาบริษัทตัวอย่างอุตสาหกรรมขนมอบกรอบประเภทเคล็กเกอร์และบิสกิต*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยบูรพา.

อนุรักษ์ สว่างวงค์. (2552). *การประยุกต์ใช้กระบวนการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบฟัซซี่ในการคัดเลือกพื้นที่จัดตั้งและระบบเชื่อมต่อของสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดเชียงใหม่แห่งที่ 3.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อุทัย มิตรช่วยรอด, พงศ์ หรดาล, และสมเดช เฉยไสย. (2554). การศึกษาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายน้ำมันในภาคตะวันออกของประเทศไทย. *วารสารวชาการอุตสาหกรรมศึกษา, 5*(1), (น.94-100).

ประวัติผู้วิจัย