การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อเชื่อมโยงโครงการรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น – เวียงจันทน์) ด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ภัทรวดี ประสมทรัพย์

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อเชื่อมโยงโครงการรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น – เวียงจันทน์) ด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ภัทรวดี ประสมทรัพย์

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อเชื่อมโยงโครงการรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น – เวียงจันทน์) ด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์"

ของ ภัทรวดี ประสมทรัพย์

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย เทพกรณ์)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร.ศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ดร.ใกล้รุ่ง พรอนันต์)

อนุมัติ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อเชื่อมโยงโครงการรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น – เวียงจันทน์) ด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัย ภัทรวดี ประสมทรัพย์

ประธานที่ปรึกษา ดร.ศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วท.ม. โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565

คำสำคัญ ศูนย์กระจายสินค้า, การเลือกทำเลที่ตั้ง, รถไฟลาว-จีน, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

บทคัดย่อ

รถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ได้ถูกสร้างขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางสายไหมแห่งศตวรรษที่ 21 และได้เปิดใช้งานอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2564 ซึ่งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งนี้ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและด้านการขนส่งของประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคอาเซียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทย บริษัทขนส่ง XYZ ได้ให้บริการขนส่งสินค้าทั้งภายในและต่างประเทศ สำหรับการขนส่งสินค้าไปยังต่างประเทศได้ดำเนินการขนส่งด้วยรูปแบบการขนส่งทางอากาศโดยบริษัทขนส่งที่มีความร่วมมือระหว่างกันเท่านั้น งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming: MILP) เพื่อสนับสนุนการเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ และ 2) เพื่อสร้างโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยการประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver พบว่าศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดอุดรธานี เป็นตำแหน่งทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุด เพื่อพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับและกระจายสินค้าผ่านการเชื่อมโยงไปยังรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น – เวียงจันทน์) โดยมีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด คือ 4,640,169 บาท สำหรับโครงข่ายโลจิสติกส์ที่ถูกพัฒนาขึ้นช่วยทำให้ทราบถึงโครงข่ายการเชื่อมโยงทั้งรูปแบบการขนส่งทางถนนและทางราง ทั้งที่มีอยู่เดิมในปัจจุบัน และกำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำเอาผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจในการขนส่งสินค้าและการเลือกตำแหน่งทำเลที่ตั้งได้

Title LOCATION SELECTION OF DISTRIBUTION CENTER FOR XYZ DELIVERY COMPANY FOR SUPPORTING LAOS – CHINA RAILWAY PROJECT (BOTEN - VIENTIANE) USING MATHEMATICAL MODELLING

Author Pattarawadee Prasomsab

Advisor Sirikarn Chansombat, Ph.D.

Academic Paper M.S. Thesis in Logistics and Supply Chain - (Type A 2), Naresuan University, 2022

Keywords Distribution Center, Location Selection, Laos-China railway, Mathematical model

ABSTRACT

The Laos - China railway (Boten - Vientiane) has been constructed as a part of the Belt and Road Initiative (BRI) strategy and officially opened on December 3rd, 2021. The implementation of the Belt and Road Initiative (BRI) transport infrastructure has had significant impacts on the economic and transportation aspects of the ASEAN region, especially Thailand. As a case study, the XYZ delivery company offers both domestic and international freight services, with air transport being utilized for international shipments through cooperation between transport companies. The objectives of this research were to: (i) develop a Mixed Integer Linear Programming (MILP) model to support the appropriate location selection of the existing distribution center of XYZ delivery company; and (ii) develop a logistics transportation network of XYZ delivery company. The proposed MILP model was tested using the software Microsoft Excel Solver. The result indicates that the distribution center located in Udon Thani province is the most appropriate location with the lowest total cost of 4,640,169 Baht. Furthermore, the developed logistics network reveals the existing and future transportation linkages for both road and rail transportation. The results of this study can be valuable to interested parties for making informed decisions related to transportation and location selection.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จาก ดร.ศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา ความรู้ ความเข้าใจ คำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้รับความช่วยเหลือ ความเอาใจใส่เป็นอย่างดีตลอดช่วงการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่อง จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ขอขอบพระคุณบริษัทขนส่ง XYZ ที่ได้ให้ความกรุณาเป็นบริษัทกรณีศึกษา และอีกทั้งได้รับความช่วยเหลือจากฝ่ายขนส่งสินค้า ที่สละเวลาอันมีค่าให้สัมภาษณ์ข้อมูลต่าง ๆ ตลอดทั้งการสนับสนุนด้านข้อมูล อันเป็นประโยชน์แก่การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา เป็นผู้ให้กำเนิด และครอบครัวของผู้วิจัย ที่ได้อบรมเลี้ยงดูด้วยความรัก ความเมตตา ความเอาใจใส่ ตลอดจนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา ทั้งนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าต่อไป ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ภัทรวดี ประสมทรัพย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

ประกาศคุณูปการ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

ที่มาและความสำคัญ 1

จุดมุ่งหมายของการศึกษา 5

ขอบเขตของงานวิจัย 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

ศูนย์กระจายสินค้าหรือคลังสินค้า 8

การเลือกทำเลที่ตั้ง 11

การขนส่ง (Transportation) 14

รูปแบบการขนส่ง 16

ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2580) 22

แผนพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่งในระยะ 20 ปี 24

แผนพัฒนาเส้นทางรถไฟของประเทศไทย 25

โครงการรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์).....28
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model).....31
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....41
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....47
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....47
ขั้นตอนการดำเนินงาน.....47
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....58
ผลการวิจัยการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....58
การประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver เพื่อหาผลลัพธ์ของแบบจำลอง.....64
ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel Solver.....73
ผลการวิจัยการพัฒนาโครงข่ายโลจิสติกส์.....79
การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitive Analysis).....80
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....84
สรุปผลการวิจัย.....84
ข้อเสนอแนะ.....85
บรรณานุกรม.....87
ประวัติผู้วิจัย.....94

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ปริมาณการขนส่งสินค้าภายในประเทศ (พันตัน).....19

ตาราง 2 ปริมาณการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ (พันตัน).....20

ตาราง 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....42

ตาราง 4 โครงสร้างต้นทุนการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ..52

ตาราง 5 ค่าธรรมเนียมการขนส่งสินค้าข้ามแดนไทย - สปป.ลาว.....52

ตาราง 6 ระยะทางในการขนส่งสินค้า.....53

ตาราง 7 ปริมาณสินค้าที่ต้องการจัดส่งไปสถานีรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)
.....54

ตาราง 8 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ.....55

ตาราง 9 สถานการณ์เพื่อทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....59

ตาราง 10 ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ 1.....74

ตาราง 11 ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ 2.....75

ตาราง 12 ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ 3.....77

ตาราง 13 สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล.....78

ตาราง 14 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งด้วยรถบรรทุก
เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ.....81

ตาราง 15 การวิเคราะห์อ่อนไหวโดยการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพื่อ
พัฒนาศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ.....83

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 การเชื่อมโยงภูมิภาคต่าง ๆ บนเส้นทางสายไหม 1

ภาพ 2 เส้นทางโครงการรถไฟลาว – จีน 3

ภาพ 3 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา 7

ภาพ 4 กรอบแนวคิดยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของไทยระยะ 20 ปี.....23

ภาพ 5 แผนการพัฒนาระบบขนส่งทางรางของประเทศไทย 26

ภาพ 6 เส้นทางโครงการรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์).....30

ภาพ 7 การติดตั้งฟังก์ชัน Solver เข้าสู่ Microsoft Excel.....38

ภาพ 8 การเลือก Add-in ฟังก์ชันของ Solver สำหรับโปรแกรม Microsoft Excel.....38

ภาพ 9 แแทบเครื่องมือของฟังก์ชัน Solver.....39

ภาพ 10 ไดอะล็อกบ็อกซ์ของ Solver Parameter 39

ภาพ 11 ไดอะล็อกบ็อกซ์เพื่อแสดงผลลัพธ์ที่ได้.....41

ภาพ 12 ข้อมูลปริมาณงานแยกตามประเภทการบริการต่อชิ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2563.....48

ภาพ 13 รูปแบบการส่งสินค้าจากประเทศไทยไปยัง สปป.ลาว ของบริษัทขนส่ง XYZ 49

ภาพ 14 เส้นทางการขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ไปยังสถานีรถไฟลาว - จีน ที่เป็นไปได้.....51

ภาพ 15 รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....57

ภาพ 16 ผลการประมวลการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของโปรแกรม Microsoft Excel Solver 63

ภาพ 17 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 1 65

ภาพ 18 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 1 66
ภาพ 19 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 2 68
ภาพ 20 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 2 69
ภาพ 21 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 3 71
ภาพ 22 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 3 72
ภาพ 23 ผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 1 74
ภาพ 24 ผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 2 76
ภาพ 25 ผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 3 77
ภาพ 26 โครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ 79

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

เส้นทางสายไหมศตวรรษที่ 21 (One Belt One Road : OBOR) ได้มีการเปลี่ยนชื่อเป็น Belt and Road Initiative (BRI) โครงการนี้ได้ถูกนำเสนอขึ้นโดยประธานาธิบดี สี จิ้นผิง เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถือเป็นยุทธศาสตร์หลักของสาธารณรัฐประชาชนจีนในการพัฒนาประเทศเพื่อเชื่อมโยงเส้นทางคมนาคมขนส่งกับประเทศอื่น ๆ ครอบคลุมกว่า 80 ประเทศทั่วโลก ทั้งในทวีปเอเชีย ยุโรป และแอฟริกา อีกทั้งเป็นแนวคิดในการสร้างความเชื่อมโยงและความร่วมมือด้านเศรษฐกิจด้วยการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมทางถนน รถไฟ ท่าเรือ รวมถึงการพัฒนาพื้นที่เขตเศรษฐกิจเพื่อเชื่อมต่อไปยังประเทศอื่น ๆ ซึ่งประกอบด้วย 2 เส้นทาง คือ วงแหวนเศรษฐกิจสายไหมทางบก (Silk Road Economic Belt) เป็นเส้นทางการคมนาคมทางถนนและทางรางจากสาธารณรัฐประชาชนจีนมุ่งหน้าไปยังทิศตะวันตก และเส้นทางสายไหมทางทะเล (Maritime Silk Road) เป็นเส้นทางทะเลจากสาธารณรัฐประชาชนจีนมุ่งหน้าเชื่อมโยงกับเส้นทางการค้า เอเชีย ยุโรป และแอฟริกา แสดงดังภาพ 1

ภาพ 1 การเชื่อมโยงภูมิภาคต่าง ๆ บนเส้นทางสายไหม

ที่มา: ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2560

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) มีพื้นที่ชายแดนติดต่อกับประเทศอื่น ๆ 5 ประเทศ ประกอบด้วย ทางทิศเหนือติดต่อกับสาธารณรัฐประชาชนจีน ทางทิศตะวันออกติดต่อกับสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือติดต่อกับสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา ทางทิศใต้ติดต่อกับราชอาณาจักรกัมพูชา และทางทิศตะวันตกติดต่อกับประเทศไทย โดย สปป.ลาว ถือได้ว่าเป็นประเทศที่ไม่มีทางออกสู่ทะเล (Land Locked) ถูกปิดล้อมด้วยประเทศต่าง ๆ จึงเกิดการประชุมของคณะรัฐมนตรีของประเทศ ในปี พ.ศ. 2558 เพื่อพัฒนาประเทศให้เป็นจุดศูนย์กลางในการเชื่อมโยงกับประเทศอื่น ๆ ทำให้เกิดการริเริ่มโครงการก่อสร้างรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยกระทรวงโยธาธิการและขนส่งสปป.ลาว ในปี พ.ศ. 2562 ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ไว้ว่า สปป.ลาว ได้รับการร่วมมือกับสาธารณรัฐประชาชนจีนในการลงทุนการก่อสร้าง 70 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับรัฐบาล สปป.ลาว 30 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่ารวม 730 ล้านเหรียญสหรัฐ โดยเส้นทางรถไฟจะวิ่งผ่านแขวงหลวงน้ำทา แขวงอุดมไซ แขวงหลวงพระบาง วังเวียง และแขวงเวียงจันทน์ รวมระยะทางทั้งหมด 412 กิโลเมตร ใช้ความเร็วในการให้บริการประชาชน 160 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ความเร็วในการขนส่งสินค้า 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (กระทรวงโยธาธิการและขนส่ง สปป.ลาว, 2562) ได้เปิดให้บริการอย่างเป็นทางการในวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2564 โดยมีแนวเส้นทางของโครงการดังกล่าว แสดงดังภาพ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงที่ตั้งของสถานีรถไฟแต่ละสถานีตามแนวเส้นทางรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) นับตั้งแต่เปิดให้บริการอย่างเป็นทางการ วันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2564 จนถึง วันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2565 มีจำนวนผู้โดยสารที่เดินทางด้วยการใช้รถไฟเส้นนี้ประมาณ 8.5 ล้านคน และมีการขนส่งสินค้าประมาณ 11.20 ล้านตัน เป็นสินค้าผ่านข้ามแดนมากถึง 2 ล้านตัน หรือคิดเป็นมูลค่าการนำเข้าและส่งออกประมาณ 13,000 ล้านหยวน ด้วยปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นของการขนส่งสินค้าผ่านการเชื่อมโยงกับโครงการนี้ จึงได้มีการเพิ่มขบวนรถไฟสำหรับการขนส่งสินค้าจากเดิม 6 ขบวนต่อวัน เป็น 12 ขบวนต่อวัน เพื่อรองรับต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสินค้าในอนาคตได้ (ศูนย์ธุรกิจไทยในจีน, 2565)

ภาพ 2 เส้นทางโครงการรถไฟลาว – จีน

ที่มา: ประชาชาติกราฟิก, 2565

สำหรับโครงข่ายระบบรางของประเทศไทยในปัจจุบันมีระยะทางทั้งหมด 4,044 กิโลเมตร โดยแบ่งเป็นรถไฟทางเดี่ยว 3,687 กิโลเมตร รถไฟทางคู่ 250 กิโลเมตร และรถไฟทางสาม 107 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 47 จังหวัด อีกทั้งการรถไฟแห่งประเทศไทยได้มีแผนยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางรางของประเทศให้สามารถเชื่อมโยงระบบคมนาคมขนส่งภายในประเทศ ประกอบด้วย การก่อสร้างรถไฟทางคู่เพิ่มเป็น 6,463 กิโลเมตร การก่อสร้างรถไฟความเร็วสูงจำนวน 4 เส้นทาง รวมระยะทาง 2,766 กิโลเมตร ศูนย์ขนส่งสินค้าจำนวน 39 แห่ง โดยโครงการก่อสร้างรถไฟความเร็วสูงที่เป็นความร่วมมือระหว่างประเทศไทยกับสาธารณรัฐประชาชนจีน คือ การก่อสร้างรถไฟความเร็วสูงช่วงจังหวัดกรุงเทพมหานครถึงจังหวัดหนองคาย มีความเร็วของรถไฟสูงสุดถึง 250 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ประกอบไปด้วย 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 โครงการก่อสร้างรถไฟความเร็วสูงช่วงจังหวัดกรุงเทพมหานครถึงจังหวัดนครราชสีมา ระยะทาง

โดยประมาณ 260 กิโลเมตร คาดว่าโครงการก่อสร้างจะแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2569 และระยะที่ 2 โครงการก่อสร้างรถไฟความเร็วสูงช่วงจังหวัดนครราชสีมาถึงจังหวัดหนองคาย ระยะทาง 356 กิโลเมตร ซึ่งจะใช้เวลาในการเดินทางจากกรุงเทพมหานครถึงหนองคายประมาณ 3 ชั่วโมง 15 นาที (การรถไฟแห่งประเทศไทย, 2563) และโครงการรถไฟความเร็วสูงภาคเหนือของประเทศไทย ช่วงจังหวัดกรุงเทพมหานครถึงจังหวัดเชียงใหม่อยู่ภายใต้ความร่วมมือระหว่างประเทศไทยและประเทศญี่ปุ่น แบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ช่วงจังหวัดกรุงเทพมหานครถึงจังหวัดพิษณุโลก และช่วงจังหวัดพิษณุโลกถึงเชียงใหม่ ระยะทางรวมทั้งหมด 669 กิโลเมตร โดยเป็นรถไฟที่สามารถวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 300 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้เวลาเดินทางทั้งหมดประมาณ 3 ชั่วโมง 16 นาที ซึ่งปัจจุบันได้ทำการศึกษาความเหมาะสมด้านวิศวกรรมเศรษฐกิจสังคมการเงินออกแบบกรอบรายละเอียดจัดทำเอกสารประกวดราคาและจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้การพัฒนารถไฟความเร็วสูงถือว่าเป็นการยกระดับคุณภาพการเดินทางทั่วประเทศให้มีความสะดวกรวดเร็วและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางหนึ่งของการสร้างการขนส่งอย่างยั่งยืน (Team Group, 2564) สามารถเพิ่มศักยภาพการเชื่อมต่อการเดินทางและการขนส่งระดับภูมิภาค สามารถช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจ การท่องเที่ยวทั้งภายในและระหว่างประเทศ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตให้แก่ประชาชนในพื้นที่ได้

สำหรับประเทศไทยนั้นมีอาณาเขตติดต่อกับ สปป.ลาว รวมระยะทาง 1,800 กิโลเมตร โดยติดต่อกับประเทศไทย 11 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดพะเยา จังหวัดน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดเลย จังหวัดหนองคาย จังหวัดนครพนม จังหวัดอำนาจเจริญ จังหวัดมุกดาหาร และจังหวัดอุบลราชธานี ติดกับ สปป.ลาว 9 แขวง ประกอบด้วย แขวงบ่อแก้ว แขวงไชยะบูลี แขวงเวียงจันทน์ นครหลวงเวียงจันทน์ แขวงบอลิคำไซ แขวงคำม่วน แขวงสะหวันนะเขต แขวงสาละวัน และแขวงจำปาสัก โดยประเทศไทยได้มีแผนการพัฒนาระบบคมนาคมเพื่อเชื่อมโยงระหว่างภูมิภาคไปจนถึงสาธารณรัฐประชาชนจีน และการเชื่อมโยงไปจนถึงทวีปยุโรปในอนาคต รวมถึงโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) นั้น ถือเป็นหนึ่งในแนวคิดการเชื่อมโยงเส้นทางรถไฟจากเมืองคุนหมิงไปจนถึงสิงคโปร์ มีแนวเส้นทางพาดผ่านจากสาธารณรัฐประชาชนจีน สปป.ลาว ประเทศไทย สหพันธรัฐมาเลเซีย และสาธารณรัฐสิงคโปร์ ทำให้ประเทศไทยมีโอกาสในการเป็นจุดศูนย์กลางทางการค้าของภูมิภาคอาเซียน อีกทั้งตำแหน่งทำเลที่ตั้งของประเทศไทยเปรียบเสมือนเป็นศูนย์กลางทางการค้าในหลายเส้นทางของระเบียงเศรษฐกิจอนุภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง ซึ่งในแต่ละเส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่มีแนวโน้มการเติบโตของระบบเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง จึงยิ่งส่งผลให้เกิดโอกาสทางเศรษฐกิจ การค้า การลงทุนให้กับประเทศเป็นอย่างมาก (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดตาก, 2557)

บริษัทขนส่ง XYZ เป็นบริษัทที่ให้บริการการขนส่งสินค้าทั้งภายในและต่างประเทศ มีการให้บริการโดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มธุรกิจ ประกอบด้วย 1) กลุ่มธุรกิจบริการขนส่งขนาดเล็ก เช่น บริการส่งจดหมาย ของตีพิมพ์ และจดหมายลงทะเบียนในประเทศ เป็นต้น 2) กลุ่มธุรกิจขนส่งและโลจิสติกส์ เช่น การขนส่งสินค้าสินค้าภายในประเทศเป็นสินค้าขนาดใหญ่และขนาดเล็ก อีกทั้งต้องการความรวดเร็วในการจัดส่งสินค้า เป็นต้น 3) กลุ่มธุรกิจบริการระหว่างประเทศ เช่น การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศโดยเป็นสินค้าขนาดไม่เกิน 20 กิโลกรัมต่อชิ้น เป็นต้น และ 4) กลุ่มธุรกิจค้าปลีกและการเงิน เช่น สินค้าที่บริษัทขนส่ง XYZ รับเป็นตัวแทนจำหน่ายและบริการทางการเงิน (Pay at Post) เป็นต้น ปัจจุบันบริษัท XYZ มีศูนย์กระจายสินค้าสำหรับการรองรับการขนส่งสินค้าทั้งหมด 19 แห่ง อยู่ใน 17 จังหวัดทั่วประเทศไทย ประกอบด้วย จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดชลบุรี จังหวัดราชบุรี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดแพร่ จังหวัดลำพูน จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดอุดรธานี จังหวัดขอนแก่น จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดสงขลา จังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดชุมพร ซึ่งการขนส่งสินค้าไปยังต่างประเทศของบริษัทขนส่ง XYZ นั้น มีรูปแบบการดำเนินการ โดยรวบรวมสินค้าที่มีจุดหมายปลายทางไปยังต่างประเทศ ไปยังศูนย์กระจายสินค้าสุวรรณภูมิ (จังหวัดสมุทรปราการ) เพื่อจัดส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งทางอากาศโดยเครื่องบินพาณิชย์เท่านั้น ทำให้เกิดต้นทุนในการขนส่งที่ค่อนข้างสูง

จากที่มาและความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญและโอกาสในการพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของบริษัทขนส่ง XYZ ให้สามารถเป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรองรับ รวบรวมและกระจายสินค้าไปยังโครงการรถไฟลาว-จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการขนส่งสินค้าไปยังต่างประเทศด้วยรูปแบบการขนส่งทางถนน ซึ่งถือได้ว่าเป็นรูปแบบการขนส่งที่มีต้นทุนที่ต่ำกว่าการขนส่งทางอากาศ

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การหาตำแหน่งทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)

2. เพื่อเสนอโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ จากศูนย์กระจายสินค้าเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ขอบเขตด้านข้อมูล ในงานวิจัยฉบับนี้ได้เก็บรวบรวมและนำเอาข้อมูลจากบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อมาใช้ในการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 ถึงปี พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นช่วงก่อนการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 หรือ COVID-19

2. ขอบเขตด้านพื้นที่การศึกษา ในงานวิจัยฉบับนี้ได้พิจารณาเฉพาะจังหวัดที่มีศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเท่านั้น ทั้งหมด 7 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดแพร่ จังหวัดลำพูน จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดอุดรธานี จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นพื้นที่ตามแนวของเส้นทางการขนส่งระบบรางในปัจจุบันและเป็นพื้นที่ตามแนวเส้นทางโครงการก่อสร้างรถไฟความเร็วสูงช่วงจังหวัดกรุงเทพมหานครถึงจังหวัดหนองคาย และช่วงจังหวัดกรุงเทพมหานครถึงจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งโครงการดังกล่าวอยู่ในแผนยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี เพื่อช่วยสร้างความเข้มแข็งให้กับเศรษฐกิจของประเทศไทย ผ่านระบบคมนาคมที่เชื่อมโยงไทยไปสู่อาเซียนและต่อไปถึงสาธารณรัฐประชาชนจีน ในอนาคตจะเป็นเส้นทางเชื่อมต่อไปถึงยุโรปตะวันออกได้ จึงถือได้ว่าพื้นที่การศึกษาที่ผู้วิจัยพิจารณานั้นมีโอกาสในการเป็นศูนย์กลางการคมนาคมทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศได้

3. ขอบเขตการศึกษาของโครงการรถไฟลาว - จีน ในงานวิจัยฉบับนี้ได้พิจารณาเส้นทางรถไฟช่วงบ่อเต็นถึงเวียงจันทน์ โดยพิจารณาเฉพาะสถานีที่เป็นสถานีหลักที่สามารถขนส่งสินค้าและรองรับผู้โดยสารได้ จำนวน 5 สถานี ได้แก่ สถานีรถไฟหลวงพระบาง สถานีรถไฟวังเวียง สถานีรถไฟนครหลวงเวียงจันทน์ สถานีรถไฟนาเตย และสถานีรถไฟเมืองไซ โดยขอบเขตการศึกษาด้านพื้นที่การศึกษาของจังหวัดที่มีศูนย์กระจายสินค้าของบริษัท XYZ เพื่อเชื่อมโยงโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) แสดงดังภาพ 3

ภาพ 3 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ที่มีศักยภาพเพื่อพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อจัดส่งสินค้าไปยังต่างประเทศผ่านการเชื่อมโยงกับโครงรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)

2. ทำให้ทราบถึงโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งสินค้าทั้งทางถนนและทางรางทั้งที่มีอยู่ในปัจจุบันและที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อเป็นอีกทางเลือกในการจัดส่งสินค้าไปยังต่างประเทศผ่านการเชื่อมโยงกับโครงรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานวิจัยของการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อเชื่อมโยงโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนและรวบรวมทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ศูนย์กระจายสินค้าหรือคลังสินค้า

"คลัง" ในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน แปลว่า "สถานที่สำหรับเก็บของเป็นจำนวนมาก ๆ" ดังนั้นคำว่า "คลังสินค้า" (Warehouse) หมายถึง สถานที่เก็บสินค้าเป็นจำนวนมาก และ "การคลังสินค้า" (Warehousing) หมายถึง การเก็บรักษาสินค้า คลังสินค้าเป็นหน้าที่หนึ่งของระบบการจัดจำหน่าย ทำการเก็บรักษาสินค้าในช่วงเวลาที่สินค้าได้ผลิตเสร็จแล้ว และรอการจำหน่าย สินค้าดังกล่าวอาจจะเป็นสินค้าที่จะเป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไปหรือเป็นสินค้าสำเร็จรูปที่จะนำไปใช้บริโภค ดังนั้น สินค้าคงคลัง (Inventory) ที่จัดเก็บในคลังสินค้า จึงจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ วัตถุดิบ (Raw Material) และสินค้าสำเร็จรูป (Finish Goods) และอาจจะมีสินค้าที่ยังอยู่ระหว่างการผลิตซึ่งยังผลิตไม่เสร็จเก็บอยู่ในคลังสินค้าด้วย เรียกว่า งานระหว่างทำ (Work in Process)

สำหรับกิจกรรมในคลังสินค้า มีวัตถุประสงค์เพื่อทำหน้าที่รักษาระดับสินค้าคงคลัง (Inventory Level) เพื่อสนับสนุนการผลิต (Manufacturing Support) เพื่อผสมสินค้า (Product - Mixing) เพื่อรวบรวมสินค้าก่อนจัดส่ง (Consolidation) และเพื่อแยกหีบห่อ (Break - Bulk) หรือ ทำหน้าที่เป็นศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) ด้วยความที่คลังสินค้ามีหน้าที่หลากหลาย ประโยชน์ของคลังสินค้าจึงมีมากมาย ดังนี้ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในเรื่องการขนส่ง เพื่อให้เกิดการประหยัดในระบบการผลิต เพื่อให้เกิดประโยชน์ในเรื่องการสั่งซื้อในปริมาณมาก และเพื่อใช้เป็นแหล่งของวัตถุดิบในการรองรับต่อความไม่แน่นอนของการซื้อวัตถุดิบ หรือเพื่อรองรับต่อความไม่แน่นอนของการขาย และเพื่อให้เกิดการบริหารต้นทุนโลจิสติกส์ที่ต่ำ (คำนาย อภิปรัชญาสุกล, 2553)

การแบ่งประเภทของคลังสินค้า สามารถทำได้โดยแบ่งตามลักษณะธุรกิจ ตามลักษณะงาน หรือแบ่งตามลักษณะสินค้าที่เก็บรักษา (คำนาย อภิปรัชญาสุกล, 2553) รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การแบ่งประเภทของคลังสินค้าตามลักษณะธุรกิจคลังสินค้า

สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ คลังสาธารณะ (Public Warehouse) และคลังส่วนตัว (Private Warehouse) แต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

1.1 คลังสาธารณะ (Public Warehouse) คือ คลังสินค้าที่เจ้าของธุรกิจเปิดขึ้นเพื่อรับเก็บสินค้าเป็นหลัก เป็นการเก็บค่าเช่าในการจัดเก็บสินค้า เช่น คลังห้องเย็นต่าง ๆ ที่รับจัดเก็บปลาแช่แข็งที่มาจากเมืองนอก โดยที่โรงงานแปรรูปไม่จำเป็นต้องการลงทุนสร้างคลังห้องเย็นเป็นของตัวเอง จะจัดจ้างให้คลังห้องเย็นหรือคลังสาธารณะ ช่วยจัดเก็บวัตถุดิบให้โดยคิดค่าจัดเก็บ เป็นต้น ข้อดีของคลังสาธารณะ คือ ใช้ประโยชน์ของต้นทุนมากขึ้น เนื่องจากมีการให้บริการแก่ลูกค้าหลายคน ช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่ได้ดี เป็นการลดความเสี่ยงจากการว่างของคลังสินค้า มีการใช้ประโยชน์เชิงเศรษฐศาสตร์ (Economies of Scale) มีความยืดหยุ่นสูง มีความรู้และความเชี่ยวชาญในเรื่องการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายมากกว่า สำหรับข้อเสียของคลังสาธารณะ อาจมีปัญหาเรื่องการสื่อสารข้อมูลเพราะมีระบบสื่อสารแตกต่างกัน ไม่มีการบริการพิเศษบางประเภท หรือพื้นที่อาจไม่เพียงพอในบางช่วงของความต้องการ

1.2 คลังส่วนตัว (Private Warehouse) คือ คลังโดยทั่วไปของบริษัท ซึ่งบริษัทหลายแห่งได้สร้างคลังในพื้นที่ของตัวเอง เช่น คลังวัตถุดิบคลังสินค้าสำเร็จรูป เป็นต้น และใช้ในการจัดเก็บวัตถุดิบ หรือสินค้าสำเร็จรูปของบริษัทเท่านั้น ข้อดีของคลังสินค้าประเภทนี้ คือ สามารถควบคุมได้ง่าย ต้นทุนต่ำ และมีการใช้แรงงานที่มีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อเสีย คือ ขาดความยืดหยุ่น มีข้อจำกัดทางด้านการเงิน และมีผลตอบแทนต่ำ

2. การแบ่งประเภทของคลังสินค้าตามลักษณะงาน

คลังสินค้าสำหรับเก็บรักษาสินค้า โดยคลังสินค้าชนิดนี้มีหน้าที่หลักในการเก็บรักษาสินค้าซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบของวัตถุดิบ หรือ รูปแบบของสินค้าสำเร็จรูป เพื่อทำหน้าที่ตอบสนองความต้องการของฝ่ายผลิตหรือร้านค้า ตามลำดับ ดังนั้น การจัดการสินค้าประเภทนี้จะเน้นเป็นการรักษาสภาพสินค้า และการป้องกันสินค้าสูญหายเป็นสำคัญ สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center: DC) และ ศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า (Cross Dock) แต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center: DC) คือ คลังสินค้าที่ทำหน้าที่ทั้งในฐานะเป็นคลังสินค้า (Warehouse) และเป็นหน่วยเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิต (Manufacturer) กับผู้ขายปลีก (Retailers) จะเป็นผู้ให้บริการทางด้านโลจิสติกส์ (Logistics Provider) ในด้านการจัดเก็บสินค้า และการจัดการขนส่งสินค้าสำเร็จรูปให้กับลูกค้าได้อย่างทันเวลาและถูกต้องตรงตามความต้องการของศูนย์กระจายสินค้า ส่วนใหญ่จะเป็นผู้ให้บริการภายนอก (Outsource) หรือ Third Party Logistics Service Providers (3PLS) จะทำหน้าที่รับสินค้าจากผู้ผลิตทุกรายมาเก็บในคลังสินค้าของตน โดยดำเนินการบริหารจัดการในการควบคุมปริมาณด้านเทคโนโลยีในการกระจายและจัดส่งสินค้าแทนเจ้าของสินค้าหรือผู้ผลิตสินค้า โดยรับผิดชอบงานขนส่งไปสู่ผู้รับสินค้า ซึ่งการใช้ศูนย์กระจายสินค้าเป็นตัวกลางจะทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งของผู้ผลิตไปสู่ผู้ขายปลีก หรือ ผู้ผลิตสามารถขนส่งสินค้ามาที่ศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียวเพื่อกระจายสินค้าได้ในรอบดียวและศูนย์กระจายสินค้าจะทำการกระจายสินค้าไปยังผู้ขายปลีกตามความถี่ที่ผู้ขายปลีกต้องการ ทำให้ผู้ขายปลีกไม่จำเป็นต้องมีที่เก็บสินค้าคงคลังจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายส่วนวัสดุคงคลังของร้านขายปลีกลดลง ส่งผลต่อความได้เปรียบในด้านการแข่งขันทั้งด้านราคาและความรวดเร็วในการบริการ

2.2 ศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า (Cross Dock) คือ คลังสินค้าสำหรับรับสินค้าและส่งสินค้าในเวลาเดียวกัน หรือ เป็นคลังสินค้าที่มีการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อใช้ในการขนถ่ายสินค้าจากพาหนะหนึ่งไปสู่อีกพาหนะหนึ่ง โดยศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าส่วนใหญ่เหมาะสมกับสถานที่มีลักษณะเป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าทำหน้าที่ในการบรรจุและคัดแยกสินค้า โดย Cross Dock จะทำหน้าที่เป็นสถานีเปลี่ยนถ่ายสินค้าระหว่างรูปแบบการขนส่ง อาจเป็นการรับสินค้าจากผู้จัดหาหลายราย (Suppliers) นำมาคัดแยก รวบรวม บรรทุกเพื่อจัดส่งให้ลูกค้าแต่ละราย ซึ่งจะจัดส่งต่อให้ลูกค้า ส่วนใหญ่จะเป็นร้านผู้ขายปลีก หรือ ร้านสะดวกซื้อที่มีความต้องการสินค้าย่อยที่หลากหลาย ซึ่ง Cross Dock มีลักษณะคล้ายคลังสินค้าที่มี 2 ด้าน คือ ด้านหนึ่งสำหรับใช้ในการรับสินค้า และอีกด้านหนึ่งใช้ในการจัดส่งสินค้า สินค้าที่นำเข้ามาใน Cross Dock จะมีกระบวนการคัดแยก บรรจุ และ รวบรวมสินค้า เพื่อจัดส่งไปให้กับผู้รับ โดยปกติแล้วจะมีการนำสินค้าเข้ามาเก็บและจัดส่งมักจะดำเนินการให้เสร็จสิ้นภายใน 24 ชั่วโมง ซึ่งภารกิจสำคัญของ Cross Dock คือ การเป็นตัวกลางในการรวบรวมสินค้า ให้สามารถจัดส่งได้เต็มคันรถ หรือ ใช้พื้นที่ในตู้คอนเทนเนอร์ให้ได้เต็มพิกัด ส่วนใหญ่แล้ว Cross Dock นั้นจะกระจายอยู่ตามภูมิภาคหรือจังหวัดที่เปรียบเสมือนเป็นศูนย์กลางของการขนส่ง จึงมีส่วนช่วยในการแก้ปัญหารถบรรทุกที่ไม่มีสินค้าในเที่ยวกลับได้ อีกทั้ง Cross Dock อาจจะทำหน้าที่เป็น Inland Container Depot (ICD) โดยสามารถเชื่อมโยงการขนส่ง

ในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งทางราง ทางถนน ทางอากาศ หรือทางน้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Cross Dock มีบทบาทที่สำคัญต่อการขนส่ง และเป็นปัจจัยสำคัญต่อการสนับสนุนรูปแบบการขนส่งที่เรียกว่า การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transport)

3. การแบ่งประเภทของคลังสินค้าตามลักษณะสินค้า

สำหรับการแบ่งประเภทคลังสินค้าตามลักษณะสินค้าสามารถแบ่งออกได้ 4 ประเภท ได้แก่ คลังสินค้าทั่วไป คลังสินค้าของสด คลังสินค้าอันตราย และคลังสินค้าพิเศษ มีรายละเอียดดังนี้

1) คลังสินค้าทั่วไป ทำหน้าที่เก็บสินค้าหลากหลายที่ไม่ต้องการการดูแลรักษาเป็นพิเศษ เช่น สินค้าอุปโภคและเครื่องใช้สอยทั่วไป เป็นต้น

2) คลังสินค้าของสด ทำหน้าที่เก็บสินค้าที่เป็นของสด เช่น อาหารสด ผัก ผลไม้ เป็นต้น ซึ่งสินค้าเหล่านี้ต้องการการรักษาดูแลเป็นพิเศษ ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อรักษาความสดใหม่ของสินค้า

3) คลังสินค้าอันตราย ทำหน้าที่เก็บสินค้าที่เป็นอันตราย ได้แก่ สารพิษ สารเคมี เชื้อเพลิง และวัตถุระเบิด เป็นต้น สิ่งสำคัญที่สุดของคลังสินค้าประเภทนี้ คือ การจัดการเพื่อแยกประเภทของวัตถุอันตรายแต่ละชนิด และการจัดเก็บที่เหมาะสมตามหลักการทางด้านวิทยาศาสตร์ของวัตถุอันตรายนั้น ๆ ต้องมีผู้ควบคุมดูแลระบบบำบัดมลพิษ ที่ได้รับใบอนุญาตโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

4) คลังสินค้าพิเศษ ส่วนใหญ่จะเป็นคลังสินค้าที่มีขนาดเล็กเพื่อใช้เก็บสินค้าที่มูลค่าสูง ซึ่งต้องได้รับการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสม เพื่อคงคุณสมบัติของสินค้าไว้ให้มีอายุยืนยาว เช่น ยา เครื่องเวชภัณฑ์ต่าง ๆ รวมถึงสารเคมีบางชนิด เป็นต้น

การเลือกทำเลที่ตั้ง

ทำเลที่ตั้ง หมายถึง สถานที่ทำการผลิต หรือ ปฏิบัติการเพื่อให้การดำเนินธุรกิจขององค์กรบรรลุได้ตามวัตถุประสงค์และนโยบายที่ได้ตั้งไว้ การเลือกทำเลที่ตั้งของแต่ละองค์กรต่าง ย่อมมีความแตกต่างกันไปตามประเภทของธุรกิจ การจัดหาหรือสรรหาสถานที่ สำหรับการประกอบธุรกิจให้มีประสิทธิภาพสูงสุดต้องคำนึงถึง กำไร ค่าใช้จ่าย พนักงาน ความสัมพันธ์กับลูกค้า ความสะดวกสบาย ตลอดจนสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

การเลือกทำเลที่ตั้งสถานประกอบธุรกิจ มีความสำคัญต่อความสำเร็จขององค์กร ซึ่งหากเลือกทำเลที่ตั้งไม่เหมาะสมจะทำให้องค์การธุรกิจประสบปัญหาในหลายด้าน เช่น ค่าขนส่งสูง

เนื่องจากสถานที่ประกอบธุรกิจห่างไกลจากแหล่งวัตถุดิบ และตลาด เป็นต้น นอกจากนี้อาจทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีคุณภาพ ขาดแคลนวัตถุดิบ รวมไปถึงปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งถือว่าเป็นอุปสรรคต่อการผลิตและการปฏิบัติงานขององค์กร ดังนั้น การพิจารณาการเลือกทำเลที่ตั้ง จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญต่าง ๆ หลายประการ เช่น การวางแผนกระบวนการผลิต การวางผังโรงงาน การขนส่ง แหล่งเงินทุนรายได้ แรงงาน และค่าจ้าง เป็นต้น โดยการเลือกทำเลที่ตั้งของโรงงานจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบและทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องอย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ได้ทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุด (คำนาย อภิปรัชญาสุกล, 2553) การเลือกทำเลที่ตั้งสามารถดำเนินการได้หลากหลายรายละเอียดดังนี้

1. การเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้าแบ่งตามมหัพภาคและจุลภาค

การเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้าสามารถใช้ได้ทั้งแนวทางมหัพภาค (Macro Approaches) และแนวทางจุลภาค (Micro Approaches) ซึ่งแนวทางมหัพภาคเป็นการวิเคราะห์เพื่อเลือกทำเลหรือพื้นที่ขนาดใหญ่ระดับประเทศและภูมิภาค ส่วนแนวทางจุลภาคเป็นการเลือกทำเลที่ตั้งแบบเฉพาะเจาะจงจากพื้นที่หรือประเทศที่เลือก จากแนวทางมหัพภาคในอดีตได้มีผู้เสนอแนวทางมหัพภาคสำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งไว้หลายแนวทาง โดยแนวทางของ Egar M. Hoover ซึ่งเสนอกลยุทธ์การเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้าไว้ 3 ประเภท (คำนาย อภิปรัชญาสุกล, 2553) ดังนี้

1.1 กลยุทธ์ทำเลที่ตั้งใกล้ตลาด (Market-Positioned Strategy) กลยุทธ์นี้จะกำหนดให้ตั้งคลังสินค้าอยู่ใกล้กับลูกค้าลำดับสุดท้าย (Final Customer) ให้ได้มากที่สุด เพื่อทำให้สามารถให้บริการลูกค้าได้ดีมากยิ่งขึ้น ซึ่งปัจจัยสำคัญในการเลือกทำเลที่ตั้งใกล้ลูกค้ามีหลายประการ เช่น ค่าขนส่ง รอบเวลาการส่งสินค้า ความอ่อนไหวของผลิตภัณฑ์ ขนาดของการสั่ง ความเพียงพอของพาหนะในพื้นที่ และระดับการให้บริการลูกค้าที่ต้องการ เป็นต้น

1.2 กลยุทธ์ทำเลที่ตั้งใกล้แหล่งผลิต (Production-Positioned Strategy) เป็นการกำหนดให้ที่ตั้งของคลังสินค้าอยู่ใกล้กับแหล่งวัตถุดิบ หรือ โรงงานให้มากที่สุด ซึ่งการตั้งคลังสินค้าใกล้แหล่งผลิตจะทำให้ระดับการให้บริการลูกค้าต่ำกว่ากลยุทธ์ทำเลที่ตั้งใกล้ตลาด แต่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งวัตถุดิบเข้าสู่โรงงาน

1.3 กลยุทธ์ทำเลที่ตั้งอยู่ระหว่างแหล่งผลิตและตลาด (Intermediately-Positioned Strategy) กลยุทธ์นี้จะกำหนดให้ตั้งคลังสินค้าอยู่ตรงกลางระหว่างแหล่งผลิตและตลาด กลยุทธ์นี้เหมาะสำหรับธุรกิจที่ต้องการให้บริการลูกค้าอยู่ในระดับสูง และมีโรงงานการผลิตหลายแห่ง

2. การเลือกทำเลที่ตั้งแบ่งตามการพิจารณาปัจจัย

ในการเลือกทำเลที่ตั้งควรคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน ไม่ควรมุ่งเน้นปัจจัยเพียงปัจจัยเดียว เนื่องจากต้นทุนที่ต่ำในทางหนึ่ง อาจจะไม่ได้ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด อย่างไรก็ดี ปัจจัยที่จะใช้พิจารณาควรเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดำเนินงานธุรกิจ เช่น ถ้าดำเนินกิจการคลังสินค้าชิ้นส่วนยานยนต์ ควรอยู่ในภาคตะวันออก เพราะตั้งอยู่ใกล้กับโรงงานผลิตรถยนต์ เป็นต้น ในการเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าต้องพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดำเนินกิจการคลังสินค้าไม่ว่าจะเป็นผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ ที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าจะต้องแยกพิจารณา (คำนาย อภิปรัชญาสุกล, 2553) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การพิจารณาปัจจัยเชิงคุณภาพ หมายถึง ปัจจัยที่ไม่อาจวัดออกมาในรูปของประมาณเป็นตัวเลขได้อย่างชัดเจน ซึ่งปัจจัยเชิงคุณภาพมีความสำคัญต่อการเปรียบเทียบทำเลที่ตั้งหลาย ๆ แห่ง เมื่อพิจารณาปัจจัยเหล่านี้แล้วก็อาจช่วยในการตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมในขั้นต้นได้ เช่น แหล่งสินค้า เส้นทางคมนาคมขนส่ง แหล่งแรงงานงาน ทัศนคติที่ดีของชุมชน เป็นต้น

2.2 การพิจารณาปัจจัยเชิงปริมาณ หมายถึง ปัจจัยที่สามารถวัดได้เป็นตัวเลขได้ ซึ่งมักแสดงในรูปของตัวเงินที่เรียกว่าต้นทุน ซึ่งถือเป็นปัจจัยทางเศรษฐกิจนั่นเอง การวิเคราะห์ต้นทุนเปรียบเทียบกัน ระหว่างทำเลที่ตั้งแต่ละแห่ง เพื่อให้สามารถหาทำเลที่ตั้งที่มีต้นทุนต่ำที่สุด แล้วนำเอาการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงคุณภาพ เข้ามาเป็นส่วนประกอบ เพื่อช่วยตัดสินใจในการเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าที่สามารถอำนวยประโยชน์ต่อการดำเนินธุรกิจให้ได้มากที่สุด

3. เทคนิคที่ใช้สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้ง

สำหรับเทคนิคที่ใช้สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้ง ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการประเมินการเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม มี 4 วิธี ได้แก่ วิธีวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง วิธีการประเมินความสำคัญของปัจจัย วิธีการหาระยะทางร่วมกับค่าขนส่ง และโปรแกรมเชิงเส้นตรง (ปรีชา ประเสริฐสกุลไชย, 2553) มีรายละเอียดดังนี้

3.1 วิธีวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of Gravity) เป็นวิธีในการหาตำแหน่งที่ให้ต้นทุนหรือระยะเวลาโดยรวมต่ำที่สุดในสถานการณ์ที่มีจุดปลายทางหลายจุด ซึ่งวิธีวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กับการหาตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้าที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีต้นทุนในการกระจายสินค้ามีค่าต่ำที่สุด โดยการวิเคราะห์ต้นทุนในการกระจายสินค้าเป็นฟังก์ชันของระยะทางและปริมาณสินค้าที่จะส่งให้กับจุดปลายทาง การวิเคราะห์นี้

จะใช้ร่วมกับการกำหนดจุดบนแผนที่ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของตำแหน่งของจุดปลายทางแต่ละจุด โดยจุดเด่นของการวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงนี้ คือ สามารถวิเคราะห์ตำแหน่งโดยอาศัยพิกัดจริงของโลก หรือ พิกัดที่สมมุติที่สร้างขึ้นและปริมาณที่มีอยู่โดยอาศัยน้ำหนักจริงของพื้นที่ตามสภาวะการที่กำหนดได้

3.2 วิธีการประเมินความสำคัญของปัจจัย (Factor Rating) เป็นการเลือกทำเลที่ตั้งเพียงแห่งเดียว โดยการนำเอาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จขององค์กรมาพิจารณาเพื่อตัดสินใจเลือก เช่น ต้นทุนด้านแรงงาน สภาพแวดล้อม พลังงาน และการคมนาคม เป็นต้น โดยจะใช้ทั้งปัจจัยเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ การประเมินปัจจัยแต่ละปัจจัยต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเชิงเทคนิคในแต่ละด้านเป็นผู้ประเมิน จึงจะทำให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ และสามารถค้นหาตำแหน่งที่ตั้งที่ถูกต้องและมีความเหมาะสมได้

3.3 วิธีการหาภาระงานร่วมกับระยะทาง (Load-Distance Technique) เป็นวิธีการเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมเพียงแห่งเดียว โดยการคำนวณหาระยะทางของแต่ละทำเลที่ตั้งคูณเข้ากับอัตราค่าขนส่งของแต่ละทำเลที่ตั้งตามระยะทางที่วัดเป็นเส้นตรง ทำเลที่ตั้งที่มีคะแนนต่ำที่สุดถือว่าเป็นทำเลที่ตั้งที่ก่อให้เกิดต้นทุนค่าขนส่งที่ต่ำที่สุด

3.4 โปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming) เป็นการนำเอาหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ไขปัญหาที่ต้องการทราบ หรือการหาคำตอบที่ดีและเหมาะสมที่สุด เช่น การหาตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าที่เหมาะสม สถานที่ที่เหมาะกับการขายมากที่สุด และมีต้นทุนต่ำที่สุด เป็นต้น

การขนส่ง (Transportation)

การขนส่ง (Transportation) หมายถึง การเคลื่อนย้ายคน (People) สัตว์ (Animal) สิ่งของ (Goods) จากสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่อีกแห่งหนึ่งเท่านั้น ซึ่งขนส่งยังมีความหมายกว้างขวางโดยครอบคลุมไปถึงการขนส่ง การขนถ่าย การเคลื่อนย้ายคนหรือสิ่งของภายในอาคาร ภายในบ้าน ภายในที่ทำงานหรือภายในโรงงานด้วย ดังนั้นหากยึดคำจำกัดความถูกต้องแล้วการที่มนุษย์เดินอยู่ภายในบ้าน การใช้รถเข็นช่วยบรรทุกของเมื่อซื้อสินค้าหรือการที่กรรมกรขนถ่ายสินค้าที่ท่าเรือก็นับเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการขนส่งเช่นเดียวกัน (จักรกฤษณ์ ดวงพัสตรา, 2543)

บทบาทที่สำคัญของการขนส่ง มีส่วนช่วยสนับสนุนการกระจายสินค้าสู่ตลาด เนื่องจากการขนส่งทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายปัจจัยการผลิตจากแหล่งผลิตต่าง ๆ มาสู่โรงงาน เพื่อใช้ในการผลิตสินค้า เมื่อผลิตกลายเป็นสินค้าสำเร็จรูปก็ถูกนำมาจัดเก็บไว้ในคลังสินค้าเพื่อจัดส่งผ่านไปยังพ่อค้าคน

กลาง จนกระทั่งถึงมือของผู้บริโภคตามเวลาที่ต้องการและตามสถานที่ที่ผู้บริโภคสะดวกซื้ออีกด้วย นอกจากนี้การขนส่งยังส่งผลต่อต้นทุนโดยรวมอีกด้วย เพราะค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ถือเป็นส่วนหนึ่งในการกำหนดราคาสินค้าที่จำหน่ายในท้องตลาด (ประจวบ กล่อมจิตร, 2556)

ต้นทุนการขนส่ง (Transportation Cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการกิจกรรมการขนส่งและการบริการ สามารถจำแนกออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะของกิจกรรมที่ส่งผลให้เกิดต้นทุน (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม, 2552) ได้แก่ ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) ต้นทุนรวม (Total Cost หรือ Joint Cost) และต้นทุนเที่ยวกลับ (Back Haul Cost) มีรายละเอียดดังนี้

1) ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ตามการผลิต ไม่ว่าจะผลิตเป็นจำนวนมากหรือจำนวนน้อย หรือไม่ทำการผลิตเลย ต้นทุนนี้ยังคงเกิดขึ้น เช่น ค่าเช่าที่ดินหรืออาคาร ค่าประกันภัย ค่าทะเบียนยานพาหนะ ค่าเสื่อมราคา เงินเดือนของพนักงานประจำ ค่าใบอนุญาตเช่าสถานที่ เป็นต้น

2) ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการผลิต อาจเรียกว่า ต้นทุนดำเนินงาน (Operation Cost) ถ้าให้บริการขนส่งมากต้นทุนก็มากตาม ถ้าให้บริการขนส่งน้อยต้นทุนนี้ก็น้อย หรือถ้าไม่มีบริการก็ไม่ต้องจ่ายต้นทุนนี้เลย ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เป็นต้น

3) ต้นทุนรวม (Total Cost หรือ Joint Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่าง ๆ หรือ ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรรวมกัน ถือเป็นต้นทุนของการบริการทั้งหมด ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสำหรับการขนส่งสินค้า โดยไม่สามารถแยกออกได้ว่าต้นทุนของการขนส่งสินค้าหรือบริการแต่ละประเภทนั้นเป็นเท่าใด เช่น การขนส่งทางรถไฟ โดยรถขบวนหนึ่งอาจมีทั้งผู้โดยสาร สินค้าและบริการอยู่ในขบวนเดียวกัน ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจะเป็นต้นทุนรวมกัน เพราะไม่สามารถแยกออกได้ว่าเป็นต้นทุนในการขนส่งผู้โดยสาร หรือเป็นต้นทุนสำหรับการขนส่งสินค้าและบริการ เป็นต้น ดังนั้นต้นทุนที่เกิดขึ้นในการขนส่งเที่ยวนั้น ก็ควรจะแบ่งสรรไปยังสินค้าแต่ละชนิดที่ขนส่งในเที่ยวนั้น การที่ต้องแบ่งสรรต้นทุนเช่นนี้ถือว่าเป็นประโยชน์ต่อธุรกิจ ทำให้ทราบได้ว่าสินค้าแต่ละประเภทที่ดำเนินการอยู่นั้นมีต้นทุนอยู่เท่าไร และสามารถสร้างกำไรให้มากน้อยเพียงใด ต้นทุนรวมที่สามารถแยกได้ชัดเจน เช่น ค่าน้ำมันซึ่งอาจคิดเฉลี่ยค่าน้ำมันแต่ละเที่ยวไปตามน้ำหนักบรรทุกสินค้า เป็นต้น

4) ต้นทุนเที่ยวกลับ (Back Haul Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่รวมเอาลักษณะของค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) เข้าไปด้วย ถือเป็นค่าชดเชยที่ต้องทำให้เสียโอกาสขึ้น ในกรณีของ

การขนส่ง หมายถึง การที่ต้องบรรทุกผู้โดยสาร สินค้าหรือบริการ ไปส่งยังจุดหมายปลายทางแล้วขากลับจะไม่มีสินค้าหรือผู้โดยสารกลับด้วย กรณีนี้จึงต้องมีต้นทุนเที่ยวกลับรวมไว้ในการคิดต้นทุนค่าบริการขนส่ง ซึ่งถือได้ว่าเกิดความสูญเปล่าขึ้น ดังนั้นผู้ประกอบการขนส่งต้องคำนึงถึงต้นทุนเที่ยวกลับด้วย ในกรณีของธุรกิจที่มีรถบรรทุกสินค้าเองก็ควรคำนึงถึงต้นทุนนี้ด้วยเช่นกัน

การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transport)

การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transport) เป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าด้วยวิธีการผสมผสานการขนส่งตั้งแต่ 2 รูปแบบขึ้นไปเพื่อจัดส่งจากสถานที่หนึ่งหรือจากผู้ส่งสินค้าต้นทางไปสู่สถานหนึ่ง ภายใต้การบริหารจัดการของผู้ขนส่งรายเดียว และมีสัญญาขนส่งฉบับเดียว เหมาะสำหรับการขนส่งเชื่อมโยงในระดับภูมิภาคหรือการขนส่งระหว่างประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาของการขนส่ง (Just In Time) ลดต้นทุน (Reduce Transportation Cost) เพิ่มประสิทธิภาพให้มีศักยภาพการแข่งขัน (Core Competitiveness) และให้สินค้ามีและความปลอดภัยที่ดีกว่า (More Cargoes Security) หรือเป็นวิธีการขนส่งสินค้าแบบเบ็ดเสร็จที่ครอบคลุมการขนส่งทุกประเภท โดยผู้ประกอบการเพียงรายเดียว ในการสนองความต้องการของกระบวนการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโลจิสติกส์และลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของธุรกิจ (ธนิต โสรัตน์, 2550)

โดยการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ เป็นการขนส่งสินค้าต่อเนื่องระหว่างการขนส่งทางบกกับการขนส่งทางทะเล หรืออาจเป็นการขนส่งทางทะเลกับการขนส่งทางอากาศ เป็นการขนส่งทั้งในประเทศและหรือระหว่างประเทศ ซึ่งการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบอาจถูกนำมาใช้กับการขนส่งของทั้งการขนส่งภายในประเทศ (Domestic Multimodal Transport) และการขนส่งระหว่างประเทศ (International Multimodal Transport) แต่โดยทั่วไปแล้ว การขนส่งของที่จำเป็นต้องใช้รูปแบบการขนส่งที่แตกต่างกันตั้งแต่สองรูปแบบขึ้นไปขนส่งของต่อเนื่องกันไป มักเป็นการขนส่งที่มีระยะทางไกล ๆ จึงนิยมนำเอาการขนส่งต่อเนื่องดังกล่าวไปใช้กับการขนส่งของระหว่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งจะต้องเป็นการขนส่งของตามสัญญาฉบับเดียวด้วย (ธนิต โสรัตน์, 2550)

รูปแบบการขนส่ง

สำหรับรูปแบบการขนส่งในประเทศไทยนั้น ปัจจุบันมี 4 รูปแบบ ได้แก่ การขนส่งทางบก การขนส่งทางน้ำ การขนส่งทางอากาศ และการขนส่งทางท่อ มีรายละเอียดดังนี้

1. การขนส่งทางบก (Land Transportation) สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 รูปแบบ ประกอบด้วย

1.1 การขนส่งทางถนน (Road Transportation) เป็นรูปแบบการขนส่งที่มีปริมาณสูงที่สุด และเป็นรูปแบบการขนส่งหลักที่นิยมใช้ในมากที่สุด การขนส่งทางถนนสามารถดำเนินการด้วยการใช้รถบรรทุก 4 ล้อ 6 ล้อ 10 ล้อ หรือมากกว่า 10 ล้อ เป็นยานพาหนะในการเคลื่อนย้ายสินค้า กล่าวได้ว่า สินค้าทุกชนิดสามารถขนส่งได้โดยการขนส่งทางถนน ข้อดีที่สำคัญที่สุดของการขนส่งทางถนน ได้แก่ คุณลักษณะที่เรียกว่าบริการถึงที่หรือ Door-to-Door Service หรือการนำสินค้าไปส่งได้ถึงบ้าน ทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคได้รับความสะดวกสบายมากกว่ารูปแบบการขนส่งอื่น ๆ ในปัจจุบันประเทศไทยมีโครงข่ายถนนค่อนข้างดีมากทั้งในเขตเมืองและนอกเมืองการ ขนส่งสินค้าทางถนนสามารถเข้าถึงได้ทั่วทุกอำเภอทุกจังหวัดในประเทศไทย

1.2 การขนส่งทางราง (Rail Transportation) เกิดขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 5 ซึ่งสินค้าที่ขนส่งทางรางมักจะเป็นสินค้าที่มีการขนย้ายจำนวนมาก เช่น ข้าว น้ำตาล ปูนซีเมนต์ ถ่านหิน ก๊าซและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม เป็นต้น ในรอบหลายปีที่ผ่านมา การขนส่งสินค้าทางรถไฟมีปริมาณและมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น แต่ยังประสบปัญหาหลายประการ ทั้งด้านโครงข่ายที่ไม่ทั่วถึงและการเชื่อมโยงระหว่างการขนส่งทางรางกับการขนส่งวิธีอื่น ๆ ทำให้เกิดข้อจำกัดในการเลือกใช้ค่อนข้างมาก ปัจจุบันการขนส่งทางรางมีความยาวทั้งสิ้น 4,815 กิโลเมตร เส้นทางวิ่งผ่าน 47 จังหวัด ของประเทศไทย

2. การขนส่งทางน้ำ (Water Transportation) เป็นการขนส่งที่มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุด ไม่จำเป็นต้องมีเส้นทาง อาศัยเพียงเส้นทางตามธรรมชาติ เช่น คลอง แม่น้ำ ทะเล และมหาสมุทร แต่การขนส่งทางน้ำนั้นยังมีข้อเสียเปรียบด้านเวลา ซึ่งเป็นการส่งที่ไม่สามารถระบุเวลาได้ ดังนั้นจึงเหมาะกับสินค้าที่ไม่มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาส่งมอบสินค้า เช่น วัสดุก่อสร้างจำพวกอิฐ หิน ปูน ทราย เป็นต้น การขนส่งทางน้ำอาจแบ่งย่อยออกเป็น 2 รูปแบบตามลักษณะของเส้นทางขนส่ง ได้แก่

2.1 การขนส่งทางลำน้ำ (Inland Water Transportation) หมายถึง การขนส่งทางน้ำที่ใช้สายน้ำในแผ่นดินเป็นเส้นทางขนส่งสินค้า ได้แก่ การขนส่งผ่านคลองและแม่น้ำ เส้นทางการขนส่งทางลำน้ำที่สำคัญของประเทศไทย คือ แม่น้ำโขง เจ้าพระยา ท่าจีน ป่าสัก แม่กลอง และแม่น้ำบางปะกง

2.2 การขนส่งทางทะเล (Sea and Ocean Transportation) หมายถึง การขนส่งทางน้ำที่ผ่านทะเลและมหาสมุทร การขนส่งรูปแบบนี้ต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมากในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ท่าเรือ และจุดเชื่อมต่อกับการขนส่งทางถนน และทางราง เป็นการขนส่งระหว่างประเทศที่มีมูลค่ามากที่สุด อาจกล่าวได้ว่าสินค้านำเข้าและส่งออกเกือบทั้งหมดของประเทศ

ไทยใช้รูปแบบการขนส่งทางทะเลโดยทั้งสิ้น ในปัจจุบันการขนส่งทางทะเลของประเทศไทยเกือบทั้งหมดจะผ่านท่าเรือ 2 แห่ง ได้แก่ ท่าเรือกรุงเทพ (คลองเตย) และท่าเรือน้ำลึกแหลมฉบัง

3. การขนส่งทางอากาศ (Air Transportation) เป็นรูปแบบการขนส่งที่ไปได้ไกล และรวดเร็วที่สุด แต่มีต้นทุนต่อหน่วยสูงสุด จำเป็นต้องก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานจำนวนมาก เพื่อรองรับรูปแบบการขนส่งทางอากาศทั้งระบบ อีกทั้งต้องอาศัยระบบขนส่งสินค้าทางถนน เพื่อให้สินค้าไปถึงลูกค้าที่ปลายทางตามพื้นที่ต่าง ๆ ได้ ปัจจุบันประเทศไทยมีสนามบินที่ให้บริการเชิงพาณิชย์ 35 แห่ง จำแนกออกได้ดังต่อไปนี้

3.1 สนามบินระหว่างประเทศ (International Airports) ดำเนินการโดยบริษัท ท่าอากาศยานไทยจำกัด (มหาชน) จำนวน 6 แห่ง ได้แก่ สนามบินดอนเมือง สุวรรณภูมิ เชียงใหม่ เชียงราย ภูเก็ต และหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ปริมาณการขนส่งสินค้าของประเทศไทยเกือบทั้งหมดผ่านท่าอากาศยานเหล่านี้

3.2 สนามบินภายในประเทศ (Domestic Airports) เกือบทั้งหมดบริหารโดยกรมการขนส่งทางอากาศ กระทรวงคมนาคม ยกเว้นสนามบินสุโขทัย สมุย และระนอง ซึ่งบริหารโดยบริษัท การบินกรุงเทพ จำกัด นอกจากนี้ยังมีสนามบินอู่ตะเภา จังหวัดระยอง ซึ่งเป็นของกองทัพเรือ

4. การขนส่งทางท่อ (Pipeline Transportation) เป็นระบบการขนส่งที่มีลักษณะเฉพาะเนื่องจากสินค้าที่ขนส่งต้องอยู่ในรูปของเหลว เป็นการขนส่งทางเดียวจากแหล่งผลิตไปยังปลายทาง ไม่มีการขนส่งเที่ยวกลับ สินค้าที่นิยมขนส่งทางท่อ ได้แก่ น้ำ น้ำมันดิบ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และก๊าซธรรมชาติ ในส่วนของน้ำมันนั้น มีผู้ให้บริการขนส่งน้ำมันทางท่ออยู่ 2 ราย ได้แก่ บริษัท ท่อส่งปิโตรเลียมไทย จำกัด และบริษัท ขนส่งน้ำมันทางท่อ จำกัด ซึ่งทั้งหมดเริ่มจากโรงกลั่นน้ำมันของบริษัทต่าง ๆ ตามพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกและกรุงเทพมหานคร ไปยังคลังน้ำมันทางด้านเหนือของกรุงเทพมหานครและที่สระบุรี ความยาวท่อรวมประมาณ 430 กิโลเมตร ปัจจุบันการใช้ประโยชน์ท่อส่งน้ำมันยังไม่เต็มที่เท่าที่ควร ช่วงท่อที่ใช้งานมากที่สุด คือ ช่วงระหว่างคลังน้ำมันลำลูกกาไปยังสนามบินสุวรรณภูมิ ซึ่งเป็นการส่งน้ำมันไปให้บริการแก่สายการบินต่าง ๆ มีอัตราการใช้ประโยชน์ของช่วงดังกล่าวก็เพียงแค่ประมาณร้อยละ 50 ของความจุเท่านั้น ผู้ประกอบการยังนิยมขนส่งน้ำมันทางถนนมากกว่า เนื่องจากต้นทุนค่าขนส่งต่ำ ไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มเติม และมีโครงข่ายทั่วถึงทั้งประเทศ

หากพิจารณาสัดส่วนรูปแบบการขนส่งสินค้าภายในประเทศ พบว่าปี พ.ศ. 2562 การขนส่งภายในประเทศปริมาณรวม 617,036 พันล้านชิ้น ซึ่งมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.9 โดยมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นจากทางรางร้อยละ 0.3 การขนส่งทางน้ำร้อยละ 5.1 ทั้งนี้ปริมาณการขนส่งทางถนนมีอัตราการขยายตัวลดลงร้อยละ 0.1 และการขนส่งทางอากาศลดลงร้อยละ 23.7 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2561 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562) โดยแสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ปริมาณการขนส่งสินค้าภายในประเทศ (พันตัน)

รูปแบบการขนส่ง	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562
ทางถนน	482,358	484,884	482,596	483,760	483,168
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	3.7	0.5	-0.5	0.2	-0.1
ทางราง	11,388	11,937	11,695	10,232	10,262
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	5.4	4.8	-2.0	-12.5	0.3
ทางน้ำ(ภายในประเทศ)	102,779	101,222	113,876	117,537	123,532
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	6.2	-1.5	12.5	3.2	5.1
ลำน้ำ	50,907	50,327	53,026	55,739	57,242
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	1.6	-1.1	5.4	5.1	2.7
ชายฝั่ง	51,872	50,895	60,850	61,798	66,290
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	11.1	-1.9	19.6	1.6	7.3
ทางอากาศ	115	120	112	97	74
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	0.9	4.3	-6.7	-13.4	-23.7
รวม	596,640	598,163	608,279	611,626	617,036
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	4.2	0.3	1.7	0.6	0.9

หมายเหตุ : ลำน้ำ หมายถึง แม่น้ำที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติภายในประเทศไทย

ชายฝั่ง หมายถึง ทะเลหรือมหาสมุทร

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม, 2562

ตาราง 2 ปริมาณการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ (พันตัน)

รูปแบบการขนส่ง	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562
ทางถนน	33,564	34,172	35,936	35,925	36,569
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	-8.8	1.8	5.2	-0.1	1.8
ทางราง	126	223	324	402	413
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	57.5	77.0	45.3	24.1	2.7
ทางน้ำ	327,650	290,570	275,045	305,029	291,948
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	22.8	-11.3	-5.3	10.9	-4.3
ทางอากาศ	517	510	544	635	785
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	-17.7	-1.4	6.7	16.7	23.6
รวม	361,857	325,475	311,849	341,991	329,715
อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)	18.9	-10.1	-4.2	9.7	-3.6

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม, 2562

จากตาราง 1 แสดงให้เห็นถึง การขนส่งทางถนน เป็นรูปแบบการขนส่งหลักของประเทศไทย รองลงมาได้แก่ การขนส่งทางน้ำ ประกอบด้วยการขนส่งผ่านลำน้ำและขนส่งทางชายฝั่งทะเล ซึ่งมีอัตราการขยายตัวมากขึ้นเรื่อย ๆ ถัดมาเป็นการขนส่งทางราง และการขนส่งทางอากาศ ตามลำดับ หากพิจารณาสัดส่วนการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศในปี พ.ศ. 2562 (ตาราง 2) พบว่า การขนส่งระหว่างประเทศมีปริมาณ 329,715 พันตัน มีอัตราการขยายตัวลดลงถึงร้อยละ 3.6 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2561 โดยมีอัตราการขยายตัวจากการขนส่งทางถนนร้อยละ 1.8 อัตาราการขยายตัวจากการขนส่งทางรางร้อยละ 2.7 และการขนส่งอากาศมีอัตราการขยายตัวร้อยละ 23.6

ระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 หรือ COVID-19 ได้ส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและวิถีชีวิตเป็นอย่างมาก จึงนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเพื่อรองรับความปรกติใหม่ (New Normal) โดยมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของการดำเนินกิจวัตรประจำวันไป

เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เน้นการซื้อขายสินค้าผ่านระบบออนไลน์กันมากขึ้น รวมทั้งมีการควบคุมการเดินทางระหว่างประเทศ การนำเข้าและส่งออกสินค้า ทำให้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบของระบบโลจิสติกส์และโซ่อุปทานเพื่อให้สอดคล้องกับมาตราการด้านสาธารณะสุขและการบริหารจัดการความเสี่ยงมากขึ้น จึงนำไปสู่แนวทางการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทยในระยะต่อไป (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562) ประเด็นสำคัญในการพัฒนาด้านระบบโลจิสติกส์ที่ควรคำนึงถึง มีดังนี้

1) เร่งพัฒนาและผลักดันการใช้ประโยชน์ด้านโครงสร้างพื้นฐาน สิ่งอำนวยความสะดวก และพัฒนาปัจจัยสนับสนุน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน สนับสนุนการปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง และการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ รวมทั้งพัฒนาเส้นทางการขนส่งสินค้ารองรับต่อสถานการณ์ฉุกเฉิน โดยเร่งพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของโครงข่ายระบบรางให้เป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าหลัก (Backbone) ของประเทศ และพัฒนาโครงข่ายสนับสนุนเส้นทางโลจิสติกส์ที่สำคัญเพื่อให้สามารถเชื่อมโยงระหว่างแหล่งผลิตสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม ศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าและประตูการค้าระหว่างประเทศ

2) สนับสนุนการปรับเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินธุรกิจในรูปแบบ B2C (Business to Consumer) สนับสนุนการเชื่อมโยงการค้าสู่รูปแบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-commerce) ของผู้ประกอบการเพื่อให้สามารถขยายโอกาสทางการตลาดและสอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคที่ปรับเปลี่ยนไปใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology) เพิ่มมากขึ้น เร่งปรับปรุงกฎระเบียบและวิธีปฏิบัติของภาครัฐเพื่ออำนวยความสะดวกและลดเงื่อนไขที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการ

3) สร้างเครือข่ายผู้ให้บริการโลจิสติกส์ไทยและสร้างพันธมิตรกับผู้ประกอบการในระดับภูมิภาคสนับสนุนการสร้างเครือข่ายผู้ให้บริการโลจิสติกส์ไทยให้มีความเข้มแข็ง และส่งเสริมให้ผู้ประกอบการไทยเข้าไปร่วมลงทุนและสร้างเครือข่ายกับผู้ประกอบการต่างประเทศทั้งในภูมิภาคและอนุภูมิภาค เพื่อขยายฐานการตลาดและสร้างความเข้มแข็งในการดำเนินธุรกิจ รวมทั้งพัฒนาศูนย์ให้บริการข้อมูลข่าวสารด้านโลจิสติกส์ระหว่างประเทศ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลในการดำเนินธุรกิจการนำเข้า - ส่งออกสินค้า การขนส่งสินค้า และกิจกรรมโลจิสติกส์ระหว่างประเทศ ตลอดจนระเบียบและวิธีปฏิบัติของแต่ละประเทศคู่ค้าที่เป็นข้อมูลปัจจุบันและทันต่อสถานการณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาวะการณ์ฉุกเฉิน

ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2580)

กระทรวงคมนาคมได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของไทย ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2580) เพื่อเป็นกรอบทิศทางในการพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของไทยในระยะยาวและให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องขับเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกัน ให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2580) และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ตั้งแต่ พ.ศ. 2560 - พ.ศ. 2564 ตลอดจนการก้าวสู่การเป็นประเทศไทย 4.0 ที่มีการกำหนดเป้าหมายการพัฒนาในอนาคตของประเทศในระยะยาว เกิดการบูรณาการแผนงานโครงการร่วมกันเพื่อบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้สำเร็จ โดยประกอบด้วยยุทธศาสตร์ 4 ด้าน ดังภาพ 4 (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2562) มีรายละเอียดดังนี้

ยุทธศาสตร์ที่ 1 การบูรณาการระบบคมนาคมขนส่ง (Integrated Transport Systems) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทุกรูปแบบการขนส่งและการบริการ โดยบูรณาการแผนงานหรือโครงการกับทุกหน่วยงานให้มีความสอดคล้องกับการพัฒนาโครงข่ายการขนส่งทั้งระบบและสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ให้มีโครงข่ายคมนาคมการขนส่งที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ อีกทั้งการบริหารจัดการระบบขนส่ง โดยเฉพาะโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสทธิภาพสูงสุด

ยุทธศาสตร์ที่ 2 การบริการของภาคคมนาคมขนส่ง (Transport Services) การขนส่งสินค้าและการขนส่งผู้โดยสาร จะมีการยกระดับการให้บริการและการบริหารจัดการในด้านการอำนวยความสะดวก ทั้งด้านการค้าและการเดินทางของประชาชน ให้ได้มาตรฐานสากลและสามารถให้บริการกับทุกกลุ่มอย่างทั่วถึง

ยุทธศาสตร์ที่ 3 การพัฒนา ปรับปรุงกฎหมาย กำกับดูแล และปฏิรูปองค์กร (Regulations and Institution) การปรับโครงสร้างองค์กรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านคมนาคมขนส่งให้มีบทบาทที่ชัดเจน กำหนดกฎหมาย และการบังคับใช้ให้เป็นเครื่องมือสำคัญในการควบคุม กำกับ และส่งเสริมการดำเนินงานการขนส่ง อีกทั้งเปิดโอกาสให้ภาคเอกชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและบริหารจัดการด้านคมนาคมขนส่ง

ยุทธศาสตร์ที่ 4 การผลิตและพัฒนาบุคลากร (Human Resource Development) เป็นการพัฒนาให้มีบุคลากรด้านการคมนาคมขนส่งในด้านต่าง ๆ ที่มีคุณภาพ เพื่อรองรับการเติบโตของอุตสาหกรรมด้านการขนส่งทั้งในประเทศและระดับภูมิภาค

ยุทธศาสตร์ที่ 5 การนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้ในการพัฒนาระบบคมนาคมขนส่ง (Technology and Innovation) เป็นการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา เพื่อนำเทคโนโลยี นวัตกรรม และระบบเทคโนโลยีอัจริยะต่าง ๆ มาปรับใช้ในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการบริหารจัดการด้านคมนาคมขนส่งให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ภาพ 4 กรอบแนวคิดยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของไทยระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2580)

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2562

แผนพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่งในระยะ 20 ปี

รัฐบาลไทยได้กำหนดนโยบายเพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขัน ด้วยการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมของประเทศในทุกรูปแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเดินทางของประชาชน และการขนส่งสินค้าทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศให้มีความสะดวกรวดเร็ว และปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

แผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมขนส่งของไทย พ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2565 เพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายการบริหารจัดการระบบการขนส่ง เพิ่มประสิทธิภาพการเป็นประตูการค้าหลัก และเชื่อมโยงพื้นที่เศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจ และนำไปสู่การเป็นศูนย์กลางการขนส่งของภูมิภาค ตามกรอบแนวคิดการพัฒนาระบบคมนาคมขนส่ง ทั้งนี้โครงการสำคัญที่เร่งรัดผลักดันเพื่อให้เกิดการพัฒนา (สำนักงานประชาสัมพันธ์เชียงใหม่, 2562) มีรายละเอียดดังนี้

1) ทางราง ได้แก่ รถไฟความเร็วสูง ช่วงกรุงเทพฯถึงเชียงใหม่ ระยะทาง 673 กิโลเมตร โดยโครงการระยะที่ 1 ช่วงกรุงเทพฯถึงพิษณุโลก ระยะทาง 380 กิโลเมตร และระยะที่ 2 พิษณุโลกถึงเชียงใหม่ ขณะที่โครงการก่อสร้างรถไฟทางคู่ แบ่งออกเป็นช่วงลพบุรีถึงปากน้ำโพ ระยะทาง 148 กิโลเมตร ช่วงปากน้ำโพถึงเด่นชัย ระยะทาง 285 กิโลเมตร ช่วงเด่นชัยถึงเชียงใหม่ ระยะทาง 189 กิโลเมตร และช่วงเด่นชัยถึงเชียงราย เชียงของ (รถไฟสายใหม่) ระยะทาง 326 กิโลเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงสำรวจการเวนคืนที่ดิน โดยรถไฟทางคู่เด่นชัยถึงเชียงรายเชียงของ เป็นโครงการที่รอการพัฒนานานถึง 50 ปี

2) ทางอากาศ ได้แก่ การเพิ่มศักยภาพท่าอากาศยานนานาชาติเชียงใหม่ระยะที่ 1 มูลค่าลงทุน 14,473 ล้านบาท เพื่อรองรับผู้โดยสารที่จะเพิ่มขึ้นราว 20 ล้านคน ภายในปี พ.ศ. 2568 ขณะเดียวกันจะมีการเร่งการพัฒนาสนามบินเชียงใหม่แห่งที่ 2 ซึ่งขณะนี้อยู่ระหว่างการศึกษาความเหมาะสมของทำเลที่ตั้ง คาดว่าจะเริ่มการก่อสร้างได้ภายในปี พ.ศ. 2568

3) ทางถนน ได้แก่ ถนนไฮเวย์ช่วงเชียงใหม่ ลำปาง พะเยา เชียงราย ระยะทาง 185 กิโลเมตร โดยแบ่งช่องการจราจรเป็น 4 ช่องจราจร อยู่ระหว่างดำเนินการ รวมถึงการผลักดันโครงการมอเตอร์เวย์เชียงใหม่ถึงเชียงราย ขณะนี้อยู่ระหว่างการศึกษาออกแบบทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง ตาก - แม่สอด - สะพานมิตรภาพไทย - เมียนมา แห่งที่ 2 ศูนย์เปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่งสินค้าเชียงของ สถานีขนส่งสินค้าภูมิภาค และจุดพักรถบรรทุก

4) ทางน้ำ ได้แก่ ท่าเรือเชียงแสน ท่าเรือเชียงของ และการพัฒนาท่าเรือบก จังหวัดนครสวรรค์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งทางน้ำและเพื่อลดต้นทุนด้านโลจิสติกส์

แผนพัฒนาเส้นทางรถไฟของประเทศไทย

สำหรับรถไฟแห่งประเทศไทย ได้มีการประกาศพระบรมราชโองการสร้างรถไฟสยามสายแรกกรุงเทพ - นครราชสีมา เมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2433 และเปิดให้บริการเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2434 ภายใต้กรมรถไฟหลวง ในสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวแห่งกรุงรัตนโกสินทร์ต่อมา พ.ศ. 2494 สมัยรัฐบาล จอมพล ป.พิบูลสงคราม เป็นนายกรัฐมนตรี มีการจัดตั้งกิจการรถไฟเป็นเอกเทศ จึงได้เสนอร่างพระราชบัญญัติการรถไฟแห่งประเทศไทย จึงได้ทำการเปลี่ยนกรมรถไฟหลวง มาเป็นรัฐวิสาหกิจประเภทสาธารณูปการภายใต้ชื่อว่า "การรถไฟแห่งประเทศไทย" ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2494 (สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม, 2564) ในปัจจุบันมีเส้นทางรถไฟที่เปิดให้บริการ ดังนี้

1) สายเหนือ กรุงเทพฯถึงเชียงใหม่ ระยะทาง 975.03 กิโลเมตร

2) สายใต้ กรุงเทพฯถึงนราธิวาส (สุไหลโกลก) ทางแยกสถานีปาดังเบซาร์ ทางแยกสถานีสุพรรณบุรี ทางแยกคีรีรัฐนิคม ทางแยกกันตัง และทางแยกนครศรีธรรมราช ระยะทาง 1,625.28 กิโลเมตร

3) สายตะวันออก กรุงเทพฯถึงสระแก้ว (อรัญประเทศ) ชุมทางเขาชีจรรย์ถึงนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุต และคลองสิบเก้าถึงชุมทางแกงคอย ระยะทาง 816.57 กิโลเมตร

4) สายตะวันออกเฉียงเหนือ กรุงเทพฯถึงอุบลราชธานี ไปจนถึงหนองคาย ระยะทาง 1,332.37 กิโลเมตร

5) สายตะวันตก กรุงเทพฯถึงสถานีน้ำตก กาญจนบุรี ระยะทาง 130.99 กิโลเมตร

6) สายแม่กลอง ช่วงวงเวียนใหญ่กรุงเทพฯถึงมหาชัย ระยะทาง 65.28 กิโลเมตร

แผนการพัฒนาเส้นทางรถไฟภายในประเทศของไทย เช่น การก่อสร้างรถไฟทางคู่ และเส้นทางเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน เส้นทางรถไฟ จีน - ลาว - ไทย ซึ่งประเทศไทยกำลังสร้างเครือข่ายรถไฟที่เชื่อมโยงกับระบบคมนาคมขนส่งให้รวดเร็ว และทันสมัย ทั้งในกรุงเทพฯและในส่วนภูมิภาค เพื่อรองรับนโยบายของรัฐบาลในอนาคต แสดงดังภาพ 5 (การรถไฟแห่งประเทศไทย, 2564)

การขอบเขตการศึกษางานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เนื่องจากเป็นพื้นที่มีแนวเขตติดต่อกับ สปป.ลาว อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ ๆ ได้รับผลกระทบจากโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) มากกว่าพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทบทวนแผนการพัฒนารถไฟความเร็วสูง ช่วงกรุงเทพฯ - เชียงใหม่ และ กรุงเทพฯ - หนองคาย รวมถึงการทบทวนแผนการพัฒนารถไฟทางคู่ ช่วงเด่นชัย - ปากน้ำโพ

ภาพ 5 แผนการพัฒนาระบบขนส่งทางรางของประเทศไทย

ที่มา: https://m5.gs/Nk96RH, สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2565

1. แผนการพัฒนารถไฟความเร็วสูง ช่วงกรุงเทพฯ - หนองคาย

แผนการพัฒนารถไฟความเร็วสูง ช่วงกรุงเทพฯ - หนองคาย แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ประกอบด้วย ระยะที่ 1 ช่วงกรุงเทพฯ - นครราชสีมา ระยะทาง 356 กิโลเมตร และระยะที่ 2 ช่วงนครราชสีมา - หนองคาย มีระยะทาง 253 กิโลเมตร โดยได้รับความร่วมมือระหว่างประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาชนจีน ในการศึกษาและพัฒนารถไฟความเร็วสูงสายนี้ รวมระยะทางทั้งสิ้น 615 กิโลเมตร ครอบคลุม 4 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา ขอนแก่น อุดรธานี และ หนองคาย สามารถใช้ความเร็วได้สูงสุด 250 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสามารถรองรับผู้โดยสารได้ 590 คนต่อขบวน เส้นทางดังกล่าวนี้ จะประกอบด้วย หน่วยซ่อมบำรุงทาง 4 แห่ง ศูนย์ซ่อมบำรุง 2 แห่ง ย่านกองเก็บตู้สินค้าและย่านเปลี่ยนถ่ายสินค้า 1 แห่ง ซึ่งคาดว่าจะแล้วเสร็จและเปิดให้บริการในปี พ.ศ. 2572 รถไฟสายนี้จะสามารถเชื่อมต่อกับโครงการรถไฟลาว - จีน ได้ในอนาคต อีกทั้งยังถือเป็นการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านระบบการขนส่งภายในประเทศและเพิ่มศักยภาพการเชื่อมต่อการเดินทางและการขนส่งในภูมิภาค เป็นโครงการที่สามารถช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจให้เพิ่มขึ้นได้ ช่วยกระตุ้นการท่องเที่ยวทั้งภายในและระหว่างประเทศ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมด้านการเพิ่มคุณภาพชีวิตให้แก่ประชาชนในพื้นที่ได้ (การรถไฟแห่งประเทศไทย, 2563)

2. แผนการพัฒนารถไฟความเร็วสูงช่วง กรุงเทพฯ - เชียงใหม่

โครงการรถไฟความเร็วสูงช่วงกรุงเทพฯ - เชียงใหม่ โดยได้รับความร่วมมือระหว่างประเทศไทยและประเทศญี่ปุ่นในการศึกษาถึงความเหมาะสม มีระยะทางรวม 669 กิโลเมตร สามารถรองรับความเร็วได้มากถึง 300 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ประกอบด้วย ระยะที่ 1 ช่วงกรุงเทพฯ - พิษณุโลก อยู่ในขั้นตอนการเตรียมงานก่อสร้าง มีระยะทาง 380 กิโลเมตร เชื่อมต่อกับ 7 สถานี ได้แก่ บางซื่อ ดอนเมือง อยุธยา ลพบุรี นครสวรรค์ พิจิตร และพิษณุโลก คาดว่าจะแล้วเสร็จ ในช่วงปี พ.ศ. 2575 และระยะที่ 2 ช่วงพิษณุโลก - เชียงใหม่ มีระยะทาง 288 กิโลเมตร ครอบคลุม 6 จังหวัด ได้แก่ พิษณุโลก สุโขทัย แพร่ ลำพูน ลำปาง และเชียงใหม่ โดยจะมีสถานีรถไฟความเร็วสูง 5 สถานี ประกอบด้วย สุโขทัย ศรีสัชนาลัย ลำปาง ลำพูน และเชียงใหม่ มีศูนย์ซ่อมบำรุง 1 แห่ง ตั้งอยู่ที่อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ และหน่วยซ่อมบำรุงทาง 4 แห่ง ในพื้นที่พิษณุโลก อำเภอศรีสัชนาลัย สุโขทัย อำเภอลอง แพร่ และอำเภอเมืองลำปาง ลำปาง ปัจจุบันอยู่ในช่วงศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ รวมทั้งผลประโยชน์ทางตรง และทางอ้อม (PanyaGroup, 2557)

3. แผนพัฒนารถไฟทางคู่และรถไฟสายใหม่ (ช่วงเด่นชัย - เชียงของ)

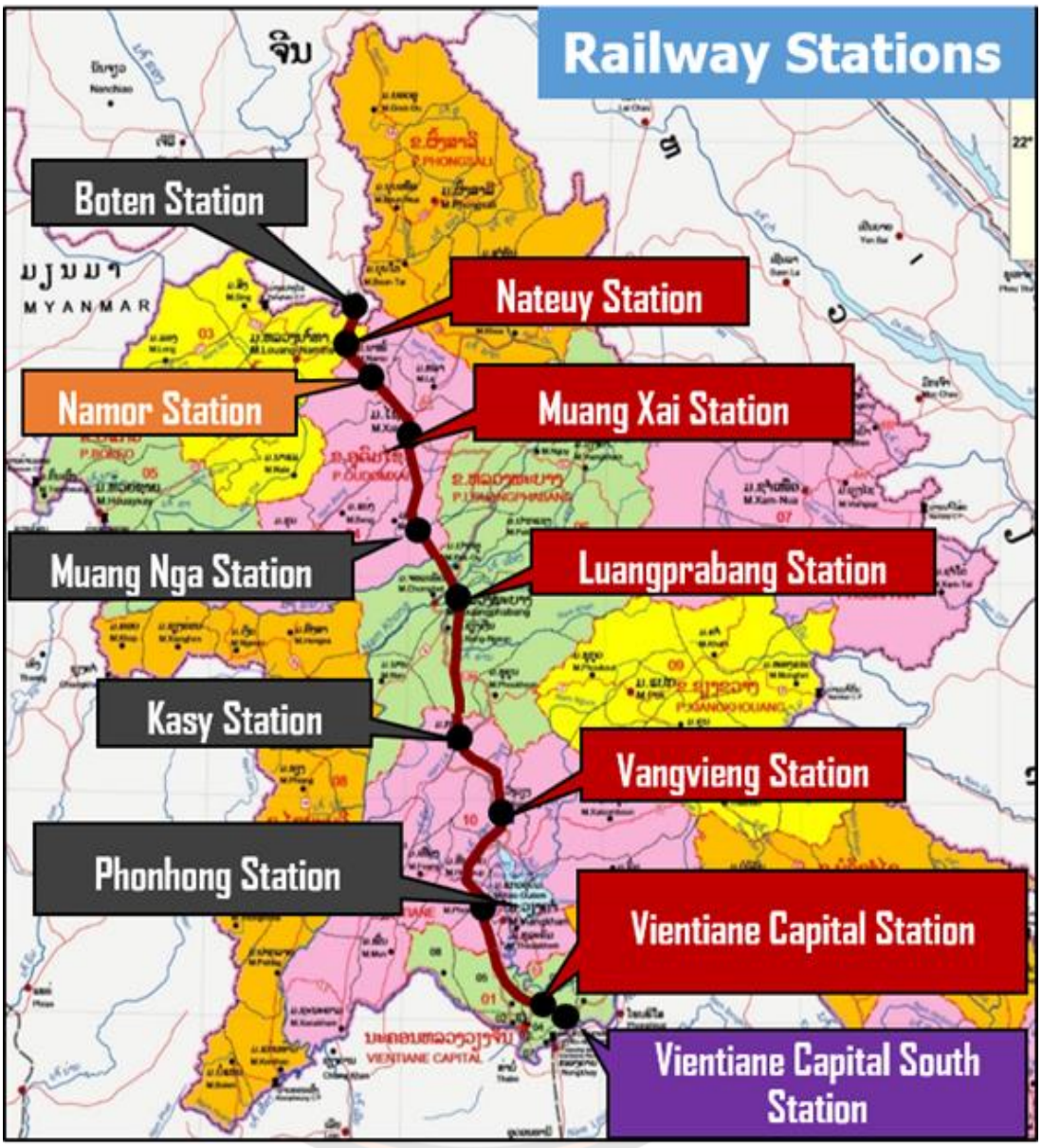
โครงการก่อสร้างทางรถไฟ สายเด่นชัย - เชียงราย - เชียงของ เป็นโครงการก่อสร้างทางรถไฟสายใหม่และรถไฟทางคู่ ซึ่งการรถไฟแห่งประเทศไทย ริเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 เพื่อเพิ่มศักยภาพการให้บริการขนส่งระบบราง สนับสนุนการขนส่งผู้โดยสารและสินค้า รองรับจำนวนผู้โดยสารและปริมาณการขนส่งสินค้าที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องตามนโยบายการพัฒนาระบบขนส่ง

และโลจิสติกส์ และแผนการพัฒนาต่าง ๆ ของรัฐบาล ที่สนับสนุนให้มีการใช้ระบบขนส่งทางรางเพื่อช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุทางถนน ลดมลพิษ ลดต้นทุนการขนส่งสินค้า โดยมีระยะทางรวม 323 กิโลเมตร ประกอบด้วย 26 สถานี ในพื้นที่ 4 จังหวัด และรูปแบบสถานี มี 3 ขนาด คือ ป้ายหยุดรถไฟ 13 สถานีสถานีขนาดเล็ก 9 สถานีสถานีขนาดใหญ่ 4 สถานี โดยก่อสร้างเป็นทางคู่ (สำนักงานพัฒนาระบบราง และสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2560) และย่านกองเก็บและบรรทุกตู้สินค้า 1 แห่ง ตั้งอยู่ที่สถานีเชียงของ บนพื้นที่ 150 ไร่ เพื่อให้สามารถเพิ่มศักยภาพในการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจุบันอยู่ในช่วงการก่อสร้างโครงการฯ และเร่งรัดพัฒนาโครงการก่อสร้างทางรถไฟสายใหม่ สายเหนือ เด่นชัย - เชียงราย - เชียงของ ให้แล้วเสร็จตามแผนงานที่วางไว้ โดยตามแผนงานจะก่อสร้างแล้วเสร็จ และสามารถเปิดให้บริการได้ในปี พ.ศ. 2571 ซึ่งโครงการนี้จะช่วยลดระยะเวลาในการเดินทางได้เร็วกว่า 1 - 1.30 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับการเดินทางด้วยรถยนต์ จึงเป็นเส้นทางรถไฟแห่งอนาคตที่จะสร้างมูลค่าเพิ่มทั้งด้านการท่องเที่ยว และเศรษฐกิจการค้า สร้างรายได้ให้ประชาชนในพื้นที่ ตลอดจนช่วยลดต้นทุนด้านการขนส่งอย่างยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นเส้นทางรถไฟที่มีทัศนียภาพสวยงามของธรรมชาติตลอดทาง และสามารถสร้างความประทับใจดึงดูดนักท่องเที่ยวได้อย่างดี (รัฐบาลไทย, 2566)

โครงการรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)

โครงการรถไฟลาว - จีน ถือว่าเป็นโครงการที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ การคมนาคม และการท่องเที่ยวของ สปป.ลาว เป็นอย่างมาก เป็นโครงการที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่าง สปป.ลาว กับประเทศที่มีชายแดนติดกับทะเล เช่น การเชื่อมโยงกับเส้นทางรถไฟในประเทศไทย มาเลเซีย และประเทศอื่น ๆ ได้ มีการคาดการณ์ว่าโครงการนี้จะสามารถช่วยยกระดับ GDP ของ สปป.ลาว ให้เติบโตและสร้างความเข้มแข็งให้ภาคเศรษฐกิจของ สปป.ลาวได้ มีสถานีทั้งสิ้น 32 สถานี แบ่งเป็นสถานีรถไฟสำหรับขนส่งสินค้าทั้งหมด 22 แห่ง และเป็นสถานีสำหรับผู้โดยสารทั้งหมด 10 แห่ง มีความยาวทั้งหมด 414.332 กิโลเมตร มีความกว้างของทางรถไฟข้างละ 13 - 50 เมตร ตามสภาพพื้นที่เนื่องจากบางพื้นที่มีสิ่งกีดขวาง เช่น ที่อยู่อาศัยของประชาชน เป็นต้น โดยโครงการก่อสร้างรถไฟลาว - จีน นั้น มีบริษัทรถไฟของประเทศจีนถือหุ้น 70% แบ่งออกเป็น 3 บริษัทที่ได้รับสัมปทานจากรัฐบาลจีน ประกอบด้วย Boten-Vientiane Railway Company Limited 40% Beijing Yukun Investment Corporation 20% และ Yunnan Investment Holdings Group Co., Ltd 10% ส่วนอีก 30% นั้นได้รับสัมปทานเป็นบริษัทของ สปป.ลาว โดยมีมูลค่าประมาณ 730 ล้านเหรียญสหรัฐ เส้นทางของโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) แสดงดังภาพ 6 (กระทรวงโยธาธิการและการขนส่ง สปป.ลาว, 2562)

ปัจจุบันโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ได้เปิดให้ใช้บริการอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2564 ทั้งในด้านการขนส่งผู้โดยสารและการขนส่งสินค้า โดยภาพรวมด้านการขนส่งสินค้าผ่านทางรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ตั้งแต่วันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2564 จนถึงวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2565 สามารถขนส่งสินค้าได้มากถึง 11.20 ล้านตัน ประกอบด้วย สินค้าสินค้าขนส่งข้ามแดนมากกว่า 2 ล้านตัน หรือคิดเป็นมูลค่าการนำเข้า - ส่งออก ประมาณ 13,000 หยวน นอกจากนี้จีนได้มีการเปิดให้มีการเดินขบวนขนส่งสินค้าเพื่อเชื่อมต่อกับรถไฟลาว - จีน มากกว่า 25 มณฑล ดังนั้นจึงมีการเพิ่มขบวนขนส่งสินค้าข้ามแดนจาก 6 ขบวนต่อวัน เป็น 12 ขบวนต่อวัน เพื่อรองรับการขนส่งสินค้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ โดยช่วงที่ผ่านมาภาคเอกชนไทยได้พยายามใช้วิธีการขนส่งหลากหลายรูปแบบ (Multimodal Transport) โดยผสมผสานการขนส่งทางถนนด้วยรถบรรทุกกับการขนส่งผ่านระบบรางช่วงภายใน สปป. ลาว เพื่อทดลองขนส่งสินค้าไปยังจีนผ่านด่านชายแดนในมณฑลยูนนาน ยกตัวอย่างเช่น บริษัทเก้าเจริญเทรนทรานสปอร์ต จำกัด ทดลองขนส่งผลไม้ เป็นทุเรียนจำนวน 2 ตู้คอนเทนเนอร์ และมะพร้าวจำนวน 1 ตู้คอนเทนเนอร์ น้ำหนักรวม 40 ตัน ด้วยรถไฟในเส้นทางสถานีมาบตาพุด-ด่านหนองคาย-สถานีท่านาแล้ง ก่อนเปลี่ยนมาขนส่งด้วยรถบรรทุกจากสถานีท่านาแล้งไปยังสถานีเวียงจันทน์ใต้ และเปลี่ยนมาขนส่งด้วยรถไฟอีกครั้งจากสถานีเวียงจันทน์ใต้ไปยังสถานีนาเตย และเปลี่ยนถ่ายมาขนส่งด้วยรถบรรทุกอีกครั้งเพื่อเข้าจีนผ่านด่านโม่ฮาน เป็นต้น (ศูนย์ธุรกิจไทยในจีน, 2565)



ภาพ 6 เส้นทางโครงการรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)

ที่มา: กระทรวงโยธาธิการและการขนส่ง สปป.ลาว, 2562

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือ ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ คือ แบบจำลองที่ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ เป็นวิธีที่นิยมเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาด้านคลังสินค้า การขนส่ง หรือโลจิสติกส์เป็นอย่างมาก โดยใช้สมการอธิบายพฤติกรรมจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าของข้อมูลในระบบที่จำลองขึ้นหรือความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบภายในระบบ อาจประกอบด้วย ความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรง หรือความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่เป็นเส้นโค้ง ซึ่งสรุปได้ว่าแบบจำลองดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าของข้อมูลต่าง ๆ ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองแบบนี้สามารถอธิบายความสัมพันธ์และสร้างเป็นทฤษฎีได้ เนื่องจากสามารถทดสอบสมมุติฐานได้ และมักจะพัฒนามาจากแบบจำลองเชิงอธิบาย โดยแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม หลัก ๆ ได้แก่ กลุ่มอธิบายการทำงานแบบ Static System คือ ไม่นำเวลามาเกี่ยวข้อง และกลุ่มอธิบายการทำงานแบบ Dynamic System โดยสามารถทำให้คอมพิวเตอร์คำนวณการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา แบบจำลองประเภทนี้เรียกว่า Computer Simulation ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดลองการทำงานของระบบในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ โดยการศึกษาผลลัพธ์ ถ้าผลการศึกษาหรือทดสอบใกล้เคียงกับความเป็นจริง ก็สามารถใช้แบบจำลองนี้ทำนายการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้ (สุภัตรา ทรัพย์อุปการ, 2561)

แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming Model) เป็นแบบจำลองโดยนำเอาคณิตศาสตร์มาเป็นหลัก นำมาใช้ในการอธิบายปัญหาการจัดการต่าง ๆ เพื่อค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ (สุปรีชา วงศ์อารีย์, 2558) ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่ เพื่อที่จะให้กิจกรรมสามารถดำเนินการได้ โดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยด้วยการนำเอาเงื่อนไขข้อกำหนดต่าง ๆ ทั้งด้านของจำนวนคน จำนวนวัตถุดิบ เป็นต้น นำมาสร้างเป็นสมการหรืออสมการ จากนั้นนำตัวแบบที่ได้ไปแก้ปัญหาด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบที่สอดคล้องกับเป้าหมายที่ต้องการและเงื่อนไขข้อจำกัดต่าง ๆ สามารถจำแนกออก ดังนี้

1) แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming Model) คือ แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม ที่มีตัวแปรที่ต้องการตัดสินใจทุกตัวมีค่าเป็นจำนวนเต็ม โดยจำนวนเต็ม หมายถึง ตัวเลขที่ไม่มีค่าเป็นทศนิยม หรือ อื่น ๆ ยกตัวอย่างเช่น 2, 18, 136 เป็นต้น

2) แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming Model) คือ ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นทางจำนวนเต็ม ที่มีตัวแปรที่ต้องการตัดสินใจ

บางตัวมีค่าเป็นจำนวนเต็ม โดยตัวแปรอื่น ๆ สามารถเป็นตัวเลขที่เป็นเศษส่วน หรือทศนิยมก็ได้ หรืออธิบายได้ว่า จะมีค่าเป็นจำนวนเต็มหรือไม่เป็นจำนวนเต็มได้ เช่น 5, 49, 3.89 เป็นต้น

3) แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นทางจำนวนเต็มศูนย์ - หนึ่ง (Zero - One Integer Linear Programming Model) คือ แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มที่มีตัวแปรที่ต้องตัดสินใจมีค่าเป็นศูนย์หรือหนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถเป็นตัวเลขอื่นได้

โครงสร้างของแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น ประกอบด้วย สมการเป้าหมาย (Objective Function) เป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์เพื่อกำหนดเป้าหมายต่ำสุด (Minimize) หรือสูงสุด (Maximize) ซึ่งจะเป็นตัววัดผลการดำเนินงาน สมการข้อจำกัด (Constraints) แสดงข้อจำกัดของทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่เพื่อใช้ในการดำเนินงาน ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) เป็นตัวตัดสินใจในการดำเนินงาน ตัวแปรตัดสินใจทั้งหลายจะต้องมีความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linearly Relationships) ทั้งในสมการเป้าหมายและข้อจำกัด ตัวแปรตัดสินใจต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์ (Non-Negative) (วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง, 2543)

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น

แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น ไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่หมายถึง การทำให้เหมาะสมที่สุด (Optimization) สำหรับคำว่าเชิงเส้น (Linear) เป็นคำขยายความเพื่อให้มีความเข้าใจแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ว่าแบบจำลองนั้นมีลักษณะของสมการเป็นเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น มี 2 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 สร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น

ในการสร้างแบบจำลองของกำหนดการเชิงเส้นนี้ ต้องรวบรวมรายละเอียดทั้งหมดที่มีอยู่ กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นให้ชัดเจน แล้วกำหนดสัญลักษณ์ตัวไม่ทราบค่า หรือตัวแปรการตัดสินใจที่ต้องการทราบ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้องเป็นความสัมพันธ์ที่เป็นปฏิภาคโดยตรง เมื่อพิจารณาแล้วดำเนินการดังต่อไปนี้

ก. สร้างสมการเป้าหมาย (Objective Function) สมการเป้าหมายนี้ต้องมีลักษณะเป็นสมการแบบเส้นตรง โดยมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการหาค่าที่เหมาะสม ซึ่งอาจจะเป็นต่ำสุด (Minimize) หรือสูงสุด (Maximize) ก็ได้ ต้องเป็นสมการวัตถุประสงค์เดียว คือ ต้องการหากำไรสูงสุด (Maximize Profit) หรือต้องการหาต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่ำสุด (Minimize cost) รูปแบบของสมการโดยทั่วไป คือ

$$Y = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + ... + C_nX_n \quad (1)$$

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

ข. เขียนสมการข้อจำกัด (Constraints) เนื่องจากรายละเอียดที่มีอยู่นั้นจะมีทางเลือกปฏิบัติได้หลายทาง ซึ่งประกอบด้วยทรัพยากรมีจำกัด เช่น จำนวนชั่วโมงเครื่องจักรมีจำกัด วัตถุดิบมีจำกัด หรือแรงงานมีจำกัด ต้องรวบรวมดูว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นมีข้อจำกัดอย่างไรบ้าง แล้วนำข้อจำกัดเหล่านี้มาสร้างในรูปสมการแบบเส้นตรง (Linear Equation) หรืออสมการแบบเส้นตรง (Linear Inequality) โดยรูปแบบของสมการ หรืออสมการแบบเส้นตรง ได้แก่

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_1nX_n = b_1 \quad (2)$$
$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_2nX_n = b_2 \quad (3)$$
$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_mnX_n = b_m \quad (4)$$

X_j คือ ตัวแปรที่จะหาค่า $j = 1, 2, 3, ..., n$

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

b_m ปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ ซึ่งมีค่าเป็นค่าคงที่และเป็นจำนวนบวก $i = 1, 2, 3, ..., m$

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

$$X_i \geq 0; = 1, 2, 3, ..., n \quad (5)$$

ขั้นตอนที่ 2 แก้สมการหรืออสมการที่สร้างขึ้น

เมื่อผ่านขั้นตอนที่หนึ่ง คือ สร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ หาค่าตัวแปร โดยค่าของตัวแปรทุกตัวจะต้องสอดคล้องกับข้อจำกัดทุกข้อ (เมื่อนำค่าที่หาได้ไปแทนในสมการ หรืออสมการแล้วทำให้สมการหรืออสมการนั้นเป็นจริง) การหาค่าของตัวแปรมีอยู่หลายแบบ แต่ที่เราจะศึกษาในตอนนี้มีสองแบบ คือแบบใช้กราฟ และแบบวิธีซิมเพล็กซ์

1. การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจัดการกับปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางการขนส่ง (Location Routing Problem: LRP) ถือได้ว่าได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยปัญหานี้มีจุดประสงค์เพื่อเลือกสถานที่ตั้ง แต่ในขณะเดียวกันก็มีจุดประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งซึ่งเป็นปัญหารองลงมา ด้วยรูปแบบของปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและจัดเส้นทางการขนส่งจะมีความคล้ายคลึงกับปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง ซึ่งสถานการณ์ที่ให้ลูกค้าทุกรายจะต้องเชื่อมต่อกับโรงงานหรือศูนย์กระจายสินค้า ปัญหานั้นก็จะเป็นปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบมาตรฐาน แต่ในขณะเดียวกันถ้ากำหนดที่ตั้งของโรงงานหรือศูนย์กระจายสินค้าตั้งแต่เริ่มต้น ปัญหานั้นก็จะมีรูปแบบเป็นปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง ในการเลือกทำเลที่ตั้งและการจัดเส้นทางการขนส่งได้ใช้รูปแบบปัญหา Capacitated Location Routing Problem (CLRP) เข้ามาเป็นต้นแบบของปัญหา (ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว, 2557) โดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์สามารถถูกนำมาประยุกต์ ดังสมการที่ 6 ถึง 16

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$\min Z = \sum_{j\in J} o_i y_i + \sum_{i\in V}\sum_{j\in V}\sum_{k\in K} c_{ij} x_{ij} + \sum_{k\in K}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} F_{ij} x_{ijk} \tag{6}$$

เงื่อนไขข้อบังคับ (Subject to)

$$\sum_{k\in K}\sum_{j\in V} x_{ijk} = 1 \qquad \forall j \in J \tag{7}$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{i\in V} d_i x_{ijk} \le Q \qquad \forall k \in K \tag{8}$$

$$\sum_{j\in V} d_j f_{ij} \le W_i y_i \qquad \forall k \in K \tag{9}$$

$$\sum_{j\in V} x_{ijk} - \sum_{j\in V} x_{jik} \le 0 \qquad \forall i \in V, \forall k \in K \tag{10}$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_{ijk} \le 1 \qquad \forall k \in K \tag{11}$$

$$\sum_{i\in S}\sum_{j\in S} X_{ijk} \le |S| - 1 \qquad \forall S \subseteq J, k \in K \tag{12}$$

$$\sum_{u\in J} X_{ijk} - \sum_{u\in V} X_{ujk} \le 1 + f_{ij} \qquad \forall i \in I, j \in J, k \in K \tag{13}$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I, j \in V, k \in K \tag{14}$$

$$y_i \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I \tag{15}$$

$$f_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I, j \in V \tag{16}$$

โดยที่

V = เซตของจำนวน POTENTIAL HUB ทั้งหมด

I = เซตของจำนวน สาขา ทั้งหมด

J = เซตของจำนวนรถทั้งหมด

K = ค่าใช้จ่ายในการเปิด Hub

O_i = ค่าใช้จ่ายคงที่ของรถ

Q = ความจุของรถ (ลูกบาศก์เมตร)

d_j = ความต้องการของ สาขา (ลูกบาศก์เมตร)

W_i = ความจุของ Hub (ลูกบาศก์เมตร)

c_{ij} = ค่าใช้จ่ายแปรผันของจุดแต่ละจุดบนกราฟ (บาท/กิโลเมตร)

X_{ijk} = ตัวแปรตัวสินใจการเคลื่อนที่จากจุดสู่จุด

y_i = ตัวแปรตัดสินใจในการเลือกเปิด Hub

I_{ij} = ตัวแปรตัดสินใจในการเริ่มส่งสินค้าจาก Hub สู่ Customer

S = Sub Tour Elimination

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เป็นการหาค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งและค่าใช้จ่ายในการเปิดศูนย์ใหม่ โดยมีสมการเงื่อนไขข้อบังคับเป็นสมการที่ทำให้มั่นใจว่าจะทำการขนส่งสินค้าอุปโภคบริโภคไปยังสาขาต่าง ๆ โดยใช้เส้นทางเดียวและใช้รถเพียงคันเดียว ไม่มีการแบ่งส่งและเป็นสมการข้อจำกัดทางด้านความจุของรถโดยให้รถแต่ละคันสามารถบรรจุได้ไม่เกินขนาดบรรทุกของรถ และความจุของศูนย์ต้องไม่เกินปริมาณความต้องการรวมของทุกสาขารวมถึงเป็นสมการที่การันตีว่าสินค้าจะออกจากศูนย์และกลับสู่ศูนย์เดิม และเป็นสมการที่ป้องกันการเกิดเส้นทางย่อย (Sub-Tour Elimination Constraints) ในการหาคำตอบ และเป็นสมการที่ทำให้มั่นใจว่าแต่ละ

สาขาจะถูกส่งสินค้ามาจากศูนย์ ถ้ามีเส้นทางเชื่อมต่อถึงกัน นอกจากนี้ยังเป็นสมการที่ระบุตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจด้วย (วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง, 2543)

2. การตรวจสอบการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่แปลงปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเพื่อให้อยู่ในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ และอาศัยหลักการเพื่อสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ หากปัญหามีความซับซ้อนมีความจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เพื่อมาช่วยในการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนหลักของการสร้างแบบจำลอง (รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, 2553) มีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดรูปแบบของปัญหา เป็นการกำหนดปัญหาเพื่อที่จะนำปัญหานั้นมาสร้างเป็นแบบจำลอง วัตถุประสงค์ ขอบเขต หรือข้อจำกัด

2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองทั้งหมด

3) สร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นการแปลงข้อมูลต่าง ๆ ที่มีให้อยู่ในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์

4) การแปลงแบบจำลอง เป็นการแปลงสมการทางคณิตศาสตร์ให้อยู่ในรูปแบบทางด้านภาษาคอมพิวเตอร์

5) การตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Verification) เป็นการตรวจสอบว่าโปรแกรมทำงานหรือไม่

6) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation) เป็นการตรวจสอบว่าโปรแกรมที่คำนวณให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องหรือไม่ โดยการแปรียบเทียบผลลัพธ์กับระบบงานจริง

7) การออกแบบการทดลอง (Experimental Design) เป็นการวางแผนการใช้งานแบบจำลอง ต้องทดลองกี่ครั้ง เพื่อให้การวิเคราะห์ที่ถูกต้องและเหมาะสม

8) ดำเนินการทดลอง (Experimentation)

9) วิเคราะห์ผลการทดลอง มีการประยุกต์ใช้เทคนิคทางสถิติวิเคราะห์ผลการทดลอง

10) การนำไปใช้งาน คือการเลือกวิธีการจะจากสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุด มาใช้ในการแก้ไขปัญหาระบบงานจริง

3. การหาผลลัพธ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel Solver

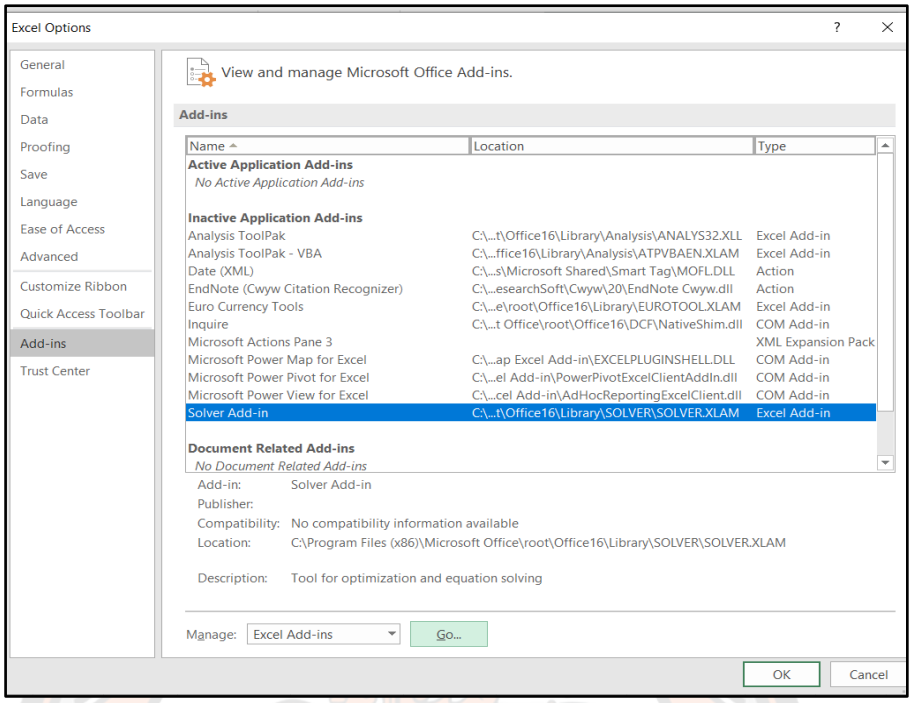
การหาผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยการประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver เป็นการเอาข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาทางเลือกจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สามารถใช้เพื่อทำการวิเคราะห์แบบ What-If เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงค่าในเซลล์เพื่อให้ผู้ใช้งานเห็นภาพรวมของการสร้างสถานการณ์ทุกขั้นตอนในครั้งเดียว เพื่อค้นหาค่าสูงสุด (Maximize) หรือต่ำสุด (Minimize) ที่เหมาะสมสำหรับสูตรในเซลล์หนึ่ง ซึ่งจะเรียกว่าเป็นเซลล์วัตถุประสงค์ ภายใต้เงื่อนไข

หรือข้อจำกัดในค่าของเซลล์สูตรอื่น ๆ บนเวิร์กชีต โดย Solver จะเป็นการทำงานร่วมกับกลุ่มของเซลล์ที่เรียกว่า เซลล์ของตัวแปรการตัดสิน (Decision Variable) หรือเซลล์ตัวแปร (Variable) ที่ใช้ในการคำนวณสูตรในเซลล์วัตถุประสงค์และเซลล์ข้อจำกัด โดย Solver จะปรับค่าในเซลล์ของตัวแปรการตัดสินเพื่อให้เหมาะกับขีดจำกัดในเซลล์ข้อจำกัด และสร้างผลลัพธ์ที่ต้องการ

วิธีการใช้ Microsoft Excel Solver เป็นโปรแกรมย่อย (Add-ins) หนึ่งโปรแกรม Microsoft Excel ที่มีไว้เพื่อใช้ช่วยวิเคราะห์ปัญหาประเภทต้องการคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด สามารถแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นได้ จะสามารถใช้ได้กับจำนวนตัวแปรการตัดสินใจไม่เกิน 200 ตัวแปร และจำนวนข้อจำกัดไม่เกิน 100 ข้อจำกัด หากปัญหามีขนาดใหญ่กว่านั้นจะต้องใช้โปรแกรม Premium Solver ของบริษัท Frontline Systems โดยโปรแกรม Premium Solver สามารถแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นที่มีตัวแปรได้ถึง 2,000 ตัวแปร และ 1,000 ข้อจำกัด ถ้าปัญหาใหญ่กว่านี้ก็สามารถใช้ Premium Solver Platform ที่สามารถแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นที่มีตัวแปรได้ถึง 8,000 ตัวแปร และ 8,000 ข้อจำกัด Taha (1997) Jensen (2004) และ Baker (2006) ได้แสดงวิธีการใช้ Microsoft Excel Solver ในการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น (Frontline Systems Inc, 2564)

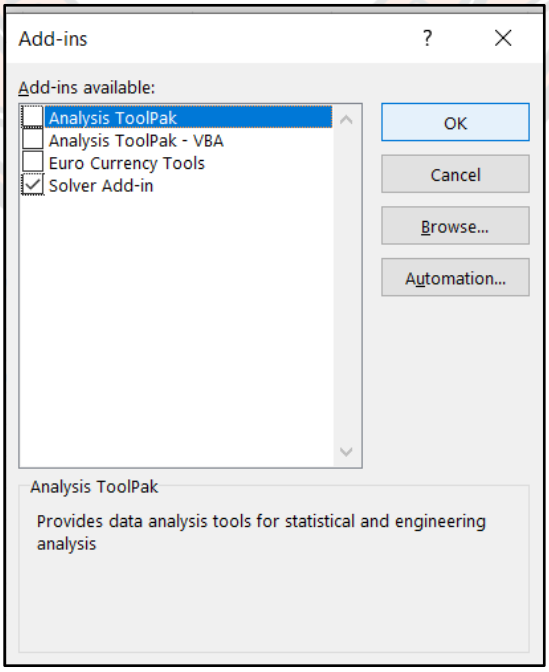
ฟังก์ชันการทำงานของ Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel มีวิธีการใช้งานดังต่อไปนี้

1) เมื่อเปิดโปรแกรม Microsoft Excel และให้ไปที่ File -> Excel Options -> Add-in -> เลือก Solver Add in -> Go แสดงดังภาพ 7



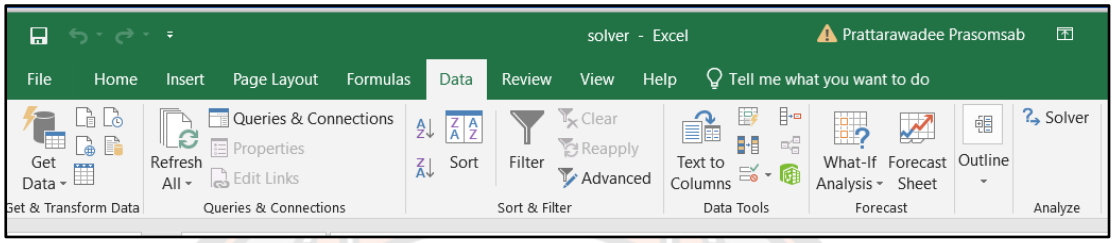
ภาพ 7 การติดตั้งฟังก์ชัน Solver เข้าสู่ Microsoft Excel

2) เลือก Solver Add-in และ กด Ok ดังภาพ 8

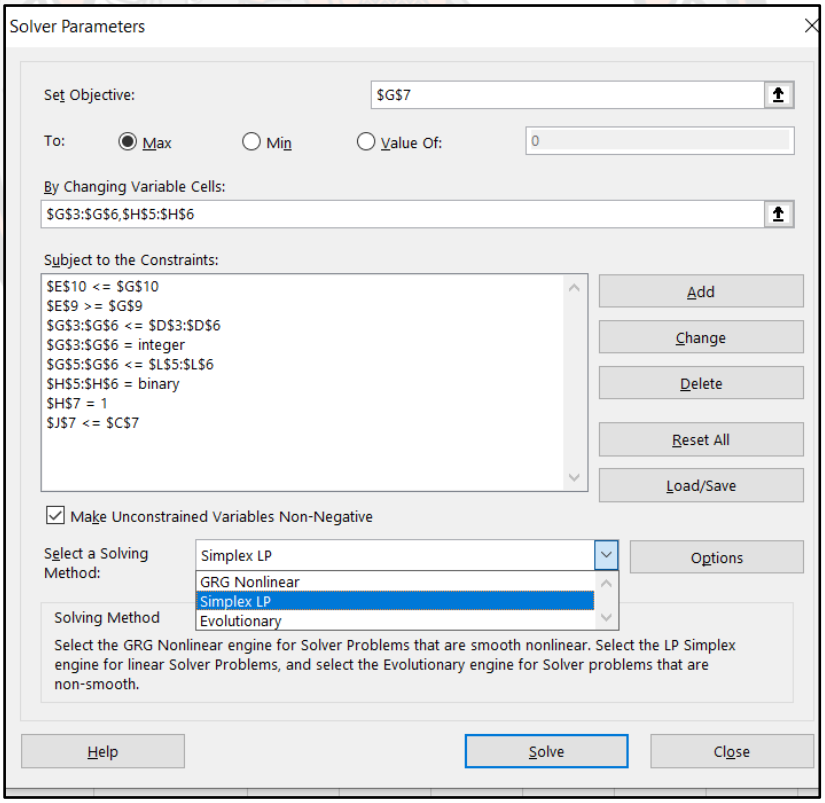


ภาพ 8 การเลือก Add-in ฟังก์ชันของ Solver สำหรับโปรแกรม Microsoft Excel

3) เริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม Microsoft Excel Solver โดยการป้อนค่าตัวแปรและฟังก์ชันที่ต้องการวิเคราะห์ลงในสเปรดชีต (Spreadsheet) จากนั้นทำการเลือกคำสั่ง Solver จากเมนูเครื่องมือ (Tools) โดยการคลิกที่แทบข้อมูล (Data) และ คลิกปุ่ม Solver แสดงดังภาพ 9 จากนั้นจะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ Solver Parameter



ภาพ 9 แแทบเครื่องมือของฟังก์ชัน Solver



ภาพ 10 ไดอะล็อกบ็อกซ์ของ Solver Parameter

4) ข้อมูลที่มีอยู่ในไดอะล็อกบ็อกซ์ของ Solver Parameter ดังภาพ 10 ประกอบด้วย

- การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Set Objective) โดยการใส่ตำแหน่งเซลล์ที่เป็นที่อยู่ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์โดยมีได้เพียงเซลล์เดียวเท่านั้น

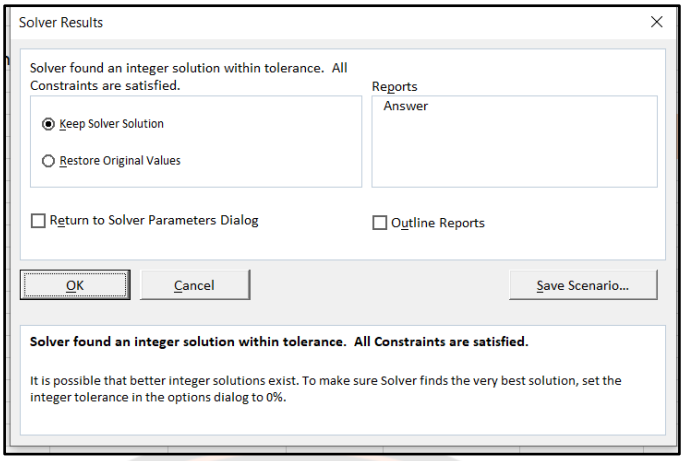
- เลือก Max เมื่อต้องการให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่ามากสุดหรือสูงสุด และเลือก Min เมื่อต้องการให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าน้อยสุดหรือต่ำสุด เลือก Value of เมื่อต้องการให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับค่าใดค่าหนึ่ง แล้วใส่ค่านั้นลงในช่องว่างด้านขวา ตรงบริเวณคำสั่ง To

- กำหนดเซลล์ของตัวแปรการตัดสินใจในส่วนของ By changing variable cell ซึ่งโดยปกติแล้วตัวแปรการตัดสินใจมักมีหลายเซลล์

- กำหนดเงื่อนไขข้อบังคับในส่วนของ Subject to the constraints โดยช่องว่างด้านซ้ายเป็นที่ใส่เงื่อนไขบังคับ มักมีหลายข้อแต่สามารถเขียนรวมกันเป็นกลุ่มได้ เช่น $N$7:$N$14 >= 0 หรือเขียนรวมกันได้เป็นกลุ่มหลายชุด ส่วนด้านขวามีรายการให้เลือก โดยคลิกที่ Add เมื่อต้องการเพิ่มเงื่อนไขบังคับลงในช่องด้านซ้ายจะได้ไดอะล็อกบ็อกซ์ Add Constraints ดังภาพ 10 ซึ่งเงื่อนไขบังคับมี 6 แบบด้วยกัน คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ (<=) มากกว่าหรือเท่ากับ (>=) เท่ากับ (=) เลขจำนวนเต็ม (Int/Integer) ศูนย์หรือหนึ่ง (Bin/Binary) และเลขจำนวนเต็มไม่ซ้ำกัน เริ่มตั้งแต่ 1 เรียงกันไป

- เลือกใช้วิธีแก้ปัญหาในส่วนของ Select a Solver Method โดยมีวิธีในการเลือก คือ 3 วิธี ได้แก่ 1) Simplex LP ใช้แก้ปัญหาที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับ ทั้งหมดเป็นเส้นตรง 2) Generalized Reduced Gradient (GRG) Nonlinear ใช้แก้ปัญหาที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขข้อบังคับบางข้อที่ไม่เป็นเส้นตรง และ 3) Evolutionary ใช้เพื่อแก้ปัญหาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีค่าเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง

- กดปุ่ม Solver เพื่อเริ่มกระบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูลในเวิร์กชีต ในขณะที่ Solver ทำการวิเคราะห์จะปรากฏข้อความบนแถบแสดงสถานะ โดย Solver จะป้อนค่า ทดลองลงในเซลล์เปลี่ยนแปลง แล้วทำการคำนวณ และทดสอบผลลัพธ์โดยทำการเปรียบเทียบ ผลลัพธ์ของการคำนวณซ้ำในรอบที่ติดกัน เพื่อให้ได้ชุดของค่าที่ตรงกับจุดประสงค์และถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด เมื่อได้คำตอบที่ดีที่สุด Solver จะแสดงไดอะล็อกบ็อกซ์ของ Solver Results ขึ้น แสดงดังภาพ 11



ภาพ 11 ไดอะล็อกบ็อกซ์เพื่อแสดงผลลัพธ์ที่ได้

ทั้งนี้การวิเคราะห์ผลลัพธ์สามารถเก็บค่าในการวิเคราะห์ไว้ในเวิร์กชีต โดยเลือกที่ Keep Solver Solution หรือหากต้องการค่าก่อนการวิเคราะห์ทำได้โดยเลือก Restore Original Values และหากต้องการให้สรุปการวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบของรายงาน สามารถทำได้ 3 รูปแบบโดยการเลือก Reports ประกอบด้วย 1) รายงานคำตอบ (Answer Report) เป็นรายงานคำตอบที่สรุปผลการวิเคราะห์ทั้งหมด คือ เซลล์เป้าหมาย เซลล์ตัวแปร และเซลล์เงื่อนไข รายงานนี้ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของเงื่อนไขด้วย 2) รายงานความอ่อนไหว (Sensitivity Report) เป็นรายงานความอ่อนไหวของเป้าหมายต่อการเปลี่ยนแปลงในเงื่อนไข ประกอบด้วยส่วนของเซลล์เปลี่ยนแปลงและเซลล์เงื่อนไข และ 3) รายงานข้อจำกัด (Limit Report) เป็นรายงานข้อจำกัด ที่แสดงให้เห็นว่าตัวแปรสามารถเพิ่มหรือลดลงได้มากน้อยเท่าใด โดยไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไข ซึ่งจะแสดงค่าที่ดีที่สุด ค่าที่น้อยที่สุด และค่าที่มากที่สุดสำหรับเซลล์ตัวแปรแต่ละเซลล์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้าและการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นงานวิจัยที่ผ่านมาจากฐานข้อมูลวารสารระดับนานาชาติ Scopus และฐานข้อมูลวารสารวิชาการ เช่น Thai Journals Online และ Thai Digital Collection เป็นต้น ใช้คำสำคัญ (Key Word) สำหรับการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การเลือกทำเลที่ตั้ง ศูนย์กระจายสินค้า และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาเลือกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2565 โดยมีรายละเอียดดังตาราง 3

ตาราง 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้แต่ง (ปี)	ลักษณะปัญหา				เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย								
	เพื่อรองรับการขนส่งสินค้าจากรถไฟลาว - จีน	เพื่อลดต้นทุนและเวลาการขนส่ง	เพื่อหาทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า	การขนส่งหลายรูปแบบ	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming)	วิธีวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of Gravity Method)	การสร้างแบบจำลองการขนส่ง (Multimodal Transport Model)	แบบสอบถาม (Questionnaire)	กระบวนการตามลำดับขั้นเชิงเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process)	วิธีฮิวริสติก (Heuristic Method)	วิธีการวิเคราะห์ด้วยฟัซซี่ (Fuzzy)	อื่น ๆ
1. ถิรวัฒ์ เกนโรจน์,เขษมศักดิ์ บุญเรือง และ คเณศ พันธุ์สวาสดิ์ (2565)		/	/			/						/
2. ฉัตรชัย ใจทิยา และ เสาวนิตย์ เลขวัต (2565)			/						/			
3. เกษศิรินทร์ ธีรธิติไชพา และ ศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ (2564)			/		/							
4. ปฐมพงษ์ หอมศรี (2564)			/								/	
5. วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ และ สิวนีย์ ปงลังกา (2563)			/		/							
6. ไกรสีห์ กำจรฤทธิ์ (2563)			/						/		/	
7. กิตติคุณ ค้าขาย และ สราวุธ จันทร์สุวรรณ (2562)			/		/							
8. พริดา วิภูภิญโญ (2562)		/	/			/						

ตาราง 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	ลักษณะปัญหา				เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย									
	เพื่อรองรับการขนส่งสินค้าจากรถไฟลาว - จีน	เพื่อลดต้นทุนและเวลาการขนส่ง	เพื่อหาทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า	การขนส่งหลายรูปแบบ	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming)	วิธีวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of Gravity Method)	การสร้างแบบจำลองการขนส่ง (Multimodal Transport Model)	แบบสอบถาม (Questionnaire)	กระบวนการตามลำดับขั้นเชิงเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process)	วิธีฮิวริสติก (Heuristic Method)	วิธีการวิเคราะห์ด้วยฟัซซี่ (Fuzzy)	อื่น ๆ
9. พัชรธิดา ศิริเลี้ยง และ ปารวี จารุพันธ์ (2562)		/	/	/	/							
10. ธนากร วิวัฒนากรวงศ์ และ วงศกร เอ๊ฟวา (2561)			/		/							
11. สนธิกิจ ลิมปนาวาณิช (2561)		/	/									
12. ขจรักดิ์ ไชยวงศ์ (2560)			/		/			/				
13. ธาน ส่งทวน (2560)			/		/							
14. ปรางประเสริฐ น้อยสังข์ และ ชุมพล มณฑาทิพย์กุล (2560)			/		/							
15. จารุพงษ์บรรเทา และคณะ (2560)		/	/									
16. พิเชฐ เวิ่นทอง (2560)			/									
17. อธิวัฒน์ ลีนะธรรม และ เปรมพร เขมาวุฒฒ์ (2559)			/		/							

ตาราง 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	ลักษณะปัญหา				เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย									
	เพื่อรองรับการขนส่งสินค้าจากรถไฟลาว - จีน	เพื่อลดต้นทุนและเวลาการขนส่ง	เพื่อหาทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า	การขนส่งหลายรูปแบบ	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming)	วิธีวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of Gravity Method)	การสร้างแบบจำลองการขนส่ง (Multimodal Transport Model)	แบบสอบถาม (Questionnaire)	กระบวนการตามลำดับชั้นเชิงเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process)	วิธีฮิวริสติก (Heuristic Method)	วิธีการวิเคราะห์ด้วยฟัซซี่ (Fuzzy)	อื่น ๆ
18. กฤติกร กระแสทิพย์ (2559)			/		/		/					
19. กิตติพงษ์ รักษ์เจริญ (2558)			/									/
20. ธนวัฒน์ เมธีธัญญรัตน์ (2558)		/	/					/	/			
21. ยุพิน วงษ์วิลาส (2557)			/			/						/
22. ทิพวัลย์ ตันกสิกิจ (2556)			/		/							
23. สุชาติ ประกอบ (2556)			/			/						
24. สิริกานต์ จันทร์ศิริ (2555)			/		/							
25. ธีระยุทธ แสนแก้ว (2554)			/		/			/				
26. Shu-pingWan et al. (2021)			/		/						/	
27. Laijun Zhaoabc et al. (2018)		/	/		/			/	/			

ตาราง 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	ลักษณะปัญหา				เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย								
	เพื่อรองรับการขนส่งสินค้าจากรถไฟลาว - จีน	เพื่อลดต้นทุนและเวลาการขนส่ง	เพื่อหาทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า	การขนส่งหลายรูปแบบ	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming)	วิธีวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of Gravity Method)	การสร้างแบบจำลองการขนส่ง (Multimodal Transport Model)	แบบสอบถาม (Questionnaire)	กระบวนการตามลำดับชั้นเชิงเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process)	วิธีฮิวริสติก (Heuristic Method)	วิธีการวิเคราะห์ด้วยฟัซซี่ (Fuzzy)	อื่น ๆ
28. Sopha et al. (2018)			/								/	/
29. Y sun et al. (2018)			/		/							
30. Pawel Drodziel (2017)		/	/		/							/
31. Xiang Hua et al. (2016)			/		/							
32. Xin Tang et al. (2016)			/		/							
33. Shitai Bao et al. (2015)			/		/					/		
34. Xiao-HuaHu et al. (2014)		/	/									/
35. Zvi Drezner and Carlton H. Scott (2013)		/	/		/							
36. This Work	/		/		/							

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 35 บทความ พบว่า วิธีการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Model) ที่นำมาใช้ส่วนใหญ่ ได้แก่ วิธี แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นวิธีการนำเอาสมการทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการเกี่ยวกับการตัดสินใจ โดยได้นำเอาโปรแกรม Microsoft Excel Solver มาวิเคราะห์เพื่อทำแก้ไขปัญหา เพื่อหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้วิธีวิเคราะห์จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of Gravity Method) อีกทั้งมีการนำเอาวิธีการสัมภาษณ์ ซึ่งเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากผู้ที่เกี่ยวข้องในการศึกษามาอธิบายในเชิงพรรณามาวิเคราะห์โดยใช้วิธีกระบวนการตามลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP) เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม และยังพบการใช้ฟัซซี่ (Fuzzy) และวิธีฮิวริสติก (Heuristics Method) มาวิเคราะห์เพื่อหาทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ยังไม่มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าเพื่อเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาแก้ปัญหาการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า เพื่อเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการทดสอบแบบจำลองเป็นข้อมูลที่ได้รับมาจากบริษัทขนส่ง XYZ

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยของการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อรองรับโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ข้อมูล และขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องคอมพิวเตอร์พกพา จำนวน 1 เครื่อง โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) AMD Ryzen(R) 5 – 3500 with Radeon Vega Mobile Gfx 2.10 Ghz

2) หน่วยความจำหลัก (RAM) 8.00 GB (5.95 GB usable)

3) หน่วยความจำสำรอง (Hard disk) HDD 1 TB 54R /SSD (3Y) 240 GB

4) ระบบปฏิบัติการ (OS) Microsoft Windows 10 Home 64-bit Operating system

5) โปรแกรม Microsoft Excel Solver ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการหาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนการดำเนินงาน

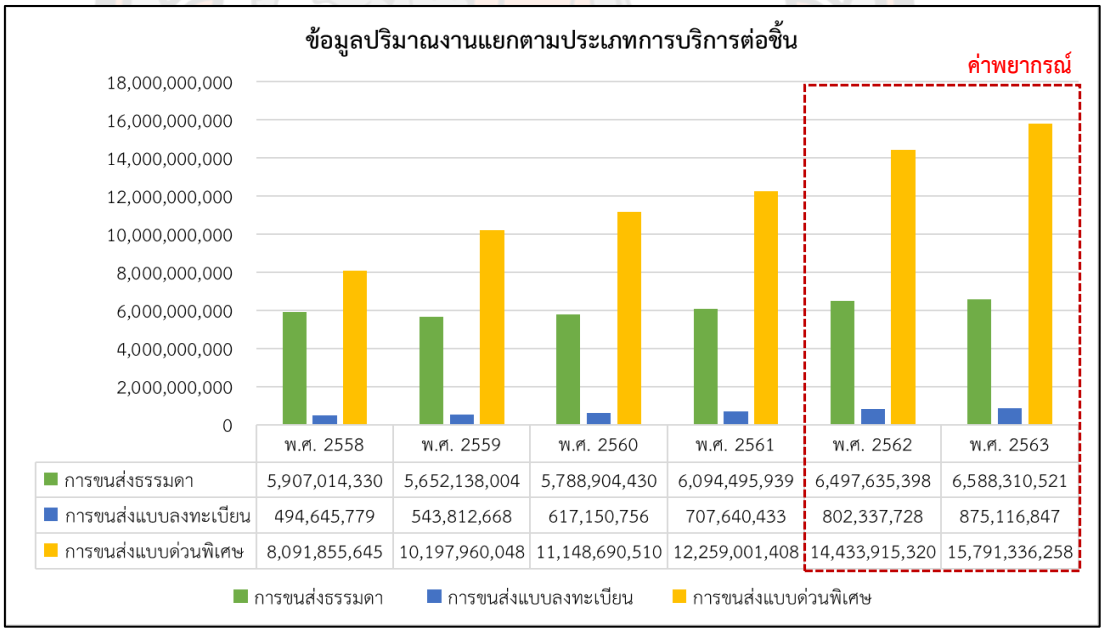
1. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทขนส่ง XYZ

บริษัทขนส่ง XYZ เป็นบริษัทที่ให้บริการการขนส่งสินค้าทั้งภายในและต่างประเทศ โดยมีสถานที่ทำการรับส่งสินค้าจำนวน 32,081 แห่งทั่วประเทศไทย มีการให้บริการโดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มธุรกิจ ประกอบด้วย 1) กลุ่มธุรกิจบริการขนส่งขนาดเล็ก เช่น บริการส่งจดหมายของตีพิมพ์ และจดหมายในประเทศ เป็นต้น 2) กลุ่มธุรกิจขนส่งและโลจิสติกส์ เช่น การขนส่งสินค้าที่ต้องการส่งด่วนเป็นพิเศษและบริการขนส่งสิ่งของขนาดใหญ่ (Logispost) เป็นต้น 3) กลุ่มธุรกิจบริการระหว่างประเทศ และ 4) กลุ่มธุรกิจค้าปลีกและการเงิน เช่น การโอนเงินออนไลน์โดยไม่ต้องใช้บัญชีธนาคาร และบริการทางการเงิน (Pay at Post) เป็นต้น นอกจากนี้ในด้านการขนส่งสินค้า

ระหว่างประเทศของบริษัทขนส่ง XYZ นั้นได้เข้าร่วมกับสหภาพสากล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดรูปแบบการให้บริการและปรับปรุงกิจการการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ตลอดจนเพื่อส่งเสริมและพัฒนาความร่วมมือระหว่างประเทศด้านกิจการการขนส่งสินค้า

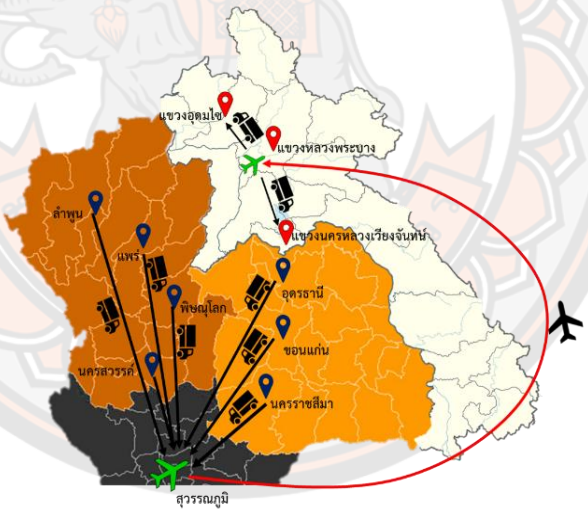
ในการทดสอบแบบจำลอง ผู้วิจัยได้รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้านปริมาณงานจากบริษัทขนส่ง XYZ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2563 โดยข้อมูลแบ่งออกเป็นข้อมูลจริงที่ได้รับจากการเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2561 และข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา โดยวิเคราะห์ด้วย Forecast Sheet ซึ่งเป็นหนึ่งในโปรแกรม Microsoft Excel เนื่องจากในช่วงปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2563 ได้เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 หรือ COVID-19 ทำให้ผู้วิจัยประสบปัญหาไม่สามารถเก็บข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวได้ อีกทั้งปริมาณงานการขนส่งสินค้าในช่วงเวลาดังดัวกล่าวมีความแปรผันเป็นอย่างมาก เพื่อให้งานวิจัยนี้มีข้อมูลที่เพียงพอต่อการทดสอบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการพยากรณ์ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2563 โดยอาศัยข้อมูลในอดีตที่เป็นข้อมูลในช่วงสถานการณ์ปกติ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2561 ดังภาพ 12



	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2563
การขนส่งธรรมดา	5,907,014,330	5,652,138,004	5,788,904,430	6,094,495,939	6,497,635,398	6,588,310,521
การขนส่งแบบลงทะเบียน	494,645,779	543,812,668	617,150,756	707,640,433	802,337,728	875,116,847
การขนส่งแบบด่วนพิเศษ	8,091,855,645	10,197,960,048	11,148,690,510	12,259,001,408	14,433,915,320	15,791,336,258

ภาพ 12 ข้อมูลปริมาณงานแยกตามประเภทการบริการต่อชิ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2563

ปัจจุบันบริษัทขนส่ง XYZ มีศูนย์กระจายสินค้าภายในประเทศเพื่อรองรับการขนส่งสินค้าทั้งหมด 19 แห่ง ตั้งอยู่ใน 17 จังหวัดตามภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ ประกอบด้วย จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดชลบุรี จังหวัดราชบุรี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดแพร่ จังหวัดลำพูน จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดอุดรธานี จังหวัดขอนแก่น จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดสงขลา จังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดชุมพร ซึ่งรูปแบบการการขนส่งสินค้าที่มีปลายทางไปยังต่างประเทศ หรือแม้กระทั่งประเทศเพื่อนบ้านอย่าง สปป. ลาว สินค้าทั้งหมดจะทำการรวบรวมมาไว้ยังศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดสุมทรปราการ เพื่อดำเนินการขนส่งผ่านทางอากาศโดยเครื่องบินพาณิชย์เท่านั้น และมีการร่วมมือกับบริษัทขนส่งต่างประเทศเพื่อทำหน้าที่ให้บริการขนส่งสินค้าไปยังจุดปลายทาง ดังภาพ 13 แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการขนส่งสินค้าจากประเทศไทยไปยัง สปป. ลาว ผ่านการขนส่งทางอากาศด้วยเครื่องบินพาณิชย์

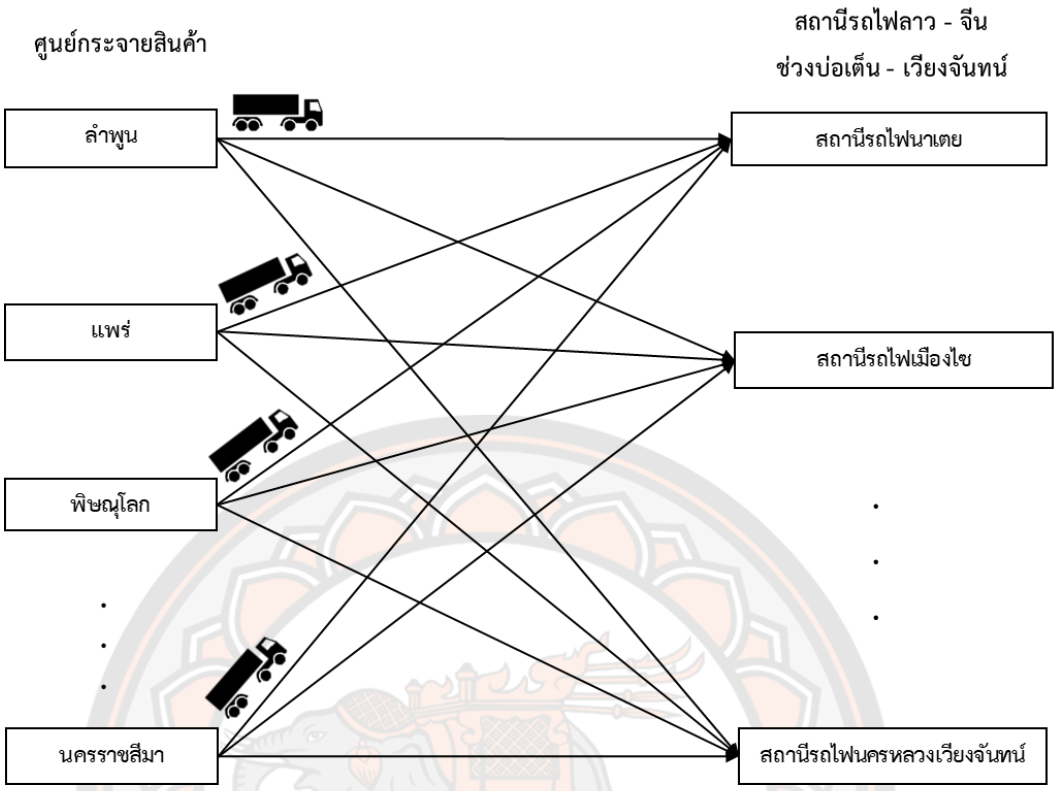


ภาพ 13 รูปแบบการส่งสินค้าจากประเทศไทยไปยัง สปป.ลาว ของบริษัทขนส่ง XYZ

จากการศึกษางานวิจัยเรื่อง “การศึกษาเพื่อจัดทำแผนยุทธศาสตร์รองรับโครงการก่อสร้างรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)” (บุญทรัพย์ พานิชการ และคณะ, 2562) พบว่าพื้นที่ในประเทศไทยที่ได้รับผลกระทบจากโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) มากที่สุด ได้แก่ พื้นที่ในเขตภาคเหนือ และพื้นที่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมจากโครงการดังกล่าว ประกอบกับแนวทางการพัฒนาของประเทศไทย ที่ได้ให้

ความสำคัญในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและระบบคมนาคม โดยเฉพาะระบบราง มีแนวทางในการพัฒนาทั้งโครงการก่อสร้างเส้นทางสายใหม่ โครงการสร้างรถไฟทางคู่ และโครงการก่อสร้างรถไฟความเร็วสูง ซึ่งในโครงการพัฒนาในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วยเส้นทางรถไฟความเร็วสูงช่วง กรุงเทพฯ ถึง หนองคาย และช่วงกรุงเทพฯ ถึง เชียงใหม่ ที่ถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของแผนยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี ที่จะสามารถช่วยสร้างความเข้มแข็งให้กับเศรษฐกิจของประเทศไทย ผ่านระบบคมนาคมที่เชื่อมโยงไทยไปสู่อาเซียนและต่อไปถึงสาธารณรัฐประชาชนจีนได้ อนาคตจะเป็นเส้นทางเชื่อมต่อไปถึงยุโรปตะวันออกได้ ทั้งนี้ในด้านการขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ในปัจจุบันยังคงขนส่งผ่านทางอากาศเพียงรูปแบบเดียวเท่านั้น ทำให้มีต้นทุนในการขนส่งสินค้าค่อนข้างสูง และยังส่งผลทำให้อัตราค่าบริการในการส่งสินค้าหรับลูกค้าสูงขึ้นตามไปด้วย

ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยตระหนักถึงการพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ตามแนวเส้นทางรถไฟความเร็วสูงพาดผ่านในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยให้สามารถรองรับและขนส่งสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งทางถนนเชื่อมโยงรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ซึ่งประกอบด้วย ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดลำพูน จังหวัดแพร่ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดอุดรธานี และจังหวัดขอนแก่น และสถานีรถไฟที่ตั้งอยู่ในแนวเส้นทางรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ของ สปป. ลาว ประกอบด้วย สถานีรถไฟนาเตย สถานีรถไฟเมืองไซ สถานีรถไฟหลวงพระบาง สถานีรถไฟวังเวียง และสถานีรถไฟนครหลวงเวียงจันทน์ สามารถนำเอาข้อมูลมาสร้างเป็นโครงข่ายการขนส่งสินค้าที่เป็นไปได้ ดังภาพ 14



ภาพ 14 เส้นทางการขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ไปยังสถานีรถไฟลาว - จีน ที่เป็นไปได้

1.2 ข้อมูลสำหรับทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สำหรับข้อมูลที่ถูกนำมาใช้เพื่อทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย โครงสร้างต้นทุนการขนส่งสินค้า ประเภทรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ (ตาราง 4) ค่าธรรมเนียมการขนส่งสินค้าข้ามแดนไทย - สปป.ลาว (ตาราง 5) ระยะทางและเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ไปยังสถานีหลักของรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) (ตาราง 6) ปริมาณความต้องการจัดส่งสินค้าไปสถานีรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) (ตาราง 7) รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพื่อพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมให้กลายเป็นศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับและขนส่งสินค้าไปยังต่างประเทศเพื่อเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว - จีนได้ (ตาราง 8) แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 4 โครงสร้างต้นทุนการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ

รายการ	**รถบรรทุก (บาทต่อกิโลเมตร)**
ค่ารถและเครื่องมือ	4.21
ค่าทะเบียน	0.05
ค่าตรวจสภาพรถ	0.02
ค่าประกันภัย	0.75
ค่าพนักงานขับรถและผู้ช่วย	4.2
ค่าเชื้อเพลิง	6.12
ค่ายาง	0.29
ค่าน้ำมันหล่อลื่น	0.3
ค่าซ่อมรถและบำรุงรักษา	0.95
ค่าใช้จ่ายไม่มีใบเสร็จ	0.1
ค่าใช้จ่ายสำนักงาน	0.51
ต้นทุนการขนส่ง (บาท/กม.)	**17.50**

ที่มา: กรมการขนส่งทางบก, 2559

ตาราง 5 ค่าธรรมเนียมการขนส่งสินค้าข้ามแดนไทย - สปป.ลาว

รายการ	**ฝั่งไทย (บาท)**	**ฝั่ง สปป.ลาว**
รถบรรทุก 10 ขึ้นไป	350	94,000 กีบ หรือ 282 บาท
ค่าผ่านแดนรายบุคคล	10	50 บาท

หมายเหตุ: ค่าเงินกีบเท่ากับ 0.0030 บาท (ข้อมูล ณ วันที่ 25 ธันวาคม 2564)

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลเพื่อธุรกิจไทยในจีน ณ นครคุณหมิง, 2556

ตาราง 6 ระยะทางในการขนส่งสินค้า

ศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิม	สถานีรถไฟ	เส้นทางที่ใช้			ระยะทาง (กิโลเมตร)
		ประเทศไทย	จุดผ่านแดนถาวร	สปป.ลาว	
ลำพูน	นาเตย	ถ.116->เชียงใหม่->ถ.118 ->เชียงราย->ถ.1	เชียงของ	AH3	506
	เมืองไซ	ถ.11->เชียงใหม่->ถ.118->ถ.120->พะเยา->1021	บ้านฮวก	2W, AH13	546
	หลวงพระบาง	ถ.11->อุตรดิตถ์->ถ.117	ภูดู่	AH4	706
	วังเวียง	ถ.11->อุตรดิตถ์->ถ.117	ภูดู่	AH13	631
	นครหลวงเวียงจันทน์	ถ.11->อุตรดิตถ์->ถ.117	ภูดู่	-	638
แพร่	นาเตย	ถ.103->พะเยา->ถ. 1020	เชียงของ	AH3	507
	เมืองไซ	ถ.101->น่าน	ห้วยโก๋น	2W, AH13	463
	หลวงพระบาง	ถ.101->น่าน	ห้วยโก๋น	2W, AH13	543
	วังเวียง	ถ.101->น่าน->อุตรดิตถ์->ถ.1083	ภูดู่	AH13	467
	นครหลวงเวียงจันทน์	ถ.101->น่าน->อุตรดิตถ์->ถ.1083	ภูดู่	-	475
พิษณุโลก	นาเตย	ถ.11->อุตรดิตถ์->ถ.101->แพร่->ถ.103->พะเยา->ถ. 1020	เชียงของ	AH3	678
	เมืองไซ	ถ.11->อุตรดิตถ์->แพร่->ถ.101->น่าน	ห้วยโก๋น	2W, AH13	613
	หลวงพระบาง	ถ.11->อุตรดิตถ์->ถ.1246->->ถ.1214->ถ.117	ภูดู่	AH4	563
	วังเวียง	ถ.12->เลย->ถ.21->ถ.210->ถ.2097->หนองคาย->ถ.2020->ถ.242	หนองคาย	AH13	534
	นครหลวงเวียงจันทน์	ถ.12->เลย->ถ.21->ถ.210->ถ.2097->หนองคาย->ถ.2020->ถ.242	หนองคาย	AH13	405
นครสวรรค์	นาเตย	ถ.117->พิษณุโลก->ถ.11->อุตรดิตถ์->ถ.101->แพร่->ถ.103->พะเยา->ถ. 1020	เชียงของ	AH3	820
	เมืองไซ	ถ.117->พิษณุโลก->ถ.11->อุตรดิตถ์->แพร่->ถ.101->น่าน	ห้วยโก๋น	2W, AH13	755
	หลวงพระบาง	ถ.117->พิษณุโลก->ถ.11->อุตรดิตถ์->ถ.1246->ถ.1214->ถ.117	ภูดู่	AH4	76
	วังเวียง	ถ.117->พิษณุโลก->ถ.12->เลย->ถ.21->ถ.210->ถ.2097->หนองคาย->ถ.2020->ถ.242	หนองคาย	AH13	692
	นครหลวงเวียงจันทน์	ถ.12->เลย->ถ.21->ถ.210->ถ.2097->หนองคาย->ถ.2020->ถ.242	หนองคาย	AH13	562
อุดรธานี	นาเตย	ถ.2->หนองคาย	หนองคาย	AH13, AH4	772
	เมืองไซ	ถ.2->หนองคาย	หนองคาย	AH13, AH4	692
	หลวงพระบาง	ถ.2->หนองคาย	หนองคาย	AH13	507
	วังเวียง	ถ.2->หนองคาย	หนองคาย	AH13	318
	นครหลวงเวียงจันทน์	ถ.2->หนองคาย	หนองคาย	AH13	189

ตาราง 6 ระยะทางในการขนส่งสินค้า (ต่อ)

ศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิม	สถานีรถไฟ	เส้นทางที่ใช้			ระยะทาง (กิโลเมตร)
		ประเทศไทย	จุดผ่านแดนถาวร	สปป.ลาว	
ขอนแก่น	นาเตย	ถ.2->อุดรธานี->หนองคาย	หนองคาย	AH13, AH4	666
	เมืองไซ	ถ.2->อุดรธานี->หนองคาย	หนองคาย	AH13, AH4	592
	หลวงพระบาง	ถ.2->อุดรธานี->หนองคาย	หนองคาย	AH13	407
	วังเวียง	ถ.2->อุดรธานี->หนองคาย	หนองคาย	AH13	218
	นครหลวงเวียงจันทน์	ถ.2->อุดรธานี->หนองคาย	หนองคาย	AH13	89
นครราชสีมา	นาเตย	ถ.21->พิจิตร->ถ.11->พิษณุโลก->ถ.11->อุตรดิตถ์->ถ.101->แพร่->ถ.103->พะเยา->ถ. 1020	เชียงของ	AH3	1042
	เมืองไซ	ถ.2->ขอนแก่น->อุดรธานี->หนองคาย	หนองคาย	AH13, AH4	877
	หลวงพระบาง	ถ.2->ขอนแก่น->อุดรธานี->หนองคาย	หนองคาย	AH13	692
	วังเวียง	ถ.2->ขอนแก่น->อุดรธานี->หนองคาย	หนองคาย	AH13	503
	นครหลวงเวียงจันทน์	ถ.2->ขอนแก่น->อุดรธานี->หนองคาย	หนองคาย	AH13	374

หมายเหตุ: เครื่องหมาย (-) หมายถึง ไม่มีหมายเลขถนน

ที่มา: ผู้วิจัย, 2565

ตาราง 7 ปริมาณสินค้าที่ต้องการจัดส่งไปสถานีรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)

สถานีรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)	ปริมาณสินค้าที่ต้องการจัดส่ง (ชิ้น)
สถานีรถไฟนาเตย	900,000
สถานีรถไฟเมืองไซ	1,600,000
สถานีรถไฟหลวงพระบาง	520,000
สถานีรถไฟวังเวียง	320,000
สถานีรถไฟนครหลวงเวียงจันทน์	3,560,000

ที่มา: บริษัทขนส่ง XYZ, 2563

ตาราง 8 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ

ศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิม	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (บาท)
ลำพูน	2,500,000
แพร่	2,500,000
พิษณุโลก	2,500,000
นครสวรรค์	2,500,000
ขอนแก่น	2,500,000
อุดรธานี	2,500,000
นครราชสีมา	2,500,000

ที่มา: บริษัทขนส่ง XYZ, 2563

2. การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สำหรับขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นแบบจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming: MILP) เพื่อใช้ในการหาทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ที่เหมาะสม เพื่อเชื่อมโยงโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) มีรายละเอียดดังนี้

1) การกำหนดข้อสมมติฐาน (Assumptions)

2) การประกาศตัวแปรทราบค่า (Parameters) ประกอบด้วย โครงสร้างต้นทุนการขนส่งสินค้าประเภทรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ ค่าธรรมเนียมข้ามแดนไทย - สปป.ลาว ระยะทางในการขนส่ง ปริมาณสินค้าที่ต้องการขนส่งยังไปสถานีรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ปริมาณความจุของรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ ต้นทุนการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ ต้นทุนในการพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าไปยังรถไฟลาว - จีน และความจุสูงสุดของศูนย์กระจายสินค้า

3) การประกาศตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) เป็นตัวแปรตัดสินใจที่ใช้ในการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยได้กำหนดให้มีค่าเป็น 1 หากถูกเลือก และมีค่าเป็น 0 ต่อเมื่อไม่ถูกเลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรองรับและกระจายสินค้าไปยังรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)

4) การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) เป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ตามที่กำหนด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่งสินค้า ค่าธรรมเนียมในการขนส่งสินค้าข้ามแดนไทย - สปป.ลาว และต้นทุนในการดำเนินการพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าให้สามารถรองรับและกระจายสินค้าไปยังรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ได้

5) เงื่อนไขข้อบังคับ (Constraints) เป็นเงื่อนไขข้อบังคับหรือข้อจำกัดของบริษัทขนส่ง XYZ ในการเลือกศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม สำหรับการรองรับและกระจายสินค้าไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ประกอบด้วย 1) ปริมาณการขนส่งสินค้าโดยใช้รถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ สามารถจุได้สูงสุด 20,000 ชิ้นต่อรอบ 2) ปริมาณสินค้าที่สามารถรองรับและกระจายไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน ต้องไม่เกินความจุสูงสุดของศูนย์กระจายสินค้า 3) ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ผ่านจุดผ่านแดนถาวร จะเท่ากับต้นทุนรวมในการขนส่งสินค้าโดยคิดตามระยะทางการขนส่งเท่านั้น

3. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ในขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็มแบบผสมที่ถูกสร้างขึ้นมานั้น เพื่อป้องกันไม่ให้ผลลัพธ์ที่ได้เกิดความผิดปกติ และไม่ละเมิดเงื่อนไขข้อบังคับ และผลลัพธ์ที่ได้จะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ หากตรวจสอบแล้วพบว่าผลลัพธ์ที่ได้ไม่ถูกต้องจะต้องทำการแก้ไขหรือปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มานั้นไม่มีการละเมิดเงื่อนไขข้อบังคับ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด

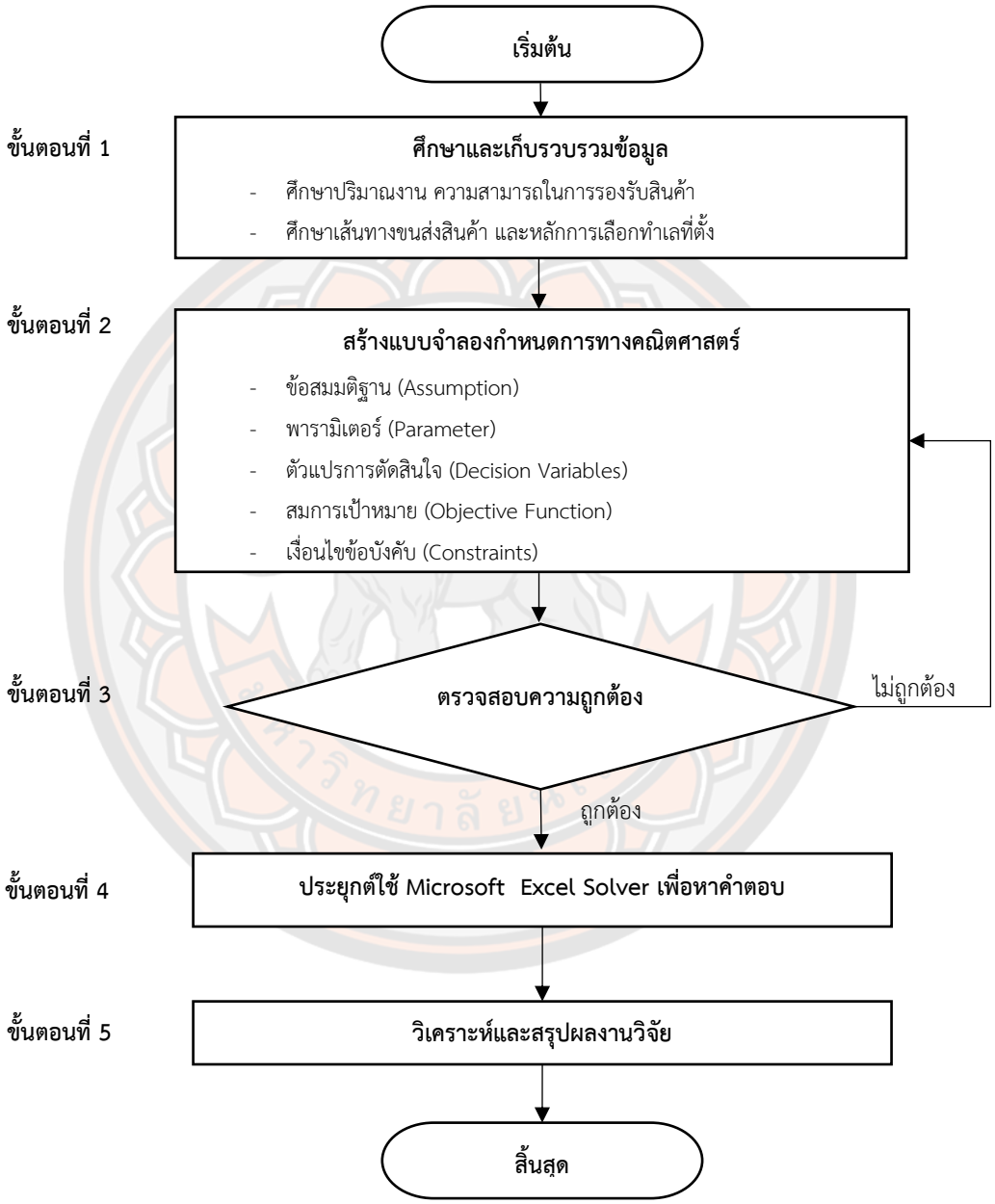
4. การประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver เพื่อหาคำตอบ

เมื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เรียบร้อยแล้ว จะทำการหาผลลัพธ์ของแบบจำลอง ด้วยการประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver

5. การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

เมื่อได้รับผลลัพธ์เรียบร้อยแล้ว จะนำผลลัพธ์นั้นมาทำการวิเคราะห์ พร้อมทั้งสรุปผลการวิจัย เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด พร้อมทั้งแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)

จากรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้น ในการดำเนินการวิจัยเพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม เพื่อเชื่อมโยงไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) สามารถเรียงขั้นตอนเป็นผังของขั้นตอนการดำเนินงานการวิจัย ดังภาพ 15



ภาพ 15 รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

บทนี้เป็นการกล่าวถึงผลการวิจัยโดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ผลการวิจัยในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การหาตำแหน่งทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) และผลการวิจัยในการสร้างโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ จากศูนย์กระจายสินค้าเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิจัยการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาตำแหน่งทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยทำการศึกษาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ตามแนวเส้นทางรถไฟภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจำนวน 7 จังหวัด ประกอบด้วย ลำพูน แพร่ พิษณุโลก นครสวรรค์ ขอนแก่น อุดรธานี และ นครราชสีมา เพื่อเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยพิจารณาสถานีรถไฟที่สามารถรองรับต่อการขนส่งสินค้าและผู้โดยสารได้ จำนวน 5 สถานี ประกอบด้วย สถานีรถไฟเมืองไช สถานีรถไฟนาเตย สถานีรถไฟหลวงพระบาง สถานีรถไฟวังเวียง และสถานีรถไฟนครหลวงเวียงจันทน์ เพื่อให้มีความชัดเจนถึงผลลัพธ์ในการเลือกตำแหน่งทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าทั้งเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผู้วิจัยจึงได้จำแนกสถานการณ์ (Scenerios) เพื่อทดสอบออกเป็น 3 สถานการณ์ ดังตาราง 9

ตาราง 9 สถานการณ์เพื่อทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สถานการณ์ที่	จังหวัดที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ						
	ลำพูน	แพร่	พิษณุโลก	นครสวรรค์	อุดรธานี	ขอนแก่น	นครราชสีมา
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓			
3					✓	✓	✓

จากตาราง 9 แสดงสถานการณ์เพื่อทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 สถานการณ์ มีรายละเอียดดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 เป็นการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ตามแนวเส้นทางรถไฟทั้งในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วย ศูนย์ลำพูน ศูนย์แพร่ ศูนย์พิษณุโลก ศูนย์นครสวรรค์ ศูนย์ขอนแก่น ศูนย์อุดรธานี และศูนย์นครราชสีมา สถานการณ์ที่ 2 เป็นการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ตามแนวเส้นทางรถไฟเฉพาะเขตภาคเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วย ศูนย์ลำพูน ศูนย์แพร่ ศูนย์พิษณุโลก และศูนย์นครสวรรค์ และสถานการณ์ที่ 3 เป็นการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ตามแนวเส้นทางรถไฟเฉพาะเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วย ศูนย์ขอนแก่น ศูนย์อุดรธานี และศูนย์นครราชสีมา โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แต่ละสถานการณ์ มีรายละเอียดดังนี้

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาตำแหน่งทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับและกระจายสินค้าไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) เป็นแบบจำลองแบบจำนวนเต็มแบบผสม (MILP) สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

ข้อสมมติ (Assumptions)

1) การขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ดำเนินการขนส่งด้วยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 10 ล้อ เท่านั้น

2) รถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซล 10 ล้อ สามารถบรรจุสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ได้เต็มตามความจุของรถบรรทุก ซึ่งมีจำนวน 20,000 ชิ้นต่อรอบการขนส่ง

3) สามารถรู้ปริมาณการขนส่งได้ล่วงหน้าและมีปริมาณความต้องการการขนส่งสินค้าที่แน่นอน

4) ศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ มีปริมาณความจุสูงสุดที่เท่ากัน ซึ่งมีปริมาณความจุสูงสุด 7,000,0000 ชิ้น

ดัชนี (Index)

i คือ หมายเลขของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมตามแนวเส้นทางรถไฟภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยที่ (i=1,2,...,n) ; 1=ศูนย์ลำพูน, 2=ศูนย์แพร่, 3=ศูนย์พิษณุโลก, 4=ศูนย์นครสวรรค์, 5=ศูนย์ขอนแก่น, 6=ศูนย์อุดรธานี, 7=ศูนย์นครราชสีมา

*สถานการณ์ที่ 1 พิจารณาทั้ง 7 ศูนย์ (i=1,2,...,7) สถานการณ์ที่ 2 พิจารณาศูนย์เขตภาคเหนือ (i=1,2,3,4) และสถานการณ์ที่ 3 พิจารณาศูนย์เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (i=5,6,7)

j คือ หมายเลขของสถานีรถไฟหลักตามแนวเส้นทางรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยที่ (j=1,2,...,m) ; 1=สถานีรถไฟนาเตย, 2=สถานีรถไฟเมืองไซ, 3=สถานีรถไฟหลวงพระบาง, 4=สถานีรถไฟวังเวียง, 5=สถานีรถไฟนครหลวงเวียงจันทน์

ตัวแบบทราบค่า (Parameters)

n คือ จำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ที่ตั้งอยู่ตามแนวเส้นทางรถไฟภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

m คือ จำนวนสถานีรถไฟหลักที่ตั้งอยู่ในแนวเส้นทางรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)

f_i คือ ค่าดำเนินงานในการพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับและขนส่งสินค้าไปยังรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ของศูนย์กระจายสินค้าที่ i (หน่วย: บาท)

c_{ij} คือ ต้นทุนการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมที่ i ไปยังสถานีรถไฟที่ j (หน่วย: บาทต่อรอบการขนส่ง)

d_j คือ ปริมาณความต้องการสินค้าเพื่อจัดส่งไปยังสถานีรถไฟที่ j (หน่วย: ชิ้นต่อปี)

S_{ij} คือ ระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมที่ i ไปยังสถานีรถไฟที่ j (หน่วย: กิโลเมตร)

TC คือ ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ (หน่วย: บาทต่อกิโลเมตร)

Q คือ ปริมาณความจุสูงสุดของรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ ที่สามารถรองรับได้ (หน่วย: ชิ้นต่อรอบการขนส่ง)

MC_i คือ ปริมาณความจุสูงสุดของศูนย์กระจายสินค้าที่ i (หน่วย: ชิ้นต่อปี)

b_{ij} คือ ค่าธรรมเนียมการขนส่งสินค้าข้ามแดนไทย-ลาว (หน่วย: บาท)

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อถูกเลือกให้ตั้งเป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรองรับและขนส่งสินค้าไปยังรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์)} \\ 0 & \text{กรณีอื่น ๆ} \end{cases}$$

x_{ij} คือ ปริมาณสินค้าที่ถูกขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมที่ i ไปยังสถานีรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ที่ j

โดยมีรูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

ฟังก์วัตถุประสงค์ที่ (17) แสดงถึงต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่ง ค่าธรรมเนียมการขนส่งสินค้าข้ามแดนไทย – สปป.ลาว และต้นทุนการดำเนินงานเพื่อจัดตั้งเป็นศูนย์กระจายสินค้าไปยังต่างประเทศ

$$Minimise = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_{ij}x_{ij} + \sum_{j=1}^{m} b_{ij}x_{ij} + \sum_{i=1}^{n} f_i y_i \qquad (17)$$

เงื่อนไขข้อบังคับ (Subject to)

สมการที่ (18) แสดงถึงปริมาณสินค้าที่ขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังสถานีรถไฟลาว - จีนที่ j เพื่อให้เป็นไปตามรอบของการขนส่งสินค้า

$$x_{ij} = d_j / Q \qquad ;\forall_j \tag{18}$$

อสมการที่ (19) แสดงถึงปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งจากศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังสถานีรถไฟลาว - จีนที่ j ต้องไม่เกินความจุของศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับได้

$$x_{ij} \le \sum_{i=1}^{n} (MC_i / Q) y_i \qquad ;\forall_{i,j} \tag{19}$$

สมการที่ (20) แสดงถึงต้นทุนการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ จากศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังสถานีรถไฟลาว - จีนที่ j

$$c_{ij} = TC \times S_{ij} \qquad ;\forall_{i,j} \tag{20}$$

ข้อจำกัดที่ (21) การกำหนดตัวแปรต้องมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ และเป็นจำนวนเต็ม

$$x_{ij} \ge 0 \quad and \quad \text{int}\, eger \qquad ;\forall_{i,j} \tag{21}$$

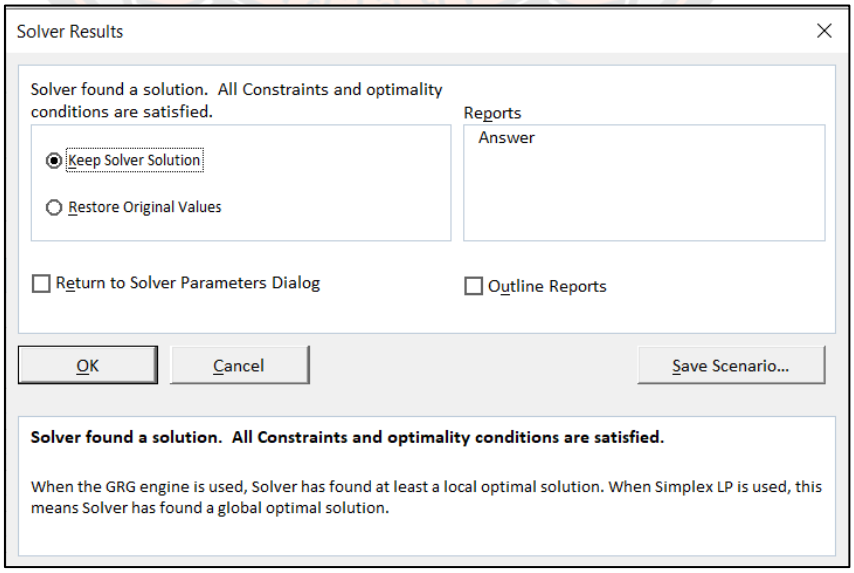
ข้อจำกัดที่ (22) การกำหนดคุณสมบัติของตัวแปรตัดสินใจ โดยที่ $y_i = 0$ ไม่ถูกเลือกให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าสำหรับการรองรับและการขนส่งสินค้าไปยังรถไฟลาว - จีนที่ i และ $y_i = 1$ ถูกเลือกให้เป็นสำหรับการรองรับและการขนส่งสินค้าไปยังรถไฟลาว - จีนที่ i

$$y_i \in \{0,1\} \qquad ;\forall_{i,j} \tag{22}$$

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็มแบบผสม (MILP) ที่ถูกพัฒนาขึ้นดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และเงื่อนไขข้อบังคับต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะปัญหาของการหาตำแหน่งทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าของบริษัท XYZ ที่ตั้งอยู่ตามภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ เพื่อให้สามารถพัฒนาเป็นศูนย์กระจายและรวบรวมเพื่อจัดส่งไปยังต่างประเทศผ่านโครงการรถไฟลาว-จีน (ช่วงบ่อเต็น-เวียงจันทน์) เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นมานั้นสามารถใช้งานได้หรือไม่ สามารถให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ ภายใต้ข้อบังคับต่าง ๆ สามารถทำได้ด้วยตรวจสอบผลเฉลยของแบบจำลอง จากการประมวลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel Solver ซึ่งจะยกตัวอย่างในสถานการณ์ที่ 1 เป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ตั้งอยู่ตามแนวเส้นทางรถไฟทั้งในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ให้สามารถรองรับและกระจายสินค้าไปยังต่างประเทศผ่านโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด

จากการตรวจสอบความถูกต้องด้วยผลเฉลยที่ได้จากการประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel Solver พบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ 1 นั้น ไม่มีการละเมิดเงื่อนไขบังคับที่กำหนด และผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องตามวัตถุประสงค์ จึงถือว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมานั้น มีความถูกต้องและสามารถนำเอาผลลัพธ์ที่ได้มาเพื่ออภิปรายในแต่ละสถานการณ์ต่อไป ดังภาพ 16



ภาพ 16 ผลการประมวลการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของโปรแกรม Microsoft Excel Solver

การประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver เพื่อหาผลลัพธ์ของแบบจำลอง

ในการหาผลลัพธ์ของแบบจำลอง งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver เพื่อประมวลผลหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา ซึ่งมีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) AMD Ryzen(R) 5 - 3500 with Radeon Vega Mobile Gfx 2.10 Ghz หน่วยความจำหลัก (RAM) 8.00 GB (5.95 GB usable) หน่วยความจำสำรอง (Hard disk) HDD 1 TB 54R /SSD (3Y) 240 GB และมีระบบ ปฏิบัติการ (OS) Microsoft Windows 10 Home 64-bit Operating System โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

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 Constraints)

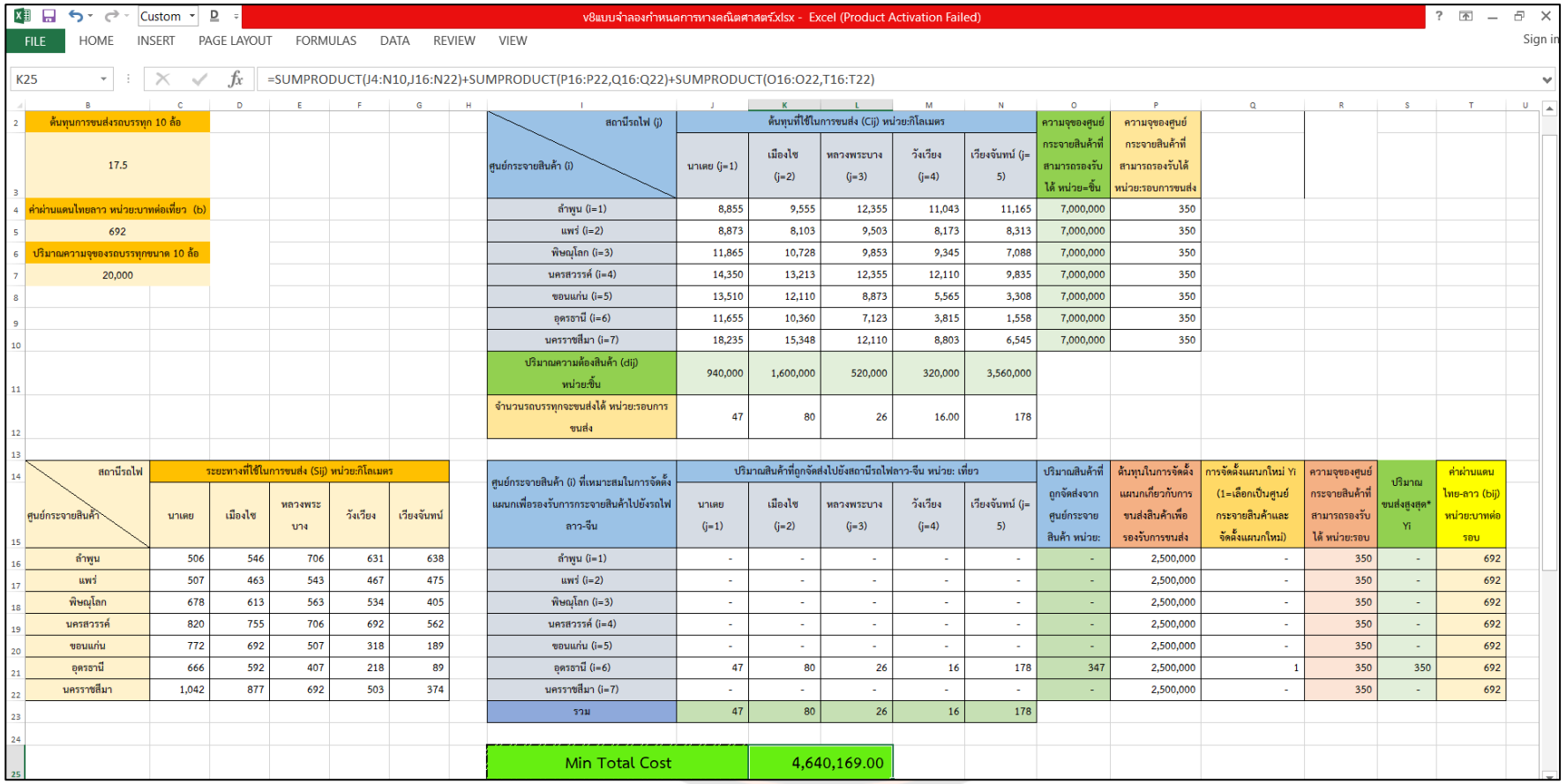
ขั้นตอนของการหาคำตอบด้วยการประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver เพื่อหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ แสดงดังต่อไปนี้

สำหรับสถานการณ์ที่ 1 เพื่อหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับและกระจายสินค้าไปยังรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าตามแนวเส้นทางรถไฟทั้งในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การกำหนดเซลล์ของผลลัพธ์บนโปรแกรม แสดงดังภาพ 17 และการกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบหรือการกำหนดเงื่อนไขข้อบังคับต่าง ๆ แสดงภาพ 18

จากภาพ 17 แสดงการกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ (Set Target Cell) ในเซลล์ L25 ให้เป็น Min Total Cost โดยใช้สูตร ดังนี้

= SUMPRODUCT(J4:N10,J16:N22)+SUMPRODUCT(P16:P22,Q16:Q22)+SUMPRODUCT(O16:O22,T16:T22))

ซึ่งเป็นสูตรในการคำนวณต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่ง ค่าธรรมเนียมการขนส่งสินค้าข้ามแดนไทย – สปป.ลาว และต้นทุนการดำเนินงานเพื่อจัดตั้งเป็นศูนย์กระจายสินค้าไปยังต่างประเทศ



v8แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์.xlsx - Excel (Product Activation Failed)

=SUMPRODUCT(J4:N10,J16:N22)+SUMPRODUCT(P16:P22,Q16:Q22)+SUMPRODUCT(O16:O22,T16:T22)

ต้นทุนการขนส่งรถบรรทุก 10 ล้อ
17.5
ค่าผ่านแดนไทยลาว หน่วย:บาทต่อเที่ยว (b)
692
ปริมาณความจุของรถบรรทุกขนาด 10 ล้อ
20,000

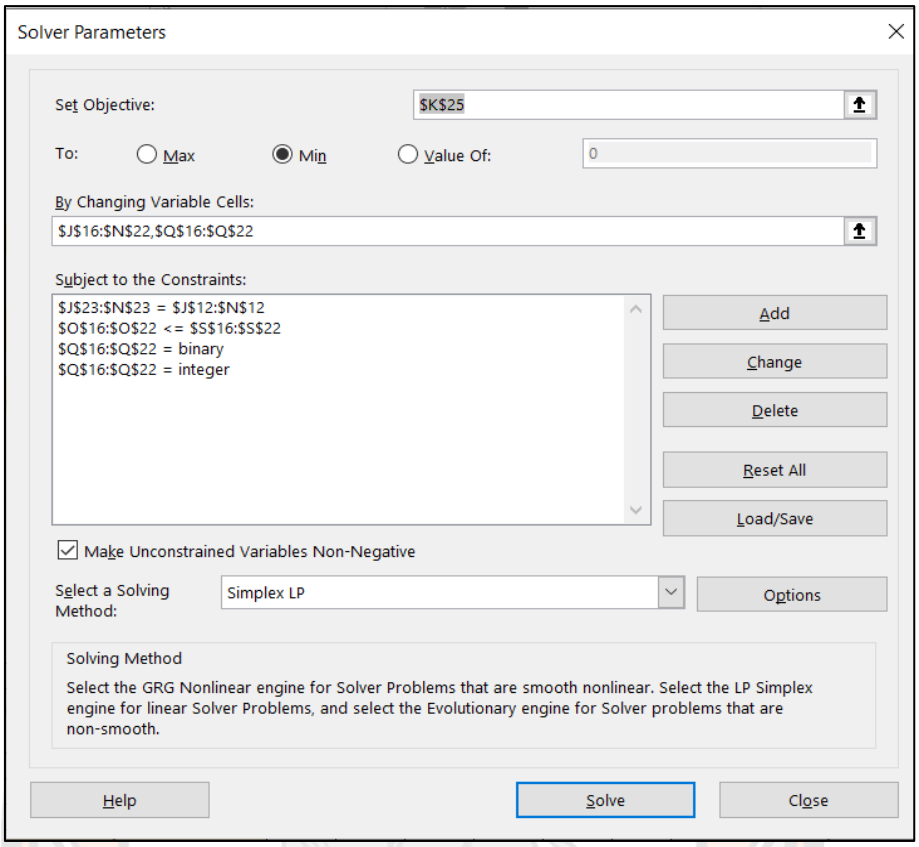
สถานีรถไฟ (j) / ศูนย์กระจายสินค้า (i)	ต้นทุนที่ใช้ในการขนส่ง (Cij) หน่วย:กิโลเมตร					ความจุของศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับได้ หน่วย=ชิ้น	ความจุของศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับได้ หน่วย:รอบการขนส่ง
	นาเดย (j=1)	เมืองไช (j=2)	หลวงพระบาง (j=3)	วังเวียง (j=4)	เวียงจันทน์ (j=5)		
ลำพูน (i=1)	8,855	9,555	12,355	11,043	11,165	7,000,000	350
แพร่ (i=2)	8,873	8,103	9,503	8,173	8,313	7,000,000	350
พิษณุโลก (i=3)	11,865	10,728	9,853	9,345	7,088	7,000,000	350
นครสวรรค์ (i=4)	14,350	13,213	12,355	12,110	9,835	7,000,000	350
ขอนแก่น (i=5)	13,510	12,110	8,873	5,565	3,308	7,000,000	350
อุดรธานี (i=6)	11,655	10,360	7,123	3,815	1,558	7,000,000	350
นครราชสีมา (i=7)	18,235	15,348	12,110	8,803	6,545	7,000,000	350
ปริมาณความต้องสินค้า (dij) หน่วย:ชิ้น	940,000	1,600,000	520,000	320,000	3,560,000		
จำนวนรถบรรทุกจะขนส่งได้ หน่วย:รอบการขนส่ง	47	80	26	16.00	178		

สถานีรถไฟ / ศูนย์กระจายสินค้า	ระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง (Sij) หน่วย:กิโลเมตร				
	นาเดย	เมืองไช	หลวงพระบาง	วังเวียง	เวียงจันทน์
ลำพูน	506	546	706	631	638
แพร่	507	463	543	467	475
พิษณุโลก	678	613	563	534	405
นครสวรรค์	820	755	706	692	562
ขอนแก่น	772	692	507	318	189
อุดรธานี	666	592	407	218	89
นครราชสีมา	1,042	877	692	503	374

ศูนย์กระจายสินค้า (i) ที่เหมาะสมในการจัดตั้งแผนกเพื่อรองรับการกระจายสินค้าไปยังรถไฟลาว-จีน	ปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งไปยังสถานีรถไฟลาว-จีน หน่วย: เที่ยว					ปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งจากศูนย์กระจายสินค้า หน่วย:	ต้นทุนในการจัดตั้งแผนกเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าเพื่อรองรับการขนส่ง	การจัดตั้งแผนกใหม่ Yi (1=เลือกเป็นศูนย์กระจายสินค้าและจัดตั้งแผนกใหม่)	ความจุของศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับได้ หน่วย:รอบ	ปริมาณขนส่งสูงสุด* Yi	ค่าผ่านแดนไทย-ลาว (bij) หน่วย:บาทต่อรอบ
	นาเดย (j=1)	เมืองไช (j=2)	หลวงพระบาง (j=3)	วังเวียง (j=4)	เวียงจันทน์ (j=5)						
ลำพูน (i=1)	-	-	-	-	-	-	2,500,000	-	350	-	692
แพร่ (i=2)	-	-	-	-	-	-	2,500,000	-	350	-	692
พิษณุโลก (i=3)	-	-	-	-	-	-	2,500,000	-	350	-	692
นครสวรรค์ (i=4)	-	-	-	-	-	-	2,500,000	-	350	-	692
ขอนแก่น (i=5)	-	-	-	-	-	-	2,500,000	-	350	-	692
อุดรธานี (i=6)	47	80	26	16	178	347	2,500,000	1	350	350	692
นครราชสีมา (i=7)	-	-	-	-	-	-	2,500,000	-	350	-	692
รวม	47	80	26	16	178						

Min Total Cost	4,640,169.00

ภาพ 17 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 1



ภาพ 18 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 1

จากภาพ 18 แสดงการการกำหนดเซลล์ที่ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 1 โดยมีเป้าหมาย (Objective) คือ ต้นทุนรวมต่ำที่สุด (Min) และเลือกเซลล์ที่จะทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนของข้อจำกัด (Variable) ที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด โดยมีเงื่อนไขของแบบจำลอง (Constraints) ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 จำนวนเที่ยวการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ที่มีอยู่เดิมตามแนวเส้นทางรถไฟภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยไปยังสถานีรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ต้องไม่เกินจำนวนเที่ยวการขนส่งสินค้าสูงสุดที่กำหนดไว้ โดยเลือกเซลล์ $J$23:$N$23 = $J$12:$N$12 และ $O$16:$O$22 <= $S$16:$S$22 ทั้งนี้ค่าที่แสดงผลลัพธ์จะต้องเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น โดยเลือกเซลล์ $Q$16:$Q$22 =integer

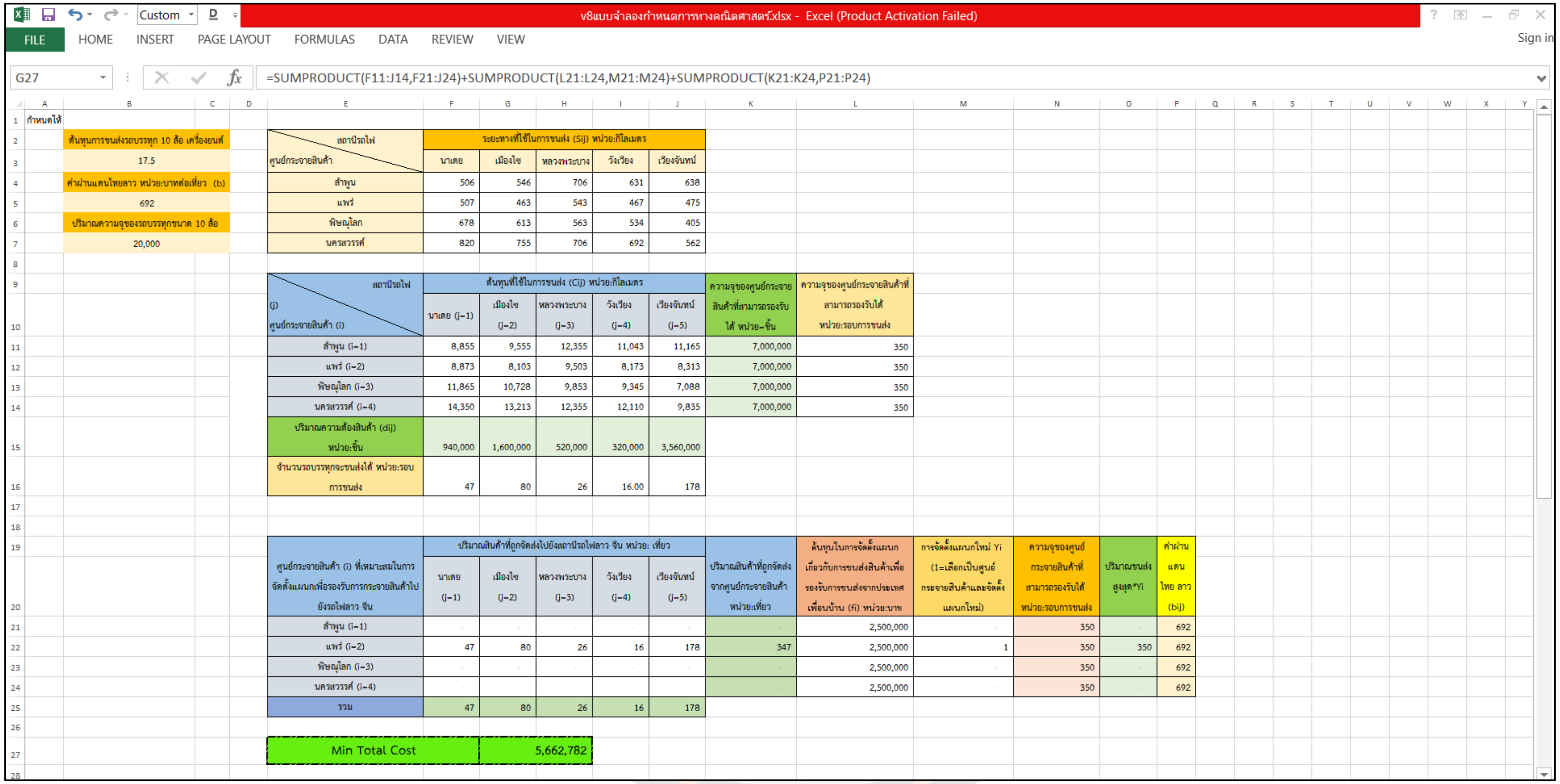
เงื่อนไขที่ 2 ปริมาณสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ที่ต้องการจัดส่งไปยังรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) จะถูกดำเนินการกระจายสินค้าโดยศูนย์กระจายสินค้าแห่งใดแห่งหนึ่งที่ถูกเลือก โดยเลือกเซลล์ $Q$16:$Q$22 = binary

สำหรับสถานการณ์ที่ 2 เพื่อหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับและกระจายสินค้าไปยังรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าตามแนวเส้นทางรถไฟในเขตภาคเหนือของประเทศไทย การกำหนดเซลล์ของผลลัพธ์บนโปรแกรม แสดงดังภาพ 19 และการกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบหรือการกำหนดเงื่อนไขข้อบังคับต่าง ๆ แสดงภาพ 20

จากภาพ 19 แสดงการกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ (Set Target Cell) ในเซลล์ L20 ให้เป็น Min Total Cost โดยใช้สูตร ดังนี้

=SUMPRODUCT(K4:O10,K16:O22)+SUMPRODUCT(Q16:Q22,R16:R22)+ SUMPRODUCT (P16:P22,U16:U22)

ซึ่งเป็นสูตรในการคำนวณต้นทุนรวมต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่ง ค่าธรรมเนียมการขนส่งสินค้าข้ามแดนไทย – สปป.ลาว และต้นทุนการดำเนินงานเพื่อจัดตั้งเป็นศูนย์กระจายสินค้าไปยังต่างประเทศ



กำหนดให้

ต้นทุนการขนส่งรถบรรทุก 10 ล้อ เครื่องยนต์	17.5
ค่าผ่านแดนไทยลาว หน่วย:บาทต่อเที่ยว (b)	692
ปริมาณความจุของรถบรรทุกขนาด 10 ล้อ	20,000

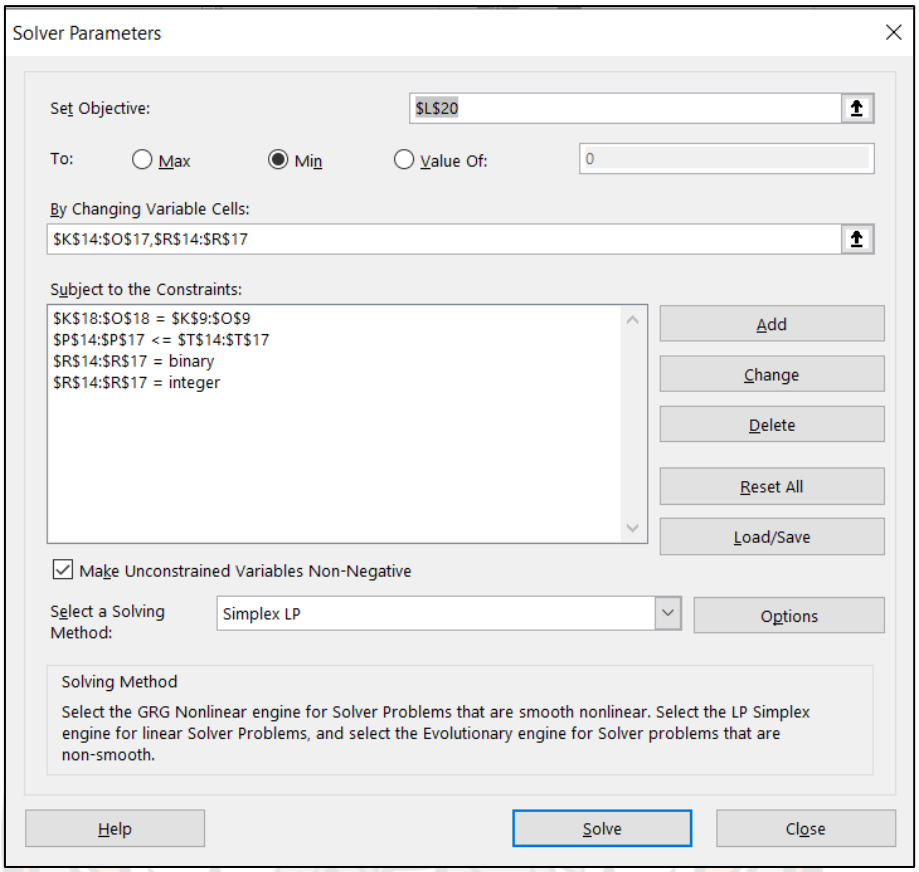
ศูนย์กระจายสินค้า \ สถานีรถไฟ	ระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง (Sij) หน่วย:กิโลเมตร				
	นาเตย	เมืองไซ	หลวงพระบาง	วังเวียง	เวียงจันทน์
ลำพูน	506	546	706	631	638
แพร่	507	463	543	467	475
พิษณุโลก	678	613	563	534	405
นครสวรรค์	820	755	706	692	562

(j) สถานีรถไฟ / ศูนย์กระจายสินค้า (i)	ต้นทุนที่ใช้ในการขนส่ง (Cij) หน่วย:กิโลเมตร					ความจุของศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับได้ หน่วย-ชิ้น	ความจุของศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับได้ หน่วย:รอบการขนส่ง
	นาเตย (j-1)	เมืองไซ (j-2)	หลวงพระบาง (j-3)	วังเวียง (j-4)	เวียงจันทน์ (j-5)		
ลำพูน (i-1)	8,855	9,555	12,355	11,043	11,165	7,000,000	350
แพร่ (i-2)	8,873	8,103	9,503	8,173	8,313	7,000,000	350
พิษณุโลก (i-3)	11,865	10,728	9,853	9,345	7,088	7,000,000	350
นครสวรรค์ (i-4)	14,350	13,213	12,355	12,110	9,835	7,000,000	350
ปริมาณความต้องสินค้า (dij) หน่วย:ชิ้น	940,000	1,600,000	520,000	320,000	3,560,000		
จำนวนรถบรรทุกจะขนส่งได้ หน่วย:รอบการขนส่ง	47	80	26	16.00	178		

ศูนย์กระจายสินค้า (i) ที่เหมาะสมในการจัดตั้งแผนกเพื่อรองรับการกระจายสินค้าไปยังรถไฟลาว จีน	ปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งไปยังสถานีรถไฟลาว จีน หน่วย: เที่ยว					ปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งจากศูนย์กระจายสินค้า หน่วย:เที่ยว	ต้นทุนในการจัดตั้งแผนกเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าเพื่อรองรับการขนส่งจากประเทศเพื่อนบ้าน (fi) หน่วย:บาท	การจัดตั้งแผนกใหม่ Yi (1=เลือกเป็นศูนย์กระจายสินค้าและจัดตั้งแผนกใหม่)	ความจุของศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับได้ หน่วย:รอบการขนส่ง	ปริมาณขนส่งสูงสุด*Yi	ค่าผ่านแดน ไทย ลาว (bij)
	นาเตย (j-1)	เมืองไซ (j-2)	หลวงพระบาง (j-3)	วังเวียง (j-4)	เวียงจันทน์ (j-5)						
ลำพูน (i-1)	-	-	-	-	-	-	2,500,000	-	350	-	692
แพร่ (i-2)	47	80	26	16	178	347	2,500,000	1	350	350	692
พิษณุโลก (i-3)	-	-	-	-	-	-	2,500,000	-	350	-	692
นครสวรรค์ (i-4)	-	-	-	-	-	-	2,500,000	-	350	-	692
รวม	47	80	26	16	178						

Min Total Cost	5,662,782

ภาพ 19 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 2



ภาพ 20 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 2

จากภาพ 20 แสดงการกำหนดเซลล์ที่ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบของแบบจำลองสถานการณ์ที่ 2 โดยมีเป้าหมาย (Objective) คือ ต้นทุนรวมต่ำที่สุด (Min) และเลือกเซลล์ที่จะทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนของข้อจำกัด (Variable) ที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด โดยมีเงื่อนไขของแบบจำลอง (Constraints) ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 จำนวนเที่ยวการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ที่มีอยู่เดิมตามแนวเส้นทางรถไฟภาคเหนือของประเทศไทย ไปยัง สถานีรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ต้องไม่เกินจำนวนเที่ยวการขนส่งสินค้าสูงสุดที่กำหนดไว้ โดยเลือกเซลล์ $K$18:$O$18 = $K$9:$O$9 และ $P$14:$P$17 <= $T$14:$T$17 ทั้งนี้ค่าที่แสดงผลลัพธ์จะต้องเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น โดยเลือกเซลล์ $P$14:$P$17 = integer

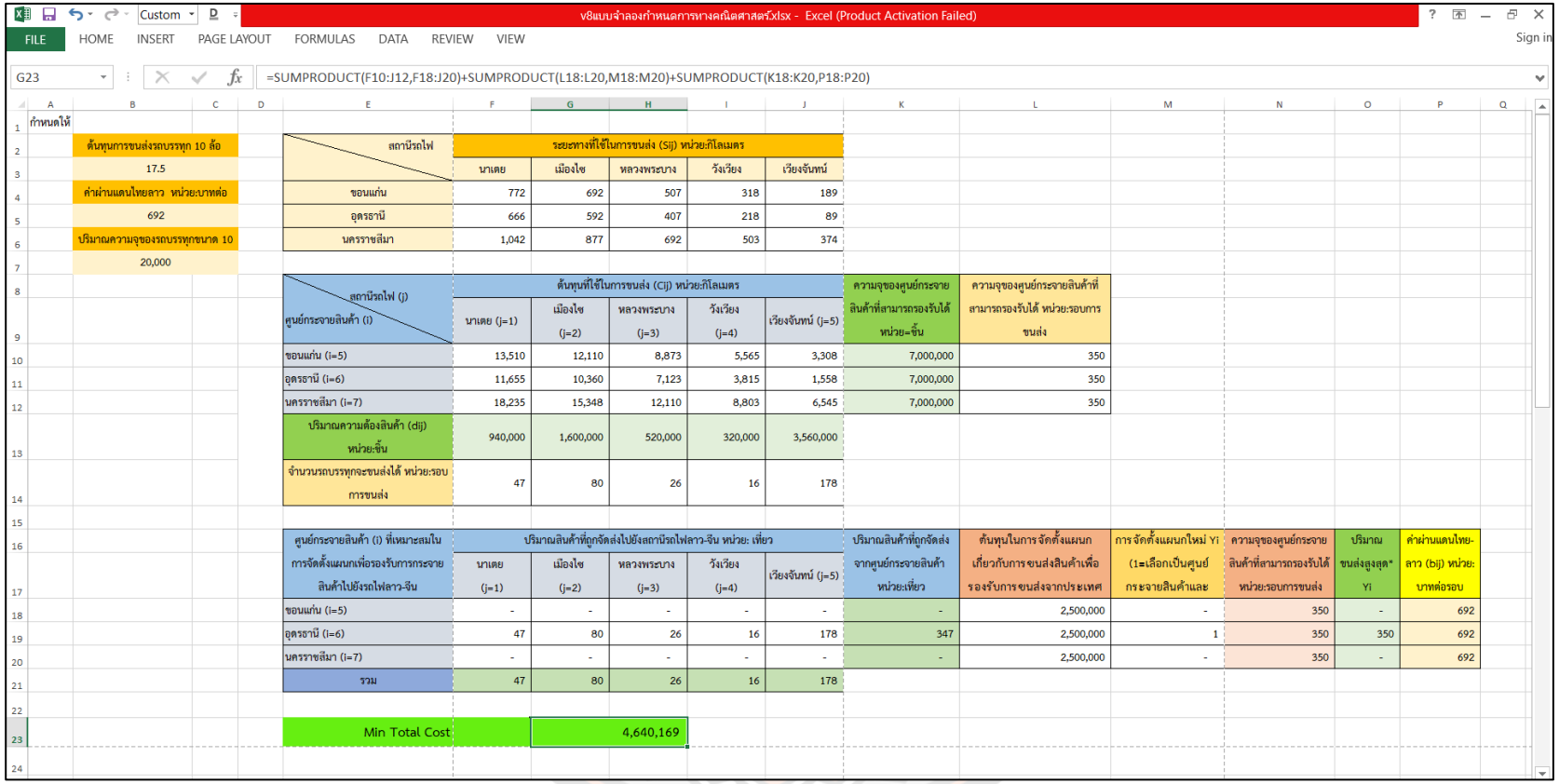
เงื่อนไขที่ 2 ปริมาณสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ที่ต้องการจัดส่งไปยังรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) จะถูกเลือกให้ดำเนินการกระจายสินค้าโดยศูนย์กระจายสินค้าแห่งใดแห่งหนึ่ง โดยเลือกเซลล์ $P$14:$P$17 = binary

สำหรับสถานการณ์ที่ 3 เพื่อหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับและกระจายสินค้าไปยังรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าตามแนวเส้นทางรถไฟในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การกำหนดเซลล์ของผลลัพธ์บนโปรแกรม แสดงดังภาพ 21 และการกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบหรือการกำหนดเงื่อนไขข้อบังคับต่าง ๆ แสดงภาพ 22

จากภาพ 21 แสดงการกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ (Set Target Cell) ในเซลล์ L20 ให้เป็น Min Total Cost โดยใช้สูตร ดังนี้

=SUMPRODUCT(J4:N6,J12:N14)+SUMPRODUCT(P12:P14,Q12:Q14)+SUMPRODUCT(O12:O14,T12:T14)

ซึ่งเป็นสูตรในการคำนวณต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่ง ค่าธรรมเนียมการขนส่งสินค้าข้ามแดนไทย – สปป.ลาว และต้นทุนการดำเนินงานเพื่อจัดตั้งเป็นศูนย์กระจายสินค้าไปยังต่างประเทศ



กำหนดให้

ต้นทุนการขนส่งรถบรรทุก 10 ล้อ
17.5
ค่าผ่านแดนไทยลาว หน่วย:บาทต่อ
692
ปริมาณความจุของรถบรรทุกขนาด 10
20,000

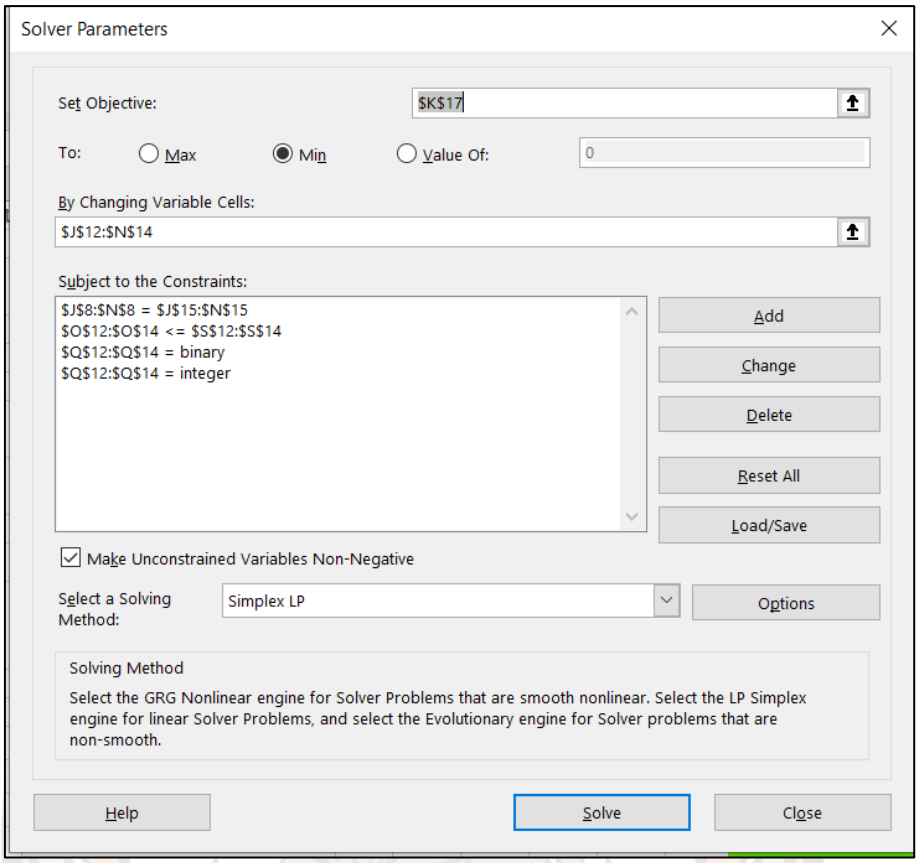
สถานีรถไฟ	ระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง (Sij) หน่วย:กิโลเมตร				
	นาเตย	เมืองไซ	หลวงพระบาง	วังเวียง	เวียงจันทน์
ขอนแก่น	772	692	507	318	189
อุดรธานี	666	592	407	218	89
นครราชสีมา	1,042	877	692	503	374

ศูนย์กระจายสินค้า (i) \ สถานีรถไฟ (j)	ต้นทุนที่ใช้ในการขนส่ง (Cij) หน่วย:กิโลเมตร					ความจุของศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับได้ หน่วย=ชิ้น	ความจุของศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับได้ หน่วย:รอบการขนส่ง
	นาเตย (j=1)	เมืองไซ (j=2)	หลวงพระบาง (j=3)	วังเวียง (j=4)	เวียงจันทน์ (j=5)		
ขอนแก่น (i=5)	13,510	12,110	8,873	5,565	3,308	7,000,000	350
อุดรธานี (i=6)	11,655	10,360	7,123	3,815	1,558	7,000,000	350
นครราชสีมา (i=7)	18,235	15,348	12,110	8,803	6,545	7,000,000	350
ปริมาณความต้องสินค้า (dij) หน่วย:ชิ้น	940,000	1,600,000	520,000	320,000	3,560,000		
จำนวนรถบรรทุกจะขนส่งได้ หน่วย:รอบการขนส่ง	47	80	26	16	178		

ศูนย์กระจายสินค้า (i) ที่เหมาะสมในการจัดตั้งแผนกเพื่อรองรับการกระจายสินค้าไปยังรถไฟลาว-จีน	ปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งไปยังสถานีรถไฟลาว-จีน หน่วย: เที่ยว					ปริมาณสินค้าที่ถูกจัดส่งจากศูนย์กระจายสินค้า หน่วย:เที่ยว	ต้นทุนในการจัดตั้งแผนกเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าเพื่อรองรับการขนส่งจากประเทศ	การจัดตั้งแผนกใหม่ Yi (1=เลือกเป็นศูนย์กระจายสินค้าและ	ความจุของศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับได้ หน่วย:รอบการขนส่ง	ปริมาณขนส่งสูงสุด* Yi	ค่าผ่านแดนไทย-ลาว (bij) หน่วย:บาทต่อรอบ
	นาเตย (j=1)	เมืองไซ (j=2)	หลวงพระบาง (j=3)	วังเวียง (j=4)	เวียงจันทน์ (j=5)						
ขอนแก่น (i=5)	-	-	-	-	-	-	2,500,000	-	350	-	692
อุดรธานี (i=6)	47	80	26	16	178	347	2,500,000	1	350	350	692
นครราชสีมา (i=7)	-	-	-	-	-	-	2,500,000	-	350	-	692
รวม	47	80	26	16	178						

Min Total Cost	4,640,169

ภาพ 21 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 3



ภาพ 22 การกำหนดเซลล์ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 3

จากภาพ 22 แสดงการกำหนดเซลล์ที่ผลลัพธ์ให้เปลี่ยนค่าคำตอบของแบบจำลองสถานการณ์ที่ 3 โดยมีเป้าหมาย (Objective) คือ ต้นทุนรวมต่ำที่สุด (Min) และเลือกเซลล์ที่จะทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนของข้อจำกัด (Variable) ที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด โดยมีเงื่อนไขของแบบจำลอง (Constraints) ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 จำนวนเที่ยวการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ที่มีอยู่เดิมตามแนวเส้นทางรถไฟเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ไปยัง สถานีรถไฟลาว – จีน ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์ ต้องไม่เกินจำนวนเที่ยวการขนส่งสินค้าสูงสุดที่กำหนดไว้ โดยเลือกเซลล์ $J8:$N$8 = $J$15:$N$15 และ $O$12:$O$14 <= $S$12:$S$14 ทั้งนี้ค่าที่แสดงผลลัพธ์จะต้องเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น โดยเลือกเซลล์ $Q$12:$Q$14 =integer

เงื่อนไขที่ 2 ปริมาณสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ที่ต้องการจัดส่งไปยังรถไฟลาว – จีน ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์ จะถูกเลือกให้ดำเนินการกระจายสินค้าโดยศูนย์กระจายสินค้าแห่งใดแห่งหนึ่ง โดยเลือกเซลล์ $Q$12:$Q$14 = binary

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel Solver

ผลลัพธ์ได้จากการประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel Solver ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็มแบบผสม แบ่งออกเป็น 3 สถานการณ์ ได้แก่

สถานการณ์ที่ 1 เพื่อหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม โดยพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ตามแนวเส้นทางรถไฟทั้งในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

สถานการณ์ที่ 2 เพื่อหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม โดยพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ตามแนวเส้นทางรถไฟในเขตภาคเหนือของประเทศไทย

สถานการณ์ที่ 3 เพื่อหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม โดยพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ตามแนวเส้นทางรถไฟในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

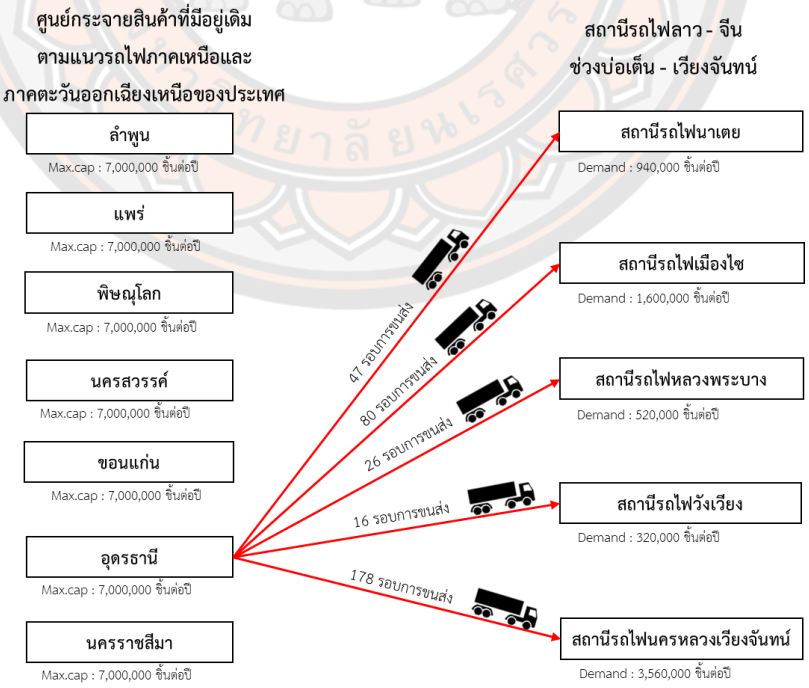
ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ 1

จากการประมวลผล พบว่า มีผลรวมของต้นทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 4,640,169 บาท ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่งเท่ากับ 1,900,045 บาท ต้นทุนในการพัฒนาศูนย์กระจายสินค้า 2,500,000 บาท และต้นทุนที่เกี่ยวกับการข้ามแดนไทย - สปป.ลาว 240,124 บาท และศูนย์กระจายสินค้าอุดรธานีได้ถูกเลือกให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าเพื่อเชื่อมโยงไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ผลลัพธ์ของแบบจำลอง แสดงดังตาราง 10 และโครงข่ายโลจิสติกส์ แสดงดังภาพ 23

ตาราง 10 ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ 1

ศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิม	การจัดตั้งแผนกใหม่ (1=เลือกเป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรองรับการขนส่งไปยังรถไฟลาว - จีน, 0=ไม่เลือก)	จำนวนรอบต่อการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังสถานีรถไฟลาว - จีน ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์ (รอบการขนส่ง)					ปริมาณสินค้าสูงสุดที่ต้องขนส่ง (รอบการขนส่ง)
		สถานีรถไฟนาเตย	สถานีรถไฟเมืองไซ	สถานีรถไฟหลวงพระบาง	สถานีรถไฟวังเวียง	สถานีรถไฟเวียงจันทน์	
ลำพูน	0	-	-	-	-	-	-
แพร่	0	-	-	-	-	-	-
พิษณุโลก	0	-	-	-	-	-	-
นครสวรรค์	0	-	-	-	-	-	-
ขอนแก่น	0	-	-	-	-	-	-
อุดรธานี	1	47	80	26	16	178	347
นครราชสีมา	0	-	-	-	-	-	-
จำนวนการขนส่งสินค้า (รอบการขนส่ง)		**47**	**80**	**26**	**16**	**178**	**347**
ต้นทุนรวมทั้งหมด (บาท)		**4,640,169**					

หมายเหตุ: กำหนดให้ 1 รอบการขนส่งสามารถจุสินค้าได้ 20,000 ชิ้น



ภาพ 23 ผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 1

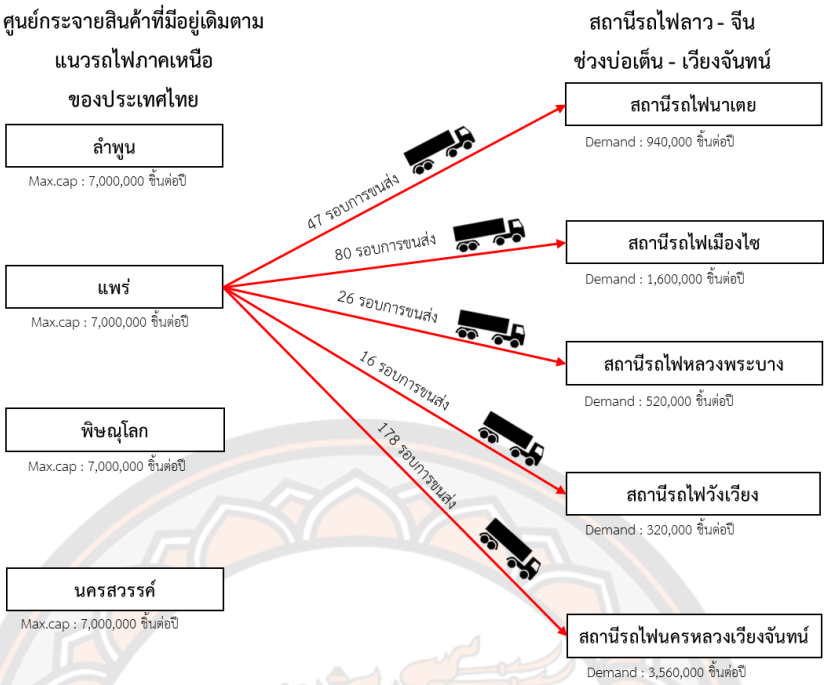
ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ 2

จากการประมวลผล พบว่า มีผลรวมของต้นทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 5,662,782 บาท ประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่งเท่ากับ 2,922,658 บาท ต้นทุนในการพัฒนาศูนย์กระจายสินค้า 2,500,000 บาท และต้นทุนที่เกี่ยวกับการข้ามแดนไทย - สปป.ลาว 240,124 บาท และศูนย์กระจายสินค้าแพร่ได้ถูกเลือกให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าเพื่อเชื่อมโยงไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ผลลัพธ์ของแบบจำลอง แสดงดังตาราง 11 และโครงข่ายโลจิสติกส์ แสดงดังภาพ 24

ตาราง 11 ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ 2

ศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิม	การจัดตั้งแผนกใหม่ (1=เลือกเป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรองรับการขนส่งไปยังรถไฟลาว - จีน, 0=ไม่เลือก)	จำนวนรอบต่อการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังสถานีรถไฟลาว - จีน ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์ (รอบการขนส่ง)					ปริมาณสินค้าสูงสุดที่ต้องขนส่ง (รอบการขนส่ง)
		สถานีรถไฟนาเตย	สถานีรถไฟเมืองไซ	สถานีรถไฟหลวงพระบาง	สถานีรถไฟวังเวียง	สถานีรถไฟเวียงจันทน์	
ลำพูน	0	-	-	-	-	-	-
แพร่	1	47	80	26	16	178	347
พิษณุโลก	0	-	-	-	-	-	-
นครสวรรค์	0	-	-	-	-	-	-
จำนวนการขนส่งสินค้า (รอบการขนส่ง)		**47**	**80**	**26**	**16**	**178**	**347**
ต้นทุนรวมทั้งหมด (บาท)				**5,662,782**			

หมายเหตุ: กำหนดให้ 1 รอบการขนส่งสามารถจุสินค้าได้ 20,000 ชิ้น



ภาพ 24 ผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 2

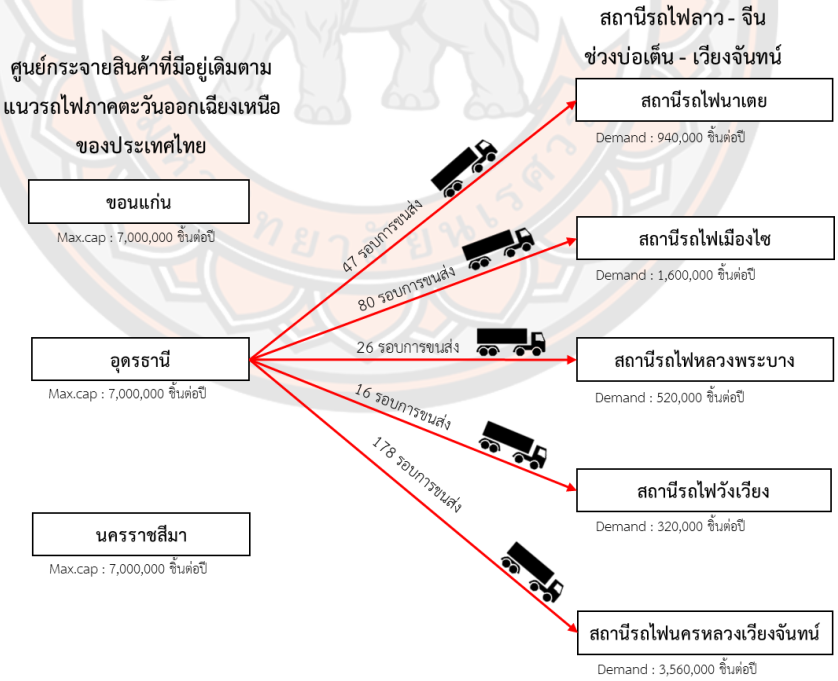
ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ 3

จากการประมวลผล พบว่า มีผลรวมของต้นทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 4,640,169 บาท ประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่งเท่ากับ 1,900,045 บาท ต้นทุนในการพัฒนาศูนย์กระจายสินค้า 2,500,000 บาท และต้นทุนที่เกี่ยวกับการข้ามแดนไทย - สปป.ลาว 240,124 บาท และศูนย์กระจายสินค้าอุดรธานีได้ถูกเลือกให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าเพื่อเชื่อมโยงไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ผลลัพธ์ของแบบจำลอง แสดงดังตาราง 12 และโครงข่ายโลจิสติกส์ แสดงดังภาพ 25

ตาราง 12 ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ 3

ศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิม	การจัดตั้งแผนกใหม่ (1=เลือกเป็นศูนย์กระจายสินค้าเพื่อรองรับการขนส่งไปยังรถไฟลาว - จีน, 0=ไม่เลือก)	จำนวนรอบต่อการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังสถานีรถไฟลาว - จีน ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์ (รอบการขนส่ง)					ปริมาณสินค้าสูงสุดที่ต้องขนส่ง (รอบการขนส่ง)
		สถานีรถไฟนาเตย	สถานีรถไฟเมืองไซ	สถานีรถไฟหลวงพระบาง	สถานีรถไฟวังเวียง	สถานีรถไฟเวียงจันทน์	
ขอนแก่น	0	-	-	-	-	-	-
อุดรธานี	1	47	80	26	16	178	347
นครราชสีมา	0	-	-	-	-	-	-
จำนวนการขนส่งสินค้า (รอบการขนส่ง)		**47**	**80**	**26**	**16**	**178**	**347**
ต้นทุนรวมทั้งหมด (บาท)		**4,640,169**					

หมายเหตุ: กำหนดให้ 1 รอบการขนส่งสามารถจุสินค้าได้ 20,000 ชิ้น



ภาพ 25 ผลลัพธ์โครงข่ายโลจิสติกส์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่ 3

จากผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 สถานการณ์ ที่ได้จากการประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel Solver แสดงดังตาราง 13 สรุปได้ว่า สถานการณ์ที่ 1 พบว่า อุดรธานี ได้ถูกเลือกให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าเพื่อเชื่อมโยงไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) สำหรับการพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมตามแนวเส้นทางรถไฟภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วย ลำพูน แพร่ พิษณุโลก นครสวรรค์ ขอนแก่น อุดรธานี และนครราชสีมา สถานการณ์ที่ 2 พบว่า แพร่ ได้ถูกเลือกให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าเพื่อเชื่อมโยงไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) สำหรับการพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ตามแนวเส้นทางรถไฟเฉพาะเขตภาคเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วย ลำพูน แพร่ พิษณุโลก และนครสวรรค์ และสถานการณ์ที่ 3 พบว่า อุดรธานี ได้ถูกเลือกให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าเพื่อเชื่อมโยงไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) สำหรับการพิจารณาศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ตามแนวเส้นทางรถไฟเฉพาะเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วย ขอนแก่น อุดรธานี และนครราชสีมา

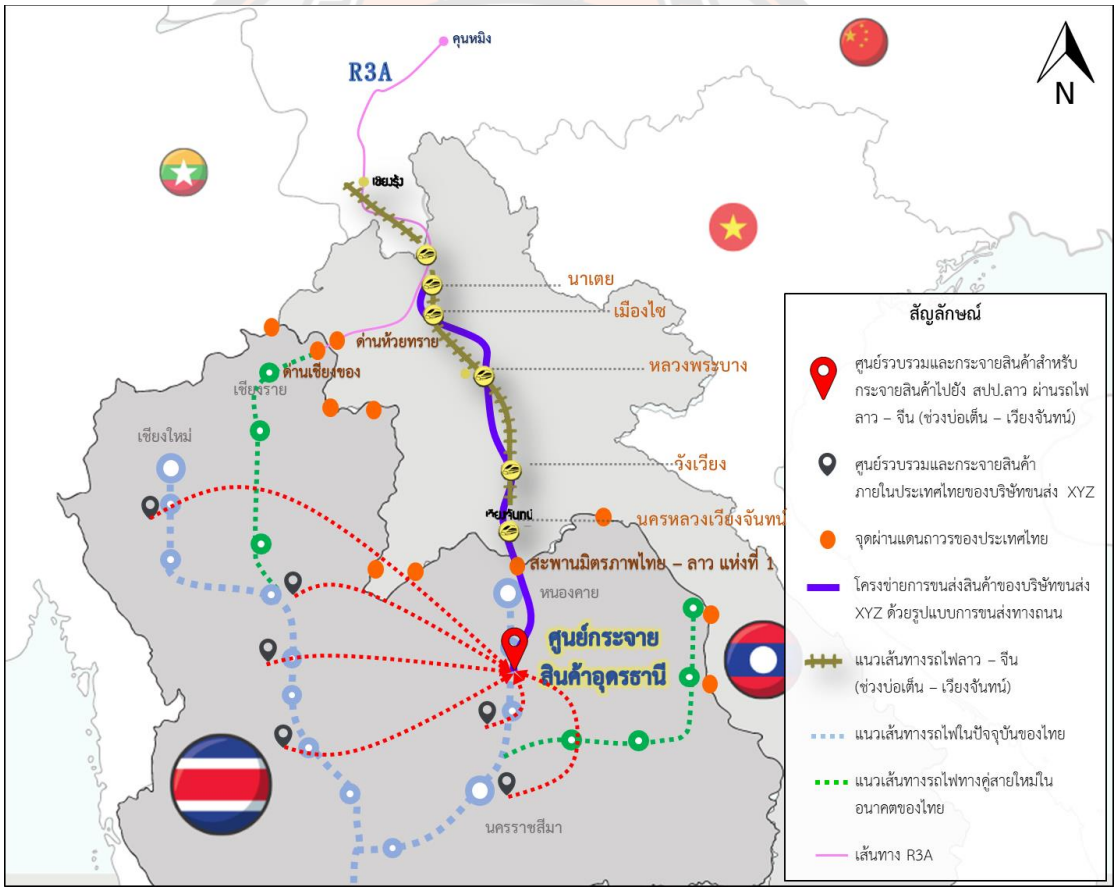
ตาราง 13 สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล

สถานการณ์ที่	จังหวัดที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ						ต้นทุนรวม (Min Total Cost) หน่วย : บาท
	ลำพูน	แพร่	พิษณุโลก	นครสวรรค์	อุดรธานี	ขอนแก่น	นครราชสีมา	
1					✓			4,640,169
2		✓						5,662,782
3					✓			4,640,169

จากตาราง 13 สรุปผลลัทธ์ที่ได้จากการประมวลผล ทำให้ทราบว่า อุดรธานี ได้ถูกเลือกให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าเพื่อเชื่อมโยงไปยังโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) จำนวน 2 สถานการณ์ (สถานการณ์ที่ 1 และ 3) โดยมีต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นต่ำที่สุด คือ 4,640,169 บาท ประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่งเท่ากับ 1,900,045 บาท ต้นทุนในการพัฒนาศูนย์กระจายสินค้า 2,500,000 บาท และต้นทุนที่เกี่ยวกับการข้ามแดนไทย - สปป.ลาว 240,124 บาท

ผลการวิจัยการพัฒนาโครงข่ายโลจิสติกส์

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตำแหน่งทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดของบริษัทขนส่ง XYZ พบว่า ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดอุดรธานีเป็นศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดต่อการพัฒนาให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าไปยังต่างประเทศผ่านการเชื่อมโยงโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ในส่วนของผลการวิจัยส่วนนี้จึงเป็นการนำเสนอโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ที่เป็นไปได้อีกทางเลือกหนึ่งในอนาคต ซึ่งถือว่าเป็นโอกาสและเป็นอีกทางเลือกที่ดีในการขนส่งสินค้าไปยังต่างประเทศผ่านการเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว - จีนนี้ สามารถแสดงดังภาพ 26



ภาพ 26 โครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ

จากภาพ 26 แสดงโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตำแหน่งทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดของบริษัทขนส่ง XYZ พบว่า ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดอุดรธานี เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดต่อการพัฒนาให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าไปยังต่างประเทศผ่านการเชื่อมโยงโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) โดยบริษัทขนส่ง XYZ สามารถเลือกใช้รูปแบบการขนส่งทางถนน ผ่านทางหลวงหมายเลข 2 ผ่านสะพานมิตรภาพไทย-ลาว แห่งที่ 1 จังหวัดหนองคาย เพื่อจัดส่งไปยังรถไฟลาว - จีน ณ สถานีรถไฟนครหลวงเวียงจันทน์เป็นแห่งแรก จากนั้นจัดส่งไปยังสถานีรถไฟวังเวียง สถานีรถไฟหลวงพระบาง สถานีรถไฟเมืองไซ และสถานีรถไฟนาเตย ตามลำดับได้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นอีกทางเลือกในการขนส่งสินค้าไปยังต่างประเทศได้อีกทางเลือกหนึ่งที่มีต้นทุนในการขนส่งต่ำกว่าการขนส่งทางอากาศ ซึ่งเป็นรูปแบบการขนส่งปัจจุบันของบริษัทขนส่ง XYZ ใช้ในการขนส่งสินค้าไปยังต่างประเทศ หากเราพิจารณารูปแบบการขนส่งทางรางทั้งที่มีอยู่ในปัจจุบันและที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตนั้น ดังเส้นประสีฟ้าและสีเขียวในภาพ 26 ยิ่งทำให้เห็นโอกาสที่ดีในการหาทางเลือกการขนส่งรูปแบบอื่นเพื่อแทนรูปแบบการขนส่งทางอากาศที่ปัจจุบันมีอยู่เพียงรูปแบบเดียวทั้งที่มีต้นทุนการขนส่งค่อนข้างสูง เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว - จีน เพื่อส่งสินค้ายังไปยังต่างประเทศอื่น ๆ ได้

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitive Analysis)

เมื่อทราบถึงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองแล้ว จะเป็นส่วนของการนำเอาผลลัพธ์ที่ได้มานั้นมาเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitive Analysis) ซึ่งถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมากในการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่าหรือค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง เนื่องจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่ได้รับเป็นคำตอบที่เกิดจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameters) บางตัว และในสถานการณ์จริง ตัวแปรทราบค่าเหล่านี้สามารถเกิดความเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นเพื่อศึกษาให้เห็นถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่าของงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้ Data table ของโปรแกรม Microsoft Excel โดยการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่า ประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่งด้วยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ (ดังตาราง 14) และการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพื่อพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ (ดังตาราง 15) ซึ่งจะยกตัวอย่างในสถานการณ์ที่ 1 เป็นผลลัทธ์ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ตั้งอยู่ตามแนวรถไฟเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ตาราง 14 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งด้วยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ

การวิเคราะห์อ่อนไหว โดยการเพิ่มหรือลดต้นทุนการขนส่งด้วยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ						
$c_{ij} = TC \times S_{ij}$ ลดต้นทุนค่าขนส่งจากเดิม 30% จากต้นทุนค่าขนส่งที่เกิดขึ้นตามจริง (หน่วย : บาท)						Min total cost
	นาเตย (j=1)	เมืองไช (j=2)	หลวงพระบาง (j=3)	วังเวียง (j=4)	เวียงจันทน์ (j=5)	
ลำพูน (i=1)	6,199	6,689	8,649	7,730	7,816	
แพร่ (i=2)	6,211	5,672	6,652	5,721	5,819	
พิษณุโลก (i=3)	8,306	7,509	6,897	6,542	4,961	
นครสวรรค์ (i=4)	10,045	9,249	8,649	8,477	6,885	4,070,156
ขอนแก่น (i=5)	9,457	8,477	6,211	3,896	2,315	
อุดรธานี (i=6)	8,159	7,252	4,986	2,671	1,090	
นครราชสีมา (i=7)	12,765	10,743	8,477	6,162	4,582	
$c_{ij} = TC \times S_{ij}$ ลดต้นทุนค่าขนส่งจากเดิม 20% จากต้นทุนค่าขนส่งที่เกิดขึ้นตามจริง (หน่วย : บาท)						Min total cost
	นาเตย (j=1)	เมืองไช (j=2)	หลวงพระบาง (j=3)	วังเวียง (j=4)	เวียงจันทน์ (j=5)	
ลำพูน (i=1)	7,084	7,644	9,884	8,834	8,932	
แพร่ (i=2)	7,098	6,482	7,602	6,538	6,650	
พิษณุโลก (i=3)	9,492	8,582	7,882	7,476	5,670	
นครสวรรค์ (i=4)	11,480	10,570	9,884	9,688	7,868	4,260,160
ขอนแก่น (i=5)	10,808	9,688	7,098	4,452	2,646	
อุดรธานี (i=6)	9,324	8,288	5,698	3,052	1,246	
นครราชสีมา (i=7)	14,588	12,278	9,688	7,042	5,236	
$c_{ij} = TC \times S_{ij}$ ลดต้นทุนค่าขนส่งจากเดิม 10% จากต้นทุนค่าขนส่งที่เกิดขึ้นตามจริง (หน่วย : บาท)						Min total cost
	นาเตย (j=1)	เมืองไช (j=2)	หลวงพระบาง (j=3)	วังเวียง (j=4)	เวียงจันทน์ (j=5)	
ลำพูน (i=1)	7,970	8,600	11,120	9,938	10,049	
แพร่ (i=2)	7,985	7,292	8,552	7,355	7,481	
พิษณุโลก (i=3)	10,679	9,655	8,867	8,411	6,379	
นครสวรรค์ (i=4)	12,915	11,891	11,120	10,899	8,852	4,450,165
ขอนแก่น (i=5)	12,159	10,899	7,985	5,009	2,977	
อุดรธานี (i=6)	10,490	9,324	6,410	3,434	1,402	
นครราชสีมา (i=7)	16,412	13,813	10,899	7,922	5,891	
$c_{ij} = TC \times S_{ij}$ ต้นทุนค่าขนส่งที่เกิดขึ้นตามจริง (หน่วย : บาท)						Min total cost
	นาเตย (j=1)	เมืองไช (j=2)	หลวงพระบาง (j=3)	วังเวียง (j=4)	เวียงจันทน์ (j=5)	
ลำพูน (i=1)	8,855	9,555	12,355	11,043	11,165	
แพร่ (i=2)	8,873	8,103	9,503	8,173	8,313	
พิษณุโลก (i=3)	11,865	10,728	9,853	9,345	7,088	
นครสวรรค์ (i=4)	14,350	13,213	12,355	12,110	9,835	4,640,169
ขอนแก่น (i=5)	13,510	12,110	8,873	5,565	3,308	
อุดรธานี (i=6)	11,655	10,360	7,123	3,815	1,558	
นครราชสีมา (i=7)	18,235	15,348	12,110	8,803	6,545	

ตาราง 14 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยการเปลี่ยนแปลงต้นทุนการขนส่งด้วยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ (ต่อ)

การวิเคราะห์อ่อนไหว โดยการเพิ่มหรือลดต้นทุนการขนส่งด้วยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ						
$c_{ij} = TC \times S_{ij}$ เพิ่มต้นทุนค่าขนส่งจากเดิม 10% จากระยะทางที่เกิดขึ้นตามจริง (หน่วย : บาท)						Min total cost
	นาเตย (j=1)	เมืองไช (j=2)	หลวงพระบาง (j=3)	วังเวียง (j=4)	เวียงจันทน์ (j=5)	
ลำพูน (i=1)	9,741	10,511	13,591	12,147	12,282	
แพร่ (i=2)	9,760	8,913	10,453	8,990	9,144	
พิษณุโลก (i=3)	13,052	11,800	10,838	10,280	7,796	
นครสวรรค์ (i=4)	15,785	14,534	13,591	13,321	10,819	4,830,174
ขอนแก่น (i=5)	14,861	13,321	9,760	6,122	3,638	
อุดรธานี (i=6)	12,821	11,396	7,835	4,197	1,713	
นครราชสีมา (i=7)	20,059	16,882	13,321	9,683	7,200	
$c_{ij} = TC \times S_{ij}$ เพิ่มต้นทุนค่าขนส่งจากเดิม 20% จากต้นทุนค่าขนส่งที่เกิดขึ้นตามจริง (หน่วย : บาท)						Min total cost
	นาเตย (j=1)	เมืองไช (j=2)	หลวงพระบาง (j=3)	วังเวียง (j=4)	เวียงจันทน์ (j=5)	
ลำพูน (i=1)	10,626	11,466	14,826	13,251	13,398	
แพร่ (i=2)	10,647	9,723	11,403	9,807	9,975	
พิษณุโลก (i=3)	14,238	12,873	11,823	11,214	8,505	
นครสวรรค์ (i=4)	17,220	15,855	14,826	14,532	11,802	5,020,178
ขอนแก่น (i=5)	16,212	14,532	10,647	6,678	3,969	
อุดรธานี (i=6)	13,986	12,432	8,547	4,578	1,869	
นครราชสีมา (i=7)	21,882	18,417	14,532	10,563	7,854	
$c_{ij} = TC \times S_{ij}$ เพิ่มต้นทุนค่าขนส่งจากเดิม 30% จากต้นทุนค่าขนส่งที่เกิดขึ้นตามจริง (หน่วย : บาท)						Min total cost
	นาเตย (j=1)	เมืองไช (j=2)	หลวงพระบาง (j=3)	วังเวียง (j=4)	เวียงจันทน์ (j=5)	
ลำพูน (i=1)	11,512	12,422	16,062	14,355	14,515	
แพร่ (i=2)	11,534	10,533	12,353	10,624	10,806	
พิษณุโลก (i=3)	15,425	13,946	12,808	12,149	9,214	
นครสวรรค์ (i=4)	18,655	17,176	16,062	15,743	12,786	5,210,183
ขอนแก่น (i=5)	17,563	15,743	11,534	7,235	4,300	
อุดรธานี (i=6)	15,152	13,468	9,259	4,960	2,025	
นครราชสีมา (i=7)	23,706	19,952	15,743	11,443	8,509	

จากตาราง 14 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่าของต้นทุนการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซล 10 ล้อ โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่านี้ พบว่า เมื่อต้นทุนการขนส่งสินค้าลดลง ผลลัพธ์ของต้นทุนรวมทั้งหมดจะมีค่าลดลงและในทางกลับกัน ต้นทุนการขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้น จะทำให้ผลลัพธ์ของต้นทุนรวมทั้งหมดสูงขึ้นตาม

ตาราง 15 การวิเคราะห์อ่อนไหวโดยการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพื่อพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ

การวิเคราะห์อ่อนไหวโดยการ เพิ่มหรือลดค่าใช้จ่ายเพื่อพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ (หน่วย : บาท)							
ค่าเปลี่ยนแปลงตัวแปร f_i	แพร่ (i=2)	พิษณุโลก (i=3)	นครสวรรค์ (i=4)	ขอนแก่น (i=5)	อุดรธานี (i=6)	นครราชสีมา (i=7)	Min total cost
+30%	2,575,000	2,575,000	2,575,000	2,575,000	2,575,000	2,575,000	4,145,156
+20%	2,550,000	2,550,000	2,550,000	2,550,000	2,550,000	2,550,000	4,120,156
+10%	2,525,000	2,525,000	2,525,000	2,525,000	2,525,000	2,525,000	4,095,156
ค่าที่เกิดขึ้นจริง	2,500,000	2,500,000	2,500,000	2,500,000	2,500,000	2,500,000	4,640,169
-10%	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	2,475,000	4,045,156
-20%	2,450,000	2,450,000	2,450,000	2,450,000	2,450,000	2,450,000	4,020,156
-30%	2,425,000	2,425,000	2,425,000	2,425,000	2,425,000	2,425,000	3,995,156

จากตาราง 15 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่าของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพื่อพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทราบค่านี้ พบว่า เมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพื่อพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าลดลง ผลลัพธ์ของต้นทุนรวมทั้งหมดจะมีค่าลดลงและในทางกลับกัน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพื่อพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าเพิ่มขึ้น จะทำให้ผลลัพธ์ของต้นทุนรวมทั้งหมดสูงขึ้นตาม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึง ผลสรุปของงานวิจัย โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตำแหน่งทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อเชื่อมโยงกับโครงการรถไฟลาว – จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) และเพื่อเสนอโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งสินค้า มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming: MILP) เพื่อสนับสนุนการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ ที่เหมาะสม เพื่อพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับและกระจายสินค้าไปยัง ไปยังสปป.ลาว และเชื่อมโยงไปยังรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ด้วยรูปแบบการขนส่งทางถนน โดยการใช้รถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 10 ล้อ วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง เพื่อหาต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นที่ต่ำที่สุด ประกอบด้วย ต้นทุนค่าขนส่ง ค่าธรรมเนียมในการดำเนินการข้ามแดนไทย - สปป.ลาว ต้นทุนค่าดำเนินงานเพื่อพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าไปยังต่างประเทศและเพื่อเชื่อมโยงผ่านโครงการรถไฟลาว - จีน

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยการประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver พบว่า ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดอุดรธานี ถือว่าเป็นตำแหน่งทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุด เพื่อพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับและกระจายสินค้าไปยังต่างประเทศ โดยเชื่อมโยงผ่านโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) มีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด คือ 4,640,169 บาท มีรายละเอียดของต้นทุน ประกอบด้วย ต้นทุนค่าขนส่ง คือ 1,900,045 บาท ค่าธรรมเนียมในการดำเนินการข้ามแดน คือ 240,124 บาท และต้นทุนค่าดำเนินงานเพื่อพัฒนาศูนย์กระจายสินค้าให้เป็นศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าไปยังต่างประเทศ คือ 2,500,000 บาท ซึ่งมีการขนส่งสินค้าไปยังสถานีรถไฟนาเตยจำนวน 47 รอบการขนส่งต่อปี หรือคิดเป็น 940,000 ชิ้นต่อปี สถานีรถไฟเมืองไชจำนวน 80 รอบการขนส่งต่อปี หรือคิดเป็น 1,600,000 ชิ้นต่อปี สถานีรถไฟนครหลวงเวียงจันทน์จำนวน 26 รอบการขนส่งต่อปี หรือคิดเป็น 520,000 ชิ้นต่อปี สถานีรถไฟวังเวียง 16 รอบการขนส่ง

ต่อปี หรือคิดเป็น 320,000 ชิ้นต่อปี และสถานีนครหลวงเวียงจันทน์จำนวน 178 รอบการขนส่งต่อปี หรือคิดเป็น 3,560,000 ชิ้นต่อปี รวมทั้งหมดศูนย์กระจายสินค้าอุดรธานีจะต้องจัดส่งสินค้าทั้งหมด 6,940,000 ชิ้นต่อปี หรือจำนวน 347 รอบการขนส่งต่อปี

อีกทั้งงานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาโครงข่ายโลจิสติกส์การขนส่งสินค้าของบริษัทขนส่ง XYZ ที่ผลลัพธ์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้เลือกให้ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดอุดรธานี เป็นตำแหน่งทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุด เพื่อพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับและกระจายสินค้าไปยังต่างประเทศ โดยเชื่อมโยงผ่านโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ได้ โดยโครงข่ายดังกล่าว ได้แสดงให้เห็นถึงโครงข่ายการเชื่อมโยงทั้งรูปแบบการขนส่งทางถนนและทางราง ทั้งที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน และกำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำเอาผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจในการขนส่งสินค้าและการเลือกตำแหน่งทำเลที่ตั้งได้

ข้อเสนอแนะ

1. ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางเพื่อสนับสนุนการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่เดิมของบริษัทขนส่ง XYZ เพื่อพัฒนาให้เป็นศูนย์กระจายสินค้าที่สามารถรองรับและกระจายสินค้าไปยังต่างประเทศ โดยเชื่อมโยงผ่านโครงการรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ด้วยรูปแบบการขนส่งทางถนน เพื่อเชื่อมต่อไปยังทางราง ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนจากการขนส่งลงได้เป็นอย่างมาก เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการขนส่ง

2. งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับบริษัทขนส่งอื่น ๆ ได้ โดยสามารถปรับเปลี่ยนลักษณะของปัญหา ตัวแปรทราบค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องของบริษัทนั้นได้ ซึ่งสามารถนำเอาแบบจำลองนี้ไปเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดได้

3. ในการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของงานวิจัยนี้ ข้อมูลที่ถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลที่ได้รับจากบริษัทขนส่ง XYZ ซึ่งเป็นข้อมูลเพียงบางส่วนที่ได้รับจากการประมาณการณ์ของพนักงานในบริษัท อีกทั้งบางข้อมูลก็ไม่สามารถเปิดเผยได้ และบางข้อมูลผู้วิจัยได้รับมาจากการทบทวนวรรณกรรม แต่การปฏิบัติงานภายในสภาพแวดล้อมการทำงานจริง อาจจะมีลักษณะของงาน ลักษณะของปัญหา รวมถึงเงื่อนไข ข้อบังคับ และกฎหมายที่เกี่ยวข้องมากมาย ซึ่งงานวิจัยนี้ไม่ได้นำมาพิจารณาเพื่อพัฒนาแบบจำลอง ดังนั้นข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในอนาคตจึงควรเพิ่มเติมเงื่อนไขข้อบังคับเพื่อให้สมจริงมากขึ้น

4. ขอบเขตข้อมูลของงานวิจัยนี้จะใช้ช่วงข้อมูลในปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2563 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการระบาดของไวรัสโคโรน่า 2019 (COVID 19) ปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2563 ทำให้แต่ละ

ประเทศได้มีมาตรการป้องกันตั้งแต่การเว้นระยะห่างทางสังคม การทำงานที่บ้าน ไปจนถึงการสั่งปิดประเทศ ด้วยเหตุนี้ พฤติกรรมการซื้อสินค้าปรับเปลี่ยนมาใช้การสั่งสินค้าออนไลน์แทน จึงทำให้ธุรกิจการขนส่งสินค้า โดยเฉพาะธุรกิจ e - Commerce เติบโตขึ้นเป็นอย่างมาก แต่ด้านธุรกิจการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศนั้นได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก เนื่องจากทุกประเทศมีมาตรการที่เข้มงวดในการรับสินค้าเข้าประเทศมากยิ่งขึ้น บางประเทศไม่มีการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศเนื่องจากมีปริมาณงานที่จะจัดส่งน้อยลงทำให้เกิดต้นทุนรวมการขนส่งสูงขึ้นตาม ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าวจึงเกิดการแปรผันด้านข้อมูลปริมาณงานเป็นอย่างมาก ไม่เหมาะสมแก่การนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกนำข้อมูลที่เป็นสถานการณ์ปกติมาทำการพยากรณ์ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2563 แทนการใช้ข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าว

5. งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์ถึงการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimadal Transport) เพื่อลดทุนต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งได้ ด้วยการขนส่งทางถนนร่วมกับการขนส่งทางรางโดยอาศัยรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ในการขนส่งสินค้าสินค้าไปยัง สปป.ลาว และต่างประเทศได้ อีกทั้งประเทศไทยได้มีการพัฒนาระบบรางเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะรถไฟเส้นกรุงเทพมหานครถึงหนองคาย ซึ่งในอนาคตจะเป็นเส้นทางที่สามารถเชื่อมต่อไปยังรถไฟลาว - จีน (ช่วงบ่อเต็น - เวียงจันทน์) ได้ และเส้นทางรถไฟทางคู่กรุงเทพมหานครถึงเชียงของ (สร้างรถไฟสายใหม่) ทั้งนี้จะต้องมีการวิเคราะห์ถึงต้นทุนค่าใช้จ่าย เงื่อนไขข้อบังคับต่าง ๆ เพื่อให้ความคุ้มค่าในการขนส่งมากที่สุด

6. สำหรับงานวิจัยในอนาคต ควรมีการนำเอาแนวทางการพัฒนาโครงก่อสร้างรถไฟทางคู่ช่วงเด่นชัย - เชียงของ ทำการศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจากเป็นแนวเส้นทางรถไฟที่เชื่อมต่อไปยังศูนย์เปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่งสินค้าเชียงของและทางหลวงนานาชาติ R3A ซึ่งเป็นอีกหนึ่งเส้นทางที่สามารถเชื่อมต่อการขนส่งสินค้าไปยัง ด่านบ่อเต็น สปป.ลาว เพื่อขนส่งสินค้าไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีนโดยผ่านด่านโม่ฮาน นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมโยงไปจนถึงเมืองเชียงรุ้ง และคุนหมิง มณฑลยูนนาน สาธารณรัฐประชาชนจีนได้อีกด้วย

ทั้งนี้หากมีการเพิ่มขนาดของข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และเพิ่มเงื่อนไขข้อบังคับให้มีความสมจริงมากยิ่งขึ้น วิธีการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อาจไม่เหมาะสมในการประมวลผล เพราะอาจต้องใช้เวลานานในการค้นหาคำตอบหรือแม้กระทั่งไม่สามารถหาคำตอบได้ ดังนั้นจึงเสนอแนะวิธีการในกลุ่มของฮิวริสติกส์ เพื่อมาช่วยในการแก้ไขปัญหาร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

Frontline Systems Inc. (2564). *การกำหนดและแก้ปัญหาโดยใช้ Sover.* Retrieved from http://www.solver.com

Laijun Zhaoabc, Huiyong Li, Meichen Li, Yan Sun, Qingmi Hu, Shirong Mao and Jianguang Li Jian Xue. (2018). Location selection of intra-city distribution hubs in the metro-integrated logistics system. *Tunnelling and Underground Space Technology,* 80, 246-256. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.06.024

PanyaGroup. (2557).*โครงการศึกษาและออกแบบรถไฟความเร็วสูง สายกรุงเทพฯ-เชียงใหม่ ระยะที่ 2 พิษณุโลก-เชียงใหม่*. สืบค้นจาก https://www.panyagroup.in.th/th/ourprojects-th/19-pyprojects/12-phitsanulok-chiangmai-train.html.

Pawel Drodziel, Monika Winska, Radovan Madlenakand 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. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.023

Shitai Bao, Ningchuan Xiao, Zehui Lai, Heyuan Zhang and Changjoo Kim. (2015). Optimizing watchtower locations for forest fire monitoring using location models. *Fire Safety Journal,* 71, 100-109. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2014.11.016

Shu-pingWan, Ze-huiChen and Jiu-yingDong. (2021). Bi-objective trapezoidal fuzzy mixed integer linear program-based distribution center location decision for large-scale emergencies. *Applied Soft Computin,* 110. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107757

Sopha, Bertha Maya, Asih, Anna Maria Sri, Nursitasari and Putri Dewi. (2018). Location planning of urban distribution center under uncertainty: A case study of Yogyakarta Special Region Province, Indonesia. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM),* 11(3), 542-568. Retrieved from http://hdl.handle.net/10419/188881

Team Group. (2564). *โครงการรถไฟความเร็วสูง กรุงเทพ-เชียงใหม่*. สืบค้นจาก https://www.teamgroup.co.th/

Xiang Hua, Xiao Hu and Wuwei Yuan. (2016). Research optimization on logistics distribution center location based on adaptive particle swarm algorithm. *Optik,* 127(20), 8443-8450. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0030402616306544

Xiao-HuaHu, Chuan-ZhuLu and MinLic. (2014). Mathematical modeling for selecting center locations for medical and health supplies reserve in Hainan Province. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine,* 7(2), 160-163.

Xin Tang, Fabien Lehuédé and Olivier Péton. (2016). Location of distribution centers in a multi-period collaborative distribution network. *Electronic Notes in Discrete Mathematics,* 52, 293-300. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.endm.2016.03.039

Y sun, YT Wang, C Chen and B Yu. (2018). Optimization of a regional distribution center location for parts of end-of-life vehicles. *SAGE journals,* 94(7), 577-591.

Zvi Drezner and Carlton H. Scott. (2013). Location of a distribution center for a perishable product. *Mathematical Methods of Operations Research, Volume* 78, Pages 301-314. Retrieved from https://doi.org/10.1007/s00186-013-0445-6

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม. (2552). *ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการขนส่งสินค้า*.สืบค้นจาก http :km2.dpim.go.th

กฤติกร กระแสทิพย์, และ ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์. (2559). *การพัฒนาโปรแกรมกึ่งสำเร็จรูป เพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า และรูปแบบการกระจายสินค้าที่เหมาะสม กรณีศึกษา โรงงาน ABC.* (วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย,

การรถไฟแห่งประเทศไทย. (2563). complete guide. *วารสารรถไฟสัมพันธ์*. สืบค้นจาก http://www.railway.co.th/RailwayMiddleFile/NewsAndActImg/1307/131951934207171332_2_2562.pdf

การรถไฟแห่งประเทศไทย. (2563). *เดินหน้ารถไฟความเร็วสูงช่วงนครราชสีมา - หนองคาย*. [เอกสารประชาสัมพันธ์โครงการ]. กรุงเทพฯ.

การรถไฟแห่งประเทศไทย. (2564). *ประวัติ รฟท.* สืบค้นจาก https://www.railway.co.th/

กิตติคุณ ค้าขาย และ สราวุธ จันทร์สุวรรณ. (2562). การศึกษาเพื่อจัดตั้งศูนย์ไปรษณีย์เชื่องโยงการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ กรณีศึกษา การขนส่งไปรษณีย์ภัณฑ์ของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด. *การประชุมสัมนาเชิงวิชาการด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน,* 19.

กิตติพงษ์ รักษ์เจริญ. (2558). *การศึกษาระบบการขนส่งและเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า กรณีศึกษา : ธุรกิจรับจัดการขนส่งสินค้าของธุรกิจค้าปลีก*. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์,

เกษศิรินทร์ ธีรธิติไชพา และ ศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ. (2564). แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมสำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าบริษัทโลจิสติกส์. *วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา,* 8, 617-631.

ไกรสีห์ กำจรฤทธิ์. (2563). การเลือกทำเลที่ตั้งสถานีสินค้าในพื้นที่เขตเศรษฐกิจพิเศษ : กรณีศึกษาจังหวัดชายแดนในประเทศไทย. *วารสารบริหารธุรกิจ นิด้า*(27), 136-161.

ขจรศักดิ์ ไชยวงค์. (2560). *แนวทางการเลือกทำเลที่ตั้งสาขาศูนย์การค้ามหสรรพสินค้า*. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,

คำนาย อภิปรัชญาสุกล. (2553). *การจัดการสินค้าคงคลัง*. กรุงเทพ: โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชิ่ง.

จักรกฤษณ์ ดวงพัสตรา. (2543). *หลักการขนส่ง* (Vol. 394). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จารุพงษ์ บรรเทา, พงษ์ศักดิ์ นาใจคง, ธัญชนก งามสมโภชน์, เสาวลักษณ์ อาจใจ และ ณัฐิญา วงละคร. (2560). ตัวแบบการกำหนดที่ตั้งคลังวัคซีน กรณีศึกษาโรงพยาบาลในเขตจังหวัดนครราชสีมา. *การประชาวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์,* 8, 494-500.

ฉัตรชัย ใจทิยา และ เสาวนิตย์ เลขวัต. (2565). การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งสำนักงานโรงงานแห่งใหม่กรณีศึกษาบริษัทซ่อมบำรุงของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี, . *Thai Journal of Operations Research,* 10(1), 42-51.

ถิรวัฒ์ เกนโรจน์, และ เขษมศักดิ์ บุญเรือง และ คเณศ พันธุ์สวาสดิ์. (2565). การหาที่ตั้งศูนย์กระจายและการวางแผนจัดเส้นทางในการกระจายวัคซีนให้มีประสิทธิภาพเพื่อต้นทุนการขนส่งที่ต่ำ, . *Thai Journal of Operations Research,* 10(2), 44-53.

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

ธนวัฒน์ เมธีธัญญรัตน์. (2558). การเลือกที่ตั้งคลังน้ำมันในประเทศไทย โดยใช้วิธีลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์. *วิศวสารลาดกระบัง,* 32(37-42). สืบค้นจาก https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/lej/article/view/241192/164058

ธนากร วิวัฒนากรวงศ์ และ วงศกร เอ๊ฟวา. (2561). *การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าด้วยวิธีแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์และวิธีจุดศูนย์ถ่วง กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารและเครื่องดื่ม*. (วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต,

ธนิต โสรัตน์. (2550). *การประยุกต์โลจิสติกส์และโซ่อุปทาน*. กรุงเทพมหานคร: วี-เซริฟ์ โลจิสิตกส์.

ธาน ส่งทวน. (2560). *การวิเคราะห์ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้ากุ้งแห้งในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช*. (ธุรกิจมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์,

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

บุญทรัพย์ พานิชการ, ภูพงษ์ พงษ์เจริญ, ดลเดช ตั้งตระการพงษ์, พุดตาน พันธุเณร, ศิริกาญจน์ จันทร์สมบัติ, ปุริม ศรีสวัสดิ์ และ ณัฏฐ์ชุดา ปานแม้ธัญวิชญ์. (2562). *การศึกษาเพื่อจัดทำแผนยุทธศาสตร์รองรับโครงการก่อสร้างรถไฟลาว-จีน (ช่วงบ่อเต็น-เวียงจันทน์)*. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, กรุงเทพ.

ปฐมพงษ์ หอมศรี. (2564). การเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นวิเคราะห์แบบฟัซซี่,*วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม,* 3(3), 253-270.

ประจวบ กล่อมจิตร. (2556). *โลจิสติกส์-โซ่อุปทาน* (Vol. 400). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ปรางประเสริฐ น้อยสังข์ และ ชุมพล มณฑาทิพย์กุล. (2560). การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงปริมาณร่วมกับปัจจัยเชิงคุณภาพด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน,* 5, 60-70.

ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว. (2557). การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์,* 1, 6.

พริดา วิภูภิโญ. (2562). การศึกษาวิเคราะห์ทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายผลไม้แบบส่งผ่านกรณีศึกษา: พื้นที่การค้าผลไม้ระหว่างอำเภอหาดใหญ่ และอำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา. *วารสาริทยาการจัดการ,* 36(2), 81-112.

พัชรธิดา ศิริเลี้ยง และ ปารวี จารุพันธ์. (2562). *การเลือกทำเลที่ตั้งเพื่อจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า กรณีศึกษา บริษัทจัดส่งสินค้าอุปโภคบริโภค*. (วิศวกรรมศาสตรบัญฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,

พิเชฐ เวิ่นทอง. (2560). *การเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมสำหรับธุรกิจค้าส่งเครื่องดื่มและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์*. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). วิทยาลัยนวัฒกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต,

ยุพิน วงษ์วิลาส. (2557). *การวิเคราะห์การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า กรณีศึกษา ธุรกิจบริการจัดส่งและกระจายสินค้าอุปโภคบริโภค*. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา,

รัฐบาลไทย. (2566, 3 มีนาคม).*รฟท. อัพเดทงานก่อสร้างทางรถไฟสายใหม่ สายเหนือ เด่นชัย - เชียงราย - เชียงของ*. รัฐบาลไทย

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. (2553). *คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมArenaฉบับปรับปรุง*. กรุงเทพ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ และ สิวนีย์ ปงลังกา. (2563). การเลือกทำเลที่ตั้งของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า กรณีศึกษา บริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชั่น จำกัด. *วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ,* 5, 10-24. สืบค้นจาก https://ph02.tcithaijo.org/index.php/asit-journal/article/view/240293/163892

วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง. (2543). การวิจัยดำเนินงาน. กรุงเทพมหานคร: *หนังสือในโครงการส่งเสริมการสร้างตำรามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*.

ศูนย์ข้อมูลธุรกิจไทยในจีน สถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงปักกิ่ง. (2565). รถไฟจีน-ลาวครบรอบหนึ่งปี. เอกสารเผยแพร่. กรุงปักกิ่ง ประเทศจีน. *ศูนย์ข้อมูลธุรกิจไทยในจีน สถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงปักกิ่ง*

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

สำนักงานโครงการพัฒนาระบบราง และ สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2560). *โครงการศึกษาและทบทวนความเหมาะสมโครงการก่อสร้างทางรถไฟสายเด่นชัย - เชียงราย - เชียงของ*.

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2562). *ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของประเทศไทยระยะ20 ปี (พ.ศ. 2564-2580)*. กระทรวงคมนาคม.

สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดตาก. (2557). *จุดเด่นและข้อได้เปรียบของไทยในตลาด*. สืบค้นจาก https://pr.prd.go.th/tak/ewt_news.php?nid=1382&filename=index

สำนักงานประชาสัมพันธ์เชียงใหม่. (2562). ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ และโครงข่ายคมนาคมขนส่งพื้นที่ภาคเหนือ. *เชียงใหม่นิวส์*. สืบค้นจาก https://www.chiangmainews.co.th/page/archives/1121570/

สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม. (2564). *ประวัติการรถไฟแห่งประเทศไทย*. สืบค้นจาก https://www.mot.go.th/about.html?id=13

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). *รายงานโลจิสติกส์ประเทศไทย ประจำปี 2562*. สืบค้นจาก https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=10791

สิริกานต์ จันทร์ศิริ. (2555). *การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาตร์สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายอุปกรณ์*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, สำนักงานหอสมุดกลาง. สืบค้นจาก http://newtdc.thailis.or.th/docview.aspx?tdcid=55949

สุชาติ ประกอบ. (2556). *การศึกษาการเลือกหาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมในเขตพื้นที่ภาคเหนือ กรณีศึกษา บริษัทตัวอย่าง อุตสาหกรรมขนมอบกรองประเภทเคล็กเกอร์และบิสกิต*. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, สำนักหอสมุด.

สุปรีชา วงศ์อารีย์. (2558). *กำหนดการเชิงเส้นทางจำนวนเต็มและการประยุกต์* (Vol. 342). อุดรธานี: สำนักวิชาการศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

สุภัตรา ทรัพย์อุปการ. (2561). *Model เครื่องมือช่วยทำนายอนาคต*. สืบค้นจาก https://www.scimath.org/article-mathematics/item/9610-2018-12-13-08-05-49

อธิวัฒน์ ลีนะธรรม และ เปรมพร เขมาวุฒฒ์. (2559). *การเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตเบียร์*. *Engineering Journal of Siam University* 19(1), 14-26.