

การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ ปัจจัยเชิงปริมาณร่วมกับปัจจัยเชิงคุณภาพด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์

ปรางประเสริฐ น้อยสังข์^{*1} ชุมพล มณฑาทิพย์กุล²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชากรูทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าส่งผลกระทบต่อต้นทุนการกระจายสินค้าในระยะยาวและความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าขององค์กร การเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ทำให้มีต้นทุนโลจิสติกส์โดยรวมต่ำที่สุดอาจส่งผลกระทบต่อปัจจัยอื่น เช่น ทำเลพื้นที่ที่ถูกเลือกอาจมีความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติทางธรรมชาติหรืออยู่ห่างจากรูปแบบการขนส่งรูปแบบอื่นที่อาจส่งผลกระทบต่อปรับแผนกลยุทธ์การกระจายสินค้าหรือความยืดหยุ่นในการขนส่งสินค้าในอนาคต ในทางกลับกัน การเลือกทำเลพื้นที่บนพื้นฐานของปัจจัยเชิงคุณภาพอาจส่งผลให้มีต้นทุนในการกระจายสินค้าสูงในระยะยาว งานวิจัยนี้จึงเสนอแนวคิดการนำปัจจัยหลายด้านมาพิจารณาร่วมกัน โดยมีปัจจัยด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการขนส่ง ปัจจัยด้านความเสี่ยงต่ออุทกภัยและปัจจัยด้านรูปแบบการขนส่งทางรถไฟและเครื่องบิน มาวิเคราะห์ร่วมกันในการคัดเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาคที่เหมาะสม โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม และวิเคราะห์หาคำตอบด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์และการโปรแกรมเป้าหมาย นอกจากนี้ยังทำการทดลองปรับค่าตัวแปรของปัจจัยเชิงคุณภาพให้เป็นค่าเชิงต้นทุน และวิเคราะห์หาค่าต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดจากต้นทุนรวมของทุกปัจจัย ภายใต้อข้อมูลของสถานการณ์จำลองนี้ จากการวิเคราะห์หาค่าต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดพบว่าพื้นที่ในจังหวัดชลบุรี นครราชสีมา สุราษฎร์ธานี และลำปาง ได้ถูกเลือกเพื่อเป็นทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาคจากพื้นที่ทางเลือกจำนวน 13 จังหวัด เนื่องจากส่งผลให้มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด สำหรับการวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ พบว่าส่งผลให้คำตอบแตกต่างกันจากการเปลี่ยนการให้ระดับความสำคัญของแต่ละวัตถุประสงค์ และการวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ยังสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ในกรณีที่ไม่สามารถนำฟังก์ชันแต่ละวัตถุประสงค์มาประยุกต์ใช้เป็นเชิงต้นทุนให้เข้ากับรูปแบบของปัญหาได้

คำสำคัญ: การเลือกทำเลที่ตั้ง ศูนย์กระจายสินค้า การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงปริมาณร่วมกับคุณภาพ การวิเคราะห์ฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ อุทกภัย รูปแบบการขนส่ง

* Corresponding author. E-mail: n.prangprasert@outlook.co.th

¹ นักศึกษา สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Locality Selection of Regional Distribution Centers in Thailand Using Quantitative and Qualitative Factors Analysis with Multi-objective Optimization

Prangprasert Noisang^{*1} Chumpol Monthatipkul²

King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT),

126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140, Thailand

Abstract

The location of a distribution center directly affects the long-term cost of distribution and the customer demand responsiveness. Locality selection of regional distribution center, which is the lowest-overall logistics cost path, might affect other factors. For example, the selected area might be at risk of being affected by natural disasters, and the distance from other shipment systems might affect the revised strategic distribution plan or future shipping flexibility. On the other hand, the locality selection, which is based on qualitative factors, might increase the long-term distribution cost. This research, therefore, proposes the idea of the consideration of various factors combination includes: the costs of operation and transportation factor, the risk of flood factor, and the system of the railroad and air transportation factor. The appropriate locality selection of regional distribution center could be concerted analyze using the mathematical modeling called mixed integer linear programming (MILP), analysis with the multi-objective optimization and the goal programming method. In addition, this research modulates each qualitative factor into term of cost and experiments the least total cost of all factors through variant modulations. According to the simulated data, from the least-total cost analysis, it was found that the areas in Chonburi, Nakhon Ratchasima, Surat Thani, and Lampang have been selected for the regional distribution centers from alternative areas in thirteen provinces due to the four mentioned provinces provide the lowest cost of all factors. The multi-objective optimization analysis demonstrates the variation of objective weight could affect the answer reasonably. The analysis of multi-objective optimization could be used when all objectives are unable to be modulated into the same unit.

Keywords: distribution center, quantitative and qualitative factors, multi-objective optimization, flood, transportation mode

* Corresponding author. E-mail: n.prangprasert@outlook.co.th

1 Student in the Faculty of Graduate School of Management and Innovation, King Mongkut's University of Technology Thonburi

2 Assistant Professor in the Faculty of Graduate School of Management and Innovation, King Mongkut's University of Technology Thonburi

1. บทนำ

ในปี 2557 ที่ผ่านมา ประเทศไทยมีมูลค่าต้นทุนโลจิสติกส์อยู่ที่ 1,874.4 พันล้านบาท คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 14.2 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ณ ราคาประจำปี (GDP at Current Prices) สำหรับโครงสร้างของต้นทุนโลจิสติกส์ พบว่าต้นทุนค่าขนส่งสินค้าเป็นองค์ประกอบใหญ่ที่สุดถึงร้อยละ 52.8 โดยต้นทุนมีการขยายตัวเล็กน้อยจากปี 2556 ที่มีต้นทุนโลจิสติกส์อยู่ที่ 1,835.2 พันล้านบาท หรือคิดเป็นสัดส่วน 14.2 ของ GDP โดยมีต้นทุนด้านการขนส่งร้อยละ 51.9 ของต้นทุนโลจิสติกส์ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, [1])

บทบาทหนึ่งที่สำคัญของการจัดการโลจิสติกส์สำหรับธุรกิจใดๆ คือการเพิ่มขอบเขตในการพัฒนาขีดความสามารถทางการแข่งขันของธุรกิจดังกล่าว เนตรปรียา ชุมไชโย [2] ได้กล่าวถึงเรื่องของ “โลจิสติกส์การค้ากับการพัฒนาขีดความสามารถทางการแข่งขัน” โดยสรุปว่า โลจิสติกส์การค้า ควรมีการพิจารณาถึงการอำนวยความสะดวกทางการค้า การพัฒนาผู้ให้บริการโลจิสติกส์ เครือข่ายการค้า การใช้ประโยชน์โครงสร้างพื้นฐานอย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือลดความเสี่ยงทางการค้า พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ และระบบกระจายสินค้า ด้วยวัตถุประสงค์ในการประหยัดต้นทุน การตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า และการสร้างความน่าเชื่อถือในการส่งมอบสินค้า ทั้งนี้การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานที่ให้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดี ควรมีการวางแผนเครือข่ายโลจิสติกส์ ตั้งแต่การเริ่มต้นเลือกทำเลที่ตั้งของโรงงานผลิตสินค้า คลังสินค้า และศูนย์กระจายสินค้า เนื่องจากใช้งบประมาณในการลงทุนสูง และส่งผลในระยะยาวต่อธุรกิจทั้งในแง่ของต้นทุนโดยรวม ประสิทธิภาพของลูกค้าต่อสินค้าและการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า จะเห็นได้ว่าการวางแผนเครือข่ายศูนย์กระจายสินค้า เป็นปัจจัยหลักอย่างหนึ่งที่สำคัญต่อกำไรโดยรวมของธุรกิจ และผลกระทบในด้านอื่นๆ เนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนโดยรวมตลอดโซ่อุปทาน และการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า (Chopra Sunil [3]) Cooper (1995); Kaplan และ Atkinson (1998);

Vosselman (1997) ต่างมีแนวคิดว่าการดำเนินงานในระบบโซ่อุปทานนั้น ไม่สามารถถูกวัดและควบคุมได้อย่างสมบูรณ์แบบด้วยวิธีการที่ใช้แต่เพียงการวัดในเชิงปริมาณ (Quantitative) เพียงด้านเดียว หรือเชิงตัวเลขทางด้านการเงิน เช่น ต้นทุน เท่านั้น (อรพินทร์ [4]) ซึ่งการตัดสินใจจากปัจจัยเชิงปริมาณเพียงด้านเดียว จะได้ผลการวิเคราะห์ที่ทำให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด แต่ในทางเลือกที่ทำการตัดสินใจเลือกนั้น ในทางคุณภาพแล้วอาจไม่เหมาะสมสำหรับการตัดสินใจกระจายสินค้า เช่น การเกิดภัยธรรมชาติได้แก่อุทกภัยหรือแผ่นดินไหวบ่อยครั้ง ถนนที่ใช้เดินทางคดเคี้ยวขรุขระอันตรายหรือแออัดมากเกินไป อยู่ห่างจากรูปแบบการขนส่งอื่นๆ ที่สามารถทดแทนได้ เช่น การขนส่งทางอากาศ ทางรถไฟ หรือทางเรือ ซึ่งรูปแบบการขนส่งอื่นๆ ที่สามารถทดแทนได้นี้ อาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเพิ่มโอกาสในการกระจายสินค้าในอนาคตหรือในสภาวะวิกฤติที่อาจส่งผลให้ไม่สามารถขนส่งในเส้นทางเดิมได้ ทำให้ลดความเสี่ยงในด้านการกระจายสินค้าหรือในอนาคต ระบบโลจิสติกส์ที่ดีขึ้น อาจทำให้มีต้นทุนการขนส่งด้วยรูปแบบการขนส่งอื่นมีต้นทุนที่ต่ำกว่าการขนส่งในรูปแบบปัจจุบัน นอกจากนี้ การพิจารณาปัจจัยเชิงคุณภาพเพียงด้านเดียวยังอาจส่งผลให้ได้ทำเลที่ตั้งที่ก่อให้เกิดต้นทุนในการขนส่งสูง เป็นต้น จากการทบทวนวรรณกรรมเบื้องต้นพบว่ามีการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์การจัดการโซ่อุปทานและการจัดตั้งเครือข่ายการกระจายสินค้าที่หลากหลาย โดยมีการมุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัย วิธีการวิเคราะห์แนวคิด และกระบวนการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ในปัจจุบันมีแนวโน้มในการให้ความสำคัญต่อการพิจารณาปัจจัยในหลายๆ ด้านควบคู่กันมากขึ้น เพื่อให้ครอบคลุมถึงผลกระทบที่เกิดจากการตัดสินใจนั้นให้มากที่สุด โดยเฉพาะงานวิจัยในระยะหลังนี้ มักมีงานวิจัยที่มุ่งเน้นการนำปัจจัยด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเข้ามาเป็นปัจจัยในการพิจารณาตัดสินใจมากขึ้น เนื่องจากปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมกำลังเป็นปัญหาใหญ่ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และเป็นปัญหาสำคัญที่ทั่วโลกตระหนักถึง

ในงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการจำลองสถานการณ์การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค (Regional Distribution Center: RDC) เพื่อปรับปรุงการกระจายสินค้า

จากการกระจายสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าส่วนกลาง (Central Distribution Center: CDC) เพียงแห่งเดียวด้วยการพิจารณาการเลือกทำเลที่ตั้งโดยนำปัจจัยด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการขนส่ง ความเสี่ยงจากการได้รับความเสียหายจากอุทกภัย และรูปแบบในการขนส่งมาพิจารณาร่วมกัน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบการหาคำตอบที่เหมาะสมของฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Optimization) ด้วยการสร้างตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling) แบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Linear Programing) และใช้วิธีการโปรแกรมเป้าหมาย (Goal Programming) เพื่อคำนวณหาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละวัตถุประสงค์ นอกจากนี้ ยังมีการจำลองค่าต้นทุนสำหรับฟังก์ชันแต่ละวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาต้นทุนรวมของทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ต่ำที่สุด (Cost-Based Single-Objective Optimization) และวิจารณ์เปรียบเทียบผลของการทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของทั้งสองวิธี

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีการนำปัจจัยเชิงปริมาณและปัจจัยเชิงคุณภาพเข้ามาประยุกต์ในการพิจารณาร่วมกัน เพื่อวิเคราะห์การเลือกทำเลที่ตั้งของเครือข่ายศูนย์กระจายสินค้ามากขึ้น ได้แก่ งานวิจัยของ Ada et al. [5] ซึ่งได้เสนอแนวคิดการพิจารณาเลือกทำเลที่ตั้งโรงผลิตและคลังสินค้าโดยมีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณร่วมกัน โดยงานวิจัยนี้มีการรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ ในด้านของปัจจัยเชิงปริมาณผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการคำนวณในแต่ละปัจจัย จากนั้นทำการปรับค่าให้สามารถเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่นได้ (Normalized/Inverse Normalized) แล้วใช้เป็นค่าคะแนนน้ำหนักของแต่ละปัจจัยเชิงปริมาณ หลังจากนั้นใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analytical Hierarchy Process: AHP) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเชิงคุณภาพ ทำให้ได้ผลการทดลองเป็นคะแนนในแต่ละปัจจัยของแต่ละทางเลือก หลังจากนั้นจึง

ใช้การวิเคราะห์แบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Linear Programming) เข้ามาประยุกต์ในการตัดสินใจเลือกทำเลที่ตั้ง หรืองานวิจัยของ Afshari et al. [6] ซึ่งได้ศึกษาการหาทำเลที่ตั้งของคลังสินค้าส่วนกลางและคลังสินค้าส่วนภูมิภาคโดยใช้การหาค่าที่เหมาะสมของฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Optimization) โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดต้นทุนรวมของการขนส่งและสินค้าคงคลัง และวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า และมีงานวิจัยที่พิจารณาปัจจัยด้านปริมาณและคุณภาพร่วมกัน ด้วยการพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ควบคู่กับปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์แบบการหาค่าที่เหมาะสมของฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ ได้แก่ งานวิจัยของ Nurjani et al. [7] ได้ทำการศึกษาค่าที่เหมาะสมของฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Optimization) เพื่อออกแบบโซ่อุปทานขององค์กรโดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากรูปแบบการขนส่งที่แตกต่างกันร่วมกับปัจจัยเชิงเศรษฐศาสตร์ นอกจากงานวิจัยที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาถึงภัยจากสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อธุรกิจและอุตสาหกรรมเช่นกัน เช่นบทความของสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล [8] ซึ่งรวบรวมสถานการณ์ภัยธรรมชาติที่สำคัญในรอบทศวรรษที่เกิดขึ้นในประเทศไทยจากภัยพิบัติทั้ง 8 ชนิด ที่ถูกจำแนกโดยกรมอุตุนิยมวิทยาบทความดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่าภัยพิบัติธรรมชาติด้านอุทกภัยสร้างความเสียหายมากที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2532 - 2554 โดยเฉพาะมหาอุทกภัยในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งร้ายแรงที่สุดในรอบ 50 ปี โดยธนาคารโลกได้ประเมินว่ามีผลกระทบกว่า 1.356 ล้านล้านบาท (มูลค่าความเสียหาย (Damage) และความสูญเสีย (Loss) เท่ากับ 640,049 ล้านบาท และ 716,761 ล้านบาท ตามลำดับ) (ไทยพับลิก้าออนไลน์ [9]) และยังมีงานวิจัยการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่คำนึงถึงรัศมีการให้บริการและความเสียหายของสินค้าที่เกิดจากระยะทางและเวลาในการขนส่ง ได้แก่ Daofang et al. [10] ซึ่งศึกษาการวางแผนเครือข่ายการกระจายสินค้าในประเทศจีน สำหรับโซ่อุปทานของสินค้าประเภทผักที่ต้องควบคุมอุณหภูมิ โดยการหาทำเลและจำนวนศูนย์กระจาย

สินค้าที่เหมาะสมโดยมีข้อจำกัดของรัศมีในการให้บริการ (service radius) ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อระยะทางและเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า และเปอร์เซ็นต์ของความเสียหายที่เกิดจากการขนส่งและการขึ้นลงรถขนส่งของสินค้า

งานวิจัยนี้ ได้จำลองสถานการณ์การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค ด้วยการพิจารณาการเลือกทำเลที่ตั้งโดยพิจารณาปัจจัยด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการขนส่ง ความเสี่ยงจากการได้รับความเสียหายจากอุทกภัยและรูปแบบในการขนส่ง ด้วยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบการหาค่าตอบที่เหมาะสมของฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Optimization) ด้วยการสร้างตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Linear Programming) และใช้วิธีการโปรแกรมเป้าหมาย (Goal Programming) เพื่อคำนวณหาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคที่เหมาะสมที่สุด และ จำลองค่าต้นทุนสำหรับฟังก์ชันแต่ละวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาดัชนีรวมของทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ต่ำที่สุด ทำการทดสอบแบบจำลองและวิจารณ์เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของทั้งสองวิธี โดยใช้โปรแกรมพรีเมียม เอ็กเซล โซลเวอร์ (Premium Excel Solver) ในการหาค่าตอบของแบบจำลอง สำหรับการหาค่าตอบจากการวิเคราะห์ฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ในวัตถุประสงค์ที่ 1 เป็นการวิเคราะห์แบบหาค่าสูงสุด (Maximization) ของต้นทุนที่ลดลงจากการกระจายสินค้าไปยังร้านค้าปลีกด้วยศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาค สำหรับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2 เป็นการวิเคราะห์แบบหาค่าต่ำสุด (Minimization) ของความเสี่ยงจากการได้รับผลกระทบจากอุทกภัย และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 3 เป็นการวิเคราะห์แบบหาค่าต่ำสุด (Minimization) ของระยะทางจากศูนย์กระจายศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาคถึงสถานีขนส่งทางรถไฟและเครื่องบิน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลภาพรวมของสถานการณ์จำลอง

สถานการณ์จำลองในงานวิจัยนี้เป็นสถานการณ์จำลองสำหรับการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า

ทางเลือกในพื้นที่ประเทศไทย โดยทำการจำลองให้มีศูนย์กระจายสินค้ากลางที่กำหนดสถานที่ตั้งไว้แล้วจำนวน 1 แห่ง บริเวณภาคกลางของประเทศไทย และมีศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคที่มีการจำลองพื้นที่ที่เป็นทางเลือกจำนวน 13 แห่ง โดยตั้งสมมติฐานให้มีพื้นที่ทางเลือกสำหรับการวิเคราะห์อยู่ทุกภาคในประเทศไทย เพื่อจัดส่งสินค้าให้กับร้านค้าปลีกซึ่งมีปริมาณการสั่งซื้อคงที่และมีการกำหนดสถานที่ตั้งที่แน่นอน 13 แห่ง โดยรายละเอียดของสถานการณ์จำลองแสดงดังที่อยู่ออนไลน์ดังนี้ https://docs.google.com/spreadsheets/d/1COMzU7SO4snmRaD0-tGN0n9ZJMvLDWL3KQ5tJFvfD_I/edit#gid=0

3.2 การสร้างสมการและการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.2.1 การกำหนดดัชนีและตัวแปรสำหรับสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ดัชนี (indices)

- k ดัชนีแทน ลำดับของศูนย์กระจายสินค้ากลาง (Central Distribution Center: CDC)
- i ดัชนีแทน ลำดับของศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค ทางเลือก (Candidate Regional Distribution Center: RDC) โดย $i = 1, 2, 3, \dots, M$
- j ดัชนีแทน ลำดับของลูกค้า โดย $j = 1, 2, 3, \dots, J$

ตัวแปรที่ทราบค่า (Input parameters)

- D_j ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าตำแหน่งที่ j เมื่อ $j \in J$ มีหน่วยเป็นตัน
- D_{ij} แทน ปริมาณสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาค i จัดส่งให้ลูกค้าตำแหน่งที่ j เมื่อ $i \in M$ และ $j \in J$ มีหน่วยเป็นตัน
- S_{kj} แทน ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้ากลาง k ไปยังลูกค้าตำแหน่งที่ j เมื่อ $j \in J$ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร
- S_{ki} แทน ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้ากลาง k ไปยังศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือกตำแหน่งที่ i เมื่อ $i \in M$ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร
- S_{ij} แทน ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือกตำแหน่งที่ i ไปยังลูกค้าตำแหน่งที่ j เมื่อ $i \in M$ และ $j \in J$ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

V	แทน รัศมีระยะทางสูงสุดในการให้บริการลูกค้าของศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือก มีหน่วยเป็นกิโลเมตร	ทางเลือก i เมื่อ $i \in M$ มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร
Q	แทนปริมาณสินค้าขั้นต่ำที่ศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคเปิดดำเนินการจัดส่ง มีหน่วยเป็นตัน	A_i แทนพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าทางเลือก มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร
M	จำนวนศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือกทั้งหมด	RA_i แทนสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายจากอุทกภัยต่อพื้นที่ทั้งหมด โดยมีค่าเท่ากับ DA_i/A_i เมื่อ $i \in M$
J	จำนวนร้านค้าปลีกทั้งหมด	f_i แทนค่าอันดับอันตรายภาคชั้นของ F, RA_i
C_{ki}	แทนอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้ากลาง k ไปยังศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือก i เมื่อ $i \in M$ มีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อลิตร	ODC แทนมูลค่าความเสียหายต่อศูนย์กระจายสินค้าแบบ Optimistic Damage Cost จากการเกิดอุทกภัย มีหน่วยเป็นบาทต่อครั้ง
C_{kj}	แทนอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้ากลาง k ไปยังลูกค้าตำแหน่ง j เมื่อ $j \in J$ มีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อลิตร	MDC แทนมูลค่าความเสียหายต่อศูนย์กระจายสินค้าแบบ Most-likely Damage Cost จากการเกิดอุทกภัย มีหน่วยเป็นบาทต่อครั้ง
C_{ij}	แทนอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค i ไปยังลูกค้าตำแหน่ง j เมื่อ $i \in M$ และ $j \in J$ มีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อลิตร	PDC แทนมูลค่าความเสียหายต่อศูนย์กระจายสินค้าแบบ Pessimistic Damage Cost จากการเกิดอุทกภัย มีหน่วยเป็นบาทต่อครั้ง
E	แทนอัตราค่าน้ำมัน มีหน่วยเป็นบาทต่อลิตร	EDC แทนมูลค่าความเสียหายต่อศูนย์กระจายสินค้าเฉลี่ย Estimated Damage Cost (EDC) จากการเกิดอุทกภัย โดยมีค่าเท่ากับ
L	แทนอัตราต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการบรรทุกสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้ากลาง k เพื่อไปส่งที่ศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค i เมื่อ $i \in M$ มีหน่วยเป็นหน่วยต่อตัน	$[(1/6) \times (ODC+4MDC+PDC)]$
I	แทนอัตราต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการบรรทุกสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า เพื่อไปส่งยังลูกค้า j เมื่อ $j \in J$ มีหน่วยเป็นหน่วยต่อตัน	มีหน่วยเป็นบาทต่อครั้ง
ON_k	แทนต้นทุนในการดำเนินการของศูนย์กระจายสินค้ากลาง เมื่อไม่มีการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค มีหน่วยเป็นบาทต่อศูนย์	FPR ช่วงเวลาการเกิดอุทกภัยรุนแรง มีหน่วยเป็นปี
O_k	แทนต้นทุนในการดำเนินการของศูนย์กระจายสินค้ากลาง เมื่อมีการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค มีหน่วยเป็นบาทต่อศูนย์	T_i แทนระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค i และรูปแบบการขนส่งทางรถไฟที่ใกล้ที่สุด มีหน่วยเป็นกิโลเมตร
O_i	แทนต้นทุนในการดำเนินการของศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค มีหน่วยเป็นบาทต่อศูนย์	P_i แทนระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค i และรูปแบบการขนส่งทางเครื่องบินที่ใกล้ที่สุด มีหน่วยเป็นกิโลเมตร
F_i	แทนความถี่ของการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือก i เมื่อ $i \in M$ มีหน่วยเป็นครั้งต่อปี	W_r แทน น้ำหนักความสำคัญของรูปแบบการขนส่งทางรถไฟ
DA_i	แทนปริมาณพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายจากอุทกภัยภายในบริเวณที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค	W_p แทน น้ำหนักความสำคัญของรูปแบบการขนส่งทางเครื่องบิน
		Z_1^* แทน ค่าในอุดมคติของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1
		Z_2^* แทน ค่าในอุดมคติของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2
		Z_3^* แทน ค่าในอุดมคติของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 3
		μ แทน ค่าตอบของฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์
		SZ_1^* แทน ค่าในอุดมคติด้านต้นทุนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1

- SZ_2^* แทน ค่าในอุดมคติด้านต้นทุนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2
 SZ_3^* แทน ค่าในอุดมคติด้านต้นทุนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 3
 TC แทน ต้นทุนรวมของทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มีหน่วยเป็นบาท
 α แทน น้ำหนักความสำคัญของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1
 β แทน น้ำหนักความสำคัญของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2
 γ แทน น้ำหนักความสำคัญของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 3

ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision Variables)

- X_{ij} : 1 เมื่อศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค i ทำการส่งสินค้าให้ลูกค้า j
 : 0 เมื่อไม่มีการส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังลูกค้า j
 Y_i : 1 เมื่อมีการเปิดดำเนินการศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาค i
 : 0 เมื่อไม่มีการเปิดดำเนินการศูนย์กระจายสินค้า i
 d_1^-, d_1^+ แทน ตัวแปรค่าเบี่ยงเบนด้านลบและด้านบวกของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1
 d_2^-, d_2^+ แทน ตัวแปรค่าเบี่ยงเบนด้านลบและด้านบวกของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2
 d_3^-, d_3^+ แทน ตัวแปรค่าเบี่ยงเบนด้านลบและด้านบวกของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 3

3.2.2 การวิเคราะห์สมการวัตถุประสงค์

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มีทั้งหมด 3 วัตถุประสงค์ ได้แก่

1. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือกที่ทำให้ต้นทุนในการขนส่งและต้นทุนที่ใช้ในการดำเนินงาน เพื่อกระจายสินค้าไปยังลูกค้าลดลงจากการกระจายสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้ากลางเพียงแห่งเดียวมากที่สุด

$$\text{Max } Z_1^* = \left\{ ON_k + \left[\left(\sum_{j=1}^J S_{kj} D_j \right) \frac{EL}{C_{kj}} \right] \right\} - \left\{ \begin{array}{l} [O_k + O_i (\sum_{i=1}^M Y_i)] \\ + \left[\left(\sum_{i=1}^M X_{ij} D_{ij} \right) \frac{S_{ki} EL}{C_{ki}} \right] \\ + \left[\left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^J X_{ij} D_{ij} S_{ij} \right) \frac{EL}{C_{ij}} \right] \end{array} \right\} \quad (1)$$

2. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือกที่ทำให้มีความเสี่ยงของศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคที่จะประสบปัญหาอุทกภัยน้อยที่สุด

$$\text{Min } Z_2^* = \sum_{i=1}^M f_i \quad (2)$$

3. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือกที่ทำให้ผลรวมระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือกไปยังรูปแบบการขนส่งทางรถไฟและสนามบิน (ที่มีการขนส่งสินค้า) มีระยะทางต่ำที่สุด

$$\text{Min } Z_3^* = \sum_{i=1}^M Y_i (W_i T_i + W_p P_i) \quad (3)$$

การวิเคราะห์แต่ละวัตถุประสงค์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เดียวด้วยการหาคำตอบของต้นทุนรวมของทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ต้นทุนของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1

$$\text{Min } SZ_1^* = \left\{ \begin{array}{l} [O_k + O_i (\sum_{i=1}^M Y_i)] \\ + \left[\left(\sum_{i=1}^M X_{ij} D_{ij} \right) \frac{S_{ki} EL}{C_{ki}} \right] \\ + \left[\left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^J X_{ij} D_{ij} S_{ij} \right) \frac{EL}{C_{ij}} \right] \end{array} \right\} \quad (4)$$

ต้นทุนของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2

$$\text{Min } SZ_2^* = \sum_{i=1}^M \left[(EDC) \times \frac{f_i Y_i}{\max f} \right] \quad (5)$$

ต้นทุนของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 3

$$\text{Min } SZ_3^* = (T_i + P_i) Y_i \left(\sum_{j=1}^M X_{ij} D_{ij} \right) \frac{EL}{C_{kj}} \quad (6)$$

3.2.3 เงื่อนไขบังคับ

1) สมการที่กำหนดให้ศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือกตอบสนองความต้องการของลูกค้าทุกราย

$$\sum_{i=1}^M X_{ij} = 1 \quad \text{สำหรับทุก } j \quad (7)$$

2) สมการที่กำหนดให้ศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าตามปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละราย

$$\sum_{i=1}^M X_{ij} D_{ij} = D_j \quad \text{สำหรับทุก } j \quad (8)$$

3) อสมการที่กำหนดว่า หากมีการเปิดดำเนินการศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคทางเลือกใดๆ จำนวนลูกค้าที่ศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคนั้นจัดส่งจะมีจำนวนไม่เกินจำนวนลูกค้าที่มีทั้งหมด

$$\sum_{j=1}^M X_{ij} \leq M Y_i \quad \text{สำหรับทุก } j \text{ เมื่อ } M \text{ เท่ากับ } 13 \quad (9)$$

4) สมการที่กำหนดให้ผลรวมของสินค้าที่ลูกค้าทั้งหมดถูกจัดส่ง เท่ากับปริมาณความต้องการของลูกค้าทั้งหมด

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^J X_{ij} D_{ij} = \sum_{j=1}^M D_j \quad (10)$$

5) อสมการที่กำหนดให้ผลรวมของปริมาณสินค้าทั้งหมดที่ศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคจัดส่ง มีปริมาณไม่ต่ำกว่า 50 ตัน

$$\sum_{j=1}^M X_{ij} D_{ij} \geq Q Y_i \quad \text{สำหรับทุก } j \quad (11)$$

6) สมการที่กำหนดให้ระยะทางที่ศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคจัดส่งให้ลูกค้า จะต้องมียุทธศาสตร์ไม่เกินรัศมีบริการที่กำหนด

$$X_{ij}S_{ij} = V \quad \text{สำหรับทุก } i \text{ และ } j \quad (12)$$

7) สมการที่กำหนดให้การวางแผนจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคใหม่ มีต้นทุนไม่สูงกว่าการจัดส่งด้วยศูนย์กระจายสินค้ากลางเพียงแห่งเดียว

$$Z_i \geq 0 \quad (13)$$

8) สมการที่กำหนดให้ตัวแปรเป็น 0 หรือ 1

$$X_{ij}, Y_i \in \{0,1\} \quad \text{สำหรับทุก } i \text{ และ } j \quad (14)$$

3.2.4 การหาคำตอบของฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์และต้นทุนรวมของทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์

การหาคำตอบของฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์

1) สมการแสดงการหาคำตอบของฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์

$$\text{Min } \mu = \alpha d_1^+ + \beta d_2^+ + \gamma d_3^+ \quad (15)$$

โดยมีข้อจำกัดตั้งสมการข้อจำกัด (7) – (14) และข้อจำกัดเพิ่มเติมดังนี้

2) ผลรวมของสัดส่วนระหว่างค่าที่ได้จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 และค่าในอุดมคติของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 และตัวแปรค่าเบี่ยงเบนด้านลบและด้านบวกของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 มีค่าเป็น 1

$$\frac{Z_1}{Z_1^*} + (d_1^- - d_1^+) = 1 \quad (16)$$

3) ผลรวมของสัดส่วนระหว่างค่าที่ได้จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2 และค่าในอุดมคติของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2 และตัวแปรค่าเบี่ยงเบนด้านลบและด้านบวกของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2 มีค่าเป็น 1

$$\frac{Z_2}{Z_2^*} + (d_2^- - d_2^+) = 1 \quad (17)$$

4) ผลรวมของสัดส่วนระหว่างค่าที่ได้จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 3 และค่าในอุดมคติของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 3 และตัวแปรค่าเบี่ยงเบนด้านลบและด้านบวกของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 3 มีค่าเป็น 1

$$\frac{Z_3}{Z_3^*} + (d_3^- - d_3^+) = 1 \quad (18)$$

5) สมการที่กำหนดให้ตัวแปรค่าเบี่ยงเบนด้านลบและด้านบวกของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 – 3 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

$$d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+ \geq 0 \quad (19)$$

การหาต้นทุนรวมของทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์

1) สมการหาคำตอบของต้นทุนรวมของทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยมีข้อจำกัดตั้งหัวข้อสมการข้อจำกัดที่สมการ (7) – (14)

$$\text{Min Total Cost (TC)} = \left\{ \begin{aligned} & [O_k + O_i (\sum_{i=1}^M Y_i)] \\ & + \left[\left(\sum_{i=1}^M X_{ij} D_{ij} \right) \frac{S_{ki} EL}{C_{ki}} \right] \\ & + \left[\left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^J X_{ij} D_{ij} S_{ij} \right) \frac{EL}{C_{ij}} \right] \\ & + \sum_{i=1}^M \left[(EDC) \times \frac{f_i Y_i}{\max f} \right] \\ & + (T_i + P_i) Y_i \left(\sum_{j=1}^M X_{ij} D_{ij} \right) \frac{EL}{C_{kj}} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

4. สรุปผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์

ในการหาคำตอบของฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธีการโปรแกรมเป้าหมายนั้น จะต้องทำการหาค่าในอุดมคติของฟังก์ชันแต่ละวัตถุประสงค์ก่อนจึงนำมาใช้วิเคราะห์หาคำตอบ ผลการหาคำตอบด้วยวิธีการวิเคราะห์สถานการณ์จำลองแบบฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Optimization) พบว่าจากการจำลองให้น้ำหนักความสำคัญของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.6 0.2 และ 0.2 ตามลำดับ ทำให้ได้ผลการหาคำตอบของฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่ถูกเลือกให้จัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าคือพื้นที่ในจังหวัดชลบุรี นครราชสีมา สุราษฎร์ธานี และลำปาง โดยการเลือกพื้นที่ดังกล่าวทำให้มีต้นทุนของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้าและต้นทุนการขนส่งที่ลดลงจากการกระจายสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าส่วนกลางเพียงแห่งเดียวเท่ากับ 5,377,415 บาท (มีค่าเท่ากับค่าในอุดมคติของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1) หรือมีต้นทุนเท่ากับ 7,044,127 บาท (เท่ากับค่าในอุดมคติ) มีความเสี่ยงของการเกิดอุทกภัยรวมอยู่ในระดับ 6 (ซึ่งมีระดับความเสี่ยงด้านอุทกภัยสูงชันจากค่าในอุดมคติของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2 ถึง 4 ระดับ) หรือมีมูลค่าความเสียหายจากความเสี่ยงด้านอุทกภัยเท่ากับ 1,569,264 บาท (จากค่าในอุดมคติเท่ากับ 523,088 บาท) มีระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาคถึงสถานีการขนส่งทางรถไฟและทางอากาศเฉลี่ยโดยน้ำหนักเท่ากับ 3.50

กิโลเมตร (มีระยะทางมากขึ้นจากค่าในอุดมคติของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 3 เท่ากับ 1.5 กิโลเมตร) หรือคิดเป็นต้นทุนในการขนส่งเท่ากับ 12,339 บาท (จากค่าในอุดมคติเท่ากับ 11,668 บาท) และเมื่อทำการทดลองเปลี่ยนการให้น้ำหนักความสำคัญของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.2 0.6 และ 0.2 ตามลำดับ และการเปลี่ยนน้ำหนักของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.2 0.2 และ 0.6 ตามลำดับ พบว่าการให้น้ำหนักทั้งสองรูปแบบทำให้มีคำตอบที่เหมือนกัน โดยกำหนดให้เลือกพื้นที่ในจังหวัดนครราชสีมา สุราษฎร์ธานี และลำปาง ในการตั้งศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาค การเลือกพื้นที่ดังกล่าวทำให้มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการศูนย์กระจายสินค้าและต้นทุนการขนส่งที่ลดลงจากการกระจายสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าส่วนกลางเพียงแห่งเดียวลดลงจากค่าในอุดมคติเป็น 2,848,765 บาท หรือมีต้นทุนเท่ากับ 9,572,777 บาท มีระดับความเสี่ยงด้านอุทกภัยเท่ากับ 4 หรือคิดเป็นมูลค่าความเสียหายจากความเสี่ยงด้านอุทกภัยเท่ากับ 1,046,716 บาท และมีระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาคถึงสถานีการขนส่งทางรถไฟและทางอากาศเฉลี่ยโดยมีการให้น้ำหนักเท่ากับ 2.7 กิโลเมตร หรือคิดเป็นต้นทุนการขนส่งเท่ากับ 12,889 บาท

4.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยต้นทุนรวมของทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์

จากการหาคำตอบของต้นทุนรวมของทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Total Cost) พบว่าโปรแกรมทำการเลือกพื้นที่จังหวัดชลบุรี นครราชสีมา สุราษฎร์ธานี และลำปาง เป็นพื้นที่สำหรับตั้งศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาค เนื่องจากจะทำให้มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดคือ 8,625,730 บาท โดยแบ่งเป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้าและต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนมูลค่าความเสียหายจากความเสี่ยงด้านอุทกภัย และต้นทุนการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาคเท่ากับ 7,044,127 บาท 1,569,264 บาท และ 12,339 บาท ตามลำดับ

4.3 ผลการทดสอบแบบจำลอง

สำหรับการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการวิเคราะห์แบบฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ และการ

วิเคราะห์ต้นทุนรวม (สามารถศึกษารายละเอียดผลการทดลองได้ที่ที่อยู่ออนไลน์นี้ <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1d06lKuV2hG7S9NfCvt3dxC3O18Xfpo0zYXYjKRQ5hr4/edit#gid=0>) โดยการแปรค่าตัวแปรที่ทราบค่าด้านน้ำหนักของแต่ละฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการขนส่ง ความเสี่ยงอุทกภัย และระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าทางเลือกถึงสถานีการขนส่งรถไฟและทางอากาศ พบว่าการเปลี่ยนแปลงการถ่วงน้ำหนักของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้คำตอบของการตัดสินใจด้วยฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์มีการเปลี่ยนแปลงตามการให้น้ำหนักความสำคัญและค่าของผลรวมของสัดส่วนระหว่างผลต่างของคำตอบที่ได้จากการวิเคราะห์และคำตอบในอุดมคติของแต่ละฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สำหรับการแปรค่าทางต้นทุน ความเสี่ยงด้านอุทกภัย และระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าทางเลือกถึงสถานีการขนส่งรถไฟและทางอากาศ พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานของการสร้างแบบจำลอง คือเมื่อมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาคและอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น การมีมูลค่าความเสียหายจากอุทกภัยมากขึ้น การมีความถี่การเกิดอุทกภัยเพิ่มขึ้น ทำให้โปรแกรมวิเคราะห์เลือกจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคให้มีจำนวนน้อยลง ในขณะที่เมื่อมีต้นทุนในการขนส่งสูงขึ้น มูลค่าความเสียหายจากอุทกภัยหรือความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยน้อยลง ทำให้โปรแกรมวิเคราะห์เลือกจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าจำนวนมากขึ้น เพื่อลดระยะทางการขนส่งระหว่างศูนย์กระจายสินค้าภูมิภาคถึงลูกค้า นอกจากนี้การเปลี่ยนค่าตัวแปรของแต่ละพื้นที่ทางเลือกสำหรับจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาคยังเป็นไปตามสมมติฐานโดย หากมีการปรับเพิ่ม-ลดระดับของความเสี่ยงหรือระยะทางระหว่างพื้นที่ดังกล่าวจนถึงสถานีขนส่ง ทำให้โปรแกรมทำการปรับเปลี่ยนการเลือกคำตอบใหม่ที่สมเหตุสมผลทั้งสองรูปแบบของการวิเคราะห์

5. สรุปผลการวิจัย

ภายใต้ข้อมูลและเงื่อนไขของสถานการณ์จำลองนี้ จากการวิเคราะห์ด้วยการหาค่าต้นทุนต่ำสุด พบว่าควรเลือก

ตารางที่ 1 สรุปผลลัพธ์โดยรวมของคำตอบจากการวิเคราะห์แบบฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์และการหาต้นทุนรวมของทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คำตอบ	Maximize Z_1^*	Minimize Z_2^*	Minimize Z_3^*	Minimize Multi-Obj 0.6/0.2/0.2 0.2/0.6/0.2 0.2/0.2/0.6			Minimize SZ_1^*	Minimize SZ_2^*	Minimize SZ_3^*	Minimize Total Cost
Z_1	5,377,415	1,788,665	2,337,265	5,377,415 2,848,765 2,848,765			5,377,415	1,788,665	3,635,180	5,377,415
Z_2	6	2	7	6	4	4	6	2	9	6
Z_3	3.50	66.30	2.00	3.50	2.7	2.7	3.5	66.3	3.3	3.5
μ	-	-	-	0.48	0.71	0.34	-	-	-	-
SZ_1	7,044,127	10,632,877	10,084,277	7,044,127 9,572,777 9,572,777			7,044,127	10,632,877	11,151,926	7,044,127
SZ_2	1,569,264	523,088	1,830,808	1,569,264 1,046,716 1,046,716			1,569,264	523,088	2,353,896	1,569,264
SZ_3	12,339	271,526	12,229	12,339 12,889 12,889			12,339	12,339	11,668	12,339
Total Cost	8,625,730	11,427,491	11,927,314	8,625,730 10,631,842 10,631,842			8,625,730	11,168,304	11,927,314	8,625,730
ปราจีนบุรี	ชลบุรี	ประจวบคีรีขันธ์	นครราชสีมา	ชลบุรี	นครราชสีมา	นครราชสีมา	ชลบุรี	ประจวบคีรีขันธ์	ชลบุรี	ชลบุรี
ระยอง										
ฉะเชิงเทรา										
จันทบุรี										
ชัยภูมิ	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	นครราชสีมา	ชลบุรี	นครราชสีมา
นครราชสีมา										
อุบลราชธานี										
ปัตตานี										
นครศรีธรรมราช	สุราษฎร์ธานี	ระนอง	สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี	ระนอง	สุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี
ภูเก็ต										
เชียงใหม่										
ลำปาง										
น่าน	ลำปาง	ลำปาง	พิษณุโลก	ลำปาง	ลำปาง	ลำปาง	ลำปาง	ลำปาง	พิษณุโลก	ลำปาง

พื้นที่จังหวัดชลบุรี นครราชสีมา สุราษฎร์ธานี และลำปาง เพื่อเป็นที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาคเพิ่มขึ้นเนื่องจากส่งผลให้ต้นทุนในวัตถุประสงค์ที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับวัตถุประสงค์อื่น มีค่าต่ำที่สุด สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ วิเคราะห์ด้วยวิธีฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ส่งผลให้ได้คำตอบของพื้นที่ทางเลือกที่แตกต่างจากการให้น้ำหนักความสำคัญของฟังก์ชันแต่ละวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน โดยการจำลองกำหนดให้น้ำหนักของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.6 0.2 และ 0.2 ตามลำดับพบว่าได้คำตอบเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ด้วยการหาค่าต้นทุนต่ำที่สุดเนื่องจากการให้น้ำหนักความสำคัญในวัตถุประสงค์ที่ 1 มากที่สุด และการให้น้ำหนักของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.2 0.6 และ 0.2 และการให้น้ำหนัก 0.2 0.2 และ 0.6 ตามลำดับ ทำให้ได้คำตอบเช่นเดียวกันคือการเลือกพื้นที่ในจังหวัดนครราชสีมา สุราษฎร์ธานี และลำปาง เป็นที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าส่วนภูมิภาค และจากการวิเคราะห์ การคำนวณจากความแตกต่างของสัดส่วนที่มีปริมาณมาก-น้อยของชุดตัวเลขที่แตกต่างจากการเลือกพื้นที่ ทำให้เมื่อสัดส่วนหรือคำตอบของการเลือกพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้โปรแกรมมีการตัดสินใจที่แตกต่างกัน ทั้งนี้การวิเคราะห์ฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ทำให้สามารถวิเคราะห์ฟังก์ชันแต่ละวัตถุประสงค์ที่มีหน่วยหรือขนาดที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่ต่างกันได้

สำหรับการวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต ควรมีการอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานของรัฐหรือองค์กรที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลและใช้ข้อมูลจริงในการวิเคราะห์เพื่อแสดงผลของงานวิจัยได้เด่นชัดมากขึ้น นอกจากนี้ควรมีการศึกษาวิเคราะห์โอกาสหรือแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านรูปแบบการขนส่งของประเทศไทย ที่อาจส่งผลต่อการปรับแผนในการกระจายสินค้าขององค์กรหรืออุตสาหกรรมในประเทศไทยในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.(1 พฤษภาคม 2560). รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี 2558, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.nesdb.go.th>
- [2] เนตรปรียา ชุมไชโย. (22 พฤศจิกายน 2558). การพัฒนาโลจิสติกส์เพื่อรองรับการเข้าสู่ประชาคมอาเซียน, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.moi.go.th/>
- [3] S. Chopra, “Designing the distribution network in a supply chain”, *Transportation Research Part E*, Vol. 39, pp.123–140, 2003.
- [4] อรพินท์ จีระวิสสุกุล, การประยุกต์ใช้ AHP ในการประเมินผลการดำเนินงานผู้ให้บริการขนส่ง, การค้นคว้าอิสระ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2549.
- [5] E. Ada, Y. Kazancoglu, and G. Ozkan, “The Plant Location Problem by an Expanded Linear Programming Model”, *The 7 th Balkan Conference on Operational Research “BACOR 05” Constanta.*, Romania, 2005.
- [6] H. Afshari, M. Sharafi, T. ElMekkawy. and Q. Peng, “Optimizing multi-objective dynamic facility location decisions within green distribution network design”, *Procedia CIRP.*, Vol.17, pp.675-679, 2014.
- [7] K. J. Nurjani, M. S. Carvalho, A. A. F. Lino, and Fauzun, “Green Supply Chain Design with Multi-objective Optimization”, *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.*, pp. 488-497, 2014.
- [8] สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. (22 พฤศจิกายน 2558). ประเทศไทยในสถานการณ์ภัยธรรมชาติพิบัติ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.hiso.or.th/hiso/picture/reportHealth/ThaiHealth2013/thai2013_15.pdf
- [9] ไทยพับลิก้าออนไลน์.(10 มกราคม 2559). อ่านวิกฤตอุทกภัยผ่านตัวเลขน้ำท่วม ปี 2554 ทับสถิติเสียหายสูงสุด , [ระบบออนไลน์] , แหล่งที่มา : thaipublica.org/2011/10/flood-10-year-status
- [10] C. Daofang, Z. Jinfeng and L. Danping, “Cold Chain Logistics Distribution Network Planning Subjected to Cost Constraints”, *International Journal of Advanced Science and Technology.*, Vol.75, pp. 1- 10, 2015.