

การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าประเภทเครื่องดื่มโดยใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์โดยพิจารณาต้นทุนโลจิสติกส์การขนส่ง

พรพิมล ชัยวุฒิศักดิ์*

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 คลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

รับบทความ 24 มีนาคม 2565 แก้ไขบทความ 16 กุมภาพันธ์ 2566 ตอรับบทความ 1 มีนาคม 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าประเภทเครื่องดื่มที่มีต้นทุนรวมของการขนส่งสินค้าต่ำที่สุด โดยอาศัยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาอำเภอเมืองของทั้ง 76 จังหวัด ไม่รวมจังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงาน ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งสถานการณ์ออกเป็น 2 สถานการณ์ ได้แก่ 1) เมื่อกำหนดให้มีศูนย์กระจายสินค้าได้เพียงหนึ่งแห่ง 2) เมื่อกำหนดให้มีศูนย์กระจายสินค้า 4 แห่งตามการจัดแบ่งพื้นที่เป็น 4 ภูมิภาค โดยกำหนดให้หนึ่งภูมิภาคมีศูนย์กระจายสินค้าหนึ่งแห่ง ผู้วิจัยใช้การประมวลผลด้วยโปรแกรม IBM ILOG CPLEX Optimization Studio ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 มีต้นทุนการขนส่งรวม 786,107.75 บาท/เดือน และมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 6 ปี 9 เดือน 1 วัน โดยมีจังหวัดอยุธยาเป็นจังหวัดที่เหมาะสมที่สุดในการตั้งศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งผลเฉลยที่ได้จากตัวแบบสอดคล้องกับความคิดเห็นของผู้บริหารของบริษัท สถานการณ์ที่ 2 มีต้นทุนการขนส่งรวม 401,499.61 บาท/เดือน และมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 8 ปี 2 เดือน 6 วัน โดยมีผลเฉลยการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าจำแนกตามภูมิภาคดังนี้ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดร้อยเอ็ด และจังหวัดพังงา สำหรับภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ ภาคใต้ ตามลำดับ

คำสำคัญ : ศูนย์กระจายสินค้า; ตัวแบบทางคณิตศาสตร์; ต้นทุนรวมของการขนส่ง; จุดคุ้มทุน; โปรแกรมซีเพล็กซ์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +660 2329 8400, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: pornpimol.ch@kmitl.ac.th

Location Selection of Beverage Distribution Center Using a Mathematical Modeling Considering Transportation Logistic Costs

Pornpimol Chaiwuttisak*

Department of Statistics, School of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
1 Chalong Krung 1 Alley, Lat Krabang, Bangkok, 10520

Received 24 March 2022; Revised 16 February 2023; Accepted 1 March 2023

Abstract

This research aims to select the location of the beverage distribution center with the lowest total cost of transportation using a mathematical model by considering the Muang districts of all 76 provinces, excluding Chachoengsao Province, where the factory is located. In the present study, two scenarios were divided: 1) when only one distribution center was required; 2) when four distributions, according to four regions, were required. The results processed by IBM ILOG CPLEX Optimization Studio have shown that Scenario 1, the total transportation cost is 786,107.75 baht/month and the break-even point is 6 years 9 months 1 day. Ayutthaya is the optimal province to set up a distribution center. The solution obtained from the model is consistent with the opinions of the executives of the company, Scenario 2, the total transportation cost is 401,499.61 baht/month and the break-even point is 8 years 2 months 6 days. The results of the establishment of distribution centers classified by regions are as follows. Phra Nakhon Si Ayutthaya Province, Uttaradit Province, Roi Et Province and Phang Nga Province for the central, northern, northeastern, and southern regions respectively.

Keywords : Distribution Center; Mathematical Model; Total Transportation Costs; Break-Even Point; CPLEX Program

* Corresponding Author. Tel.: +660 2329 8400, E-mail Address: pornpimol.ch@kmitl.ac.th

1. บทนำ

ต้นทุนการขนส่งสินค้าเป็นองค์ประกอบใหญ่ที่สุดของโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 49.7 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวม ในปี พ.ศ. 2562 และข้อมูลในปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2561 รายงานว่าสัดส่วนต้นทุนการขนส่งสินค้าสูงเกินครึ่งของต้นทุนโลจิสติกส์รวม สัดส่วนรองลงมาที่มีค่าใกล้เคียงกับต้นทุนการขนส่งสินค้าคือสัดส่วนต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และสุดท้ายคือต้นทุนการบริหารจัดการ [1] ดังนั้นจากสัดส่วนที่กล่าวมาในข้างต้นแสดงให้เห็นว่าควรให้ความสำคัญกับการวางแผนการขนส่งสินค้าเป็นอันดับแรก กล่าวคือ ถ้าหากผู้ประกอบการสามารถลดต้นทุนในการขนส่งสินค้าลงได้ จะทำให้สามารถลดต้นทุนโลจิสติกส์รวมได้เช่นกัน การสร้างโครงข่ายการขนส่งเป็นหนึ่งในวิธีการที่ช่วยลดต้นทุนในการขนส่งและเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งด้วย ซึ่งประกอบไปด้วยหลายวิธีการ ทั้งนี้การสร้างศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center: DC) เป็นหนึ่งในวิธีการสร้างโครงข่ายการขนส่งเพื่อเป็นแนวทางบริหารจัดการการขนส่งสินค้าในอนาคต อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนในการขนส่งสินค้าอีกด้วย

การเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรม โกดังหรือคลังสินค้าย่อมมีบทบาทสำคัญในการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ที่มีผลต่อความสำเร็จขององค์การธุรกิจ หากเลือกทำเลที่ไม่เหมาะสมจะมีผลกระทบอื่น ๆ ตามมาได้แก่ ค่าใช้จ่ายและระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งมากหากอยู่ห่างไกลแหล่งวัตถุดิบ การเลือกที่ดินในเขตเมืองเป็นทำเลจะมีราคาสูงและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่ตามมาก็จะสูงตามไปด้วย นอกจากนี้อาจขาดแคลนแรงงานที่มีคุณภาพ ขาดแคลนวัตถุดิบ รวมไปถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อองค์การธุรกิจ โดย A. Leenatham และ P. Khemavuk [2] ได้ศึกษาเรื่องการเลือกตำแหน่งที่ตั้งคลังสินค้าโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา โรงงานผลิตเบียร์ เพื่อหาศูนย์กระจายสินค้าของเบียร์ที่เหมาะสมในภาคใต้ โดย

พิจารณาที่ต้นทุนการขนส่งจากโรงงานผลิตไปยังลูกค้าต่ำที่สุด โดยใช้อำเภอเมืองของทั้ง 14 จังหวัดในเขตพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยเป็นตัวแปรตัดสินใจประมวลผลด้วย Excel Solver ผลวิจัยสรุปว่า ควรตั้งคลังสินค้าที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีค่าขนส่งสุทธิก่อนทำการวิจัย 241,687,361 บาท และค่าขนส่งสุทธิหลังการศึกษาวิจัย 167,489,011 บาท ค่าขนส่งลดลงคิดเป็นร้อยละ 30.70

W. Atthirawong และ S. Ponglangka [3] ศึกษาเรื่องการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า กรณีศึกษา บริษัท ไปรษณีย์ไทยดิสทริบิวชัน จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อหาจังหวัดในประเทศไทยที่เหมาะสมสำหรับตั้งคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้ากลุ่มยาและเวชภัณฑ์ไปยังลูกค้าปลายทางเพื่อให้ต้นทุนการขนส่งโดยรวมมีค่าต่ำที่สุด โดยใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม LINGO ผลการวิจัยพบว่ามีต้นทุนโดยรวมต่ำกว่าการดำเนินงานในปัจจุบัน เท่ากับ 1,343,170 บาท ต่อเดือน หรือลดลงร้อยละ 6.10 โดยตัวแบบที่เหมาะสมนั้นประกอบไปด้วยการตั้งคลังสินค้า 1 แห่งที่จังหวัดสมุทรปราการ และศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 12 แห่งใน 12 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดลำพูน พิชญโลก นครราชสีมา อุดรธานี สุราษฎร์ธานี สงขลา อยุธยา เพชรบูรณ์ มหาสารคาม สกลนคร และศรีสะเกษ เพื่อกระจายสินค้าไปยังลูกค้าในจังหวัดใกล้เคียง

S. Limpanawanich [4] ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าสำหรับเขตพื้นที่ภาคใต้ กรณีศึกษา บริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อหาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าแห่งใหม่สำหรับรองรับความต้องการของลูกค้าที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น รวมถึงศึกษาด้านต้นทุนการจัดการและการขนส่งที่ต่ำที่สุดและระบุขอบเขตรับผิดชอบของศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งว่าควรรับผิดชอบจังหวัดใดบ้าง โดยได้ทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับหาศูนย์กระจาย

สินค้าที่ดีที่สุด และใช้ Excel Solver ในการประมวลผลข้อมูล จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ศูนย์กระจายสินค้าที่ได้รับเลือกมี 2 แห่ง ได้แก่ จังหวัดสงขลา (อำเภอหาดใหญ่) ซึ่งเป็นจังหวัดที่เป็นศูนย์กระจายสินค้าเดิม โดยต้องกระจายสินค้าไปทั้งหมด 9 จังหวัด ได้แก่ นครศรีธรรมราช ชุมพร กระบี่ พังงา ภูเก็ต ตรัง บัตตานีสตูล และ สงขลา และอีกหนึ่งแห่งคือ จังหวัด พัทลุง โดยต้องกระจายสินค้าไปทั้งหมด 3 จังหวัด ได้แก่ สุราษฎร์ธานี ระนอง และ พัทลุง โดยมีต้นทุนทั้งหมดแล้ว มีมูลค่ารวมเท่ากับ 1,486,235 บาท/เดือน อีกหนึ่งกรณีหากยังดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ โดยใช้ศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดสงขลา (อำเภอหาดใหญ่) และก่อสร้างศูนย์กระจายสินค้าเพิ่มอีกหนึ่งแห่งในจังหวัดนี้จะมีต้นทุนรวมอยู่ที่ 1,509,173 บาท/เดือน ดังนั้นต้นทุนรวมของการตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่จังหวัดสงขลา (อำเภอหาดใหญ่) และจังหวัดพัทลุง มีต้นทุนรวมที่ต่ำกว่าอยู่ 22,938 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 1.54

Meskarian et al. [5] ได้ทำการศึกษาเรื่องปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งคลินิกสำหรับบริการด้านสุขภาพในมณฑลแฮมป์เชอร์ ประเทศอังกฤษ โดยทำการวิเคราะห์ทั้งความต้องการของผู้ป่วยในปัจจุบันและที่คาดการณ์ไว้ ซึ่งจะระบุจำนวนที่ตั้งคลินิกที่ต้องการและตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่เหมาะสม เพื่อลดระยะเวลาในการเดินทางของผู้ป่วยและเพิ่มโอกาสในการได้รับบริการสูงสุด โดยการตรวจสอบอัลกอริทึมอย่างง่าย และการวิเคราะห์เมตาฮีริสติกส์ โดยแบ่งเป็น 2 สถานการณ์ คือ หาที่ตั้งคลินิกในพื้นที่ตั้งปัจจุบัน และพื้นที่ที่ใด ๆ ภายในมณฑลแฮมป์เชอร์ ซึ่งพิจารณาเวลาที่ใช้ในการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลและระบบขนส่งสาธารณะ และ ผลการวิจัยพบว่าสถานที่ตั้งคลินิกสามารถลดลงจาก 28 เป็น 20 แห่ง โดยที่ 90% ของผู้ป่วยสามารถเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะไปยังคลินิกภายใน 30 นาที และผู้ป่วยเดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคลใช้เวลาไม่เกิน 15 นาที

ทั้งนี้บริษัทกรณีศึกษามีแนวคิดที่จะหาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาเป็นผู้ผลิตเครื่องดื่มหลายประเภทที่มีความเชี่ยวชาญในผลิตภัณฑ์ไวน์จากผลไม้ ด้วยการปลูกรองการผลผลิตผลิตภัณฑ์ไวน์ผลไม้ 60 ล้านลิตรทุกปี ปัจจุบันมีโรงงานจำนวนหนึ่งแห่งตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา เนื่องจากมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจทำให้ความต้องการในกลุ่มธุรกิจไวน์จากผลไม้เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งบริษัทได้มองหาแนวทางในการเพิ่มขีดความสามารถของการให้บริการที่ครอบคลุมและครบวงจรมากขึ้น ยกกระดับความสามารถด้านการจัดเก็บและการกระจายสินค้าให้กับลูกค้าได้อย่างทันเวลาและมีประสิทธิภาพ ซึ่งมุ่งเน้นกลุ่มลูกค้าการตลาดแบบดั้งเดิม (Traditional Trade) ได้แก่ ตัวแทนจำหน่ายในแต่ละจังหวัด โดยใช้บริการจากภายนอกองค์กร (Outsource) ในการขนส่งสินค้าจากโรงงานเต็มคันรถตรงไปให้ลูกค้าแต่ละราย (Full Truck Load: FTL)

อย่างไรก็ตามการเลือกทำเลที่ตั้งสถานที่สำหรับประกอบธุรกิจให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้ประกอบการต้องคำนึงถึงยอดขายที่คาดว่าจะได้รับ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง พนักงาน รวมทั้งเวลา ลักษณะและสภาพของเส้นทาง การจราจร ตลอดจนความสัมพันธ์กับลูกค้า [6] โดยจะพิจารณาลักษณะที่ดีของแต่ละทำเลนำมาประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้ ซึ่งส่งผลทำให้ธุรกิจประสบความสำเร็จได้ รวมทั้งปัจจุบันได้มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไมโครคอมพิวเตอร์มากขึ้น ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลทำได้ง่าย สะดวก ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและประหยัดเวลา ทำให้การประมวลผลข้อมูลมีประสิทธิภาพมาก จึงมีผู้ผลิตโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาการเลือกตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดโดยอาศัยข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษาและพัฒนาตัวแบบทาง

คณิตศาสตร์และประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM ILOG CPLEX [7] โดยบริษัทสามารถนำผลการศึกษาวិจัยไปใช้เป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า หรือเป็นแนวทางในการปรับปรุง พัฒนาประสิทธิภาพในการดำเนินงานของบริษัทในอนาคต

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลลูกค้าของบริษัท ประวัติการสั่งซื้อสินค้า ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการสร้างศูนย์กระจายสินค้า ประกอบด้วยราคาที่ดิน ค่าก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้า ปริมาณความจุสูงสุด และค่าขนส่งโดยเฉลี่ยของรถขนส่งแต่ละประเภท การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์และประมวลผลด้วยโปรแกรม IBM ILOG CPLEX โดยผู้วิจัยได้แบ่งการประมวลผล ออกเป็น 2 กรณี ได้แก่

1) ข้อจำกัดของสมการวัตถุประสงค์มีการเปลี่ยนแปลง โดยพิจารณาจากข้อจำกัดจำนวนการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าแบ่งออกเป็น 2 ตัวแบบ ดังนี้

- ตัวแบบที่ 1 การประมวลผลด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เมื่อกำหนดให้มีศูนย์กระจายสินค้าได้เพียง 1 แห่ง

- ตัวแบบที่ 2 การประมวลผลด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เมื่อแบ่งเป็น 4 ภูมิภาค โดยกำหนดให้มีศูนย์กระจายสินค้าได้เพียง 1 แห่งในหนึ่งภูมิภาค (โดยที่ กำหนดให้ จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ตราด ปราจีนบุรี และระยอง รับสินค้าโดยตรงจากโรงงานในจังหวัด ฉะเชิงเทรา)

2) พารามิเตอร์มีการเปลี่ยนแปลง โดยพิจารณาจาก 4 พารามิเตอร์ได้แก่ 1) อุปสงค์โดยเฉลี่ยของลูกค้า 2) ค่าขนส่งโดยเฉลี่ยของรถแต่ละประเภทแยกตามจังหวัด

ลูกค้า 3) อัตราต้นทุนค่าขนส่ง และ 4) จำนวนลูกค้า โดยที่

พารามิเตอร์ที่ 1 แบ่งออกเป็น 4 สถานการณ์ ดังนี้

- สถานการณ์ที่ 1 ถ้าความต้องการสินค้าของลูกค้าเพิ่มขึ้น 10%
- สถานการณ์ที่ 2 ถ้าความต้องการสินค้าของลูกค้าเพิ่มขึ้น 15%
- สถานการณ์ที่ 3 ถ้าความต้องการสินค้าของลูกค้าลดลง 10%
- สถานการณ์ที่ 4 ถ้าความต้องการสินค้าของลูกค้าลดลง 15%

พารามิเตอร์ที่ 2 แบ่งออกเป็น 4 สถานการณ์ ดังนี้

- สถานการณ์ที่ 5 ถ้าค่าขนส่งสินค้าโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 5%
- สถานการณ์ที่ 6 ถ้าค่าขนส่งสินค้าโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 10%
- สถานการณ์ที่ 7 ถ้าค่าขนส่งสินค้าโดยเฉลี่ยลดลง 5%
- สถานการณ์ที่ 8 ถ้าค่าขนส่งสินค้าโดยเฉลี่ยลดลง 10%

พารามิเตอร์ที่ 3 คืออัตราต้นทุนค่าขนส่ง จะคำนวณการเพิ่มขึ้นของ อัตราค่าขนส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้า อัตราค่าขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า และ อัตราค่าขนส่งจากโรงงานไปยังลูกค้า โดยการเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วง 10% ถึง 100% เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์

พารามิเตอร์ที่ 4 คือการเพิ่มจำนวนโหนดลูกค้าจาก 37 จังหวัดเป็น 77 จังหวัด

2.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

บริษัทกรณีศึกษาใช้การตลาดแบบดั้งเดิม กล่าวคือไม่มีอินเทอร์เน็ตเข้ามาช่วยในการประชาสัมพันธ์ หรือเผยแพร่ข้อมูลต่าง ๆ และเป็นการ

ใช้ช่องทางออฟไลน์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในขณะนั้นเป็นการสื่อสารไปยังลูกค้า มีเพียงการบอกต่อกันของลูกค้าหรือตัวแทนจำหน่ายที่กระจายตามจังหวัดต่าง ๆ ในประเทศไทย ดังนั้นกลุ่มลูกค้านั้นจึงเป็นกลุ่มเดิม ข้อมูลที่นำมาใช้ในตัวแทนทางคณิตศาสตร์จะเป็นข้อมูลอุปสงค์เฉลี่ยของลูกค้าตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2562 ถึง เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2562 และคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Variability Coefficient: VC) เพื่อใช้ในการตรวจสอบความแปรปรวนของระดับความต้องการสินค้าของลูกค้า [8] ดังสมการที่ 1 – 3

$$\text{Variability Coefficient(VC)} = \frac{\text{Est.VarD}}{(\bar{d})^2} \quad (1)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n} (\sum d_t) \quad (2)$$

$$\text{Est.VarD} = \frac{1}{n} (\sum d_t^2) - (\bar{d})^2 \quad (3)$$

โดยที่

d_t	แทน	ปริมาณอุปสงค์ของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลา t
$\bar{d}$	แทน	ปริมาณอุปสงค์เฉลี่ยของลูกค้า
n	แทน	ช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา
Est.VarD	แทน	ความแปรปรวนของอุปสงค์ของลูกค้า

R. Peterson และ E. Silver [8] ได้กล่าวไว้ว่า ถ้าค่า $VC \leq 0.25$ แสดงว่า ความต้องการสินค้ามีความแน่นอนและคงที่ โดยผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสำหรับค่าอุปสงค์ในจังหวัดต่าง ๆ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.25 ทั้งหมด นั่นคือ ทุกจังหวัดมีความต้องการของสินค้าในปริมาณที่เท่า ๆ กันทุกเดือน ดังนั้นค่าอุปสงค์สินค้าเฉลี่ยของลูกค้าสามารถนำไปใช้ในตัวแทนทางคณิตศาสตร์ได้

ผู้วิจัยทำการพิจารณาดำเนินที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าทั้งสิ้น 76 จังหวัด ยกเว้นจังหวัดฉะเชิงเทราที่เป็นที่ตั้งของโรงงาน โดยจะพิจารณาจุดศูนย์กลางที่ตั้งของจังหวัดทุกจังหวัด จากรูปที่ 3 ผู้วิจัยได้แบ่งภูมิภาคประเทศไทยตามการแบ่งภาคของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย [9] ออกเป็น 4 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคกลาง (สีเขียว) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สีน้ำเงิน) ภาคเหนือ (สีแดง) และ ภาคใต้ (สีเหลือง) และจังหวัดในแต่ละภูมิภาค

บริษัทกรณีศึกษามีโรงงานอยู่ 1 แห่ง ตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีหน้าที่รับผิดชอบในการกระจายสินค้าไปยังลูกค้าที่กระจายอยู่จังหวัดต่าง ๆ ในประเทศไทย โดยการจ้างบริษัทภายนอก (Outsource) ในการขนส่งสินค้าในรูปแบบเต็มคันรถ (Full Truck Load: FTL) ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้าสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถบรรทุก 4 ล้อสามารถบรรทุกได้ 19,008 ลบ.ซม. รถบรรทุก 6 ล้อสามารถบรรทุกได้ 17,107,200 ลบ.ซม. และรถบรรทุก 10 ล้อสามารถบรรทุกได้ 39,916,800 ลบ.ซม. โดยกำหนดประเภทรถที่ใช้ในการขนส่งแต่ละจังหวัด ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนส่งเป็นค่าที่บริษัทขนส่งเสนอมาให้กับบริษัทกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้นำมาเฉลี่ยหาค่าขนส่งของรถแต่ละประเภท แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าขนส่งโดยเฉลี่ยของรถแต่ละประเภท (หน่วย: บาท/กิโลเมตร)

ประเภทรถ	ค่าขนส่งโดยเฉลี่ย (บาท/กิโลเมตร)
รถบรรทุก 4 ล้อ (4W)	18.96
รถบรรทุก 6 ล้อ (6W)	33.74
รถบรรทุก 10 ล้อ (10W)	49.79



รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า (ตำแหน่งสี่เหลี่ยม) และตำแหน่งโรงงาน (ตำแหน่งสีแดง)

บริษัทกรณีศึกษาที่มีความต้องการที่จะสร้างศูนย์กระจายสินค้าขนาด 5,000 ตารางเมตร โดยข้อมูลจากบัญชีราคามาตรฐานต่อหน่วย โรงเรือนสิ่งปลูกสร้างระบุว่าราคาก่อสร้างโกดังเก็บของที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,001 ตารางเมตรขึ้นไปมีราคา 8,000 บาท/ตารางเมตร ราคาดังกล่าวรวมทั้งค่าก่อสร้างและตกแต่ง ค่าวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ และคุณภาพฝีมือแรงงาน [10] ส่วนราคาที่ดินแบบรายจังหวัดใช้ราคาที่ดินของศูนย์กลางของจังหวัดเป็นตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า [11] ซึ่งมูลค่าที่ดินและค่าก่อสร้างแตกต่างกันในแต่ละจังหวัด

สำหรับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งให้เป็นค่าคงที่ที่เท่ากัน รายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายรายเดือนในการดำเนินการของศูนย์กระจายสินค้า

รายละเอียด	จำนวน	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย	ค่าใช้จ่ายรวมต่อเดือน
โอเพอเรเตอร์	4 ตำแหน่ง	500 บาท/วัน/คน	60,000
รถโฟล์คลิฟท์	4 คัน	20,000 บาท/เดือน/คัน	80,000
ค่าสาธารณูปโภค	-	40,000 บาท/เดือน	40,000
รวม			180,000

2.1.2 การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ตัวแบบการเลือกตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าด้วยต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด

เซต (Set)

I แทน ศูนย์กระจายสินค้า

$$; I = \{i | i = 1, 2, 3, \dots, 76\}$$

J แทน ลูกค้าแยกตามรายจังหวัด

$$; J = \{j | j = 1, 2, 3, \dots, 37\} \text{ และ}$$

$J = \{j | j = 1, 2, 3, \dots, 77\}$ กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ 4 กล่าวคือจำนวนลูกค้าเพิ่มจาก 37 เป็น 77 จังหวัด

พารามิเตอร์ (Parameter)

D_{0i} แทน ระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้า i

D_{0j} แทน ระยะทางจากโรงงานไปยังลูกค้า j

D_{ij} แทน ระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังลูกค้า j

S_i	แทน ค่าขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้า i (หน่วย: บาท/กิโลเมตร)
T_j	แทน ค่าขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า j (หน่วย: บาท/กิโลเมตร)
U_j	แทน ค่าขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังลูกค้า j (หน่วย: บาท/กิโลเมตร)
Q_j	แทน ปริมาณอุปสงค์สินค้าของลูกค้าแต่ละจังหวัด j
W_j	แทน ปริมาณความจุสูงสุดที่รถขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า j จะสามารถรับได้
MaxCapacity	แทน ปริมาณความจุสินค้าสูงสุดของศูนย์กระจายสินค้า

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

$X_i \in \{0,1\}; i \in I$ โดย $X_i = 1$ ถ้าเลือกตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ตำแหน่ง i มิฉะนั้น $X_i = 0$

$Y_{0j} \in \{0,1\}; j \in J$ โดย $Y_{0j} = 1$ ถ้าโรงงานส่งสินค้าไปยังลูกค้า j มิฉะนั้น $Y_{0j} = 0$

$Y_{ij} \in \{0,1\}; i \in I, j \in J$ โดย $Y_{ij} = 1$ ถ้าศูนย์กระจายสินค้าที่ตำแหน่ง i ทำการส่งสินค้าไปยังลูกค้าที่ตำแหน่ง j มิฉะนั้น $Y_{ij} = 0$

$F_j = \left\lceil \frac{Q_j}{w_j} \right\rceil; j \in J$ แทน จำนวนรอบในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังลูกค้า j

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{76} S_i D_{0i} X_i + \sum_{i=1}^{76} \sum_{j=1}^{77} T_j D_{ij} F_j Y_{ij} + \sum_{j=1}^{77} U_j D_{0j} Y_{0j} \quad (4)$$

ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^{76} X_i \geq 1 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{76} Y_{ij} + Y_{0j} = 1; \forall j \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{76} (Y_{0j} + Y_{ij}) F_j \geq \sum_{j=1}^{76} \frac{Q_j}{w_j}; \forall j \quad (7)$$

$$Y_{ij} \leq X_i; \forall i, \forall j \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{77} Q_j Y_{ij} \leq \text{MaxCapacity}; \forall i \quad (9)$$

$$X_i \in \{0,1\}; \forall i \quad (10)$$

$$Y_{0j} \in \{0,1\}; \forall j \quad (11)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\}; \forall i, \forall j \quad (12)$$

$$F_j = \left\lceil \frac{Q_j}{w_j} \right\rceil; \forall j \quad (13)$$

คำอธิบาย

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (4) เป็นการหาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมมีค่าต่ำสุด โดยพจน์ที่ 1 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้า พจน์ที่ 2 แทนต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า พจน์ที่ 3 แทนค่าขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังลูกค้า อสมการข้อจำกัด (5) เป็นการยืนยันว่าศูนย์กระจายสินค้าจะต้องเปิดอย่างน้อยหนึ่งแห่ง สมการข้อจำกัด (6) เป็นการยืนยันว่าลูกค้า j ทั้งหมดจะได้รับสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า i หรือโรงงานเพียงอย่างเดียวหนึ่ง อสมการข้อจำกัด (7) เป็นการคำนวณหาจำนวนเที่ยวรถขนส่งที่วิ่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า j อสมการข้อจำกัด (8) เป็นการยืนยันว่าลูกค้า j ได้รับสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า i ที่เปิดให้บริการ อสมการข้อจำกัด (9) เป็นการยืนยันว่าลูกค้า j ทั้งหมดที่ได้รับสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า i นั้นมีปริมาณความต้องการสินค้ารวมไม่เกิน ปริมาณความจุของศูนย์กระจายสินค้าสมการข้อจำกัด สมการข้อจำกัด (10) - (12) เป็นข้อจำกัดเชิงตัวเลขของตัวแปรตัดสินใจ สมการข้อจำกัด (13) เป็นการกำหนดจำนวนรอบในการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าในจังหวัดที่ j

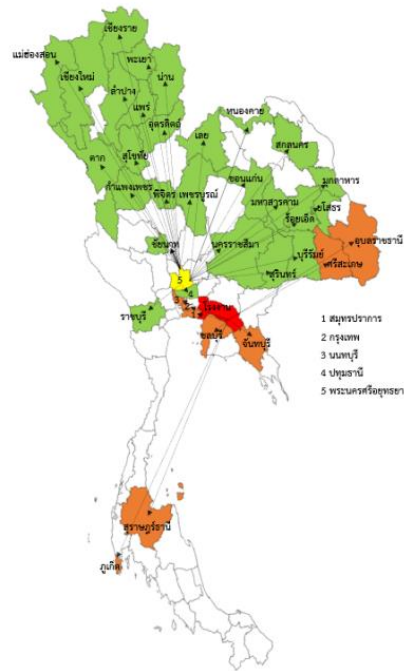
ข้อกำหนดเบื้องต้นของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ มีดังนี้

- 1) ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ หาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยรวมมีค่าต่ำสุด โดยที่ไม่ได้รวมค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ
- 2) ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ใช้ข้อมูลลูกค้าในปี พ.ศ. 2562 เป็นที่อยู่จังหวัดของลูกค้า ซึ่งมีอยู่ 37 จังหวัด
- 3) ข้อมูลที่ใช้ประมวลผลในตัวแบบ ผู้วิจัยได้กำหนดจุดที่ตั้งในอำเภอเมืองของแต่ละจังหวัดเป็นหลัก
- 4) ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นส่วนหนึ่งดัดแปลงมาจากปัญหาครอบคลุมความต้องการของลูกค้าทุกคนด้วยต้นทุนน้อยที่สุด (Set Covering Problem)

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เมื่อกำหนดให้มีศูนย์กระจายสินค้าได้เพียง 1 แห่ง

จากการประมวลผลตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับพิจารณาเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่มีต้นทุนการขนส่งต่ำสุด เมื่อกำหนดให้ทางเลือกที่เป็นไปได้เพียง 1 แห่งเท่านั้น โดยอาศัยโปรแกรม IBM ILOG CPLEX ในการระบุจังหวัดที่เหมาะสมในการสร้างศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาที่ทำให้ค่าขนส่งต่ำที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าจังหวัดที่เหมาะสมสำหรับตั้งศูนย์กระจายสินค้าคือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แสดงดังรูปที่ 2 โดยผลรวมของต้นทุนการขนส่งสินค้ารวมมีค่าเท่ากับ 786,107.75 บาทต่อเดือน ค่าดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 180,000 บาทต่อเดือน และต้นทุนการก่อสร้างศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 115,000,000 บาท



รูปที่ 2 ตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าจากการประมวลผลด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เมื่อกำหนดให้มีศูนย์กระจายสินค้าได้เพียง 1 แห่ง

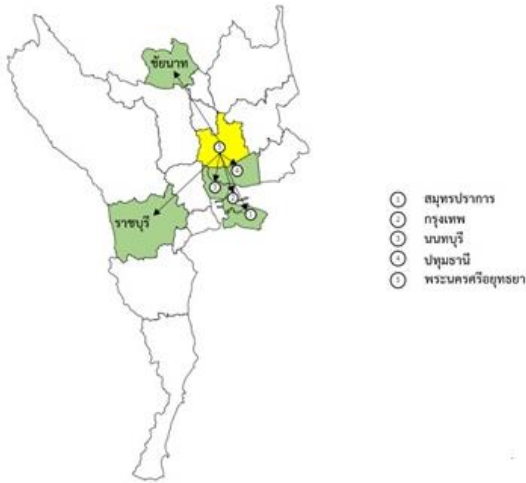
ในรูปที่ 2 พื้นที่สีเหลืองคือจังหวัดที่มีศูนย์กระจายสินค้า พื้นที่สีเขียวคือจังหวัดลูกค้าที่ได้รับสินค้าโดยขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้า พื้นที่สีแดงคือจังหวัดที่ตั้งโรงงาน และพื้นที่สีส้มคือจังหวัดที่ได้รับสินค้าโดยขนส่งจากโรงงานโดยตรง ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายโดยรวมในการขนส่งสินค้า เมื่อกำหนดให้จำนวนของศูนย์กระจายสินค้าเพิ่มขึ้นด้วยโปรแกรม CPLEX แสดงดังตารางที่ 3 โดยที่ค่าในตารางแสดงถึง ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนส่งของศูนย์กระจายสินค้านั้นหน่วยเป็น บาท/เดือน หากค่าในตารางคือ 0.00 จะหมายถึงศูนย์กระจายสินค้าแห่งนั้นส่งสินค้าเฉพาะในจังหวัดตนเองเท่านั้น จะเห็นว่า ค่าใช้จ่ายในการขนส่งลดลงเมื่อจำนวนศูนย์กระจายสินค้าเพิ่มมากขึ้น และ จังหวัดที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมจะเปลี่ยนแปลงตามจำนวนศูนย์กระจายสินค้า

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าเมื่อกำหนดจำนวนศูนย์กระจายสินค้า (DC) เท่ากับ 1 - 8

จังหวัดที่ตั้ง DC	#DC = 1	#DC = 2	#DC = 3	#DC = 4	#DC = 5	#DC = 6	#DC = 7	#DC = 8
พระนครศรีอยุธยา	539,705.79	-	-	-	8,304.48	8,304.48	8,304.48	0.00
อุดรดิต์	-	179,472.32	115,409.70	115,409.70	115,409.70	57,666.94	32,668.65	32,668.65
นนทบุรี	-	225,582.79	190,164.83	48,811.02	13,374.78	13,374.78	13,374.78	13,374.78
ร้อยเอ็ด	-	-	59,842.36	59,842.36	59,842.36	59,842.36	59,842.36	-
พังงา	-	-	-	27,135.55	27,135.55	27,135.55	27,135.55	27,135.55
พะเยา	-	-	-	-	-	27,592.64	27,592.64	27,592.64
พิจิตร	-	-	-	-	-	-	8,038.76	8,038.76
กาฬสินธุ์	-	-	-	-	-	-	-	22,948.20
สุรินทร์	-	-	-	-	-	-	-	23,872.00
จันทบุรี	-	-	-	-	-	-	-	-
สมุทรปราการ	-	-	-	-	-	-	-	-
ยโสธร	-	-	-	-	-	-	-	-
เลย	-	-	-	-	-	-	-	-
กรุงเทพฯ	-	-	-	-	-	-	-	-
ชลบุรี	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม	539,705.79	405,055.11	365,416.89	251,198.63	224,066.87	193,916.75	176,957.22	155,630.58

3.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เมื่อแบ่งเป็น 4 ภูมิภาค โดยกำหนดให้มีศูนย์กระจายสินค้าได้เพียง 1 แห่งในหนึ่งภูมิภาค

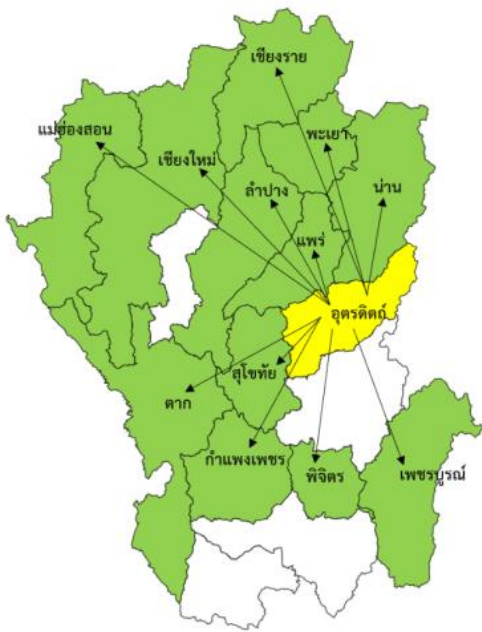
1) ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของภาคกลาง
ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าจังหวัดที่เหมาะสมสำหรับตั้งศูนย์กระจายสินค้าคือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แสดงดังรูปที่ 3 โดยผลรวมของต้นทุนการขนส่งสินค้ารวมมีค่าเท่ากับ 130,057.55 บาทต่อเดือน และค่าขนส่งจากบริษัทไปยังลูกค้า มีค่าเท่ากับ 12,618.16 บาทต่อเดือน ค่าดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 180,000 บาทต่อเดือน และต้นทุนการก่อสร้างศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 115,000,000 บาท โดยตารางที่ 6 แสดงการกระจายสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าในจังหวัดต่าง ๆ



รูปที่ 3 ตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภาคกลาง (พื้นที่สีเหลือง) และตำแหน่งลูกค้า (พื้นที่สีเขียว)

2) ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของภาคเหนือ

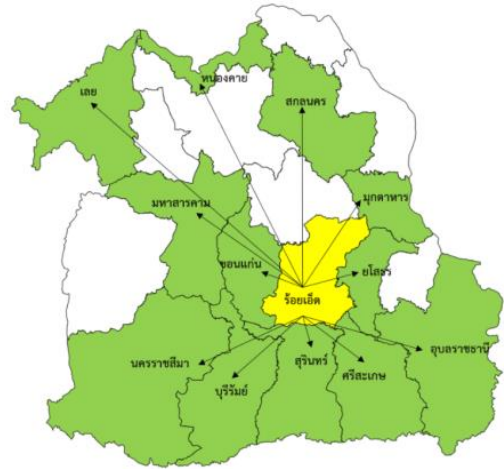
ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าจังหวัดที่เหมาะสมสำหรับตั้งศูนย์กระจายสินค้าคือ จังหวัดอุดรธานี แสดงดังรูปที่ 4 โดยผลรวมของต้นทุนการขนส่งสินค้ารวมมีค่าเท่ากับ 121,565.71 บาทต่อเดือน ค่าดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 180,000 บาทต่อเดือน และต้นทุนการก่อสร้างศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 115,000,000 บาท



รูปที่ 4 ตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภาคเหนือ (พื้นที่สีเหลือง) และตำแหน่งลูกค้า (พื้นที่สีเขียว)

1) ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าจังหวัดที่เหมาะสมสำหรับตั้งศูนย์กระจายสินค้าคือ จังหวัดร้อยเอ็ด แสดงดังรูปที่ 5 โดยผลรวมของต้นทุนการขนส่งสินค้ารวมมีค่าเท่ากับ 94,661.63 บาทต่อเดือน ค่าดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 180,000 บาทต่อเดือน และต้นทุนการก่อสร้างศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 140,000,000 บาท



รูปที่ 5 ตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (พื้นที่สีเหลือง) และ ตำแหน่งลูกค้า (พื้นที่สีเขียว)

2) ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของภาคใต้

ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าจังหวัดที่เหมาะสมสำหรับตั้งศูนย์กระจายสินค้าคือ จังหวัดพังงา แสดงดังรูปที่ 6 โดยผลรวมของต้นทุนการขนส่งสินค้ารวมมีค่าเท่ากับ 42,625.87 บาทต่อเดือน ค่าดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 180,000 บาทต่อเดือน และต้นทุนการก่อสร้างศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 102,500,000 บาท



รูปที่ 6 ตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าภาคใต้ (พื้นที่สีเหลือง) และตำแหน่งลูกค้า (พื้นที่สีเขียว)

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์กำหนดให้มีจำนวนศูนย์กระจายสินค้าเท่ากับ 1 แห่ง เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการขนส่งในตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ค่าขนส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้า	ค่าขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้า	ค่าขนส่งจากโรงงานไปยังลูกค้า	ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า
เพิ่มขึ้น [10% - 100%]	-	-	พระนครศรีอยุธยา
-	เพิ่มขึ้น [20% - 100%]	-	นนทบุรี
-	-	เพิ่มขึ้น [10% - 100%]	พระนครศรีอยุธยา
เพิ่มขึ้น [10% - 100%]	เพิ่มขึ้น [20% - 100%]	-	นนทบุรี
เพิ่มขึ้น [10% - 100%]	-	เพิ่มขึ้น [10% - 100%]	พระนครศรีอยุธยา
-	เพิ่มขึ้น [10% - 100%]	เพิ่มขึ้น [10% - 100%]	พระนครศรีอยุธยา
เพิ่มขึ้น [10% - 100%]	เพิ่มขึ้น 70%	เพิ่มขึ้น [10% - 40%]	นนทบุรี
เพิ่มขึ้น [10% - 100%]	เพิ่มขึ้น 80%	เพิ่มขึ้น [10% - 50%]	นนทบุรี
เพิ่มขึ้น [10% - 100%]	เพิ่มขึ้น [90% - 100%]	เพิ่มขึ้น [10% - 60%]	นนทบุรี

3.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เมื่อพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลง

เมื่อปริมาณความต้องการสินค้าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง -15% ถึง 15% หรือเมื่อค่าขนส่งเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง - 10% ถึง 10% ผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ นอกจากนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ผลเพิ่มเติม พบว่าเมื่ออัตราค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าเปลี่ยนแปลงในช่วงเพิ่มขึ้น 20% ถึง 100% จะทำให้ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าเปลี่ยนจากจังหวัดอยุธยาเป็นจังหวัดนนทบุรี สามารถดูรายละเอียดผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 4

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณผลตัวแบบทางคณิตศาสตร์เมื่อแบ่งภูมิภาคออกเป็น 4 ภูมิภาคโดยที่ในแต่ละภูมิภาคมีจำนวนศูนย์กระจายสินค้าเพียง 1 แห่ง ผลลัพธ์โดยรวมคือ เมื่อความต้องการสินค้าเปลี่ยนแปลงในช่วง ลดลง 15% ถึง เพิ่มขึ้น 15% และค่าขนส่งเปลี่ยนแปลงในช่วง ลดลง 10% ถึง เพิ่มขึ้น 10% ผลลัพธ์ที่ได้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ

เมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนลูกค้าเป็น 77 จังหวัดผลลัพธ์ที่ได้คือ อ่างทอง ถูกเลือกเป็นศูนย์กระจายสินค้าแทนจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

3.4 การเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งสินค้าก่อนจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าและหลังจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า

ต้นทุนการขนส่งสินค้าก่อนจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้ามีค่าเท่ากับ 15,356,952.84 บาทต่อปี นำต้นทุนการขนส่งที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ คำนวณร้อยละผลต่างระหว่างต้นทุนการขนส่งก่อนและหลังตั้งศูนย์กระจายสินค้าโดยคำนวณจากสมการที่ 14 และ คำนวณจุดคุ้มทุนในแต่ละสถานการณ์ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 15 โดยที่ต้นทุนคงที่คือ ค่าก่อสร้างศูนย์กระจายสินค้า และ กำไรต่อหน่วยคือ ผลต่างของต้นทุนการขนส่งก่อนกับหลังตั้งศูนย์กระจายสินค้า และสามารถสรุปผลศึกษาและเปรียบเทียบดังตารางที่ 5

$$\text{ร้อยละต่างระหว่างต้นทุนการขนส่งก่อนและหลังตั้งศูนย์กระจายสินค้า} = \left(\frac{\text{ผลต่างของต้นทุนการขนส่งก่อนและหลังตั้งศูนย์กระจายสินค้า}}{\text{ต้นทุนค่าขนส่งก่อนตั้งศูนย์กระจายสินค้า}} \right) \times 100 \quad (14)$$

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \left(\frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{กำไรต่อหน่วย}} \right) \quad (15)$$

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งสินค้าก่อนจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าและหลังจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้า

ตัวแบบคณิตศาสตร์	ต้นทุนการขนส่งต่อปี (บาท/ปี)	ผลต่างของต้นทุนการขนส่งก่อนและหลังตั้งศูนย์กระจายสินค้า (บาท/ปี)	ร้อยละของผลต่างระหว่างต้นทุนการขนส่งก่อนและหลังตั้งศูนย์กระจายสินค้า	ค่าก่อสร้าง (บาท)	ระยะเวลาดำเนินการ (ปี)
ก่อนตั้งศูนย์กระจายสินค้า	15,356,952.84	-	-	-	-
ศูนย์กระจายสินค้ามีเพียง 1 แห่ง	9,433,293.00	5,923,659.84	38.57	40,000,000.00	6 ปี 9 เดือน 1 วัน
ศูนย์กระจายสินค้าแบ่งตามภูมิภาคมีเพียง 1 แห่ง	4,818,347.04	10,538,605.80	68.62	160,000,000.00	8 ปี 2 เดือน 6 วัน

สรุปผลการเปรียบเทียบได้ดังนี้

เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เมื่อกำหนดให้มีศูนย์กระจายสินค้าได้เพียง 1 แห่ง พบว่า สามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้ 5,923,659.84 บาทต่อปี ต้นทุนการขนส่งลดลง 38.57% และมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 6 ปี 9 เดือน 1 วัน

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เมื่อแบ่งเป็น 4 ภูมิภาค โดยกำหนดให้มีศูนย์กระจายสินค้าได้เพียง 1 แห่งในหนึ่งภูมิภาค พบว่า สามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้ 10,538,605.80 บาทต่อปี ต้นทุนการขนส่งลดลง 80.31% และมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 8 ปี 2 เดือน 6 วัน

4. สรุป

จากการประยุกต์ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการหาทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าของบริษัท

กรณีศึกษาโดยให้เกิดต้นทุนการขนส่งรวมต่ำที่สุด โดยใช้ข้อมูลอุปสงค์เฉลี่ยของลูกค้าตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2562 ถึง เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2562 ทั้งหมด 37 จังหวัด ในการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM ILOG CPLEX สามารถสรุปได้ดังนี้

เมื่อกำหนดให้จำนวนที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้ามีค่าเท่ากับ 1 แห่ง ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าจังหวัดที่เหมาะสมสำหรับตั้งศูนย์กระจายสินค้าคือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยที่ต้นทุนการขนส่งจากบริษัทกรณีศึกษาไปยังศูนย์กระจายสินค้าทั้งมีค่าประมาณ 6,721.65 บาทต่อเดือน ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้ามีค่าประมาณ 539,705.79 บาทต่อเดือน และต้นทุนการขนส่งจากบริษัทกรณีศึกษาไปยังลูกค้ามีค่าประมาณ 239,680.31 บาทต่อเดือน รวมเป็นต้นทุนการขนส่งรวม มีค่าประมาณ 786,107.75 บาทต่อเดือน สามารถลดต้นทุนการขนส่งได้ร้อยละ 38.57 ต้นทุนการก่อสร้างรวมค่าที่ดินมีค่า

เท่ากับ 115,000,000 บาทต้นทุนการดำเนินงานมีค่าเป็น 180,000 บาทต่อเดือน และมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 6 ปี 9 เดือน 1 วัน จุดเด่นของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาถือเป็นหนึ่งในจังหวัดที่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่เป็นจำนวนมากและมีเส้นทางการคมนาคมหลักไปยังจังหวัดต่าง ๆ ในทุก ๆ ภูมิภาคได้ จังหวัดอยุธยา มีโครงข่ายการขนส่งทางถนนและระบบขนส่งทางรถไฟ รวมทั้งต้นทุนที่ใช้ในการก่อสร้างไม่สูงมากนัก และจากการพูดคุยกับผู้จัดการแผนกคลังสินค้า พบว่าการตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่จังหวัดอยุธยาสอดคล้องกับความคิดของผู้บริหาร จุดด้อยของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาคือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาขาดระบบการขนส่งทางอากาศ แต่เนื่องจากการขนส่งทางอากาศไม่ได้เป็นรูปแบบการขนส่งที่ใช้ในการกระจายสินค้า

เมื่อกำหนดให้จำนวนที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าแบ่งตามภูมิภาคมีค่าเท่ากับ 1 แห่ง ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า จังหวัดที่เหมาะสมสำหรับตั้งศูนย์กระจายสินค้าในภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ ภาคใต้ คือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดอุดรธานี จังหวัดร้อยเอ็ด และจังหวัดพังงา ตามลำดับ โดยที่ต้นทุนการขนส่งจากบริษัทกรณีศึกษาไปยังศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 4 แห่ง มีค่าประมาณ 49,970.69 บาทต่อเดือน ต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้ามีค่าประมาณ 338,910.76 บาทต่อเดือน และต้นทุนการขนส่งจากบริษัทกรณีที่ศึกษาไปยังลูกค้ามีค่าประมาณ 12,618.16 บาทต่อเดือน รวมเป็นต้นทุนการขนส่งรวมมีค่าประมาณ 401,499.61 บาทต่อเดือน สามารถลดต้นทุนการขนส่งได้ร้อยละ 68.62 ต้นทุนการก่อสร้างรวมค่าที่ดินมีค่าเท่ากับ 472,500,000 บาท ต้นทุนการดำเนินงานมีค่าเป็น 720,000 บาทต่อเดือน และมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 8 ปี 2 เดือน 6 วัน

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเลือกทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า โดยพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์

กระจายสินค้าจากจุดศูนย์กลางที่ตั้งของจังหวัดทั้งสิ้น 76 จังหวัด ยกเว้นจังหวัดฉะเชิงเทราที่เป็นที่ตั้งของโรงงาน ในความเป็นจริงจำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยทางด้านภูมิศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สังคม เทคโนโลยีหรือด้านการตลาดเป็นองค์ประกอบที่นำมาใช้ในการตัดสินใจลงทุนสร้างศูนย์กระจายสินค้า

2. ในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้มีการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งเป้าหมายที่แน่นอน ผู้วิจัยได้กำหนดจุดที่ตั้งในอำเภอเมืองของแต่ละจังหวัดเป็นหลัก ซึ่งในทางปฏิบัติจริงอาจเลือกทำเลที่ตั้งที่อยู่ในเขตหรืออำเภออื่นได้ ซึ่งจะมีผลต่อระยะทางที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ทำให้ต้นทุนการขนส่งเปลี่ยนแปลงไปได้

3. การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ค่าขนส่งเป็นปัจจัยหลักเพียงปัจจัยเดียวในการสร้างตัวแบบ ซึ่งตัวแบบทางคณิตศาสตร์ยังสามารถเพิ่มปัจจัยอื่น ๆ ลงในตัวแบบได้ อาทิเช่น ค่าเก็บรักษาสินค้า ค่าสร้างศูนย์กระจายสินค้า ค่าความเสี่ยง ค่าเช่าที่ดิน เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนจากข้อมูลจากคุณนายทรงศวิ ชนะนา ผู้จัดการแผนกคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of the National Economic and Social Development Council. (12 February 2020). Thailand's Logistics Report 2019. [Online]. Available: https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=10791.
- [2] A. Leenatham and P. Khemavuk, "A Warehouse Location Selection by Applying Mathematical model: The brewery manufacturer case study," *Engineering*

- Journal of Siam University*, vol. 19, no. 1, pp. 14-26, 2018.
- [3] W. Atthirawong and S. Ponglangka, "Location Selection of Warehouse and Distribution Centers: A Case Study of Thailand Post Distribution Co., Ltd," *Journal of Applied Statistics and Information Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 10-24, 2020.
- [4] S. Limpanawanich, "An Analysis of Distribution Center Location for Southern Zone: A Case Study of a Private Company," M.S. thesis, Eng. in Ind. Mgt., Prince of Songkla Univ., 2019.
- [5] R. Meskarian, M. L. Penn, S. Williams and T. Monks, "A Facility Location Model for Analysis of Current and Future Demand for Sexual Health Services," *PLoS ONE*, vol. 12, no. 8, pp. 1-18, 2017.
- [6] K. Apiprachyasakul, *Warehouse and Distribution Management*, 1st ed. Bangkok: Focus Media And Publishing Company Limited., 2013.
- [7] IBM. (13 April 2020). IBM ILOG CPLEX Optimization Studio OPL Language User's Manual version 12 release 8. [Online]. Available: https://www.ibm.com/docs/en/SSSA5P_12.8.0/ilog.odms.studio.help/pdf/opl_languser.pdf
- [8] R. Peterson, and E. Silver, *A Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*, New York: John Wiley & Sons, 1979.
- [9] Department of Provincial Administration. (13 March 2020). Local Government Unit Information. [Online]. Available: <https://multi.dopa.go.th/pab/news/cate9>.
- [10] The Valuers Association of Thailand, (29 March 2020). A Standard Unit Price Account for Building during 2020 – 2021. [Online]. Available: <http://www.vat.or.th>.
- [11] The Treasury, (15 April 2020). A Summary of Land Valuation 2019. [Online]. Available: <https://www.treasury.go.th/th/summary-of-land-valuation>