การปรับปรุงรูปแบบการกระจายสินค้า ด้วยวิธีการส่งตรง โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม

Distribution Model Improvement with Direct Shipment Using a Mixed Integer Linear Programming

นราธิป สุพัฒน์ธนานนท์[1,*], ณัฏฐ์ดนัย สุพัฒน์ธนานนท์[2], และรักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล[3]
Naratip Supattananon[1,*], Natdhanai Supattananon[2] and Raknoi Arkararungraingkul[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนที่เหมาะสมของการกระจายสินค้า ด้วยการนำเสนอตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (MILP) และเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างวิธีปัจจุบันกับวิธีการปรับปรุงรูปแบบการขนส่งด้วยการขนส่งตรง ซึ่งเป็นการขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าและลูกค้าย่อยของกรณีศึกษา ประกอบด้วย 1 โรงงานผลิตสินค้า 3 ศูนย์กระจายสินค้า 10 ลูกค้าย่อย และรถบรรทุก 3 ประเภท จากการทดสอบกับข้อมูลตัวอย่างความต้องการรายสัปดาห์ของกรณีศึกษาทั้งหมด 2 ชุด ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและตรงตามเงื่อนไขหรือข้อจำกัด สรุปว่าตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มสำหรับวิธีการส่งตรงที่นำเสนอ สามารถแก้ไขปัญหาการกระจายสินค้าได้ ทำให้บริษัทกรณีศึกษามีต้นทุนการกระจายสินค้าลดลงเฉลี่ยร้อยละ 5.4 หรือคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 36,998.4 บาทต่อปี

คำสำคัญ: ศูนย์กระจายสินค้า, การส่งตรง, ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม

Abstract

This research aims to find the optimal cost of product distribution with the purpose Mixed Integer Linear Programming (MILP) and compare the costs between the current method and the improve transportation model with direct shipping. It is the transportation of products from the factory to the distribution center and sub-customers of the case study. It consists of 1 production plant, 3 distribution centers, 10 sub-customers and 3 trucks type. From testing with weekly demand by all 2 example of the case studies, the results are accurate and meet the conditions or restrictions. It concludes that the purpose Mixed Integer Linear Programming Model for the direct shipping method able to solve the distribution problem. It makes the case study company have the average cost of product distribution decreased by 5.4 percent or equivalent to 36,998.4 Baht per year

Keywords: Distribution Center, Direct Shipment, Mixed Integer Linear Programming

[1] วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตขอนแก่น
[2] วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[3] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[*] ballnaratip007@gmail.com
[1] College of Logistics and Supply Chain, Sripatum Khonkaen University
[2] College of Graduate Study in Management, Khonkaen University

[3] Faculty of Engineering, Khonkaen University

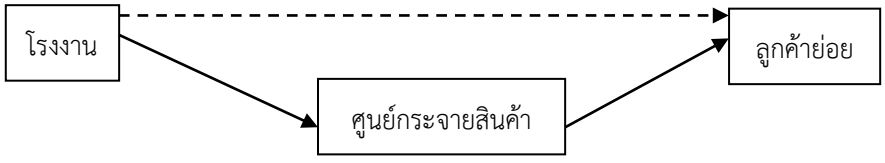
บทนำ

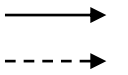
จากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องของจำนวนประชากรโลกและประเทศไทย [1] อันเนื่องมาจากการดูแลรักษาสุขภาพที่ดีขึ้นของคนส่วนใหญ่ อีกทั้งความก้าวหน้าทางเทคนิคการแพทย์ในปัจจุบัน ทำให้สังคมก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (Anging Society) บางประเทศหรือแม้กระทั้งประเทศไทยได้เห็นความสำคัญในประเด็นนี้เป็นอย่างยิ่ง ทำให้เกิดนโยบายที่นำไปสู่การผลิตประชากร เพื่อให้ในการถ่วงอายุระหว่างเด็กกับผู้สูงอายุในอนาคต ประชากรจึงมีโอกาสเพิ่มมากขึ้น จากการสำรวจโครงสร้างประชากรไทยของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง แสดงถึงข้อความข้างต้นอย่างชัดเจนดังตารางที่ 1 [2]

ตารางที่ 1 โครงสร้างประชากรไทยระหว่างปี 2527 ถึง 2562

โครงสร้างประชากร	**ปี (พ.ศ.)**					
	2527	**2539**	**2544**	**2545**	**2546**	**2562**
จำนวนประชากร (ล้านคน)	50.6	60.0	62.9	63.4	64.0	70.2
รวม (เปอร์เซ็นต์)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
วัยเด็ก (เปอร์เซ็นต์)	36.9	27.4	25.2	24.9	24.5	20.0
วัยทำงาน (เปอร์เซ็นต์)	57.4	64.4	65.5	65.7	65.9	65.3
วัยสูงอายุ (เปอร์เซ็นต์)	5.7	8.2	9.3	9.4	9.6	14.7
จำนวนปีที่แตกต่าง (ปี)	12		23			

จากตารางที่ 1 ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกินปัญหาขาดแคลนอาหารและเครื่องดื่มในบ้างพื้นที่ นั้นหมายถึงความต้องการสินค้าและบริการของประชากรมีอัตราที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ บริษัทหรือหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการขนส่งมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว [3] เพราะต้องขนส่งสินค้าให้มีปริมารตรงตามความต้องการของลูกค้า ทำให้การบริหารจัดการกระจายสินค้ามีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับหน่วยงานดังกล่าว เพื่อป้องกันการเกิดต้นทุนที่มากเกินความจำเป็น [4] กล่าวคือ ถ้ามีกระบวนการจัดการขนส่งสินค้าไม่เหมาะสมจะทำให้มีการใช้พลังงานและต้นทุนเกินความจำเป็น [5] โดยปัจจุบันการกระจายสินค้าผ่านคลังหรือศูนย์กระจายสินค้าได้รับความนิยมมาก รวมไปถึงบริษัทกรณีศึกษาใช้การกระจายสินค้าด้วยรูปแบบดังกล่าว เนื่องจากการกระจายสินค้ารูปแบบนี้ทำให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้มากกว่าการขนส่งจากโรงงานไปยังลูกค้ารายย่อย (สัมภาษณ์จากบริษัทกรณีศึกษา) เพราะลูกค้ารายย่อยมีปริมาณความต้องการน้อยกว่าความสามารถสูงสุดในการบรรทุกของรถบรรทุกขนาดใหญ่ จึงต้องมีการขนส่งไปหลายที่ในหนึ่งเที่ยว และในทางตรงกันข้ามถ้าใช้รถบรรทุกขนาดเล็กในการขนส่งสินค้าจะใช้รถบรรทุกหลายคัน การกระจายสินค้าจากคลังหรือศูนย์กระจายสินค้าจึงมีความเหมาะสมมากกว่า จากการลงพื้นที่ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ผู้เขียนพบว่ามีบางกรณีที่สามารถขนส่งตรงไปยังลูกค้าย่อยได้ โดยไม่ต้องผ่านศูนย์กระจายสินค้า เรียกว่า “การส่งตรง” หรือ “Direct Shipment” ซึ่งทำให้การขนส่งดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถลดต้นทุนค่าขนส่งสินค้าได้ ดังรูปที่ 1





รูปที่ 1 รูปแบบการขนส่ง

จากรูปที่ 1 เป็นรูปแบบการขนส่งที่สามารถเป็นไปได้ เพื่อหาเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมและทำให้ต้นทุนการกระจายสินค้าต่ำลง จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า นักวิจัยพิจารณาการกระจายสินค้าหลายรูปแบบ เช่น [6] ศึกษาการมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อย เพื่อลดต้นทุนค่าขนส่งในการกระจายสินค้าผ่านศูนย์กระจายสินค้า ทำให้สามารถลดต้นทุนค่าขนส่งได้ร้อยละ 32.17 [7] ศึกษาการขนส่งสินค้าแบบส่งตรงหลังจากมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าให้กับลูกค้าย่อยเรียบร้อยแล้ว ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าลดลงร้อยละ 7.38

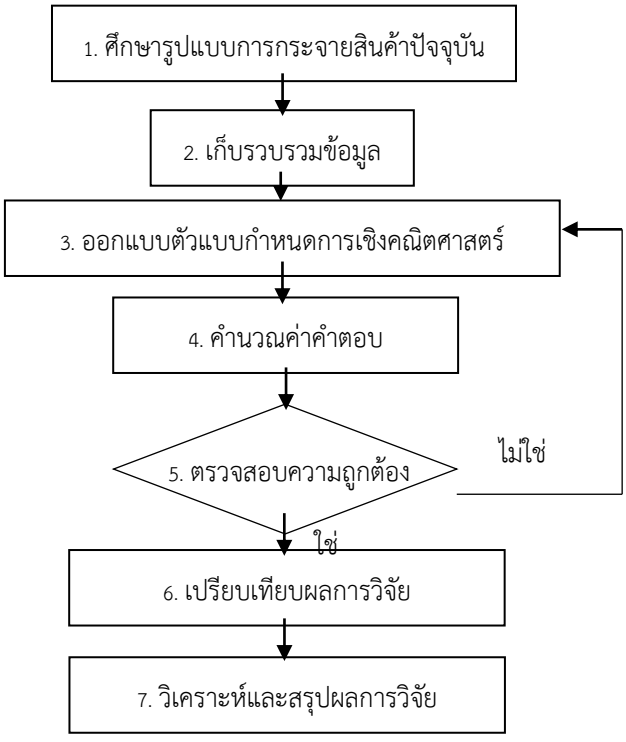
ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาการลดต้นทุนการกระจายสินค้าด้วยรูปแบบการขนส่งแบบการส่งตรง โดยออกแบบตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ และดำเนินการบนโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาต้นทุนที่เหมาะสมของการกระจายสินค้า โดยนำเสนอตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มสำหรับปัญหาการขนส่งแบบการขนส่งตรง
2. เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างวิธีปัจจุบันกับวิธีการปรับปรุงรูปแบบการขนส่งด้วยการขนส่งตรง

วิธีดำเนินการวิจัย

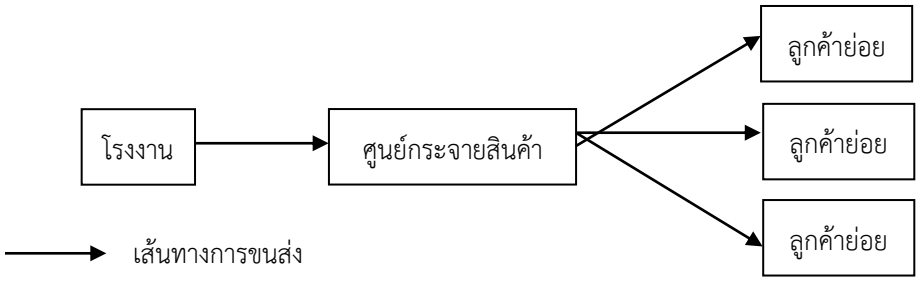
งานวิจัยนี้ศึกษาการกระจายสินค้ารูปแบบดั้งเดิมกับการกระจายสินค้าด้วยรูปแบบของการขนส่งตรง ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากรูปที่ 2 อธิบายถึงการลำดับการทำวิจัยตั้งแต่ข้อที่ 1 ถึง 7 โดยข้อที่ 5 เป็นเงื่อนไขที่สำคัญที่สุด กล่าวคือการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ เป็นการยืนยันถึงความถูกต้องของตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์และการทำวิจัยในครั้งนี้ ก่อนเปรียบเทียบผลการวิจัยและสรุปผล ซึ่งสามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยต่างๆ ประกอบการยกตัวอย่างกรณีศึกษาของบริษัทกระจายสินค้าแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่นดังนี้

1) ศึกษารูปแบบการกระจายสินค้าปัจจุบัน เป็นการกระจายสินค้าจากโรงงานผลิตสินค้าผ่านศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าย่อย ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 รูปแบบการกระจายสินค้าในปัจจุบัน

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับการวิจัยนี้ผู้เขียนจะเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ที่สุด เพื่อใช้เป็นตัวอย่างประกอบการอธิบายรูปแบบการขนส่งที่นำเสนอ ซึ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมมีดังนี้

- ระยะทางระหว่างโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 3 แห่ง และลูกค้าย่อยทั้ง 10 แห่ง, ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 3 แห่ง ไปยังลูกค้าย่อยทั้ง 10 แห่ง มีหน่วยเป็นกิโลเมตร ดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ระยะทางระหว่างโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 3 แห่ง และลูกค้าย่อยทั้ง 10 แห่ง

โรงงานที่	ศูนย์กระจายสินค้าที่			ลูกค้าย่อยที่									
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	74	68	92	130	154	171	144	139	212	86	114	129	202

หน่วย: กิโลเมตร

ตารางที่ 3 ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 3 แห่ง ไปยังลูกค้าย่อยทั้ง 10 แห่ง

ศูนย์กระจายสินค้าที่	ลูกค้าย่อยที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32	36	34	76	64	28	80	54	87	102
2	119	69	122	41	32	18	44	28	33	117
3	21	28	72	27	16	56	63	16	141	24

หน่วย: กิโลเมตร

- ข้อมูลความต้องการสินค้าของลูกค้าย่อยแต่ละแห่งถูกเก็บรวบรวมไว้ในรูปของความต้องการรายสัปดาห์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนย้อนหลัง 2 เดือน (เดือนมกราคาม, กุมภาพันธ์ และมีนาคม พ.ศ. 2562) รวมเป็น 2 ชุดปัญหา ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความต้องการสินค้าของลูกค้าย่อย

ลูกค้าย่อยที่	ข้อมูลชุดที่ (พาเลท)	
	1	2
1	6	20
2	4	10
3	11	6
4	24	5
5	4	4

ตารางที่ 4 ความต้องการสินค้าของลูกค้าย่อย (ต่อ)

ลูกค้าย่อยที่	ข้อมูลชุดที่ (พาเลท)	
	1	2
6	6	20
7	6	12
8	10	18
9	4	20
10	5	10

- ข้อมูลต้นทุนของรถบรรทุกขนส่งสินค้า โดยงานวิจัยนี้ศึกษารถบรรทุกทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก้ รถบรรทุก 6 ล้อ, รถบรรทุก 10 ล้อ และรถบรรทุก 18 ล้อ ซึ่งมีข้อมูลต้นทุน จำนวนรถบรรทุก และค่าความสามารถบรรทุกสูงสุดของรถบรรทุกแต่ละประเภท ได้จากข้อมูลจริงของกรณีศึกษาทั้งหมด ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อมูลรถบรรทุก

ประเภท รถบรรทุก	ความสามารถในการบรรทุกสูงสุด (พาเลท)	ค่าจ้างพนักงานขับรถ (บาทต่อคัน)	ต้นทุนค่าน้ำมัน (บาทต่อระยะทาง)	จำนวน รถบรรทุก (คัน)
รถบรรทุก 6 ล้อ	6	320	4.14	9
รถบรรทุก 10 ล้อ	12	360	6.34	8
รถบรรทุก 18 ล้อ	20	410	10.46	3
			รวม	20

3) การออกแบบตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการกระจายสินค้าและปัญหาการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าย่อยพบว่า ตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์แบบตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มหรือ “Mixed Integer Linear Programming” มีความเหมาะสมและสามารถแก้ไขปัญหาการกระจายสินค้าของงานวิจัยนี้ได้ ดังนั้นผู้เขียนจึงออกแบบตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ดังนี้

- ตัวแปรและพารามิเตอร์ ได้แก่

i คือ โรงงาน ; i = 1

j คือ ศูนย์กระจายสินค้า ; j = 1, 2 และ 3

k คือ ลูกค้าย่อย ; k = 1, 2, ..., 10

n คือ รถบรรทุกคันที่ n ซึ่งกำหนดให้เรียงลำดับรถบรรทุกทั้ง 3 ประเภท จากรถบรรทุก 6 ล้อ ไปรถบรรทุก 10 ล้อ และ 18 ล้อ ตามลำดับ ; n = 1, 2, ..., 20

DIK_{ik} คือ ระยะทางระหว่างโรงงาน i ไปยังลูกค้า k (กิโลเมตร)

DIJ_{ij} คือ ระยะทางระหว่างโรงงาน i ไปยังศูนย์กระจายสินค้า j (กิโลเมตร)

DJk_{jk} คือ ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้า j ไปยังลูกค้าย้อย k (กิโลเมตร)

FIX_n คือ ค่าจ้างพนักงานขับรถบรรทุกคันที่ n (บาท)

C_n คือ ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าต่อระยะทาง (บาทต่อกิโลเมตร)

VIK_{nik} คือ ปริมาณสินค้าที่ขนส่งจาก i ไป k ด้วยรถคันที่ n

VIJ_{nij} คือ ปริมาณสินค้าที่ขนส่งจาก i ไป j ด้วยรถคันที่ n

VJK_{njk} คือ ปริมาณสินค้าที่ขนส่งจาก j ไป k ด้วยรถคันที่ n

D_k คือ ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ k (พาเลท)

DJ_j คือ ความต้องการสินค้าของศูนย์กระจายสินค้าที่ j (พาเลท)

- ตัวแปรตัดสินใจ เป็นตัวแปรแบบไบนารีทั้งหมด เพื่อใช้ในการตัดสินใจขนส่งสินค้าไปยังเส้นทางต่างๆ ตามที่ตัวแปรกำหนด โดยถ้ามีค่าเท่ากับ 1 คือการตัดสินใจขนส่งในเส้นทางดังกล่าว และมีค่าเท่ากับ 0 คือไม่ขนส่งในเส้นทางนั้น ได้แก่

X_{nik} คือ การตัดสินใจขนส่งจากโรงงาน i ไปยังลูกค้าย่อย k ด้วยรถบรรทุกคันที่ n

Y_{nij} คือ การตัดสินใจขนส่งจากโรงงาน i ไปยังศูนย์กระจายสินค้า j ด้วยรถบรรทุกคันที่ n

Z_{njk} คือ การตัดสินใจขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้า j ไปยังลูกค้าย่อย k ด้วยรถบรรทุกคันที่ n

- ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ คือ การหาเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมสำหรับการกระจายสินค้าให้มีต้นทุนค่าขนส่งที่ต่ำที่สุด ดังสมการที่ (1)

$$\text{Min} = \sum_{n}^{20}\sum_{i}^{1}\sum_{k}^{10}((C_n \cdot DIK_{ik})+FIX_n)\cdot X_{nik} + \sum_{n}^{20}\sum_{i}^{1}\sum_{j}^{3}((C_n \cdot DIJ_{ij})+FIX_n)\cdot Y_{nij} \quad (1)$$

$$+ \sum_{n}^{20}\sum_{j}^{3}\sum_{k}^{10}((C_n \cdot DJK_{jk})+FIX_n)\cdot Z_{njk}$$

- สมการข้อจำกัด ได้แก่

$$\sum_{i}^{1}\sum_{k}^{10} X_{nik} \le 1 \qquad \forall_n \quad (2)$$

$$\sum_{i}^{1}\sum_{j}^{3} Y_{nij} \le 1 \qquad \forall_n \qquad (3)$$

$$\sum_{j}^{3}\sum_{k}^{10} Z_{njk} \le 1 \qquad \forall_n \qquad (4)$$

$$\sum_{i}^{1}\sum_{k}^{10} X_{nik} + \sum_{i}^{1}\sum_{j}^{3} Y_{nij} \le 0 \qquad \forall_{n=1,\,2,\,\ldots,\,9} \qquad (5)$$

$$\sum_{n}^{20}\sum_{i}^{1} (VIK_{nik} \cdot X_{nik}) + \sum_{j}^{3}\sum_{k}^{10} (VJK_{njk} \cdot Z_{njk}) \ge D_k \qquad \forall_k \qquad (6)$$

$$\sum_{n}^{20}\sum_{k}^{10} (VJK_{njk} \cdot Z_{njk}) \le DJ_j \qquad \forall_j \qquad (7)$$

$$\sum_{n}^{20}\sum_{i}^{1} (VIJ_{nij} \cdot Y_{nij}) \ge DJ_j \qquad \forall_j \qquad (8)$$

$$VJK_{njk} \le CAP_n \qquad (9)$$

$$VIK_{nik} \le CAP_n \qquad (10)$$

$$VIJ_{nij} \le CAP_n \qquad (11)$$

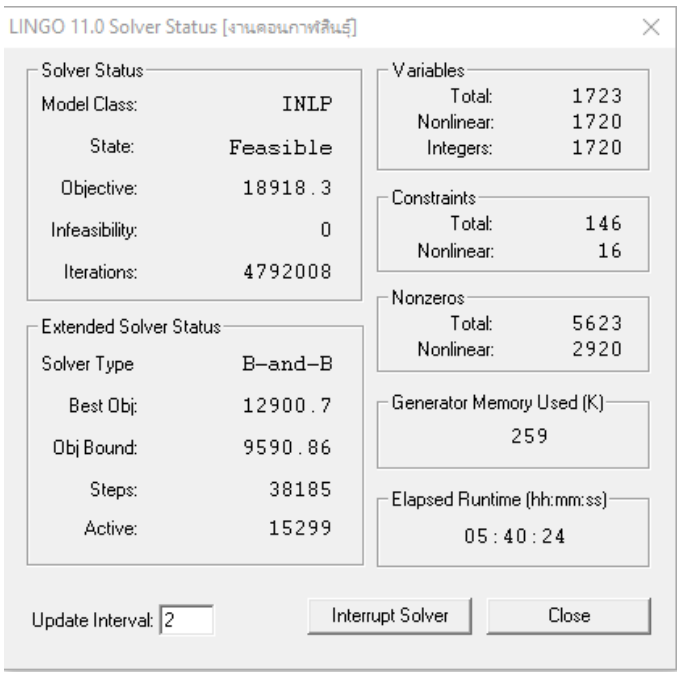
จากสมการข้อจำกัดทั้ง 10 สมการ สามารถอธิบายได้ดังนี้ สมการที่ (2) ถึง (4) หมายถึงข้อจำกัดของรถบรรทุกที่สามารถขนส่งในหนึ่งเที่ยวได้บทเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งเท่านั้น สมการที่ (5) หมายถึงรถบรรทุกประเภท 6 ล้อ ไม่สามารถขนส่งแบบส่งตรงและส่งระหว่างโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าได้ เนื่องจากรถบรรทุกประเภทดังกล่าวจะอยู่ที่ศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งจะใช้ขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าย่อยเท่านั้น สมการที่ (6) หมายถึงการวางแผนกระจายสินค้าต้องครอบคลุมปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าย่อยทุกแห่ง สมการที่ (7) และ (8) หมายถึงสมการเติมเต็มสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า เพื่อกำหนดให้รถบรรทุกต้องขนส่งสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าใดๆ เมื่อศูนย์กระจายสินค้านั้นให้บริการลูกค้าย่อย และสมการที่ (9) ถึง (11) หมายถึงข้อจำกัดของปริมาณความสามารถในการขนส่งสูงสุดในหนึ่งเที่ยวของรถบรรทุกแต่ละคัน

หลังการออกแบบตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม ผู้เขียนใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO ในการหาผลลัพธ์ของฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว ก่อนทดสอบความถูกต้องของตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ต่อไป ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างการเขียนโปรแกรมได้ดังรูปที่ 4

```
MIN=   @SUM(LINKNIK(N,I,K):X(N,I,K)*  ((COST(N)*DIK(I,K))+FIX(N)))
       +@SUM(LINKNIJ(N,I,J):Y(N,I,J)*  ((COST(N)*DIJ(I,J))+FIX(N)))
       +@SUM(LINKNJK(N,J,K):Z(N,J,K)*  ((COST(N)*DJK(J,K))+FIX(N)));

@FOR(NO(N):@SUM(LINKIK(I,K):X(N,I,K))<=1);
@FOR(NO(N):@SUM(LINKIJ(I,J):Y(N,I,J))<=1);
@FOR(NO(N):@SUM(LINKJK(J,K):Z(N,J,K))<=1);

@FOR(CUS(K):(@SUM(LINKNI(N,I):VIK(N,I,K)*X(N,I,K))
+@SUM(LINKNJ(N,J):VJK(N,J,K)*Z(N,J,K))) >= (D(K)));

@FOR(DC(J):@SUM(LINKNK(N,K):VJK(N,J,K)*Z(N,J,K)) <= DJ(J));

@FOR(DC(J):@SUM(LINKNI(N,I):VIJ(N,I,J)*Y(N,I,J)) >= DJ(J));

@FOR(NO(N):@SUM(LINKIK(I,K):VIK(N,I,K)) <= CAP(N));
@FOR(NO(N):@SUM(LINKIJ(I,J):VIJ(N,I,J)) <= CAP(N));
@FOR(NO(N):@SUM(LINKJK(J,K):VJK(N,J,K)) <= CAP(N));

@FOR(LINKNIK(N,I,K):@BIN(X(N,I,K)));
@FOR(LINKNIJ(N,I,J):@BIN(Y(N,I,J)));
@FOR(LINKNJK(N,J,K):@BIN(Z(N,J,K)));

@FOR(LINKNIK(N,I,K):@GIN(VIK(N,I,K)));
@FOR(LINKNIJ(N,I,J):@GIN(VIJ(N,I,J)));
@FOR(LINKNJK(N,J,K):@GIN(VJK(N,J,K)));
```

รูปที่ 4 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO

4) การคำนวณค่าคำตอบ จะใช้ตัวอย่างชุดปัญหาของกรณีศึกษาชุดที่ 1 ในการหาคำตอบดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลลัพธ์จากโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO

5) การตรวจสอบความถูกต้อง

จากรูปที่ 5 พบว่าตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์มีความถูกต้อง เนื่องจากค่าคำตอบตรงตามเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของบริษัทกรณีศึกษาทุกประการ ดังนั้นสามารถดำเนินการในขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าคำตอบเพื่อหาประสิทธิภาพหรือต้นทุนที่สามารถลดลงจากการนำเสนอวิธีการกระจายสินค้ารูปแบบการส่งตรงได้ โดยผู้เขียนจะนำเสนอการเปรียบเทียบดังกล่าวไว้ในหัวข้อผลการศึกษาต่อไป

ผลการศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและการดำเนินงานด้วยวิธีตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ สามารถเปรียบเทียบค่าคำตอบที่ได้ ภายใต้ลำดับการดำเนินงานวิจัยที่ 6) ดังนี้

6) การเปรียบเทียบผลการวิจัย ผู้เขียนจะเปรียบเทียบค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO ซึ่งเป็นการดำเนินการของตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น จำกัดเวลาในการหาค่าคำตอบที่ 180 นาที หรือ 3 ชั่วโมง เนื่องจากเวลาดังกล่าวคือเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้วางแผนการขนส่งสูงที่สุดของตัวอย่างกรณีศึกษา ทำให้สามารถแสดงการเปรียบเทียบได้ต้นทุนสำหรับปัญหาทั้ง 2 ชุด โดยใช้คอมพิวเตอร์รุ่น Lenovo B4400 หน่วยประมวลผล Intel Core i3-4000M CPU 2.39 GHz หน่วยความจำ 8 GB ได้ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปรียบต้นทุนระหว่างวิธีปัจจุบันกับวิธีการกระจายสินค้าแบบการส่งตรง

ข้อมูลชุดที่	วิธีปัจจุบัน (บาท)	วิธีการกระจายสินค้าแบบส่งตรง (บาท)	ความแตกต่างของค่าคำตอบ (บาท)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (เปอร์เซ็นต์)
1	13,658.3	12,900.7	757.6	5.5
2	16,452.4	15,635.7	816.7	5.2
ค่าเฉลี่ย			787.2	5.4

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่าค่าคำตอบที่ได้จากตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์สามารถพัฒนาตัวเองได้โดยใช้เวลาที่มากขึ้น แต่ด้วยข้อจำกัดด้านเวลาในการหาค่าคำตอบของกรณีศึกษา ทำให้ค่าคำตอบที่ได้สำหรับข้อมูลบางปัญหาไม่ใช่ค่าคำตอบที่ให้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด แต่เป็นต้นทุนที่ต่ำที่สุด ณ ช่วงเวลา อย่างไรก็ตามค่าคำตอบที่ได้ของจากชุดปัญหาตัวอย่างของกรณีศึกษาทั้ง 2 ชุด สามารถยืนยันได้ว่าวิธีการที่นำเสนอ (การส่งตรง) ทำให้ต้นทุนการกระจายสินค้ามีแนวโน้มที่จะลดลงและต่ำกว่าต้นทุนกระกระจายสินค้าด้วยรูปแบบปัจจุบัน ซึ่งเกิดจากรูปแบบการกระจายสินค้าที่เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ รถบรรทุกมีโอกาสที่จะได้รับคัดเลือกให้ขนส่งสินค้าตรงไปยังความต้องการของลูกค้าย่อยได้โดยตรง แบบไม่ผ่านศูนย์กระจายสินค้า จึงทำให้การขนส่งรูปแบบนี้สามารถลดต้นทุนได้ เนื่องจากบางเส้นทางมีระยะทางที่สั้นกว่า หรือแม้กระทั้งบางกรณีมีการวิเคราะห์ต้นทุนสินค้าคงคลัง การส่งตรงจะไม่ก่อให้เกิดต้นทุนสินค้าคงคลังและต้นทุนการจัดการคลังสินค้า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ปรับปรุงบริษัทหรือหน่วยงานที่ประกอบกิจกรรมขนส่งสินค้า กระจายสินค้า และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

สรุปผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการขนส่งแบบส่งตรงสามารถประยุกต์ใช้กับการกระจายสินค้าที่มีขนาด 1 โรงงานผลิตสินค้า 3 ศูนย์กระจายสินค้า และ 10 ลูกค้าย่อย ได้อย่างเหมาะสม จากการทดสอบกับข้อมูลตัวอย่างความต้องการรายสัปดาห์ของกรณีศึกษา ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนทั้ง 2 ชุด พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้ตรงตามเงื่อนไขหรือข้อจำกัดทุกประการ จึงสรุปว่าตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็มสำหรับวิธีการส่งตรงที่นำเสนอ สามารถแก้ไขปัญหาการกระจายสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้บริษัทกรณีศึกษามีต้นทุนการกระจายสินค้าลดลง

เฉลี่ยร้อยละ 5.4 หรือคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 36,998.4 บาทต่อปี (เมื่อหนึ่งปีบริษัทกรณีศึกษามีการกระจายสินค้าทั้งหมด 47 สัปดาห์)

เอกสารอ้างอิง

[1] กฤติเดช สีสมศักดิ์, กิตติธัช รอดพานิชย์, ชานนท์ ไชยชมภู และคณะ. (2562). *ปัญหาการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก.* สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2562 จาก http://7billionspeople.weebly.com/.

[2] ปราโมทย์ ประสาทกุล, จงจิตต์ ฤทธิรงค์ และสิรินทร์ญา ไข่เขียว. (2559). *การคาดประมาณครัวเรือนที่อยู่อาศัยของประชากรไทย พ.ศ. 2553-2563.* วารสารประชากร, 4(2), 45-60.

[3] ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจ ธุรกิจและเศรษฐกิจฐานราก. (2560). *สถานการณ์ธุรกิจบริการขนส่ง 2560.* Sunrise–Sunset Industry 2018.

[4] จิรดา นาคฤทธิ์. (2562). *การจัดการกระจายสินค้า.* สืบค้นเมื่อ 19 มกราคม 2562 จาก https://jiradabbc.wordpress.com.

[5] ศศกร กฤษณะเสถียร. (2556*). แนวทางการปรับตัวของธุรกิจบริการรับจ้างขนส่งขนาดกลางและขนาดเล็กกับการเข้าสู่ประชาคมอาเซียน*. รายงานโครงการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ประจำปี พ.ศ. 2556.

[6] นราธิป สุพัฒน์ธนานนท์, นรัตว์ รัตนวัย, ภูริเกษม สุพัฒน์ธนานนท์, รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล และณัฏฐ์ดนัย สุพัฒน์ธนานนท์. (2561). *การมอบหมายศูนย์กระจายสินค้าย่อยให้กับลูกค้าย่อย โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม: กรณีศึกษาบริษัทกระจายสินค้าเครื่องดื่ม.* การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9. 7 กันยายน 2561. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

[7] วรพล จันทร์ผิว และ รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล. (2559). *การวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งและการปรับปรุงรูปแบบการกระจายสินค้า.* การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2559. 7-8 กรกฎาคม 2559. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.