

การจัดเส้นทางขนส่งด้วยวิธีอัลกอริทึมประหยัด กรณีศึกษา บริษัท เอ็มเอ็นโอ จำกัด
Arrangement of Transportation Routing with Saving Algorithm
Case Study MNO Company Limited.

วัชรพล วงศ์จันทร์* และวิศภ ตีรสวรรณ**

Watcharaphon Wongjun* and Rissaphop Treesuwan**

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*

Faculty of Management Science, Valaya Alongkorn Rajabhat University

under the Royal Patronage*

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์**

Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University

under the Royal Patronage**

Email: watcharaphon@vru.ac.th*, rissaphop.tree@vru.ac.th**

Received January 17, 2024 Revise February 28, 2025 Accepted 12 March, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการจัดเส้นทางขนส่งของบริษัท เอ็มเอ็นโอ จำกัด ซึ่งดำเนินธุรกิจร้านอาหาร โดยนำทฤษฎีอัลกอริทึมประหยัดมาประยุกต์ใช้ พบว่าการปรับปรุงการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมด้วยวิธีอัลกอริทึมประหยัด ช่วยทำให้จำนวนเที่ยวในการขนส่งสินค้าลดลงได้จากเดิม 56 เที่ยวต่อเดือน สามารถลดลงได้ 31 เที่ยวต่อเดือน คิดเป็น 55.36 % และมีระยะทางที่ลดลงจากเดิม 73,232 กิโลเมตรต่อเดือน เหลือระยะทางจริง 63,712 กิโลเมตรต่อเดือน สามารถลดลงได้ 9,520 กิโลเมตร คิดเป็น 13.00 % ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 2,380 ลิตร คิดเป็นเงิน 78,397.20 บาท (คิดที่ค่าน้ำมันปัจจุบัน วันที่ 30 มิถุนายน 2567 ลิตรละ 32.94 บาท)

คำสำคัญ : การจัดเส้นทางขนส่ง, อัลกอริทึมประหยัด, ระยะทาง, ต้นทุน

Abstract

This study aims to optimize the transportation routing of MNO Company Limited, a company operating in the restaurant business, by applying the Savings Algorithm theory. The results show that improving the transportation routing using the Savings Algorithm method reduced the number of delivery trips from 56 trips per month to 31 trips per month, a decrease of 55.36%. The total transportation distance was reduced from 73,232 kilometers per month to 63,712 kilometers per month, a reduction of 9,520 kilometers or 13.00%. Consequently, fuel consumption was reduced by 2,380 liters,



saving 78,397.20 THB (calculated at the current fuel price of 32.94 THB per liter as of June 30, 2024).

Keywords: Transportation Routing, Savings Algorithm, Distance, Cost

บทนำ

ในปัจจุบัน การขนส่งมีบทบาทสำคัญต่อภาคธุรกิจ โดยเฉพาะในกระบวนการกระจายสินค้าไปยังสาขาต่าง ๆ ซึ่งบริษัท เอ็มเอ็นโอ จำกัด ได้ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับร้านอาหารโดยมีการขนส่งวัตถุดิบอาหารจากโรงงานผลิตผ่านศูนย์กระจายสินค้าอยู่ 1 แห่ง (Distribution Center, DC) ไปยังร้านสาขาจำนวน 40 สาขาทั่วประเทศ ด้วยรถขนส่งแบบควบคุมอุณหภูมิของบริษัทเอง จากการจัดเส้นทางการส่งวัตถุดิบอาหารแบบเดิมตามประสบการณ์และความเคยชินของพนักงานขับรถทำให้เส้นทางการส่งวัตถุดิบอาหารบางเส้นทางเกิดความซ้ำซ้อนและไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ในระดับสูง

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการเลือกศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งวัตถุดิบอาหารด้วยวิธีอัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับในการจัดการปัญหาการขนส่งยานพาหนะ ใจความของทฤษฎีไม่ซับซ้อน ค่าความประหยัด $S_{a,b}$ ที่ได้คือ ระยะทางที่สามารถลดได้ระหว่างเส้นทางใดๆ หากเกิดค่าความประหยัดสูงก็หมายความว่าสามารถลดระยะทางได้มาก มีระยะทางที่ลดลง และเหมาะสมในการปฏิบัติงานต่อไป (ศิวพร สุกสี และธารณี มีเจริญ, 2562) โดยใช้ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้ากับร้านสาขาต่างๆ และปริมาณบรรทุกสินค้าของแต่ละสาขา เพื่อให้การจัดเส้นทางมีระยะทางที่ลดลงและเหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจัดลำดับการส่งสินค้าที่เหมาะสมตามเงื่อนไขที่กำหนด
2. เพื่อลดจำนวนรถบรรทุกและระยะทางในการขนส่งสินค้า
3. เพื่อลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

การทบทวนวรรณกรรม

1. ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem, VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem, VRP) คือ ปัญหาการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดในการเคลื่อนย้ายวัตถุโดยการหาวิธีการวางแผนจัดลำดับและเส้นทางการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าหรือผู้บริโภคที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในบริการ เป้าหมายสำคัญของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะคือ การพยายาม ออกแบบกลุ่มของยานพาหนะทุกคันให้มีการเดินทางโดยใช้ต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้า ยานพาหนะวิ่งไปตามเส้นทางที่จะส่งสินค้าโดยพิจารณาถึงเงื่อนไขหรือ ข้อจำกัดต่างๆด้วย เช่น เวลา จำนวนยานพาหนะ ระยะทาง เป็นต้น หากคำตอบจะมีประสิทธิภาพในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก แต่ในความเป็นจริงปัญหามักมีขนาดใหญ่จึงนิยมใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ (Heuristics) และเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) มาประยุกต์ใช้ ในทางปฏิบัติ



มากกว่า ซึ่งวิธีการทางฮิวริสติกส์นี้เป็นหนึ่งในเทคนิคที่ใช้แก้ปัญหาเส้นทางการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมและให้คำตอบ ที่รวดเร็ว โดยคำตอบที่ได้ต้องเป็นคำตอบที่ดีเพียงพอและสามารถยอมรับได้ รูปแบบการแก้ปัญหา และการค้นหาคำตอบเป็นวิธีการคิดโดยใช้สามัญสำนึกของมนุษย์เข้าช่วยในการแก้ไขปัญหาอย่าง ง่ายและมีความสมเหตุสมผล (ปัญญวัฒน์ จันทรชัยภักดิ์, 2561)

2. วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving algorithm)

วิธีอัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm) ของ Clark and Wright (1964) ซึ่งเป็นนักวิจัยในประเทศอังกฤษได้นำเสนอการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความต้องการของลูกค้า หลายรายและยานพาหนะมีความจุหลายขนาดส่งสินค้าออกจากคลังพัสดุแห่งเดียว โดยพัฒนาขั้นตอนให้สามารถเลือกเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด และผลที่ได้จากการแก้ปัญหานี้คือทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่จะใช้ในการขนส่ง และปริมาณสินค้าที่ขนส่งโดยยานพาหนะแต่ละคัน โดยเป็นหนึ่งในวิธีการที่ถูกลำเอามาใช้สำหรับการแก้ปัญหา VRP เนื่องจากมีความง่ายในการนำมาประยุกต์ใช้ โดยวิธีการดังกล่าวเป็นการรวมจุดส่งสินค้าต่างๆ เข้าไว้ในเส้นทางหลักแทนการจัดส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปและกลับยังทุกๆ จุดส่งสินค้า ขั้นตอนหลักในการใช้วิธี อัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm) สามารถแสดงได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างเมตริกซ์ระยะทาง เพื่อระบุระยะทางระหว่างทุกๆ คู่ของจุดส่งสินค้า

ขั้นตอนที่ 2 สร้างเมตริกซ์ค่าประหยัด โดยคำนวณค่าประหยัดที่เกิดจากการรวมจุดส่งสินค้าแสดงดังสมการที่ 1

$$Savings\ S_{a,b} = C_{a,0} + C_{0,b} - C_{a,b} \quad (1)$$

โดย $S_{a,b}$ แทนค่าประหยัดของระยะทางในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า a และ b
 $C_{a,0}$ แทนค่าระยะทางในการขนส่งสินค้า ระหว่างลูกค้า a และคลังสินค้า 0
 $C_{0,b}$ แทนค่าระยะทางในการขนส่งสินค้า ระหว่างคลังสินค้า 0 และ ลูกค้า b
 $C_{a,b}$ แทนค่าระยะทางในการขนส่งสินค้า ระหว่างลูกค้า a และ ลูกค้า b

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อคำนวณค่าประหยัดเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการเรียงลำดับค่าจากมากไปน้อย

โดยจากสมการที่ 1 เลือกลูกค้า 2 คนที่มีค่าระยะประหยัด (Saving) มากที่สุดและตรวจสอบว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ถ้าทำการรวมลูกค้า a และลูกค้า b ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกันโดยที่ไม่ทำให้เส้นทางนั้นขัดแย้งกับเงื่อนไขในกรณีเส้นทางที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขอาจหมายถึง

1. น้ำหนักของสินค้าจะต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ
2. ระยะทางของแต่ละเส้นทางต้องไม่เกินค่าระยะทางมากที่สุดที่กำหนดให้หรือเวลาที่กำหนด เช่น รถบรรทุกจะต้องเดินทางกลับเข้าคลังสินค้าก่อน 20.00 น. ของทุกวัน เป็นต้น
3. จำนวนของลูกค้าในแต่ละเส้นทางต้องไม่เกินจำนวนของลูกค้ามากที่สุดกำหนดให้

ถ้ากำหนดให้ลูกค้ารวมเข้าไปอยู่ในเส้นทางใดๆ แล้วเกินความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ เรา กำหนดให้ยานพาหนะคันดังกล่าวเดินทางกลับไปที่คลังสินค้า 0 ทันที จากนั้นรวมลูกค้า a และ ลูกค้า b เข้าอยู่ในเส้นทางใหม่เดียวกันและลบเส้นทางเดิม $0 - a - 0$ และ $0 - b - 0$ ออก หลังจากนั้นกระทำซ้ำโดยเลือก



ลูกค้า 2 คนถัดไปที่มีค่าระยะประหยัมากที่สุด และหยุดการทำงานเมื่อพบว่าค่าระยะทางประหยัที่เป็นบวกถูกพิจารณาแล้วทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 4 จับคู่จุดส่งสินค้าตามลำดับค่าประหยัที่มากที่สุดก่อน จนถึงค่าประหยัที่น้อยที่สุด โดยพิจารณาความเป็นไปได้ในการขนส่งสินค้า และห้ามขนส่งสินค้าเกินความจุของรถบรรทุก

ขั้นตอนที่ 5 นำคู่จุดส่งสินค้าที่เลือกจากขั้นตอนที่ 4 มาทำการกำหนดเส้นทางการขนส่งสินค้าให้กับรถบรรทุกแต่ละคัน และทำการจัดลำดับจุดส่งสินค้าในแต่ละเส้นทาง

วิธีอัลกอริทึมประหยั (Saving Algorithm) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในทางปฏิบัติ เพราะเป็นวิธีที่ง่ายแม้ว่าวิธีนี้จะไม่ได้ประกันถึงการให้คำตอบที่ดีที่สุดก็ตามสำหรับปัญหาการตัดสินใจที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก วิธีอัลกอริทึมประหยั (Saving Algorithm) ยังคงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ซึ่งเราสามารถคำนวณคำตอบได้โดยปราศจากการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์หรือเพียงแค่อาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยในการประมวลผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้นในหลาย ๆ ครั้ง วิธีอัลกอริทึมประหยั (Saving Algorithm) จะถูกนำมาใช้ร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์มาตรฐานอื่น ๆ เช่น วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm), วิธีทาบู (Tabu Search) เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการหาคำตอบให้มากยิ่งขึ้นจากตัวอย่างปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับรถบรรทุก (น้ำฝน พาพันธ์ และภัทรานิษฐ์ แก้วประดิษฐ์, 2563)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บข้อมูล: ศึกษาข้อมูลการจัดส่งสินค้าของแผนกขนส่งย้อนหลัง 6 เดือน (มกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2567) ได้แก่ น้ำหนักบรรทุก ระยะทาง จำนวนรถ และปริมาณความต้องการของสินค้า
2. การประยุกต์ใช้ทฤษฎี: นำมาสร้างรูปแบบการจัดเส้นทางขนส่งโดยใช้วิธีอัลกอริทึมประหยั (Saving Algorithm) ในการคำนวณระยะทางที่เหมาะสม และจัดเส้นทางโดยพิจารณาข้อจำกัดด้านน้ำหนักบรรทุก
3. การทดลองและเปรียบเทียบ: ทดลองเส้นทางใหม่และเปรียบเทียบกับเส้นทางเดิมในด้านระยะทาง และข้อจำกัดด้านการบรรทุกสินค้า เมื่อได้ผลการทดลองก็สรุปผลการทดลองถึงสิ่งที่ได้จากการวิจัย

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการเลือกศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาการส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังร้านสาขาต่างๆ จำนวน 40 สาขาทั่วประเทศไทย โดยแต่ละสาขามีปริมาณน้ำหนักวัตถุดิบอาหารเฉลี่ยที่ต้องได้รับจากการจัดส่งตามตารางที่ 1 โดยใช้รถบรรทุกหลักในการจัดส่งสินค้าจำนวน 7 คัน มีการจัดส่งสินค้าอาทิตย์ละ 2 ครั้ง ซึ่งรถบรรทุกแต่ละคันมีความสามารถในการบรรทุกสินค้าได้ไม่เกิน 7,500 กิโลกรัม ทำให้เส้นทางการส่งสินค้าบางเส้นทางเกิดความซ้ำซ้อนและปัญหาการบรรทุกสินค้าน้ำหนักมากไปส่งร้านสาขาที่ไกลก่อนแล้วจึงส่งย้อนกลับมา ทำให้มีระยะการจัดส่งที่มาก การแก้ไขปัญหาก็จะทำการรวบรวมข้อมูล ในเรื่องเส้นทางการส่งสินค้าปัจจุบัน สถานที่จัดส่งให้กับร้านสาขา ปริมาณการส่งสินค้า จำนวนความจุของรถแต่ละคัน และหาระยะทางเพื่อสร้างเป็นเมตริกยะทาง หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยจัดเส้นทางใหม่ให้เหมาะสม (ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร, 2561)



ตารางที่ 1 น้ำหนักบรรทุกของแต่ละร้านสาขาในการขนส่งสินค้า

น้ำหนักบรรทุกแต่ละรอบโดยเฉลี่ย							
ร้านสาขา	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ร้านสาขา	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ร้านสาขา	ปริมาณ (กิโลกรัม)	ร้านสาขา	ปริมาณ (กิโลกรัม)
1	1,100	11	600	21	900	31	500
2	900	12	450	22	800	32	800
3	1,000	13	500	23	750	33	700
4	600	14	400	24	750	34	800
5	1,300	15	1,100	25	1,300	35	700
6	1,400	16	600	26	1,300	36	600
7	800	17	700	27	700	37	600
8	800	18	900	28	650	38	600
9	1,100	19	750	29	900	39	800
10	1,100	20	1,050	30	600	40	800

2. สร้างตารางเมตริกซ์ระยะทางขนส่ง

ทำการสร้างตารางเมตริกซ์ระยะทางขนส่ง เพื่อเปรียบเทียบระยะเส้นทาง โดยใช้ Google Map ในการคำนวณหาระยะจากจุดต่อจุดระหว่างศูนย์กระจายสินค้าและร้านสาขาจำนวน 40 สาขาของประเทศไทย (ณัฐวุฒิ พุ่มพฤกษ์, ปิยธิดา ศรีพงษ์สุทธิ และพรพิทักษ์ พันธุ์หล้า, 2567)

ตารางที่ 2 แสดงระยะทางขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้ากับร้านสาขาทั้ง 40 สาขา (ส่วนที่ 1)

	DC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DC	0	671	668	577	671	761	347	341	320	410	528	526	409	417	297	571	560	513	398	399	76
1	671	0	12	99	9	180	420	353	396	641	608	612	645	647	632	936	947	905	876	877	633
2	668	12	0	102	5	192	350	356	399	644	611	615	648	649	635	938	949	908	878	880	635
3	577	99	102	0	103	226	250	256	299	544	511	515	548	549	535	838	849	780	778	780	542
4	671	9	5	103	0	186	354	359	402	647	614	618	651	652	638	941	953	911	881	883	639
5	761	180	192	226	186	0	422	427	470	715	682	686	719	720	706	1009	1021	979	949	951	714
6	347	420	350	250	354	422	0	10	69	330	369	373	334	335	321	624	635	594	564	566	319
7	341	353	356	256	359	427	10	0	58	336	374	378	340	341	314	630	641	599	557	559	308
8	320	396	399	299	402	470	69	58	0	359	397	401	363	364	270	653	664	558	514	515	287
9	410	641	644	544	647	715	330	336	359	0	120	118	4	9	130	287	298	272	246	250	345
10	528	608	611	511	614	682	369	374	397	120	0	5	122	117	248	401	412	386	365	368	463
11	526	612	615	515	618	686	373	378	401	118	5	0	120	115	247	399	410	384	363	366	461
12	409	645	648	548	651	719	334	340	363	4	122	120	0	8	129	288	299	267	246	250	345
13	417	647	649	549	652	720	335	341	364	9	117	115	8	0	139	294	305	279	254	258	353
14	297	632	635	535	638	706	321	314	270	130	248	247	129	139	0	359	357	301	246	250	225
15	571	936	938	838	941	1009	624	630	653	287	401	399	288	294	359	0	12	57	163	166	503
16	560	947	949	849	953	1021	635	641	664	298	412	410	299	305	357	12	0	57	162	166	494
17	513	905	908	780	911	979	594	599	558	272	386	384	267	279	301	57	57	0	106	109	439
18	398	876	878	778	881	949	564	557	514	246	365	363	246	254	246	163	162	106	0	4	333
19	399	877	880	780	883	951	566	559	515	250	368	366	250	258	250	166	166	109	4	0	329
20	76	633	635	542	639	714	319	308	287	345	463	461	345	353	225	503	494	439	333	329	0



ตารางที่ 3 แสดงระยะทางขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้ากับร้านสาขาทั้ง 40 สาขา (ส่วนที่ 2)

	DC	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
DC	0	608	610	481	472	434	218	348	350	117	502	311	310	671	644	524	457	395	331	215	826
1	671	880	768	729	751	714	697	826	828	583	478	485	488	158	330	204	242	277	347	459	248
2	668	883	770	732	754	716	699	828	831	585	481	488	490	150	328	201	239	274	344	456	256
3	577	783	670	632	654	616	599	728	731	492	381	388	390	137	232	105	143	183	253	365	292
4	671	886	774	735	757	719	702	831	834	588	484	491	493	154	331	204	242	277	347	459	251
5	761	954	842	803	825	787	770	899	902	680	552	559	561	91	218	238	312	409	479	547	68
6	347	569	547	418	440	402	385	514	517	269	238	174	176	330	303	183	116	140	107	133	485
7	341	575	552	423	445	408	378	507	510	258	244	180	182	336	293	189	121	145	100	126	490
8	320	598	555	446	468	431	335	464	466	237	267	134	133	379	352	232	164	163	90	105	533
9	410	232	210	81	118	76	193	203	200	349	207	239	241	625	597	477	409	462	429	385	774
10	528	274	160	195	232	193	311	321	318	467	199	293	295	592	564	444	376	500	467	486	746
11	526	271	157	193	230	191	310	319	317	465	154	298	300	595	568	448	381	505	471	490	750
12	409	233	211	82	113	75	193	205	200	348	207	239	241	628	601	481	413	466	433	384	783
13	417	239	216	87	125	87	201	211	208	358	213	245	247	629	602	482	415	467	434	384	784
14	297	362	348	219	215	178	121	192	197	219	239	225	224	615	588	486	400	424	360	266	770
15	571	171	689	221	179	224	381	222	222	540	501	533	535	918	891	771	704	756	723	648	1073
16	560	180	298	230	187	223	371	221	221	530	510	542	544	929	902	782	715	767	734	636	1084
17	513	225	298	208	159	205	281	165	165	475	472	504	506	887	860	741	673	725	705	589	1042
18	398	257	315	202	153	183	190	68	68	369	424	464	463	858	831	711	644	654	590	474	1013
19	399	256	315	201	153	185	179	57	57	365	420	459	458	860	833	713	645	656	591	475	1014
20	76	533	535	406	397	363	143	273	275	46	432	240	239	623	596	476	408	363	299	182	778

ตารางที่ 4 แสดงระยะทางขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้ากับร้านสาขาทั้ง 40 สาขา (ส่วนที่ 3)

	DC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DC	0	671	668	577	671	761	347	341	320	410	528	526	409	417	297	571	560	513	398	399	76
21	608	880	883	783	886	954	569	575	598	232	274	271	233	239	362	171	180	225	257	256	533
22	610	768	770	670	774	842	547	552	555	210	160	157	211	216	348	689	298	298	315	315	535
23	481	729	732	632	735	803	418	423	446	81	195	193	82	87	219	221	230	208	202	201	406
24	472	751	754	654	757	825	440	445	468	118	232	230	113	125	215	179	187	159	153	153	397
25	434	714	716	616	719	787	402	408	431	76	193	191	75	87	178	224	233	205	183	185	363
26	218	697	699	599	702	770	385	378	335	193	311	310	193	201	121	381	371	281	190	179	143
27	348	826	828	728	831	899	514	507	464	203	321	319	205	211	192	222	221	165	68	57	273
28	350	828	831	731	834	902	517	510	466	200	318	317	200	208	197	222	221	165	68	57	275
29	117	583	585	492	588	680	269	258	237	349	467	465	348	358	219	540	530	475	369	365	46
30	502	478	481	381	484	552	238	244	267	207	199	154	207	213	239	501	510	472	424	420	432
31	311	485	488	388	491	559	174	180	134	239	293	298	239	245	225	533	542	504	464	459	240
32	310	488	490	390	493	561	176	182	133	241	295	300	241	247	224	535	544	506	463	458	239
33	671	158	150	137	154	91	330	336	379	625	592	595	628	629	615	918	929	887	858	860	623
34	644	330	328	232	331	218	303	293	352	597	564	568	601	602	588	891	902	860	831	833	596
35	524	204	201	105	204	238	183	189	232	477	444	448	481	482	486	771	782	741	711	713	476
36	457	242	239	143	242	312	116	121	164	409	376	381	413	415	400	704	715	673	644	645	408
37	395	277	274	183	277	409	140	145	163	462	500	505	466	467	424	756	767	725	654	656	363
38	331	347	344	253	347	479	107	100	90	429	467	471	433	434	360	723	734	705	590	591	299
39	215	459	456	365	459	547	133	126	105	385	486	490	384	384	266	648	636	589	474	475	182
40	826	248	256	292	251	68	485	490	533	774	746	750	783	784	770	1073	1084	1042	1013	1014	778



ตารางที่ 5 แสดงระยะทางขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้ากับร้านสาขาทั้ง 40 สาขา (ส่วนที่ 4)

	DC	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
DC	0	608	610	481	472	434	218	348	350	117	502	311	310	671	644	524	457	395	331	215	826
21	608	0	118	165	164	190	393	218	295	581	422	483	485	869	836	716	648	701	668	610	1018
22	610	118	0	132	182	180	396	336	333	562	306	450	452	749	723	604	536	679	645	596	905
23	481	165	132	0	50	48	264	204	201	429	292	324	326	710	685	565	497	550	516	467	866
24	472	164	182	50	0	38	253	155	152	441	314	346	348	731	707	587	519	572	538	464	888
25	434	190	180	48	38	0	220	163	160	408	271	303	305	689	663	544	476	528	495	430	845
26	218	393	396	264	253	220	0	129	131	192	351	287	286	694	652	532	465	475	411	295	834
27	348	218	336	204	155	163	129	0	3	318	376	412	411	819	781	661	594	604	540	424	936
28	350	295	333	201	152	160	131	3	0	320	374	415	414	822	784	664	596	607	543	427	966
29	117	581	562	429	441	408	192	318	320	0	420	229	228	574	562	442	374	313	248	132	743
30	502	422	306	292	314	271	351	376	374	420	0	192	194	461	433	314	246	370	337	363	615
31	311	483	450	324	346	303	287	412	415	229	192	0	2	468	441	321	254	306	223	192	623
32	310	485	452	326	348	305	286	411	414	228	194	2	0	470	443	323	256	308	222	191	625
33	671	869	749	710	731	689	694	819	822	574	461	468	470	0	151	148	222	318	388	457	115
34	644	836	723	685	707	663	652	781	784	562	433	441	443	151	0	123	194	344	360	429	286
35	524	716	604	565	587	544	532	661	664	442	314	321	323	148	123	0	75	224	240	310	305
36	457	648	536	497	519	476	465	594	596	374	246	254	256	222	194	75	0	161	167	243	376
37	395	701	679	550	572	528	475	604	607	313	370	306	308	318	344	224	161	0	72	183	472
38	331	668	645	516	538	495	411	540	543	248	337	223	222	388	360	240	167	72	0	119	540
39	215	610	596	467	464	430	295	424	427	132	363	192	191	457	429	310	243	183	119	0	612
40	826	1018	905	866	888	845	834	936	966	743	615	623	625	115	286	305	376	472	540	612	0

3. การจัดเส้นทางขนส่งแบบเดิม

นำข้อมูลจากตารางเมตริกซ์ที่ 2 – 5 นำมาวิเคราะห์ข้อมูลของการจัดเส้นทางขนส่งแบบเดิมที่บริษัทจัดเส้นทางสำหรับขนส่งสินค้าจะได้ขั้นตอนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบเดิมตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบเดิม

การจัดเส้นทางขนส่งแบบเดิม			
รถบรรทุก คันที่ 1	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC → 1 → 2 → 4 → 3 → 37 → DC	5
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 → 1,100 → 900 → 600 → 1,000 → 600	4,200
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 → 671 → 12 → 9 → 103 → 183 → 395	1,373
รถบรรทุก คันที่ 2	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC → 40 → 5 → 33 → 35 → DC	4
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 → 800 → 1,300 → 700 → 700	3,500
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 → 826 → 67 → 91 → 148 → 524	1,656
รถบรรทุก คันที่ 3	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC → 34 → 36 → 6 → 7 → 8 → 38 → 39 → DC	7
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 → 800 → 600 → 1,400 → 800 → 800 → 600 → 800	5,800
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 → 664 → 194 → 116 → 10 → 58 → 90 → 119 → 215	1,466
รถบรรทุก คันที่ 4	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC → 26 → 10 → 11 → 13 → 12 → 9 → 14 → DC	7
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 → 1,300 → 1,100 → 600 → 500 → 450 → 1,100 → 400	5,450



การจัดเส้นทางขนส่งแบบเดิม			
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 -> 218 -> 311 -> 5 -> 115 -> 8 -> 4 -> 130 -> 297	1,088
รถบรรทุก คันที่ 5	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC -> 16 -> 15 -> 17 -> 18 -> 19 -> 27 -> 28 -> DC	7
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 -> 600 -> 1,100 -> 700 -> 900 -> 750 -> 700 -> 650	5,400
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 -> 560 -> 12 -> 57 -> 106 -> 4 -> 57 -> 3 -> 350	1,149
รถบรรทุก คันที่ 6	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC -> 20 -> 21 -> 22 -> 23 -> 24 -> 25 -> DC	6
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 -> 1,050 -> 900 -> 800 -> 750 -> 750 -> 1,300	5,550
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 -> 76 -> 533 -> 118 -> 132 -> 50 -> 38 -> 434	1,381
รถบรรทุก คันที่ 7	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC -> 29 -> 30 -> 31 -> 32 -> DC	4
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 -> 900 -> 600 -> 500 -> 800	2,800
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 -> 117 -> 420 -> 192 -> 2 -> 310	1,041

ตารางที่ 7 สรุปการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบเดิม

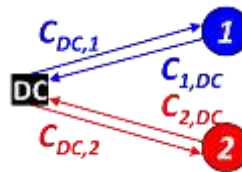
สรุปการจัดเส้นทางขนส่งแบบเดิม			
รถบรรทุก	เส้นทาง (จุดส่ง)	น้ำหนัก บรรทุก (กิโลกรัม)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
คันที่ 1	DC -> 1 -> 2 -> 4 -> 3 -> 37 -> DC	4,200	1,373
คันที่ 2	DC -> 40 -> 5 -> 33 -> 35 -> DC	3,500	1,656
คันที่ 3	DC -> 34 -> 36 -> 6 -> 7 -> 8 -> 38 -> 39 -> DC	5,800	1,466
คันที่ 4	DC -> 26 -> 10 -> 11 -> 13 -> 12 -> 9 -> 14 -> DC	5,450	1,088
คันที่ 5	DC -> 16 -> 15 -> 17 -> 18 -> 19 -> 27 -> 28 -> DC	5,400	1,149
คันที่ 6	DC -> 20 -> 21 -> 22 -> 23 -> 24 -> 25 -> DC	5,550	1,381
คันที่ 7	DC -> 29 -> 30 -> 31 -> 32 -> DC	2,800	1,041
รวม		32,700	9,154



จากตารางที่ 7 ซึ่งเป็นการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบเดิม ทำให้สรุปได้ว่าใช้รถบรรทุกจำนวน 7 คัน ในการขนส่งสินค้า และใช้ระยะทางรวมกันทั้งหมด 9,154 กิโลเมตรต่อ 1 รอบส่งสินค้า

4. การจัดเส้นทางขนส่งแบบแบบอัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm)

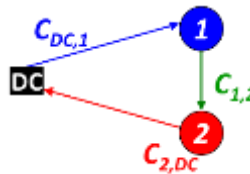
นำข้อมูลจากตารางเมตริกซ์ที่ 2 – 5 นำมาสร้างเมตริกซ์ค่าประหยัด โดยคำนวณค่าประหยัดที่เกิดจากการรวมจุดส่งสินค้าเริ่มจากการสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) จะได้จำนวน 2 เส้นทางจากระยะทางไปกลับระหว่างศูนย์กระจายสินค้ากับร้านสาขาที่ 1 และ 2 (ยกตัวอย่าง) จะได้สมการที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงการสร้างคำตอบเริ่มต้น

$$\text{ค่ารวม} = C_{DC,1} + C_{1,DC} + C_{2,DC} + C_{DC,2} \quad (1)$$

จากนั้นสร้างคำตอบแบบประหยัด (Savings Solution) จะได้จำนวน 1 เส้นทางจากระยะทางจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังร้านสาขาที่ 1 และ 2 (ยกตัวอย่าง) ตามลำดับและกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าที่เดิม จะได้สมการที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการสร้างคำตอบแบบประหยัด

$$\text{ค่ารวม} = C_{DC,1} + C_{1,2} + C_{2,DC} \quad (2)$$

นำสมการที่ 1 และ 2 มาลบกันเพื่อหาค่าประหยัดที่เกิดจากการรวมจุดส่งสินค้า (Saving Value) ของร้านสาขาที่ 1 และ 2 จะได้สมการที่ 3

$$(S_{1,2}) = (C_{DC,1} + C_{1,DC} + C_{2,DC} + C_{DC,2}) - (C_{DC,1} + C_{1,2} + C_{2,DC})$$

$$\text{Savings Value } (S_{1,2}) = C_{1,DC} + C_{DC,2} - C_{1,2} \quad (3)$$

โดย $S_{1,2}$ แทนค่าประหยัดของระยะทางในการขนส่งสินค้าระหว่างร้านสาขาที่ 1 และ 2
 $C_{DC,1}$ แทนค่าระยะทางในการขนส่งสินค้า ระหว่างศูนย์กระจายสินค้า และร้านสาขาที่ 1
 $C_{1,DC}$ แทนค่าระยะทางในการขนส่งสินค้า ระหว่างร้านสาขาที่ 1 และศูนย์กระจายสินค้า
 $C_{2,DC}$ แทนค่าระยะทางในการขนส่งสินค้า ระหว่างร้านสาขาที่ 2 และศูนย์กระจายสินค้า
 $C_{DC,2}$ แทนค่าระยะทางในการขนส่งสินค้า ระหว่างศูนย์กระจายสินค้า และร้านสาขาที่ 2



$C_{1,2}$ แทนค่าระยะทางในการขนส่งสินค้า ระหว่างร้านสาขาที่ 1 และ 2

จากสมการที่ 3 ค่าประหยัด (Saving Value) ของร้านสาขาที่ 1 และ 2 จะได้เท่ากับ

$$\text{Savings Value } (S_{1,2}) = 671 + 668 - 12 = 1,327$$

หลังจากทำการคำนวณค่าประหยัดทั้งหมดจนครบ และให้ทำการเรียงลำดับค่าจากมากไปน้อยจะได้ผลตามตารางที่ 8 และ 9 จากนั้นเลือกลูกค้า 2 คนที่มีค่าระยะประหยัด (Saving) มากที่สุดและตรวจสอบว่ามี ความเป็นไปได้หรือไม่ถ้าทำการรวมลูกค้า a และลูกค้า b ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกันโดยที่ไม่ทำให้เส้นทางนั้นขัดแย้งกับเงื่อนไขในกรณีเส้นทางที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขอาจหมายถึงน้ำหนักของสินค้าจะต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ ซึ่งคำนวณปริมาตรน้ำหนักในการบรรทุกต้องไม่เกิน 7,500 กิโลกรัมต่อคันจากตารางที่ 1 และคำนวณระยะทางขนส่งโดยนำระยะทางที่ทำไว้ในตารางเมตริกซ์ระยะทางขนส่งจากตารางที่ 2 – 5 หลังจากการจัดเส้นทางขนส่งแบบอัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm) จะได้ขั้นตอนการจัดเส้นทางขนส่งแบบอัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm) ตามตารางที่ 10

ตารางที่ 8 ตารางเมตริกซ์ค่าประหยัด (Savings Value) (ส่วนที่ 1)



No.	Value	No.	Value	No.	Value	No.	Value	No.	Value	No.	Value	No.	Value	No.	Value
S 5,40	1,520	S 33,36	906	S 9,21	786	S 23,30	691	S 19,25	648	S 4,11	579	S 31,33	514	S 9,40	462
S 33,40	1,382	S 23,24	903	S 13,21	786	S 36,37	691	S 23,28	630	S 9,14	577	S 31,34	514	S 13,33	459
S 5,33	1,341	S 22,24	900	S 17,23	786	S 19,27	690	S 22,28	627	S 10,14	577	S 31,35	514	S 13,34	459
S 2,4	1,334	S 17,21	896	S 12,21	784	S 2,30	689	S 23,27	625	S 12,14	577	S 31,36	514	S 13,35	459
S 1,4	1,333	S 3,36	891	S 15,25	781	S 4,30	689	S 25,28	624	S 11,14	576	S 31,40	514	S 13,36	459
S 1,2	1,327	S 1,36	886	S 10,25	769	S 16,28	689	S 22,27	622	S 13,14	575	S 1,22	513	S 13,40	459
S 1,5	1,252	S 2,36	886	S 11,25	769	S 6,33	688	S 30,31	621	S 7,38	572	S 5,31	513	S 5,13	458
S 1,40	1,249	S 4,36	886	S 9,25	768	S 6,34	688	S 36,38	621	S 15,30	572	S 32,33	511	S 9,36	458
S 4,5	1,246	S 11,30	874	S 10,24	768	S 6,35	688	S 25,27	619	S 6,38	571	S 32,34	511	S 9,34	457
S 4,40	1,246	S 16,22	872	S 11,24	768	S 6,36	688	S 31,32	619	S 9,18	562	S 32,35	511	S 9,35	457
S 2,40	1,238	S 24,25	868	S 12,24	768	S 6,40	688	S 30,32	618	S 8,38	561	S 32,36	511	S 5,9	456
S 2,5	1,237	S 23,25	867	S 12,25	768	S 21,30	688	S 38,40	617	S 10,18	561	S 32,40	511	S 9,33	456
S 2,33	1,189	S 15,24	864	S 9,24	764	S 16,27	687	S 34,38	615	S 11,18	561	S 5,32	510	S 12,36	453
S 4,33	1,188	S 22,25	864	S 13,24	764	S 5,6	686	S 35,38	615	S 12,18	561	S 14,15	509	S 14,27	453
S 5,34	1,187	S 11,21	863	S 13,25	764	S 18,28	680	S 33,38	614	S 13,18	561	S 14,17	509	S 12,33	452
S 1,33	1,184	S 10,21	862	S 16,25	761	S 19,23	679	S 5,38	613	S 9,28	560	S 2,22	508	S 12,34	452
S 34,40	1,184	S 21,25	852	S 19,21	751	S 6,7	678	S 8,36	613	S 10,28	560	S 4,22	507	S 12,35	452
S 33,34	1,164	S 16,24	845	S 18,21	749	S 18,27	678	S 8,40	613	S 14,30	560	S 6,10	506	S 12,40	452
S 1,3	1,149	S 10,30	831	S 37,40	749	S 7,36	677	S 8,33	612	S 9,19	559	S 3,31	500	S 5,12	451
S 3,4	1,145	S 15,23	831	S 33,37	748	S 7,40	677	S 8,34	612	S 10,19	559	S 6,11	500	S 8,10	451
S 2,3	1,143	S 10,13	828	S 5,37	747	S 18,23	677	S 8,35	612	S 11,19	559	S 14,16	500	S 14,28	450
S 15,16	1,119	S 11,13	828	S 17,25	742	S 7,33	676	S 5,8	611	S 11,28	559	S 1,31	497	S 17,26	450
S 3,5	1,112	S 17,24	826	S 21,27	738	S 7,35	676	S 6,30	611	S 12,28	559	S 3,32	497	S 14,18	449
S 3,33	1,111	S 17,22	825	S 19,24	718	S 10,16	676	S 10,36	609	S 13,28	559	S 8,31	497	S 14,19	446
S 3,40	1,111	S 9,10	818	S 18,24	717	S 11,16	676	S 10,34	608	S 14,22	559	S 8,32	497	S 3,13	445
S 21,22	1,100	S 9,11	818	S 30,34	713	S 5,7	675	S 10,35	608	S 14,23	559	S 30,38	496	S 8,11	445
S 10,11	1,049	S 9,13	818	S 30,36	713	S 3,6	674	S 10,40	608	S 12,19	558	S 7,10	495	S 3,9	443
S 5,35	1,047	S 12,13	818	S 30,40	713	S 9,16	672	S 5,10	607	S 13,19	558	S 1,32	493	S 23,33	442
S 33,35	1,047	S 9,12	815	S 30,33	712	S 13,16	672	S 10,33	607	S 8,30	555	S 15,22	492	S 25,31	442
S 34,35	1,045	S 10,12	815	S 30,35	712	S 12,16	670	S 7,8	603	S 9,27	555	S 2,31	491	S 1,13	441
S 35,40	1,045	S 11,12	815	S 5,30	711	S 24,28	670	S 6,37	602	S 10,27	555	S 4,31	491	S 23,36	441
S 15,17	1,027	S 10,23	814	S 13,30	706	S 2,6	665	S 11,33	602	S 11,27	555	S 7,11	489	S 23,40	441
S 16,17	1,016	S 11,23	814	S 9,30	705	S 24,27	665	S 11,34	602	S 13,27	554	S 2,32	488	S 1,9	440
S 15,21	1,008	S 13,22	811	S 12,30	704	S 25,30	665	S 11,35	602	S 14,24	554	S 4,32	488	S 23,34	440
S 3,35	996	S 13,23	811	S 15,28	699	S 4,6	664	S 11,36	602	S 14,25	553	S 6,31	484	S 23,35	440
S 1,35	991	S 16,23	811	S 3,30	698	S 21,28	663	S 11,40	602	S 8,37	552	S 13,31	483	S 5,23	439
S 2,35	991	S 9,22	810	S 10,15	698	S 3,7	662	S 5,11	601	S 12,27	552	S 9,31	482	S 25,32	439
S 4,35	991	S 9,23	810	S 11,15	698	S 24,30	660	S 7,30	599	S 16,30	552	S 6,32	481	S 3,12	438
S 3,34	989	S 12,22	808	S 17,28	698	S 1,7	659	S 1,6	598	S 10,31	546	S 12,31	481	S 19,26	438
S 16,21	988	S 12,23	808	S 15,27	697	S 1,38	655	S 3,8	598	S 10,32	543	S 19,30	481	S 24,26	437
S 1,34	985	S 15,18	806	S 17,27	696	S 2,38	655	S 6,8	598	S 14,21	543	S 13,32	480	S 24,31	437
S 2,34	984	S 22,30	806	S 1,30	695	S 3,38	655	S 1,8	595	S 17,30	543	S 9,32	479	S 26,27	437
S 4,34	984	S 17,18	805	S 27,28	695	S 4,38	655	S 3,10	594	S 11,31	539	S 12,32	478	S 26,28	437
S 11,22	979	S 15,19	804	S 34,37	695	S 10,17	655	S 1,10	591	S 11,32	536	S 28,30	478	S 2,13	436
S 10,22	978	S 17,19	803	S 35,37	695	S 11,17	655	S 7,37	591	S 22,33	532	S 18,30	476	S 4,13	436
S 22,23	959	S 16,18	796	S 9,15	694	S 12,17	655	S 2,8	589	S 22,34	531	S 27,30	474	S 21,31	436
S 21,23	924	S 16,19	793	S 13,15	694	S 37,38	655	S 4,8	589	S 22,36	531	S 7,31	472	S 1,12	435
S 21,24	916	S 18,19	793	S 19,22	694	S 2,7	653	S 3,11	588	S 22,40	531	S 22,31	471	S 9,26	435
S 34,36	907	S 1,37	789	S 18,22	693	S 4,7	653	S 1,11	585	S 22,35	530	S 7,32	469	S 10,26	435
S 36,40	907	S 2,37	789	S 7,34	692	S 9,17	651	S 2,10	585	S 5,22	529	S 22,32	468	S 23,26	435
S 35,36	907	S 3,37	789	S 12,15	692	S 13,17	651	S 4,10	585	S 30,37	527	S 23,31	468	S 2,9	434
S 5,36	906	S 4,37	789	S 19,28	692	S 18,25	649	S 2,11	579	S 3,22	517	S 23,32	465	S 4,9	434



ตารางที่ 9 ตารางเมตริกซ์ค่าประหยัด (Savings Value) (ส่วนที่ 2)

No.	Value	No.	Value	No.	Value	No.	Value	No.	Value	No.	Value	No.	Value		
S 11,26	434	S 7,12	410	S 13,37	345	S 6,15	294	S 27,35	211	S 1,19	193	S 20,32	147		
S 12,26	434	S 21,33	410	S 9,37	343	S 3,16	288	S 27,36	211	S 1,27	193	S 27,29	147		
S 13,26	434	S 24,36	410	S 3,14	339	S 1,16	284	S 28,36	211	S 1,28	193	S 28,29	147		
S 24,32	434	S 24,40	410	S 12,37	338	S 7,15	282	S 5,18	210	S 1,26	192	S 18,29	146		
S 21,26	433	S 24,34	409	S 1,14	336	S 1,17	279	S 5,27	210	S 2,18	188	S 19,20	146		
S 21,32	433	S 24,35	409	S 14,35	335	S 2,16	279	S 15,37	210	S 2,27	188	S 20,30	146		
S 22,26	432	S 5,24	408	S 31,39	334	S 4,16	278	S 19,33	210	S 4,18	188	S 15,20	144		
S 25,26	432	S 5,25	408	S 32,39	334	S 8,17	275	S 19,34	210	S 4,27	188	S 21,29	144		
S 7,39	430	S 15,26	408	S 2,14	330	S 2,17	273	S 19,35	210	S 16,37	188	S 25,29	143		
S 8,39	430	S 16,26	407	S 4,14	330	S 4,17	273	S 26,34	210	S 2,19	187	S 26,29	143		
S 34,39	430	S 3,21	402	S 8,21	330	S 6,16	272	S 26,35	210	S 2,26	187	S 16,20	142		
S 2,12	429	S 31,37	400	S 16,31	329	S 21,38	271	S 26,36	210	S 2,28	187	S 9,20	141		
S 4,12	429	S 1,21	399	S 16,32	326	S 25,38	270	S 26,40	210	S 4,19	187	S 10,20	141		
S 5,39	429	S 7,22	399	S 22,37	326	S 14,37	268	S 28,34	210	S 4,26	187	S 11,20	141		
S 6,13	429	S 7,23	399	S 23,37	326	S 14,38	268	S 28,35	210	S 4,28	187	S 18,20	141		
S 6,39	429	S 32,37	397	S 7,14	324	S 6,17	266	S 28,40	210	S 17,37	183	S 12,20	140		
S 33,39	429	S 3,24	395	S 8,24	324	S 24,38	265	S 5,19	209	S 7,18	182	S 13,20	140		
S 35,39	429	S 3,25	395	S 15,33	324	S 7,16	260	S 5,26	209	S 7,27	182	S 16,39	139		
S 36,39	429	S 14,26	394	S 15,34	324	S 10,39	257	S 5,28	209	S 6,18	181	S 17,38	139		
S 39,40	429	S 2,21	393	S 15,35	324	S 7,17	255	S 1,29	205	S 6,27	181	S 17,39	139		
S 1,39	427	S 4,21	393	S 15,36	324	S 11,39	251	S 8,18	204	S 7,19	181	S 18,37	139		
S 2,39	427	S 1,24	392	S 15,40	324	S 19,31	251	S 8,19	204	S 7,26	181	S 18,38	139		
S 3,39	427	S 10,38	392	S 5,15	323	S 19,32	251	S 8,27	204	S 7,28	181	S 18,39	139		
S 4,39	427	S 1,25	391	S 6,14	323	S 13,39	248	S 8,28	204	S 6,19	180	S 19,38	139		
S 6,9	427	S 2,24	386	S 8,25	323	S 27,31	247	S 8,26	203	S 6,26	180	S 19,39	139		
S 37,39	427	S 2,25	386	S 17,31	320	S 27,32	247	S 3,29	202	S 6,28	180	S 27,37	139		
S 38,39	427	S 4,24	386	S 17,32	317	S 14,39	246	S 2,29	200	S 15,38	179	S 27,38	139		
S 3,23	426	S 4,25	386	S 13,38	314	S 28,31	246	S 4,29	200	S 9,29	178	S 27,39	139		
S 18,26	426	S 6,21	386	S 9,38	312	S 28,32	246	S 7,29	200	S 10,29	178	S 15,39	138		
S 1,23	423	S 11,38	386	S 3,15	310	S 18,31	245	S 8,29	200	S 11,29	178	S 19,37	138		
S 10,37	423	S 14,31	383	S 3,17	310	S 18,32	245	S 27,33	200	S 12,29	178	S 26,37	138		
S 6,12	422	S 14,32	383	S 12,38	307	S 26,31	242	S 29,36	200	S 13,29	176	S 26,38	138		
S 31,38	419	S 6,24	379	S 1,15	306	S 26,32	242	S 29,38	200	S 23,29	169	S 26,39	138		
S 32,38	419	S 6,25	379	S 16,33	302	S 9,39	240	S 29,39	200	S 22,29	165	S 28,37	138		
S 2,23	417	S 8,22	375	S 16,34	302	S 12,39	240	S 29,40	200	S 16,38	157	S 28,38	138		
S 4,23	417	S 7,21	374	S 16,35	302	S 8,15	238	S 28,33	199	S 17,29	155	S 28,39	138		
S 7,13	417	S 8,13	373	S 16,36	302	S 27,40	238	S 29,30	199	S 19,29	151	S 20,36	125		
S 21,36	417	S 8,9	371	S 16,40	302	S 22,39	229	S 29,31	199	S 20,21	151	S 20,33	124		
S 11,37	416	S 26,30	369	S 21,37	302	S 23,39	229	S 29,32	199	S 20,22	151	S 20,34	124		
S 21,34	416	S 7,24	368	S 2,15	301	S 24,39	223	S 29,34	199	S 20,23	151	S 20,35	124		
S 21,35	416	S 7,25	367	S 4,15	301	S 25,39	219	S 29,35	199	S 20,24	151	S 20,40	124		
S 21,40	416	S 8,12	366	S 25,37	301	S 8,16	216	S 29,37	199	S 20,26	151	S 5,20	123		
S 25,33	416	S 8,23	355	S 5,16	300	S 29,33	214	S 5,29	198	S 20,27	151	S 1,20	114		
S 5,21	415	S 14,36	354	S 17,33	297	S 21,39	213	S 3,18	197	S 20,28	151	S 3,20	111		
S 7,9	415	S 30,39	354	S 17,34	297	S 18,33	211	S 3,27	197	S 17,20	150	S 2,20	109		
S 25,34	415	S 14,33	353	S 17,36	297	S 18,34	211	S 3,19	196	S 14,20	148	S 7,20	109		
S 25,36	415	S 14,34	353	S 17,40	297	S 18,35	211	S 3,26	196	S 15,29	148	S 8,20	109		
S 25,40	415	S 14,40	353	S 17,35	296	S 18,36	211	S 3,28	196	S 24,29	148	S 20,39	109		
S 25,35	414	S 5,14	352	S 22,38	296	S 18,40	211	S 6,29	195	S 16,29	147	S 4,20	108		
S 24,33	412	S 15,31	349	S 23,38	296	S 19,36	211	S 14,29	195	S 20,25	147	S 20,37	108		
S 6,22	410	S 8,14	347	S 5,17	295	S 19,40	211	S 26,33	195	S 20,29	147	S 20,38	108		
S 6,23	410	S 15,32	346	S 24,37	295	S 27,34	211	S 1,18	193	S 20,31	147	S 6,20	104		



ตารางที่ 10 ขั้นตอนการจัดเส้นทางขนส่งแบบอัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm)

การจัดเส้นทางขนส่งแบบอัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm)			
รถบรรทุกคันที่ 1	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC → 3 → 2 → 4 → 1 → 5 → 40 → 33 → 34 → DC	8
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 → 1,000 → 900 → 600 → 1,100 → 1,300 → 800 → 700 → 800	7,200
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 → 577 → 102 → 5 → 9 → 180 → 68 → 115 → 151 → 644	1,851
รถบรรทุกคันที่ 2	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC → 24 → 17 → 15 → 16 → 21 → 22 → 11 → 10 → 30 → DC	9
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 → 750 → 700 → 1,100 → 600 → 900 → 800 → 600 → 1,100 → 600	7,150
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 → 472 → 159 → 57 → 12 → 180 → 118 → → 157 → 5 → 199 → 502	1,861
รถบรรทุกคันที่ 3	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC → 9 → 12 → 13 → 23 → 28 → 27 → 18 → 19 → 25 → DC	9
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 → 1,100 → 450 → 500 → 750 → 650 → 700 → 900 → 750 → 1,300	7,100
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 → 410 → 4 → 8 → 87 → 201 → 3 → 68 → 4 → 185 → 434	1,404
รถบรรทุกคันที่ 4	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC → 6 → 37 → 7 → 8 → 36 → 38 → 35 → 31 → 32 → DC	9
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 → 1,400 → 600 → 800 → 800 → 600 → 600 → 700 → 500 → 800	6,800
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 → 347 → 140 → 145 → 58 → 164 → 167 → 240 → 321 → 2 → 310	1,894
รถบรรทุกคันที่ 5	เส้นทาง (จุดส่ง)	DC → 14 → 26 → 20 → 29 → 39 → DC	5
	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	0 → 400 → 1,300 → 1,050 → 900 → 800	4,450
	ระยะทาง (กิโลเมตร)	0 → 297 → 121 → 143 → 46 → 132 → 215	954



ตารางที่ 11 สรุปการจัดเส้นทางรถขนส่งแบบอัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm)

สรุปการจัดเส้นทางรถขนส่งแบบอัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm)			
รถบรรทุก	เส้นทาง (จุดส่ง)	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
คันที่ 1	DC -> 3 -> 2 -> 4 -> 1 -> 5 -> 40 -> 33 -> 34 -> DC	7,200	1,851
คันที่ 2	DC -> 24 -> 17 -> 15 -> 16 -> 21 -> 22 -> 11 -> 10 -> 30 -> DC	7,150	1,861
คันที่ 3	DC -> 9 -> 12 -> 13 -> 23 -> 28 -> 27 -> 18 -> 19 -> 25 -> DC	7,100	1,404
คันที่ 4	DC -> 6 -> 37 -> 7 -> 8 -> 36 -> 38 -> 35 -> 31 -> 32 -> DC	6,800	1,894
คันที่ 5	DC -> 14 -> 26 -> 20 -> 29 -> 39 -> DC	4,450	954
รวม		32,700	7,964

จากตารางที่ 11 ซึ่งเป็นการจัดเส้นทางแบบอัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm) ทำให้ใช้รถบรรทุกจำนวน 5 คันในการขนส่งสินค้า และใช้ระยะทางรวมกันทั้งหมด 7,964 กิโลเมตรต่อ 1 รอบส่งสินค้า

อภิปรายผล

การจัดเส้นทางรถขนส่งด้วยวิธีอัลกอริทึมประหยัด กรณีศึกษา บริษัท เอ็มเอ็นโอ จำกัด โดยนำหลักทฤษฎีอัลกอริทึมประหยัด (Saving Algorithm) เกี่ยวกับปริมาณและระยะทางเพื่อให้การจัดเส้นทางมีระยะทางที่ลดลงและเหมาะสมในการปฏิบัติ ซึ่งเป็นเส้นทางที่ใช้เป็นเส้นทางเดิมยังไม่ได้มีการปรับปรุงเส้นทางใหม่ ทำให้การใช้จำนวนรถไม่ได้เต็มที่ตามศักยภาพของรถ จึงได้นำแนวทางการทฤษฎีการจัดเส้นทางมาประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับปฏิบัติงาน ซึ่งผลการปฏิบัติงานได้การเปลี่ยนแปลง สามารถทำให้ได้ระยะทางที่ลดลงและเกิดประสิทธิภาพมากขึ้น ตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงเปรียบเทียบผลการทดลองก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงการจัดเส้นทางรถขนส่ง

เปรียบเทียบผลที่ได้จากก่อนและหลังปรับปรุงเส้นทางรถขนส่งสินค้า						
จำนวน	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ลดลง	คิดเป็น	ประหยัดน้ำมัน* (ลิตร)	จำนวนเงิน** (บาท)
รถบรรทุก	7	5	2	28.57%	2,380	78,397.20
เที่ยว/เดือน	56	25	31	55.36%		



ระยะทาง (กิโลเมตร)	73,232	63,712	9,520	13.00%		
*อัตราการกินน้ำมันของรถบรรทุกสินค้า 1 ลิตร / 4 กิโลเมตร						
**คิดจากราคาน้ำมัน 32.94 บาท/ลิตร (วันที่ 30 มิถุนายน 2567)						

ผลจากการวิจัยพบว่าการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมด้วยวิธีอัลกอริทึมประหยัด ช่วยทำให้จำนวนเที่ยวในการขนส่งสินค้าลดลงได้จากเดิม 56 เที่ยวต่อเดือน สามารถลดลงได้ 31 เที่ยวต่อเดือน คิดเป็น 55.36 % และมีระยะทางที่ลดลงจากเดิม 73,232 กิโลเมตรต่อเดือน เหลือระยะทางจริง 63,712 กิโลเมตรต่อเดือน สามารถลดลงได้ 9,520 กิโลเมตร คิดเป็น 13.00 % ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 2,380 ลิตร คิดเป็นเงิน 78,397.20 บาท (คิดที่ค่าน้ำมันปัจจุบัน วันที่ 30 มิถุนายน 2567 ลิตรละ 32.94 บาท)

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาครั้งนี้ เป็นแนวทางให้แก่ผู้ประกอบการขนส่งหรือบริษัทต่างๆ นำข้อมูลการขนส่งที่มีอยู่มาวิเคราะห์เพื่อลดระยะทางการขนส่งและลดต้นทุนด้านเชื้อเพลิงได้ ทั้งนี้ทั้งนั้นเพื่อความแม่นยำของข้อมูลที่ได้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและข้อจำกัดต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการที่สุด ยกตัวอย่างเช่น

1. รูปแบบบรรจุภัณฑ์ของสินค้าที่บรรจุในรถบรรทุก น้ำหนักอาจจะไม่เกินความสามารถของการบรรทุก แต่ขนาดอาจจะเกินกว่าขนาดของการบรรทุก ทำให้การคำนวณพื้นที่ปริมาตรการบรรทุกทำได้ยาก
2. เวลาส่งสินค้าของร้านแต่ละสาขา ต้องมีเจ้าหน้าที่รับผิดชอบรับสินค้าในแต่ละร้านสาขา และสามารถพร้อมรับสินค้าได้ตลอดเวลาเพื่อความสะดวกในการขนส่งสินค้า โดยให้ทีมฝ่ายปฏิบัติการดำเนินการวางแผนการจัดคนรับสินค้าตามเวลาที่แผนขนส่งกำหนดให้



บรรณานุกรม

- ณัฐวุฒิ พุ่มพุกษี, ปิยธิดา ศรีพงษ์สุทธิ์ และพรพิทักษ์ พันธุ์หล้า. (2567) การประยุกต์ใช้ GIS Analysis และ VRP วิเคราะห์ตรวจสอบข้อมูลเส้นทางการขนส่งห่วงโซ่ความเย็น สำหรับส่งมอบวัคซีนไปยังโรงพยาบาลและศูนย์บริการสาธารณสุขในสังกัดกรุงเทพมหานคร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชอร์ชี่สวาทอง, 3(2), 62-74
- น้ำฝน พาพันธ์ และภัทรานิษฐ์ แก้วประดิษฐ์. (2563). การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษา : โรงงานเม็ดพลาสติก. (โครงการวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์).
- ปัญญาวัฒน์ จันทรชัยภักดี. (2561). การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียน: กรณีศึกษาโรงเรียนประสิทธิ์ศึกษาสงเคราะห์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี).
- ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร. (2561). การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางพาหนะ. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, 8(1), 122-134.
- วรพล อารีย์, ภาณุพงศ์ กลิ่นอุบล, สิปกร กรพันธ์, ธนภัทร รัตนานนท์เสถียร และจิรัฐติกา คชสิทธิ์. (2565). การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง: กรณีศึกษา บริษัท เอบีซี น้ำดื่ม จำกัด. วารสารเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 14(3), 1-24.
- ศิวพร สุกสี และธาริณี มีเจริญ. (2562) การลดต้นทุนการขนส่งโดยการประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ: กรณีศึกษา บริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ประดับยนต์. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, 9(1), 69-84.
- Clarke, G. & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. Operation Research, 12, 568-581.