การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนในการขนส่งไข่ไก่สด
Optimal Vehicle Routing for Cost Reduction in Fresh Eggs Transportation

สมศักดิ์ แก้วพลอย* สรรรยา ดลหมาน และ ปภัศรา หัสมัน
สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

Somsak Kaewploy* Sawanya Dolman and Papassara Hasmad
Program in Logistics Engineering, Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University
Corresponding author E-mail: somsak.ka@skru.ac.th*

บทคัดย่อ

ฟาร์มไก่ไข่ประสบปัญหาต้นทุนการขนส่งไข่ไก่สดที่สูง เนื่องจากการขาดแผนการจัดเส้นทางที่มีประสิทธิภาพ การขนส่งในปัจจุบันอาศัยประสบการณ์ของพนักงาน ส่งผลให้ระยะทางและต้นทุนเชื้อเพลิงสูงขึ้นโดยไม่จำเป็น บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงเส้นทางการขนส่งไข่ไก่สดไปยังลูกค้า 50 ราย โดยใช้วิธี (1) การเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุด (2) โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver และ (3) โปรแกรมเชิงเส้น Lingo ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้โปรแกรมเชิงเส้น Lingo สามารถลดระยะทางการขนส่งได้ 42.11 กิโลเมตร/เที่ยว ส่งผลให้ต้นทุนเชื้อเพลิงลดลง 175.18 บาท/เที่ยว หรือประมาณ 16,425.79 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 18.60 ของต้นทุนเชื้อเพลิง ดังนั้นการประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้น Lingo ในการวางแผนเส้นทางการขนส่ง จึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดต้นทุนและเพิ่มผลกำไร ให้กับฟาร์มไก่ไข่

คำหลัก: ไข่ไก่สด, ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง, การลดต้นทุน

Abstract

The egg farm is facing high transportation costs for delivering fresh eggs due to a lack of efficient route planning. Currently, deliveries rely on employees' experience, leading to unnecessary increases in distance and fuel expenses. This research aims to optimize the delivery routes to 50 customers by (1) Nearest Neighbor (2) VRP Spreadsheet Solver and (3) Lingo Programming. The study findings indicate that utilizing the Lingo program can reduce transportation distances by 42.11 km./trip, resulting in a fuel cost reduction of 175.18 baht/trip, or approximately 16,425.79 baht/year, accounting for 18.60% of fuel costs. Therefore, implementing Linear Programming with Lingo for route planning is an effective to decrease costs.

Keywords: Fresh Eggs, Vehicle Routing Problem, Cost Reduction

1. บทนำ

การขนส่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในระบบโลจิสติกส์ที่ช่วยสนับสนุนกระบวนการผลิตและการกระจายสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพ [1] สำหรับสินค้าเกษตรกรรม เช่น ไข่ไก่สด การบริหารจัดการขนส่งที่เหมาะสมช่วยลดความเสียหายของสินค้าและต้นทุนดำเนินงาน [2] ผู้ประกอบการควรใช้เทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางและเทคโนโลยี เช่น ระบบติดตามยานพาหนะ เพื่อปรับปรุงการขนส่ง ทั้งนี้แนวทางดังกล่าวช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจต่อไป [3]

ฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษานี้ ตั้งอยู่ที่ตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยได้ทำการเลี้ยงไก่ไข่และจำหน่ายไข่ไก่สดให้กับตลาดและร้านค้าปลีกหลายแห่ง ประสบปัญหาด้านการจัดเส้นทางการขนส่ง เนื่องจากขาดระบบวางแผนที่มีประสิทธิภาพ ทำให้การจัดส่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญเส้นทางของพนักงานในการจัดเส้นทาง โดยพิจารณาจากที่ตั้งของลูกค้าแต่ละรายที่อยู่ใกล้กันให้เป็นเส้นทางเดียวกัน ไม่มีการพิจารณาเส้นทางที่เป็นมาตรฐานทำให้การจัดเส้นทางการขนส่งไม่มีประสิทธิภาพ [4] ส่งผลให้ระยะทางและต้นทุนเชื้อเพลิงสูงขึ้นโดยไม่จำเป็น นอกจากนี้การขนส่งที่ไม่มีการบริหารจัดการที่เหมาะสมอาจส่งผลต่อลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งสินค้าหรือระยะเวลาขนส่งที่ยาวนาน การเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทาง สามารถช่วยลดต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงและปรับปรุงเส้นทางการขนส่งได้

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงได้ทำการศึกษาเพื่อมุ่งเน้นการวิเคราะห์และปรับปรุงเส้นทางขนส่งไข่ไก่สดไปยังลูกค้าจำนวน 50 ราย เพื่อลดต้นทุนเชื้อเพลิงที่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยใช้เทคนิคเชิงฮิวริสติก (Heuristics) และโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ได้แก่ (1) วิธีเดินทางจากจุดที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Heuristics) (2) โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver และ (3) โปรแกรม Lingo (Lingo Programming) ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem; VRP) [5], [6] โดยมีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบแนวทางต่างๆ เพื่อหาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ลดต้นทุนเชื้อเพลิง (ไม่ได้พิจารณาถึงค่าสึกหรอ) และเพิ่มประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

2. การประยุกต์ใช้วิธีการจัดเส้นทางยานพาหนะ

2.1 วิธีการเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Heuristics)

เป็นวิธีการค้นหาจุดส่งสินค้าที่อยู่ใกล้กับจุดส่งสินค้าจุดสุดท้ายมากที่สุด โดยมีปริมาณความต้องการสินค้าไม่เกินความจุของรถขนส่งสินค้า โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ [7], [8]

1) เริ่มจากกำหนดจุดเริ่มต้นหรือคลังสินค้าเป็นจุดอ้างอิงในการค้นหาเส้นทางการขนส่ง จากนั้นค้นหาจุดส่งสินค้าที่อยู่ใกล้จุดอ้างอิงมากที่สุด

2) เลือกจุดส่งสินค้าที่อยู่ใกล้จุดอ้างอิงมากที่สุด เพื่อทำการรวบเข้าสู่เส้นทางหลัก จากนั้นปรับให้จุดส่งสินค้านั้นเป็นจุดอ้างอิงถัดไป

3) ค้นหาจุดส่งสินค้าที่ยังไม่ถูกจัดเข้าเส้นทางที่อยู่ใกล้จุดอ้างอิงสุดท้ายของเส้นทางมากที่สุด แล้วพิจารณาความต้องการสินค้ารวมของเส้นทางกับจุดส่งสินค้าที่ถูกเลือก ถ้าความต้องการสินค้ารวมไม่เกินความจุของรถบรรทุกให้รวบจุดส่งสินค้าที่ถูกเลือกเข้ากับเส้นทางหลัก แล้วปรับจุดส่งสินค้านั้นเป็นจุดอ้างอิงถัดไป

4) หากความต้องการสินค้ารวมเกินความจุของรถบรรทุกให้ทำการปิดเส้นทางหลักนั้น จากนั้นตรวจสอบว่ายังมีจุดส่งสินค้าใดยังไม่ถูกจัดเข้าเส้นทางหรือไม่ ซึ่งหากยังมีจุดส่งสินค้าที่ยังไม่ถูกจัดเข้าเส้นทาง ทำการวนซ้ำขั้นที่ 1, 2 และ 3 อีกครั้งจนกว่าจุดส่งสินค้าทุกจุดจะถูกจัดเข้าเส้นทาง

2.3 โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

เป็นเครื่องมือแก้ปัญหาสำเร็จรูปที่ใช้ในการกำหนดเส้นทางยานพาหนะ (VRP) ขั้นพื้นฐานจากวิธี Saving Heuristics ที่คิดค้นโดย Clarke and Wright ใน ปี ค.ศ. 1964 โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver เป็นโปรแกรมการจัดเส้นทางที่ใช้งานง่าย โดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ความยืดหยุ่น และการเข้าถึงปัญหาเพื่อแก้ปัญหา โปรแกรมนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของปัญหาที่กำหนดไว้ การเก็บข้อมูลของ VRP Spreadsheet Solver ทำได้โดยข้อมูลประเภทต่าง ๆจะเก็บแยกไว้ในเวิร์กชีท (Worksheet) แต่ละประเภท โดยเวิร์กชีทหลัก คือ VRP

Solver Console และประกอบด้วยเวิร์กชีทรองอื่น ๆ ได้แก่ สถานที่ (Locations) ระยะทาง (Distances) เส้นทาง (Vehicles) ข้อแก้ไข (Solution) และการแสดงผล (Visualization) [6]

2.3 การใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์

เป็นการนำเอาปัญหาที่เกิดขึ้นจริงมาสร้างเป็นสมการแบบจำลองขึ้น โดยจะมีการสร้างแบบจำลองในส่วนของสมการวัตถุประสงค์และสมการข้อจำกัด เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งสามารถใช้คนหรือคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาได้ แต่ในการใช้คนกรณีที่ปัญหามีตัวแปรมากอาจจะทำให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีได้ ดังนั้นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยนั้นจะทำให้สามารถรองรับปัญหาที่ใหญ่ได้และใช้เวลาในการหาคำตอบเร็วกว่าการใช้คน ในปัจจุบันมีซอร์ฟแวร์มากมายที่ใช้ในการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นตรง ไม่ว่าจะเป็นโปรแกรม Excell Solver หรือโปรแกรม Lingo สำหรับโปรแกรม Lingo ถูกคิดค้นโดยบริษัท Lindo System ประเทศสหรัฐอเมริกา ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ สามารถเขียนสมการคณิตศาสตร์ของปัญหาเข้าไปได้เลยหรือเขียนในรูปแบบสมการคณิตศาสตร์ทั่วไปก็ได้ หากเป็นสมการรูปแบบทั่วไปจะต้องมีการประกาศตัวแปรและพารามิเตอร์ต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง จากนั้นเขียนสมการเป้าหมายและสมการเงื่อนไขในรูปแบบของโปรแกรม Lingo [8]

3. วิธีการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษารูปแบบการขนส่งไข่ไก่สดของฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษานี้มีลูกค้าทั้งหมด 50 ราย โดยใช้รถกระบะตู้ทึบจำนวน 2 คัน ในการจัดส่งไข่ไก่สดแต่ละครั้ง การจัดส่งสินค้าจะเริ่มต้นจากที่ตั้งของฟาร์มไก่ไข่และไปยังลูกค้าทั้ง 50 ราย

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดเส้นทางการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องศึกษาสภาพปัจจุบันของฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษา ในด้านการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่ง เก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้า ซึ่งมีทั้งข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษา และข้อมูลทุติยภูมิจากข้อมูลสารสนเทศที่ฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษาได้เก็บรวบรวมไว้อยู่แล้วดังนี้

1) ตำแหน่งฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษาที่จะต้องเริ่มต้นและสิ้นสุดการขนส่ง คือฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษา ซึ่งอยู่บนพิกัด Google Map ที่ละติจูด 7.09726 และลองติจูด 100.62202

2) กลุ่มลูกค้าที่มีปริมาณการสั่งไข่ไก่สดจำนวน 50 ราย จัดส่งจำนวน 3 ครั้ง/สัปดาห์ (จันทร์, พุธและศุกร์) แสดงพิกัดบน Google Map ที่ละติจูด/ลองติจูด และปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้าและความต้องการไข่ไก่สด

ลูกค้าที่	ละติจูด	ลองติจูด	ความต้องการ (แผง/ครั้ง)
1	7.15713	100.60284	30
2	7.17525	100.61464	40
.	.	.	.
.	.	.	.
49	6.91308	100.73948	20
50	6.91388	100.73773	10
	รวม		1,980

3) ระยะทางระหว่างลูกค้ากับลูกค้า และลูกค้ากับฟาร์มไก่ไข่ เพื่อพิจารณาระยะทางขนส่งที่เหมาะสมที่สุดในการขนส่งไข่ไก่สดของฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษา ที่ถือเป็นจุดกระจายสินค้า (Distribution Center, DC) โดยแสดงระยะทางระหว่างจุดแต่ละจุด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เมตริกระยะทางระหว่างลูกค้า (หน่วย: กม.)

i/j	DC	1	2	3	.....	49	50
DC	0	13.94	14.45	18.05	.....	27.50	27.09
1	13.94	0	3.01	4.76	.....	35.51	35.09
2	14.45	3.01	0	2.06	.....		
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
49	27.50	35.51	34.17	36.23	.....	0	0.38
50	27.09	35.09	33.97	36.03	.....	0.46	0

4) พิจารณาต้นทุนการขนส่งเพียงค่าน้ำมันเชื้อเพลิงของฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษา (ไม่ได้พิจารณาถึงค่าสึกหรอ) โดยใช้ยานพาหนะขนส่งเป็นรถกระบะตู้ทึบ 4 ล้อ ความสามารถในการบรรทุกสูงสุด 2,000 แผง ขับเคลื่อนด้วยน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน 8 กม./ลิตร สามารถคำนวณได้จากต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/กม.) = ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ลิตร) ÷ อัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน (กม./ลิตร) โดยอ้างอิงน้ำมันเชื้อเพลิง (ดีเซล) ราคา 33.31 บาท/ลิตร เมื่อคำนวณต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงต่อกิโลเมตร จะมีค่าเท่ากับ 33.31/8 = 4.16 บาท/กม.

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีเดิม

การจัดเส้นทางการขนส่งไข่ไก่สดที่ได้จากวิธีปัจจุบันหรือวิธีเดิม สามารถแสดงเส้นทางได้ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยเส้นทางที่ 1 มีระยะทาง 77.12 กิโลเมตร และเส้นทางที่ 2 มีระยะทาง 149.29 กิโลเมตร ดังนั้นมีต้นทุนด้านเชื้อเพลิงรวม [(77.12+149.29)x4.16] = 941.87 บาท

ตารางที่ 3 เส้นทางการขนส่งด้วยวิธีการแบบเดิม

รายการ	เส้นทางที่ 1	เส้นทางที่ 2
ลูกค้า	DC-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-DC	DC-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-DC
ระยะทาง (กม.)	77.12	149.29
จำนวน (แผง)	980	1,000

4.2 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Heuristics)

การจัดเส้นทางการขนส่งที่ได้จากวิธีการเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุด สามารถแสดงเส้นทางได้ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยเส้นทางที่ 1 มีระยะทาง 87.46 กิโลเมตร เส้นทางที่ 2 มีระยะทาง 136.3 กิโลเมตร ดังนั้นมีต้นทุนด้านเชื้อเพลิงรวม [(87.46+136.3)x4.16] = 930.84 บาท

4.3 ผลการจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

การจัดเส้นทางการขนส่งที่ได้จากโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver สามารถแสดงเส้นทางได้ดังแสดงในตารางที่ 5 โดยเส้นทางที่ 1 มีระยะทาง 75.12 กิโลเมตร เส้นทางที่ 2 มีระยะทาง 113.96 กิโลเมตร ดังนั้นมีต้นทุนด้านเชื้อเพลิงรวม [(75.12+113.96)x4.16] = 786.57 บาท

ตารางที่ 4 เส้นทางการขนส่งด้วยวิธีการเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุด

รายการ	เส้นทางที่ 1	เส้นทางที่ 2
ลูกค้า	DC-23-22-21-20-19-18-17-16-14-15-13-12-11-9-8-7-6-4-3-2-1-5-10-DC	DC-25-24-26-41-40-43-46-50-49-48-47-45-44-27-28-42-29-30-31-33-32-34-36-35-39-38-37-DC
ระยะทาง (กม.)	87.46	136.30
จำนวน (แผง)	980	1,000

ตารางที่ 5 เส้นทางการขนส่งด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

รายการ	เส้นทางที่ 1	เส้นทางที่ 2
ลูกค้า	DC-3-4-6-7-8-9-10-11-12-5-2-1-20-21-22-23-19-17-15-14-13-16-18-DC	DC-24-25-26-30-31-32-34-35-36-37-38-39-33-28-27-46-50-49-47-48-45-29-44-42-43-40-41-DC
ระยะทาง (กม.)	75.12	113.96
จำนวน (แผง)	980	1,000

4.4 ผลการจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม Lingo

เป็นการปรับปรุงระบบการจัดเส้นทางการขนส่งไข่ไก่สดที่เหมาะสม จากฟาร์มไก่ไข่ไปยังลูกค้าแต่ละราย ซึ่งปัจจุบันปัญหาด้านการขนส่งฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษานั้นเกิดจากการใช้ประสบการณ์ของพนักงาน และไม่ได้วางแผนบนพื้นฐานของทฤษฎี จึงสมมติฐานได้ว่าระยะทางที่ฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษา ใช้ขนส่งไข่ไก่สดในปัจจุบัน ยังไม่ได้เป็นระยะทางที่สั้นที่สุดและดีที่สุด

ลักษณะปัญหาของการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะในการขนส่งไข่ไก่ แสดงด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาตรฐาน [4] ได้ดังนี้

1) ดัชนี

i คือ ลูกค้ารายที่ i โดยที่ i = 1....N

j คือ ลูกค้ารายที่ j โดยที่ j = 1...N

k คือ ยานพาหนะคันที่ k โดยที่ k = 1....K

2) พารามิเตอร์

C_{ij} คือ ต้นทุนในการเดินทางจากลูกค้า i ไปลูกค้า j

L คือ จำนวนลูกค้า

q_i คือ ความต้องการสินค้า ณ จุด i

a_k คือ ความจุของยานพาหนะที่ k

3) ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision Variables)

X^k_{ij} = 1 เมื่อยานพาหนะ k มีการเดินทางจาก i ไป j

X^k_{ij} = 0 เมื่อยานพาหนะ k ไม่มีการเดินทางจาก i ไป j

U^k_i คือ ค่าตัวแปรตัดสินใจเพื่อกำจัดเส้นทางเดินวนรอบไม่ครบหรือทัวร์ย่อย (Subtour)

Y^k_i = 1 เมื่อลูกค้ารายที่ i ถูกเดินทางผ่านโดยยานพาหนะ k

Y^k_i = 0 เมื่อลูกค้ารายที่ i ไม่ถูกเดินทางผ่านโดยยานพาหนะ k

4) สมการเป้าหมาย

$$\text{Min} \quad \sum_{k=1}^{K}\sum_{j=0}^{N}\sum_{i=0}^{N} C_{ij}X^k_{ij} \qquad (2)$$

5) สมการขอบข่าย

$$\sum_{j=1}^{N} X^k_{0j} \le 1 \qquad k = 1.....K \qquad (3)$$

$$\sum_{i=0}^{N} x^k_{ip} - \sum_{j=0}^{N} x^k_{pj} = 0$$

$$p = 1....N,\ k = 1....K \qquad (4)$$

$$\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{N} X^k_{ij} = 1 \qquad i = 1....N \qquad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{N} q_i Y^k_i \le a_k \qquad k = 1.....K \qquad (6)$$

$$Y^k_i \le \sum_{j=0}^{N} x^k_{ji} \quad i = 1....N,\ k = 1....K \qquad (7)$$

$$\sum_{k=0}^{K}\sum_{i=1}^{N} X^k_{ij} \ge 1 \qquad j = 1....N \qquad (8)$$

$$U^k_i \ge U^k_j + q_i - a_k + (a_k * (X^k_{ij} + X^k_{ij})) - X^k_{ij}(q_i + q_L) \quad k = 1.....K,\ i = 0....N,$$

$$j = 1....N, \text{ เมื่อ } i \ne j \qquad (9)$$

$$U^K_i \le a_k - X^k_{0i}(a_k - q_i) \quad k = 1.....K$$

$$i = 1....N \qquad (10)$$

$$U^K_i \le q_i + \sum_{j=1}^{N} q_j X^k_{ji} \quad k = 1.....K$$

$$j = 1....N \qquad (11)$$

สมการที่ (2) เป็นสมการเป้าหมายแสดงวัตถุประสงค์หลัก แสดงต้นทุนการเดินทางจากเมือง i ไปเมือง j โดยยานพาหนะ k สมการที่ (3) เป็นการประกันว่ายานพาหนะ k จะเดินทางออกจากศูนย์กระจายสินค้า 0 และเดินทางไปยังลูกค้า j อย่างน้อย 1 ราย สมการที่ (4) เป็นสมการที่รับประกันว่าลูกค้ารายหนึ่ง ๆจะเดินทางเข้าและออกเท่ากัน (1 ครั้ง) สมการที่ (5) เป็นการรับประกันว่าเมืองหนึ่งๆ จะได้รับการเดินทางผ่านจากยานพาหนะอย่างน้อย 1 คัน สมการที่ (6) เป็นการประกันว่ายานพาหนะใด ๆ จะขนสินค้าไปส่งให้กับลูกค้าไม่เกินจำนวนแผงที่สามารถบรรทุกได้ สมการ (7) รับประกันว่าการเดินทางเข้าเมือง i ได้ก็ต่อเมื่อยานพาหนะ k เดินทางผ่านเมือง i จากเส้นทางของเมือง j เมืองใดเมืองหนึ่งเท่านั้น และสมการ (8) รับประกันว่าเมือง j ใด ๆ จะได้รับการเดินทางผ่านโดยยานพาหนะใด ๆอย่างน้อย 1 ครั้งโดยใช้เส้นทางที่ผ่านมากจาเมือง i ใด ๆ สมการที่ (9) ถึง (11) สมการเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดทัวร์ย่อย (Subtour)

การจัดเส้นทางการขนส่งที่ได้จากโปรแกรม Lingo สามารถแสดงเส้นทางได้ดังแสดงในตารางที่ 6 โดยเส้นทางที่ 1 มีระยะทาง 70.79 กิโลเมตร เส้นทางที่ 2 มีระยะทาง 113.51 กิโลเมตร ดังนั้นมีต้นทุนด้านเชื้อเพลิงรวม [(70.79+113.51)x4.16] = 766.69 บาท

ตารางที่ 6 เส้นทางการขนส่งด้วยโปรแกรม Lingo

รายการ	เส้นทางที่ 1	เส้นทางที่ 2
ลูกค้า	DC-19-23-22-21-20-14-15-17-18-16-13-12-5-11-10-9-8-7-6-4-3-1-2-DC	DC-33-39-38-37-36-35-34-32-31-30-28-27-50-46-41-40-43-44-47-49-48-45-29-42-26-25-24-DC
ระยะทาง (กม.)	70.79	113.51
จำนวน (แผง)	980	1,000

4.5 ผลการเปรียบเทียบวิธีการจัดเส้นทาง

ผลการจำลองการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะในการขนส่งไข่ไก่สดของฟาร์มไก่ไข่ ด้วยวิธีต่าง ๆสามารถสรุปผลในภาพรวม ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลของการจัดเส้นทางแต่ละวิธี

วิธีการจัดเส้นทาง	เส้นทาง (หน่วย:กม.)		ต้นทุน (บาท)
	1	2	
วิธีปัจจุบัน (วิธีเดิม)	77.12	149.29	941.87
การเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุด	87.46	136.30	930.84
โปรแกรม VRP Spreadsheet	75.12	113.96	786.57
โปรแกรมเชิงเส้น Lingo	70.79	113.51	766.69

การประยุกต์ใช้วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นด้วยโปรแกรม Lingo ในการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับฟาร์มไก่ไข่ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการลดต้นทุนการขนส่งอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิเคราะห์พบว่าต้นทุนการขนส่งต่อครั้งลดลงจาก 941.87 บาท เหลือ 766.69 บาท ดังแสดงในตารางที่ 7 คิดเป็นการประหยัดต้นทุนต่อครั้ง 175.18 บาท หรือประมาณ 18.60% เมื่อพิจารณาในระยะยาว การลดต้นทุนนี้ส่งผลให้ฟาร์มสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายประจำปีได้ถึง 50,451.84 บาท ดังนั้น การนำวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นด้วย Lingo มาใช้ในการวางแผนเส้นทางการขนส่ง จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพและควรพิจารณาสำหรับฟาร์มไก่ไข่

5. สรุปผล

บทความวิจัยนี้มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem; VRP) โดยประยุกต์ใช้วิธีการจัดเส้นทางยานพาหนะในการขนส่งไข่ไก่สดของฟาร์มไก่ไข่ ภายใต้เงื่อนไขความต้องการสินค้าที่แน่นอนของลูกค้าและความจุที่จำกัดของรถบรรทุก การศึกษานี้ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของคำตอบ 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุด 2) การใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver และ 3) การใช้โปรแกรมเชิงเส้น Lingo โดยเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการสินค้าและระยะทางของลูกค้าแต่ละรายจำนวน 50 ราย เพื่อวิเคราะห์และหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการลดต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง

ผลการแก้ปัญหาพบว่าวิธีการใช้โปรแกรมเชิงเส้นได้คำตอบดีที่สุด รองลงมาวิธี VRP Spreadsheet Solver และวิธีการเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุด ตามลำดับ ซึ่งทำให้สามารถลดระยะทางในการขนส่งเท่ากับ 42.11 กิโลเมตร/ครั้ง คิดเป็นต้นทุนค่าเชื้อเพลิงเท่ากับ 175.18 บาท/ครั้ง หรือเท่ากับ 16,425.79 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 18.60 จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าการใช้โปรแกรมเชิงเส้น Lingo สามารถลดระยะทางการขนส่งและค่าใช้จ่ายได้จริง ทำให้ร้านฟาร์มไก่ไข่มีผลกำไรสูงขึ้น

สรุปได้ว่าสำหรับปัญหาขนาดเล็กที่ต้องการความแม่นยำสูงแต่ใช้เวลาในการคำนวณสูง วิธีการใช้โปรแกรมเชิงเส้น Lingo เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตาม สำหรับกรณีปัญหาขนาดใหญ่หรือการประยุกต์ใช้ที่ต้องการการตอบสนองแบบเวลาจริง วิธีฮิวริสติกส์ เช่น วิธีการเดินทางจากเมืองที่ใกล้ที่สุด หรือ VRP Spreadsheet Solver ถือเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในทางปฏิบัติมากกว่า ดังนั้น การเลือกวิธีที่เหมาะสมควรพิจารณาร่วมกันทั้งด้านความแม่นยำ เวลา และลักษณะของปัญหา [9-10]

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณฟาร์มไก่ไข่กรณีศึกษา ที่อนุญาตให้เปิดเผยข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณพนักงานเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Christopher, M., “Logistics & Supply Chain Management”. Pearson. (2016).

[2] Tang, C. S., Tsay, A. A., & Yeh, K. H., "Agricultural Supply Chain Management: Balancing Efficiency and Resilience", Production and Operations Management, Vol. 29, No.10, (2020), pp 2345-2361.

[3] Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P., “The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain”, Kogan Page Publishers. (2017).

[4] เกศินี สือนิ, “การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยการเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมและวิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดอัลกอริทึม” วารสารเศรษฐศาตร์และบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยทุกษิณ, 12(2): (2563), หน้า 1-14.

[5] ระพีพันธ์ ปิตาคะโส, “วิธีการการวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างสำหรับแก้ปัญหาการขนส่งโลจิสติกส์”, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, (2556).

[6] วรพล อารีย์ และคณะ, “การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง: กรณีศึกษา บริษัท เอบีซี น้ำดื่ม จากัด”, วารสารเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 14(3): (2565), หน้า 1-23.

[7] ศิวพร สุกสี และ ธารินี มีเจริญ, “การลดต้นทุนการขนส่งโดยการประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ: กรณีศึกษา บริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ประดับยนต์”, วารสารวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, 9(1): (2562), หน้า 69-84.

[8] สมศักดิ์ แก้วพลอย และคณะ, “การจัดเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมในการขนส่งน้ำแข็ง”, การประชุมวิชาการราชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, เชียงราย, 1-3 พฤษภาคม 2567: (2567), หน้า 920-925.

[9] Kaewploy, S., Waiyapattanakorn, C., Joompha, W., & Boonseng, K., “One-Day Trip Itinerary Planning for Visitors to Songkhla City” ASEAN Journal of Scientific and Technological Report (AJSTR), Vol. 28, No.6, (2025), PP 1-10.

[10] Kaewploy, S., Joompha, W., & Thongnueakhaeng, P., “Historical Tourism Itinerary Planning in Songkhla Province Using Heuristic Method” Journal of Quality Measurement and Analysis (JQMA), Vol. 22, No.1, (2026), PP 253-268.