

การจัดเส้นทางและตารางเวลาเดินรถสำหรับการจัดส่งไข่ไก่ VEHICLE ROUTING AND SCHEDULING PROBLEM FOR EGGS DELIVERY

ศักดิ์ดา คำจันทร์, หทัยชนก ศรีบุญเรือง, วิเรखा คำจันทร์*

Sakda Khamjan, Hathaichanok Sriboonruang, Wirekha Khamjan*

คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

อ.เมือง จ.สกลนคร ประเทศไทย 47000

Faculty of Science and Engineering, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus,
Muang, Sakon Nakhon, Thailand, 47000

*Corresponding author e-mail: wirekha.kh@ku.th

วันที่เข้าระบบ 22 มีนาคม 2567

วันที่แก้ไขบทความ 23 ธันวาคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ 23 ธันวาคม 2567

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายขนส่งสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางและตารางเวลาเดินรถการจัดส่งไข่ไก่ของกรณีศึกษาโดยการแก้ปัญหา 2 ระยะคือการสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial solution) และพัฒนาคำตอบ ระยะแรกเป็นการสร้างคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธีฮิวริสติก 3 วิธีซึ่งประกอบด้วยวิธีเพื่อนบ้านใกล้สุด (Nearest neighbor method) วิธีการกวาด (Sweep algorithm) และวิธีการแบบประหยัด (Saving algorithm) ผลพบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 7.41% 8.94% และ 11.42% ตามลำดับ ในระยะที่สองแผนการจัดส่งจะถูกพัฒนาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu search algorithm) ซึ่งผลการศึกษาพบว่าแผนขนส่งที่ได้จากพัฒนาคำตอบของแผนจากวิธีปัจจุบัน วิธีเพื่อนบ้านใกล้สุด วิธีการกวาด และวิธีการแบบประหยัดสามารถลดค่าใช้จ่ายจากวิธีการปัจจุบันได้ 12.67% 12.42% 12.44% และ 12.67% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง, การวางแผนขนส่งหลายช่วงเวลา, วิธีการแบบประหยัด, วิธีค้นหาแบบทาบู

Abstract

This article aims to reduce transportation costs of vehicle routing and scheduling problems for a case study of egg delivery. The problem solutions were separated into two phases: generating an initial solution and developing a solution. The first phase was to create the initial solution using three heuristic methods, including the nearest neighbor method, the sweep algorithm, and the saving algorithm. The results showed that the cost can be reduced by 7.41%, 8.94% and 11.42% respectively. In the second phase, all transportation plans were further advanced using the Tabu search algorithm. The study results found that the developed transportation plans using the current method, the nearest neighbor method, the sweep algorithm, and the savings algorithm resulted in cost reductions of 12.67%, 12.42%, 12.44%, and 12.67%, respectively, compared to the current method.

Keywords: Vehicle routing problem, Multi-period transportation problem, Saving algorithm, Tabu search algorithm

1. บทนำ

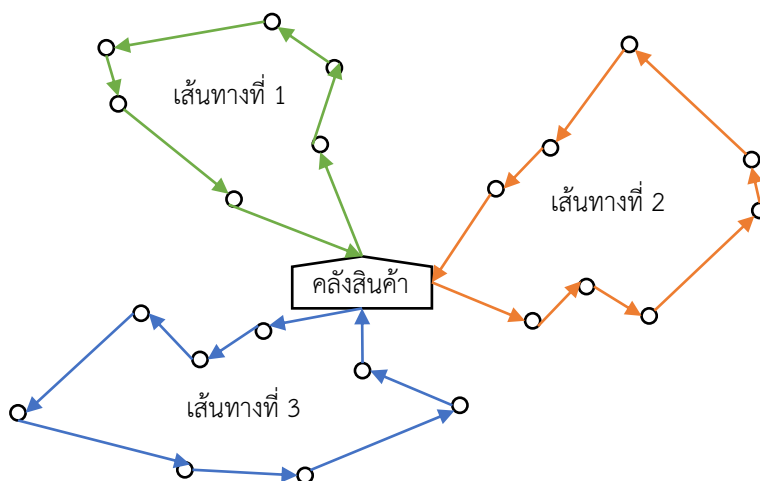
ไข่ไก่เป็นแหล่งโปรตีนที่ทรงคุณค่า ราคาถูก และสามารถหาซื้อได้ง่ายทำให้เป็นที่นิยมบริโภคอย่างกว้างขวาง โรงคัดไข่เป็นส่วนหนึ่งในระบบโซ่อุปทานไข่ไก่โดยรับไข่ไก่แบบละขนาดที่ผลิตจากฟาร์มไข่ไก่ จากนั้นนำไปคัดแยกขนาดตามน้ำหนักเป็นไข่ขนาดเบอร์ 0 ถึง 5 โดยเรียงจากขนาดใหญ่ไปเล็กเพื่อนำบรรจุลงบนแผงตามขนาดที่ได้ ไข่ที่คัดขนาดลงแผงแล้วจะถูกจำหน่ายและจัดส่งไปยังร้านขายไข่สดตามท้องที่ต่างๆ ธุรกิจโรงคัดไข่ไก่เป็นธุรกิจที่มีการแข่งขันด้านการตลาดค่อนข้างสูง กระบวนการขนส่งจึงเป็นช่องทางกระจายสินค้าไปยังลูกค้าและเป็นกลยุทธ์หลักการขายที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับการดำเนินธุรกิจค้าส่งไข่ไก่ เพื่อสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างพอเพียงและรวดเร็ว

บริษัทกรณีศึกษาตั้งอยู่อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ประกอบธุรกิจคัดแยกขนาดไข่ไก่และค้าส่งไข่ไก่โดยมีการทำงานหลักคือการขนส่งไข่ไก่ไปยังลูกค้าประจำในแต่ละเขตโดยอาศัยแนวคิดและประสบการณ์จากเจ้าของบริษัทเอง โดยรูปแบบการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบธุรกิจค้าส่งไข่ไก่จะทำการใช้รถขนส่งจำนวน 3 คัน รถที่ขนส่งที่ใช่เป็นกระบะ 4 ล้อติดตั้งตู้ทึบเพื่อปกป้องไข่ไก่จากแสงแดดและฝน ซึ่งรถแต่ละคันจะสามารถบรรทุกไข่ไก่ได้คันละจำนวน 1,200 แผง รถขนส่งแต่ละคันจะมีเส้นทางจัดส่งวันละหนึ่งเส้นทางตลอดสัปดาห์ทั้ง 7 วันทำให้มีเส้นทางจัดส่งไข่ไก่ 21 เส้นทางเพื่อ

กระจายสินค้าให้ครอบคลุมลูกค้าทั้งหมดภายในรอบสัปดาห์ เมื่อวิเคราะห์เส้นทางขนส่งพบว่า มีเส้นทางและระยะทางเกิดขึ้นเกินความจำเป็นทำให้ไม่มีประสิทธิภาพในการขนส่งและค่าใช้จ่ายในการจัดส่งสินค้าสูงตามไปด้วย ทางผู้ประกอบการเริ่มตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นและต้องการปรับปรุงแผนการจัดส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษา ดังนั้นคณะผู้วิจัยมุ่งศึกษาหาแนวทางการจัดเส้นทางและตารางเดินรถสำหรับขนส่งไขไก่ของกรณีศึกษาเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งซึ่งประกอบด้วยค่าแรงของพนักงานจัดส่งและค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle routing problem, VRP) คือ การออกแบบเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมที่สุดในด้านงบประมาณค่าใช้จ่ายให้กับรถขนส่งสินค้าที่ทราบปริมาณความจุ เส้นทางขนส่งจะเริ่มต้นจากคลังสินค้าไปสู่กลุ่มลูกค้าที่ทราบตำแหน่งที่ตั้ง ทราบปริมาณสินค้าที่ต้องการแน่นอนและกลับมาสิ้นสุดเส้นทางที่คลังสินค้าเริ่มต้นโดยมีข้อจำกัดที่ว่าลูกค้าแต่ละรายจะได้รับบริการโดยส่งสินค้าคันเดียวและปริมาณสินค้าที่นำส่งต้องไม่เกินความจุของรถขนส่งคันนั้นๆ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งมีการศึกษาครอบคลุมหลากหลายสินค้า ได้แก่ การจัดเส้นทางจัดส่งชิ้นส่วนรถยนต์ (รวีโรจน์ และธัญภัส, 2564) บริษัทจัดจำหน่ายเครื่องมือช่าง (เกศินี, 2563) การกระจายสินค้าประเภทเครื่องดื่ม (ศุภาทรัพย์, 2563) การจัดส่งสินค้าประเภทเทกองและกระสอบ (พิชญ์ และเปรมพร, 2562) การขนส่งวัตถุดิบและการกระจายสินค้าของธุรกิจนม (ณัฐนิชา และคณะ,

2561) การจัดส่งของบริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ระบบงานไฟฟ้า (นฤมล, 2560) การขนส่งในธุรกิจโรงงานน้ำแข็ง (วุฒิไกร, 2560) และการกระจายสินค้าของโรงงานน้ำดื่ม (นคร และคณะ, 2558)

2.2 วิธีการประหยัด (Saving algorithm) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในทางปฏิบัติ เพราะเป็นวิธีที่ง่ายแม้ว่าวิธีนี้จะไม่ได้ประกันถึงการให้คำตอบที่ดีที่สุดก็ตาม สำหรับปัญหาการตัดสินใจที่มีขนาดไม่ใหญ่นักวิธีการประหยัดยังคงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งซึ่งเราสามารถคำนวณหาคำตอบได้โดยปราศจากการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หรือเพียงแค่อาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยในการประมวลผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้นในหลายๆครั้ง โดยเริ่มต้นจากการคำนวณค่าประหยัดของระหว่างจุดจัดส่งสินค้า 2 ตำแหน่ง ดังสมการ (1) และนำจากจัดเส้นทางโดยเลือกค่าประหยัดที่มีค่ามากที่สุดก่อน

$$vS_{i,j} = D_{i,0} + D_{0,j} - D_{i,j} \quad (1)$$

โดยที่ $S_{i,j}$ เป็นค่าประหยัดระหว่างคู่จุดส่งสินค้า i และ j
 $D_{i,0}$ เป็นระยะทางจากจุดส่งสินค้า i ไปยังคลังสินค้า
 $D_{0,j}$ เป็นระยะทางจากคลังสินค้าไปยังจุดรับส่ง j
 $D_{i,j}$ เป็นระยะทางจากจุดส่งสินค้า i ไปยังจุดส่งสินค้า j

งานวิจัยที่ใช้วิธีอัลกอริทึมประหยัด ได้แก่ งานวิจัยของรวีโรจน์ และธัญภัส (2564) ได้ประยุกต์วิธีการประหยัดจัดเส้นทางขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์ ผลที่ได้สามารถลดต้นทุนรวมในการขนส่งสินค้าได้ 4,241,705.71 บาทต่อปีคิดเป็นร้อยละ 23.33 ระยะทางขนส่งรวมลดลง 395,740.8 กิโลเมตรต่อปีคิดเป็นร้อยละ 18.83 ระยะเวลาขนส่งรวมลดลง 438,766.89 นาทีต่อปีคิดเป็นร้อยละ 17.37 ปริมาณเชื้อเพลิงรวมลดลง 65,956.8 ลิตรต่อปีคิดเป็นร้อยละ 18.38 จำนวนรถบรรทุกลดลง 4 คัน คิดเป็นร้อยละ 26.67 และจำนวนพนักงานลดลง 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 งานวิจัยของนคร และคณะ (2558) ได้ประยุกต์ใช้อัลกอริทึมประหยัดและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายของโรงงานน้ำดื่ม สามารถลดระยะทางในเส้นทางตัวอย่างได้จากเดิม 41,537 เมตร เหลือ 39,810 เมตร หรือลดลงร้อยละ 4.16

2.3 วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest neighbor) เป็นวิธีค้นหาจุดส่งสินค้าที่อยู่ใกล้กับจุดส่งจุดสุดท้าย โดยปริมาณจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้า และกลับสู่คลังสินค้า เมื่อปริมาณความจุของยานพาหนะเต็มความจุจากนั้นสร้างเส้นทางใหม่จนครบทุกจุดรับส่งสินค้า โดยการสร้างเส้นทางเริ่มต้นจะสร้างจากจุดที่อยู่ใกล้คลังสินค้ามากที่สุด จากนั้นค้นหาจุดที่อยู่

ใกล้จุดสุดท้ายของเส้นทางมากที่สุดและเพิ่มจุดที่อยู่กับจุดสุดท้ายมากที่สุดลงในเส้นทางทำซ้ำจนครบทุกจุด

งานวิจัยที่ประยุกต์ใช้วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดได้แก่ งานวิจัยของเกศินี (2563) นำเสนอการจัดส่งสินค้าของธุรกิจจำหน่ายเครื่องมือช่างของกรณีศึกษา 5,440.68 บาทหรือคิดเป็นร้อยละ 80.25 งานวิจัยของ พิชญ์ และเปรมพร (2562) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดและวิธีการประหยัดจัดเส้นทางของการขนส่งของรถบรรทุกขนาดใหญ่สำหรับสินค้าประเภทเทกองและกระสอบ ผลที่ได้วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดให้ผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินรถที่ดีที่สุด สำหรับงานวิจัยที่เปรียบเทียบวิธีอัลกอริทึมประหยัดกับวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด งานวิจัยของนฤมล (2560) ได้ผลลัพธ์ของการประหยัดดีกว่าโดยเปรียบเทียบจากวิธีการอื่นๆทั้งในด้าน ระยะทาง จำนวนรถที่ใช้ จำนวนเส้นทาง และค่าใช้จ่ายรวม งานวิจัยเกศินี (2563) พิชญ์ และเปรมพร (2562) มีผลลัพธ์ของวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดดีกว่า

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาแผนการจัดส่งไข่ไก่ปัจจุบัน

การจัดส่งไข่ไก่ของบริษัทกรณีศึกษาขนส่งโดยรถกระบะติดตู้ตู้ทึบ 3 คันที่สามารถบรรทุกไข่ไก่ได้ 1,200 แผง โดยรถแต่ละคันดำเนินการจัดส่งไข่ไก่ 7 เส้นทางต่อสัปดาห์ กระจายไปยังจุดส่งสินค้าทั้งหมด 19 อำเภอ ซึ่งมีร้านค้า 12 อำเภอที่มีแผนการรับสินค้า 1 เทียวต่อสัปดาห์สามารถจัดส่งไข่ไก่ได้ทุกวัน และมีร้านค้าอีก 6 อำเภอ ที่มีแผนการรับสินค้า 2 เทียวต่อสัปดาห์โดยมีระยะเวลาห่างกัน 3 วันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงเลขของจุดส่งและจำนวนไข่ไก่ที่ต้องจัดส่ง ตัวอย่างแผนการจัดส่งไข่ไก่จะมีเส้นทางประจำวันของรถแต่ละคัน ได้แก่ แผนการจัดส่งในวันจันทร์ ประกอบด้วยเส้นทางของรถคันที่ 1 เริ่มต้นจากโรงคัดไข่ (แทนด้วยจุดที่ 0) ไปยังร้านค้าไข่อำเภอเมืองมุกดาหาร (แทนด้วยจุดที่ 16) และกลับมายังโรงคัดไข่ เส้นทางของรถคันที่ 2 เริ่มต้นจากโรงคัดไข่ (แทนด้วยจุดที่ 0) ไปยังร้านค้าไข่อำเภอดอนตาล (แทนด้วยจุดที่ 17) และกลับมายังโรงคัดไข่ และเส้นทางของรถคันที่ 3 เริ่มต้นจากโรงคัดไข่ (แทนด้วยจุดที่ 0) ไปยังร้านค้าไข่อำเภอเจริญศิลป์ (แทนด้วยจุดที่ 4) และกลับมายังโรงคัดไข่ โดยเส้นทางจัดส่งในวันอื่นๆ แสดงดังตารางที่ 2 โดยแผนการจัดส่งไข่ไก่ปัจจุบันมี 21 เส้นทางเป็นระยะทางรวม 4,348.4 กิโลเมตรต่อสัปดาห์

ตารางที่ 1 จุดส่งไข่ไก่และปริมาณจัดส่ง

จุดส่ง ที่	ชื่อร้านค้าไข่	ปริมาณจัดส่ง (แผง)		จุดส่ง ที่	ชื่อร้านค้าไข่	ปริมาณจัดส่ง (แผง)	
		รอบ 1	รอบ 2			รอบ 1	รอบ 2
0	โรงคัดไข่	-	-	10	อำเภอเมืองนครพนม	1,200	10
1	อำเภอเมืองสกลนคร	200	200	11	อำเภอนาแก	500	
2	อำเภอพังโคน	500	500	12	อำเภอปลาปาก	500	
3	อำเภอสว่างแดนดิน	500		13	อำเภอเมืองอุดรธานี	1,200	
4	อำเภอเจริญศิลป์	800		14	อำเภอหนองหาน	1,000	
5	อำเภอกุดบาก	500		15	อำเภอวังสามหมอ	1,000	
6	อำเภอนาหว้า	500		16	อำเภอเมืองมุกดาหาร	1,200	
7	อำเภอเต่างอย	500		17	อำเภอดอนตาล	1,000	
8	อำเภอโพนนาแก้ว	200	200	18	อำเภอเมืองกาฬสินธุ์	1,200	1,200
9	อำเภอโคกศรีสุพรรณ	200	200	19	อำเภอเมืองร้อยเอ็ด	1,200	1,200

ตารางที่ 2 แผนการจัดส่งไข่ไก่ในปัจจุบัน

วัน	รถคันที่ 1		รถคันที่ 2		รถคันที่ 3	
	เส้นทาง ขนส่ง	ระยะทาง (km.)	เส้นทาง ขนส่ง	ระยะทาง (km.)	เส้นทาง ขนส่ง	ระยะทาง (km.)
จันทร์	0-16-0	210.0	0-17-0	276.0	0-4-0	210.0
อังคาร	0-2-0	135.6	0-14-0	304.0	0-19-0	426.0
พุธ	0-18-0	292.0	0-15-0	342.0	0-8-0	54.6
พฤหัสบดี	0-1-6-0	113.7	0-7-0	27.4	0-9-11-0	66.0
ศุกร์	0-19*-0	426.0	0-10-0	210.0	0-5-0	100.0
เสาร์	0-18*-0	292.0	0-2*-0	135.6	0-8*-0	54.6
อาทิตย์	0-13-0	398.0	0-9*-12-0	82.1	0-1*-3-0	192.8
จำนวนเส้นทาง (เส้นทาง)						21
ระยะทางรวม (km)						4,348.4

หมายเหตุ * คือจุดส่งสินค้าครั้งที่ 2 ในรอบสัปดาห์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากทางบริษัทรถนิศึกษา ทำให้พบว่าการจัดเส้นการขนส่งใช้รถในการขนส่งมากเกินความจำเป็น ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาปัญหานี้เพื่อเป็นแนวทางช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทาง โดยการใช้วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest neighbor method) วิธีการกวาด (Sweep heuristic) วิธีการประหยัด (Saving algorithm) และนำแผนการจัดส่งไขไก่ที่ได้จากวิธีการทั้งหมดมาพัฒนาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบ (Tabu search algorithm)

4.2 วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest neighbor method)

วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดเป็นวิธีการสร้างเส้นทางของรถคันที่ 1 ($k=1$) ในแผนขนส่งวันแรก ($t=1$) โดยค้นหาจุดส่งสินค้าที่อยู่ใกล้กับบริษัทรถนิศึกษามากที่สุดก่อนและจากนั้นทำการค้นหาจุดที่ใกล้จุดถัดไปเรื่อย ๆ จนรวมครบทุกจุด โดยพิจารณาพร้อมกับความจุของรถบรรทุกควบคู่ไปด้วย เมื่อมีความจุเกินให้ทำการสร้างเส้นทางของรถคันถัดไปหรือแผนวันถัดไปและเลือกจุดส่งสินค้าที่ใกล้กับบริษัทรถนิศึกษาในจุดถัดไปจนจัดเส้นทางครบทุกจุดส่งสินค้า ผลลัพธ์ของเส้นทางการขนส่งไขไก่ที่พัฒนาขึ้นจากการใช้วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest neighbor) จะใช้รถบรรทุกในการขนส่งที่มีปริมาณความจุของไขไก่ไม่เกิน 1,200 แผง จำนวน 3 คัน โดยได้เส้นทางในการขนส่งไขไก่ทั้งหมด 17 เส้นทาง และมีระยะทางรวม 4,197.4 กิโลเมตร ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แผนการจัดส่งโดยวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

วัน	รถคันที่ 1		รถคันที่ 2		รถคันที่ 3	
	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km.)	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km.)	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km.)
จันทร์	0-9-7-1-0	69.1	0-11-12-8-0	117.6	0-5-2-0	164.7
อังคาร	0-6-3-0	233.7	0-18-0	292.0	0-19-0	426.0
พุธ	0-4-0	210.0	0-10-0	210.0	0-16-0	210.0
พฤหัสบดี	0-9*-1*-0	52.4	0-8*-14-0	342.3	0-2*-0	135.6
ศุกร์	0-17-0	276.0	0-18*-0	292.0	0-19*-0	426.0
เสาร์	0-15-0	342.0	0-13-0	398.0		
จำนวนเส้นทาง (เส้นทาง)						17
ระยะทางรวม (km)						4,197.4

หมายเหตุ * คือจุดส่งสินค้าครั้งที่ 2 ในรอบสัปดาห์

4.3 วิธีการกวาด (Sweep heuristic)

เป็นการจัดเส้นทางโดยการแบ่งกลุ่มจุดส่งสินค้าเป็น 4 ส่วนและเริ่มกวาดจุดส่งสินค้าในทิศตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ โดยใช้บริษัทกรณีศึกษาเป็นจุดศูนย์กลางในการกวาด และทำการรวมจุดส่งสินค้าที่ถูกกวาดเข้าในเส้นทาง พร้อมทำการรวมความจุของแต่ละจุดที่ถูกกวาดไม่ให้เกินความจุของรถบรรทุกที่ใช้ขนส่งสินค้า ถ้าความจุเกินในการขนส่งสินค้าให้สร้างเส้นทางของรถคันถัดไปหรือแผนวันถัดไปและกวาดรวบรวมจุดส่งสินค้าจนครบทุกจุด เส้นทางขนส่งสินค้าที่พัฒนาขึ้นจากการใช้วิธีการกวาด (Sweep Heuristic) จะใช้รถบรรทุกในการขนส่งที่มีปริมาณความจุของไซโกไม่เกิน 1,200 แผง จำนวน 3 คัน ได้เส้นทางในการขนส่งสินค้าทั้งหมด 16 เส้นทาง และมีระยะทางรวม 4,185 กิโลเมตร ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แผนการจัดส่งโดยวิธีการกวาด

วัน	รถคันที่ 1		รถคันที่ 2		รถคันที่ 3	
	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)
จันทร์	0-8-12-9-0	93.9	0-10-0	210.0	0-1-6-2-0	191.1
อังคาร	0-5-3-0	213.3	0-18-0	292.0	0-19-0	426.0
พุธ	0-4-0	210.0	0-16-0	210.0	0-17-0	276.0
พฤหัสบดี	0-9*-7-8*-0	94.7	0-15-0	342.0	0-1*-2*-11-0	199.4
ศุกร์	0-18*-0	292.0	0-19*-0	426.0	0-14-0	304.0
เสาร์	0-13-0	398.0				
จำนวนเส้นทาง (เส้นทาง)						16
ระยะทางรวม (km)						4,178.4

หมายเหตุ * คือจุดส่งสินค้าครั้งที่ 2 ในรอบสัปดาห์

4.4 วิธีการประหยัด (Saving algorithm)

วิธีการประหยัดเริ่มต้นจากการคำนวณค่าประหยัด (Saving value) ของจุดส่งสินค้าแต่ละคู่โดยคำนวณได้จากสมการ (1) ตัวอย่างในการคำนวณค่าประหยัดของคู่จุดส่ง 1,2 ($i=1, j=2$) มีระยะทางจากบริษัทไปยังจุดส่งที่ 1 ($D_{0,1}$) 13 กิโลเมตร ระยะทางจากจุดส่งสินค้า 2 ไปยังบริษัท ($D_{2,0}$) 67.8 กิโลเมตร และระยะทางจากจุดส่งสินค้า 1 ไปยังจุดส่งที่ 2 ($D_{1,2}$) 55.9 กิโลเมตร จะได้ค่าประหยัดระหว่างคู่จุดส่งสินค้า 1 และ 2 ($S_{1,2}$) เท่ากับ $13 + 67.8 - 55.9 = 24.9$ กิโลเมตร การจัดเส้นทางเริ่มจากรถคันที่หนึ่ง ($k=1$) ของวันแรก ($t=1$) เลือกคู่ที่มีระยะทางประหยัดมากที่สุดเป็นคู่แรก

และแทรกจุดเชื่อมจุดส่งจุดแรกหรือจุดสุดท้ายที่มีค่าประหัยมากที่สุดโดยต้องสามารถบรรจุทุกไซไ้ไ้รวมต้องไม่เกิน 1,200 แผง เมื่อรถที่จัดเส้นทางไม่สามารถแทรกเส้นทางได้แล้วให้จัดเส้นทางของรถคันถัดไปหรือวันถัดไป จนกระทั่งครบทุกจุดจัดส่ง เส้นทางขนส่งที่ได้จากวิธีการประหัยมีทั้งหมด 15 เส้นทางเป็นระยะทางรวม 4,103.7 กิโลเมตร ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แผนการจัดส่งไซไ้โดยวิธีการประหัย

วัน	รถคันที่ 1		รถคันที่ 2		รถคันที่ 3	
	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)
จันทร์	0-3-2-8-0	236.8	0-12-6-1-0	154.8	0-11-9-7-0	82.7
อังคาร	0-18-0	292.0	0-19-0	426.0	0-10-0	210.0
พุธ	0-16-0	210.0	0-17-0	276.0	0-15-0	342.0
พฤหัสบดี	0-4-8*-1*-0	265.1	0*-9-5-2*-0	188.3	0-14-0	304.0
ศุกร์	0-18*-0	292.0	0-19*-0	426.0	0-13-0	398.0
จำนวนเส้นทาง (เส้นทาง)						15
ระยะทางรวม (km)						4,103.7

หมายเหตุ * คือจุดส่งสินค้าครั้งที่ 2 ในรอบสัปดาห์

4.5 วิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu search algorithm)

วิธีการค้นหาแบบทาบูจะนำคำตอบที่ได้จากวิธีปัจจุบันของกรณีศึกษา และวิธีการฮิวริสติกทั้ง 3 วิธี ประกอบด้วย วิธีเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด วิธีการกวาดและวิธีการประหัยมาปรับปรุงคำตอบในการจัดเส้นทางและตารางขนส่งไซไ้ให้ดีขึ้น โดยมีขั้นตอนของวิธีการค้นหาแบบทาบูดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดเกณฑ์การหยุดค้นหา จำนวนรอบในรายการทาบู สร้างรหัสคำตอบจากคำตอบเริ่มต้น (Initial solution) นำคำตอบเริ่มต้นมากำหนดเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Best solution) และคำตอบที่ได้ (Candidate solution) ของรอบปัจจุบัน และจากคำตอบสร้างรายการทาบู (Tabu list)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood solution) จากการสลับตำแหน่งของรหัสคำตอบของคำตอบในรอบก่อนหน้าและถอดรหัสคำตอบเพื่อหาค่าฟังก์ชันเป้าหมาย (Fitness function) และคำตอบที่ได้จะซ้ำกับรายการทาบู

ขั้นตอนที่ 3 เลือกคำตอบในรอบปัจจุบัน โดยเลือกคำตอบที่มีค่าฟังก์ชันเป้าหมายน้อย และปรับปรุงคำตอบเมื่อคำตอบปัจจุบันที่ค่าฟังก์ชันเป้าหมายต่ำกว่าเดิม



ขั้นตอนที่ 4 กลับไปทำซ้ำในขั้นตอน 3 และ 4 จนเกณฑ์การหยุดค้นหาเป็นจริง
แผนการจัดส่งด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบโดยใช้คำตอบเริ่มต้นจากวิธีปัจจุบันได้แผนการ
ขนส่งสินค้า 15 เส้นทาง และมีระยะทาง 4,031.2 กิโลเมตร ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แผนการจัดส่งวิธีการค้นหาแบบทาบที่พัฒนาจากวิธีการปัจจุบัน

วัน	คันที่ 1		คันที่ 2		คันที่ 3	
	เส้นทาง	ระยะทาง	เส้นทาง	ระยะทาง	เส้นทาง	ระยะทาง
	ขนส่ง	(km)	ขนส่ง	(km)	ขนส่ง	(km)
จันทร์	0-17-9-0	277.9	0-3-2-0	199.4	0-14-1-0	305.0
อังคาร	0-18-0	292.0	0-19-0	426.0	0-6-8-12-0	159.2
พุธ	0-16-0	210.0	0-13-0	398.0	0-10-0	210.0
พฤหัสบดี	0-5-2*-0	164.7	0-15-1*-0	343.0	0-11-9*-7-0	82.7
ศุกร์	0-19*-0	426.0	0-18*-0	292.0	0-8*-4-0	245.3
จำนวนเส้นทาง (เส้นทาง)						15
ระยะทางรวม (km)						4,031.2

หมายเหตุ * คือจุดส่งสินค้าครั้งที่ 2 ในรอบสัปดาห์

แผนการจัดส่งด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบโดยใช้คำตอบเริ่มต้นวิธีการเพื่อนบ้านใกล้สุดได้
แผนการขนส่ง 15 เส้นทาง และมีระยะทาง 4,045.9 กิโลเมตร ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แผนการจัดส่งวิธีการค้นหาแบบทาบที่พัฒนาจากวิธีการเพื่อนบ้านใกล้สุด

วัน	รถคันที่ 1		รถคันที่ 2		รถคันที่ 3	
	เส้นทาง	ระยะทาง	เส้นทาง	ระยะทาง	เส้นทาง	ระยะทาง
	ขนส่ง	(km)	ขนส่ง	(km)	ขนส่ง	(km)
จันทร์	0-18-0	292.0	0-9-15-0	364.9	0-11-12-8-0	117.6
อังคาร	0-1-14-0	305.0	0-2-3-0	199.4	0-19-0	426.0
พุธ	0-16-0	210.0	0-13-0	398.0	0-10-0	210.0
พฤหัสบดี	0-18*-0	292.0	0-9*-17-0	277.9	0-7-6-8*-0	150.7
ศุกร์	0-5-2*-0	164.7	0-1*-4-0	211.7	0-19*-0	426.0
จำนวนเส้นทาง (เส้นทาง)						15
ระยะทางรวม (km)						4,045.9

หมายเหตุ * คือจุดส่งสินค้าครั้งที่ 2 ในรอบสัปดาห์



แผนการจัดส่งด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบโดยใช้คำตอบเริ่มต้นวิธีการกวาดได้แผนการขนส่ง 15 เส้นทาง และมีระยะทาง 4,044.7 กิโลเมตร ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แผนการจัดส่งด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบที่พัฒนาจากวิธีการกวาด

วัน	คันที่ 1		คันที่ 2		คันที่ 3	
	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)
จันทร์	0-11-12-8-0	117.6	0-9-2-5-0	187.1	0-4-0	210.0
อังคาร	0-1-15-0	343.0	0-18-0	292.0	0-19-0	426.0
พุธ	0-10-0	210.0	0-16-0	210.0	0-13-0	398.0
พฤหัสบดี	0-2*-3-0	199.4	0-17-9*-0	277.9	0-8*-6-7-0	150.7
ศุกร์	0-19*-0	426.0	0-18*-0	292.0	0-1*-14-0	305.0
จำนวนเส้นทาง (เส้นทาง)						15
ระยะทางรวม (km)						4,044.7

หมายเหตุ * คือจุดส่งสินค้าครั้งที่ 2 ในรอบสัปดาห์

แผนการจัดส่งด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบโดยใช้คำตอบเริ่มต้นวิธีการประหยัดได้แผนการขนส่ง 15 เส้นทาง และมีระยะทาง 4,031.2 กิโลเมตร ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แผนการจัดส่งด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบที่พัฒนาจากวิธีการประหยัด

วัน	คันที่ 1		คันที่ 2		คันที่ 3	
	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)	เส้นทางขนส่ง	ระยะทาง (km)
จันทร์	0-3-2-0	199.4	0-14-1-0	305.0	0-12-8-6-0	159.2
อังคาร	0-11-9-7-0	82.7	0-18-0	292.0	0-19-0	426.0
พุธ	0-10-0	210.0	0-16-0	210.0	0-13-0	398.0
พฤหัสบดี	0-4-8-0	245.3	0-1-15-0	343.0	0-5-2-0	164.7
ศุกร์	0-18-0	292.0	0-19-0	426.0	0-17-9-0	277.9
จำนวนเส้นทาง (เส้นทาง)						15
ระยะทางรวม (km)						4,031.2

หมายเหตุ * คือจุดส่งสินค้าครั้งที่ 2 ในรอบสัปดาห์

4. ผลการวิจัย

เพื่อหาเส้นทางการขนส่งไข่ไก่ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบผลลัพธ์บนมิติของเส้นทาง ระยะทางและค่าใช้จ่ายในการขนส่ง โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์จากวิธีการปัจจุบันของกรณีศึกษา กับวิธีอื่นอีก 4 วิธี ได้แก่ 1) วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด 2) วิธีการกวาด 3) วิธีการประหยัด และ 4) วิธีการค้นหาแบบทาบ ซึ่งพัฒนาคำตอบเริ่มต้นจากวิธีการปัจจุบันและวิธีอื่นอีก 3 วิธี ซึ่งมีต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดส่งไข่ไก่ประกอบด้วยค่าแรงของพนักงานแปรผันตามจำนวนเส้นทางการขนส่งเป็นค่าใช้จ่าย 350 บาทต่อเที่ยว และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงแปรผันตามระยะทางขนส่งเป็นค่าใช้จ่าย 5 บาทต่อกิโลเมตร ได้ผลดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบวิธีการจัดตารางและเส้นทางการจัดส่งไข่ไก่

วิธีการ	จำนวนเส้นทาง (เส้นทาง)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (บาท)
1. วิธีการปัจจุบัน	21	4,348.4	29,092.0
2. วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด	17 (-19.05%)	4,197.4 (-3.47%)	26,937.0 (-7.41%)
3. วิธีการกวาด	16 (-23.81%)	4,178.4 (-3.91%)	26,492.0 (-8.94%)
4. วิธีการประหยัด	15 (-28.57%)	4,103.7 (-5.63%)	25,768.5 (-11.42%)
5. วิธีการค้นหาแบบทาบ โดยใช้คำตอบเริ่มต้นจากวิธีการดังนี้			
5.1 วิธีการปัจจุบัน	15 (-28.57%)	4,031.2 (-7.29%)	25,406.0 (-12.67%)
5.2 วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด	15 (-28.57%)	4,045.9 (-6.98%)	25,479.5 (-12.42%)
5.3 วิธีการกวาด	15 (-28.57%)	4,044.7 (-6.98%)	25,473.5 (-12.44%)
5.4 วิธีการประหยัด	15 (-28.57%)	4,031.2 (-7.29%)	25,406.0 (-12.67%)

จากตารางที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด วิธีการกวาดและวิธีการประหยัด พบว่าวิธีการประหยัดได้แผนการจัดส่งที่มีค่าใช้จ่ายขนส่งต่ำสุดจาก 3 วิธี โดยมีค่าใช้จ่ายขนส่งรวม 25,768.5 บาทต่อสัปดาห์สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 3,323.5 บาท ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ได้ไม่ต่างจากแผนการจัดส่งที่ได้จากวิธีการค้นหาแบบทาบมากนัก โดยวิธีการกวาดและวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดให้แผนการขนส่งที่มีค่าใช้จ่ายมากขึ้นตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบพบว่าวิธีอื่นอีก 4 วิธีสามารถลดจำนวนเส้นทาง ระยะทางและต้นทุนการขนส่งจากวิธีการจัดเส้นทางปัจจุบันที่มีการจัดส่งไข่ไก่ 21 เส้นทางต่อสัปดาห์ ระยะทางรวม 4,348.4 กิโลเมตรต่อสัปดาห์ และเป็นค่าใช้จ่าย 29,092 บาทต่อสัปดาห์ แผนการขนส่งที่ได้จากวิธีการค้นหาแบบทาบโดยใช้คำตอบเริ่มต้นจากวิธีปัจจุบันและวิธีการประหยัดสามารถลดค่าใช้จ่าย

ได้มากที่สุดคิดเป็น 12.67% จากแผนขนส่งฉบับปัจจุบัน ซึ่งได้เส้นทางขนส่ง 15 เส้นทางต่อสัปดาห์ลดลงจำนวน 3 เส้นทาง ได้ระยะทางรวม 4,031.2 กิโลเมตรต่อสัปดาห์ลดลง 317.2 กิโลเมตร โดยมีค่าใช้จ่ายรวม 25,406 บาทต่อสัปดาห์ลดลง 3,686 บาท และแผนการขนส่งที่ได้จากวิธีการค้นหาแบบทาบที่ใช้คำตอบเริ่มต้นจากวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดและวิธีการกวาดมีค่าใช้จ่ายขนส่ง 25,473.5 บาทต่อสัปดาห์ สามารถลดค่าใช้จ่ายจากวิธีการปัจจุบันได้ถึง 12.42% และ 12.44% ตามลำดับ โดยก็มีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับแผนขนส่งที่ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุดที่มีความต่างเพียง 67.5 บาทต่อสัปดาห์

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

การวางแผนตารางและเส้นทางจัดส่งไข่ไก่ของกรณีศึกษาประกอบด้วยรถบรรทุกตู้ทึบ 4 ล้อจำนวน 3 คัน ดำเนินการจัดส่งไข่ไก่ไปยังลูกค้า 19 ราย โดยมี 6 รายที่ต้องจัดส่ง 2 รอบต่อสัปดาห์ โดยแผนการจัดส่งปัจจุบัน ในรอบสัปดาห์มีเส้นทางจัดส่ง 21 เส้นทางเป็นระยะทาง 4,348.4 กิโลเมตรและเป็นค่าใช้จ่าย 29,092 บาท ซึ่งมีจำนวนเส้นทางขนส่งและระยะทางเกินจำเป็น เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสำหรับกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอ 4 วิธีการ ประกอบด้วยวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด วิธีการกวาด วิธีการประหยัดและวิธีการค้นหาแบบทาบ พบว่า วิธีการค้นหาแบบทาบสามารถลดจำนวนเส้นทาง ระยะทางขนส่งรวมและค่าใช้จ่ายในการขนส่งรวมได้มากที่สุด ซึ่งแผนการจัดส่งในรอบสัปดาห์ที่ได้มีจำนวน 15 เส้นทางขนส่งเป็นระยะทาง 4,103.2 กิโลเมตรและคิดเป็นค่าใช้จ่าย 25,406 บาท สามารถลดจำนวนเส้นทางขนส่งได้ 3 เส้นทาง ลดระยะทางลดได้ 317.2 กิโลเมตร และลดค่าใช้จ่ายรวม 3,686 บาทต่อสัปดาห์ แผนการจัดส่งที่ได้จากวิธีการประหยัดมีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับวิธีการค้นหาแบบทาบโดยมีค่าใช้จ่ายรวม 25,768.5 บาท หรือความต่างเพียง 362.5 บาท หรือคิดเป็น 1.43% การต่อ ยอดงานวิจัยในอนาคตอาจจะศึกษาสถานการณ์ของปัญหาการจัดส่งไข่ไก่มีความผันผวนของความต้องการของลูกค้า ขนาดและจำนวนของรถบรรทุกที่มีการเปลี่ยนแปลง

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

7. เอกสารอ้างอิง

- เกศินี สื่อนิ (2563). การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยการเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึมและวิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดอัลกอริทึม. **วารสารเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยทักษิณ**, 12(2), 1-14.
- คชาทรัพย์ คำสอน, ศศิธร รongกลั่น, และนราธิป สุพัฒน์ธนานนท์. (2563). **การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม โดยใช้วิธีการหาตำแหน่งจากระยะทางที่ใกล้ที่สุด กรณีศึกษา บริษัทกระจายสินค้าเครื่องดื่ม. (วิทยานิพนธ์). มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตขอนแก่น, ขอนแก่น.**
- ณัฐนิชา ประยูรสุข, ณัฐพัชร ภัทรเสฏฐ์, พงศ์สิริ จันทร์สว่าง และสพรั่ง ผลดีประสิทธิ์. (2561). **การจัดเส้นทางการขนส่งวัตถุดิบและการกระจายสินค้าของธุรกิจนม. (ปัญหาพิเศษปริญญาตรี). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.**
- นคร ไชยวงศ์ศักดิ์, ประเวช อนันต์เอื้อ, นิเวศ จินะบุญเรือง, เสกสรร วินยางค์กุล, ขวัญเรือน สิ้นณรงค์, ธนากร จักรแก้ว, วุฒิชัย ใจบาล และณัฐวุฒิ ศรีสว่าง. (2558). **การจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม. วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน**, 3(1), 51-61.
- นฤมล ไชยโคตร. (2560). **การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการฮิวริสติกในการจัดการการขนส่งสำหรับโรงงานกรณีศึกษาโรงงานจำหน่ายอุปกรณ์ระบบงานไฟฟ้า. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**, 12(2), 169-177.
- พิชญ์ พันธุ์พัฒน์ และเปรมพร เขมาวุฒม์. (2562). **การจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกขนาดใหญ่สำหรับสินค้าประเภทเทกองและกระสอบ กรณีศึกษาบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต**, 9(1), 136-151.
- รวีโรจน์ ป่องทรัพย์, และธัญภัส เมืองปิ่น. (2564). **การจัดเส้นทางการขนส่งขึ้นส่วนรถยนต์ กรณีศึกษาบริษัทขนส่งขึ้นส่วนรถยนต์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธนบุรี**, 5(2), 12-23.
- วุฒิไกร ไชยปัญญา. (2560). **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการปรับปรุงเส้นทางการจัดส่งสินค้า สำหรับผู้ประกอบการธุรกิจโรงน้ำแข็ง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต**, 7(2), 1-13.