

แบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมสำหรับปัญหาเส้นทางการเดินรถ

A Mixed Integer Linear Programming for Vehicle Routing Problem

คณิศ พลอยดณัย^{1*}, กรเกล้า จูติกุล², พรศิริ สัตยเสารยะ³, ธรีณี มณีศรี⁴

^{1,2,3}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
ศิลปากร

⁴ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: kanate.engineer@gmail.com*

Kanate Ploydanai^{1*}, Kornkaow Thitikul², Pornsiri Sattayasoraya³, Tharinee Maneesri⁴

^{1,2,3}Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering and Industrial Technology,
Silpakorn University

⁴Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Sripatum University

E-mail: kanate.engineer@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีจัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอวิธีแก้ปัญหา Vehicle Routing problem (VRP) กรณีศึกษาบริษัท สุวรรณไพศาลขนส่ง จำกัด งานวิจัยฉบับนี้แก้ปัญหาโดยใช้เครื่องมือสองชนิดคือ แบบจำลองจำนวนเต็มผสมเชิงเส้น (MILP) และเสริมด้วย visual basic application (VBA) บน Ms-excel การแก้ปัญหา แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกใช้ VBA ค้นหาระยะทางระหว่างเมืองต่างๆ โดยจะใช้ VBA จัดส่งพิกัด GPS ผ่าน internet explorer ไปยัง google เพื่อขอระยะทาง ในขั้นตอนที่สอง ผู้วิจัยทำการสร้าง แบบจำลอง VRP เพื่อแก้ปัญหา โดยเป้าหมายหลักคือการหาค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดอันเกิดจากการเลือกรถแต่ละประเภท และเส้นทางการขนส่งของรถ คำตอบที่เหมาะสมจะถูกค้นหาด้วย Gurobi premium solver บน MS-excel โดยทั่วไปคำตอบที่เหมาะสมคำตอบที่ได้มักเกิด sub contour ขึ้น ดังนั้นขั้นตอนสุดท้ายคือการพัฒนาขั้นตอนวิธีการในการค้นหา sub contour ในรถแต่ละคันและ แล้วสร้างสมการแก้ sub contour แบบอัตโนมัติ แล้วโปรแกรมจะส่ง Gurobi premium solver แก้ปัญหาให้จนกว่าจะได้คำตอบที่เหมาะสมโดยไม่เกิด sub contour ผลการทดลองสรุปว่า คำตอบที่ได้สามารถนำไปใช้หาเส้นทางการขนส่งให้สุวรรณไพศาล เพื่อทดแทนการใช้ประสิทธิภาพของพนักงานได้และรวดเร็วกว่าการจัดด้วยพนักงาน นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการหาคำตอบมักจะมี sub contour ขึ้นเป็นจำนวนมาก หากที่ผู้วางแผนจะสร้างสมการแก้ sub contour เองโดยตรง การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ค้นหาและแก้ sub contour มีความสะดวกรวดเร็วกว่าถึงแม้จะเขียนโปรแกรมได้โดยยาก

คำหลัก: การขนส่งแบบ Milk Run, ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ, แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม

Abstract

This paper aims to solve Vehicle Routing problem (VRP) with Suwanpisarn Company case study. To solve the problem, this paper employs two item including mixed integer linear model (MILP) and visual basic application (VBA) on the MS-excel. There are three steps to find the solution. The first step is to use VBA to find the distance between cities. VBA sends GPS coordinates VBA to google by using internet explorer. After that, VBA receive distance from Google. In the second steps researcher creates VRP model

to solve problems. The objective function is to find the lowest cost from selection of vehicles and the routing of vehicles. The optimal solution is discovered by Gurobi premium solver on MS-excel. Typically, the optimal solution that is discovered always include sub contour. So, the final step is to develop an algorithm to search the sub contour of vehicle and create a formula to eliminate the sub contour automatically. Next the program commands Gurobi premiums to find optimal solution until the solution is without sub contour. The study indicates that the solution can apply for the transportation of Suwanpisarn Company to replace the experience of the staff and the program is faster than the staff. In addition, the results also show that there are many sub contours when determining the optimal solution. It is difficult to eliminate sub contour by human and it is easy by program ,however; program is hard to develop.

Keywords: Milk Run, Vehicle Routing Problem (VRP), Mixed Integer Linear Programming Model (MILP)

1.บทนำ

การบริหารจัดการด้านการขนส่ง (Transportation Management) เป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งในระบบการจัดการโลจิสติกส์ (Logistics Management) จากการที่ต้นทุนการขนส่งมีมูลค่าสูงที่สุดในต้นทุนโลจิสติกส์รวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานะที่น้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาแพง จึงจำเป็นที่จะต้องมียุทธศาสตร์การจัดการที่ดีและมีประสิทธิภาพเพื่อลดต้นทุนโลจิสติกส์ให้ต่ำลง [1] เนื่องจากความผันผวนทางเศรษฐกิจส่งผลให้ราคาน้ำมันหรือค่าเชื้อเพลิงมีอัตราเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งหากระยะทางการขนส่งมากส่งผลให้ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ถ้าเราสามารถลดระยะทางลงได้เท่ากับเราสามารถลดต้นทุนค่าขนส่งได้ด้วยเช่นกัน งานวิจัยฉบับนี้ ได้ศึกษาปัญหาจากบริษัท สุวรรณไพศาลขนส่ง จำกัด เป็นบริษัทที่ให้บริการขนส่งสินค้าทั่วประเทศ สินค้าที่ขนส่งในงานวิจัยนี้เป็นสินค้าประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน (Home Appliances ; HA) มีรูปแบบการขนส่งเป็นแบบ Milk Run การทำงานในปัจจุบันจะมีจัดการจัดเส้นทาง การเดินทางและการเลือกประเภทของรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้าด้วยระบบ Manual ซึ่งอาจจะได้เส้นทางและระยะทางที่ไม่เหมาะสม ส่งผลต่อให้ต้นทุนของการขนส่งสินค้าเพิ่มสูงขึ้น จากปัญหาดังกล่าวจึงเกิดแนวความคิดการสร้างแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming Model ; MILP) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปไมโครซอฟท์เอ็กเซลโซลเวอร์-กูโรบิมาช่วยในการคำนวณหาเส้นทางเดินทางให้ระยะ

ทางการขนส่งรวมน้อยสุด ,คำนวณประเภทรถและจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้าให้เหมาะสมกับปริมาณสินค้า เพื่อลดต้นทุนที่เกิดจากค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางขนส่งสินค้า และใช้รถได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังได้คำตอบที่มีความเหมาะสม (Optimal Solution) กว่าการทำงานแบบ Manual ที่ทางบริษัทได้ทำอยู่ในปัจจุบัน

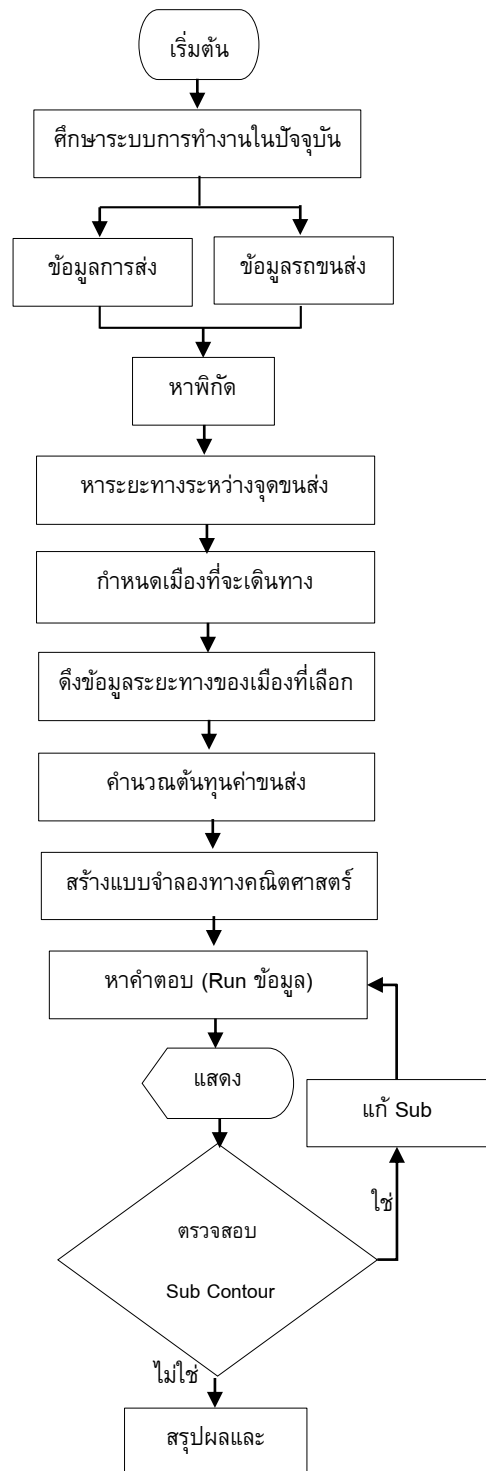
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ โดยพิจารณาจากรูปแบบการศึกษาที่มีลักษณะใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ จากการศึกษาดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้ 4 ประเภท คือ งานวิจัยที่ใช้แนวความคิดรูปแบบการขนส่งแบบ Milk Run [2,3,4,5] งานวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินทาง (Vehicle Routing Problem : VRP) [6,7] งานวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางแบบ Traveling Salesman Problem (TSP) [8,9,10] และงานวิจัยเกี่ยวกับปัญหาการเดินทางแบบ Multiple Traveling Salesman Problem (mTSP) [11] ซึ่งพบงานวิจัยที่มีความคล้ายคลึงกับงานที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา แตกต่างกันที่งานวิจัยดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์การจัดเส้นทางเดินทางเดินทางขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem; TSP) และใช้แนวคิดแบบ Nearest Neighbor Heuristics ในการวิเคราะห์สำหรับพัฒนาการจัดเส้นทางเดินทางเดินทางขนส่งสินค้าผ่านโปรแกรม VBA in Microsoft Excel เพื่อลดระยะทางในการจัดส่งสินค้าลงเพียงเท่านั้น [9]

2.วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนและวิธีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดการดำเนินงานดังรูปที่ 1

2.1 เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากศึกษาระบบการทำงานในปัจจุบัน ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากการสัมภาษณ์เจ้าของกิจการและพนักงานที่ปฏิบัติงาน ซึ่งข้อมูลที่ได้ ได้แก่ ข้อมูลของรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้าประเภท HP ได้ดังตารางที่ 1 และข้อมูลการส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เมษายน 2557



รูปที่ 1 ขั้นตอนและวิธีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 1 ข้อมูลรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้าประเภท HA

ประเภท	จำนวน (คัน)	การสูญเสียเชื้อเพลิง (กิโลเมตร/ลิตร)	ปริมาณการบรรทุกสินค้า (ลูกบาศก์/เมตร)
รถ 6 ล้อ (เล็ก)	2	6	28
รถ 6 ล้อ (ใหญ่)	40	4.8	35
รถ 18 ล้อ	11	2.5	58

จากข้อมูลการส่งสินค้าจะบอกตำแหน่งของลูกค้าเป็นเพียงชื่อและที่อยู่ของลูกค้าปลายทางทั้ง 214 รายเท่านั้น ไม่มีการกำหนดพิกัดที่แน่นอน ผู้วิจัยจึงทำการหาพิกัดละติจูดและลองจิจูดของลูกค้าทั้งหมดรวมถึงตำแหน่งของคลังสินค้าของบริษัทการศึกษา โดยจะนำชื่อและที่อยู่ของลูกค้าไปหาพิกัดที่ตั้งด้วย Google Map

เมื่อได้พิกัดแล้ว ผู้วิจัยได้ใช้ VBA ในการหาระยะทางระหว่างจุดขนส่งสินค้า โดยนำพิกัดละติจูดและลองจิจูด มาคำนวณหาระยะทาง (กิโลเมตร) โดยเทียบระยะทางจาก Google Map และแสดงผลเป็นระยะทางระหว่างจุด พร้อมบอกวิธีการเดินทาง แต่เนื่องจากจุดขนส่งนั้นมีจำนวนถึง 214 เมือง ทำให้ไม่สามารถ Run หาคำตอบได้ในครั้งเดียว เพราะจะใช้เวลานานในการ Run และพบปัญหาโปรแกรมค้างระหว่างการ Run ผู้วิจัยจึงได้แบ่งการ Run ออกเป็นครั้งละ 20 เมือง ซึ่งจะทำให้สามารถหาคำตอบได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น และไม่พบปัญหาโปรแกรมค้างระหว่างการหาคำตอบ

2.3 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยจะสร้างมีขนาดใหญ่ (214 จุดขนส่ง) หากเริ่มต้นการสร้างจากรูปแบบปัญหาขนาดใหญ่ อาจทำให้ขั้นตอนการแก้ไขปัญหามีความซับซ้อน และ ไม่สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้อย่างถี่ถ้วน ผู้วิจัยจึงเริ่มต้นจากการทดลองขนาดเล็ก และจะขยายเป็นการทดลองขนาดใหญ่ต่อไป โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และ VBA มาช่วยในการคำนวณ มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

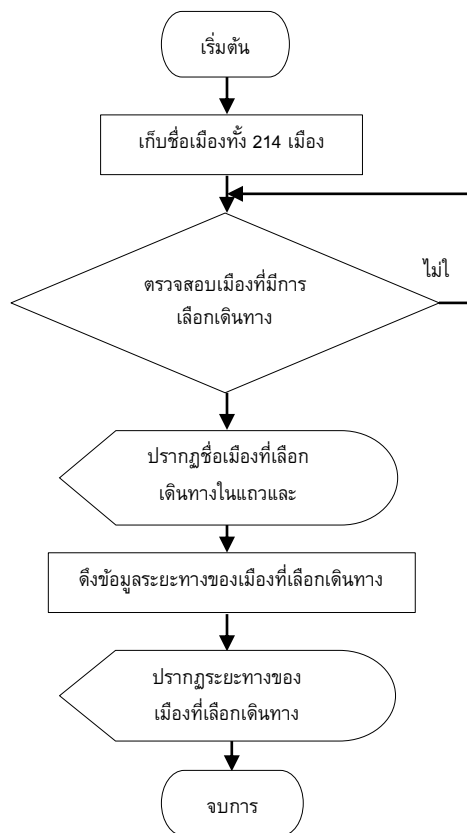
เริ่มจากกำหนดจุดที่จะเดินทางไป ผู้วิจัยกำหนดให้แบบจำลองมีเมืองที่เลือกเดินทางเพียง 7 เมือง โดยเป็น 1 = เลือกเดินทาง และ ปล่อย่าง = ไม่เลือกเดินทาง

ขั้นตอนที่ 2 ดึงข้อมูลระยะทางของเมืองที่เลือกเดินทาง โดยมี Flow การทำงานของ Code ดังรูปที่ 2

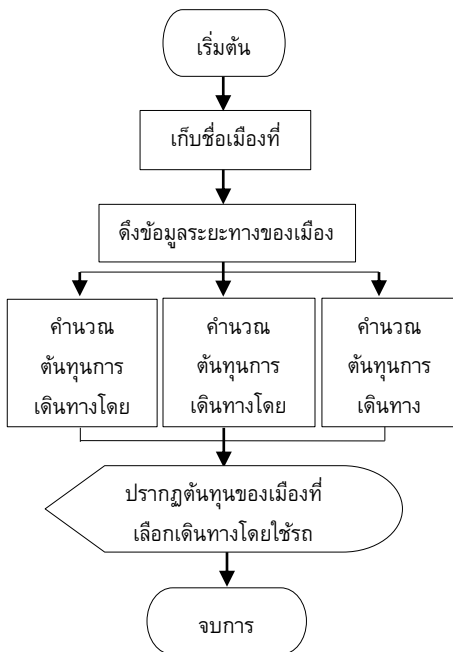
ขั้นตอนที่ 3 คำนวณต้นทุนการขนส่งสินค้า

โดยใช้รถแต่ละประเภท แบบจำลองขนาดเล็ก ผู้วิจัยกำหนดให้มีรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้าเพียง 3 ประเภท ได้แก่ รถ 6 ล้อ(เล็ก) , รถ 6 ล้อ(ใหญ่) และ รถ 18 ล้อ ประเภทละ 2 คัน มีสูตรในการคำนวณ ดังสมการที่ (1) โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 1 โดยมี Flow การทำงานของ Code ดังรูปที่ 3

$$\text{ต้นทุนค่าขนส่ง} = \frac{\text{อัตราการสูญเสียเชื้อเพลิง} \times \text{ระยะทาง} \times \text{ค่าน้ำมัน}}{\text{ความสามารถในการบรรทุกสินค้า}} \quad (1)$$



รูปที่ 2 Flow การทำงานของ Code ดึงระยะทาง



รูปที่ 3 Flow การทำงานของ Code คำนวณต้นทุน
ขั้นตอนที่ 4 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
ตัวแปร

K = ประเภทรถบรรทุก ประเภทรถบรรทุก (โดยที่ 1 แทน รถบรรทุก 18 ล้อ , 2 แทน รถบรรทุก 6 ล้อ(ใหญ่) , 3 แทน รถบรรทุก 6 ล้อ(เล็ก))
 m = ลำดับรถในประเภทรถบรรทุก k
 i, j = สถานที่ส่งสินค้า

ตัวแปรตัดสินใจ

X_{ijkm} = ตัวแปรตัดสินใจของรถประเภท k คันที่ m ในการเดินทางจากเมือง i ไปเมือง j มีค่าเป็น 1 เมื่อเลือกเดินทาง และมีค่าเป็น 0 เมื่อไม่เลือกเดินทาง
 Y_{km} = ตัวแปรตัดสินใจรถบรรทุกประเภท k คันที่ m ในการเลือกใช้รถแต่ละครั้ง มีค่าเป็น 1 เมื่อเลือกใช้งาน และมีค่าเป็น 0 เมื่อไม่มีการเลือกใช้งาน
 Q_{jkm} = ปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกประเภท k คันที่ m ที่เดินทางไปส่งยังเมือง j

พารามิเตอร์

W_{km} = ความจุของรถบรรทุกประเภท k คันที่ m
 D_j = ความต้องการ เมืองที่ j
 C_{ijkm} = ค่าใช้จ่ายของรถประเภท k คันที่ m ที่เดินทางจาก i ไป j

สมการเป้าหมาย

$$\text{Minimize} = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M C_{ijkm} X_{ijkm} \right) + \left(\text{BigM} \times \sum_{m=1}^M Y_{1m} \right) + \left(\text{BigM} \times \sum_{m=1}^M Y_{2m} \right) + \left(\text{BigM} \times \sum_{m=1}^M Y_{3m} \right) \quad (2)$$

เงื่อนไขบังคับ

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M X_{ijkm} \leq 1 \quad : \forall j \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M X_{ijkm} \leq 1 \quad : \forall i \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^N Q_{jkm} \leq W_{km} Y_{km} \quad : \forall_{jkm} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ijkm} = \sum_{i=1}^N X_{jikm} \quad : \forall_{jkm} \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M Q_{jkm} = D_j \quad : \forall_j \quad (7)$$

$$Q_{jkm} \leq D_j \sum_{i=1}^N X_{ijkm} \quad : \forall_{jkm} \quad (8)$$

$$Y_{km} = \sum_{j=1}^N X_{1jkm} \quad : \forall_{km} \quad (9)$$

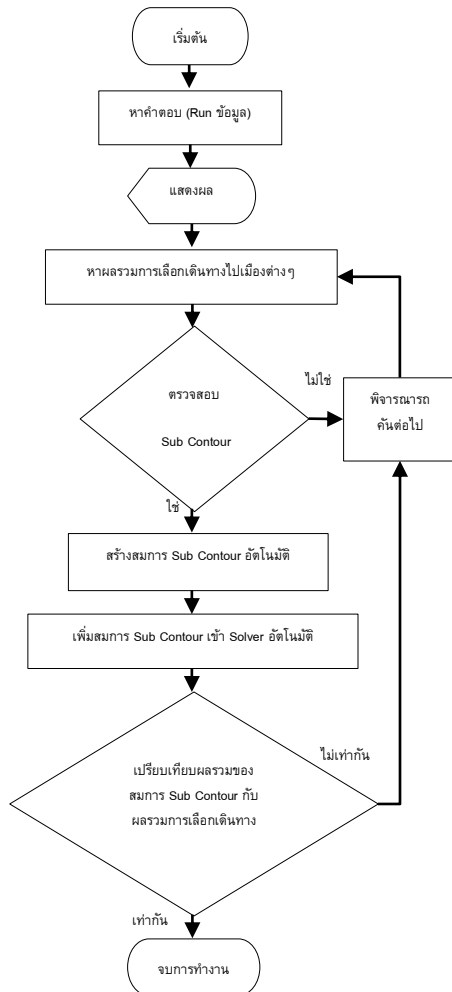
$$Y_{km} \in \{0,1\} \quad : \forall_{km} \quad (10)$$

$$X_{ijkm} \in \{0,1\} \quad : \forall_{ijkm} \quad (11)$$

ในสมการ (2) แสดงถึงต้นทุนของระยะทางที่น้อยที่สุด $\left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M C_{ijkm} X_{ijkm} \right)$ จะแสดงถึงค่าใช้จ่ายในการเดินทางขนส่งสินค้า และ $\left(\text{BigM} \times \sum_{m=1}^M Y_{1m} \right), \left(\text{BigM} \times \sum_{m=1}^M Y_{2m} \right), \left(\text{BigM} \times \sum_{m=1}^M Y_{3m} \right)$

แสดงถึงต้นทุนคงที่ที่เกิดขึ้นจากการเปิดใช้รถแต่ละประเภท สมการ (3) แสดงถึงผลรวมของรถบรรทุกประเภท k คันที่ m เข้าเมือง i ได้ 1 ครั้ง สมการ (4) แสดงถึงผลรวมของรถบรรทุกประเภท k คันที่ m ออกเมือง j ได้ 1 ครั้ง สมการ (5) แสดงถึงปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกประเภท k คันที่ m ส่งสินค้าไปเมือง j ต้องน้อยกว่าเท่ากับความจุที่รถบรรทุกคันดังกล่าวสามารถบรรทุกได้ หากรถคันใดถูกเลือกใช้ ค่า Y_{km} ของรถคันดังกล่าวจะมีค่าเท่ากับ 1 และมีค่าเป็น 0 เมื่อไม่มีการเลือกใช้ สมการ (6) แสดงถึงรถบรรทุกประเภท k คันที่ m เข้าเมือง j และรถคันดังกล่าวต้องออกจากเมือง j สมการ (7) แสดงถึงผลรวมของรถบรรทุกประเภท k คันที่ m ที่ไปส่งสินค้าเมือง j ต้องเท่ากับความต้องการของเมือง j สมการที่ (8) แสดงถึงการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปร Q_{jkm} และ X_{ijkm} โดย

รถบรรทุกคันใด (k,m) ที่จะขนส่งสินค้าในปริมาณของ Q_{jkm} ไปที่เมือง j ใต้ก็ต่อเมื่อรถคันดังกล่าววิ่งเข้าเมือง j สมการ (9) แสดงถึงรถประเภท k คันที่ m ที่เลือกใช้ งานต้องออกจากเมือง 1 เสมอ สมการ (10) และ (11) แสดงถึงชนิดของข้อมูลว่า ตัวแปร X_{jkm} และ Y_{km} เป็นไบนารี



รูปที่ 2 โดย Flow การทำงาน ของ Code ปรับปรุง
2.4 หาคำตอบ (Run ข้อมูล)

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลโซลเวอร์-กูโรบี โดยมี Input Process และ Output ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Input Process และ Output ของการหา

INPUT	PROCESS	OUTPUT
-รายชื่อลูกค้า	-เลือกประเภทของรถ และ	-ประเภทของรถ และจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้า
-ตำแหน่งลูกค้า	-จำนวนจำนวนรถที่ใช้	-เส้นทางการส่งสินค้าที่เหมาะสม
-ข้อมูลปริมาณสินค้า	-จำนวนเส้นทางการส่งสินค้า	-ลำดับการส่งสินค้า ก่อน/หลัง
-ต้นทุนแต่ละเส้นทางในการใช้รถ	-จำนวนลำดับการส่งสินค้าก่อน/หลัง	- ต้นทุนรวมในการขนส่งสินค้า
-ขนส่งแต่ละประเภท	-จำนวนต้นทุนรวมที่ใช้ในการขนส่งสินค้า	
-ระยะทาง	- Sub-tour Elimination	

2.5 การปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

คำตอบที่ได้จากการ Run อาจเกิด Sub-tour ผู้จัดทำจึงจำเป็นต้องกำจัด Sub-tour Elimination เพื่อปรับปรุงคำตอบของแบบจำลองให้ดียิ่งขึ้น โดยนำ VBA ที่ใช้งานบน Microsoft Excel มาช่วยในการทำงาน เนื่องจาก การทำงานบน Microsoft Excel นั้นไม่จำเป็นต้องลงโปรแกรมเพิ่มเติม โดย Flow การทำงาน ของ Code ดังรูปที่ 4

3.ผลการวิจัย

การหาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีรถขนส่งสินค้า 3 ประเภท ได้แก่ รถ 6 ล้อ(เล็ก), รถ 6 ล้อ(ใหญ่) และรถ 18 ล้อ ประเภทละ 2 คัน โดย Run ข้อมูลเปรียบเทียบผลระหว่าง Manual และ Gurobi 2 โจทย์ โดยแต่ละโจทย์จะมีเมืองที่เลือกเดินทาง 7 เมือง และมีความต้องการสินค้าเท่ากับ 30 Cubic เท่ากันทุกเมือง มีผลการ Run ดังตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ โดยที่โจทย์ C30T3N6*(1) คือโจทย์จากการสุ่มเพื่อการทดลอง แต่โจทย์ C30T3N6(2) เป็นค่าจริงจากบริษัทกรณีศึกษา

ตารางที่ 3 การคำนวณหาค่าตอบโจทย์ C30T3N6*(1)

C30T3N6*(1)					
Gurobi			Manual		
รถที่ใช้	ลำดับ	ปริมาณบรรทุก (Q)	รถที่ใช้	ลำดับ	ปริมาณบรรทุก (Q)
รถ 18 ล้อ (คันที่ 1)	City1	0	รถ 18 ล้อ (คันที่ 1)	City1	0
	City2	13		City2	10
	City5	13		City4	10
	City4	30		City7	18
	City7	2		City3	10
รถ 18 ล้อ (คันที่ 2)	City1	0		City5	10
	City4	0	รถ 18 ล้อ (คันที่ 1)	City1	0
	City7	28		City2	18
	City3	30		City4	10
รถ 6 ล้อ ใหญ่ (คันที่ 1)	City1	0		City7	10
	City6	30		City3	10
รถ 6 ล้อ ใหญ่ (คันที่ 2)	City1	0		City5	10
	City5	17	รถ 6 ล้อใหญ่ (คันที่ 1)	City1	0
	City2	17		City2	2
		City4		10	
		City7		2	
				City3	10
			City5	10	
			รถ 6 ล้อใหญ่ (คันที่ 2)	City1	0
				City6	30
Sub contour (รอบ)		11	Sub contour (รอบ)		-
ต้นทุน (บาท)		85,397.67	ต้นทุน (บาท)		85,404.83
ระยะทาง (km.)		3,240	ระยะทาง (km.)		3,267.8
เวลา(S)		8.46	เวลา(S)		960

ตารางที่ 4 การคำนวณหาค่าตอบโจทย์ C30T3N6(2)

C30T3N6(2)					
Gurobi			Manual		
รถที่ใช้	ลำดับ	ปริมาณบรรทุก (Q)	รถที่ใช้	ลำดับ	ปริมาณบรรทุก (Q)
รถ 18 ล้อ (คันที่ 1)	bkk01	0	รถ 18 ล้อ (คันที่ 1)	bkk01	0
	kpp07	30		kpp01	18
	kpp03	25		kpp05	10
	kpp01	2		kpp10	10
รถ 18 ล้อ (คันที่ 2)	bkk01	0		kpp03	10
	kpp10	30		kpp07	10
	kpp01	28	รถ 18 ล้อ (คันที่ 2)	bkk01	0
รถ 6 ล้อใหญ่ (คันที่ 1)	bkk01	0		kpp01	10
	kpp03	0		kpp05	10
	kpp08	30		kpp10	17
	รถ 6 ล้อใหญ่ (คันที่ 2)	bkk01		0	kpp03
kpp05		30		kpp07	10
			รถ 6 ล้อใหญ่ (คันที่ 1)	bkk01	0
				kpp01	2
				kpp05	10
				kpp10	3
				kpp03	10
				kpp07	10
			รถ 6 ล้อใหญ่ (คันที่ 2)	bkk01	0
				kpp08	30
Sub contour (รอบ)		-	Sub contour (รอบ)		-
ต้นทุน (บาท)		85,158.96	ต้นทุน (บาท)		86,146.02
ระยะทาง (km.)		3,654.8	ระยะทาง (km.)		3,267.8
เวลา (S)		5.88	เวลา (S)		900

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าในการเดินทางไป City1 ถึง City7 โดยใช้ Gurobi ในการหาคำตอบ จะมีต้นทุนเท่ากับ 85,397.67 บาท ระยะทาง 3,240 km. และใช้เวลาในการหาคำตอบ 8.46 วินาที พบ Subcontour 11 รอบ แต่การหาคำตอบด้วยวิธี Manual จะมีต้นทุนเท่ากับ 85,404.83 บาท ระยะทาง 3,267.8 km. ใช้เวลาในการหาคำตอบ 960 วินาที และไม่เกิด Subcontour ทำให้เห็นว่าในการหาคำตอบโดยใช้ Gurobi สามารถหาคำตอบได้รวดเร็วกว่าการทำงานแบบ Manual นอกจากนี้ยังสามารถลดต้นทุนลงได้ประมาณ 988 บาท และลดระยะทางในการเดินทางลงได้ 27.80 km.

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าในการเดินทางไป bkk01 kpp01 kpp03 kpp05 kpp07 kpp08 และ kpp10 โดยใช้ Gurobi ในการหาคำตอบ จะมีต้นทุน

เท่ากับ 85,158.96 บาท ระยะทาง 3,654.8 km. และใช้เวลาในการหาคำตอบ 5.88 วินาที และไม่พบ Subcontour แต่การหาคำตอบด้วยวิธี Manual จะมีต้นทุนเท่ากับ 86,146.02 บาท ระยะทาง 3,267.8 km. ใช้เวลาในการหาคำตอบ 900 วินาที จะเห็นว่า Gurobi สามารถลดต้นทุนลงได้ประมาณ 8 บาท แต่ระยะทางในการเดินทางมากกว่าการจัดงานแบบ Manual 387 km. แต่ใช้เวลาในการหาคำตอบมากกว่าการจัดงานด้วย Gurobi

ข้อมูลในตารางที่ 3 ที่เป็นข้อมูลสุ่ม พบ Subcontour ถึง 11 รอบ แต่ข้อมูลในตารางที่ 4 ซึ่งเป็นข้อมูลจริงจากบริษัทกรณีศึกษา ไม่พบ Subcontour ทำให้สามารถสรุปได้ว่า การสุ่มข้อมูลเพื่อตรวจสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อาจไม่ได้ผลที่เป็นไปตามความจริง ทั้งนี้อาจจะเกิดจากระยะทางขาไปและขา

กลับมีความแตกต่างกันมาก ดังนั้นหากต้องการจะตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองต้องมีการทดสอบกับข้อมูลจริง หรือข้อมูลของกรณีศึกษาเพื่อให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยฉบับนี้พบว่า การสร้างแบบจำลองและใช้ Gurobi ให้การหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดใหญ่ นั้น gurobi จะหาคำตอบได้ดีกว่าการหาคำตอบโดยพนักงานที่จัดรถขนส่ง (มีเพียงหนึ่งโจทย์ปัญหาที่พนักงานขนส่งชนะ gurobi) แต่อย่างไรก็ดี จากการทดลองกับปัญหาขนาดใหญ่พบว่าคำตอบที่ดีที่สุดที่ gurobi ค้นพบ ยังไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดเนื่องจากขนาดของปัญหาคืออุปสรรคสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลงได้ ขอขอบคุณ บริษัท สุวรรณไพศาล ขนส่ง จำกัด และ ผศ.ดร.ธรณี มณีศรี ที่ให้ความเอื้อเฟื้อข้อมูลในงานวิจัยฉบับนี้

อ้างอิง

- [1] ดร.สมชาย ปฐมศิริ. (2553). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการขนส่ง. เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2557. เข้าถึงได้จาก http://www.logisticscorner.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1732:2010-03-13-02-31-29&catid=36:transportation&Itemid=90
- [2] ญัตถาญจน์ โพธิ์สัมฤทธิ์ และ วิภาวี ธรรมมาภรณ์พิลาศ. (2553). "แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางพัสดุดังคลั่ง." วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 20, 3 (กันยายน - ธันวาคม): 544-551.
- [3] S.G.H. Jalali-Naiini, A.R. Aliahmadi and S.J. Sadjadi. (2010). "A Robust Optimization Approach for the Milk Run Problem with Time Windows under Inventory Uncertainty - An Auto Industry Supply Chain Case Study." Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, (January): 1-7.
- [4] Ben Peterson, Willem-Jan van Hoeve, and others. (2010). "Flexible Milk-Runs for Stochastic Vehicle Routing." Carnegie Mellon University Research Showcase @ CMU 10,: 1-23.
- [5] Theeratham M. and Lohatepanont M. "Vehicle Routing in Milk Run Operations: A Column Generation Based Approach." (2010)
- [6] ชีรธรรม มีเทศน์. (2551). "แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่ม." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [7] Gulcin Dinc Yalcin and Nihal Erginel. (2012). "A Heuristic Based on Integer Programming for the Vehicle Routing Problem with Backhauls." Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul, Turkey, (July)
- [8] ศุภสิริ เต็งสุกุล และ ชัชพันธ์ ขำญาติ. "การใช้อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบหลายคลังสินค้า." ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [9] ชุติกร ชนะสิทธิ์ และ สรวิษฐ์ เยาวสุวรรณไชย. (2554). "การพัฒนาโปรแกรมการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาบริษัทผู้ให้บริการด้านธุรกิจขนส่งสินค้า."
- [10] Changbing Jiang. (2010.) "A Reliable Solver of Euclidean Traveling Salesman Problems with Microsoft Excel Add-in

Tools for Small-size Systems." Journal of Software, (July): 761-768.

- [11] Ranjana Ponraj and George Amalanathan. (2014.) "OPTIMIZING MULTIPLE TRAVELLING SALESMAN PROBLEM CONSIDERING THE ROAD CAPACITY" Journal of Computer Science 10 (4): 680-688