การคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบเพื่อเข้าสู่ระบบการขนส่งแบบมิลค์รันของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

Supplier Selection for Milk-run Logistics of an Automotive Parts Manufacturer

นิตยา สมยิ่ง นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเสนอขั้นตอนวิธีการตัดสินใจคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบเพื่อเข้าสู่ระบบการขนส่งแบบมิลค์รันของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยให้ต้นทุนรวมจากการดำเนินการต่ำสุด โดยงานวิจัยเกิดขึ้นเนื่องจากลูกค้าของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์เหล่านี้มีนโยบายให้ลดราคาสินค้าลงทุกปี และแนวคิดของระบบมิลค์รันสามารถช่วยลดต้นทุนในองค์กรลงได้ ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบมิลค์รันมาใช้ แต่เนื่องจากลักษณะที่แตกต่างกันของผู้จัดหาวัตถุดิบทำให้การวนรถขนส่งเพื่อไปรับสินค้ากับผู้จัดหาวัตถุดิบบางรายไม่คุ้มค่าต่อการดำเนินการ งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการในการตัดสินใจ 2 วิธี คือ วิธีแจงนับและฮิวริสติกส์ในการหาคำตอบ โดยทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการทั้งสองกับปัญหา 12 รูปแบบที่มีสถานการณ์ที่แตกต่างกัน พบว่าวิธีการที่เสนอทั้ง 2 วิธีสามารถนำไปใช้ได้จริง โดยทั้งสองวิธีมีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ผลต่างของต้นทุนรวมรายปีประมาณ 0.4 % จากการทดลองพบว่าฮิวริสติกที่เสนอสามารถให้คำตอบที่ดีในสถานการณ์ที่ผู้จัดหาวัตถุดิบมีตำแหน่งที่ตั้งกระจายตัวอย่างสุ่ม ในขณะที่วิธีแจงนับให้คำตอบได้ดีในกรณีที่ผู้จัดหาวัตถุดิบมีตำแหน่งที่ตั้งรวมกันเป็นกลุ่ม

คำสำคัญ : การผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์, การขนส่งแบบมิลค์รัน, การจัดเส้นทางเดินรถ

Abstract

This research presents an algorithm for supplier selection for Milk-run logistics of an automotive parts manufacturer in order to minimize total operating cost per year. The motivation of this research is because these manufacturers' customers usually force them to reduce their commodity price every year. Milk-run systems are well known for reducing operating cost, thus manufacturers are interested in applying this idea into their organizations. However, most manufacturers have a variety of their suppliers' characteristics and it may not be worthwhile to include all of them in the milk-run system. Therefore, this research proposes 2 methods in selecting milk-run suppliers: Total Enumeration and Heuristic method. This research demonstrates the efficiency of the algorithms from the result of applying proposed algorithms in 12 problem instances with different situations. From the result, it shows that both methods are well used in real situations. The overall cost different between total enumeration and heuristic method is 0.4% and we found that heuristic method performs better when suppliers have random location as

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

compared to clustered locations while total enumeration gives better results when supplier locations are clustered.

Keywords : Automobile Industry, Milk-Run Operation, Vehicle Routing Problem

1. บทนำ

จากสถิติปี 2556 [1] ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตรถยนต์อันดับที่ 9 ของโลก โดยอุตสาหกรรมรถยนต์ [2] ที่มีผู้ประกอบรถยนต์ (Assembler) จำนวนน้อยกว่าผู้ผลิตชิ้นส่วน (Suppliers) เป็นจำนวนมาก ทำให้ผู้ประกอบรถยนต์มีอำนาจในการควบคุมผู้ผลิตชิ้นส่วน ซึ่งในปัจจุบันผู้ผลิตรถยนต์มีนโยบายที่มุ่งเน้นการลดต้นทุนวัตถุดิบ และการดำเนินการ ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อรองรับความต้องการของผู้ประกอบรถยนต์เพื่อความอยู่รอดในอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูงนี้

จากการที่ผู้ประกอบรถยนต์ และผู้ผลิตชิ้นส่วนลำดับแรก (First tier) นำระบบดึงมาใช้ในการลดต้นทุนการดำเนินการผลิต โดยเฉพาะต้นทุนการเก็บสินค้า เนื่องจากต้นทุนวัตถุดิบของชิ้นส่วนรถยนต์มีมูลค่าสูง ซึ่งวิธีการลดต้นทุนสินค้าคงคลังที่นิยมใช้คือการ ไปรับวัตถุดิบจากผู้ผลิตด้วยระบบมิลค์รัน (Milk Run)โดยจัดรถขนส่งไปรับวัตถุดิบจากผู้จัดหาวัตถุดิบเพื่อการผลิตในปริมาณที่ต้องการใช้เท่านั้น

ปัจจุบันผู้ผลิตชิ้นส่วนใช้ระบบการผลิตแบบดึง [3] โดยให้ผู้จัดหาวัตถุดิบทำการขนส่งสินค้ามาให้ ซึ่งผู้จัดหาวัตถุดิบจะกำหนดจำนวนการขนส่งขั้นต่ำที่มีจำนวนการขนส่งไม่สอดคล้องกับความต้องการใช้งาน เนื่องจากความคุ้มทุนในการส่งสินค้าของผู้จัดส่ง ทำให้บริษัทต้องแบกรับภาระในการเก็บสินค้าจึงทำให้เกิดต้นทุนจมจากการซื้อสินค้ามาเก็บไว้ ส่งผลให้ต้นทุนรวมสูง ดังนั้นการลดต้นทุนการเก็บสินค้าลงจึงเป็นผลดีต่อบริษัทอย่างยิ่ง

การขนส่งแบบมิลค์รัน เป็นวิธีการขนส่งสินค้ารูปแบบหนึ่งซึ่งทำการเก็บรวบรวมสินค้าจากหลายๆ จุดที่อยู่ในบริเวณใกล้ๆ กันแล้วไปส่งที่ปลายทางเพียงจุดเดียว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่บนรถขนส่ง (High Loading Efficiency) โดยในแต่ละจุดที่รถขนส่งต้องไปเก็บสินค้ามีปริมาตร และน้ำหนักสินค้าที่แตกต่างกันตามข้อกำหนดของจุดขนส่งแต่ละจุด ซึ่งจะทำการขนส่งสินค้าเท่ากับจำนวนที่ต้องการใช้ แต่ทำการขนส่งบ่อยขึ้น ทำให้สามารถลดการเก็บสินค้า สามารถควบคุมเวลาในการขนส่ง ลดจำนวนรถขนส่งที่เข้ามายังโรงงานในแต่ละวัน และที่สำคัญลดต้นทุนการขนส่งเนื่องจากการขนส่งร่วมกันทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่บนรถขนส่ง ลดต้นทุนราคาสินค้าลงเพราะถ้าให้ผู้จัดหาวัตถุดิบส่งสินค้ามาให้ ผู้จัดหาวัตถุดิบได้รวมต้นทุนค่าขนส่งอยู่ในราคาสินค้า ดังนั้นแนวคิดที่จะทำการไปรับวัตถุดิบจากผู้จัดหาวัตถุดิบแบบมิลค์รันจึงก่อให้เกิดประโยชน์ในการจัดการวัตถุดิบ การลดต้นทุนสินค้า และต้นทุนการดำเนินการผลิต

งานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบ เป็นการคัดเลือกบริษัทที่จะทำหน้าที่จัดเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิตให้บริษัท โดยเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบที่ผลิตสินค้าตามที่บริษัทต้องการ และราคาเป็นที่พอใจ ดังงานวิจัยของวิโรจน์ [4] ซึ่งเสนอแนวทางการประเมินความสามารถของผู้จัดหาวัตถุดิบจากเกณฑ์ในด้านคุณภาพสินค้า ราคา และความน่าเชื่อถือของผู้จัดหาวัตถุดิบที่ทางบริษัทได้ติดต่อไว้ แล้วเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบที่จะให้ทำหน้าที่จัดหาวัตถุดิบให้บริษัท ทำนองเดียวกันกับงานวิจัยของ วรินทร์ และ สิทธิชัย [5] ที่สร้างเกณฑ์ และวิธีการคัดเลือกผู้ขายวัตถุดิบของโรงงานท่อพลาสติก นอกจากนี้ Rezaei Ortt [6] Che และ Wang [7] ได้ทำการศึกษาสร้างเกณฑ์ วิธีการประเมิน และจัดกลุ่มผู้จัดหาวัตถุดิบที่มีลักษณะคล้ายกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งแต่ละกลุ่มมีวิธีจัดการที่แตกต่างกัน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการขนส่ง ดังงานวิจัยของ Chuah และ Yingling [8] ได้ศึกษาการวางแผนจัดเส้นทางการขนส่งโดยกำหนดความถี่ในการขนส่งตายตัว (fixed daily frequency) และงานวิจัย Ruiz Maroto และAlcaraz [9] Peterson J.V.H Willem และ Kekre [10] ล้วนแต่เป็นการวางแผนจัดการขนส่งโดยที่รู้ตำแหน่ง และจำนวนของผู้จัดหาวัตถุดิบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องวางแผนการขนส่งอยู่แล้ว ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยนี้ที่จะทำการคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบที่เหมาะสมเข้ามาอยู่ในระบบมิลค์รัน เพื่อวางแผนการขนส่งรายวันที่จะเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

เมื่อเทียบกับงานวิจัยที่อ้างอิงดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่ศึกษาวิธีการคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบที่บริษัทจะทำการไปรับสินค้ามายังโรงงาน งานวิจัยนี้จึงจะทำการศึกษา และคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบที่บริษัทจะนำเข้าสู่ระบบมิลค์รัน และประมาณการจำนวนรถขนส่งที่ต้องจัดหาและทำสัญญาเช่ารายปีที่ทำให้ประหยัดต้นทุนรวมรายปีสูงสุด และนำผลของการคัดเลือกและเช่ารถดังกล่าวไปวางแผนการขนส่งรายวันเพื่อให้ต้นทุนขนส่งต่ำสุด โดยนำเสนอวิธีหาคำตอบ 2 วิธี คือ วิธีแจงนับ (Total Enumeration) และฮิวริสติก (Heuristic Algorithm) เนื่องจากปัญหาที่พิจารณา คือปัญหาที่ซับซ้อนในระดับ NP-hard ดังนั้น ปัญหาที่นำมาทดสอบจึงเป็นปัญหาขนาดเล็กที่สามารถหาคำตอบได้ในระยะเวลาอันสั้น

วิธีการดำเนินงานของงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1. การคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบที่บริษัทจะทำการไปรับวัตถุดิบแบบมิลค์รัน และหาจำนวนรถที่จะทำสัญญาเช่ารายปี ซึ่งในขั้นตอนนี้เป็นการตัดสินใจในระดับรายปี 2. การจัดเส้นทางไปรับวัตถุดิบรายวันตามแผนการผลิต การตัดสินใจในส่วนนี้เป็นการตัดสินใจในระดับรายวัน ซึ่งปัญหาที่พิจารณาจะถูกจำลองขึ้นมาเพื่อหาคำตอบในขั้นตอนที่ 1 ด้วยวิธีการแจงนับ และฮิวริสติก และนำคำตอบที่ถูกเลือกมาทำการจัดเส้นทางในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งผลที่ได้ถูกนำมาประเมินเพื่อเปรียบเทียบ และหาประสิทธิภาพของวิธีการที่พัฒนาขึ้นมาบนปัญหาที่แตกต่างกัน

ในหัวข้อที่ 2 กล่าวถึงวิธีในการหาคำตอบ ซึ่งประกอบด้วยวิธีแจงนับ และฮิวริสติกที่พัฒนาเพื่อคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบ และประมาณรถที่จะทำสัญญาเช่ารายปี รวมถึงการจัดเส้นทางขนส่งรายวันตามแผนการผลิต หัวข้อที่ 3 แสดงผลการทดลอง และหัวข้อที่ 4 เป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลอง รวมถึงทิศทางของงานวิจัยในอนาคต

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 ข้อมูลที่นำมาพิจารณาในการหาคำตอบ (Input Data)

ข้อมูลที่นำมาพิจารณาในระบบเพื่อประกอบการตัดสินใจทั้งในส่วนของการคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบที่บริษัทจะทำการขนส่งเอง และประมาณจำนวนรถขนส่ง และส่วนการจัดเส้นทางขนส่งรายวัน

ตารางที่ 1 ข้อมูลนำเข้าในการหาคำตอบ

การคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบ และประมาณจำนวนรถขนส่ง	การจัดเส้นทางขนส่งรายวัน
- แผนความต้องการวัตถุดิบจากผู้จัดหาวัตถุดิบแต่ละรายในแต่ละเดือน	- ความต้องการสินค้าที่ระบุน้ำหนักและวันที่ต้องการใช้สินค้า
- ข้อมูลจำนวน และน้ำหนักสินค้าที่บริษัทต้องการสินค้าเพื่อผลิตในแต่ละวันโดยเฉลี่ย	- ข้อมูลระยะทาง และเวลาเดินทางระหว่างแต่ละสถานที่ *งานวิจัยนี้กำหนดให้ระยะเวลาเดินทางมีค่าเท่ากับระยะทางการขนส่ง
- จำนวนการขนส่งขั้นต่ำถ้าผู้จัดหาวัตถุดิบส่งสินค้าให้	
- ราคาสินค้ากรณีผู้จัดหาวัตถุดิบส่งสินค้าให้ และบริษัทขนส่งเอง	
- ระยะทางระหว่างแต่ละสถานที่	

2.2 วิธีการคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบเข้าสู่ระบบมิลค์รัน และประมาณจำนวนรถที่จะทำสัญญาเช่ารายปี

จากการที่บริษัทมีผู้จัดหาวัตถุดิบหลายราย จึงต้องมีการเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบที่บริษัทจะไปรับสินค้าเพื่อความคุ้มค่าในการขนส่ง และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้เกิดต้นทุนการดำเนินการที่ต่ำที่สุด ดังสมการที่ (1) ซึ่งต้นทุนการดำเนินการที่พิจารณา คือ ต้นทุนการเก็บสินค้าโดยเฉลี่ยต่อช่วงเวลา ต้นทุนราคาวัตถุดิบ แสดงดังสมการ (2) และ (3) และต้นทุนการขนส่ง

$$T_{kv} = \sum_{j=1}^{12} Tr_{kjv} + \sum_{j=1}^{12} Inv_{kj} + \sum_{j=1}^{12} RM_{kj} + \sum_{j=1}^{12} Inv_{lj} + \sum_{j=1}^{12} RM_{lj} + VC_{truck} \quad (1)$$

$$Inv_{ij} = \frac{n_i}{2} \times C_i^{Inv} \times D_j \quad (2)$$

$$RM_{ij} = N_{ij} \times C_i^{RM} \quad (3)$$

เมื่อ k คือกลุ่มผู้จัดหาวัตถุดิบที่อยู่ในมิลค์รัน l คือกลุ่มผู้จัดหาวัตถุดิบที่ไม่ได้อยู่ในมิลค์รัน j คือเดือน i คือสินค้า v คือจำนวนรถที่เช่า T_k คือต้นทุนรวมรายปีของกลุ่ม k

Tr_{kjv} คือต้นทุนการขนส่งของเซต k เดือน j รถV คัน ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนการจ้างรถขนส่งภายนอก และต้นทุนค่าน้ำมัน โดยมีสมมติฐานว่าจะขนสินค้าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนที่ต้องการใช้ในแต่ละวัน ซึ่งจะขนมาเก็บไว้ก่อนการใช้งานไม่เกินหนึ่งวัน Inv_{kj} และ Inv_{lj} คือต้นทุนการเก็บสินค้าในเดือนj ของกลุ่ม k และ l กรณีผู้จัดหาวัตถุดิบขนส่งสินค้าให้ ต้นทุนการเก็บสินค้าประมาณมาจากจำนวนการขนแต่ละครั้ง โดยมีสมมติฐานว่าบริษัทมีอัตราการใช้สินค้าคงที่

Inv_{ij} คือต้นทุนการเก็บสินค้า i เดือน j n_i คือจำนวนการขนส่งต่อครั้ง F_{ij} คือความถี่ในการขนส่งในเดือน D_j คือจำนวนวันทำงานในเดือน j และ C_i^{Inv} คือต้นทุนการเก็บสินค้า i ต่อหน่วยต่อช่วงเวลา $\mathbf{RM_{kj}}$ และ $\mathbf{RM_{lj}}$ คือต้นทุนราคาวัตถุดิบในเดือนj ของเซต k และ l $\mathbf{N_{ij}}$ คือ จำนวนสินค้า i ที่ซื้อในเดือน j

$\mathbf{C_i^{RM}}$ และ $\mathbf{C_i^{RM'}}$ คือราคาสินค้า i ต่อหนึ่งหน่วยซึ่งเป็นราคาก่อน และหลังทำมิลค์รัน และ $\mathbf{C_{truck}}$ คือต้นทุนการเช่ารถรายปีต่อคัน

2.2.1 วิธีแจงนับ (Total Enumeration)

ขั้นตอนการหาคำตอบด้วยวิธีแจงนับ แสดงดังต่อไปนี้

1. ระบุกลุ่มการเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบที่จะเข้าสู่มิลค์รันที่เป็นไปได้ทั้งหมด
2. เลือกหนึ่งกลุ่มมาพิจารณา โดยพิจารณาทีละเดือน พร้อมกับระบุเหตุการณ์ และความน่าจะเป็นในการเกิดแต่ละเหตุการณ์การขนส่งในแต่ละวัน
3. จัดเส้นทางการขนส่งด้วยวิธี Nearest Neighbor ของแต่ละเหตุการณ์ และคำนวณต้นทุนค่าน้ำมัน และจำนวนรถขนส่งที่ต้องใช้ในแต่ละเหตุการณ์
4. เลือกจำนวนรถที่จะใช้ และทดลองเปลี่ยนจำนวนรถที่เลือกไปเรื่อยๆ จนถึง v คัน ซึ่ง v คือจำนวนรถสูงสุดโดยมีจำนวนเท่ากับจำนวนผู้จัดหาวัตถุดิบทั้งหมด เพื่อคำนวณต้นทุนการจ้างรถภายนอก (Outsource)
5. คำนวณค่าคาดหมายต้นทุนการขนส่ง (Expected Transportation) ซึ่งประกอบด้วย ค่าน้ำมัน และการจ้างรถขนส่งภายนอก
6. คำนวณต้นทุนรวมในเดือนนั้นๆ ซึ่งประกอบด้วยต้นทุน Tr_{kjv} , Inv_{ij} และ RM_{ij} โดย $i \in k$,l
7. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3. ถึง 6. จนครบ 12 เดือน แล้วคำนวณ T_{kv} ตามสมการ (1) ทำซ้ำจนครบทุกกลุ่มการเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบ และเลือกกลุ่มการเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบที่มีต้นทุนดำเนินการรวมต่ำสุด

2.2.2 ฮิวริสติก (Heuristic Algorithm)

ฮิวริสติกที่พัฒนามีส่วนช่วยให้เลือกเฉพาะบางกลุ่มมาพิจารณา โดยใช้วิธีการ Greedy Search [11] ที่ใช้ในการแก้ปัญหา Knapsack เนื่องจากรูปแบบของปัญหามีลักษณะคล้ายกับปัญหาของงานวิจัย โดยจะมีการคำนวณต้นทุนราคาสินค้า i ที่ประหยัดได้ต่อวัน ดังสมการที่ (4) เทียบกับค่าขนส่งสินค้า i ต่อวัน ดังสมการที่ (5)

$$\mathrm{Margin}_{ij} = \frac{N_{ij} \times (C_i^{RM} - C_i^{RM'})}{D_j} \quad (4)$$

$$\mathrm{Fix}_i^{Tr} = C^{Tr} \times W_i \quad (5)$$

เมื่อ Margin_{ij} คือต้นทุนราคาสินค้า i ที่ประหยัดได้ต่อวันของเดือน j Fix_i^{Tr} คือค่าขนส่งสินค้า i ต่อวัน C^{Tr} คือค่าขนส่งต่อน้ำหนัก และ W_i คือน้ำหนักสินค้า i ที่ขนส่งต่อครั้ง โดยค่าขนส่งที่กล่าวถึงนี้หมายถึงค่าเช่ารถเท่านั้น ขั้นตอนของฮิวริสติกแสดงดังต่อไปนี้

1. พิจารณาผู้จัดหาวัตถุดิบ i ออกจากระบบ ถ้า $\mathrm{Margin}_{ij} < \mathrm{Fix}_i^{Tr}$ โดยพิจารณาทีละเดือน
2. จัดผู้จัดหาวัตถุดิบที่ผ่านเกณฑ์ข้อ 1. ลงรถ โดยเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบ i ลงรถ เรียงตาม $\mathrm{Margin}_{ij} - \mathrm{Fix}_i^{Tr}$ สูงสุดลงรถก่อน จัดไปเรื่อยๆ โดยพยายามให้เต็มความจุรถจนกว่าจะไม่สามารถจัดได้อีกเนื่องจากเกินความจุหรือไม่มีผู้จัดหาวัตถุดิบรายอื่นที่สามารถจัดลงรถได้อีก ถ้า $\mathrm{Margin}_{ij} - \mathrm{Fix}_i^{Tr}$ เท่ากันให้เลือกสินค้าที่มีน้ำหนักบรรทุกน้อยสุดลงรถก่อน
3. คำนวณผลรวมต้นทุนราคาสินค้าที่ประหยัดของรถคันนั้นว่าน้อยกว่าค่าเช่ารถต่อวันหรือไม่ ถ้าน้อยกว่าให้หยุดจัด และยกเลิกการเลือกกลุ่มนั้น
4. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1. ถึง 3. จนครบทุกเดือนจะได้กลุ่มการเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบของแต่ละเดือน
5. เลือก 1 กลุ่มของแต่ละเดือนมาเป็นกลุ่มหลัก แล้วนำไปเทียบกับกลุ่มอื่นๆ ทีละกลุ่ม
6. ปรับเปลี่ยนสมาชิกในกลุ่ม โดยนำสมาชิกในกลุ่มที่มาเทียบซึ่งแตกต่างจากกลุ่มหลักเข้า หรือออกจากกลุ่มหลัก เพื่อให้กลุ่มนั้นเหมาะสมกับความต้องการสินค้าตลอดทั้งปี ซึ่งพิจารณาทุกเซตการปรับที่เป็นไปได้ และเลือกผู้จัดหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบที่มี $\text{Margin}_i - \text{Fix}_i^{Tr}$ สูงสุด ในขั้นตอนการปรับนี้จะพิจารณาผลต่าง $\text{Margin}_i - \text{Fix}_i^{Tr}$ ของสินค้า i เป็นรายปี และยังไม่โดนเลือกเข้ามาในรถเพื่อให้รถเต็มคัน หรือยกเลิกการเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบบางราย หรือบางกลุ่มออก

7. ทำซ้ำข้อ 3. เลือกกลุ่มที่มีผลรวม $\text{Margin}_i - \text{Fix}_i^{Tr}$ ต่อปีสูงสุดเป็นคำตอบปัจจุบัน

8. นำคำตอบปัจจุบันไปเทียบกับกลุ่มอื่นๆ โดยพิจารณาตามข้อ 6. และ 7. จนครบทุกกลุ่ม สุดท้ายจะได้กลุ่มที่ดีที่สุดจากการปรับ แล้วจึงนำกลุ่มดังกล่าวไปคำนวณหา T_{kv}

2.3 การจัดเส้นทางไปรับวัตถุดิบรายวัน

รายชื่อผู้จัดหาวัตถุดิบที่เลือกทำมิลค์รัน และจำนวนรถขนส่งที่เช่ารายปีถูกนำมาใช้ในการจัดเส้นทางรายวัน ขั้นตอนวิธีการจัดเส้นทางรายวัน แสดงดังต่อไปนี้

1. เลือกความต้องการขนส่งที่ต้องดำเนินการในวันพรุ่งนี้

2. จัดเส้นทางการขนส่งด้วยวิธี Nearest Neighbor โดยน้ำหนักบรรทุกของรถแต่ละคันต้องไม่เกินความจุรถ และไม่เกินเวลาการทำงานในหนึ่งวัน

3. จัดเส้นทางจนทุกความต้องการขนส่งในวันที่พิจารณาถูกจัดเส้นทาง ถ้ายังมีความต้องการขนส่งที่ยังไม่ถูกจัดลงรถ แต่รถที่บริษัทเตรียมไว้ไม่พอ ให้จัดเส้นทางการขนส่งทำซ้ำข้อ 2 ถึง 3 ด้วยรถขนส่งภายนอก

4. คำนวณเวลาที่รถแต่ละคันต้องเริ่มเดินทางออกจากโรงงาน และต้นทุนการขนส่งที่เกิดขึ้น

3. ผลการทดลอง

การทดลองจะทดสอบกับตัวอย่าง 12 ตัวอย่าง มีจำนวนผู้จัดหาวัตถุดิบที่พิจารณา 10 ราย ตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานผู้จัดหาวัตถุดิบมีการกระจายตัวอย่างสุ่ม (Random) และรวมกลุ่มกัน (Cluster) งานวิจัยนี้ได้นำปัญหา C101 และ R101 ของ Solomon [12] มาใช้ทดสอบเพื่อประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่ได้นำเสนอไว้ ซึ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการทดลองและตัดสินใจคัดเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบ และจำนวนรถขนส่งที่ต้องเช่าด้วยวิธีแจงนับและฮิวริสติกซึ่งเป็นการประเมินระดับรายปี และส่วนที่ 2 จะนำผลคำตอบที่ได้จากการตัดสินใจรายปีของทั้ง 2 วิธี มาทำการจัดเส้นทางรายวันและประเมินผล ในตารางแสดงผลการทดลอง “T” คือ วิธีแจงนับ “H” คือ ฮิวริสติก ในคอลัมภ์ “ผู้จัดหาวัตถุดิบที่เลือก” รหัส “1” หมายถึง เลือก “0” หมายถึงไม่เลือก เช่น ถ้าพิจารณาผู้จัดหาวัตถุดิบ 5 คน “11110” หมายถึงเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบคนที่ 1 ถึง 4 ไม่เลือกคนที่ 5 เป็นต้น ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลอง

ตัวอย่าง	ลักษณะปัญหา		การตัดสินใจรายปี						การตัดสินใจรายวัน				เปอร์เซ็นต์แตกต่างต้นทุนรายปีของ T
	ตำแหน่งที่ตั้ง		ผู้จัดหาวัตถุดิบที่เลือก		จำนวนรถ		ต้นทุนรวมจากการประเมิน		ต้นทุนรวมรายปี		การจ้างรถภายนอก/วัน		
	กระจาย	รวมกลุ่มกัน	T	H	T	H	T	H	T	H	T	H	
1	✓		1111111110	1111111111	2	3	4,280,944	4,343,916	4,251,473	4,254,203	0.32	0.08	0.06
2	✓		1111111000	1111111111	1	2	3,860,089	3,883,685	3,839,750	3,800,153	0.29	0.14	1.03
3	✓		1111101111	1111111111	2	2	5,299,109	5,300,072	5,196,816	5,156,238	0.36	0.18	0.78
4	✓		1111101111	1111110111	2	2	5,170,709	5,216,083	5,110,329	5,149,210	0.18	0.18	0.76
5	✓		1111111111	1111111111	2	2	4,409,152	4,409,152	4,339,154	4,339,154	0.28	0.28	0.00
6	✓		1111111100	1111111110	2	2	4,759,746	4,836,900	4,808,229	4,755,042	0.08	0.19	1.11
7		✓	1111111110	1111101111	2	2	4,650,194	4,821,859	4,653,137	4,694,173	0.15	0.3	0.88
8		✓	1111111110	1111111001	2	1	3,718,465	3,939,070	3,784,526	3,894,759	0.13	0.53	2.91
9		✓	1111111111	1111101111	2	2	5,400,225	5,407,983	5,380,555	5,384,943	0.23	0.07	0.08
10		✓	1111111111	1111011101	2	2	4,250,366	4,370,746	4,189,536	4,311,977	0.22	0.04	2.92
11		✓	1111111110	1111111111	2	2	4,438,130	4,482,376	4,405,650	4,382,260	0.13	0.29	0.53
12		✓	1111111111	1110111111	2	2	4,793,401	4,843,223	4,831,771	4,893,253	0.03	0.00	1.27
เปอร์เซ็นต์ผลต่างต้นทุนจากวิธีแจงนับและฮิวริสติก(H-T)							1.50		0.41		0.20	0.19	
เปอร์เซ็นต์ผลต่างต้นทุนเมื่อผู้จัดหาวัตถุดิบมีตำแหน่งที่ตั้งกระจายตัวอย่างสุ่มจากวิธีแจงนับและฮิวริสติก(H-T)							0.76		0.33		0.25	0.18	
เปอร์เซ็นต์ผลต่างต้นทุนเมื่อผู้จัดหาวัตถุดิบมีตำแหน่งที่ตั้งรวมกันเป็นกลุ่มจากวิธีแจงนับและฮิวริสติก(H-T)							2.26		1.16		0.15	0.21	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างต้นทุนรวมโดยเฉลี่ยของปัญหา 12 ปัญหาที่ทดลองหาคำตอบด้วยวิธีแจงนับและฮิวริสติกให้คำตอบที่ใกล้เคียงกันทั้งในการประเมินในระดับรายปีและรายวัน โดยมีผลต่างของต้นทุนในระดับรายปีประมาณ 1.5 % และระดับรายวัน 0.4 % และต้นทุนที่ประเมินในระดับรายปีก็ใกล้เคียงกับต้นทุนรวมรายปีที่เกิดจากการผลิตในแต่ละวัน แสดงให้เห็นว่าวิธีการหาคำตอบทั้ง 2 วิธีสามารถนำมาใช้งานได้จริง แต่ถ้าในสถานการณ์ที่มีจำนวนผู้จัดหาวัตถุดิบหลายรายที่ต้องตัดสินใจฮิวริสติกจะสามารถให้คำตอบที่ยอมรับได้และใช้เวลาในการแก้ปัญหาที่สั้นกว่าวิธีแจงนับ

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ผลต่างของต้นทุนที่เกิดจากวิธีแจงนับและฮิวริสติก กรณีที่โรงงานผู้จัดหาวัตถุดิบมีการกระจายตัวแบบสุ่ม พบว่าทั้ง 2 วิธี มีผลต่างของต้นทุนประมาณ 0.33 % ซึ่งฮิวริสติกให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีแจงนับในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ทั้งในด้านต้นทุน และจำนวนการจ้างรถขนส่งเฉลี่ยเพียง 0.18 คันในแต่ละวัน แต่ในกรณีที่ผู้จัดหาวัตถุดิบมีตำแหน่งที่ตั้งอยู่รวมตัวเป็นกลุ่ม พบว่าวิธีแจงนับให้ต้นทุนรวม และจำนวนการจ้างรถขนส่งภายนอกต่ำกว่าฮิวริสติก เนื่องจากฮิวริสติกไม่ได้คำนึงถึงลักษณะตำแหน่งที่ตั้งของผู้จัดหาวัตถุดิบในขั้นตอนการเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบเข้ามาสู่ระบบมิลค์รัน โดยจะทำการเลือกผู้จัดหาวัตถุดิบตามกำไรสูงสุดที่จะได้รับจากผู้จัดหาวัตถุดิบแต่ละราย โดยกำไรที่กล่าวถึง พิจารณาจากส่วนต่างของกำไรส่วนลดราคาสินค้ากรณีทำการขนส่งเองกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่พิจารณาจากน้ำหนักในการขนส่งสินค้าแต่ละชนิดเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงควรคำนึงถึงลักษณะตำแหน่งที่ตั้งโรงงานของผู้จัดหาวัตถุดิบด้วย โดยควรมีการกำหนดเกณฑ์ด้านอื่นที่ไม่ใช่เพียงผลต่างของกำไรกับค่าขนส่งจากน้ำหนักสินค้าเท่านั้น

5. เอกสารอ้างอิง

[1] National Science and Technology Development Agency. Available URL: http://www.nstda.or.th/in-dustry/autoparts-industry, (19 August 2014).

[2] Thailand Automotive Institute. “Master Plan for Automotive Industry 2012-2016,” Ministry of Industry Thailand, 2012.

[3] Automotive Intelligence Unit. Available URL: http://data.thaiauto.or.th/iu3/, (22 August 2014).

[4] Virojana Tantibadaro, “Supplier Selection with Data Envelopment Analysis,” Engineering Journal, Chulalongkorn University, Vol.4, 2010.

[5] Warin Keaitnukul and Sittichai Choetchumalaikit, “An Applied Fuzzy Set Theory to Quality Function Deployment for Supplier Selection: A Case Study of Plastics Pipe Factory,” Thai Value Chain Management and Logistics Conference, 2008.

[6] Rezaei J and Ortt R, “Multi-Criteria Supplier Segmentation Using a Fuzzy Preference Relations Based AHP,” European Journal of Operational Research, vol.225, pp.75–84, 2013.

[7] Z.H. Che and H.S. Wang, “A Hybrid Approach for Supplier Cluster Analysis,” Computers and Mathematics with Applications, vol.59, pp.745-763, 2010.

[8] Chuah K.H and Yingling J.C, “Routing for Just-in-Time Supply Pickup and Delivery System,” Transportation Science, vol.39, pp.328-339, 2005.

[9] Ruiz R., Maroto C and Alcaraz J, “A Decision Support System for a Real Vehicle Routing Problem,” European Journal of Operation Research, vol.153, pp.593-606, 2004.

[10] Peterson B, J.V.H Willem and Kekre S, “Flexible Milk-Run for Stochastic Vehicle Routing,” Carnegie Mellon University, 2010.

[11] George B. and Dantzig, “Discrete-Variable Extremum Problems,” Operations Research, Vol. 5, No. 2, pp. 266–288, 1957.

[12] M. Solomon. Available URL: http://w.cba. neu. edu/~msolomon/ problems.htm, (3 October 2014).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้