

การจัดรถขนส่งวัสดุจากคลังวัสดุก่อสร้างของการไฟฟ้า ส่วนภูมิภาคด้วยวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม

Scheduling material distribution for the regional warehouse of the Thailand's
Provincial Electricity Authority (PEA) by Integer Linear Programming Technique

เทวีกา วังเจริญ และ สรวิญญ์ เขียวสุวรรณไชย
วิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรมสาขาการจัดการโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
E-mail: te_wika@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวิธีการจัดรถขนส่งวัสดุของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคด้วยวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming) กรณีศึกษา ณ คลังวัสดุก่อสร้างนอกเขียงเหนือ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้วิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม เนื่องจากปัญหาที่พบ ณ คลังวัสดุก่อสร้างนอกเขียงเหนือ คือ การเดินรถเป็นลักษณะไปส่งเที่ยวเดียว อีกทั้งมีการบรรทุกวัสดุที่ไม่เต็มคันรถ และการเลือกใช้ประเภทรถไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงได้พัฒนาวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มขึ้น เพื่อจัดการใช้รถที่ทำให้มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดซึ่งเกิดจากผลรวมของต้นทุนขนส่งและต้นทุนรอคอย เนื่องจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคไม่เคยคิดต้นทุนรอคอย เมื่อเกิดการส่งวัสดุล่าช้ากว่ากำหนด จากการใช้ปัญหาตัวอย่างที่มีคลังวัสดุปลายทางจำนวน 3 คลัง เป็นปัญหาเพื่อทดสอบและเปรียบเทียบวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มกับวิธีการจัดรถในปัจจุบันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พบว่า วิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถให้คำตอบที่มีต้นทุนรวมต่ำกว่าคำตอบที่ได้จากวิธีการจัดรถในปัจจุบันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคถึง 122,491.98 บาท หรือลดลงไปได้ 42.4 เปอร์เซ็นต์ และเพื่อศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพในการหาคำตอบของวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม ผู้วิจัยได้สร้างปัญหาจำลองจำนวน 30 ปัญหา แบ่งเป็น 3 ขนาด คือ เล็ก กลาง และใหญ่ ผลการทดสอบประสิทธิภาพพบว่า วิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มยังสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ของปัญหาขนาดใหญ่ได้หลายปัญหา

คำสำคัญ :

การจัดรถขนส่งวัสดุ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม

Abstract

This research aims to improve the method of scheduling material distribution for the Thailand's Provincial Electricity Authority (PEA) so as to reduce the transportation cost. The north-east regional warehouse was selected for the study. At present, this regional warehouse has the inefficient method of scheduling and distributing all materials to its destination warehouses. A



mathematical model is developed to generate the schedules with the minimal total cost, and could be solved by using the integer linear programming technique. The total cost consists of the transportation cost and the waiting cost. PEA has never considered the waiting cost when the materials were distributed to the destination warehouse later than requested deadline. Using a test problem with 3 destination warehouses, the schedules generated by the proposed model using the integer programming technique had the total cost lower than those generated by the PEA's current method by 122,491.98 baht or 42.4%. In order to study the efficiency of the proposed model, we ran the computational experiments with 30 test problems in three different problem sizes. The results showed that the optimal solution could be achieved in several large-sized problems.

Keywords:

scheduling material distribution, mathematical model, integer programming

1. บทนำ

1.1 การบริหารและกระจายพัสดุของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เป็นผู้ให้บริการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าครอบคลุม 74 จังหวัด ทั่วประเทศ จากโครงการศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์ และพัฒนารูปแบบการขนส่งระหว่างคลังพัสดุในปี 2553 [1] พบว่าผลการศึกษาของโครงการมีข้อเสนอให้ กฟภ. ปรับปรุงโครงสร้างการบริหารงานของคลังพัสดุใหม่ให้กลายเป็นคลังพัสดุประจำภาคจำนวน 4 คลัง ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคกลาง ซึ่งจะทำให้ปริมาณภาระงานในการขนถ่ายพัสดุลดลงไป ทำให้ลดต้นทุนค่าขนส่งพัสดุให้กับ กฟภ. ได้ [2] ในช่วงเวลาต่อมา กฟภ. จึงได้ตัดสินใจจัดตั้งคลังพัสดุภาคขึ้น และเริ่มนำร่องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นแห่งแรกที่ จ.นครราชสีมา ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บข้อมูลที่คลังพัสดุแห่งนี้

1.2 ขั้นตอนการจัดรถขนส่งพัสดุในปัจจุบัน ณ คลังพัสดุภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนการจัดรถในปัจจุบันของคลังพัสดุภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าเป็นการทำงานวันต่อวัน ไม่มีการวางแผนล่วงหน้า และ

มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ **ขั้นตอนที่ 1** ตรวจสอบความต้องการที่เข้ามาในวันแรกว่า มีปริมาณพัสดุที่ต้องการจากคลังพัสดุใด โดยจะขนส่งพัสดุลหลังจากได้รับความต้องการจากคลังพัสดุปลายทาง 1 วัน

ขั้นตอนที่ 2 ดูปริมาณความต้องการที่เข้ามาของแต่ละคลังว่า มีน้ำหนักพอดีกับความจุของรถแต่ละประเภทหรือไม่ โดยที่รถบรรทุก 6 ล้อจุได้ 18 ตัน รถบรรทุก 10 ล้อจุได้ 25 ตัน และรถบรรทุก 10 ล้อพ่วง (รถเทรลเลอร์) จุได้ 50 ตัน โดยรถ 1 คัน จะส่งพัสดุไปยัง 1 คลังปลายทาง และในการขนส่งพัสดุแต่ละครั้งจะต้องมีพัสดุเต็มคันรถ (ปริมาณความต้องการจะต้องมีน้ำหนักเท่ากับความจุของรถ) หากความต้องการมีน้ำหนักไม่ถึงความจุของรถ จะยังไม่ขนไป แต่จะรอในวันถัดๆ ไปจนกว่าจะมีความต้องการเพิ่มเติมของคลังพัสดุปลายทางเดียวกันนั้นส่งมาอีกครั้ง จนน้ำหนักถึงความจุของรถ ก็จะปล่อยรถไปยังคลังพัสดุปลายทางดังกล่าว หากในกรณีที่ปริมาณความต้องการมีน้ำหนักเกินความจุของรถ กฟภ. จะขนส่งในปริมาณที่มากที่สุดที่ความจุของรถสามารถบรรทุกได้ ส่วนพัสดุที่เกินมา จะขนส่งพัสดุในวันถัดๆ ไป โดยจะรอให้มีความต้องการของคลังพัสดุปลายทางเดียวกันนั้นส่งมาอีกครั้งหนึ่งในวันถัดๆ ไป

ขั้นตอนที่ 3 คัดต้นทุนค่าขนส่ง โดยเกิดจากระยะทางจากคลังพัสดุภาคไปยังคลังพัสดุปลายทาง (กิโลเมตร) $\times$ อัตราค่าขนส่งตามประเภทรถ (บาท/กิโลเมตร) $\times$ จำนวนรถที่ใช้ในการขนส่ง (คัน) ซึ่งการขนส่งจากคลังพัสดุภาคส่งไปให้คลังพัสดุลูกจะใช้บริการรถเอกชน โดยอาศัยราคากลางค่าขนส่งที่ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดไว้ ซึ่งอัตราค่าขนส่งจะไม่เท่ากันในแต่ละคลังพัสดุปลายทาง ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์อัตราเฉลี่ยของค่าจ้างตามประเภทรถต่างได้ดังนี้ รถบรรทุก 6 ล้อ ราคา 15 บาท รถบรรทุก 10 ล้อ ราคา 25.48 บาท และรถบรรทุก 10 ล้อพ่วง (เทรลเลอร์) ราคา 50 บาท ซึ่งวิธีการจัดการขนส่งพัสดุในปัจจุบันของ กฟผ. ดำเนินงานโดยปราศจากเครื่องมือช่วยวิเคราะห์ใดๆ ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ คือ เกิดการวางแผนล่าช้าและการจัดการขนส่งไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรรถบรรทุกที่ไม่มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ ประโยชน์ในการใช้พื้นที่บนรถขนส่งแต่ละคันยังไม่เต็มที่ โดยการขนส่งด้วยรถบรรทุกสามารถแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ การบรรทุกสินค้าเต็มคันรถ (Full Truck Load: FTL) และการบรรทุกสินค้าไม่เต็มคันรถ (Less Than Truck Load: LTL) [3] ซึ่ง กฟผ. มีการขนส่งแบบ FTL มากกว่า LTL โดย กฟผ. จะรอพัสดุนกว่าเต็มคันรถถึงจะขนส่ง ทำให้คลังพัสดุปลายทางได้พัสดุไม่ตรงตามวันที่ต้องการเป็นสาเหตุให้เกิต้นทุนรอคอยพัสดุขึ้น ซึ่งต้นทุนรอคอย (Waiting Cost) เกิดจากการที่สินค้าส่งไม่ตรงเวลา ส่งผลกระทบต่องานของคลังพัสดุปลายทาง นอกจากเวลาที่ล่าช้าแล้วยังทำให้เกิดต้นทุนแฝง เช่น ค่าเสียโอกาสจากรายได้ค่าไฟฟ้า [4] ซึ่งทาง กฟผ. ยังไม่เคยมีการพิจารณาถึงต้นทุนส่วนนี้มาก่อน ผู้วิจัยได้มีการคิดต้นทุนรอคอยพัสดุที่เกิดจากวิธีการขนส่งพัสดุในปัจจุบันของ กฟผ. โดยนำต้นทุนรอคอยพัสดุ (บาท) $\times$ ปริมาณพัสดุที่ค้างส่งของแต่ละรหัสการเบิก (ตัน) $\times$ จำนวนวันที่ค้างส่ง

(วัน) จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะพัฒนาวิธีการจัดการขนส่งพัสดุให้กับ กฟผ. ด้วยวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มจากคลังพัสดุภาคตะวันออกเฉียงเหนือไปยังคลังพัสดุปลายทางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งเปรียบเทียบและตัดสินใจทางเลือกต่างๆ ในการขนส่งพัสดุ รวมทั้งสามารถวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ อนึ่งเคยมีงานวิจัยที่พัฒนาการวิธีจัดเส้นทางขนส่งพัสดุให้กับ กฟผ. [5] แต่งานวิจัยดังกล่าวมีขอบเขตของการศึกษาเฉพาะขั้นตอนการขนส่งพัสดุจากกองคลังพัสดุลกลางของ กฟผ. ตั้งอยู่ที่ ต.รังสิต จ.ปทุมธานี ไปยังคลังพัสดุซึ่งต่างกับงานวิจัยนี้ที่มีขอบเขตการศึกษาเฉพาะขั้นตอนการขนส่งพัสดุจากคลังพัสดุภาคตะวันออกเฉียงเหนือไปยังคลังพัสดุปลายทางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการทำงานในปัจจุบันของคลังพัสดุภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น ลักษณะของรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งพัสดุ จำนวนและระยะทางระหว่างคลังพัสดุในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กิโลเมตร) ค่าใช้จ่ายของการจ้างบริษัทเอกชนในการขนส่งพัสดุของ กฟผ. ลำดับต่อมาวิเคราะห์ต้นทุนรวมของการขนส่ง ซึ่งเกิดจากผลรวมของต้นทุนการขนส่งและต้นทุนรอคอย ซึ่งมีการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของการขนส่ง 3 แบบ ได้แก่ รถบรรทุก 1 คัน ส่งพัสดุให้คลังปลายทาง 1 แห่ง โดยยึดหลักให้บรรทุกพัสดุเต็มคันรถ แต่ไม่คำนึงถึงต้นทุนรอคอยที่เกิดขึ้น เมื่อมีการส่งพัสดุนกว่ากำหนด รถบรรทุก 1 คัน ส่งพัสดุให้หลายคลังปลายทาง โดยยึดหลักให้ส่งพัสดุดตรงตามกำหนดเวลา ซึ่งไม่คำนึงว่า จะมีพัสดุเต็มคันรถหรือไม่ และรถบรรทุก 1 คัน ส่งพัสดุให้หลายคลังปลายทาง โดยยึดหลักให้



บรรทุกพัสดุเต็มคันรถ แต่ไม่คำนึงถึงต้นทุนรอคอยที่เกิดขึ้น เมื่อมีการส่งพัสดุช้ากว่ากำหนด ลำดับต่อมาจึงสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อหาต้นทุนรวมการขนส่งต่ำที่สุด จากการจัดรถขนส่ง 2 รูปแบบ คือ คลังปลายทาง 1 แห่ง ใช้รถบรรทุก 1 คันในการขนส่งพัสดุ และคลังปลายทาง 1 แห่ง ใช้รถบรรทุกหลายคันในการขนส่งพัสดุ แล้วเปรียบเทียบต้นทุนขนส่งรวมระหว่างวิธีการจัดรถในปัจจุบันของ กฟผ. ด้วยวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม และโปรแกรม LINGO

3. แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมา

3.1 ค่าคงที่

d_j = ระยะทางจากคลังพัสดุภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไปคลังพัสดุปลายทาง j (กิโลเมตร); N = จำนวนคลังพัสดุปลายทาง โดย $j = 1, 2, \dots, N$; K = จำนวนรถบรรทุก (คัน) โดย $i = 1, 2, \dots, K$; = น้ำหนักพัสดุที่ต้องการขนส่งสำหรับคลังพัสดุปลายทาง j เมื่อเบิกพัสดุในวันที่ d_1 (ตัน); q_i = ปริมาณความจุที่รถบรรทุก i สามารถขนได้ (ตัน); C_i = ต้นทุนค่าขนส่งของรถบรรทุก ซึ่งคำนวณจากระยะทาง (กิโลเมตร) จากคลังพัสดุภาคตะวันออกเฉียงเหนือไปคลังพัสดุปลายทางคูณจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ขนส่ง และคูณต้นทุนการขนส่งรถแต่ละประเภท ซึ่งรถแต่ละประเภทมีค่าขนส่งต่อกิโลเมตรต่างกัน คือรถบรรทุก 6 ล้อ ค่าขนส่งกิโลเมตรละ 15 บาท รถบรรทุก 10 ล้อ ค่าขนส่งกิโลเมตรละ 25.48 บาท และรถบรรทุก 10 ล้อพ่วง (เทรลเลอร์) ค่าขนส่งกิโลเมตรละ 50 บาท; = ต้นทุนรอคอยพัสดุ (Waiting Cost) เมื่อคลังพัสดุปลายทาง j เบิกพัสดุวันที่ d_1 (บาท/ตัน/วัน); = จำนวนวันที่รอคอย เมื่อคลังพัสดุปลายทาง j เบิกพัสดุวันที่ d_1 (Tardy Day); d_1 = วันที่คลังพัสดุปลายทางแจ้งความต้องการไปยังคลังพัสดุภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อขอเบิกพัสดุให้จัดส่งมาให้; d_2 =

วันที่คลังพัสดุภาคตะวันออกเฉียงเหนือจัดรถส่งพัสดุจริง; T_1 = ช่วงเวลาหรือจำนวนวันที่เป็นไปได้ในการเบิกพัสดุ โดย $d_1 = 1, 2, \dots, T_1$; T_2 = ช่วงเวลาหรือจำนวนวันที่เป็นไปได้ในการส่งพัสดุจริงโดย $d_2 = 1, 2, \dots, T_2$; = วันครบกำหนดส่งพัสดุ (Deadline) ไปยังคลังพัสดุปลายทาง j เมื่อเบิกพัสดุวันที่ d_1

3.2 ตัวแปรการตัดสินใจ

$X_{ijd_2} = 1$ ถ้ารถบรรทุกคันที่ i ใช้เดินทางไปยังคลังพัสดุปลายทาง j ในวันที่ d_2 และ $= 0$ ถ้าไม่มีการใช้รถบรรทุก i เดินทางไปยังคลังพัสดุปลายทาง j ในวันที่ d_2 ; $= 1$ ถ้ามีการส่งพัสดุไปยังคลังพัสดุปลายทาง j ในวันที่ d_2 ตามที่มีการเบิกพัสดุวันที่ d_1 และ $= 0$ ถ้าไม่มีการส่งพัสดุในวันที่ d_2

3.3 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\text{Minimize } \sum_{d_2=1}^{T_2} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^N C_i d_{ij2} + \sum [Q_{jd_1} \times w_{jd_1} \times TD_{jd_1}], \quad (1)$$

3.4 สมการเงื่อนไข

$$\sum_{j=1}^N \sum_{d_2=1}^{T_2} X_{ijd_2} \leq 1, \quad \text{for all } i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^K q_i X_{ijd_2} \geq \sum_{d_1=1}^{T_1} Q_{jd_1} Y_{jd_1d_2}, \quad \text{for all } j, d_2 \quad (3)$$

$$TD_{jd_1} \geq \sum_{d_2=1}^{T_2} d_2 Y_{jd_1d_2} - DL_{jd_1}, \quad \text{for all } j, d_1, \quad (4)$$

$$TD_{jd_1} \geq 0, \quad \text{for all } j, d_1, \quad (5)$$

$$\sum_{d_2=1}^{T_2} Q_{jd_1} Y_{jd_1d_2} = Q_{jd_1}, \quad \text{for all } j, d_1, \quad (6)$$

$$Y_{jd_1d_2} = 0, \quad \text{for all } d_2 \leq d_1, d_1, j \quad (7)$$

$$Y_{jd_1d_2} \in \{0,1\}, \quad \text{for all } j, d_1, d_2, \quad (8)$$

$$X_{ijd_2} \in \{0,1\} \quad \text{for all } i, j, d_2, \quad (9)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (1) คือต้องการหาค่าต่ำสุดของต้นทุนขนส่งรวมกับต้นทุนรอคอย ต้นทุนขนส่งเกิดจากผลรวมของต้นทุนค่าขนส่งของรถบรรทุก i (บาท/กิโลเมตร) คูณระยะทางจากคลังพัสดุภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไปคลังพัสดุปลายทาง j (กิโลเมตร) คูณตัวแปรตัดสินใจในการเลือกใช้รถ โดยเป็น 1 เมื่อรถบรรทุกคันที่ i ใช้เดินทางไปยังคลังพัสดุปลายทาง

ทาง j ในวันที่ d_2 และ 0 ถ้าไม่มีการใช้รถบรรทุก i เดินทางไปยังคลังพัสดุปลายทาง j สำหรับต้นทุนรอคอยเกิดจากผลรวมของน้ำหนักพัสดุที่ต้องการขนส่งสำหรับคลังพัสดุปลายทาง j เมื่อเบิกพัสดุในวันที่ d_1 (ต้น) คุณต้นทุนรอคอยพัสดุ (waiting cost) เมื่อคลังพัสดุปลายทาง j เบิกพัสดุวันที่ d_1 (บาท/ต้น/วัน) คุณจำนวนวันที่รอคอย เมื่อคลังพัสดุปลายทาง j เบิกพัสดุวันที่ d_1 เกิดจากวันที่ส่งพัสดุจริงลบวันครบกำหนดส่งพัสดุไปยังคลังพัสดุปลายทาง j **เงื่อนไขที่ (2)** กำหนดให้รถบรรทุกแต่ละคันสามารถส่งพัสดุให้คลังพัสดุปลายทางได้ไม่เกิน 1 คลังพัสดุปลายทาง และใช้รถคันนี้ได้ไม่เกิน 1 วัน **เงื่อนไขที่ (3)** กำหนดให้ปริมาณความจุรวมของรถบรรทุกทุกคันที่ขนไปแต่ละคลังพัสดุปลายทางจะต้องมีค่ามากกว่าน้ำหนักพัสดุที่ต้องการจะรวมขนไปคลังพัสดุปลายทางนั้นในแต่ละวัน **เงื่อนไขที่ (4)** กำหนดให้จำนวนวันที่รอคอยพัสดุ เมื่อคลังพัสดุปลายทาง j เบิกพัสดุวันที่ d_1 จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับผลรวมของวันที่ส่งพัสดุจริงลบกับวันครบกำหนดส่งพัสดุไปยังคลังพัสดุปลายทาง j ซึ่งจำนวนวันที่รอคอยพัสดุเกิดจากวันที่ส่งพัสดุจริงลบวันครบกำหนดส่งพัสดุไปยังคลังพัสดุปลายทาง j **เงื่อนไขที่ (5)** กำหนดให้จำนวนวันที่รอคอยพัสดุเมื่อคลังพัสดุปลายทาง j เบิกพัสดุวันที่ d_1 จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ไม่สามารถมีค่าติดลบได้ **เงื่อนไขที่ (6)** กำหนดให้พัสดุที่ต้องการขนส่งไป

คลังพัสดุปลายทาง j ที่มีเบิกพัสดุในวันที่ d_1 จะต้องมีการขนส่งจริง โดยวันส่งจริงเป็นวันใดก็ได้ **เงื่อนไขที่ (7)** กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจเป็น 0 เสมอเมื่อวันที่ส่งพัสดุจริง d_2 มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับวันที่เบิกพัสดุในวันที่ d_1 **เงื่อนไขที่ (8)** และ (9) กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจค่าได้เป็น 1 หรือ 0 เท่านั้น

4. เครื่องมือใช้ในการวิจัย

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้อยู่ในรูปแบบกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม(Integer Programming) [6] โดยใช้โปรแกรม LINGO รุ่น 14 เป็นเครื่องมือในงานวิจัยนี้ [7,8]

5. ผลการวิจัย

5.1 การวิเคราะห์ต้นทุนรวมการขนส่งของ 3 สถานการณ์

กระบวนการขนส่งพัสดุให้กับคลังปลายทางของฟก. จะส่งพัสดุลหลังจากได้รับความต้องการจากคลังปลายทาง 1 วัน ถึง 7 วัน ซึ่งมีกฎการปล่อยรถคือพัสดุต้องเต็มคันรถถึงจะทำการขนส่ง ผู้วิจัยได้ศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของการขนส่ง 3 สถานการณ์ โดยสร้างปัญหาตัวอย่างขึ้น 1 ปัญหา ขนาด 2 คลังปลายทาง มีข้อมูลตามที่แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งกำหนดให้มีรถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ และรถเทรลเลอร์ ประเภทละ 5 คัน โดยไม่มีการนำ

ตารางที่ 1 ข้อมูลของปัญหาตัวอย่างขนาด 2 คลังพัสดุปลายทางเพื่อใช้วิเคราะห์ต้นทุนของ 3 สถานการณ์

คลังพัสดุปลายทาง	รหัสการเบิกพัสดุ	ความต้องการ (ต้น)	วันที่เบิก	วันที่ครบกำหนดส่งพัสดุ	ระยะทางจากคลังภาคไปยังคลังปลายทาง (กิโลเมตร)	ต้นทุนรอคอย (บาท/ต้น/วัน)
คลังอุดรธานี	001	35	1	2	319	1,500
คลังสกลนคร	002	19	1	2	400	1,500



เครื่องมือหรือเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ เช่นเดียวกับการจัดรถขนส่งของกฟผ.ในปัจจุบัน เพื่อหาต้นทุนรวมการขนส่งต่ำที่สุด ซึ่งเกิดจากผลรวมของต้นทุนการขนส่งและต้นทุนรอคอย จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของการขนส่งของทั้ง 3 สถานการณ์พบว่า การขนส่งในสถานการณ์ที่ 2 จะมีต้นทุนรวมการขนส่งต่ำที่สุด รองลงมาคือสถานการณ์ที่ 3 และ 1 ตามลำดับ เนื่องจากการขนส่งในสถานการณ์ที่ 2 และ 3 กำหนดให้รถ 1 คันสามารถส่งพัสดุไปได้พร้อมกันหลายๆ คลังปลายทางเหมือนกัน ซึ่งเป็นการลดระยะทางการขนส่ง แต่สำหรับสถานการณ์ที่ 2 มีกฎการปล่อยรถคือ ส่งพัสดุให้ตรงตามกำหนดเวลา ทำให้ไม่มีต้นทุนรอคอยเกิดขึ้น อีกทั้งพบว่า การใช้ประเภทรถที่ต่างกันทำให้ต้นทุนการขนส่งต่างกันด้วย เนื่องจากการใช้รถประเภทเล็กจะมีต้นทุนต่อคัน (บาท/กิโลเมตร) ต่ำ

ดังนั้นในสถานการณ์ที่ 2 ซึ่งมีการกำหนดให้ส่งพัสดุตรงตามกำหนดเวลาจะมีปริมาณพัสดุที่ต้องการขนส่งน้อย สามารถเลือกใช้รถประเภทเล็กที่มีต้นทุนต่อคันต่ำได้ เป็นผลให้เมื่อคำนวณต้นทุนรวมการขนส่งพบว่า สถานการณ์ที่ 2 มีต้นทุนรวมการขนส่งต่ำกว่าสถานการณ์ที่ 1 และ 3 แม้ว่าสถานการณ์ที่ 3 กำหนดให้รถ 1 คันสามารถส่งพัสดุไปได้พร้อมกันหลายๆ คลังปลายทางเช่นเดียวกับสถานการณ์ที่ 2 แต่การที่กำหนดกฎการปล่อยรถก็ต่อเมื่อมีพัสดุเต็มคันรถเท่านั้น ทำให้ในสถานการณ์ที่ 3 เกิดการส่งพัสดุล่าช้ากว่ากำหนดเวลา เป็นผลให้เกิดต้นทุนรอคอยขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนรวมการขนส่งของสถานการณ์ที่ 3 มากกว่าสถานการณ์ที่ 2 ซึ่งผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมการขนส่งแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของ 3 สถานการณ์ของปัญหาตัวอย่างขนาด 2 คลังพัสดุปลายทาง

สถานการณ์	จำนวนคลังปลายทางที่รถ 1 คัน สามารถขนส่งได้	กฎการปล่อยรถ	ต้นทุนการขนส่ง (บาท)	ต้นทุนรอคอย (บาท)	ต้นทุนรวมการขนส่ง (บาท)
1	ขนส่งได้แค่ 1 คลัง	ต้องเต็มคันรถ	14,128.12	33,000.00	47,128.12
2	ขนส่งได้ไปพร้อมกันหลายๆ คลัง	ต้องตรงตามวันที่กำหนด	19,762.00	-	19,762.00
3	ขนส่งได้ไปพร้อมกันหลายๆ คลัง	ต้องเต็มคันรถ	20,307.56	21,000.00	41,307.56

5.2 การเปรียบเทียบต้นทุนการจัดรถขนส่งระหว่างวิธีปัจจุบันของกฟผ.และวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มด้วยปัญหาตัวอย่าง

การเปรียบเทียบการจัดรถขนส่งพัสดุด้วยวิธีปัจจุบันของกฟผ. กับวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยจะใช้ปัญหาตัวอย่างอีกปัญหาหนึ่งที่มี 3 คลังพัสดุปลายทางและมีระยะเวลาครบคลุม 5 วัน โดยตารางที่ 3

แสดงความต้องการพัสดุระยะทางของคลังพัสดุปลายทาง การกำหนดวันส่งพัสดุ และต้นทุนรอคอยของพัสดุแต่ละประเภท รวมทั้งจำนวน และความสามารถในการบรรทุกที่แตกต่างกันของรถบรรทุกแต่ละประเภท ซึ่งในปัญหาตัวอย่างนี้ได้กำหนดให้รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อพ่วง (เทรลเลอร์) มีจำนวน 3 10 และ 10 คันตามลำดับ

จากตารางที่ 4 แสดงการจัดรถขนส่งและต้นทุนการขนส่งพัสดุจากวิธีปัจจุบันของ กฟภ. ซึ่งต้นทุนการขนส่งมีค่า 146,297.68 บาท และค่าต้นทุนรถคอยที่เกิดขึ้น คือ 142,500.00 บาท ดังนั้นต้นทุนรวมการขนส่งซึ่งเกิดจากผลรวมของต้นทุนการขนส่งและต้นทุนรถคอย คือ 288,797.68 บาท ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการจัดรถขนส่งพัสดุด้วยวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ สำหรับผลการจัดรถขนส่งพัสดุและต้นทุนการขนส่งพัสดุด้วยวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มจากแบบจำลองคณิตศาสตร์พบว่า สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal

Solution) ได้ภายในเวลา 2 วินาที และต้นทุนขนส่งมีค่า 166,305.68 บาท แต่ไม่มีต้นทุนรถคอย ทำให้ต้นทุนการขนส่งรวมน้อยกว่าวิธีการจัดรถส่งในปัจจุบันของ กฟภ. 122,492.00 บาท คิดเป็นร้อยละ 42.4 เนื่องจากการจัดรถขนส่งด้วยวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มได้เลือกให้จัดส่งพัสดุภายในระยะเวลาที่กำหนด ทำให้ไม่มีต้นทุนรถคอยเกิดขึ้น ต้นทุนรวมการขนส่งจึงน้อยกว่าวิธีการจัดรถในปัจจุบันของ กฟภ.

5.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการหาคำตอบด้วยปัญหาจำลอง 30 ปัญหา

ตารางที่ 5 การจัดรถขนส่งพัสดุด้วยวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มของปัญหาจำลองจำนวน 30 ปัญหา

ปัญหาจำลอง	จำนวนรหัสการเบิกพัสดุ	จำนวนรถ 6 ล้อ (คัน/คัน)	จำนวนรถ 10 ล้อ (คัน/คัน)	จำนวนเทรลเลอร์ (คัน/คัน)	จำนวน Integer Variable	จำนวน Constraints	Best Objective (บาท)	Objective Bound (บาท)	เวลา (วินาที)
S1	32	10/10	16/60	10/45	7,046	352	277,463	277,463	5
S2	36	10/10	16/60	17/45	7,044	353	337,892	337,892	44
S3	32	10/10	16/60	20/45	7,044	350	413,082	412,170	1,800
S4	31	10/10	13/60	24/45	7,045	351	441,931	437,672	1,800
S5	31	10/10	16/30	21/75	7,045	351	482,541	481,448	1,800
S6	31	10/10	8/30	25/75	7,045	351	411,350	408,538	1,800
S7	35	10/10	12/30	26/75	7,045	351	423,853	423,853	8
S8	33	10/10	17/30	18/80	7,343	354	352,431	352,431	5
S9	34	10/10	15/30	23/80	7,343	354	366,708	365,529	1,800
S10	33	10/10	13/25	23/85	7,343	354	374,648	374,648	147
M1	42	10/10	24/60	15/45	14,096	592	435,497	435,497	23
M2	43	10/10	26/60	19/45	7,044	353	519,678	519,678	29
M3	55	10/10	27/60	34/45	14,080	576	761,446	761,446	25
M4	56	10/10	33/60	34/45	14,080	576	819,197	813,893	1,800
M5	46	10/10	23/60	36/45	14,080	576	750,772	749,600	1,800
M6	46	10/10	17/60	39/45	14,080	576	640,903	640,903	70
M7	46	10/10	19/40	39/65	14,080	576	686,679	682,421	1,800
M8	60	10/10	25/40	43/65	14,080	576	774,268	774,268	775
M9	55	10/10	21/40	38/65	14,680	581	664,404	664,348	1,800

ตารางที่ 5 การจัดการขนส่งพัสดุด้วยวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มของปัญหาจำลองจำนวน 30 ปัญหา (ต่อ)

ปัญหาจำลอง	จำนวนรหัสการเบิกพัสดุ	จำนวนรถ 6 ล้อ (คัน/คัน)	จำนวนรถ 10 ล้อ (คัน/คัน)	จำนวนเทรลเลอร์ (คัน/คัน)	จำนวน Integer Variable	จำนวน Constraints	Best Objective (บาท)	Objective Bound (บาท)	เวลา (วินาที)
M10	53	10/10	18/40	42/65	14,680	581	726,320	719,725	1,800
L1	60	10/10	38/60	20/45	22,550	874	581,200	581,200	6
L2	61	10/10	37/60	26/45	22,550	874	589,212	589,212	600
L3	63	10/10	34/60	35/45	22,552	876	686,102	686,102	25
L4	65	10/10	35/60	40/45	22,550	874	750,076	750,076	122
L5	87	15/15	49/65	54/55	26,368	872	1,028,800	1,025,087	1,800
L6	87	15/15	49/65	60/65	28,288	882	885,737	883,736	1,800
L7	70	15/15	24/65	52/55	26,385	889	724,816	722,857	1,800
L8	72	10/10	29/50	55/75	26,385	889	843,091	842,652	1,800
L9	79	10/10	34/50	57/75	26,385	889	847,937	847,937	369
L10	74	10/10	30/30	59/95	26,390	894	835,152	835,152	58

*จำนวนรถที่เลือกใช้ของคำตอบที่ได้จากวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มการหาคำตอบ(คัน) / จำนวนรถที่มีให้ใช้ได้ทั้งหมดในแต่ละขนาดของรถบรรทุก (คัน)

การทดสอบประสิทธิภาพในการหาคำตอบของแบบจำลองคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงสร้างปัญหาจำลองจำนวน 30 ปัญหา แบ่งขนาดปัญหาเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก 10 คลังพัสดุปลายทาง ขนาดกลาง 20 คลังพัสดุปลายทาง และขนาดใหญ่ 32 คลังพัสดุปลายทาง ขนาดละ 10 ปัญหา โดยวางแผนการจัดการขนส่งในระยะเวลา 5 วัน ภายใต้เงื่อนไขความต้องการของคลังพัสดุปลายทางจำนวนและปริมาณบรรจุที่แตกต่างกันของรถบรรทุกแต่ละประเภท โดยกำหนดระยะเวลาในการหาคำตอบของโปรแกรม LINGO ไม่ให้เกิน 1,800 วินาที โดยผู้วิจัยได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็ว 2.30 GHz และหน่วยความจำ (RAM) 4.00 GB ในการทดสอบ จากตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบ ซึ่งพบว่ามี 16 ปัญหาที่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ได้ในระยะเวลา 1,800 วินาที แบ่งเป็นปัญหามาตรฐานเล็ก 5 ปัญหา

ขนาดกลาง 5 ปัญหาและขนาดใหญ่ 6 ปัญหา โดยมีอีก 14 ปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ภายในระยะเวลา 1,800 วินาทีได้แบ่งเป็นปัญหามาตรฐานเล็ก 5 ปัญหา ขนาดกลาง 5 ปัญหาและขนาดใหญ่ 4 ปัญหา อย่างไรก็ตามใน 14 ปัญหานี้พบว่าสามารถหา Feasible Solution ได้ครบทุกปัญหา และใน 14 ปัญหานี้พบว่าค่า Gap ระหว่าง Objective Bound และ Best Objective ที่เวลา 1,800 วินาทีอยู่ในช่วง 0.0084 % ถึง 0.9637 % ซึ่งจะเห็นว่าค่า Gap นี้ต่ำกว่า 1 % แม้ปัญหาจะเป็นปัญหาขนาดใหญ่ที่มีจำนวนคลังปลายทาง 32 คลัง ซึ่งเท่ากับจำนวนคลังปลายทางทั้งหมดที่มีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

6. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวิธีการจัดการขนส่งพัสดุของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ด้วยวิธีกำหนดการเชิง



จำนวนเต็ม (Integer Programing) โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพยายามลดผลรวมของต้นทุนขนส่งและต้นทุนรอคอยจากผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมการขนส่ง 3 สถานการณ์พบว่า การขนส่งในสถานการณ์ที่ 2 มีต้นทุนรวมการขนส่งต่ำที่สุด คือ 19,762.00 บาท เนื่องจากการขนส่งในสถานการณ์ที่ 2 กำหนดให้รถ 1 คันสามารถส่งให้ได้หลายคลังปลายทาง ซึ่งเป็นการลดระยะทางการขนส่ง นอกจากนี้มีกฎการปล่อยรถคือส่งพัสดุให้ตรงตามกำหนดเวลา จึงทำให้ไม่มีต้นทุนรอคอยเกิดขึ้น สำหรับการเปรียบเทียบต้นทุนการจัดรถขนส่งระหว่างวิธีปัจจุบันของ กฟภ. และวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม จากผลการวิจัยพบว่า การจัดรถขนส่งพัสดุด้วยวิธีกำหนดการเชิงจำนวนเต็มจากแบบจำลองคณิตศาสตร์มีต้นทุนการขนส่งรวมต่ำกว่าการจัดรถขนส่งจากวิธีปัจจุบันของ กฟภ. 122,492.00 บาท คิดเป็นร้อยละ 42.4

การทดสอบประสิทธิภาพในการหาคำตอบด้วยปัญหาจำลอง 30 ปัญหา พบว่ามี 14 ปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ภายในระยะเวลา 1,800 วินาทีได้ แต่อย่างไรก็ดีใน 14 ปัญหานี้พบว่าสามารถหา Feasible Solution ได้ครบทุกปัญหา

เอกสารอ้างอิง



[1] บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2554, “รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและพัฒนารูปแบบการขนส่งระหว่างคลังพัสดุ”, หน้า 1-2, 8-11 และ 8-15.

[2] ศิริินภา เกิดจันทร์ตรง, 2553, “การพัฒนาแบบการกระจายพัสดุของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[3] คำนาย อภิปรัชญาสกุล, 2556, “การบริหารเส้นทางการขนส่งสินค้า”, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ, หน้า 3.

[4] Logistics Digest, 2552, “แนวคิดบริหารโลจิสติกส์-ซัพพลายเชน สร้างความแข็งแกร่งอุตสาหกรรมก่อสร้างไทย” [Online], Available: <http://www.logisticsdigest.com/article/logistics-insight/item/2890.html> [14 มีนาคม 2557].

[5] รื่นฤดี อัครมณี, 2553, “การพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[6] สมเกียรติ เกตุเอี่ยม, 2550, “การวิจัยดำเนินการ: การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ”, พิมพ์ครั้งที่ 3, ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยทักษิณ, หน้า 9.

[7] พนิดา พานิชกุลและยุทธภูมิ วงศ์วัฒนฤกษ์, 2546, “คู่มือการวิเคราะห์และตัดสินใจปัญหาเชิงธุรกิจโดยใช้ Excel”, บริษัท เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด, หน้า 482.

[8] Lindo System Inc., 2014, “LINGO 14.0 - Optimization Modeling Software for Linear, Nonlinear, and Integer Programming” [Online], Available: <http://www.lindo.com> [2014, March 12].