



## วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

### การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การจัดตารางรถบรรทุกขาเข้าและขาออก สำหรับท่ากระจายสินค้า

### Development of a mathematical model scheduling of inbound and outbound trucks for cross-docking

กอบกานต์ ตาปัญญา<sup>1</sup> วริษา วิสิตทิพานิช<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรบัณฑิตศึกษา/ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

Kobkarn Tapanyo<sup>1</sup> Warisa Wisittipanich<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Gradute Program/Master's Degree Program in Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

<sup>2</sup>Department of Industrial Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, 50200

\* Corresponding author.

E-mail: warisa.o@gmail.com; Telephone: 053-944125-6

วันที่รับบทความ 7 มกราคม 2564; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 27 มกราคม 2564 ; วันที่ตอบรับบทความ 3 มีนาคม 2564

#### บทคัดย่อ

การดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้าที่มีประสิทธิภาพ คือ การนำกลยุทธ์ทางโลจิสติกส์ที่เรียกว่า cross docking มาใช้ในการไหลสินค้าลงจากรถบรรทุกขาเข้าไปยังรถบรรทุกขาออกโดยการดำเนินงานจะเกี่ยวข้องกับการจัดตารางรถบรรทุกซึ่งประกอบไปด้วยการมอบหมายรถบรรทุกขาเข้าและขาออกไปยังประตูท่าขาเข้าและขาออกและการจัดลำดับรถบรรทุกขาเข้าและขาออก งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมและใช้โปรแกรม LINGO 14.0 ในการประมวลผลหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาการจัดตารางรถบรรทุกขาเข้าและขาออกสำหรับท่ากระจายสินค้าแบบหลายประตู วัตถุประสงค์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ เวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมด (makespan) หรือเวลาเสร็จสมบูรณ์ (completion time) มีค่าน้อยที่สุดโดยเวลาปฏิบัติงานโดยรวม (makespan) ซึ่งจะพิจารณาตั้งแต่เวลาที่รถบรรทุกขาเข้าคันแรกเข้ามาที่ประตูท่าขาเข้าเพื่อไหลสินค้าลงจากรถบรรทุกขาเข้าจนถึงเวลาที่รถบรรทุกขาออกคันสุดท้ายกลับมายังท่ากระจายสินค้าหลังจากทำการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าจนครบซึ่งจำเป็นที่รถบรรทุกขาออกจะต้องออกจากประตูท่าขาออกให้เร็วที่สุดเพื่อกลับมายังท่ากระจายสินค้าให้ตรงตามเวลาที่กำหนดไว้ (due date) จากผลการทดสอบพบว่าโปรแกรม LINGO 14.0 สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในระยะเวลาที่รวดเร็วสำหรับปัญหามิติขนาดเล็กแต่หากปัญหามิติขนาดใหญ่โปรแกรม LINGO 14.0 ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ภายในระยะเวลาที่เหมาะสม

#### คำสำคัญ

การจัดตารางรถบรรทุก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ รูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม ท่ากระจายสินค้า การหาค่าที่ดีที่สุด

#### Abstract

The efficient distribution center operation is to implement a logistics strategy called cross docking to immediately loaded products from inbound trucks to outbound trucks. The operation involves truck scheduling which includes sequencing and assignment inbound trucks and outbound trucks. The important truck scheduling problem is the

assignment of inbound trucks and outbound trucks to the inbound doors and outbound doors and the sequence of all inbound trucks and outbound trucks. This paper proposes a mathematical model of mixed integer programming for inbound and outbound trucks scheduling in a multi-door cross docking system problem. The objective of a mathematical model is to minimize total completion time or makespan. The completion time (makespan) is considered from the arrival time of the first inbound truck enter to inbound doors for loaded products to the time of last outbound truck returns to the distribution center after completely deliver products to customers which is necessary that the outbound trucks exit the outbound doors as quickly as possible to return to the distribution center within the due date. This paper has developed a mathematical model with an exact method by using LINGO 14.0 to process the answers. The experimental results show that LINGO 14.0 can find the optimal solutions in small size problems and LINGO 14.0 could not find optimal solutions in large-scale problems within acceptable computing time.

### Keywords

truck scheduling; cross docking; multi-door; makespan; mathematical model; mixed integer programming

### 1. บทนำ

การดำเนินงานของศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบของท่ากระจายสินค้า (cross docking) จะเกี่ยวข้องกับการจัดตารางรถบรรทุกในการจัดลำดับรถบรรทุกและการมอบหมายรถบรรทุกไปยังแต่ละประตูท่าโดยการจัดลำดับรถบรรทุกและการกำหนดประตูท่าควรใช้เวลาในการดำเนินงานให้น้อยที่สุดและต้องดำเนินงานทุกวันเนื่องจากในแต่ละวันรถบรรทุกอาจมีปลายทางและปริมาณสินค้าที่แตกต่างกันไปซึ่งการขนส่งที่มีประสิทธิภาพนั้นต้องเป็นการขนส่งที่มีค่าใช้จ่ายที่คุ้มค่าสำหรับการจัดส่งและมีตัวชี้วัด (Key Performance Indicators : KPI) ที่ชัดเจน เช่น มีจำนวนอุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกรวมไปถึงจำนวนรถที่เพียงพอต่อการขนส่งสินค้าเพื่อรองรับปริมาณสินค้าที่ไม่สม่ำเสมอมีความแปรปรวนอยู่ตลอดเวลา, เวลาที่ใช้รถขนส่งและค่าใช้จ่ายในการทำงานการขนส่ง เป็นต้น

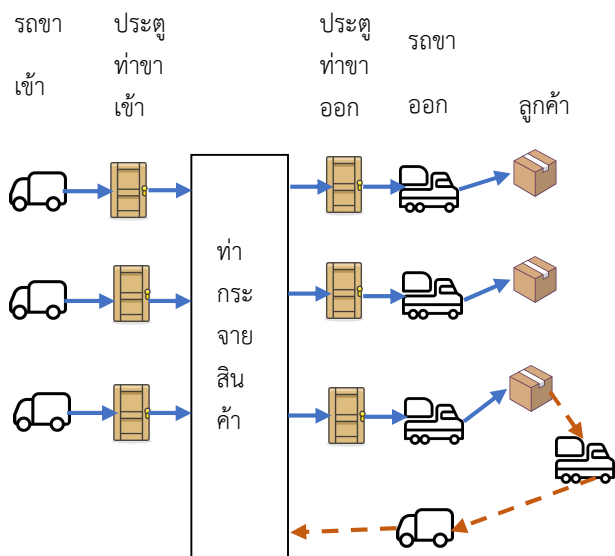
บริษัทแห่งหนึ่งให้บริการด้านการขนส่งในการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่โดยการทำงานในท่ากระจายสินค้าจะเริ่มจากรถบรรทุกขาเข้าโหลดสินค้าลงที่ประตูท่าขาเข้าจากนั้นทำการคัดแยกสินค้าและเคลื่อนย้ายสินค้าไปยังประตูท่าขาออกเพื่อโหลดสินค้าขึ้นไปยังรถบรรทุกขาออกจากนั้นรถบรรทุกขาออกทำการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้า ปัจจุบันบริษัทประสบปัญหาด้านความสามารถในการขนส่งสินค้าที่ไม่เป็นไปตามตัวชี้วัด (KPI) ที่ทางบริษัทได้

กำหนดไว้ซึ่งตัวชี้วัด (KPI) จะพิจารณาจากเวลาที่รถบรรทุกขาออกกลับมายังท่ากระจายสินค้าหลังจากจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าจนครบโดยจะใช้บิลที่ได้รับการยืนยันการจัดส่งสินค้าจากลูกค้าเป็นตัวชี้วัดซึ่งพบว่ารถบรรทุกขาออกใช้เวลาในการกลับมายังท่ากระจายสินค้านานกว่าเงื่อนไขเวลาที่บริษัทได้กำหนดไว้ (due date) จึงส่งผลกระทบต่อให้บริษัทต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดส่งสินค้าที่เพิ่มขึ้น

Wisittipanich และ Hengmeechai [1] นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาปฏิบัติงานโดยรวม (makespan) ซึ่งจะพิจารณาตั้งแต่เวลาที่รถบรรทุกขาเข้าคันแรกเข้ามาที่ประตูท่าขาเข้าเพื่อโหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาเข้าจนถึงเวลาที่รถบรรทุกขาออกคันสุดท้ายออกจากท่ากระจายสินค้า อย่างไรก็ตามในการแก้ปัญหา cross dock ในบริษัทกรณีศึกษานี้พิจารณาเวลาปฏิบัติงานโดยรวม (makespan) ตั้งแต่เวลาที่รถบรรทุกขาเข้าคันแรกเข้ามาที่ประตูท่าขาเข้าเพื่อโหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาเข้าจนถึงเวลาที่รถบรรทุกขาออกคันสุดท้ายกลับมายังท่ากระจายสินค้าหลังจากจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าจนครบ ดังรูปที่ 1

ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เดิมของ Wisittipanich และ Hengmeechai [1] โดยการเพิ่มสมการเงื่อนไขเวลาที่รถบรรทุกขาออกกลับมายังท่ากระจายสินค้าหลังจากจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าจนครบเพื่อลดเวลาเสร็จ

สมบูรณ์ (Completion time) ให้สอดคล้องกับปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา จากนั้นแก้ปัญหาโดยใช้วิธีแม่นยำตรง (Exact method) และใช้โปรแกรม LINGO 14.0 ในการประมวลผลหาคำตอบ



รูปที่ 1 กระบวนการดำเนินงานในท่ากระจายสินค้า

## 2. ทบทวนวรรณกรรม

การดำเนินงานในท่ากระจายสินค้าจะประกอบด้วยประตูท่าขาเข้าและขาออก, จำนวนรถบรรทุกขาเข้าและขาออก, จำนวนพาเลทและจำนวนรถฟอร์คลิฟท์ เป็นต้นโดยการทำงานจะเริ่มจากรถบรรทุกขาเข้าเข้ามายังประตูท่าขาเข้าเพื่อถ่ายโอนสินค้าไปยังรถบรรทุกขาออกซึ่งมีเป้าหมายคือต้องการให้รถบรรทุกขาออกออกจากท่ากระจายสินค้าให้ใกล้เคียงกับเวลาที่กำหนดไว้มากที่สุดซึ่งจะขึ้นอยู่กับการจัดตารางรถบรรทุกขาเข้าและขาออกจึงได้นำไปสู่งานวิจัยของ Yu และ Egbelu [2] ได้ศึกษาถึงการจัดการตารางรถบรรทุกขาเข้าและขาออกในการหาลำดับเวลาสำหรับรถบรรทุกขาเข้าและขาออกโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์รูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Programming: MIP) ในการจำลองปัญหาจัดการตารางรถบรรทุกขาเข้าและขาออกเพื่อลดเวลาการปฏิบัติงานโดยรวม

(makespan) นอกจากนี้ยังพบว่าความพร้อมใช้งานของทรัพยากรในท่ากระจายสินค้ามีส่วนช่วยให้การดำเนินงานในท่ากระจายสินค้าให้มีความต่อเนื่องและไม่เกิดการรอคอยการเคลื่อนย้ายสินค้าไปยังรถบรรทุกขาออก Shakeri และคณะ [3] ที่ได้ศึกษาถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำหนดตารางเวลารถบรรทุกที่พิจารณาจากจำนวนประตูท่าและรถฟอร์คลิฟท์ที่มีอย่างจำกัดและตัดสินใจเกี่ยวกับความต่อเนื่องของการขนถ่ายสินค้าสำหรับรถบรรทุกขาเข้าและขาออกที่ประตูท่าเพื่อให้เวลาในการปฏิบัติงานโดยรวมลดลง นอกจากนี้ได้มีการนำวิธี TS (Tabu Search) และวิธี VNS (Variable Neighbourhood Search) เข้ามาช่วยแก้ปัญหาเนื่องจากเป็นปัญหาแบบ NP-hard จากผลการทดลองพบว่าวิธี TS และวิธี VNS สามารถลดเวลาในการประมวลผลหาคำตอบ ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Shakeri และคณะ [4] ที่ได้ศึกษาถึงปัญหาการจัดการตารางรถบรรทุกที่มีทรัพยากรอย่างจำกัดโดยปัญหาจะตัดสินใจตามลำดับของรถบรรทุกขาเข้าและขาออกที่ประตูท่าซึ่งขึ้นอยู่กับความพร้อมใช้งานของทรัพยากรรวมถึงประตูท่าจึงได้มีการนำวิธีฮิวริสติกแบบสองเฟสเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาเนื่องจากเป็นปัญหาแบบ NP-hard โดยในระยะแรกเป็นการค้นหาแบบฮิวริสติกเพื่อจัดลำดับรถบรรทุกให้จอดที่ประตูท่าและระยะที่สองใช้ฮิวริสติกแบบอิงกฎในการกำหนดลำดับรถบรรทุกแต่ละคัน

Maknoon และคณะ [5] ได้ศึกษาถึงปัญหาการจัดการตารางเวลาการถ่ายโอนสินค้าที่มีประตูท่าขาเข้าและขาออกแบบประตูเดียว, จำนวนรถบรรทุกที่ประตูท่าขาเข้าเท่ากับจำนวนรถที่ประตูท่าขาออกและลำดับของรถบรรทุกจะถูกพัฒนาในรูปแบบการจัดการตารางเวลาโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming: MIP) ในการกำหนดเวลาถ่ายโอนสินค้าที่ประตูท่าเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดการเส้นทางการถ่ายโอนสินค้าและจัดลำดับการขนถ่ายสินค้าและโหลดสินค้าไปยังรถบรรทุกที่ประตูท่าเช่นเดียวกับ Serrano และคณะ [6] ได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming: MIP) เพื่อ

กำหนดตารางเวลาการมาถึงของรถบรรทุกขาเข้าที่มีช่วงเวลา  
ที่จำกัด, การดำเนินงานบรรจุผลสินค้าและพื้นที่จัดเก็บสินค้า  
ชั่วคราวเพื่อลดต้นทุนค่าปรับที่เกี่ยวข้องกับเวลาที่มาถึงของ  
รถบรรทุกขาเข้าและภาระงานที่ไม่สมดุลของการบรรจุสินค้า  
ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งของรถบรรทุกขาเข้าและขา  
ออกและต้นทุนด้านการจัดเก็บทรัพยากรภายในศูนย์กระจาย  
สินค้าลดลงด้วย

Khalili-Damghani และคณะ [7] ได้ศึกษาการจัดตาราง  
รถบรรทุกโดยใช้วิธี branch and bound ในการจัดลำดับ  
รถบรรทุกขาเข้าและขาออกเพื่อลดเวลาปฏิบัติงาน  
(makespan) ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะพิจารณาถึง  
ความแตกต่างข้อจำกัดปริมาณของรถบรรทุก, ช่วงเวลาการ  
กระจายสินค้าจะประกอบไปด้วยความหลากหลายของสินค้า  
วันกำหนดส่ง (due date), ปริมาตรรถบรรทุกและพื้นที่  
จัดเก็บสินค้าชั่วคราว นอกจากนี้ได้นำวิธี GA (Genetic  
Algorithm) เข้ามาช่วยแก้ปัญหาการจัดตารางรถบรรทุกจาก  
ผลการทดลองพบว่าวิธี GA (Genetic Algorithm) มี  
ประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่รวดเร็วและสามารถแก้ปัญหา  
ที่มีขนาดใหญ่ได้

Wisittipanich และ Hengmeechai [1] ได้นำเสนอ  
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการจัดตาราง  
รถบรรทุกรูปแบบที่มีประตูท่าขาเข้าและขาออกแบบหลาย  
ประตูเพื่อลดเวลาการปฏิบัติงานโดยรวม (makespan) และ  
ได้มีการประยุกต์ใช้วิธีการหาคำตอบ PSO (Particle Swarm  
Optimization) ที่เรียกว่า GLNPSO จากผลการทดลองพบว่า  
วิธี GLNPSO สามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการแก้ปัญหาได้  
อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากใช้เวลาในการหาคำตอบได้  
อย่างรวดเร็วและทำให้วิธีการแก้ปัญหาที่มีคุณภาพมากขึ้น  
เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Wisittipanich  
และ Hengmeechai [1] มีการพิจารณาเวลาการปฏิบัติงาน  
โดยรวม (makespan) ตั้งแต่เวลาที่รถบรรทุกคันแรกเข้ามาถึง  
ประตูท่าขาเข้าจนถึงเวลาที่ รถคันสุดท้ายออกจากท่ากระจาย  
สินค้าซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้สามารถ  
นำมาปรับปรุงแก้ไขด้วยการเพิ่มเงื่อนไขให้ใกล้เคียงกับปัญหา

กรณีศึกษามากขึ้นจึงมีความสนใจที่จะนำแบบจำลองทาง  
คณิตศาสตร์ดังกล่าวมาพัฒนาเพื่อใช้สำหรับงานวิจัยนี้

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าแบบจำลองทาง  
คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางรถบรรทุกขา  
เข้าและขาออกสำหรับท่ากระจายสินค้าด้วยวิธีแม่นยำตรง  
(Exact method) สามารถแก้ปัญหาได้เฉพาะปัญหาที่มีข้อมูล  
ขนาดเล็กและไม่มีความซับซ้อนมากซึ่งการหาคำตอบด้วยวิธี  
แม่นยำตรง (Exact method) จะได้คำตอบที่ดีที่สุดและ  
เหมาะสมสำหรับการประมวลผลข้อมูลที่มีขนาดเล็กเมื่อ  
ปัญหาที่มีข้อมูลขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมากขึ้นทำให้  
ต้องใช้เวลาในการประมวลผลที่นานขึ้นจึงได้มีการนำวิธีเมตา  
ฮิวริสติกส์ เช่น วิธี TS (Tabu Search) และวิธีGA (Genetic  
Algorithm) เป็นต้น เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาการจัดตาราง  
รถบรรทุกขาเข้าและขาออกสำหรับท่ากระจายสินค้าเพื่อเพิ่ม  
ประสิทธิภาพระยะเวลาในการประมวลผลหาคำตอบที่รวดเร็ว  
ขึ้น

### 3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

#### 3.1 ศึกษากระบวนการทำงานในท่ากระจายสินค้าและเก็บ ข้อมูล

ศึกษากระบวนการทำงานในท่ากระจายสินค้าของบริษัท  
กรณีศึกษาโดยการเข้าไปสังเกตการณ์กระบวนการทำงานใน  
ท่ากระจายสินค้าเพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการทำงานและ  
เงื่อนไขการทำงาน จากนั้นทำการเก็บข้อมูลเวลาที่รถบรรทุก  
ขาเข้าเข้ามาที่ประตูท่าขาเข้า, เวลาที่รถบรรทุกขาออกออก  
จากประตูท่าขาออก, จำนวนสินค้าที่บรรทุกมาจากรถบรรทุก  
ขาเข้า, จำนวนสินค้าที่บรรทุกไปยังรถบรรทุกขาออก, เส้นทาง  
กระจายสินค้าของรถบรรทุกขาออกและเวลาที่รถบรรทุกขา  
ออกกลับมาที่ท่ากระจายสินค้า เป็นต้น โดยการสอบถาม  
พนักงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการสร้าง  
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

#### 3.2 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการปรับปรุงแบบจำลองทาง  
คณิตศาสตร์ที่เคยนำเสนอของ Wisittipanich และ

Hengmeechai [1] โดยการเพิ่มสมการเงื่อนไขโดยพิจารณาเวลาที่รถบรรทุกขาออกกลับมายังท่ากระจายสินค้าหลังจากที่จัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าจนครบ

### 3.3 สร้างปัญหาตัวอย่างของปัญหาการจัดตาราง

#### รถบรรทุกขาเข้าและขาออกสำหรับท่ากระจายสินค้า

กำหนดปัญหาตัวอย่างโดยใช้พารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการสร้างข้อมูลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ จำนวนรถบรรทุกขาเข้า, จำนวนรถบรรทุกขาออก, จำนวนประตูท่าขาเข้า, จำนวนประตูท่าขาออกและจำนวนประเภทสินค้า

### 3.4 ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นด้วยข้อมูลปัญหาตัวอย่างขนาดเล็กโดยทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาตัวอย่างด้วยวิธีการแม่นยำ (Exact method) โดยใช้โปรแกรม Lingo 14.0 ในการประมวลผลหาคำตอบโดยคำตอบที่ได้ต้องตรงตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้และตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าเป็นค่าที่น้อยที่สุดสำหรับข้อมูลที่กำหนด

### 3.5 ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ทำการพัฒนาขึ้นโดยเพิ่มขนาดข้อมูล เช่น จำนวนรถบรรทุกขาเข้าและขาออก จำนวนประตูท่าขาเข้าและขาออก รวมถึงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม LINGO 14.0 ในการประมวลผลหาคำตอบสำหรับการแก้ปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลางเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จัดทำเป็นตารางรถบรรทุกขาเข้าและขาออกสำหรับท่ากระจายสินค้า

## 4. ผลการดำเนินงาน

### 4.1 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เคยนำเสนอของ Wisittipanich และ Hengmeechai [1] สำหรับปัญหาการจัดตารางรถบรรทุกขาเข้าและขาออกสำหรับท่ากระจายสินค้าในรูปแบบที่มีประตูท่าขาเข้าและขาออกหลายประตูมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาปฏิบัติงานโดยรวม (makespan) ซึ่งจะพิจารณาตั้งแต่รถบรรทุกขาเข้าคันแรกเข้ามายังประตูท่าขาเข้าจนถึงรถบรรทุกขาออกคันสุดท้ายออกจากท่ากระจายสินค้า

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยฉบับนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เดิมโดยการเพิ่มสมการเงื่อนไขเวลาที่รถบรรทุกขาออกกลับมายังท่ากระจายสินค้าหลังจากจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าเพื่อลดเวลาเสร็จสมบูรณ์ของรถบรรทุกขาออก (completion time) ให้มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะพิจารณาตั้งแต่รถบรรทุกขาเข้าคันแรกเข้ามายังประตูท่าขาเข้าจนถึงรถบรรทุกขาออกคันสุดท้ายกลับมายังท่ากระจายสินค้าหลังจากจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าจนครบ

สมมติฐานพื้นฐานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อธิบายได้ดังนี้

- 1) สินค้าที่บรรทุกในรถบรรทุกขาเข้าที่เข้ามายังประตูท่าขาเข้าเป็นสินค้าที่ทราบจำนวนแน่นอน
- 2) จำนวนสินค้าที่เข้ามายังท่ากระจายสินค้าจะต้องจัดส่งให้ลูกค้าจนครบหมดภายในแต่ละวัน
- 3) บรรจุภัณฑ์มีขนาดมาตรฐานเท่ากัน เวลาในการโหลดสินค้าขึ้นและโหลดสินค้าลงต่อหน่วยสินค้าได้กำหนดเป็นค่าคงที่
- 4) รถบรรทุกขาออกแต่ละคันจะจัดส่งสินค้าได้เพียง 1 สายเท่านั้นไม่สามารถวิ่งข้ามสายได้
- 5) รถบรรทุกขาออกแต่ละคันมีความสามารถในการบรรทุกสินค้าได้ไม่จำกัด
- 6) เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรถบรรทุกได้กำหนดเป็นค่าคงที่

7) ไม่มีการพิจารณาลำดับของสินค้าในการโหลดสินค้าขึ้นไปยังรถบรรทุกขาออกและโหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาเข้าขึ้นไปยังรถบรรทุกขาออกและโหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาเข้า

8) รถบรรทุกขาเข้าต้องโหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาเข้าและรถบรรทุกขาออกต้องโหลดสินค้าขึ้นไปยังรถบรรทุกขาออกให้เสร็จก่อนออกจากท่ากระจายสินค้า

9) เวลาที่โหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาออกต่อหน่วยของสินค้าเพื่อส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้กำหนดเป็นค่าแน่นอนและคงที่

#### พารามิเตอร์ (Parameters)

$i$ : จำนวนรถบรรทุกขาเข้า ( $i=1,2, \dots, I$ )

$O$ : จำนวนรถบรรทุกขาออก ( $j=1,2, \dots, O$ )

$P$ : จำนวนประเภทสินค้า ( $k=1,2, \dots, P$ )

$R$ : จำนวนประตูท่าขาเข้า ( $m=1,2, \dots, R$ )

$S$ : จำนวนประตูท่าขาออก ( $n=1,2, \dots, S$ )

$r_{ik}$ : จำนวนหน่วยของสินค้าประเภท  $k$  ที่โหลดในรถบรรทุกขาเข้า  $i$

$S_{jk}$ : จำนวนหน่วยสินค้าประเภท  $k$  ที่ต้องการในรถบรรทุกขาออก  $j$

$T_{mn}$ : เวลาเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์จากประตูท่าขาเข้า  $m$  ไปยังประตูท่าขาออก  $n$

$H$ : เวลาที่โหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาเข้าต่อหน่วยของสินค้า

$U$ : เวลาที่โหลดสินค้าขึ้นไปยังรถบรรทุกขาออกต่อหน่วยของสินค้า

$M$ : จำนวนเต็มที่มีค่ามาก

$D$ : เวลาที่โหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาออกต่อหน่วยของสินค้าเพื่อส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า

$t_j$ : เวลาที่รถบรรทุกขาออก  $j$  กลับมาที่ท่ากระจายสินค้า

$A_j$ : จำนวนลูกค้าที่รถบรรทุกขาออก  $j$  จัดส่งสินค้า

#### ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)

$e_i$ : เวลาที่รถบรรทุกขาเข้า  $i$  เข้ามาที่ประตูท่าขาเข้า

$F_i$ : เวลาที่รถบรรทุกขาเข้า  $i$  ออกจากประตูท่าขาเข้า

$d_j$ : เวลาที่รถบรรทุกขาออก  $j$  เข้ามาที่ประตูท่าขาออก

$L_j$ : เวลาที่รถบรรทุกขาออก  $j$  ออกจากประตูท่าขาออก

$b_{ijk}$ : จำนวนสินค้าประเภท  $k$  ที่โหลดลงจากรถบรรทุกขาเข้าคันที่  $i$  ไปยังรถบรรทุกขาออกคันที่  $j$

$C_j$ : เวลาที่เสร็จสมบูรณ์ของรถบรรทุกขาออก  $j$

$$V_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้ามีสินค้าที่ถ่ายโอนจากรถบรรทุกขาเข้า } i \\ & \text{ไปยังรถบรรทุกขาออก } j \\ 0, & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

$$X_{im} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้ารถบรรทุกขาเข้า } i \text{ จัดลำดับ} \\ & \text{ไปยังประตูท่าขาเข้า } m \\ 0, & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

$$Y_{jn} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้ารถบรรทุกขาออก } j \text{ จัดลำดับ} \\ & \text{ไปยังประตูท่าขาออก } n \\ 0, & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

$$Z_{ijmn} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้ารถบรรทุกขาเข้า } i \text{ จัดลำดับ} \\ & \text{ไปยังประตูท่าขาเข้า } m \\ & \text{รถบรรทุกขาออก } j \text{ จัดลำดับ} \\ & \text{ไปยังประตูท่าขาออก } n \\ 0, & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

$$P_{ii} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้ารถบรรทุกขาเข้า } i \text{ มาก่อน} \\ & \text{รถบรรทุกขาเข้า } i \text{ และถูกจัดลำดับ} \\ & \text{ไปยังประตูท่าขาเข้าเดียวกัน} \\ 0, & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

$$Q_{jj} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้ารถบรรทุกขาออก } j \text{ มาก่อน} \\ & \text{รถบรรทุกขาออก } j \text{ และถูกจัดลำดับ} \\ & \text{ไปยังประตูท่าขาออกเดียวกัน} \\ 0, & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

#### สมการวัตถุประสงค์ (Objective function)

$$\min \quad c_j \quad (1)$$

## สมการเงื่อนไข (Constraints)

$$\sum_{j=1}^O b_{ijk} = r_{ik} (\square_i=1\dots I, \square_k=1\dots P) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I b_{ijk} = S_{jk} (\square_j=1\dots O, \square_k=1\dots P) \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^P b_{ijk} \leq MV_{ij} (\square_i=1\dots I, \square_j=1\dots O) \quad (4)$$

$$\sum_{m=1}^R X_{im} = 1 (\square_i=1\dots I) \quad (5)$$

$$\sum_{n=1}^S Y_{jn} = 1 (\square_j=1\dots O) \quad (6)$$

$$\sum_{m=1}^R \sum_{n=1}^S Z_{ijmn} = V_{ij} (\square_i=1\dots I, \square_j=1\dots O) \quad (7)$$

$$Z_{ijmn} \leq X_{im} \left( \begin{array}{l} \square_i=1\dots I, \square_j=1\dots O, \\ \square_m=1\dots R, \square_n=1\dots S \end{array} \right) \quad (8)$$

$$Z_{ijmn} \leq Y_{jn} \left( \begin{array}{l} \square_i=1\dots I, \square_j=1\dots O, \\ \square_m=1\dots R, \square_n=1\dots S \end{array} \right) \quad (9)$$

$$X_{im} + X'_{im} - 1 \leq P_{ii'} + P'_{ii'} (\square_{i'}=1\dots I, i \neq i', \square_m=1\dots R) \quad (10)$$

$$P_{ii'} + P'_{ii'} \leq 1 (\square_{i'}=1\dots I, i \neq i') \quad (11)$$

$$Y_{jn} + Y'_{jn} - 1 \leq Q_{jj'} + Q'_{jj'} (\square_{jj'}=1\dots O, j \neq j', \square_n=1\dots S) \quad (12)$$

$$Q_{jj'} + Q'_{jj'} \leq 1 (\square_{jj'}=1\dots O, j \neq j') \quad (13)$$

$$e_i \geq F_i + T - M(1 - P_{ii'}) (\square_{i'}=1\dots I, i \neq i') \quad (14)$$

$$F_i \geq e_i + H \sum_{k=1}^P r_{ik} = 1 (\square_i=1\dots I) \quad (15)$$

$$d_j \geq L_j + T - M(1 - Q_{jj'}) (\square_{jj'}=1\dots O, j \neq j') \quad (16)$$

$$L_j \geq d_j + U \sum_{k=1}^P S_{jk} (\square_j=1\dots O) \quad (17)$$

$$L_j \geq F_i + \sum_{m=1}^R \sum_{n=1}^S T_{mn} Z_{ijmn} + U \sum_{k=1}^P S_{jk} - M(1 - V_{ij}) \quad (18)$$

(\square\_i=1\dots I, \square\_j=1\dots O)

$$C_j \geq L_j + [A_j D] + t_j (\square_j=1\dots O) \quad (19)$$

สมการที่ (1) แสดงถึงวัตถุประสงค์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ เวลาเสร็จสมบูรณ์ ( completion time) ของรถบรรทุกขาออกมีค่าน้อยที่สุด

สมการเงื่อนไข (2) แสดงถึงจำนวนสินค้าประเภท k ที่ต้องการสำหรับรถบรรทุกขาออกทุกคันเท่ากับจำนวนสินค้าประเภท k ที่โหลดลงจากรถบรรทุกขาเข้าคันที่ i

สมการเงื่อนไข (3) แสดงถึงจำนวนสินค้าประเภท k ที่โหลดลงจากรถบรรทุกขาเข้าทุกคันเท่ากับจำนวนสินค้าประเภท k ที่ต้องการสำหรับรถบรรทุกขาออกคันที่ j

สมการเงื่อนไข (4) เป็นการบังคับให้ตัวแปร  $b_{ijk}$  และตัวแปร  $V_{ij}$  สอดคล้องกัน

สมการเงื่อนไข (5) แสดงถึงรถบรรทุกขาเข้าทุกคันถูกจัดลำดับให้เข้าประตูท่าขาเข้าเพียงประตูเดียว

สมการเงื่อนไข (6) แสดงถึงรถบรรทุกขาออกทุกคันถูกจัดลำดับให้เข้าประตูท่าขาออกเพียงประตูเดียว

สมการเงื่อนไข (7) - (9) แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร  $X_{im}$ ,  $Y_{jn}$  และ  $Z_{ijmn}$

สมการข้อจำกัด (10) - (11) เป็นการบังคับให้ตัวแปร  $X_{im}$  และ  $P_{ij}$  สอดคล้องกันสามารถอธิบายได้ว่าประตูท่าขาเข้า  $m$  มีการจัดลำดับรถขาเข้า  $i$  และ  $i'$

สมการข้อจำกัด (12) - (13) เป็นการบังคับให้ตัวแปร  $Y_{jn}$  และ  $Q_{jj}$  สอดคล้องกันสามารถอธิบายได้ว่าประตูท่าขาออก  $n$  มีการจัดลำดับรถขาออก  $j$  และ  $j'$

สมการเงื่อนไข (14) เป็นการกำหนดเวลาที่รถบรรทุกขาเข้าเข้ามายังประตูท่าขาเข้ามากกว่าหรือเท่ากับเวลาที่รถบรรทุกขาเข้าคันก่อนหน้าออกจากประตูท่าขาเข้ารวมกับเวลาเปลี่ยนรถบรรทุก

สมการเงื่อนไข (15) แสดงถึงเวลาที่รถบรรทุกขาเข้าออกจากประตูท่าขาเข้ามากกว่าหรือเท่ากับเวลาที่รถบรรทุกขาเข้าเข้ามายังประตูท่าขาเข้ารวมกับเวลาที่โหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาเข้าสมการเงื่อนไข (16) แสดงถึงเวลาที่รถบรรทุกขาออกเข้ามายังประตูท่าขาออกมากกว่าหรือเท่ากับเวลาที่รถบรรทุกขาออกคันก่อนหน้าออกจากประตูท่าขาออกรวมกับเวลาเปลี่ยนรถบรรทุก

สมการเงื่อนไข (17) แสดงถึงเวลาที่รถบรรทุกขาออกออกจากประตูท่าขาออกมากกว่าหรือเท่ากับเวลาที่รถบรรทุกขาออกเข้ามายังประตูท่าขาออกรวมกับเวลาที่โหลดสินค้าขึ้นไปยังรถบรรทุกขาออก

สมการเงื่อนไข (18) แสดงถึงเวลาที่รถบรรทุกขาออกออกจากประตูท่าขาออกมากกว่าหรือเท่ากับเวลาที่รถบรรทุกขาเข้าเข้ามายังประตูท่าขาเข้ารวมกับเวลาในการเคลื่อนย้ายสินค้ารวมกับเวลาโหลดสินค้าขึ้นไปยังรถบรรทุกขาออก

งานวิจัยนี้ได้มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Wisittipanich และ Hengmeechai [1] โดยทำการปรับปรุงรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เดิมด้วยการเพิ่มสมการเงื่อนไขที่ (19) แสดงถึงเวลาที่เสร็จสมบูรณ์ของ

รถบรรทุกขาออกมากกว่าหรือเท่ากับเวลาที่รถบรรทุกขาออกออกจากประตูท่าขาออกรวมกับเวลาที่โหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาออกเพื่อส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้ารวมกับเวลาที่รถบรรทุกขาออกกลับมายังท่ากระจายสินค้า

#### 4.2 สร้างปัญหาตัวอย่างของปัญหาการจัดตารางรถบรรทุกขาเข้าและขาออกสำหรับท่ากระจายสินค้า

กำหนดปัญหาตัวอย่างทั้งหมด 15 ตัวอย่างโดยใช้พารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการสร้างข้อมูลจำลองสำหรับปัญหาขนาดเล็กซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1 จำนวนรถ จำนวนประตูและจำนวนประเภทสินค้า

| พารามิเตอร์        | จำนวน               |
|--------------------|---------------------|
| รถขาเข้า (i)       | 2-4 คัน             |
| รถขาออก (j)        | 3-5 คัน             |
| ประเภทสินค้า (k)   | 5, 15 และ 20 ประเภท |
| ประตูท่าขาเข้า (m) | 2-4 ประตู           |
| ประตูท่าขาออก (n)  | 3 และ 4 ประตู       |

จากตารางที่ 1 เป็นการกำหนดจำนวนรถบรรทุกขาเข้าคันที่  $i$  บรรทุกจำนวนสินค้าประเภท  $k$  เข้ามาอยู่ที่ประตูท่าขาเข้า  $m$  ในการโหลดสินค้าลงเพื่อโหลดจำนวนสินค้าประเภท  $k$  ขึ้นไปยังรถบรรทุกขาออกคันที่  $j$  ที่ประตูท่าขาออก  $n$

ตารางที่ 2 เวลาที่รถบรรทุกใช้ในกระบวนการกระจายสินค้า

| พารามิเตอร์                                                                           | เวลา                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| เวลาโหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาเข้า (H)                                                 | 3 วินาทีต่อคัน       |
| เวลาโหลดสินค้าขึ้นไปยังรถบรรทุกขาออก (U)                                              | 3 วินาทีต่อคัน       |
| เวลาเคลื่อนย้ายสินค้าจากประตูท่าขาเข้า (m) ไปยังประตูท่าขาออก (n) ( $T_{mn}$ )        | 3 และ 4 นาที         |
| เวลาเปลี่ยนรถบรรทุก (T)                                                               | 5 นาที               |
| เวลาที่โหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกขาออกต่อหน่วยของสินค้าเพื่อส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า (D) | 3 และ 6 นาที         |
| เวลาที่รถบรรทุกขาออกกลับมาที่ท่ากระจายสินค้า ( $t_j$ )                                | 60, 105 และ 120 นาที |



จากตารางที่ 2 เป็นการกำหนดเวลาที่รถบรรทุกใช้ในการกระบวนการกระจายสินค้าซึ่งจะพิจารณาตั้งแต่เวลาที่รถบรรทุกเข้าใช้ในการโหลดสินค้าลงจากรถบรรทุกเข้าไปถึงเวลาที่รถบรรทุกออกกลับมายังท่ากระจายสินค้าหลังจากจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าจนครบ

ตารางที่ 3 จำนวนสินค้า

| พารามิเตอร์                                        | จำนวน (ชิ้น)        |
|----------------------------------------------------|---------------------|
| จำนวนสินค้าที่บรรทุกในรถบรรทุกขาเข้า ( $r_{jk}$ )  | 1,000 - 12,000 ชิ้น |
| จำนวนสินค้าที่ต้องการของรถบรรทุกขาออก ( $S_{jk}$ ) | 1,000 - 12,000 ชิ้น |

จากตารางที่ 3 เป็นการกำหนดจำนวนสินค้าที่รถบรรทุกขาออกต้องการมีจำนวนเท่ากับจำนวนสินค้าที่รถบรรทุกขาเข้าบรรทุกเข้ามายังท่ากระจายสินค้า

#### 4.3 การทดสอบความถูกต้องแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ทดสอบความถูกต้องของปัญหาขนาดเล็กปัญหาที่ 1 และ 2 ผลที่ได้ คือ คำตอบเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

#### 4.4 ผลการทดสอบ

ขั้นตอนนี้เป็นการแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม LINGO 14.0 ในการประมวลผลเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดตามวัตถุประสงค์โดยกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลหาคำตอบภายใน 6 ชั่วโมงซึ่งจะได้ผลการแก้ปัญหาของโปรแกรม LINGO 14.0 ดังตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 แสดงผลการแก้ปัญหาตัวอย่างด้วยโปรแกรม LINGO 14.0 จำนวน 15 ปัญหาซึ่งแบ่งออกเป็นปัญหขนาดเล็กจำนวน 7 ปัญหา คือ ปัญหาตัวอย่างที่ 1-7 และปัญหากลางจำนวน 8 ปัญหา คือ ปัญหาตัวอย่างที่ 8-15 จากผลการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม LINGO 14.0 ผลการทดสอบพบว่าโปรแกรม LINGO 14.0 ใช้เวลาในการแก้ปัญหาขนาดเล็กได้อย่างรวดเร็วและคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimal) ดังรูปที่ 2

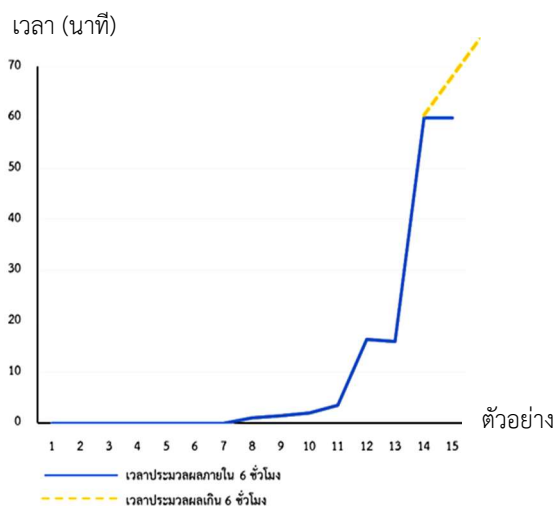
ตารางที่ 4 ผลการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม LINGO 14.0

| Instance | Problem size |   |    |   |   | Optimal Solutions | Computing Time (hh:mm:ss) |
|----------|--------------|---|----|---|---|-------------------|---------------------------|
|          | I            | O | P  | R | S |                   |                           |
| 1        | 2            | 3 | 5  | 2 | 3 | 4976              | 00:00:00                  |
| 2        | 2            | 3 | 10 | 2 | 3 | 12205             | 00:00:00                  |
| 3        | 2            | 3 | 20 | 2 | 3 | 20000             | 00:00:00                  |
| 4        | 3            | 4 | 5  | 2 | 3 | 6836              | 00:00:09                  |
| 5        | 3            | 4 | 10 | 2 | 3 | 13481             | 00:00:10                  |
| 6        | 3            | 4 | 20 | 2 | 3 | 26360             | 00:00:46                  |
| 7        | 3            | 4 | 5  | 3 | 4 | 33236             | 00:00:13                  |
| 8        | 3            | 4 | 10 | 3 | 4 | 53081             | 00:01:12                  |
| 9        | 3            | 4 | 20 | 3 | 4 | 53636             | 00:01:52                  |
| 10       | 4            | 4 | 5  | 2 | 3 | 37851             | 00:02:05                  |
| 11       | 4            | 4 | 10 | 2 | 3 | 45351             | 00:03:51                  |
| 12       | 4            | 4 | 5  | 3 | 4 | 30351             | 00:16:47                  |
| 13       | 4            | 4 | 10 | 3 | 4 | 37851             | 00:16:03                  |
| 14       | 4            | 5 | 5  | 2 | 3 | N/A               | > 06:00:00                |
| 15       | 4            | 5 | 5  | 3 | 4 | N/A               | > 06:00:00                |

|                               |            |                                   |     |
|-------------------------------|------------|-----------------------------------|-----|
| <b>Solver Status</b>          |            | <b>Variables</b>                  |     |
| <b>Model:</b>                 | MILP       | <b>Total:</b>                     | 112 |
| <b>State:</b>                 | Global Opt | <b>Nonlinear:</b>                 | 0   |
| <b>Objective:</b>             | 4976       | <b>Integers:</b>                  | 111 |
| <b>Infeasibility:</b>         | 0          | <b>Constraints</b>                |     |
| <b>Iterations:</b>            | 2036       | <b>Total:</b>                     | 172 |
|                               |            | <b>Nonlinear:</b>                 | 0   |
| <b>Extended Solver Status</b> |            | <b>Nonzeros</b>                   |     |
| <b>Solver Type:</b>           | B-and-B    | <b>Total:</b>                     | 484 |
| <b>Best Obj:</b>              | 4976       | <b>Nonlinear:</b>                 | 0   |
| <b>Obj Bound:</b>             | 4976       | <b>Generator Memory Used (K)</b>  |     |
| <b>Steps:</b>                 | 43         |                                   |     |
| <b>Active:</b>                | 0          | <b>Elapsed Runtime (hh:mm:ss)</b> |     |
|                               |            | 00:00:00                          |     |

รูปที่ 2 ผลการทดสอบปัญหาตัวอย่างที่ 1 ด้วยโปรแกรม Lingo14.0

จากรูปที่ 2 แสดงผลการทดสอบปัญหาตัวอย่างที่ 1 ด้วยโปรแกรม LINGO 14.0 ที่จำนวนรถบรรทุกขาเข้า 2 คัน จำนวนรถบรรทุกขาออก 3 คัน จำนวนประตูท่าขาเข้า 2 ประตู จำนวนประตูท่าขาออก 3 ประตูและจำนวนประเภทสินค้า 5 ประเภท ซึ่งโปรแกรม LINGO 14.0 ใช้เวลาน้อยกว่า 1 วินาทีในการแก้ปัญหาและคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimal) แต่เมื่อเพิ่มจำนวนประเภทสินค้า, จำนวนรถบรรทุกขาเข้าและขาออก, จำนวนประตูท่าขาเข้าและขาออกพบว่าโปรแกรม LINGO 14.0 ใช้เวลาในการหาคำตอบนานขึ้น ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เวลาที่โปรแกรม LINGO 14.0 ใช้ในการประมวลผล

จากรูปที่ 3 แสดงระยะเวลาที่โปรแกรม LINGO 14.0 ใช้ในการประมวลผลหาคำตอบซึ่งจะพบว่าโปรแกรม LINGO 14.0 ใช้เวลาในการประมวลผลหาคำตอบที่ดีที่สุดได้อย่างรวดเร็วสำหรับปัญหาขนาดเล็กทั้ง 7 ปัญหาและปัญหากลาง 6 ปัญหา คือ ปัญหาตัวอย่างที่ 8-13 พบว่าโปรแกรม LINGO 14.0 ใช้เวลาไม่เกิน 60 นาทีในการประมวลผลหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้เวลาในการประมวลผลภายใน 6 ชั่วโมง ส่วนปัญหาตัวอย่างที่ 14 และ 15 พบว่าโปรแกรม LINGO 14.0 ไม่สามารถประมวลผลหาคำตอบภายในระยะเวลา 60 นาทีโดยใช้เวลาในการประมวลผลหาคำตอบมากกว่า 6

ชั่วโมง จากผลการแก้ปัญหาตัวอย่างจำนวน 15 ปัญหาด้วยโปรแกรม LINGO 14.0 พบว่าโปรแกรม LINGO 14.0 สามารถแก้ปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลางได้ภายในระยะเวลาที่เหมาะสมแต่ด้วยข้อจำกัดของโปรแกรม LINGO 14.0 หากปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้ใช้เวลาที่ไม่เหมาะสมในการประมวลผลหาคำตอบซึ่งใช้เวลานานในการหาคำตอบจึงควรนำวิธีการประมาณค่าที่ดีที่สุดหรือวิธีเมตาฮิวริสติกส์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา

## 5. สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอโดย Wisittipanich และ Hengmeechai [1] สำหรับปัญหาการจัดการรถบรรทุกขาเข้าและขาออกสำหรับท่ากระจายสินค้าแบบหลายประตูโดยทำการปรับปรุงรูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เดิมด้วยการเพิ่มเงื่อนไขเพื่อให้มีความใกล้เคียงกับปัญหาของบริษัทกรณีศึกษาในการพิจารณาเวลาที่รถเสร็จสมบูรณ์ของรถบรรทุกขาออกซึ่งจะพิจารณาตั้งแต่เวลาที่รถบรรทุกขาเข้าคันแรกเข้ามายังประตูท่าขาเข้าไปจนถึงรถบรรทุกขาออกคันสุดท้ายกลับมายังท่ากระจายสินค้าหลังจากจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าจนครบจากการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม LINGO 14.0 ผลการทดสอบพบว่าโปรแกรม LINGO 14.0 สามารถแก้ปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลางได้อย่างรวดเร็วแต่เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นพบว่าโปรแกรม LINGO 14.0 ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลหาคำตอบที่ดีที่สุดนานขึ้น

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นได้ทดสอบกับข้อมูลขนาดเล็กซึ่งขนาดข้อมูลปัญหาของบริษัทกรณีศึกษาเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ด้วยข้อจำกัดของโปรแกรม LINGO 14.0 ทำให้ไม่สามารถหาคำตอบได้ภายในระยะเวลาที่เหมาะสม ดังนั้นจึงควรนำวิธีเมตาฮิวริสติกส์ เช่น วิธี PSO (Particle Swarm Optimization), วิธี GA (Genetic Algorithm) และวิธี DE (Differential Evolution) เป็นต้นมาใช้สำหรับการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมา

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Wisittipanich W, Hengmeechai P. Truck scheduling multi-door cross docking terminal by modified particle swarm optimization. *Computers & Industrial Engineering*. 2017;113:793-802
- [2] Yu, Wooyeon Egbelu, Pius J. Scheduling of inbound and outbound trucks in cross docking systems with temporary storage. *European Journal of Operational Research*. 2008;184:377-96.
- [3] Shakeri M , Low M. Y. H, Turner S. J, Lee E. W. An efficient incremental evaluation function for optimizing truck scheduling in a resource-constrained crossdock using metaheuristics. *Expert Systems with Applications*. 2016;45:172-84.
- [4] Shakeri M , Low M. Y. H, Turner S. J, Lee E. W. A robust two-phase heuristic algorithm for the truck scheduling problem in a resource-constrained crossdock. *Computers & Operations Research*. 2012;39:2564-77.
- [5] Maknoon M.Y, Soumis F, Baptiste P. An integer programming approach to scheduling the transshipment of products at cross-docks in less-than-truckload industries. *Computers & Operations Research*. 2017;82:167-79.
- [6] Serrano C, Delorme X, Dolgui A. Scheduling of truck arrivals, truck departures and shop-floor operation in a cross-dock platform, based on trucks loading plans. *International Journal of Production Economics*. 2017;194:102-12.
- [7] Khalili-Damghani K, Tavana M, Santos-Arteaga FJ, Ghanbarzad- Dashti M. A customized genetic algorithm for solving multi-period cross-dock truck scheduling problems. *Measurement*. 2017;108:101-18.