การจัดตารางรถขนส่งขาเข้าและขาออกสำหรับศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อกในธุรกิจร้านค้าปลีกด้วยวิธีฮิวริสติก

กิตติพงศ์ กิตติถาวรกุล[1*] และ สิทธิพร พิมพ์สกุล[2]
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน ธุรกิจค้าปลีกมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อกในธุรกิจค้าปลีกประสบปัญหาในเรื่องการรอคอยสินค้าที่ท่าขาออกเป็นระยะเวลานาน ปัญหานี้มีผลมาจากการจัดตารางรถขนส่งและการจัดการการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าที่ไม่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก และวิธีการจัดตารางรถขนส่งขาเข้าและขาออกด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก เพื่อลดเวลาล่าช้ารวม นำวิธีการค้นหาคำตอบแบบวิธีฮิวริสติกมาใช้ในการการจัดตารางรถขนส่งขาเข้าและขาออก นำแบบจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรมซิลเวอร์ไลท์มาใช้เพื่อกำหนดเงื่อนไขการเคลื่อนย้ายสินค้าผ่านโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมเพื่อหาค่าเวลาล่าช้ารวม ผลจากการวิจัยพบว่าวิธีฮิวริสติก RS1-SS2 ให้ค่าเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดถึง 16 ปัญหาจาก 20 ปัญหาตัวอย่าง วิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริวติกเป็นวิธีที่ให้ค่าเวลาล่าช้ารวมที่มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบ หรือมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเพียงร้อยละ 1.15 และใช้เวลาในการคำนวณที่น้อยกว่า 1 วินาที

คำสำคัญ : ครอสด็อก / ศูนย์กระจายสินค้า / เวลาล่าช้ารวม / การค้นหาด้วยวิธีฮิวริวติก

* *Corresponding author. E-mail: akittipong@gmail.com*

1 *นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์*

2 *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์*

Scheduling of Inbound and Outbound Trucks in Retail Cross Docking Distribution Center by Heuristic Methods

Kittipong Kittitavornkul[1*] and Sittiporn Pimsakul[2]

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Rd., Ladkrabang, Bangkok 10520

Abstract

At present, retail business is growing rapidly leading to cross-docking distribution centers facing with a problem of long waiting at an outbound dock. This problem is a result of an inefficient truck scheduling and poor management in moving goods in distribution centers. This research aims to propose a method for moving goods in the cross docking distribution center and a heuristic method for scheduling inbound and outbound trucks in order to reduce a makespan. Heuristic method is applied for scheduling inbound and outbound truck. A simulation model by Silverlight application is also used to indicate movement conditions of goods through a mixed integer linear program to calculate the makespan. Result from this research shows that the heuristic method RS1-SS2 provides the best makespan 16 out of 20 sample problems. Heuristic method provides the makespan which is close or equal to the optimal makespan calculated by enumeration method or it provides just 1.15 percent error and computation time is less than 1 second.

Keywords : Cross Docking / Distribution Center / Makespan / Heuristic

* *Corresponding author. E-mail: akittipong@gmail.com*

1 *Graduate Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering.*

2 *Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering.*

1. บทนำ

เทคนิคครอสด็อก (Cross-dock) เป็นหนึ่งในแนวความคิดของการจัดการระบบคลังสินค้าสำรองภายในศูนย์กระจายสินค้าโดยสินค้าที่มาจากรถขนส่งขาเข้าทั้งหมดจะถูกกำหนดเส้นทางการเคลื่อนย้ายภายในศูนย์กระจายสินค้าและทำการขนสินค้าไปยังรถขนส่งขาออกเพื่อขนส่งไปยังร้านค้าปลีกทันที โดยจะมีการปรับเปลี่ยนการจัดตารางรถขนส่งขาเข้าและขาออกตามความต้องการสินค้าของร้านค้าปลีกในระบบเพื่อไม่ให้มีสินค้าใดถูกวางทิ้งไว้ที่คลังสินค้าสำรองภายในศูนย์กระจายสินค้า ถึงแม้จะมีสินค้าที่ถูกวางไว้ที่คลังสินค้าสำรองก็สามารถอยู่ได้ไม่เกินช่วงเวลาหนึ่งๆ หรือโดยปกติน้อยกว่า 24 ชั่วโมง และหากทำได้ดังนี้แล้วเวลาในการจัดการการรับคำสั่งซื้อจากร้านค้าปลีก ค่าใช้จ่ายในการจัดการคลังสินค้าสำรองและความต้องการพื้นที่ในคลังสินค้าสำรองทั้งหมดจะลดลง

ศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อกในธุรกิจค้าปลีกในปัจจุบัน มีแนวโน้มของจำนวนสินค้าและจำนวนรถขนส่งที่เข้ามายังศูนย์กระจายสินค้าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งคาดว่าจะประสบปัญหาการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าที่มีความล่าช้าเพิ่มมากขึ้นและค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลังที่สูงขึ้น โดยในปัจจุบันสินค้าบางส่วนเริ่มจัดเก็บไว้ในศูนย์กระจายสินค้ามากกว่า 24 ชั่วโมง และหากจำนวนสินค้ามีมากขึ้นจะส่งผลให้คลังสินค้าสำรองมีความต้องการพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในอนาคต

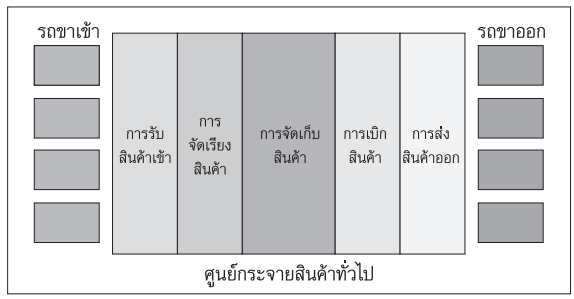
ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อกำหนดวิธีการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก 2) เพื่อจัดตารางรถขนส่งด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก เพื่อส่งผลให้เวลาล่าช้ารวมของการจัดการสินค้า (Makespan) และความต้องการพื้นที่ของคลังสินค้าสำรองมีค่าลดลง ในงานวิจัยนี้เวลาล่าช้ารวมของการจัดการสินค้าหมายถึง ระยะเวลาเริ่มต้นจากการขนสินค้าลงจากรถขนส่งขาเข้าคันแรกจนถึงเวลาที่รถขนส่งขาออกคันสุดท้ายออกจากศูนย์กระจายสินค้า

งานวิจัยนี้กล่าวถึงประเด็นสำคัญ 3 ประเด็นคือ 1) วิธีการจัดเรียงสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก 2) วิธีการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก 3) วิธีการจัดตารางรถขนส่งด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะอธิบายผ่านตัวอย่างวิธีการจัดเรียงสินค้าของศูนย์กระจายสินค้าในธุรกิจค้าปลีกแห่งหนึ่ง โดยที่ลักษณะการจัดเรียงสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าตัวอย่างมีการแบ่งประเภทของสินค้าออกเป็น 3 ประเภท ประกอบด้วย สินค้าขนาดเล็ก สินค้าประเภทลังกระดาษ และสินค้าประเภทของหนัก ทั้งนี้ในแต่ละสถานีสินค้าที่ต่างประเภทกันจะทำงานแยกออกจากกัน ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำเสนอหัวข้อวิจัยดังนี้ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิธีการดำเนินงานวิจัย ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัย และสรุปผลงานวิจัย

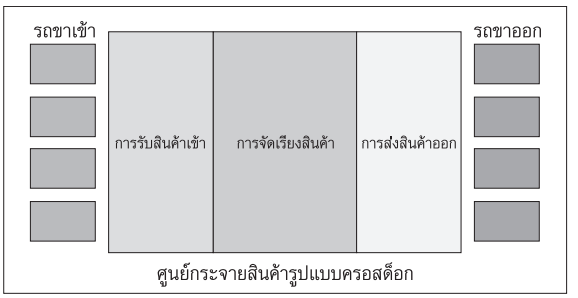
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก

ศูนย์กระจายสินค้าทั่วไปมีขั้นตอนการดำเนินงานหลัก 5 ขั้นตอน คือ การรับสินค้าเข้า การจัดเรียงสินค้า การจัดเก็บสินค้า การเบิกสินค้า และการส่งสินค้าออก ดังแสดงในรูปที่ 1 ในปัจจุบัน ศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่งได้นำเทคนิคครอสด็อกเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อลดขั้นตอนการดำเนินงานลง 2 ขั้นตอนคือ การจัดเก็บสินค้าและการเบิกสินค้า โดยศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อกจะเหลือเพียง 3 ขั้นตอนสำคัญ คือ การรับสินค้าเข้า การจัดเรียงสินค้า และการส่งสินค้าออก ดังแสดงในรูปที่ 2 การนำเทคนิคครอสด็อกมาใช้จะช่วยลดเวลาล่าช้ารวมของการจัดการสินค้าแต่ละชนิด และลดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลังที่เกิดขึ้น [1]



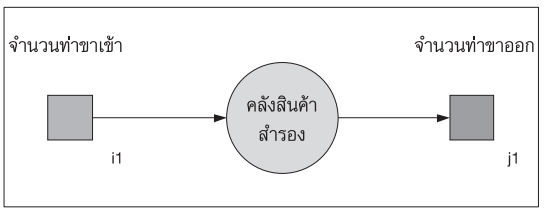
รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบทั่วไป



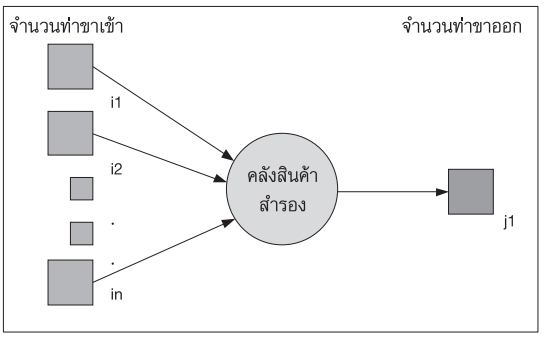
รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางรถขนส่งจำเป็นต้องมีการออกแบบวิธีการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้า ในงานวิจัยของ Larbi [2] ได้ศึกษาการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนท่าขาเข้าและท่าขาออก ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนของท่าขาเข้าจะช่วยลดเวลาล่าช้ารวมของการจัดการสินค้าลงได้ แต่ในขณะเดียวกันเป็นการเพิ่มปัญหาให้กับคลังสินค้าสำรองหากคลังสินค้าสำรองมีขนาดเล็ก กล่าวคือเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนท่าขาเข้า จะทำให้จำนวนรถขนส่งขาเข้าที่มากขึ้นสามารถเข้ามาที่ศูนย์กระจายสินค้าได้พร้อมๆ กัน จึงส่งผลโดยตรงต่อความต้องการพื้นที่ของคลังสินค้าสำรองที่เพิ่มขึ้น [3]



รูปที่ 3 การเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อกแบบ 1 ท่าขาเข้า – 1 ท่าขาออก



รูปที่ 4 การเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อกแบบ หลายท่าขาเข้า – 1 ท่าขาออก

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดตารางรถขนส่งสำหรับศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก

วิธีการจัดตารางรถขนส่งสำหรับศูนย์กระจายสินค้าทั่วไปถูกจัดเป็นปัญหาแบบ np-hard [4] กล่าวคือ เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนรถขนส่งขาเข้าหรือรถขนส่งขาออก จะทำให้ใช้ระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบที่นานขึ้น และยากที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุดในระยะเวลาอันสั้น [5] ดังนั้น นักวิจัยในปัจจุบันพยายามที่จะหาวิธีการในการแก้ปัญหานี้ เพื่อลดเวลาล่าช้ารวม ลดขนาดของคลังสินค้าสำรอง และลดระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบ โดยวิธีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางรถขนส่งมี 2 วิธีคือ วิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธีการค้นหาคำตอบแบบเมต้าฮิวริสติก

2.3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดตารางรถขนส่งด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก

ฮิวริสติก (Heuristic) เป็นวิธีการแก้ปัญหามักนำมาใช้ในการค้นหาคำตอบ สามารถใช้ในการแก้ปัญหาสำหรับปัญหาที่ซับซ้อนหรือปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ภายในระยะเวลาที่รวดเร็วและได้คำตอบที่ดีกว่าการใช้อัลกอริทึมของปัญหาที่เกิดขึ้น และสามารถให้คำตอบที่มีค่าใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด [6] ตัวอย่างของวิธีฮิวริสติก เช่น Chen and Lee [7] ได้เสนอวิธีฮิวริสติกที่มุ่งเน้นสำหรับการ

จัดตารางรถขนส่งและการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้า เพื่อลดเวลาล่าช้ารวมของการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้า ส่วน Boysen [8] ได้เสนอวิธีการประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและวิธีการค้นหาคำตอบแบบเมต้าฮิวริสติกและเปรียบเทียบเวลาล่าช้ารวมที่ได้จาก 2 วิธี จากทั้ง 2 งานวิจัยข้างต้นนี้พบว่าการนำวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกเข้ามาใช้ในการจัดตารางรถขนส่งสามารถช่วยลดเวลาล่าช้ารวมของการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าลงได้

2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดตารางรถขนส่งด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบเมต้าฮิวริสติก

เมต้าฮิวริสติก (Meta Heuristic) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยอาศัยเทคนิคต่างๆ เช่น วิธีอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) [9] วิธีการค้นหาด้วยวิธีเครือข่ายมด (Ant Colony Optimization) และวิธีการค้นหาแบบตาบู (Tabu Search) เป็นวิธีในการลดจำนวนครั้งของการหาคำตอบจากปัญหาตั้งต้น โดย Soltani and Sadjadi [10] ได้กล่าวไว้ว่าการค้นหาคำตอบแบบเมต้าฮิวริสติกในการแก้ปัญหาการจัดตารางรถขนส่งนั้นสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้หากปัญหาตั้งต้นเป็นปัญหาที่มีขนาดเล็กหรือขนาดกลาง กล่าวคือมีจำนวนรถขนส่งขาเข้าและจำนวนรถขนส่งขาออกจำนวนน้อยคัน ซึ่งหากนำวิธีเมต้าฮิวริสติกไปหาคำตอบของปัญหาขนาดใหญ่ จะทำให้ประสบปัญหาแบบ np-hard ในงานวิจัยของ Boysen [11] ได้จำลองสถานการณ์โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการจัดตารางรถขนส่งด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและแบบเมต้าฮิวริสติก พบว่าการจัดตารางด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบเมต้าฮิวริสติกจะให้ผลลัพธ์ของเวลาล่าช้ารวมน้อยกว่า (คำตอบที่ดีกว่า) เมื่อเทียบกับการจัดตารางแบบฮิวริสติก แต่หากพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาคำตอบพบว่าวิธีการค้นหาคำตอบแบบเมต้าฮิวริสติกใช้ระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบที่ช้ากว่าแบบฮิวริสติกอย่างมีนัยสำคัญ และ Song and Chen [12] ได้กล่าวเพิ่มเติมถึงปัญหาสำคัญของการจัดตารางรถขนส่งว่า หากมีจำนวนของรถขนส่งขาเข้าและจำนวนของรถขนส่งขาออกเพิ่มมากขึ้น วิธีเมต้าฮิวริสจะใช้ระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จากขนาดของปัญหาตั้งต้นที่กล่าวนี้ หากจำนวนของรถขนส่งขาเข้าและรถขนส่งขาออกมีจำนวนเพิ่มขึ้น จะส่งผลโดยตรงต่อระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบที่สูงขึ้น

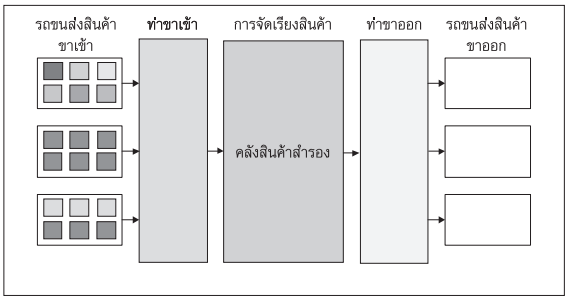
ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกเพื่อใช้ในการจัดตารางรถขนส่งขาเข้าและขาออกของศูนย์กระจายสินค้าในธุรกิจค้าปลีก เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้ระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบที่รวดเร็วและสามารถให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

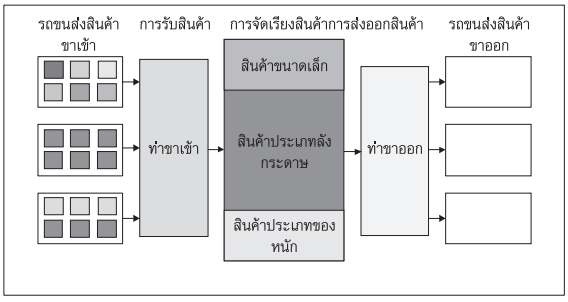
งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) วิธีการจัดเรียงสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก 2) วิธีการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก 3) วิธีการจัดตารางรถขนส่งด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก

3.1 วิธีการจัดเรียงสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก

วิธีการจัดเรียงสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อกในงานวิจัยของ Yu [13] ถูกออกแบบให้สินค้าทุกชนิดต้องผ่านคลังสินค้าสำรองและไม่มีการแยกประเภทของสินค้าดังแสดงในรูปที่ 5 แต่ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดเรียงสินค้าภายในคลังสินค้าสำรองที่ถูกใช้งานในศูนย์กระจายสินค้าตัวอย่างและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu and Takakuwa [14] โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ประกอบด้วย 1) สินค้าขนาดเล็กเป็นสินค้าที่ต้องทำการแยกจำนวนสินค้า เช่น เครื่องนุ่งห่ม อุปกรณ์ครัว และของเล่น เป็นต้น 2) สินค้าประเภทลังกระดาษ เช่น ขนมขบเคี้ยว และสินค้ารวมกลุ่ม เป็นต้น และ 3) สินค้าประเภทของหนัก เช่น ประเภทเครื่องดื่มต่างๆ และเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 รูปแบบการจัดเรียงสินค้าและคลังสินค้าสำรองแบบไม่จัดเรียงประเภทสินค้า



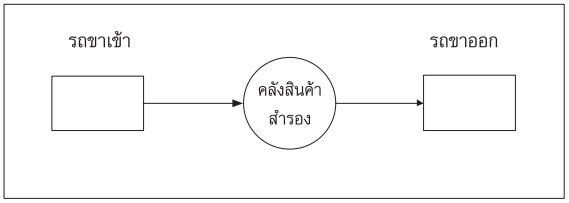
รูปที่ 6 รูปแบบการจัดเรียงสินค้าและคลังสินค้าสำรองแบบจัดเรียงประเภทสินค้า

3.2 วิธีการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก

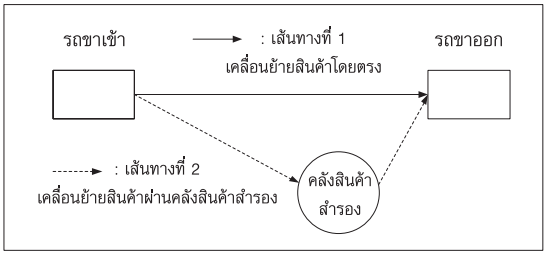
ผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขสำหรับการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของงานวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อย่อยออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) วิธีการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก 2) การกำหนดเงื่อนไขของการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก 3) การกำหนดโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมสำหรับการกำหนดระยะเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้าภายศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก

3.2.1 วิธีการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก

ในงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับวิธีการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก โดยปรับปรุงวิธีการเคลื่อนย้ายสินค้า จากงานวิจัยของ Miao et al. [15] สินค้าทุกชิ้นต้องผ่านคลังสินค้าสำรองก่อนทุกครั้งแล้วจึงเคลื่อนย้ายสินค้าต่อไปยังรถขนส่งขาออก ดังรูปที่ 7 แต่ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนวิธีการเคลื่อนย้ายสินค้า เป็นรูปแบบที่ได้แสดงดังรูปที่ 8 หรือสอดคล้องกับแนวความคิดของ Wooyeon Yu [13] กล่าวคือ การเคลื่อนย้ายสินค้าจากรถขนส่งขาเข้าไปยังรถขนส่งขาออกมี 2 ทางเลือก ได้แก่ 1) สินค้าเคลื่อนย้ายจากรถขนส่งขาเข้าไปยังรถขนส่งขาออกโดยตรง 2) สินค้าเคลื่อนย้ายจากรถขนส่งขาเข้าไปยังคลังสินค้าสำรองและเคลื่อนย้ายจากคลังสินค้าสำรองไปยังรถขนส่งขาออก ตามลำดับ ทั้งนี้การเคลื่อนย้ายสินค้าจากรถขนส่งขาเข้าหรือจากคลังสินค้าสำรอง ไปยังรถขนส่งขาออก ต้องเป็นสินค้าชนิดที่รถขนส่งขาออกนั้นๆ ต้องการ



รูปที่ 7 รูปแบบการเคลื่อนย้ายสินค้าจากรถขนส่งขาเข้าไปยังรถขนส่งขาออกโดยผ่านคลังสินค้าสำรองทั้งหมด



รูปที่ 8 รูปแบบการเคลื่อนย้ายสินค้าจากรถขนส่งขาเข้าไปยังรถขนส่งขาออกโดยไม่ผ่านหรือผ่านคลังสินค้า

เป้าหมายของการจัดการสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก คือ ต้องการให้มีเวลาล่าช้ารวมสั้นที่สุด ดังนั้น ในงานนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้า ดังรูปที่ 8 เนื่องจากสินค้าบางชิ้นสามารถเคลื่อนย้ายโดยตรงจากรถขนส่งขาเข้าไปยังรถขนส่งขาออกได้ทันที มีผลทำให้เวลา

ในการเคลื่อนย้ายสินค้าและเวลาล่าช้ารวมลดลง

3.2.2 เงื่อนไขของการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก

ในงานวิจัยนี้ ศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อกมีขั้นตอนการเคลื่อนย้ายสินค้า 3 ขั้นตอนดังนี้

1. รถขนส่งขาเข้ามาถึงศูนย์กระจายสินค้าและขนสินค้าลงจากรถขนส่งไปยังท่าขาเข้า

2. สินค้าเคลื่อนย้ายจากท่าขาเข้าไปยังท่าขาออกด้วยการขนย้ายโดยพนักงาน

3. ขนสินค้าออกจากท่าขาออกไปยังรถขนส่งขาออกและรถขนส่งขาออกออกจากศูนย์กระจายสินค้า

ผู้วิจัยจึงกำหนดเงื่อนไขของงานวิจัย 9 ข้อดังนี้

1. รถขนส่งทุกคันทั้งขาเข้าและขาออกจะต้องมาพร้อมกัน ณ เวลาเริ่มต้น

2. สินค้าที่เข้ามาทั้งหมดในศูนย์กระจายสินค้าจะต้องถูกขนส่งออกไปทั้งหมดภายใน 24 ชั่วโมง

3. จำนวนสินค้าขาเข้าแต่ละชนิดทั้งหมดจะต้องเท่ากับจำนวนสินค้าขาออกแต่ละชนิดทั้งหมด

4. ผู้วิจัยสามารถกำหนดเวลาการเข้าของรถขนส่งขาเข้าได้

5. รถขนส่งขาเข้าต้องขนสินค้าลงทั้งหมดก่อนออกจากท่าขาเข้า

6. สินค้าที่จะขนขึ้นไปยังรถขนส่งขาออกสามารถที่จะขนได้เพียงครั้งละ 1 หน่วยขนส่ง

7. ระยะเวลาในการเปลี่ยนรถขนส่งขาเข้าและรถขนส่งขาออกมีค่าเท่ากัน

8. มีท่าขาเข้าและท่าขาออกอย่างละหนึ่งท่าเท่านั้น

9. คลังสินค้าสำรองมีขนาดไม่จำกัด

3.2.3 การกำหนดโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม

ตัวแบบคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้ อ้างอิงมาจาก Yu [13] ซึ่งกำหนดให้มีเวลาการขนสินค้าลงจากรถขนส่งขาเข้าและการขนสินค้าขึ้นไปยังรถขนส่งขาออกใช้เวลาเท่ากันในสินค้าทุกชนิด หรือคิดระยะเวลาเป็น 1 หน่วยเวลาต่อ 1 หน่วยสินค้า (SKU) และในแต่ละการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีหนึ่งจะใช้หน่วยเวลานี้เป็นมาตรฐาน เพื่อใช้ในการคำนวณเวลาล่าช้ารวมของการจัดการสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าหรือ Makespan (T) ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้แตกต่างจาก Yu [13] ในเรื่องการจัดเรียงสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าโดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ประกอบด้วย สินค้าขนาดเล็ก สินค้าประเภทลังกระดาษ และสินค้าประเภทของหนัก โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programing, MILP) สำหรับงานวิจัยนี้ มีดังนี้

สมการเป้าหมาย

$$\min\ T \tag{1}$$

สมการข้อจำกัด

$$T \geq L_j, \textit{ for all } j, \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^{S} x_{ijk} = r_{ik}, \textit{ for all } i, k, \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^{R} x_{ijk} = s_{ik}, \textit{ for all } j, k, \tag{4}$$

$$x_{ijk} \leq M v_{ij}, \textit{ for all } i, j, k, \tag{5}$$

$$F_i \geq c_i + \sum_{k=1}^{N} r_{ik}, \textit{ for all } i, \tag{6}$$

$$c_j \geq F_i + D - M(1 - p_{ij}), \quad \textit{for all } i, j \textit{ and where } i \neq j \tag{7}$$

$$c_j \geq F_j + D - M p_{ij}, \quad \textit{for all } i, j \textit{ and where } i \neq j \tag{8}$$

$$p_{ij} = 0, \textit{ for all } i, \tag{9}$$

$$L_j \geq d_j + \sum_{k=1}^{N} s_{ik}, \textit{ for all } j, \tag{10}$$

$$d_j \geq L_i + D - M(1 - q_{ij}), \quad \textit{for all } i, j \textit{ and where } i \neq j \tag{11}$$

$$d_i \geq L_j + D - Mq_{ij},$$
$$for\ all\ i, j\ and\ where\ i \neq j \quad \textbf{(12)}$$

$$q_{ii} = 0,\ for\ all\ i, \quad \textbf{(13)}$$

$$dL_j \geq c_i + V_{ij} + \sum_{k=1}^{N} x_{ijk} - M(1 - v_{ij}),$$
$$for\ all\ i, j, k \quad \textbf{(14)}$$

$$V_{ij} \geq Max(v_{ijm}, v_{ijn}, v_{ijo})\ for\ all\ i, j \quad \textbf{(15)}$$

โดยที่

R จำนวนของรถขนส่งขาเข้า ($\in$ 1, 2, 3, ..., r)

S จำนวนของรถขนส่งขาออก ($\in$ 1, 2, 3, ..., s)

N จำนวนชนิดของสินค้า

r_{ik} จำนวนชิ้นของสินค้าชนิด k ที่ขนลงจากรถขนส่งขาเข้า i

S_{jk} จำนวนชิ้นของสินค้าชนิด k ที่ขนขึ้นรถขนส่งขาออก j ต้องการ

D เวลาในการเปลี่ยนรถขนส่ง

V_{ij} เวลาในการเคลื่อนย้ายของสินค้าจากท่าขาเข้าไปยังท่าขาออก

M เลขจำนวนใหญ่ๆ

โดยที่มีตัวแปรต่อเนื่อง ดังนี้

T เวลาล่าช้ารวมของการทำงาน (หน่วยเวลา)

C_i เวลาที่รถขนส่งขาเข้า i เข้ามาที่ท่าขาเข้า

F_i เวลาที่รถขนส่งขาเข้า i ออกจากท่าขาเข้า

d_j เวลาที่รถขนส่งขาออก j เข้ามาที่ท่าขาออก

L_j เวลาที่รถขนส่งขาออก j ออกจากท่าขาออก

โดยที่มีตัวแปรจำนวนเต็ม ดังนี้

x_{ijk} จำนวนชิ้นของสินค้าชนิด k ที่ถูกเคลื่อนย้ายจากรถขนส่งขาเข้า i ไปยังรถขนส่งขาออก j

v_{ijm} ระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายสินค้าขนาดเล็ก (m) จากรถขนส่งขาเข้า i ไปยังรถขนส่งขาออก j

v_{ijn} ระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายสินค้าประเภทลังกระดาษ (n) จากรถขนส่งขาเข้า i ไปยังรถขนส่งขาออก j

v_{ijo} ระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายสินค้าประเภทของหนัก (o) จากรถขนส่งขาเข้า i ไปยังรถขนส่งขาออก j

โดยที่มีตัวแปรไบนารี่ ดังนี้

v_{ij} = 1 เมื่อสินค้าเคลื่อนย้ายจากรถขนส่งขาเข้า i ไปรถขนส่งขาออก j
= 0 ในกรณีอื่น

p_{ij} = 1 เมื่อรถขนส่งขาเข้า j ถูกจัดลำดับต่อจากรถขนส่งขาเข้า i
= 0 ในกรณีอื่น

q_{ij} = 1 เมื่อรถขนส่งขาออก j ถูกจัดลำดับต่อจากรถขนส่งขาออก i
= 0 ในกรณีอื่น

ความหมายของสมการต่างๆ มีดังนี้ สมการที่ (2) หมายความว่าเวลาล่าช้ารวมจะมีค่าเท่ากับเวลาที่รถขนส่งขาออกคันสุดท้ายออกจากท่าขาออก สมการที่ (3) กำหนดให้ผลรวมของจำนวนสินค้าชนิด k ทุกชิ้นที่มาจากรถขนส่งขาเข้า i ต้องเท่ากับจำนวนสินค้าชนิด k ที่ขนลงมายังท่าขาเข้า สมการที่ (4) กำหนดให้ผลรวมของจำนวนสินค้าชนิด k ทุกชิ้นที่ขนขึ้นไปยังรถขนส่งขาออก j ต้องเท่ากับจำนวนสินค้าชนิด k ที่ขนไปจากท่าขาออก สมการที่ (5) เป็นการบังคับให้ความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่าง x_{ijk} และ v_{ij} มีความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง สมการที่ (6) เวลาที่รถขนส่งขาเข้า i ออกจากท่าขาเข้าต้องเท่ากับเวลาที่รถขนส่งขาเข้า i บวกกับระยะเวลาในการขนสินค้าลงที่ท่าขาเข้า สมการที่ (7) – (8) เป็นการกำหนดลำดับรถขนส่งขาเข้าที่เข้ามาที่ท่าขาเข้า สมการที่ (9) เป็นการกำหนดว่ารถขนส่งขาเข้า i สามารถเข้ามาได้ครั้งเดียว สมการที่ (10) หมายความว่าเวลาที่รถขนส่งขาออก j ออกจากท่าขาออกต้องเท่ากับเวลาที่รถขนส่งขาออกบวกกับระยะเวลาการขนสินค้าขึ้นรถขนส่งขาออก สมการที่ (11) – (12) เป็นการกำหนดลำดับรถขนส่งขาออกที่เข้ามาที่ท่าขาออก สมการที่ (13) เป็นการกำหนดว่ารถขนส่งขาออก j สามารถเข้ามาได้ครั้งเดียว สมการที่ (14) ระยะเวลาของ

รถขนส่งขาออก j ที่อยู่ในท่าขาออก สมการที่ (15) ระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายสินค้าแต่ละประเภท

3.3 วิธีการจัดตารางรถขนส่งด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก

เพื่อให้เวลาล่าช้ารวมมีค่าน้อยที่สุดสำหรับการจัดตารางรถขนส่ง ผู้วิจัยกำหนดให้การเคลื่อนย้ายสินค้าเป็นไปดังรูปที่ 8 โดยมุ่งเน้นการเคลื่อนย้ายสินค้าโดยตรงจากรถขนส่งขาเข้าไปยังรถขนส่งขาออกโดยไม่มีการผ่านคลังสินค้าสำรอง หรืออีกนัยหนึ่งหมายความว่าจะทำให้สินค้ามีการเคลื่อนย้ายผ่านคลังสินค้าสำรองเป็นจำนวนที่น้อยที่สุด รายละเอียดของวิธีฮิวริสติกที่กำหนดขึ้นในงานวิจัยนี้ถูกพัฒนามาจากแนวความคิดข้างต้น การจัดตารางรถขนส่งในงานวิจัยนี้อาศัยฮิวริสติกอัลกอริทึมประกอบด้วย 2 ขั้นตอนสำคัญ คือ 1) การจัดลำดับรถขนส่งขาเข้า 2) การจัดลำดับรถขนส่งขาออก

ตารางที่ 1 ตัวอย่างของปัญหาประกอบรายละเอียดของรถขนส่งขาเข้าและขาออก

รถขนส่งขาเข้า	สินค้าชนิดที่	ประเภทของสินค้า	จำนวนของสินค้า	รถขนส่งขาออก	สินค้าชนิดที่	ประเภทของสินค้า	จำนวนของสินค้า
1	1	1	48	1	1	1	74
	2	2	85		3	2	75
	6	3	97		4	3	99
2	2	2	57		5	3	72
	4	3	47		6	3	23
	5	3	66	2	1	1	123
3	1	1	80		2	2	124
	3	2	70	3	6	3	63
	5	3	70	4	1	1	25
	6	3	10		2	2	89
4	1	1	18		3	2	38
	2	2	61		4	3	66
	4	3	43		5	3	120
	5	3	30		6	3	39
	6	3	18				
5	1	1	76				
	2	2	10				
	3	2	43				
	4	3	75				
	5	3	26				

เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ ผู้วิจัยกำหนดตัวอย่างของปัญหาตั้งต้นดังตารางที่ 1 โดยกำหนดให้มีจำนวนรถขนส่งขาเข้า 5 คันและจำนวนรถขนส่งขาออก 4 คัน โดยแต่ละคันประกอบด้วยสินค้าที่ขนมาจากรถขนส่งขาเข้าและสินค้าที่ต้องการโดยรถขนส่งขาออก ซึ่งถูกแบ่งออกตามชนิด ประเภท และจำนวนของสินค้า ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยมีวิธีการจัดตารางรถขนส่งแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดค่าเริ่มต้นของรถขนส่งทุกคัน โดยรถขนส่งขาเข้าทุกคันจะถูกกำหนดสินค้าที่มีอยู่และรถขนส่งขาออกทุกคันจะถูกกำหนดสินค้าที่ต้องการ

2. สำหรับรถขนส่งขาออกแต่ละคันจะต้องหาชุดของรถขนส่งขาเข้าที่ดีที่สุด โดยการเลือกกลยุทธ์สำหรับการเลือกรถขนส่งขาเข้า (RS1, RS2 หรือ RS3) ที่เกี่ยวข้องกับรถขนส่งขาออก ซึ่งจะถูกอ้างอิงในวิธีการจัดลำดับรถขนส่งขาเข้าในหัวข้อ 3.3.1

3. เลือกกลยุทธ์สำหรับการเลือกรถขนส่งขาออก (SS1 หรือ SS2) ซึ่งจะถูกอ้างอิงในวิธีการจัดลำดับรถขนส่งขาออกในหัวข้อที่ 3.3.2

4. เลือกรถขนส่งขาออกที่มาจากกลยุทธ์การเลือกรถขนส่งขาออกที่เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 3

5. จัดเรียงรถขนส่งขาเข้าที่ถูกเลือกมาจากกลยุทธ์

การเลือกรถขนส่งขาเข้าในขั้นตอนที่ 2

6. ทำการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน

7. มีรถขนส่งขาออกที่ยังไม่ถูกจัดเรียงอีกหรือไม่ ถ้ามี ให้กลับไปจัดเรียงรถขนส่งขาออกคันถัดไปที่ยังไม่ได้ถูกจัดเรียง ตามกลยุทธ์ที่เลือกในขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอน 3 ถ้าไม่มี ให้ไปขั้นตอนที่ 8

8. จบการทำงานการจัดตารางรถขนส่ง

3.3.1 วิธีการจัดลำดับรถขนส่งขาเข้า

จากที่กล่าวมาข้างต้นฮิวริสติกอัลกอริทึมที่ถูกกำหนดขึ้นนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนสำคัญ คือ 1) การจัดลำดับรถขนส่งขาเข้า 2) การจัดลำดับรถขนส่งขาออก ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะกำหนดกลยุทธ์สำหรับการจัดชุดของรถขนส่งขาเข้าที่ต้องการโดยรถขนส่งขาออกคันหนึ่งๆ การจัดลำดับรถขนส่งขาเข้าประกอบด้วย 3 กลยุทธ์ ดังนี้

กลยุทธ์ RS1 รถขนส่งขาเข้าที่มีการเคลื่อนย้ายสินค้าจำนวนน้อยชิ้นที่สุดไปยังคลังสินค้าสำรอง จะถูกเลือกมาจัดลำดับก่อน

กลยุทธ์ RS2 รถขนส่งขาเข้าที่มีการเคลื่อนย้ายสินค้าจำนวนมากชิ้นที่สุดไปยังรถขนส่งขาออก จะถูกเลือกมาจัดลำดับก่อน

กลยุทธ์ RS3 รถขนส่งขาเข้าที่มีอัตราส่วนที่น้อยที่สุดระหว่าง จำนวนสินค้าที่น้อยชิ้นที่สุดที่มีการเคลื่อนย้ายไปยังคลังสินค้าสำรองและจำนวนสินค้าที่มากชิ้นที่สุดที่มีการเคลื่อนย้ายไปยังรถขนส่งขาออก จะถูกเลือกมาจัดลำดับก่อน

ขั้นตอนย่อยสำหรับการจัดลำดับรถขนส่งขาเข้าที่ถูกต้องการโดยรถขนส่งขาออกคันหนึ่งๆ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1. เลือกกลยุทธ์สำหรับการจัดลำดับรถขนส่งขาเข้าระหว่าง กลยุทธ์ RS1, RS2 หรือ RS3

2. เลือกรถขนส่งขาออกหนึ่งคัน

3. เลือกรถขนส่งขาเข้าที่ดีที่สุดตามกลยุทธ์ที่ได้เลือกไว้ในขั้นตอนย่อยที่ 1

4. จัดลำดับรถขนส่งขาเข้าที่ถูกต้องการโดยรถขนส่งขาออก

5. รถขนส่งขาออกยังต้องการสินค้าจากรถขนส่งขาเข้าคันอื่นๆ อีกหรือไม่ ถ้าใช่ กลับไปทำขั้นตอนย่อยที่ 3 ถ้าไม่ใช่ ไปขั้นตอนย่อยที่ 6

6. รถขนส่งขาออกคันไหนที่ยังไม่มีชุดของรถขนส่งขาเข้าที่ถูกจัดลำดับไว้ ถ้ามี กลับไปขั้นตอนย่อยที่ 2 ถ้าไม่มี ไปขั้นตอนย่อยที่ 7

7. จบขั้นตอนการหาชุดของรถขนส่งขาเข้าที่ถูกต้องการจากรถขนส่งขาออก

3.3.2 วิธีการจัดลำดับรถขนส่งขาออก

หลังจากที่มีการจัดลำดับรถขนส่งขาเข้าที่ถูกต้องการโดยรถขนส่งขาออกแล้ว ผู้วิจัยสามารถจัดลำดับรถขนส่งขาออกได้ในลำดับต่อไป วิธีการจัดลำดับรถขนส่งขาออกประกอบด้วย 2 กลยุทธ์ ดังนี้

กลยุทธ์ SS1 รถขนส่งขาออกที่มีชุดของรถขนส่งขาเข้าที่มีการเคลื่อนย้ายสินค้าจำนวนน้อยชิ้นที่สุดไปยังคลังสินค้าสำรอง จะถูกเลือกมาจัดลำดับก่อน

กลยุทธ์ SS2 รถขนส่งขาออกที่มีเวลาอยู่ในท่าขาออกเป็นเวลาน้อยที่สุด จะถูกเลือกมาจัดลำดับก่อน

3.4 การออกแบบการวิจัย

เนื่องจากการแก้ปัญหาการจัดตารางรถขนส่งถูกจัดให้เป็นปัญหาแบบ np-hard ผู้วิจัยจึงกำหนดชุดของปัญหาขนาดย่อมให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อกในธุรกิจค้าปลีกแห่งหนึ่ง งานวิจัยนี้ทำการวิจัยภายใต้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Intel Core 2 Duo 2.20GHz) ผู้วิจัยใช้วิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกสำหรับการจัดตารางรถขนส่งขาเข้าและขาออก จากนั้นผู้วิจัยเขียนแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Silverlight โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 3.2.3 สำหรับกำหนดเงื่อนไขการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก ผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดตารางรถขนส่งด้วยวิธีฮิวริสติกและผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วย Silverlight สามารถใช้ในการหาค่าเวลาล่าช้ารวม (Makespan, T)

สำหรับการจัดการสินค้าสำหรับศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อก ผู้วิจัยกำหนดอัตราส่วนเท่ากับระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าของสินค้าขนาดเล็ก สินค้าประเภทลังกระดาษ และสินค้าประเภทของหนัก อยู่ที่ 1.2 : 1 : 1.5 ตามลำดับ

ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลเวลาจากศูนย์กระจายสินค้าในธุรกิจค้าปลีกตัวอย่าง เวลาการเปลี่ยนรถขนส่งภายในท่าขาเข้าและท่าขาออกมีค่าเท่ากับ 75 หน่วยเวลา ขอบเขตของขนาดของปัญหาตัวอย่างกำหนดให้มีจำนวนรถขนส่งขาเข้าและรถขนส่งขาออกอยู่ระหว่าง 3-6 คัน และจำนวนสินค้ามีจำนวนระหว่าง 890-2,030 ชิ้น

ผู้วิจัยเก็บค่าเวลาล่าช้ารวมและระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบจาก 2 วิธีคือ วิธีการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบและวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก โดยจำลองสถานการณ์จากชุดปัญหาจำนวน 20 ชุด โดยในแต่ละชุดของปัญหาจะหาคำตอบทุกกรณี ซึ่งวิธีการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบหามาจาก R!*S! ครั้ง โดยแต่ละชุดปัญหาจะถูกจำลองภายใต้เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์เดียวกัน ข้อดีของวิธีการค้นหาคำตอบทุกคำตอบ คือ การได้คำตอบที่ดีที่สุด คำตอบที่แย่ที่สุด คำตอบโดยเฉลี่ยจากทุกคำตอบ และระยะเวลาในการคำนวณของวิธีการค้นหาคำตอบทุกคำตอบ หลังจากทำการวิจัยทุกกรณีแล้ว ผู้วิจัยจะค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก โดยเริ่มจากการจัดตารางรถขนส่งที่ได้มาจากวิธีการจัดตารางรถขนส่งด้วยวิธีฮิวริสติก จากนั้นนำตารางรถขนส่งที่ได้ ไปจำลองสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์เดียวกัน เพื่อคำนวณหาเวลาล่าช้ารวม รวมถึงคำนวณหาระยะเวลาในการคำนวณของแต่ละวิธีฮิวริสติก ในแต่ละชุดปัญหาการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก จะมี 6 กรณีที่ได้มาจากวิธีการจัดตารางรถขนส่งขาเข้าและขาออก

ตารางที่ 2 ค่าเวลาล่าช้ารวมที่น้อยที่สุด มากที่สุดและเฉลี่ย และตารางรถขนส่งจากปัญหาตัวอย่าง

ปัญหาชุดที่	เวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุด (หน่วยเวลา)	ตารางรถขนส่งที่ดีที่สุด	เวลาล่าช้ารวมที่แย่ที่สุด (หน่วยเวลา)	ตารางรถขนส่งที่แย่ที่สุด	เวลารวมเฉลี่ย (หน่วยเวลา)
2	2606	R : 1-5-2-3-4 S : 3-2-1-4	3947	R : 2-3-4-5-1 S : 1-2-3-4	3129

*R คือ การจัดลำดับตารางรถขาเข้า S คือ การจัดลำดับรถขาเข้า

4. ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัย

ในการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีฮิวริสติก ผู้วิจัยได้ทดลองการค้นหาคำตอบครบทั้ง 20 ปัญหา

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของปัญหาชุดที่ 2 จาก 20 ปัญหาที่ทำการวิจัย ประกอบด้วย เวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุด ตารางรถขนส่งที่ดีที่สุด เวลาล่าช้ารวมที่แย่ที่สุด ตารางรถขนส่งที่แย่ที่สุด และเวลาล่าช้ารวมเฉลี่ยจากวิธีการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบ

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลของการวิจัยจากทั้ง 20 ปัญหาตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ขนาดของปัญหาซึ่งประกอบด้วย จำนวนของรถขนส่งขาเข้า จำนวนของรถขนส่งขาออก จำนวนชนิดสินค้า และจำนวนสินค้าทั้งหมด 2) คำตอบที่ได้จากการวิจัยด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบ ประกอบด้วย คำตอบที่ดีที่สุด คำตอบที่แย่ที่สุด คำตอบที่ได้จากการเฉลี่ยทุกคำตอบ และระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบ 3) คำตอบที่ได้จากการวิจัยด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก ประกอบด้วย เวลาล่าช้ารวมของแต่ละวิธีฮิวริสติก เวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดที่มาจาก 6 วิธีฮิวริสติก และระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบ

ตารางที่ 3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบและแบบฮิวริสติก

ปัญหา	ขนาดของปัญหา				การค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบ				การค้นหาคำตอบแบบฮิวริวิติก							
	จำนวนรถขาเข้า (คัน)	จำนวนรถขาออก (คัน)	จำนวนชนิดสินค้า (ชนิด)	จำนวนสินค้า (ชิ้น)	เวลาล่าช้ารวม (หน่วยเวลา)			ระยะเวลาในการคำนวณ (วินาที)	เวลาล่าช้ารวม (หน่วยเวลา)						เวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดจาก 6 วิธี (หน่วยเวลา)	ระยะเวลาในการคำนวณ (วินาที)
					ดีที่สุด	แย่ที่สุด	เฉลี่ย		RS1		RS2		RS3			
									SS1	SS2	SS1	SS2	SS1	SS2		
1	4	5	4	990	2505	3794	3017	1262	2545	**2505**	2680	2633	2834	2736	2505	0.44
2	5	4	6	1030	2606	3947	3129	1313	**2606**	**2606**	2788	2731	2834	2847	2606	0.46
3	3	3	8	890	2252	3411	2701	14	**2252**	**2252**	2409	2360	2449	2460	2252	0.39
4	5	5	8	1000	2530	3833	3035	6374	**2548**	2562	2707	2651	**2548**	2764	2548	0.44
5	5	3	8	960	2429	3480	2913	306	2446	**2429**	2599	2545	2641	2654	2429	0.42
6	4	4	5	1020	2581	3698	3102	260	2599	**2581**	2761	2704	2806	2819	2581	0.45
7	5	4	6	980	2479	3657	2988	1249	2497	**2491**	2653	2598	2696	2709	2491	0.43
8	3	5	7	890	2252	3420	2690	284	**2292**	**2292**	2409	2360	2449	2460	2292	0.39
9	4	4	8	900	2277	3460	2720	229	2344	**2314**	2436	2386	2476	2488	2314	0.40
10	3	4	9	930	2353	3580	2789	59	**2353**	**2353**	2517	2466	2559	2571	2353	0.41
11	5	4	6	1620	4099	6324	4858	2065	4228	4284	4385	**4192**	4457	4478	4192	0.72
12	6	4	8	1950	4934	7756	5872	14915	5089	**4962**	5278	5170	5365	**4962**	4962	0.86
13	5	6	8	1610	4073	6285	4848	61571	**4202**	4356	**4202**	4269	4430	4450	4202	0.71
14	5	5	8	1680	4251	6424	5066	10708	4385	**4356**	4547	4454	4622	4644	4356	0.74
15	6	5	4	2030	5136	7910	6249	77633	5203	**5163**	5495	5382	5585	**5163**	5163	0.90
16	5	6	6	1690	4276	6869	5202	64630	4332	**4316**	4574	4481	4650	4671	4316	0.75
17	4	4	7	1180	2986	4514	3632	301	**3014**	3034	3194	3129	3247	3262	3014	0.52
18	6	6	7	1770	N/A	N/A	N/A	N/A	4530	**4497**	4791	**4497**	4870	4892	4497	0.78
19	5	5	10	1720	4352	6780	5295	10963	4666	**4578**	4656	4561	4733	4754	4578	0.76
20	6	6	9	2020	N/A	N/A	N/A	N/A	5211	**5121**	5468	5356	5558	5583	5121	0.89
				จำนวนครั้งของค่าเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดจาก 6 วิธี					7	**16**	1	2	1	2		

จากตารางที่ 3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์นำเสนอเป็น 2 ส่วน คือ ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบและผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก

ส่วนที่ 1 วิธีการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบ แสดงให้เห็นถึงคำตอบที่ได้มาจากการจำลองสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกัน ซึ่งสามารถให้คำตอบของเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุด เวลาล่าช้ารวมแย่ที่สุด และเวลาล่าช้ารวมที่ได้จากการเฉลี่ยจากการหาทุกคำตอบ พบว่าระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบมีค่าที่สูงมาก หากเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบแบบฮิวริสติก

ส่วนที่ 2 วิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก แสดงให้เห็นถึงคำตอบที่ได้มาจากการจำลองสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกัน ซึ่งสามารถให้คำตอบของเวลาล่าช้ารวมของแต่ละวิธีฮิวริสติก เวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดจากทั้ง 6 วิธีฮิวริสติก และระยะเวลาในการคำนวณเฉลี่ยของแต่ละวิธีฮิวริสติก พบว่าเวลาล่าช้ารวมในแต่ละวิธีฮิวริสติกมีค่าใกล้เคียงกับเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดที่ได้จากวิธีการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบ และใช้ระยะเวลาในการคำนวณที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบแบบทุกคำตอบ

หากเปรียบเทียบเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดที่ได้จากทั้ง 6 วิธีฮิวริสติก พบว่าฮิวริสติก RS1-SS2 ให้ค่าเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุด มีจำนวนครั้งมากที่สุดหรือเท่ากับ 16 ปัญหาจาก 20 ปัญหา

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยพบว่าระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบแปรผันตามขนาดของปัญหาที่วิจัย กล่าวคือ เมื่อมีการเพิ่มจำนวนรถขนส่งขาเข้าและรถขนส่งขาออก รวมถึงจำนวนชิ้นของสินค้าจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการคำนวณที่สูงขึ้น หากมองถึงระยะเวลาในการคำนวณด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกแต่ละวิธี พบว่า ใช้ระยะเวลาในการคำนวณน้อยกว่า 1 วินาที หากพิจารณาถึงการลดเวลาในการคำนวณแล้ว วิธีฮิวริสติกสามารถแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ดีกว่าวิธีการค้นหาคำตอบแบบทั่วไป และในปัญหาที่ 18 และ 20 ผู้วิจัยไม่สามารถหาค้นหาคำตอบได้ภายในระยะเวลา 10 ชั่วโมงจากวิธีการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบ

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ระหว่างคำตอบที่ดีที่สุด คำตอบเฉลี่ยและคำตอบที่ได้จากวิธีฮิวริสติก

ปัญหา	การค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบ			การค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก	
	คำตอบที่ดีที่สุด	คำตอบเฉลี่ย		คำตอบที่ดีที่สุดจาก 6 วิธีฮิวริสติก	
	เวลาล่าช้ารวม (หน่วยเวลา)	เวลาล่าช้ารวม (หน่วยเวลา)	เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน (%)	เวลาล่าช้ารวม (หน่วยเวลา)	เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อน (%)
1	**2505**	3017	20.45	**2505**	**0.00**
2	**2606**	3129	20.07	**2606**	**0.00**
3	**2252**	2701	19.95	**2252**	**0.00**
4	2530	3035	19.95	2548	0.71
5	**2429**	2913	19.95	**2429**	**0.00**
6	**2581**	3102	20.20	**2581**	**0.00**
7	2479	2988	20.51	2491	0.46
8	2252	2690	19.46	2292	1.79
9	2277	2720	19.46	2314	1.62
10	**2353**	2789	18.53	**2353**	**0.00**
11	4099	4858	18.52	4192	2.27
12	4934	5872	19.02	4962	0.57
13	4073	4848	19.02	4202	3.16
14	4251	5066	19.18	4356	2.48
15	5136	6249	21.67	5163	0.52
16	4276	5202	21.67	4316	0.94
17	2986	3632	21.67	3014	0.95
18	N/A	N/A	N/A	4497	N/A
19	4352	5295	21.67	4578	5.20
20	N/A	N/A	N/A	5121	N/A
เฉลี่ย			20.05		**1.15**

ตารางที่ 4 แสดงเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุด เวลาล่าช้ารวมเฉลี่ย และเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดจาก 6 วิธีฮิวริสติก นอกจากนี้ ตารางที่ 4 ยังได้แสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเวลาล่าช้ารวมเฉลี่ยเทียบกับเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดที่ได้จากการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบ มีค่าระหว่าง 18.52% และ 21.67% หรือมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 20.05% และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดจาก 6 วิธีฮิวริสติกเทียบกับเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดที่ได้จากการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบมีค่าระหว่าง 0.00% และ 5.20% หรือมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.15%

จากผลการวิจัยข้างต้นนี้ พบว่าวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกให้ค่าเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดมีค่าเท่ากับเวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดที่ได้จากการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบถึง 6 ปัญหาจาก 20 ปัญหาตัวอย่าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกสามารถให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหานั้นๆ

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นที่วิธีการจัดตารางรถขนส่งด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกและการกำหนดวิธีการเคลื่อนย้ายสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้ารูปแบบครอสด็อกในธุรกิจค้าปลีก จากผลการวิจัยของปัญหาตัวอย่าง ผู้วิจัยพบว่าการจัดตารางรถขนส่งด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติก RS1-SS2 ให้เวลาล่าช้ารวมที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีฮิวริสติกอื่นๆ ถึง16 ปัญหาจาก 20 ปัญหา นอกจากนี้ ผลจากงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า วิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกเป็นวิธีที่ให้คำตอบที่มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบทุกคำตอบซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเพียงแค่ 1.15% และวิธีฮิวริสติกยังใช้ระยะเวลาในการคำนวณหาคำตอบน้อยกว่า 1 วินาที งานวิจัยนี้ถูกออกแบบให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่นการเพิ่มจำนวนรถขนส่งขาเข้าและขาออก เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยคาดว่างานวิจัยนี้จะสามารถช่วยในการหาคำตอบเบื้องต้นที่ใกล้เคียงกับค่าที่ดีสุดในการหาตารางรถขนส่ง

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข สำหรับคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

1. Lv Yanshang, Dong Min, 2009, “Discussion of Cross Docking Design in Modern Logistics Systems”, *World Congress on Computer Science and Information Engineering.*

2. Rim Larbi, Giilgiin Alpan, and Bernard Penz, 2009, “Scheduling Transshipment Operations in a Multiple Inbound and Outbound Door Crossdock”, *IEEE 978-1-4244-4136-5/09.*

3. P. Baptiste and M.Y., Maknoon, 2005, “Cross-Docking: Scheduling of Incoming and Outgoing Semi Trailers”, *19th International Conference on Production Research.*

4. Yan Liu, 2009, “Simulation Analysis for a Retail-cross-docking Center”, *Nagoya, Aichi, 464-8601*

5. Matthew Rohrer, 1995, “Simulation and Cross Docking”, *Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conferenceed. C. Alexopoulos, K. Kang, W .R. Lilegdon, and D. Goldsman*

6. M. Shakeri and Y. G. Lim, 2009, “Cross-docking Planning and Scheduling: Problems and Algorithms”, *SIMTech technical reports (STR_V10_N3_06_POM) Volume 10 Number 3 Jul-Sep 2009*

7. Feng Chen and Chung-Yee Lee, 2007, “Minimizing the Makespan in a Two-machine Cross-docking Flow Shop Problem”, *European Journal of Operational Research,* Vol. 193, No. 1, pp. 59-72.

8. Nils Boysen and Malte Fliedner, 2010, “Cross dock Scheduling: Classification, Literature Review and Research Agenda”, *Elsevier, Omega,* Vol. 38, pp. 413-422

9. Shayla Ley and Sherif Elfayoumy, 2007, “Cross Dock Scheduling Using Genetic Algorithms”, 2007, *IEEE International Symposium on Computational Intelligence - in Robotics and Automation Jacksonville,* FL, USA, June 20-23, 2007

10. Roya Soltani and Seyed Jafar Sadjadi, 2010, “Scheduling Trucks in Cross-docking Systems: A Robust Meta-heuristics Approach”, *Transportation Research Part E,* Vol. 46, pp. 650-666.

11. Nils Boysen, 2010, “Truck Scheduling at Zero-inventory Cross Docking Terminals”, *Elsevier, Computers & Operations Research,* Vol. 37, pp. 32-41.

12. Kailei Song, Feng Chen, 2007, “Scheduling Cross Docking Logistics Optimization Problem with Multiple Inbound Vehicles and One Outbound Vehicle”, *International Conference on Automation and Logistics,* August 18 - 21, 2007, Jinan, China.

13. Wooyeon Yu a, Pius J. Egbelu b,*., 2008, “Scheduling of Inbound and Outbound Trucks in Cross Docking Systems with Temporary Storage”, *European Journal of Operational Research,* Vol. 184, pp. 377-396.

14. Yan Liu, Soemon Takakuwa, 2009, “Simulation-Based Personnel Planning for Materials Handling at a Cross-Docking Center under Retail Distribution Environment”, *Winter Simulation Conference M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin and R. G. Ingalls, eds.*

15. Zhaowei Miao, Andrew Lim, Hong Ma, 2009, “Truck Dock Assignment Problem with Operational Time constraint within Crossdocks”, *European Journal of Operational Research,* Vol. 192, pp. 105-115.