

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

การประยุกต์ใช้วิธีการจำลองการคกผลึกของวัตถุและวิธีโคคคคคค

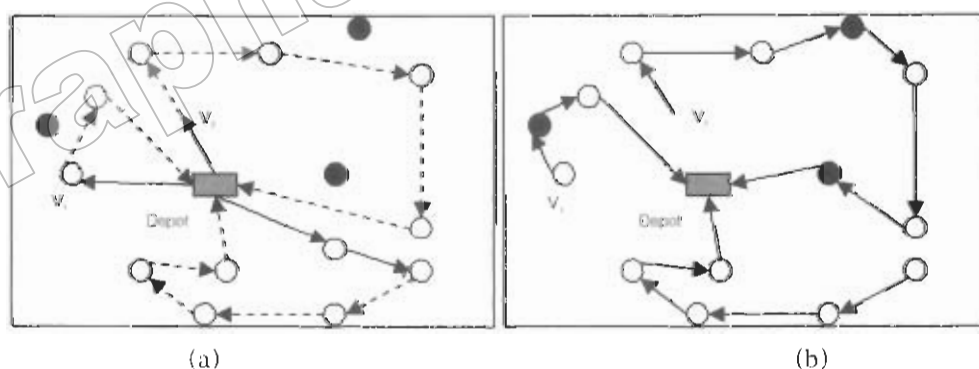
บทนำ

ท่าเรือเป็นประตูทางเข้า-ออกของสินค้าระหว่างประเทศ ความสามารถในการให้บริการของท่าเรือเป็นกลไกสำคัญสำหรับการสร้างรายได้ให้แก่ประเทศ เมื่อจำนวนเรือและตู้สินค้ามีจำนวนมากขึ้น ทำให้ผู้ให้บริการท่าเรือ (Container port operator) ซึ่งให้บริการขนถ่ายตู้สินค้าขึ้น-ลงเรือต้องประสบกับปัญหาการบริหารจัดการกับตู้สินค้าภายในท่าเรือ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาในการวางแผนงานและจัดสรร บุคลากร เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในท่าเรือ เช่น รถหัวลากเครนหน้าท่า เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาถึงปัญหาการจัดเส้นทางของรถหัวลากภายในท่าเรือคอนเทนเนอร์ ซึ่งการจัดเส้นทางของรถหัวลากดังกล่าว เป็นปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบไดนามิกส์ (Dynamic) ซึ่งจะแตกต่างกับปัญหาการจัดเส้นทางแบบสถิต (Static) โดยที่ปัญหาการจัดเส้นทางแบบสถิต ช่วงเวลาในการรับและส่งสินค้า (Transport demand) ได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า และเป็นข้อมูลที่ค่อนข้างมีความแน่นอน สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางของรถหัวลากภายในท่าเรือ แม้ว่าข้อมูลการขนส่งอาจจะสามารถทราบได้ล่วงหน้าเช่นเวลาที่เรือเข้าเทียบท่า และปริมาณตู้สินค้าที่จะถูกลำเลียงขึ้นลง ในทางปฏิบัติแล้ว ความไม่แน่นอนของเวลาที่ใช้ในการลำเลียงตู้สินค้าขึ้น-ลงอาจมีความไม่แน่นอนสูง ซึ่งเราอาจสามารถกล่าวได้ว่า ความต้องการในการขนส่งสินค้าดังกล่าวเป็นลักษณะเรียลไทม์ (Real time) ระบบการจัดเส้นทางสำหรับรถหัวลากภายในท่าเรือในปัจจุบันได้ตั้งสมมติฐานที่ว่า บริษัทผู้ประกอบการท่าเรือทราบความต้องการในการเคลื่อนย้ายตู้สินค้าที่แน่นอนก่อนล่วงหน้าเป็นระยะเวลานาน การดำเนินการลำเลียงสินค้าขึ้น-ลงสามารถกระทำได้ด้วยอัตราคงที่ ยกตัวอย่างเช่น กำหนดให้เครนหน้าท่า (Quay crane) 1 ตัวสามารถยกตู้สินค้าขึ้น-ลงเรือได้ภายในระยะเวลา 2 นาที อย่างไรก็ตาม เนื่องจากว่าเรือสินค้าอาจจะเข้าเทียบท่าไม่ตรงตามตารางเวลาที่กำหนด หรืออัตราการทำงานของเครนหน้าท่าไม่สามารถกระทำได้ด้วยเวลาคงที่ นั่นคือ ในหลาย ๆ ครั้งเครนอาจจะต้องเสียเวลาในการหาตู้สินค้าภายในเรือสินค้า หรือทำการเคลื่อนตู้สินค้าซ้อนทับอยู่ข้างบนออกไปวางไว้บนฝาระวางเรือก่อน แล้วจึงสามารถทำการหยิบตู้สินค้าที่ต้องการได้ ปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดการรอนานของรถหัวลากเกิดขึ้น และทำให้การบริหารจัดการการขนย้ายตู้สินค้านี้ระหว่างเครนหน้าท่า และลานพักตู้สินค้า (Container yard) ภายในท่าเรือเป็นไปด้วยความล่าช้าและไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น ระบบการจัดเส้นทางสำหรับรถหัวลากที่สามารถตอบสนองความต้องการแบบไดนามิกส์และเรียลไทม์ จึงเป็นคุณสมบัติสำคัญในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว การจัดเส้นทางของรถบรรทุกหัวลากภายในท่าเรือเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนเมื่อคว

แปรและเงื่อนไขของปัญหามีจำนวนมาก อีกทั้งข้อมูลความต้องการของจุดรับ-ส่งสินค้าที่เป็นมีลักษณะเป็นแบบเรียลไทม์ ดังนั้น แนวคิดในการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบสต็อคได้ (Vehicle routing problem: VRP) โดยทั่วไป อาจจะไม่เหมาะสม และไม่มีประสิทธิภาพ ภาพที่ 3.6 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบสต็อคและแบบไดนามิกส์ โดยให้ V_1 , V_2 และ V_3 แทนด้วยจุดที่รถหัวลากคันที่ 1, 2 และ 3 ได้วิ่งออกจาก Depot ตามลำดับ รูปวงกลมใช้เป็นตัวสัญลักษณ์แสดงจุดรับ-ส่งสินค้า และรูปวงกลมระบายทึบแทนจุดรับ-ส่งสินค้าใหม่ที่เพิ่มเข้ามา ณ เวลาใด ๆ ภาพที่ 1 (a) แสดงถึงแผนการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบสต็อค โดยที่ถูกระบุเส้นทางที่ปิด แทนช่วงเวลาการคืนทางของรถหัวลาก โดยมีความต้องการการขนส่งสินค้าใหม่เพิ่มเข้ามา ณ เวลาปัจจุบัน และถูกระบุเป็นเส้นประ แทนแผนเส้นทางที่วิ่งรถเพื่อรับ-ส่งสินค้าเดิม ซึ่งหากมีความต้องการในการขนส่งสินค้าใหม่เข้ามา จะไม่สามารถจัดเส้นทางในการวิ่งของรถบรรทุกหัวลากใหม่ได้ บริษัทผู้ประกอบการทำเรื่องจึงจำเป็นต้องเพิ่มรถหัวลากคันใหม่เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการขนส่งสินค้าใหม่ที่เพิ่มเข้ามา

ในกรณีที่การขนถ่ายการจัดเส้นทางรถหัวลากเป็นแบบไดนามิกส์ ดังภาพที่ 1 (b) แสดงให้เห็นว่าหากมีจุดรับ-ส่งใหม่ที่เพิ่มเข้ามา ณ เวลาใด ๆ หรือในที่มีความต้องการ (เวลา) ของจุดรับ-ส่งมีความไม่แน่นอน หรือสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามช่วงเวลา ความต้องการดังกล่าวนี้ควรจะได้รับการตอบสนองโดยทันที โดยมีการจัดสรรทรัพยากรรถหัวลากที่กระทำงานอยู่เสียใหม่ (Hanghani et al., 2005)



ภาพที่ 1 (a) แสดงการจัดเส้นทางแบบสต็อค

(b) แสดงการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางแบบไดนามิกส์

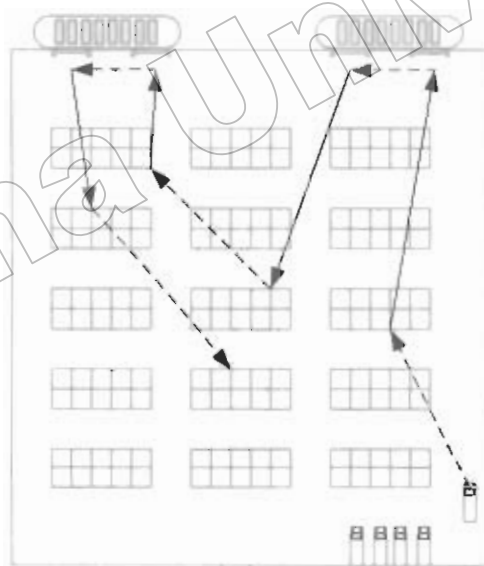
ปัญหาการจัดเส้นทางรถบรรทุกหัวลากภายในท่าเรือมีลักษณะคล้ายกับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีจุดรับ-ส่งหลายจุด (Pickup and delivery problem: PDP) (Nishimura et al., 2003; Mitrovic-Minic, 1998) ในลักษณะที่มีการรับและส่งสินค้าระหว่างทางที่

ออกจาก Depot จนกลับถึง Depot โดยทั่วไป กิจกรรมการขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ภายในท่าเรือมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

- ตู้นำเข้า (Import container) รถหัวลากจะไปรับตู้สินค้าจากเครนหน้าท่า ซึ่งเครนหน้าท่าจะทำหน้าที่ยกตู้สินค้าลงจากเรือเพื่อวางที่หางของรถหัวลาก หลังจากนั้นรถหัวลากก็จะนำตู้สินค้าไปวางไว้ที่ลานตู้คอนเทนเนอร์ (Container Yard: CY) และยกลงด้วยอุปกรณ์ที่อยู่ภายในลานตู้สินค้า ซึ่งโดยปกติจะใช้อุปกรณ์ RTG (Rubber-tired gantry crane)

- ตู้ส่งออก (Export container) ในกรณีนี้ รถหัวลากจะไปรับตู้สินค้าจาก CY และนำไปส่งให้กับเครนหน้าท่า ซึ่งทำหน้าที่ขนตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นเรือ

การดำเนินงานทั้งสองลักษณะดังกล่าวมานี้ หากตู้สินค้ายังไม่ครบตามความต้องการ รถหัวลากก็จะวนทำงานเช่นเดิมอีกต่อไปเรื่อย ๆ จากการดำเนินงานข้างต้นจะเห็นว่าในระหว่างที่รถหัวลากวางตู้สินค้าที่ CY เรียบร้อยแล้วและวิ่งไปรับตู้สินค้าใหม่ หากรายการตู้สินค้าที่จะรับจัดไปอยู่ห่างจากจุดที่วางตู้สินค้าเดิมมาก ทำให้เกิดระยะทางที่ขยับเขยื้อน ซึ่งทำให้เกิดต้นทุนในการดำเนินงานที่เพิ่มมากขึ้น ตามลักษณะการทำงานของรถหัวลากภายในท่าเรือ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างลักษณะการทำงานของหัวลากในท่าเรือ

โดยทั่วไปความซับซ้อนของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญด้วยกัน คือ 1) ความซับซ้อนของการสร้างแบบจำลองการตัดสินใจ และ 2) ความซับซ้อนของขั้นตอนวิธีการหาคำตอบ สำหรับความซับซ้อนของการสร้างแบบจำลองการ

ตัดสินใจของปัญหาการจัดเส้นทางนั้น เราอาจจะไม่สามารถเขียนลักษณะของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ง่าย สั้น และกะทัดรัดเพื่อให้ครอบคลุมฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขทั้งหมดของปัญหา แม้ว่าเราจะสามารถเขียนลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะให้อยู่ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ เราก็อาจจะไม่สามารถใช้วิธีที่อาศัยหลักทฤษฎีทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ นั่นเพราะว่าปัญหาดังกล่าวนี้เป็นปัญหาการตัดสินใจแบบไม่ต่อเนื่อง แม้ว่าเราจะสร้างขึ้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์หรืออัลกอริทึมมาใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจแบบไม่ต่อเนื่อง เรายังต้องประสบปัญหาในด้านเวลาที่ใช้ในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด เมื่อมีความต้องการในการขนส่ง และเงื่อนไขของปัญหามีเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในงานวิจัยนี้เราพิจารณาปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับรถหิ้วลากภายในท่าเรือที่ตัวแปรการตัดสินใจและเงื่อนไขของปัญหาสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ลักษณะดังกล่าวทำให้อัลกอริทึมใช้เวลาในการค้นหาคำตอบเพิ่มอย่างมาก ซึ่งอาจจะไม่สามารถจัดเส้นทางรถหิ้วลากได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายในเวลาอันรวดเร็ว ดังนั้นในงานวิจัยนี้เราจะมุ่งเน้นในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาแบบไดนามิกที่มีความยืดหยุ่นและสามารถตอบสนองในการให้คำตอบที่มีประสิทธิภาพต่อปัญหาดังกล่าว

ข้อมูลเรียลไทม์และสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง

สำหรับงานวิจัยนี้นอกจากข้อมูลจุดรับ-ส่งสินค้าแบบเรียลไทม์แล้ว ส่วนสำคัญอีกประการหนึ่งคือ การสร้างตารางจุดกำเนิด จุดปลายทาง ของระยะทางและเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าระหว่าง 2 จุดใด ๆ ภายในพื้นที่ในท่าเรือ (O-D Matrix) ซึ่งระยะทางและเวลาที่นำมาใช้เป็นข้อมูลที่สร้างขึ้น โดยใช้วิธี Shortest path ยกตัวอย่างเช่น มีความต้องการให้ไปรับผู้สินค้าจากจุดที่ 1 เพื่อไปส่งยังเครนหน้าท่า เริ่มทำงานเวลา 9.00 น. โดยใช้เวลาในการดำเนินงาน 3 นาที และให้รับผู้สินค้าจากเครนหน้าท่าเพื่อนำไปวางไว้ใน CY จุดที่ 8 ซึ่งรถหิ้วลากสามารถเริ่มงานได้ที่เวลา 9.08 น. และใช้เวลาในการดำเนินงาน 4 นาที เป็นต้น สามารถดูตัวอย่างข้อมูลความต้องการในการรับ-ส่งผู้สินค้าภายในท่าเรือ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลการรับ-ส่งตู้สินค้าภายในท่าเรือ

Station	Request time (hh:mm:ss)	Start service (hh:mm:ss)	On-site service time (min)
Trailers depart from depot			
+1	09 : 00 : 00	09 : 00 : 00	3
-8	09 : 00 : 00	09 : 08 : 00	4
-14	09 : 00 : 00	09 : 00 : 00	2
-1	09 : 00 : 00	09 : 07 : 00	3
+2	09 : 00 : 00	09 : 00 : 00	5
-21	09 : 00 : 00	09 : 10 : 00	4
-15	09 : 00 : 00	09 : 00 : 00	4
-3	09 : 00 : 00	09 : 09 : 00	3
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
-2	09 : 00 : 00	10 : 29 : 00	4
-13	09 : 00 : 00	10 : 38 : 00	3
+6	09 : 00 : 00	10 : 39 : 00	5
-3	09 : 00 : 00	10 : 49 : 00	4

สัญลักษณ์ (+) แสดงจุดรับตู้สินค้า (Pickup station), และ (-) แสดงจุดส่งตู้สินค้า (Delivery station)

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าข้อมูลช่วงเวลาในการยกขนตู้สินค้า (Service time) มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งในการทำงานแต่ละครั้งนั้นใช้เวลาไม่เท่ากัน ทำให้มีผลกระทบถึงเวลาในการรับ-ส่งตู้สินค้าในจุดต่าง ๆ ซึ่งต้องการระบบการจัดเส้นทางของยานพาหนะแบบไดนามิกส์

การกำหนดรูปแบบของปัญหา

ในงานวิจัยนี้เราจำลองปัญหาการจัดเส้นทางรถห้วยลากโดยใช้เงื่อนไขแบบเซต (Set partitioning constraint) โดยกำหนดให้ i เป็นดัชนีของรถห้วยลาก (Trailer) และให้ j เป็นงานที่รถห้วยลากจะต้องทำ (Job) เงื่อนไขแบบเซตประกันว่า งานหนึ่ง ๆ จะถูกกระทำโดยรถห้วยลากคันหนึ่งคันเดียวเท่านั้น แม้ว่าปัญหาการจัดเส้นทางของรถห้วยลากภายในท่าเรือจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหา PDP นั่นคือ มีลักษณะของการรับสินค้า (Pickup) และการส่งมอบสินค้า (Delivery) อย่างไรก็ตาม ปัญหาการจัดเส้นทางรถห้วยลากมีความแตกต่างกับปัญหา PDP คือ รถห้วยลากนั้นสามารถบรรทุกตู้สินค้าได้เพียงครั้งละหนึ่งตู้เท่านั้น และเมื่อรถห้วยลากทำการรับตู้สินค้าแล้วจะต้องนำตู้ดังกล่าว ไปส่ง ตามจุดที่กำหนดก่อนจึงสามารถนำมารับตู้ต่อไปได้ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางรถห้วยลาก เราพิจารณาว่า ตู้คอนเทนเนอร์เป็นสินค้า 1 ชิ้นเท่านั้น ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ จึงพิจารณาได้เฉพาะระยะทางที่รถห้วยลากวิ่งเที่ยวเปล่า (Empty running mileage) และช่วงเวลาของงานของรถห้วยลาก (Waiting time) เท่านั้น

เงื่อนไขรอง

ปัญหาการตัดสินใจในการจัดสรรทรัพยากรรถห้วยลากภายในท่าเรือคือ การกำหนดว่าจะให้รถห้วยลากคันใด ทำงานงานชิ้นใด เพื่อให้ระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่าและช่วงเวลาการรอนาน้อยที่สุดในการจำลองปัญหาการตัดสินใจแบบ CBM เราสามารถเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการลดระยะรถห้วยลากวิ่งเที่ยวเปล่าได้ดังสมการ

$$Dx'_i \leq 0 \quad (1)$$

โดยที่ D คือระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่า (เมตร) และ x'_i คือตัวแปรการตัดสินใจแบบไบนารี เมื่อ $x'_i = 1$ หมายถึง รถคันที่ i ถูกกำหนดให้วิ่งจากจุด i ไปยังจุด j และ $x'_i = 0$ หมายถึงกรณีอื่น ๆ

จากสมการเราได้กำหนดเงื่อนไขให้ Dx น้อยกว่า 0 เพราะว่าเราไม่สามารถทำการหาค่าขีดจำกัดล่างของ (Lower bound) ของระยะทางเที่ยวเปล่าได้ นอกจากนี้ การกำหนดให้ค่าขีดจำกัดล่าง มีค่าเท่ากับ 0 เพราะเป็นค่าระยะทางเที่ยวเปล่าต่ำสุด (ในอุดมคติ) ที่สามารถเป็นไปได้

ช่วงเวลาการรอนานของรถหัวลาก (Waiting time) เป็นวัตถุประสงค์ทางหลักอีกอันหนึ่งที่บริษัทผู้ประกอบการท่าเรือต้องการความมีประสิทธิภาพสูงสุด ในแต่ละครั้งที่รถหัวลากรับตู้สินค้าจากอุปกรณ์ยกขนที่ CY หรือ รถเครนหน้าท่ายกตู้สินค้าจากเรือเพื่อวางลงบนทางของรถหัวลาก ในหลาย ๆ ครั้ง รถหัวลากอาจจะต้องใช้เวลาในการรอที่ยาวนาน เนื่องจากเกิดปัญหาที่อุปกรณ์ยกขน ความผิดพลาดของข้อมูล และสาเหตุอื่น ๆ ในการจำลองปัญหาการตัดสินใจแบบ CBM เราสามารถเขียนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการลดระยะเวลาในการรอนานได้ดังนี้

$$T_w \leq 0 \quad (2)$$

โดยที่ T คือระยะเวลาการรอนานของรถหัวลาก (นาที)

เพื่อใช้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ หรือค่าความขัดแย้ง (Soft violation) ทั้ง 2 ข้ออยู่ในหน่วยเดียวกัน งานวิจัยนี้จึงกำหนดต้นทุนของค่าใช้จ่ายสำหรับระยะทางที่ขยับแล้วต่อกิโลเมตร (Vehicle operation cost: VOC) ซึ่งสามารถหาได้จากข้อมูลการวิเคราะห์ต้นทุนรถหัวลากของบริษัท ดังนั้น ค่า VOC จะถูกกำหนดให้เท่ากับ (ระยะทางที่ขยับแล้ว (เมตร) $\times$ 0.0205 บาท) ในทำนองเดียวกัน ค่าใช้จ่ายของเวลาในการรอนานของรถหัวลาก จะถูกกำหนดให้เท่ากับ (เวลารอนาน (นาที) $\times$ 8.33 บาท)

เงื่อนไขหลัก

สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางรถหัวลากภายในท่าเรือจะมีเงื่อนไขแบบ Hard (นั่นคือเงื่อนไขที่ไม่สามารถให้เกิดความขัดแย้งได้) อยู่ 2 ตัวคือ 1) เงื่อนไขที่กำหนดให้รถหัวลากรับตู้สินค้าจากที่หนึ่งและต้องไปส่งตู้สินค้าตามสถานที่ที่กำหนด (Pickup and delivery consistency constraints) และ 2) เงื่อนไขที่กำหนดให้ งานหนึ่ง ๆ จะถูกระทำโดยรถหัวลากคันหนึ่ง คันเดียวเท่านั้น (Set partitioning constraints)

สำหรับเงื่อนไขแบบ Hard ทั้งอันที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในทุก ๆ รอบของการค้นหาคำตอบ (Search iteration) เราไม่อนุญาตให้มีค่าความขัดแย้งเกิดขึ้นได้โดยใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถตรวจสอบค่าความขัดแย้ง (Consistency enforcement)

การออกแบบการทดลอง

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า ในงานวิจัยนี้เราได้ใช้ O-D Matrix ในเก็บข้อมูลของระยะทางและระยะเวลาในการเดินทางที่สั้นที่สุดระหว่าง 2 จุดรับ-ส่งใด ๆ ภายในท่าเรือ ตามลักษณะช่องทางรถวิ่ง (Aisles) โดยที่ตำแหน่งของรถหัวลาก ณ เวลาใด ๆ (Real time) สามารถทราบได้จากอุปกรณ์บอกพิกัด (Global positioning system: GPS) ที่ติดอยู่ที่ตัวรถหัวลาก

เราได้นำวิธี SA ประยุกต์ใช้เพื่อช่วยอัลกอริทึมในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธคำตอบหรือค่าความขัดแย้ง (Violation) ที่วิธี CLS สามารถได้ในแต่ละรอบการทำงาน โดยที่กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

- อุณหภูมิเริ่มต้น (Initial temperature) $t_0 = 2$
- ฟังก์ชันการลดลงของอุณหภูมิ (Cooling schedule) $\alpha(t) = at$ โดยที่ $\alpha = 0.9$
- จำนวนรอบการกระทำซ้ำในแต่ละค่าของอุณหภูมิเป็นค่าคงที่ $n_{repeat} = 100$
- เงื่อนไขในการหยุดหาคำตอบ เมื่ออุณหภูมิ $t_{min} = 0.2$

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากงานวิจัยในอดีตที่เสนอแนวทางการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถหัวลากภายในท่าเรือแบบสถิต (Static trailer assignment) พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาในการยกขนตู้สินค้าที่เครนหน้าท่า มีค่าเท่ากับ 2 นาที (ฉกร. อินทร์พุง, 2548) อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ เวลาในการยกขนตู้สินค้าภายในท่าไม่สามารถกำหนดให้มีค่าคงที่หรือใช้ค่าเฉลี่ยได้

ในส่วนนี้ แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของการนำวิธีการจัดเส้นทางรถหัวลากแบบสถิต (Static) และวิธีการจัดเส้นทางแบบไดนามิกส์ (Dynamic) โดยใช้อัลกอริทึมที่นำเสนอในหัวข้อที่ 3 โดยการทดลองได้กระทำบนเครื่องคอมพิวเตอร์ Pentium IV ความถี่ในการประมวลผล 2.8 GHz เขียนโปรแกรมด้วยภาษา JAVA และใช้รอบการรันโปรแกรมจำนวน 10 ครั้ง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการจัดเส้นทางรถหัวลากแบบไดนามิกส์

		P1	P2	P3	P4
Trailers		2	3	4	4
Jobs		50	100	150	200
Violation (Baht)	Avg.	139.634	202.187	303.479	412.201
	Min	130.60	185.422	272.158	374.268
	Max	153.668	221.813	380.746	480.15
Distance (m)	Avg.	6811.4	9934.6	15244.1	20568.9
	Min	6371	9055	13276	18257
	Max	7496	10826	19963	24471
Waiting time (min)	Avg.	0	0	0	0
	Min	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า ค่าความขัดแย้ง (Soft violation) ในส่วนของเวลาในการรอคอยงานของรถหัวลากมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งมีความหมายเป็นนัยว่า ระบบการจัดเส้นทางรถหัวลากแบบไดนามิกสัณมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความสมดุลในการจัดสรรทรัพยากรของรถหัวลาก และไม่ทำให้เกิดช่วงเวลาการรอคอยอันเปล่าประโยชน์ สังเกตด้วยว่าในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการเปรียบเทียบระยะทางวิ่งเพื่อแปรสัณการระหว่างการจัดเส้นทางแบบไดนามิกส์และการจัดเส้นทางแบบสถิต เพราะบริษัทผู้ประกอบการทำเรือไม่สามารถเก็บข้อมูลระยะทางวิ่งเพื่อแปรสัณการได้อีก เนื่องจากยังไม่ได้นำอุปกรณ์ GPS และ MDT (Mobile data terminal) เพื่อทราบตำแหน่งของรถหัวลาก และสถานะของการส่งมอบสินค้า ณ เวลาปัจจุบันมาติดตั้งไว้ที่ตัวรถหัวลาก อย่างไรก็ตาม เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงประโยชน์และความคุ้มค่าในการลงทุนของระบบการจัดเส้นทางรถหัวลากแบบไดนามิกสัณมากขึ้น บริษัทผู้ประกอบการทำเรืออาจใช้ตัวเลขต้นทุนในการดำเนินงานของรถหัวลากในแต่ละเดือนมาทำการเปรียบเทียบได้

สรุป

การดำเนินงานที่มีลักษณะแบบไดนามิกสัณ (Dynamic operation) ต้องการวิธีการหาคำตอบของการตัดสินใจแบบไดนามิกสัณ (Dynamic algorithm) มาช่วยในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งเรายังต้องการอัลกอริทึมที่สามารถหาคำตอบที่มีคุณภาพดีภายในเวลาอันรวดเร็ว คอชสมณะกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปแบบไดนามิกสัณและเรียลไทม์ การจัดเส้นทางรถหัวลากในอดีต

มักจะเพื่อค่าความไม่แน่นอนเอาไว้ และทำงานต่อเนื่องเข้าไปเข้ามาในรูปแบบเดิม ทำให้การใช้ทรัพยากรของรถหัวลากไม่ได้ถูกใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในงานวิจัยนี้ เราเสนอการสร้างแบบจำลองการตัดสินใจและวิธีในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถหัวลากภายในท่าเรือ อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นนั้นมีโครงสร้างที่ง่าย มีความยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพ ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบการจัดเส้นทางแบบไดนามิกส์ ก่อให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติโดยตรง โครงสร้างของอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นยังเอื้อประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้ Adaptive search strategy ต่าง ๆ และการค้นหาคำตอบแบบ Parallel เพื่อปรับปรุงคำตอบให้มีคุณภาพดีขึ้น