การจำลองการจับคู่รถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าและผลการทดสอบแบบจำลอง

สุดารัตน์ อาจหาญ* และ ณกร อินทร์พยุง
คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131
โทร. 0-3810-2222 ต่อ 3091 โทรสาร 0-3839-3231 E-mail: {*a.sudarat, nakorn.ii}@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับแบบจำลองการจับคู่ขนส่งสำหรับใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการจับคู่และจัดลำดับงานให้กับรถบรรทุกเพื่อลดระยะทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถโดยรวมให้ได้มากที่สุด โดยวิธีการสร้างแบบจำลองที่นำเสนอนั้นจะอาศัยวิธีการกำหนดเงื่อนไขหรือความสัมพันธ์ของตัวแปรการตัดสินใจในแบบจำลองของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบ Set partitioning และ Set packaging และหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาโดยใช้โปรแกรม ILOG OPL 6.1.1 ผลจากการทดสอบความถูกต้องในการแก้ปัญหา โดยการทดลองจำลองเงื่อนไขและเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองในสถานการณ์ที่แตกต่างกันพบว่าแบบจำลองที่พัฒนานั้นสามารถหาคำตอบของปัญหาได้อย่างความถูกต้อง ทั้งนี้รวมถึงการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในการหาคำตอบของปัญหา พบว่าวิธีการหาคำตอบของปัญหาที่กำหนดไว้ในแบบจำลองส่งผลต่อขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ หรือโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ค้นหาคำตอบที่ดีสุดของปัญหาซึ่งสามารถหาคำตอบของปัญหาได้ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว

คำสำคัญ : แบบจำลองจับคู่รถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า; ขนส่งสินค้า; รถบรรทุกเที่ยวเปล่า; การทดสอบแบบจำลอง

1. บทนำ

การขนส่งทางถนนถึงแม้จะเป็นรูปแบบการขนส่งที่มีต้นทุนการใช้น้ำมันต่อหน่วยสูงกว่ารูปแบบการขนส่งอื่น แต่ก็ยังถือได้ว่ามีบทบาทสำคัญอย่างมากในการขับเคลื่อนและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งนี้ด้วยการขนส่งทางถนนเป็นรูปแบบการขนส่งหลักที่ใช้ในการขนส่งสินค้าภายในประเทศ และการขนส่งสินค้านับเป็นหนึ่งกิจกรรมที่สำคัญในระบบโลจิสติกส์ โดยมีสัดส่วนของต้นทุนอยู่ในต้นทุนโลจิสติกส์สูงที่สุดถึงร้อยละ 49 ของต้นทุนโลจิสติกส์รวมทั้งหมด (สภาพัฒน์, 2552) ในการนี้กล่าวได้ว่าต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงจึงขึ้นอยู่กับการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการลดต้นทุนการขนส่งสินค้าโดยเฉพาะต้นทุนการขนส่งทางถนนเป็นสำคัญ ทั้งนี้ปัญหารถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่านับเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญของการขนส่งสินค้าทางถนน นอกจากจะไม่เพิ่มมูลค่าใด ๆ แล้วยังส่งผลให้ต้นทุนของระบบการขนส่งสินค้าเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ในการนี้เพื่อแก้ไขหรือลดปัญหาการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก การจับคู่ขนส่งให้กับรถบรรทุกเที่ยวเปล่านับเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ ในประเทศไทยมีหลายหน่วยงานไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กรมการขนส่งทางบก (2547) สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรมสังกัดสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2551) หรือหน่วยงานภาคเอกชนที่ร่วมมือกันกับภาครัฐ ได้แก่ บริษัท ดี เอ็กซ์ อินโนเวชั่น จำกัด (DX Innovation) และสถาบันสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (NIA) (2552) ได้จัดทำเว็บไซต์สำหรับใช้เป็นศูนย์กลางสำหรับให้กลุ่มของผู้ให้บริการขนส่งและผู้ใช้บริการขนส่งได้เข้ามาใช้ประโยชน์เพื่อการแลกเปลี่ยนและค้นหาข้อมูลความต้องการเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าของฝ่ายตรงข้าม นัยนี้นับเป็นการสร้างโอกาสที่อาจจะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าร่วมกันระหว่างกลุ่มของผู้ให้บริการขนส่งและผู้ใช้บริการขนส่งมากขึ้น

ในงานวิจัยนี้เพื่อนำเสนอแนวทางการสร้างโอกาสในการใช้งานของรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าที่อาจจะนำไปสู่การลดลงของระยะทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกรวมทั้งหมดอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ จึงได้ทำการศึกษาพัฒนาแบบจำลองสำหรับใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจจับคู่งานขนส่งให้กับรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า โดยให้ชื่อแบบจำลองดังกล่าวว่า “แบบจำลองการจับคู่รถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า” ซึ่งการพัฒนานั้นจะให้สอดคล้องกันกับวิธีการแก้ไขปัญหารถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน นั่นก็คือ การจับคู่ขนส่งผ่านตลาดกลางอิเล็กทรอนิกส์ (E-Marketplace) หรือ เว็บไซต์

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจับคู่ขนส่งลดการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก

ลักษณะทั่วไปของการจับคู่ขนส่งเพื่อลดปัญหาการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกจะเป็นการจับคู่ขนส่งระหว่างความต้องการของผู้ประกอบการที่ต้องการหารถบรรทุกเพื่อว่าจ้างให้ขนส่งสินค้าและความต้องการของผู้ประกอบการที่ต้องการหาสินค้าหรืองานให้กับรถบรรทุกคันที่ได้ขนส่งสินค้าในเที่ยวขาไป (Line haul) เรียบร้อยแล้ว โดยคำนึงถึงช่วงเวลาการเดินทางทั้งของสินค้าและรถบรรทุกซึ่งจะต้องเป็นช่วงเวลาเดียวกัน และระยะทางการวิ่งเที่ยวเปล่าที่น้อยที่สุดของรถบรรทุกแต่ละคันเป็นหลัก และนัยนี้เพื่อสร้างเครื่องมือสำหรับนำมาใช้ช่วยในการจับคู่ขนส่งหรือค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา งานวิจัยนี้จึงได้ทำศึกษาสร้างแบบจำลองของปัญหา โดยการศึกษานั้นจะมีความคล้ายกันกับงานวิจัยของ ปรัชญาพร ทองอ่อน (2552) ซึ่งได้ทำการศึกษาสร้างเครื่องมือสำหรับนำไปใช้ช่วยในการจับคู่หรือหาคำตอบของปัญหาการจับคู่ขนส่งให้กับกรมการขนส่งทางบกในการนำไปใช้ในโครงการลดการสูญเสียพลังงานจากการวิ่งรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า โดยลักษณะของเครื่องมือที่สร้างจะเป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมมาสร้างเป็นแบบจำลองสำหรับใช้ในการหาคำตอบขนาดเล็ก และพัฒนาวิธีฮิวริสติกส์สำหรับใช้ในการหาคำตอบของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นคำตอบที่ได้จะแสดงถึงการจับคู่ขนส่งที่รถบรรทุกสามารถรับงานขนส่งได้มากที่สุดเพียงหนึ่งเที่ยวเท่านั้น ซึ่งจะแตกต่างจากแบบจำลองที่จะนำเสนอในงานวิจัยนี้คือคำตอบที่ได้จะแสดงถึงการจับคู่ขนส่งที่รถบรรทุกสามารถรับงานขนส่งได้มากกว่าหนึ่งเที่ยว ทั้งนี้เพื่อเป็นการสร้างโอกาสในการใช้งานให้กับรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าให้สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากขึ้น

2.2 แนวคิดและทฤษฎีในการสร้างแบบจำลองการจับคู่รถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า

ในงานวิจัยนี้ได้นำเอาแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองและวิธีการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีจุดรับ – ส่งหลายจุด (Pickup-and-delivery vehicle routing problem) มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองการจับคู่รถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า โดยรายละเอียดของการประยุกต์ใช้ก็คือ เราจะจำลองปัญหาการจับคู่ขนส่งสำหรับรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าให้เหมือนกับปัญหาการจัดเส้นทางให้กับรถบรรทุก โดยกำหนดให้รถบรรทุกแต่ละคันมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการเดินทางในเที่ยวเปล่าที่กำหนดไว้แล้ว และกำหนดให้ความต้องการในการใช้รถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าขนส่งสินค้า หรือเรียกสั้น ๆ ว่า “งานขนส่ง” ที่นำมาพิจารณาจับคู่ขนส่งให้กับรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่านั้นเป็นเสมือนจุด (Node) สำหรับใช้เพื่อการกำหนดให้เข้าไปอยู่ในเส้นทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกแต่ละคัน ในการจัดเส้นทางสำหรับรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่านั้นเริ่มต้นจะกำหนดให้รถบรรทุกแต่ละคันเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นและไปยังจุดสิ้นสุดการเดินทางเที่ยวเปล่าโดยตรง จากนั้นกำหนดและจัดลำดับจุดที่ใช้แทนงานขนส่งเข้าไปอยู่ในเส้นทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกคันที่ทำให้ระยะทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกรวมทั้งหมดลดลงได้มากที่สุดและไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขที่พิจารณา นัยนี้เงื่อนไขที่นำมาพิจารณากำหนดไว้ดังนี้

(1) งานขนส่งทุกงานที่ถูกกำหนดหรือถูกเลือกให้อยู่ในเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกแต่ละคันนั้นจะต้องเป็นงานขนส่งที่มีน้ำหนักหรือปริมาณของสินค้าที่ต้องการขนส่งไม่เกินความสามารถในการบรรทุกของรถบรรทุกคันนั้น ๆ

(2) งานขนส่งหนึ่ง ๆ อาจจะไม่ถูกกำหนดให้อยู่ในเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันใด ๆ เลยก็ได้ แต่ทั้งนี้ถ้าถูกกำหนดให้อยู่ในเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันใดคันหนึ่งไปแล้วจะไม่สามารถนำมากำหนดให้อยู่ในเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันอื่น ๆ ได้อีก

(3) งานขนส่งทุกงานที่ถูกกำหนดหรือถูกเลือกให้อยู่ในเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกแต่ละคันนั้นจะต้องเป็นงานขนส่งที่รถบรรทุกคันนั้นสามารถเดินทางไปให้บริการได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขของเวลาในการขนส่ง ซึ่งเงื่อนไขของเวลาในการขนส่งจะถูกกำหนดไว้ 2 เงื่อนไข ได้แก่ เงื่อนไขเวลาที่งานขนส่งแต่ละงานจะอนุญาตให้รถบรรทุกนำส่งสินค้าที่รับมาจากจุดรับเพื่อมาส่งยังจุดส่งได้ช้าสุด (Delivery late time) และเงื่อนไขเวลาที่รถบรรทุกจะต้องเริ่มต้นออกเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นในเวลาที่กำหนดและจะต้องกลับไปถึงจุดที่ถูกกำหนดให้เป็นการสิ้นสุดการเดินทางเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกไม่เกินเวลาที่ได้รับอนุญาต (Maximum routing time)

(4) เส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกแต่ละคันที่เปลี่ยนแปลงไปจากการกำหนดจุดที่ใช้แทนงานขนส่งเข้าไปเพิ่มในเส้นทางเดิมจะต้องเป็นเส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางรวมทั้งหมดน้อยกว่าค่าใช้จ่ายในเส้นทางเดิม (หมายถึงเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกในกรณีที่ไม่ได้กำหนดจุดที่ใช้แทนงานขนส่งเข้าไปอยู่ในเส้นทาง) คิดเทียบเป็นสัดส่วนร้อยละจะต้องไม่ต่ำกว่าค่าร้อยละที่ใช้ในการรับประกัน

และในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาเราจะใช้วิธีการกำหนดเงื่อนไขของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบ Set partitioning และ Set packaging หรือในรูปของตารางเมตริกซ์ 0-1 โดยตัวเลข 0 และ 1 ที่อยู่ในตารางเป็นค่าของตัวแปรการตัดสินใจสำหรับใช้ในการอธิบายคำตอบของปัญหา ซึ่งแบบจำลองนี้จะกำหนดให้ตัวแปรการตัดสินใจสามารถอธิบายถึงคำตอบที่ได้ว่าเส้นทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกแต่ละคันหลังจากที่มีการกำหนดจุดที่ใช้แทนงานขนส่งเข้าไปอยู่ในเส้นทางมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรและรถบรรทุกจะต้องเดินทางไปให้บริการขนส่งสินค้าของงานแต่ละงานที่อยู่ในเส้นทางนั้นแถวของตารางถูกแทนด้วยจุดแต่ละจุดที่ใช้เป็นตัวแทนของการเริ่มต้นเดินทางเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก (Start point) และงานขนส่ง (Request/Job) และคอลัมน์ของตารางถูกแทนด้วยรถบรรทุก โดยที่แต่ละคอลัมน์จะถูกแบ่งเป็นคอลัมน์ย่อย ๆ ลงไปอีกทั้งนี้เพื่อแทนจุดที่ใช้แทนงานขนส่งแต่ละงานและการสิ้นสุดการเดินทางเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก ตัวอย่างการจำลองปัญหาแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ตัวอย่างการจำลองปัญหาการจับคู่ขนส่งสำหรับรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า

	K1							K2							K3						
	R1	R2	R3	R4	F1	F2	F3	R1	R2	R3	R4	F1	F2	F3	R1	R2	R3	R4	F1	F2	F3
S1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
R1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
R2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(S: Start, R: Request, F: Finish) Job

ในตารางที่ 1 สมมติให้มีงานขนส่งจำนวนทั้งหมด 4 งาน แทนด้วย R1, R2, R3 และ R4 และมีรถบรรทุกเที่ยวเปล่าจำนวน 3 คัน K1, K2 และ K3 จากตัวอย่าง ค่าของตัวแปรการตัดสินใจ (หรือตัวเลขระบายทึบ) ที่อยู่ในตาราง คือจากงานขนส่งทั้งหมด 4 งาน มีงาน 3 งานที่สามารถกำหนดให้อยู่ในเส้นทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกได้ (โดยไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไข) ได้แก่งาน R1, R2 และ R3 โดยงาน R2 และ R3 จะถูกกำหนดให้อยู่ในเส้นทางของรถบรรทุก K1 ซึ่งมีลำดับการเดินทางคือ S1-R2-R3-F1 สำหรับงาน R1 จะถูกกำหนดให้อยู่ในรถบรรทุก K2 และมี

ลำดับการเดินทางคือ S2-R1-F2 และสำหรับ K3 เมื่อไม่สามารถกำหนดงานใด ๆ เข้าไปอยู่ในเส้นทางได้ (เนื่องจากขัดแย้งกับเงื่อนไข) ลำดับการเดินทางของ K3 จะถูกกำหนดให้วิ่งออกจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดทันที

3. แบบจำลองการจับคู่รถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า

ในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของแบบจำลองที่พัฒนา ประกอบด้วย ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และสมการเงื่อนไข โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตัวแปรและพารามิเตอร์ในแบบจำลอง

m = จำนวนทั้งหมดของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

n = จำนวนทั้งหมดของความต้องการใช้รถบรรทุกเที่ยวเปล่าขนส่งสินค้า (หรืองานขนส่ง)

M ค่าร้อยละที่ใช้ในประกันการลดลงของค่าใช้จ่ายการวิ่งเที่ยวเปล่าของเส้นทางใหม่

S = $\{1,...,m\}$ เซทของจุดการเริ่มต้นการเดินทางเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก

F = $\{m+n+1,...,2m+n\}$ เซทของจุดการสิ้นสุดการเดินทางเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก

R = $\{m+1...,m+n\}$ เซทของงานขนส่ง

K = $\{1,...,m\}$ เซทของรถบรรทุกเที่ยวเปล่า

O = $S \cup R$ เซทของจุดการเริ่มต้นการเดินทางเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกและงานขนส่ง

D = $R \cup F$ เซทของจุดงานขนส่งและการสิ้นสุดการเดินทางเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก

c_{ij} = ค่าใช้จ่าย (ระยะทาง) ที่รถบรรทุกใช้เดินทางระหว่างจุด i และ j (Access cost)

t_{ij} = ระยะเวลาที่รถบรรทุกใช้เดินทางระหว่างจุด i และ j (Access time)

Q_k = ความสามารถในการบรรทุกของรถบรรทุก k

N_k = จำนวนงานขนส่งมากสุดที่รถบรรทุก k สามารถให้บริการขนส่งได้

o_k = ค่าใช้จ่ายวิ่งเที่ยวเปล่า (Overhead) ของรถบรรทุก k (กรณีที่ไม่ได้ทำการจับคู่ขนส่ง)

$[b_k, e_k]$ = เวลาที่รถบรรทุก k เริ่มต้นออกเดินทางจากจุดเริ่มต้นได้เร็วที่สุด (Beginning time) และสามารถกลับไปถึงจุดสิ้นสุดได้ช้าสุด (Maximum routing time)

s_j = ระยะเวลาที่รถบรรทุกให้บริการขนส่งสินค้าที่จุด j (Service time)

p_j = รายได้หลังจากหักลบต้นทุนในการขนส่งของจุด j (Profit)

q_j = ปริมาณสินค้าที่ต้องการขนส่งที่จุด j

l_j = กรอบเวลาที่งานขนส่ง j อนุญาตให้รถบรรทุกส่งสินค้าได้ช้าที่สุด (Late time)

x_{ijk} = 1 เมื่อรถบรรทุก k เดินทางจากจุด i ไปยังจุด j
0 ในกรณีอื่น ๆ

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$Maximize \sum_{k \in K} \sum_{i \in O} \sum_{j \in D} (p_j - c_{ij}) x_{ijk} \quad (1)$$

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{\substack{i\in S\\ i=k}}\sum_{j\in D} x_{ijk} = 1 \qquad \forall k \in K \qquad (2)$$

$$\sum_{k\in K}\sum_{j\in D} x_{ijk} = 1 \qquad \forall i \in S \qquad (3)$$

$$\sum_{k\in K}\sum_{i\in O} x_{ijk} \le 1 \qquad \forall j \in R \qquad (4)$$

$$\sum_{k\in K}\sum_{j\in D} x_{ijk} \le 1 \qquad \forall i \in R \qquad (5)$$

$$\sum_{g\in S} x_{gik} - \sum_{\substack{h\in R\\ h\le i}} x_{hik} - \sum_{j\in D} x_{ijk} = 0 \qquad \forall i \in R, k \in K \qquad (6)$$

$$0 - \sum_{\substack{k\in K\\ k=j-(m+n)}}\sum_{i\in O} x_{ijk} = -1 \qquad \forall j \in F \qquad (7)$$

$$\sum_{k\in K}\sum_{\substack{j\in D\\ j\le i}} x_{ijk} = 0 \qquad \forall i \in R \qquad (8)$$

$$q_j x_{ijk} \le Q_k \qquad \forall i \in O,\ j \in D, k \in K \qquad (9)$$

$$\sum_{i\in O}\sum_{j\in R} x_{ijk} \le N_k \qquad \forall k \in K \qquad (10)$$

$$1 - \left(\frac{\sum_{i\in O}\sum_{j\in D} c_{ij} x_{ijk}}{o_k} \right) + \left(\frac{\sum_{\substack{i\in S\\ i=k}}\sum_{j\in F} c_{ij} x_{ijk}}{o_k} \right) \ge M \qquad \forall k \in K \qquad (11)$$

$$b_k + (t_{ij} + s_j) x_{ijk} \le l_j \qquad \forall\, i \underset{i=k}{\in} S,\ j \in R, k \in K \qquad (12)$$

$$b_k + \sum_{\substack{g\in S\\ g=k}}\sum_{i\in R} (t_{gi} + s_i) x_{gik} + \sum_{\substack{h\in R\\ h<j}}\sum_{\substack{i\in R\\ i\le j}} (t_{hi} + s_i) x_{hik} \le l_j \qquad \forall j \in R, k \in K \qquad (13)$$

$$b_k + \sum_{i\in O}\sum_{j\in R} \left(t_{ij} + s_j \right) x_{ijk} + \sum_{i\in O}\sum_{j\in F} t_{ij} x_{ijk} \le e_k \qquad \forall k \in K \qquad (14)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in O,\ j \in D, k \in K \qquad (15)$$

สมการ (1) คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการหาคำตอบของแบบจำลองการจับคู่รถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า โดยให้ได้กำไรทั้งหมดสูงสุด (หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่าที่สามารถลดได้มากสุด)

สมการที่ (2) และ (3) เป็นเงื่อนไขกำหนดให้รถบรรทุกทุกคันจะต้องเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นและไปแวะยังจุดใดจุดหนึ่ง ทั้งนี้อาจจะเป็นจุดที่ใช้แทนงานขนส่งหรือจุดที่ใช้แทนการสิ้นสุดของรถบรรทุกคันนั้นๆ ก็ได้

สมการที่ (4) เป็นเงื่อนไขกำหนดให้จุดที่ใช้แทนงานขนส่ง อาจจะถูกกำหนดให้อยู่ในเส้นทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกคันใดๆ หรือไม่ก็ได้ แต่ทั้งนี้งานขนส่งหนึ่งๆ สามารถกำหนดให้อยู่ในเส้นทางวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกเพียงหนึ่งคันเท่านั้น

สมการที่ (5) เป็นเงื่อนไขกำหนดในกรณีที่งานขนส่งนั้น ๆ ถูกกำหนดให้อยู่ในเส้นทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกแล้ว หลังจากที่รถบรรทุกคันนั้นให้บริการขนส่งของงานนั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว รถบรรทุกคันดังกล่าวจะต้องเดินทางต่อไป ทั้งนี้อาจจะเดินทางต่อไปเพื่อให้บริการขนส่งงานใด ๆ ที่สามารถให้บริการได้อีก หรือไม่ก็เดินทางต่อไปยังจุดปลายทางที่ถูกกำหนดให้เป็นจุดสิ้นสุดการเดินทางเที่ยวเปล่า

สมการที่ (6) เป็นเงื่อนไขกำหนดการเดินทางเข้าและออกจากจุดทุกจุดที่ใช้แทนงานขนส่ง โดยการเดินทางเข้าและออกจากจุดหนึ่ง ๆ จะต้องเป็นการเดินทางเข้าและออกจากจุดของรถบรรทุกคันเดียวกัน

สมการที่ (7) เป็นเงื่อนไขกำหนดให้รถบรรทุกทุกคันจะต้องสิ้นสุดหรือหยุดการเดินทางในเที่ยวเปล่าที่จุดปลายทางใดปลายทางหนึ่งซึ่งเป็นจุดที่ถูกกำหนดให้เป็นจุดสิ้นสุดการเดินทางเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกนั้น ๆ

สมการที่ (8) เป็นเงื่อนไขกำหนดให้รถบรรทุกทุกคันเมื่อรับและขนส่งสินค้าของงานใด ๆ เรียบร้อยแล้วจะย้อนกลับไปรับและขนส่งสินค้าของงานที่อยู่ลำดับต่ำกว่าไม่ได้ (เนื่องจากมีการจัดเรียงลำดับงานขนส่งมาก่อนหน้านี้เรียบร้อยแล้ว)

สมการที่ (9) เป็นเงื่อนไขกำหนดให้รถบรรทุกไม่สามารถบรรทุกสินค้าเกินกว่าความสามารถในการบรรทุกของรถบรรทุกคันนั้นได้

สมการที่ (10) เป็นเงื่อนไขกำหนดให้จำนวนงานขนส่งทั้งหมดที่กำหนดให้รถบรรทุกแต่ละคันให้บริการขนส่งในเส้นทางที่วิ่งเที่ยวเปล่าจะต้องไม่เกินจำนวนงานมากสุดที่รถบรรทุกแต่ละคันกำหนด

สมการที่ (11) เป็นเงื่อนไขเพื่อใช้ในการประกันผลของการจับคู่หรือการกำหนดงานขนส่งเข้าไปอยู่ในเส้นทางของรถบรรทุกแต่ละคันว่า ผลดังกล่าวสามารถลดระยะทาง (หรือค่าใช้จ่าย) ในกรณีที่เส้นทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกเป็นเส้นทางเดิม (เส้นทางที่ไม่มีการกำหนดงานขนส่งเข้าไปอยู่ในเส้นทาง) จากเดิมได้ไม่ต่ำกว่าค่าร้อยละที่กำหนด (M) ยกตัวอย่างเช่น ค่าร้อยละที่ใช้ในการประกันระยะทางการวิ่งเที่ยวเปล่าที่ลดได้เท่ากับ 10% ผลต่างของระยะทางที่รถบรรทุกจะต้องวิ่งรถเปล่าของเส้นทางที่มีการกำหนดเอางานขนส่งเข้าไปอยู่ในเส้นทางด้วยและเส้นทางเดิมจะต้องเป็นค่าที่ต่ำกว่าเมื่อนำมาคิดเทียบเป็นร้อยละจะต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละค่าร้อยละที่ใช้ในการประกันระยะทางการวิ่งเที่ยวเปล่าที่ลดได้ 10%

สมการที่ (12) และ (13) เป็นเงื่อนไขกำหนดให้การรับและส่งสินค้าของงานทุกงานจะต้องเสร็จเรียบร้อยภายในเวลาที่กำหนด

สมการที่ (14) เป็นเงื่อนไขกำหนดให้รถบรรทุกจะต้องเดินทางไปถึงจุดปลายทางที่ถูกกำหนดให้เป็นจุดสิ้นสุดการเดินทางเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกไม่เกินเวลาที่ได้รับอนุญาต

และสมการที่ (15) เป็นค่าของตัวแปรการตัดสินใจ กำหนดให้มีค่าเป็นแบบไบนารี (0 หรือ 1)

4. การหาคำตอบของปัญหา

4.1 การหาคำตอบของปัญหา

ในการหาคำตอบของแบบจำลองที่พัฒนาได้กำหนดให้เป็นวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา โดยคำตอบที่ได้จะแสดงถึงงานและลำดับของงานที่อยู่ในเส้นทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกแต่ละคัน โดยปัญหาที่พิจารณานั้น

ได้กำหนดให้การจัดลำดับของงานที่อยู่ในเส้นทางนั้นกำหนดให้พิจารณาจากเงื่อนไขของเวลาที่แต่ละงานอนุญาตให้รถบรรทุกนำส่งสินค้าได้ช้าที่สุด (Delivery late time) ซึ่งในกรณีของการจัดลำดับงานนั้นเราสามารถทราบก่อนได้ว่างานขนส่งใดควรจะเป็นงานที่ถูกทำหรือได้รับบริการก่อนหรือได้รับบริการหลังจากงานขนส่งใด ดังนั้นเพื่อลดความซับซ้อนและเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหา การใช้แบบจำลองที่พัฒนาหาคำตอบของปัญหาจึงกำหนดไว้ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกจะเป็นการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น (Pre-processing) ทั้งนี้เพื่อจัดลำดับให้กับงานขนส่งทั้งหมด โดยจัดเรียงลำดับตามเวลาที่แต่ละงานอนุญาตให้รถบรรทุกนำส่งสินค้าได้ช้าที่สุดจากน้อยไปหามาก จากนั้นขั้นตอนที่สองก็คือจะเป็นการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดใช้โปรแกรม ILOG OPL Studio 6.1.1 ในการหาคำตอบของปัญหา

4.2 การแปลผลคำตอบที่ได้จากแบบจำลอง

ในส่วนนี้จะเป็นอธิบายเกี่ยวกับการแปลผลคำตอบที่ได้จากแบบจำลอง โดยการอธิบายจะใช้คำตอบของปัญหาที่ได้จากการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองครั้งที่ 1 ที่แสดงอยู่ในตารางที่ 6 นั่นคือผลของการจับคู่ขนส่งให้กับรถบรรทุก Trailer 1 ดังนี้

Route หมายถึง เส้นทางการวิ่งขนส่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกโดยเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุก Trailer 1 คือ S1 --> R1--> R6--> F1 ซึ่งแสดงความหมายของเส้นทางได้ว่ารถจะต้องเริ่มต้นเดินทางออกจากจุดเริ่มต้น S1 และสิ้นสุดการเดินทางที่จุด F1 โดยในระหว่างที่เดินทางนั้นจะต้องแวะไปให้บริการหรือขนส่งสินค้าของงาน R1 และR6 ตามลำดับ โดยการทำงานของทุก ๆ งานจะกำหนดให้เป็นการไปรับสินค้าที่จุดรับและการเดินทางไปส่งที่จุดส่งในทันทีก่อนที่จะเริ่มต้นให้บริการขนส่งสินค้าของงานอีกงานหนึ่งได้

Total KM หมายถึง ระยะทางที่รถบรรทุกใช้ในการเดินทางในเส้นทางทั้งหมด ตัวอย่างระยะทางของ Trailer 1 ก็คือผลรวมของระยะทางที่รถบรรทุกใช้ในวิ่งเชื่อมต่อระหว่างจุดและระยะทางที่รถบรรทุกใช้ในการวิ่งระหว่างจุดรับและจุดส่งสินค้าของแต่ละงาน โดยระยะทางของเส้นที่วิ่งเชื่อมต่อระหว่างจุดมีทั้งหมด 3 เส้นทาง ได้แก่ (1) ระยะทางเชื่อมต่อระหว่างจุดเริ่มต้นการเดินทางของรถบรรทุก (S1) และจุดที่จะต้องเดินทางไปรับสินค้าของงานขนส่งลำดับแรก ($R1^+$) (2) ระยะทางเชื่อมต่อระหว่างจุดส่งสินค้าของงานขนส่งลำดับแรก ($R1^-$) และจุดรับสินค้าของงานขนส่งลำดับถัดไป ($R6^+$) และ (3) ระยะทางเชื่อมต่อระหว่างจุดส่งสินค้าของงานขนส่งลำดับสุดท้าย ($R6^-$) และจุดสิ้นสุดการเดินทางเที่ยวเปล่าของรถ (F1) และระยะทางที่รถบรรทุกใช้ในการวิ่งขนส่งสินค้าจากจุดรับเพื่อไปส่งยังจุดส่งของงานขนส่ง R1 และ R6 ตามลำดับ นั่นคือ 0 + 238 + 57 + 536 + 0 เท่ากับ 831 กิโลเมตร

Match KM หมายถึง ระยะทางที่รถบรรทุกใช้ในการเดินทางขนส่งสินค้าของงานแต่ละงาน ตัวอย่างของ Trailer 1 ได้แก่ ระยะทางที่รถจะต้องใช้ในการขนส่งสินค้าจากจุดรับเพื่อไปส่งยังจุดส่งของงานขนส่ง R1 และ R6 เท่ากับ 774 (238 + 536) กิโลเมตร

5. การทดสอบแบบจำลองและผลของศึกษา

ในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับการทดสอบและผลที่ได้จากแบบจำลอง โดยการทดสอบได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาของแบบจำลอง รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

5.1 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การทดสอบนี้ทำโดยการจำลองปัญหา และกำหนดชุดข้อมูลของปัญหาขึ้นมาเองหนึ่งตัวอย่าง โดยข้อมูลของปัญหา ได้แก่ ข้อมูลของรถบรรทุก ข้อมูลของงานซึ่งผ่านขั้นตอนของการ Pre-processing เรียบร้อยแล้ว และข้อมูลระยะทางและเวลาที่รถบรรทุกจะต้องใช้เดินทางระหว่างจุด แสดงได้ดังตารางที่ 2, 3 และ 4 จากนั้นการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองจะทำโดยการทดลองหาคำตอบของปัญหา และตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบว่าเป็นไปเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในแบบจำลองหรือไม่ ทั้งนี้การทดลองหาคำตอบของปัญหาแต่ละครั้งจะทำทดลองเปลี่ยนค่าของ

ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบเงื่อนไขแต่ละเงื่อนไขที่กำหนดอยู่ในแบบจำลอง ได้แก่ เงื่อนไขความสามารถในการบรรทุกของรถบรรทุก เงื่อนไขเวลาที่รถบรรทุกได้รับอนุญาตให้ใช้ในการเดินทางขนส่งในเที่ยวเปล่า เงื่อนไขร้อยละการรับประกันระยะทาง (Markup guarantee) เงื่อนไขด้านจำนวนของงานขนส่งมากสุดที่รถบรรทุกแต่ละคันจะสามารถให้บริการขนส่งในเที่ยวเปล่าได้ และสุดท้ายคือ เงื่อนไขเวลาที่แต่ละงานอนุญาตให้รถบรรทุกนำส่งสินค้าได้ช้าที่สุด โดยการเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลในปัญหาตัวอย่างกำหนดให้เป็นค่าที่มีผลต่อคำตอบที่ได้ที่แสดงได้ว่าไม่สามารถกำหนดงานใด ๆ เข้าไปอยู่ในเส้นทางการวิ่งของรถบรรทุกคันใด ๆ ได้ทั้งหมดเนื่องจากมีความขัดแย้งกับเงื่อนไขที่ทำการตรวจสอบ การตรวจคำตอบหากพบว่าคำตอบที่ได้เป็นไปตามที่กำหนดและไม่ขัดกับเงื่อนไขที่ใช้ในแบบจำลองก็จะสรุปว่าแบบจำลองนั้นสามารถนำมาใช้หาคำตอบของปัญหาได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ 2: การวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก

รถบรรทุก (Trailer)	K1	K2	K3
จุดเริ่มต้นการเดินทาง (Start point)	ลำปาง	เชียงราย	เชียงใหม่
จุดสิ้นสุดการเดินทาง (Finish point)	ระยอง	ระยอง	ระยอง
ความสามารถในการบรรทุกของรถบรรทุก (Q_k) 1 = 100%	1	1	1
จำนวนของงานมากสุดที่สามารถให้บริการได้ (N_k)	6	6	6
เวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก ($[b_k, e_k]$)	[0,17]	[0,25]	[0,23]

ตารางที่ 3: ความต้องการใช้บริการรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า (งานขนส่ง)

งานขนส่ง (Job)	R1	R2	R3	R4	R5	R6
จุดรับสินค้า (Pickup point)	ลำปาง	พิษณุโลก	ลำปาง	เชียงใหม่	กรุงเทพฯ	พิจิตร
จุดส่งสินค้า (Delivery point)	พิษณุโลก	กรุงเทพฯ	กรุงเทพฯ	พิจิตร	ระยอง	ระยอง
กำไรขั้นต่ำ (นั่นคือ ระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่าที่ลดได้) ที่รถบรรทุกจะได้จากงานขนส่งนั้น (p_j)	238	379	613	400	187	536
ปริมาณสินค้าที่ต้องการขนส่ง (q_j)	0.6	0.7	0.5	0.8	0.4	0.5
เวลา (ชม.) ที่รถบรรทุกใช้ปฏิบัติงานขนส่ง (s_j)	4.97	7.32	11.22	7.67	4.12	9.94
กรอบเวลาที่อนุญาตให้รถบรรทุกนำส่งสินค้าได้ช้าที่สุด (l_j)	8	12.5	13	13.5	14	17

ตารางที่ 4: ระยะทาง (c_{ij}) และระยะเวลา (t_{ij}) ที่รถบรรทุกใช้ในการเดินทางระหว่างจุด*

	$R1^+$ ลำปาง	$R2^+$ พิษณุโลก	$R3^+$ ลำปาง	$R4^+$ เชียงใหม่	$R5^+$ กรุงเทพฯ	$R6^+$ พิจิตร	F1 ระยอง	F2 ระยอง	F3 ระยอง
S1 ลำปาง	0	238	0	114	613	299	800	800	800
	(0)	(3.97)	(0)	(1.90)	(10.22)	(4.99)	(13.34)	(13.34)	(13.34)
S2 เชียงราย	229	414	229	190	838	479	1025	1025	1025
	(3.82)	(6.90)	(3.82)	(3.17)	(13.97)	(7.99)	(17.09)	(17.09)	(17.09)
S3 เชียงใหม่	114	349	114	0	706	400	893	893	893
	(1.90)	(5.82)	(1.90)	(0)	(11.77)	(6.67)	(14.89)	(14.89)	(14.89)
	-	-	-	-	-	-	(0)	(0)	(0)

ตารางที่ 4: (ต่อ)

	$R1^+$ ลำปาง	$R2^+$ พิษณุโลก	$R3^+$ ลำปาง	$R4^+$ เชียงใหม่	$R5^+$ กรุงเทพฯ	$R6^+$ พิจิตร	F1 ระยอง	F2 ระยอง	F3 ระยอง
$R1^-$ - พิษณุโลก	-	0	238	349	379	57	566	566	566
	-	(0)	(3.97)	(5.82)	(6.32)	(0.95)	(9.44)	(9.44)	(9.44)
$R2^-$ - กรุงเทพฯ	-	-	613	706	0	349	187	187	187
	-	-	(10.22)	(11.77)	(0.00)	(5.82)	(3.12)	(3.12)	(3.12)
$R3^-$ - กรุงเทพฯ	-	-	-	706	0	349	187	187	187
	-	-	-	1(1.77)	(0)	(5.82)	(3.12)	(3.12)	(3.12)
$R4^-$ - พิจิตร	-	-	-	-	349	0	536	536	536
	-	-	-	-	(5.82)	(0)	(8.94)	(8.94)	(8.94)
$R5^-$ - ระยอง	-	-	-	-	-	536	0	0	0
	-	-	-	-	-	(8.94)	(0)	(0)	(0)
$R6^-$ - ระยอง	-	-	-	-	-	-	0	0	0
	-	-	-	-	-	-	(0)	(0)	(0)

หมายเหตุ * จุดในที่นี้ใช้แทนจุดเริ่มต้น/สิ้นสุดการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกแต่ละคัน และงานขนส่งแต่ละงาน

( ) คือ ระยะเวลาในการเดินทาง t_{ij} มีหน่วยชั่วโมง

- คือ ค่าระยะทางและระยะเวลาจะไม่ถูกใช้ในแบบจำลอง เนื่องจากงานแต่ละงานได้ถูกจัดลำดับมาแล้วและเงื่อนไขกำหนดไม่อนุญาตให้งานที่รถบรรทุกจะให้บริการถัดจากงานที่ให้บริการเสร็จแล้วเป็นงานที่ถูกจัดลำดับเอาไว้ก่อนหน้า

ผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการกำหนดเงื่อนไขหรือสถานการณ์ของปัญหาขึ้นมาหนึ่งตัวอย่างและทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในตัวอย่างและหาคำตอบของปัญหาเพื่อนำตรวจสอบความถูกต้องนั้นสามารถแสดงผลสรุปได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5: ผลสรุปจากการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

Run No.	Trailer No.	Non-Matching	Matching				การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในปัญหาตัวอย่าง
		EmptyKM	Route	(1) Total Matching KM	(2) Total Empty KM	(3)=(1)+(2) Total KM	
1	Trailer 1	800	S1- R1- R6 - F1	774	57	831	ไม่เปลี่ยนแปลง
	Trailer 2	1,025	S2 – F2	0	1,025	1,025	
	Trailer 3	893	S3 – R4 – F3	400	536	936	
	Total	2,718		1,174	1,618	2,792	
	ผลต่างของต้นทุนวิ่งเที่ยวเปล่ากรณี Non-Matching และ Matching					1,100 (40.47%)	
2	Trailer 1	800	S1- F1	0	800	800	กำหนดให้ค่าของ Capacity ของรถบรรทุกทุกคันไม่สามารถให้บริการขนส่งสินค้าของงานใด ๆ ได้
	Trailer 2	1,025	S2 – F2	0	1,025	1,025	
	Trailer 3	893	S3– F3	0	893	893	
	Total	2,718		0	2,718	2,718	
3	Trailer 1	800	S1- F1	0	800	800	กำหนดให้ค่าของจำนวนงานมากสุดที่รถบรรทุกทุกคันจะสามารถรับได้มีค่าเท่ากับ 0
	Trailer 2	1,025	S2 – F2	0	1,025	1,025	
	Trailer 3	893	S3 – F3	0	893	893	
	Total	2,718		0	2,718	2,718	

ตารางที่ 5: (ต่อ)

Run No.	Trailer No.	Non-Matching	Matching				การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ในปัญหาตัวอย่าง
		Empty KM	Route	(1) Total Matching KM	(2) Total Empty KM	(3)=(1)+(2) Total KM	
4	Trailer 1	800	S1 - F1	0	800	800	กำหนดให้ค่าร้อยละในการรับประกันระยะทางที่รถบรรทุกจะต้องวิ่งเที่ยวเปล่าเท่ากับ 100%
	Trailer 2	1,025	S2 – F2	0	1,025	1,025	
	Trailer 3	893	S3 - F3	0	893	893	
	Total	2,718		0	2,718	2,718	
5	Trailer 1	800	S1- F1	0	800	800	กำหนดให้เวลามากสุดที่อนุญาตให้รถบรรทุกกลับไปถึงจุดสิ้นสุดการเดินทางเที่ยวเปล่าได้ช้าที่สุดเป็นเวลาที่เท่ากันกับเวลาที่ใช้ในการเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด
	Trailer 2	1,025	S2 – F2	0	1,025	1,025	
	Trailer 3	893	S3– F3	0	893	893	
	Total	2,718		0	2,718	2,718	
6	Trailer 1	800	S1- F1	0	800	800	กำหนดให้เวลาที่รถนำส่งสินค้าได้ช้าสุดเป็นเวลาที่ไม่สามารถจับคู่งานให้กับรถบรรทุกคันใด ๆ ได้
	Trailer 2	1,025	S2 – F2	0	1,025	1,025	
	Trailer 3	893	S3 – F3	0	893	893	
	Total	2,718		0	2,718	2,718	

จากตารางที่ 5 อธิบายได้ว่า จากงานจำนวนทั้งหมด 6 งานและรถบรรทุกจำนวนทั้งหมด 3 คัน ในการทดสอบครั้งที่ 1 มีงานจำนวนทั้งหมด 3 งานที่สามารถนำมากำหนดให้อยู่ในเส้นทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกได้โดยไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขทั้งหมด ได้แก่ R1, R4 และ R6 โดยงานขนส่ง R1 และ R6 ถูกให้บริการโดยรถบรรทุกคันที่ 1 และงาน R4 โดยรถบรรทุกคันที่ 3 สำหรับรถบรรทุกคันที่ 2 ไม่สามารถให้บริการระหว่างการวิ่งเที่ยวเปล่าได้ คำตอบของปัญหาที่ได้คิดเป็นระยะทางการวิ่งเที่ยวเปล่ารวมทั้งหมดได้เท่ากับ 1,618 กิโลเมตร ซึ่งลดลงจากเดิมในกรณี Non-Matching เท่ากับ 1,100 หรือคิดเป็นร้อยละ 40.47 ของระยะทางการวิ่งเที่ยวเปล่ารวมทั้งหมดกรณีที่ไม่ได้ทำการจับคู่ขนส่ง และสำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 3 4 5 และ 6 นั้นไม่สามารถกำหนดงานขนส่งใด ๆ ให้เข้าไปอยู่ในเส้นทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกคันใด ๆ เนื่องจากขัดแย้งกับเงื่อนไขที่ทำการพิจารณาในครั้งทำการทดสอบนั้น ๆ

5.2 การทดสอบประสิทธิภาพการแก้ไขปัญหาของแบบจำลอง

ในหัวข้อนี้เป็นการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างปัญหาที่จำลองมาจากปัญหาการวิ่งรถเที่ยวเปล่าของบริษัทในกลุ่มอุตสาหกรรมขนส่งรถยนต์ โดยข้อมูลของปัญหาที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ข้อมูลของรถบรรทุก ข้อมูลงานขนส่ง และข้อมูลระยะทางและเวลาที่รถบรรทุกจะต้องใช้เดินทางระหว่างจุด แสดงในส่วนของภาคผนวกตารางที่ 8 9 และ 10 ทั้งนี้ ลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น คือ การขนส่งในเที่ยวขาไปของกลุ่มบริษัทขนส่งรถยนต์จะเป็นการขนส่งรถยนต์ที่ประกอบเสร็จจากโรงงานไปส่งยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย (Dealer) ต่าง ๆ ที่มีอยู่ทั่วประเทศ และหลังจากที่รถที่ใช้ขนส่งรถยนต์ทำการส่งสินค้า ณ จุดปลายทางสุดท้ายเสร็จเรียบร้อยก็จะต้องวิ่งเปล่ากลับไปยังโรงงานเพื่อรอรับงานของรอบวันถัดไป ในการนี้เพื่อลดการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถที่ใช้ขนส่งรถยนต์เราจะทำการจับคู่งานให้กับเที่ยวเปล่าของรถที่เกิดขึ้นนี้โดยนำเอาความต้องการแลกเปลี่ยนรถยนต์ที่เกิดจากบริษัทตัวแทนจำหน่ายกับบริษัทตัวแทนจำหน่าย และผู้ประกอบการเต็นท์รถมือสองกับผู้ประกอบการเต็นท์รถมือสองมาเป็นความต้องการในการขนส่งสำหรับจับคู่ให้กับเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกแต่ละคัน

การทดสอบประสิทธิภาพการแก้ไขปัญหาของแบบจำลอง สามารถทดสอบโดยประเมินจากระยะเวลาที่โปรแกรมใช้หาคำตอบของปัญหาว่า ช่วงเวลาที่ใช้หาคำตอบเป็นช่วงเวลาที่สามารถยอมรับได้หรือเหมาะสมหรือไม่ที่จะนำไปปรับประยุกต์ใช้กับปัญหาในทางปฏิบัติ โดยปัญหาที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการแก้ไขปัญหานี้จะใช้ทั้งหมดจำนวน 16 ชุด รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6 และผลของการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองสรุปได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6: รายละเอียดของชุดปัญหาที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ชุดปัญหา	Truck		Job		Decision Variables
	จำนวน	รายละเอียด	จำนวน	รายละเอียด	
P1	1	K2	1	R10	4
P2	1	K2	2	R9, R10	9
P3	1	K2	3	R8, R9, R10	16
P4	2	K1, K2	1	R8	18
P5	2	K1, K2	2	R2, R8	32
P6	3	K1, K2, K4	1	R8	48

ตารางที่ 6: (ต่อ)

ชุดปัญหา	Truck		Job		Decision Variables
	จำนวน	รายละเอียด	จำนวน	รายละเอียด	
P7	2	K1, K2	3	R1, R2, R8	50
P8	3	K1, K2, K4	2	R7, R8	75
P9	4	K1, K3, K4, K5	1	R9	100
P10	3	K1, K2, K4	3	R5, R7, R8	108
P11	4	K1, K3, K4, K5	2	R3, R9	144
P12	5	K1, K3, K4, K5, K6	1	R1	180
P13	4	K1, K3, K4, K5	3	R1, R3, R9	196
P14	5	K1, K3, K4, K5, K6	2	R1, R3	245
P15	6	K1, K2, K3, K4, K5, K6	1	R1	294
P16	5	K1, K3, K4, K5, K6	3	R1	320

ตารางที่ 7: ผลของการทดสอบประสิทธิภาพการแก้ไขปัญหาของแบบจำลองที่พัฒนา

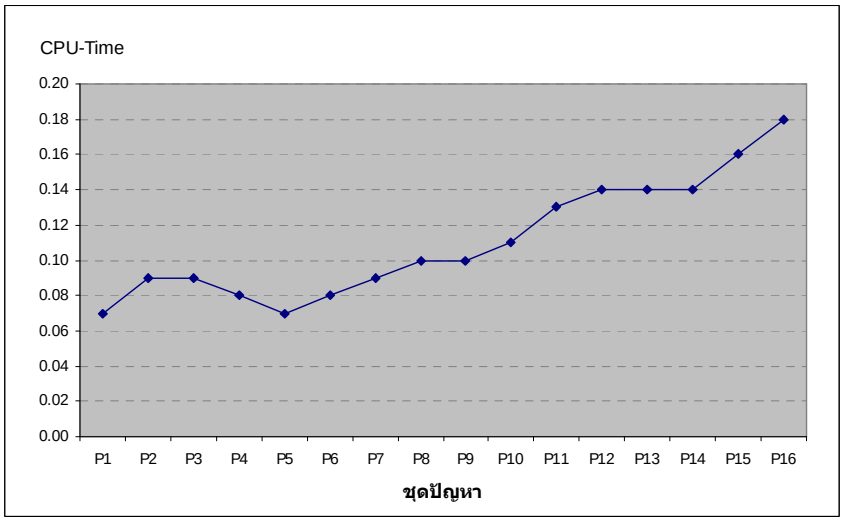
ชุดปัญหา	จำนวน		Node	Decision Variables	Matching			Empty KM (Non-Matching)	CPU Time* (วินาที)
	Trailer	Job			Optimized Solution	Total Matching KM	Total Empty KM		
P1	1	1	2	4	312	613	301	893	0.07
P2	1	2	3	9	312	613	301	893	0.09
P3	1	3	4	16	312	613	301	893	0.09
P4	2	1	3	18	-1,021	449	1,470	1,918	0.08
P5	2	2	4	32	-933	664	1,597	1,918	0.07
P6	3	1	4	48	-1,821	449	2,270	2,718	0.08
P7	2	3	5	50	-482	902	1,384	1,918	0.09
P8	3	2	5	75	-516	1,106	1,622	2,718	0.10
P9	4	1	5	100	-1,928	566	2,494	3,105	0.10
P10	3	3	6	108	-142	1,293	1,435	2,718	0.11
P11	4	2	6	144	-1,516	795	2,311	3,105	0.13
P12	5	1	6	180	-3,199	238	3,437	3,671	0.14

ตารางที่ 7: ผลของการทดสอบประสิทธิภาพการแก้ไขปัญหาของแบบจำลองที่พัฒนา

ชุดปัญหา	จำนวน		Node	Decision Variables	Matching			Empty KM (Non-Matching)	CPU Time* (วินาที)
	Trailer	Job			Optimized Solution	Total Matching KM	Total Empty KM		
P13	4	3	7	196	-1,044	1,033	2,077	3,105	0.14
P14	5	2	7	245	-2,745	467	3,212	3,671	0.14
P15	6	1	7	294	-4,092	238	4,330	4,564	0.16
P16	5	3	8	320	-1,610	1,033	2,643	3,671	0.18

หมายเหตุ * เวลาในการหาคำตอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ Intel® Core™ 2 Duo (1.80 GHz) RAM 2048 MB

ในตารางที่ 7 เป็นผลของการทดสอบใช้แบบจำลองหาคำตอบของปัญหาแต่ละชุดโดยมีความต่างของปัญหา คือ จำนวนของรถบรรทุกและงานขนส่งที่พิจารณา ทั้งนี้ผลการทดสอบแสดงให้เห็นได้ว่า เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น (จำนวนของตัวแปรการตัดสินใจเพิ่มขึ้น) ระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาด้วยวิธีการของแบบจำลองก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1: เวลาในที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหา

6. สรุปผลการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาแบบจำลองการจับคู่ขนส่ง สำหรับใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการจับคู่งานขนส่งให้กับเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก เพื่อนำเสนอเป็นแนวทางในการสร้างศักยภาพและโอกาสในการบริหารจัดการรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าที่พิจารณาถึงผลที่จะเกิดแก่ระบบการขนส่งรวมทั้งหมดให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยผลของการทดสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นกับปัญหาตัวอย่างที่จำลองมาจากปัญหาการวิ่งรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าของบริษัทขนส่งในกลุ่มอุตสาหกรรมการขนส่งรถยนต์ภายในประเทศพบว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถใช้หาคำตอบของปัญหาได้อย่างถูกต้องและสามารถนำไปใช้หาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาได้โดยอาศัยความสามารถของโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับใช้ในการหาคำตอบของปัญหาทั่ว ๆ ไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ไม่ต้องอาศัยการพัฒนาขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ หรืออัลกอริทึมพิเศษใด ๆ ขึ้นมาเพื่อช่วยหาคำตอบของปัญหาอีก นอกจากนี้ผลของ

การศึกษายังจะสะท้อนให้เห็นได้อีกถึงแนวทางการพัฒนาวิธีการแก้ไขปัญหารถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าที่สามารถเกิดขึ้นได้อย่างเป็นรูปธรรม นั่นคือ การที่หน่วยงานหรือองค์กรต่าง ๆ ที่สามารถรวบรวมข้อมูลรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าของประเทศทั้งหมดให้อยู่ในระบบฐานข้อมูลเดียวกัน หรือจัดการให้อยู่ในรูปของตลาดกลางอิเล็กทรอนิกส์ (E-marketplace) นำแบบจำลองที่พัฒนาไปช่วยในการสร้างโอกาสให้กับรถบรรทุกวิ่งเที่ยวที่จะถูกใช้งานอย่างเหมาะสมและส่งผลให้ปัญหาการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกรวมทั้งหมดลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. ข้อจำกัดของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้โปรแกรมที่นำมาใช้หาคำตอบของปัญหาการจับคู่รถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าเป็นโปรแกรมที่มีข้อจำกัดกับขนาดของปัญหาที่มีตัวแปรการตัดสินใจไม่เกิน 500 ตัวแปรเท่านั้น เนื่องจากติดในเรื่องของลิขสิทธิ์การใช้งาน ดังนั้นตัวอย่างปัญหาที่ใช้ทดสอบในงานวิจัยนี้จึงเป็นได้ปัญหาขนาดเล็กเท่านั้น อย่างไรก็ดี ผลของการศึกษาสามารถชี้ให้เห็นถึงแนวทางในการนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้เพื่อช่วยในการลดระยะทางการวิ่งเปล่าของรถบรรทุกจากการสร้างโอกาสในการใช้งานที่เหมาะสมให้กับรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่าต่อไปในอนาคตได้

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. ด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ประจำปี 2552 และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

9. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมการขนส่งทางบก, 2547, “โครงการลดการสูญเสียพลังงานจากการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า,” www.thaitruckcenter.com [20 กันยายน 2550].

[2] บริษัท ดี เอ็กซ์อินโนเวชั่น จำกัด, 2551, “ศูนย์กลางขนส่ง Dxplace.com,” www.dxplace.com [5 มกราคม 2552].

[3] ปรัชญาพร ทองอ่อน, 2552, “การประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมและการพัฒนาฮิวริสติกส์เพื่อลดการวิ่งรถเที่ยวเปล่า,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร), สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2547, “โครงการนำร่องการลดต้นทุนพลังงานด้วยโลจิสติกส์,” www.thaibackhaul.net [25 ธันวาคม 2550].

[5] สำนักวิเคราะห์โครงการลงทุนภาครัฐ ส่วนงานยุทธศาสตร์โลจิสติกส์, 2552, “รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี 2552,” สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. www.nesdb.go.th [2 มิถุนายน 2553].

[6] ILOG S.A., 2008, “ILOG OPL Development Studio IDE Version 6.1.1 (free trial),” www.ilog.com [12 July 2009].

10. ภาคผนวก

ตารางที่ 8: ข้อมูลของรถบรรทุกวิ่งเที่ยเปล่า

รถบรรทุก (Trailer)	K1	K2	K4	K5	K6	K10
จุดเริ่มต้นการเดินทาง (Start point)	เชียงราย	เชียงใหม่	แพร่	ลำปาง	พิจิตร	พิษณุโลก
จุดสิ้นสุดการเดินทาง (Finish point)	ระยอง	ระยอง	ระยอง	ระยอง	ระยอง	ระยอง
ความสามารถในการบรรทุกของรถบรรทุก (Q_k)	1	1	1	1	1	1
จำนวนของงานมากสุดที่สามารถให้บริการได้ (N_k)	11	11	11	11	11	11
เวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุก $[b_k, e_k]$	[19, 44]	[16, 44]	[14, 44]	[15, 44]	[10, 44]	[11, 44]

ตารางที่ 9: ข้อมูลความต้องการใช้บริการรถบรรทุกวิ่งเที่ยวเปล่า (งานขนส่ง)

Job/Request	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
จุดรับสินค้า (Pickup point)	ลำปาง	น่าน	เชียงราย	อุตรดิษฐ์	กรุงเทพฯ	เชียงใหม่	แพร่	พิจิตร	พิษณุโลก	ลำปาง	เชียงราย
จุดส่งสินค้า (Delivery point)	พิษณุโลก	ลำปาง	ลำปาง	นครสวรรค์	ระยอง	นครสวรรค์	ชลบุรี	ชลบุรี	ระยอง	กรุงเทพฯ	ระยอง
ระยะทางการวิ่งเที่ยวเปล่าที่ลดได้ (p_j)	238	215	229	237	187	463	657	449	566	613	1025
ปริมาณสินค้าที่ต้องการขนส่ง (q_j)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
เวลา (ชม.) ที่รถบรรทุกใช้ปฏิบัติงานขนส่ง (s_j)	3.98	3.69	3.86	3.96	3.34	6.79	9.21	6.61	8.08	8.66	13.81
กรอบเวลาที่อนุญาตให้รถบรรทุกนำส่งสินค้าได้ช้าที่สุด (l_j)	37	39	40	40	42	42	42	43	44	44	44

ตารางที่ 10: ข้อมูลระยะทาง (c_{ij}) และระยะเวลา (t_{ij}) ที่รถบรรทุกใช้ในการเดินทางระหว่างจุด*

	$R1^+$	$R2^+$	$R3^+$	$R4^+$	$R5^+$	$R6^+$	$R7^+$	$R8^+$	$R9^+$	$R10^+$	$R11^+$	F1	F2	F3	F4	F5	F6
	ลำปาง	น่าน	เชียงราย	อุตรดิตถ์	กรุงเทพฯ	เชียงใหม่	แพร่	พิจิตร	พิษณุโลก	ลำปาง	เชียงราย	ระยอง	ระยอง	ระยอง	ระยอง	ระยอง	ระยอง
S1 - เชียงราย	229 (2.87)	307 (3.84)	0 (0)	305 (3.82)	838 (10.48)	190 (2.38)	234 (2.93)	479 (5.99)	414 (5.18)	229 (2.87)	0 (0)	1025 (12.82)	1025 (12.82)	1025 (12.82)	1025 (12.82)	1025 (12.82)	1025 (12.82)
S2 - เชียงใหม่	114 (1.43)	432 (5.4)	190 (2.38)	246 (3.08)	706 (8.83)	0 (0)	210 (2.63)	400 (5)	349 (4.37)	114 (1.43)	190 (2.38)	893 (11.17)	893 (11.17)	893 (11.17)	893 (11.17)	893 (11.17)	893 (11.17)
S3 - แพร่	96 (1.2)	119 (1.49)	234 (2.93)	72 (0.9)	557 (6.97)	210 (2.63)	0 (0)	240 (3)	175 (2.19)	96 (1.2)	234 (2.93)	744 (9.3)	744 (9.3)	744 (9.3)	744 (9.3)	744 (9.3)	744 (9.3)
S4 - ลำปาง	0 (0)	215 (2.69)	229 (2.87)	131 (1.64)	613 (7.67)	114 (1.43)	96 (1.2)	299 (3.74)	238 (2.98)	0 (0)	229 (2.87)	800 (10)	800 (10)	800 (10)	800 (10)	800 (10)	800 (10)
S5 - พิจิตร	299 (3.74)	357 (4.47)	479 (5.99)	170 (2.13)	349 (4.37)	400 (5)	240 (3)	0 (0)	57 (0.72)	299 (3.74)	479 (5.99)	536 (6.7)	536 (6.7)	536 (6.7)	536 (6.7)	536 (6.7)	536 (6.7)
S6 - พิษณุโลก	238 (2.98)	292 (3.65)	414 (5.18)	108 (1.35)	379 (4.74)	349 (4.37)	175 (2.19)	57 (0.72)	0 (0)	238 (2.98)	414 (5.18)	566 (7.08)	566 (7.08)	566 (7.08)	566 (7.08)	566 (7.08)	566 (7.08)
$R1^-$ - พิษณุโลก	- -	292 (3.65)	414 (5.18)	108 (1.35)	379 (4.74)	349 (4.37)	175 (2.19)	57 (0.72)	0 (0)	238 (2.98)	414 (5.18)	566 (7.08)	566 (7.08)	566 (7.08)	566 (7.08)	566 (7.08)	566 (7.08)
$R2^-$ - ลำปาง	- -	- -	229 (2.87)	131 (1.64)	613 (7.67)	114 (1.43)	96 (1.2)	299 (3.74)	238 (2.98)	0 (0)	229 (2.87)	800 (10)	800 (10)	800 (10)	800 (10)	800 (10)	800 (10)
$R3^-$ - ลำปาง	- -	- -	- -	131 (1.64)	613 (7.67)	114 (1.43)	96 (1.2)	299 (3.74)	238 (2.98)	0 (0)	229 (2.87)	800 (10)	800 (10)	800 (10)	800 (10)	800 (10)	800 (10)
$R4^-$ - นครสวรรค์	- -	- -	- -	- -	248 (3.1)	463 (5.79)	315 (3.94)	104 (1.3)	134 (1.68)	371 (4.64)	555 (6.94)	435 (5.44)	435 (5.44)	435 (5.44)	435 (5.44)	435 (5.44)	435 (5.44)
$R5^-$ - ระยอง	- -	- -	- -	- -	- -	893 (11.17)	744 (9.3)	536 (6.7)	566 (7.08)	800 (10)	1025 (12.82)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
$R6^-$ - นครสวรรค์	- -	- -	- -	- -	- -	- -	315 (3.94)	104 (1.3)	134 (1.68)	371 (4.64)	555 (6.94)	435 (5.44)	435 (5.44)	435 (5.44)	435 (5.44)	435 (5.44)	435 (5.44)
$R7^-$ - ชลบุรี	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	449 -	479 (5.99)	713 (8.92)	938 (11.73)	98 (1.23)	98 (1.23)	98 (1.23)	98 (1.23)	98 (1.23)	98 (1.23)

ตารางที่ 10 (ต่อ)

	$R1^+$	$R2^+$	$R3^+$	$R4^+$	$R5^+$	$R6^+$	$R7^+$	$R8^+$	$R9^+$	$R10^+$	$R11^+$	F1	F2	F3	F4	F5	F6
	ลำปาง	น่าน	เชียงราย	อุตรดิตถ์	กรุงเทพฯ	เชียงใหม่	แพร่	พิจิตร	พิษณุโลก	ลำปาง	เชียงราย	ระยอง	ระยอง	ระยอง	ระยอง	ระยอง	ระยอง
$R8^-$ - ชลบุรี	-	-	-	-	-	-	-	-	479	713	938	98	98	98	98	98	98
	-	-	-	-	-	-	-	-	(5.99)	(8.92)	(11.73)	(1.23)	(1.23)	(1.23)	(1.23)	(1.23)	(1.23)
$R9^-$ - ระยอง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	800	1025	0	0	0	0	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(10)	(12.82)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
$R10^-$ - กรุงเทพฯ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	838	187	187	187	187	187	187
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(10.48)	(2.34)	(2.34)	(2.34)	(2.34)	(2.34)	(2.34)
$R11^-$ - ระยอง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)

หมายเหตุ * จุดในที่นี้ใช้แทนจุดเริ่มต้น/สิ้นสุดการวิ่งเที่ยวเปล่าของรถบรรทุกแต่ละคัน และงานขนส่งแต่ละงาน

( ) คือ ระยะเวลาในการเดินทาง t_{ij} มีหน่วยชั่วโมง

- คือ ค่าระยะทางและระยะเวลาจะไม่ถูกใช้ในแบบจำลอง เนื่องจากงานแต่ละงานได้ถูกจัดลำดับมาแล้วและเงื่อนไขกำหนดไม่อนุญาตให้งานที่รถบรรทุกจะให้บริการถัดจากงานที่ให้บริการเสร็จแล้วเป็นงานที่ถูกจัดลำดับเอาไว้ก่อนหน้า