

การพัฒนาฮิวริสติกส์เพื่อจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ ณ เวลาที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป

Heuristics of the real-time time-dependent vehicle routing problem for relief logistics in disaster

ธนาภา ควรพุดงค์ดี และ สรวิชญ์ เยาวสุวรรณไชย
สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Email: thanapha.tk@mail.kmutt.ac.th



บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ ณ เวลาเมื่อทราบว่าคุณสมบัติมีการเปลี่ยนแปลงไป (Real - Time) เพื่อนำอาหารและสิ่งของจำเป็นไปให้บริการรับและส่งมอบตามพื้นที่ที่ประสบภัยพิบัติแต่ละแห่งต้องการ โดยการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สุดท้ายในงานวิจัยของวรรณวิภา วรรณศิริ หรือ Wanwipa Model 2 มาพัฒนาต่อยอด โดยนำแนวคิดการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) มาใช้หาคำตอบ ผู้วิจัยได้พัฒนาฮิวริสติกส์ขึ้นมา 3 วิธี มีเป้าหมายในการหาค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการจัดเส้นทางรถขนส่งอาหารและสิ่งของจำเป็น โดยใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) ภายใต้ข้อจำกัดแบบเดียวกันกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 ซึ่งผลจากการนำฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธี มาทดสอบด้วยสถานการณ์ตัวอย่างโดยการเขียนเป็นโปรแกรม Visual Basic for Applications (VBA) ใน Microsoft Excel พบว่าเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีสามารถหาคำตอบที่เป็น Feasible Solution ที่ดีกว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้นด้วยโปรแกรม LINGO และใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่า



คำสำคัญ:

ฮิวริสติกส์ การรับและส่งมอบสิ่งของจำเป็น กระบวนการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ



Abstracts

This research is studied about the vehicle routing problem for relief logistics in natural disasters when related information was changed in real-time. The process is pickup and delivery emergency materials to disaster areas. Three heuristics were developed based on the second mathematical



model of Wanwipa Wannasiri's research or Wanwipa Model 2. These heuristics consider same constraints with Wanwipa Model 2 which are multiple depots, limited supplies and other related constraints. Objective function is to find vehicle routing with appropriated total cost by using low process time. 30 experimental problems were developed to test these model in Visual Basic for Applications (VBA), Microsoft Excel. In conclusion, these three heuristics can find the better feasible solution by using lower process time than Linear Programming in large problems.

Keywords:

heuristic, pickup and delivery emergency materials, relief logistics, vehicle routing problem

1. บทนำ

ปัจจุบันแนวโน้มการเกิดภัยพิบัติที่มีความรุนแรงและมีความถี่มากขึ้นจากเหตุภัยพิบัติในอดีตมีทั้งเหตุการณ์ที่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า และไม่สามารถคาดการณ์ได้ [1,2] อย่างไรก็ตามผลกระทบและความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินยังคงเกิดขึ้นไม่มากนักน้อย อาหารและสิ่งของที่จำเป็นในด้านต่างๆ เช่น น้ำ อาหาร และยา ควรไปให้ถึงพื้นที่ประสบภัยพิบัติโดยเร็วที่สุด เพื่อลดผลกระทบและความเสียหาย ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญในการส่งมอบความช่วยเหลือกรณีเกิดภัยพิบัติ ดังนั้นจึงดำเนินการศึกษาแนวทางแก้ปัญหาการจัดการขนส่งสำหรับการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ (Relief Logistics) โดยศึกษาแนวคิดและวิธีการดำเนินงานของวรรณศิริ [3] ที่ได้พัฒนาต่อยอดมาจากแนวคิดและวิธีการดำเนินงาน Hsueh และคณะ [5] เกี่ยวกับการพัฒนาปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีการรับและส่งมอบอาหารและสิ่งของจำเป็น (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery) เพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ

1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของวรรณศิริ [3] ได้นำแบบ

จำลองทางคณิตศาสตร์ของ Hsueh และคณะ [5] หรือในงานวิจัยนี้ขอเรียกว่า Hsueh Model มาพัฒนาต่อยอดเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 2 แบบจำลอง โดยในงานวิจัยนี้ขอเรียกว่า Wanwipa Model 1 และ Wanwipa Model 2 โดย Wanwipa Model 1 เป็นการแปลงสมการจากเดิมของ Hsueh Model ที่ประกอบด้วยสมการที่ไม่เป็นเส้นตรงให้เป็นสมการเส้นตรงทั้งหมด (Linearized Constraints) เพื่อให้คำตอบที่ได้จากวิธีกำหนดการเชิงเส้น เป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimum) และใน Wanwipa Model 2 วรรณศิริ ได้เพิ่มการพิจารณาเงื่อนไขการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งอาหารและสิ่งของจำเป็นจากเดิมที่ Hsueh Model พิจารณาเพียงแค่ศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นแห่งเดียว (Single Depot) เป็นปัญหาที่สามารถหาคำตอบเมื่อมีศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นหลายแห่ง (Multiple Depot) ได้ และมีเงื่อนไขในการพิจารณาเมื่อปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของพื้นที่ประสบภัยพิบัติ (Limited Supplies) โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งอาหารและสิ่งของจำเป็นที่ต่ำที่สุดภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ที่สามารถดำเนินการช่วยเหลือ

การพัฒนาฮิวริสติกส์เพื่อจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับช่วยเหลือ
ผู้ประสบภัยพิบัติ ณ เวลาที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป



ผู้ประสบภัยพิบัติได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ งานวิจัยของ Hsueh และคณะ [5] ศึกษา ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งอาหารและ สิ่งของจำเป็นเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติแบบมี การรับและส่งมอบ (Pickup and Delivery) ณ เวลา เมื่อทราบว่าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป (Real-Time) มีการพิจารณาศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็น 1 แห่ง (Single Depot) และปริมาณอาหารและสิ่งของ จำเป็นมีเพียงพอต่อความต้องการของพื้นที่ประสบภัยพิบัติ ทั้งหมด (Unlimited Supplies) และหาคำตอบของ

ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) ซึ่งเป็นงานวิจัย ต่อยอดมาจากงานวิจัยของ Chen และคณะ [4] งานวิจัยของ Chen และคณะ [4] ได้พัฒนา แนวทางในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่ง อาหารและสิ่งของจำเป็น ณ เวลาเมื่อทราบว่าข้อมูลมี การเปลี่ยนแปลงไป และแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) โดยใช้แนวคิด Insertion และ Or-opt ในการพัฒนาฮิวริสติกส์ และทำการทดสอบ ด้วยปัญหาทดสอบ (Test problem) 56 ปัญหาที่ พัฒนาโดย Solomon

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบงานวิจัยของ Hsueh และคณะ [5] งานของวรวิภา วรรณศิริ [3] และงานของผู้วิจัย

เกณฑ์ที่พิจารณา		Hsueh และคณะ	วรวิภา วรรณศิริ	วรวิภา วรรณศิริ	ผู้วิจัย
		(Hsueh Model)	(Wanwipa Model 1)	(Wanwipa Model 2)	
1	เป้าหมายของงานวิจัย	เวลารวมที่ใช้ในการดำเนินการขนส่งทั้งหมดที่น้อยที่สุด	เวลารวมที่ใช้ในการดำเนินการขนส่งทั้งหมดที่น้อยที่สุด	ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งที่ต่ำที่สุด	ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งที่ต่ำที่สุด
2	จำนวนของศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็น	1 แห่ง (Single Depot)	1 แห่ง (Single Depot)	หลายแห่ง (Multiple Depot)	หลายแห่ง (Multiple Depot)
3	ลักษณะของสมการ Constraint	บาง Constraint เป็น Non-Linear	ทุก Constraint เป็น Linear ทั้งหมด	ทุก Constraint เป็น Linear ทั้งหมด	-
4	ปริมาณของอาหารและสิ่งของจำเป็น	มีเพียงพอต่อความต้องการในการส่งมอบ (Sufficient Supplies)	มีเพียงพอต่อความต้องการในการส่งมอบ (Sufficient Supplies)	มีไม่เพียงพอต่อความต้องการในการส่งมอบ (Limited Supplies)	มีไม่เพียงพอต่อความต้องการในการส่งมอบ (Limited Supplies)
5	วิธีที่ใช้แก้ปัญหา	ฮิวริสติกส์ (Heuristics)	วิธี Linear Programming ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	วิธี Linear Programming ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	ฮิวริสติกส์ (Heuristics) 3 วิธี

หมายเหตุ เครื่องหมาย “-” ในตารางที่ข้างต้น หมายถึง ไม่ได้พิจารณาลักษณะของสมการ

1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย

จุดประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้ คือ เพื่อพัฒนาฮิวริสติกส์ (Heuristics) สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีการรับและส่งมอบเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ (Vehicle Routing Problem

with Pickup and Delivery: VRPPD) ณ เวลาเมื่อทราบว่าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป (Real-Time) เช่น ความต้องการให้รับหรือให้ส่งอาหารและสิ่งของจำเป็นของพื้นที่ประสบภัยต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลง ระยะเวลาดำเนินการจากสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่หนึ่งที่มีการ



เปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสาเหตุใดๆ ก็ตาม หรือจำนวนรถที่ให้บริการมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีเงื่อนไขการพิจารณาเป็นไปตามเงื่อนไขการดำเนินงานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 และมีเป้าหมายในการหาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เหมาะสมที่ใช้ในการดำเนินการจัดเส้นทางรถขนส่งอาหารและสิ่งของจำเป็น ในเวลาที่น้อยกว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้น เนื่องจากทางผู้วิจัยได้ศึกษาและได้สังเกตเห็นว่าแนวคิดการแก้ปัญหาโดยวิธีกำหนดการเชิงเส้น ที่วรวิภา วรรณศิริ [3] ใช้ นั้น เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นยิ่งใช้เวลาในการหาคำตอบที่นานขึ้น ขัดแย้งกับแนวคิดในการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติซึ่งควรจะดำเนินการช่วยเหลือให้เร็วที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำแนวคิดการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) มาใช้หาคำตอบโดยใช้โปรแกรม Visual Basic for Applications (VBA) ใน Microsoft Excel โดยพัฒนาต่อยอดจนเกิดเป็นงานวิจัยฉบับนี้ซึ่งแนวคิดการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) สามารถหาคำตอบที่สามารถยอมรับได้ในเวลาที่รวดเร็วกว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้น ซึ่งความแตกต่างระหว่างงานวิจัยของ Hsueh และคณะ [5] งานของวรวิภา วรรณศิริ [3] และของผู้วิจัยได้ถูกแสดงไว้อย่างชัดเจนในตารางที่ 1

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การดำเนินงานวิจัยนี้เริ่มจากการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 ซึ่งเป็นแบบจำลองสุดท้ายในงานวิจัยของวรวิภา วรรณศิริ [3] มาศึกษา โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 เป็นแบบจำลองที่ใช้จัดเส้นทางรถขนส่งแบบมีการรับและส่งมอบ (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery: VRPPD)

ณ เวลาเมื่อทราบข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไป (ณ เวลา τ) มีเงื่อนไข การพิจารณา คือ มีศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นหลายแห่ง (Multiple Depot) ปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นมีอยู่อย่างจำกัด (Limited Supplies) โดยมีเป้าหมายคือการหาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินการจัดเส้นทางรถขนส่งอาหารและสิ่งของจำเป็นที่ต่ำที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ จากนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 มาพัฒนาต่อยอดเป็นฮิวริสติกส์ 3 วิธี ที่พิจารณาศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นหลายแห่ง (Multiple Depot) และปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นจะมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของพื้นที่ประสบภัยพิบัติ (Limited Supplies) ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเดียวกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 ทุกประการ โดยมีเป้าหมายคือการหาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เหมาะสมที่ใช้ในการดำเนินการจัดเส้นทางรถขนส่งอาหารและสิ่งของจำเป็น โดยใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้น โดยผู้วิจัยได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 มาอธิบายสภาพปัญหาได้ดังนี้

สมมุติว่า ณ นาทีที่ 0 มีการวางแผนจัดเส้นทางรถ โดยให้รถคันที่ 1 ไปบริการพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ตั้งอยู่ที่ Node 3 และ 7 ตามลำดับ และให้รถคันที่ 2 ไปบริการพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ตั้งอยู่ที่ Node 4, 5 และ 6 ตามลำดับ เมื่อทั้ง 2 คันบริการครบทุกพื้นที่ภัยพิบัติที่ได้รับมอบหมาย รถทุกคันจะกลับไปยังศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นที่รถแต่ละคันประจำอยู่ อย่างไรก็ตาม เมื่อผ่านไป 5 นาที หรือ ณ นาทีที่ 5 ($\tau = 5$) กำหนดเวลาในการให้บริการรับและส่งมอบอาหารและสิ่งของจำเป็น (dt_i) ของพื้นที่



ประสาภัยพิบัติที่ตั้งอยู่ที่ Node 7 มีการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ต้องไปบริการรับและส่งของให้เร็วขึ้น แตรถคันที่ 1 และ 2 ($K_{a(i)}$) ได้ออกไปบริการพื้นที่ประสาภัยที่ตั้งอยู่ที่ Node 3 และ 4 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ดังภาพที่ 1 ซึ่งเป็นสถานการณ์ก่อนที่จะทำการพิจารณาว่าควรปรับเปลี่ยนเส้นทางเดินรถใหม่หรือไม่

ณ เวลาเมื่อทราบว่ามีข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป (ณ เวลา) โดยเรียกพื้นที่ประสาภัยพิบัติที่ Node 3 และ 4 ว่าเป็นพื้นที่ประสาภัยพิบัติที่ได้รับการแล้ว หรือ Served Node (K_s) ส่วนพื้นที่ประสาภัยพิบัติที่ยังไม่ได้รับการบริการจะเรียกว่า Unserved Node (K_u) ได้แก่ Node 5, 6 และ 7 โดยงานวิจัยฉบับนี้ คือ การจัดเส้นทางเดินรถใหม่ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ณ เวลาเมื่อทราบว่ามีข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป (ณ เวลา

τ) โดยภาพที่ 2 คือ การปรับเปลี่ยนเส้นทางเดินรถใหม่ ณ เวลาเมื่อทราบว่ามีข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป (ณ เวลา τ) ให้มีความเหมาะสมมากขึ้นในการไปให้บริการพื้นที่ประสาภัยพิบัติอื่นๆ ที่ยังไม่ได้รับบริการ

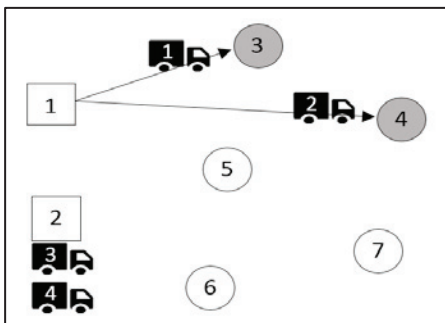
□ แทนศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็น (Depot Node, N_d)

● แทนพื้นที่ประสาภัยพิบัติที่ได้รับการแล้ว (Served Node, N_s)

○ แทนพื้นที่ประสาภัยพิบัติที่ยังไม่ได้รับบริการ (Unserved Node, N_u)

→ แทนเส้นทางที่รถที่ใช้ในการขนส่งที่เดินทางไปแล้ว ณ เวลา τ

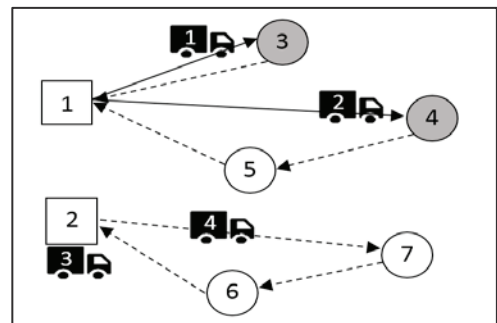
---> แทนเส้นทางที่รถที่ใช้ในการขนส่งยังไม่ได้เดินทางไป ณ เวลา τ



ภาพที่ 1 เส้นทางเดินรถขนส่งของก่อนการหาคำตอบ ณ เวลา (นาฬิกาที่ 5)

(เส้นทางเดินรถของรถคันที่ 1 คือ 1 - 3 - ...)

(เส้นทางเดินรถของรถคันที่ 2 คือ 1 - 4 - ...)



ภาพที่ 2 ตัวอย่างเส้นทางเดินรถขนส่ง หลังการหาคำตอบ ณ เวลา (นาฬิกาที่ 5)

(เส้นทางเดินรถของรถคันที่ 1 คือ 1 - 3 - 1)

(เส้นทางเดินรถของรถคันที่ 2 คือ 1 - 4 - 5 - 1)

(เส้นทางเดินรถของรถคันที่ 4 คือ 2 - 7 - 6 - 2)

โดยสมมุติฐานในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 มีดังนี้ คือ (1) ทราบปริมาณของอาหารและสิ่งของจำเป็นที่ต้องการให้รับและส่งมอบของพื้นที่ประสาภัยพิบัติแต่ละแห่ง ณ เวลา (2) ทราบเวลาที่ใช้ในการขนส่งจากทุก Node ไปยังทุก Node (3)

แต่ละ Node เป็นได้เพียงศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็น หรือพื้นที่ประสาภัยพิบัติเพียงอย่างเดียวเท่านั้น (4) อาหารและสิ่งของจำเป็นที่ทำการรับและส่งมอบทั้งหมดถูกกำหนดให้มีหน่วยเป็นกล่อง (5) เมื่อทำการรับและส่งมอบอาหารและสิ่งของจำเป็นตาม



ที่ได้รับมอบหมายแล้ว รถทุกคันที่ให้บริการจะกลับมายังศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นเดิมที่รถแต่ละคันประจำอยู่ (6) รถทุกคันที่ไปยังพื้นที่ประสบภัยพิบัติต้องรับอาหารและสิ่งของจำเป็นในปริมาณที่เท่ากับปริมาณที่พื้นที่ประสบภัยแต่ละแห่งต้องการได้รับ (Quantity Picked Up) ซึ่งในงานของวรรณวิภาวรรณศิริ [3] ได้เขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 ไว้ดังนี้

Notations:

Indices:

i : ดัชนีแทนลำดับของ Node i
 j : ดัชนีแทนลำดับของ Node j
 h : ดัชนีแทนลำดับของ Node h
 k : ดัชนีแทนลำดับของรถคันที่ k
 m : ดัชนีแทนลำดับชนิดของอาหารและสิ่งของจำเป็นชนิดที่ m

Sets:

N : เซตของ Node ทั้งหมด
 N_d : เซตของ Node ที่เป็นตัวแทนของศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็น (Subscript d ย่อมาจากคำว่า depot)
 N_s : เซตของ Node ที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ได้รับบริการแล้ว (Subscript s ย่อมาจากคำว่า Served)
 N_{su} : เซตของ Node ที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ยังไม่ได้รับบริการ (Subscript u ย่อมาจากคำว่า Unserved)
 N : เซตของ Node ที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ได้รับบริการแล้ว และพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ยังไม่ได้รับบริการ
 N : เซตของรถทั้งหมด

$N_{d(i)}$: เซตของรถทั้งหมดที่ประจำอยู่แต่ละศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็น d ที่ตั้งอยู่ที่ Node i (ไม่ว่ารถแต่ละคันจะอยู่ที่ใด ณ เวลา τ ก็ตาม)

$\hat{N}_{d(i)}$: เซตของรถที่อยู่ที่ศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็น d ที่ตั้งอยู่ที่ Node i ณ เวลา τ

$\bar{N}_{a(i)}$: เซตของรถที่อยู่พื้นที่ที่ประสบภัยพิบัติ a ที่ตั้งอยู่ที่ Node i ณ เวลา τ

M : เซตของชนิดของอาหารและสิ่งของจำเป็นทั้งหมด

Input Parameters:

τ : จุดของเวลาเมื่อทราบว่ามีข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป มีหน่วยเป็น นาที

β : ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง มีหน่วยเป็น บาท/นาทีก

G : จำนวนที่มีค่ามาก (Big M)

t_{ij} : เวลาเดินทางจาก Node i ไป Node j มีหน่วยเป็น นาที

pd_i : อัตราส่วนของค่าปรับเมื่อรถที่ให้บริการมาช้ากว่าเวลาที่กำหนดในการรับและส่งมอบอาหารและสิ่งของจำเป็นของพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ตั้งอยู่ที่ Node มีหน่วยเป็น บาท/นาทีก

pq_{im} : อัตราส่วนของค่าปรับเมื่อปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นที่ส่งมอบให้พื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ตั้งอยู่ที่ Node i มีไม่เพียงพอต่อความต้องการ มีหน่วยเป็น บาท/กล่อง

dl_i : เวลาที่กำหนดในการให้บริการรับและส่งมอบอาหารและสิ่งของจำเป็นของ Node i มีหน่วยเป็น นาที

s_i : เวลาที่ให้บริการของ Node i มีหน่วยเป็น นาที

θ : จำนวนของ Node ทั้งหมด ($\theta=IM$)



QD_{im} : ปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นชนิด m ที่ต้องการให้ส่งมอบให้พื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ตั้งอยู่ที่ Node i มีหน่วยเป็น กล่อง (QD ย่อมาจากคำว่า Quantity Delivered)

QP_{im} : ปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นชนิด m ที่ต้องการให้รับจากพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ตั้งอยู่ที่ Node i มีหน่วยเป็น กล่อง (QP ย่อมาจากคำว่า Quantity Picked Up)

C_k : ปริมาณความจุของรถคันที่ k มีหน่วยเป็น กล่อง

Q_{mk} : ปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นชนิด m ที่อยู่บนรถคันที่ k เมื่อออกจากศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็น ณ เวลา τ มีหน่วยเป็น กล่อง

Q_{mk} : ปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นชนิด m ที่อยู่บนรถคันที่ k เมื่อมาถึงพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ได้รับบริการแล้ว ณ เวลา τ มีหน่วยเป็น กล่อง

Decision Variables:

x_{ijk} : ตัวแปรตัดสินใจ โดยถ้า $x_{ijk} = 1$ แสดงว่าเดินทางจาก Node i ไป Node j ด้วยรถคันที่ k และถ้า $x_{ijk} = 0$ แสดงว่าไม่มีการเดินทางจาก Node i ไป Node j ด้วยรถคันที่ k

at_i : เวลาที่รถคันใดๆ เดินทางมาถึง Node i มีหน่วยเป็น นาที

lt_i : เวลาที่รถคันใดๆ มาถึงล่าช้าในการรับและส่งมอบอาหารและสิ่งของจำเป็นของ Node i มีหน่วยเป็น นาที

dt_{ik} : เวลาที่ออกเดินทางจากศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นที่ตั้งอยู่ที่ Node i ด้วยรถคันที่ k มีหน่วยเป็น นาที (โดยที่ i เป็นตัวแทนของศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นเท่านั้น)

dt_i : เวลาที่รถคันใดๆ ออกเดินทางจากพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ตั้งอยู่ที่ Node i มีหน่วยเป็น นาที (โดยที่ i เป็นตัวแทนของพื้นที่ประสบภัยพิบัติเท่านั้น)

td_{ij} : เวลาล่าช้าในการเดินทางของรถคันใดๆ จาก Node i ไป Node j มีหน่วยเป็น นาที

α_{ik} : ลำดับการมาถึงของรถคันที่ k ที่มาถึง Node i

Q_{jmk} : ปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นชนิด m ที่มาถึง Node j ด้วยรถคันที่ k มีหน่วยเป็น กล่อง

AQ_{im} : ปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นชนิด m ที่ส่งมอบให้พื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ตั้งอยู่ที่ Node i มีหน่วยเป็น กล่อง (AQ ย่อมาจากคำว่า Actual Quantity) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2:

Objective:

$$\text{Minimize } \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} \beta t_{ij} x_{ijk} + \sum_{i \in N_u} p d_i l t_i +$$

$$\sum_{i \in N_u} \sum_{m \in M} p q_{im} (QD_{im} - AQ_{im}), (1)$$

Subject to:

Constraint : 2 – 17 Time Constraints

$$l t_i \geq a t_i - d l_i, \quad \forall i \in N_u, (2)$$

$$l t_i \geq 0, \quad \forall i \in N_u, (3)$$

$$\sum_{j \in N} \sum_{k \in K} x_{ijk} = 1, \quad \forall i \in N_{su}, (4)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} x_{ijk} = 1, \quad \forall j \in N_{su}, (5)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ihk} - \sum_{j \in N} x_{hjk} = 0, \quad \forall h \in N, k$$



$$\begin{aligned} & \in K, \quad (6) \\ \sum_{j \in N} x_{ijk} &= 1, \quad \forall i \in N_s, k \\ & \in \bar{K}_{a(i)}, \quad (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{j \in N} x_{ijk} &\leq 1, \quad \forall i \in N_d, k \\ & \in K_{d(i)}, \quad (8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{j \in N} x_{ijk} &= 0, \quad \forall i \in N_d, k \\ & \notin \bar{K}_{d(i)}, \quad (9) \\ x_{ijk} &\in \{0,1\}, \quad \forall i \in N, j \in N, k \in K, \quad (10) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (\theta - 3)x_{jik} + (\theta - 1)x_{ijk} + \alpha_{ik} \\ & \leq \alpha_{jk} + (\theta - 2), \\ & \forall i \in N_{su}, j \in N_{su}, k \in K_{d(i)}, \quad (11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} at_j &\geq dt_{ik} + t_{ij} - G(1 \\ & - x_{ijk}), \\ & \forall i \in N_d, j \in N_u, k \in \bar{K}_{d(i)}, \quad (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} td_{ij} &\geq at_j - t_{ij} - dt_{ik}, \\ & \forall i \in N_d, j \in N_u, k \in \bar{K}_{d(i)}, \quad (13) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} at_j &\geq dt_i + t_{ij} - G(1 - x_{ijk}), \\ & \forall i \in N_{su}, j \in N_u, k \in K, \quad (14) \end{aligned}$$

$$td_{ij} \geq at_j - t_{ij} - dt_i, \quad \forall i \in N_{su}, j \in N_u, \quad (15)$$

$$dt_{ik} = \tau, \quad \forall i \in N_d, k \in \bar{K}_{d(i)}, \quad (16)$$

$$dt_i = \begin{cases} \tau, & \forall i \in N_s, \\ at_i + s_i, & \forall i \in N_u, \end{cases} \quad (17)$$

สมการที่ (1) สมการเป้าหมาย (Objective Function) มีเป้าหมายในการหาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทางขนส่งอาหารและสิ่งของจำเป็น (Total Cost) ที่ต่ำที่สุด พิจารณาจากค่าใช้จ่าย 3 ส่วน ดังนี้ พจน์ที่ (1) ส่วนของค่าใช้จ่ายในการเดินทางทั้งหมด (Total Travel Cost) ที่พิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการเดินทางรวมที่มีหน่วยเป็นนาที่ (t_{ij}) นำไปคำนวณรวมกับอัตราส่วนของค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (β) พจน์ที่ (2) ส่วนของค่าปรับเมื่อรถที่ให้บริการมาช้ากว่าเวลาที่แต่ละพื้นที่ประสบภัยพิบัติกำหนดไว้ (Penalty of Deadline) พิจารณาจากเวลาที่รถที่ให้บริการมาถึงช้ากว่าเวลาที่แต่ละพื้นที่ประสบภัยพิบัติกำหนดที่มีหน่วยเป็นนาที่ (t_{ij}) นำไปคำนวณรวมกับค่าปรับเมื่อรถที่ให้บริการมาช้ากว่าเวลาที่กำหนดในการให้บริการของแต่ละพื้นที่ประสบภัยพิบัติ (pd_i) และพจน์ที่ (3) ส่วนของค่าปรับเมื่อรถที่มาให้บริการไม่สามารถส่งอาหารและสิ่งของจำเป็นครบตามจำนวนที่พื้นที่ประสบภัยพิบัติกำหนด (Penalty of Quantity) พิจารณาจากอัตราส่วนของค่าปรับเมื่อปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นที่ส่งมอบมีไม่เพียงพอกับความต้องการของแต่ละพื้นที่ประสบภัยพิบัติ (pq_{im}) และผลต่างของปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นที่ต้องการให้ส่งมอบ (QD_{im}) กับปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นที่สามารถส่งมอบได้จริง (AQ_{im})



สมการที่ (2) เวลาล่าช้าของรถคันใด ๆ เมื่อมาถึงพื้นที่ประสมภพที่กำหนดคือผลต่างของเวลาที่รถมาถึง (at_i) และเวลาที่พื้นที่ประสมภพกำหนดให้ต้องทำการบริการ (dl_i)

สมการที่ (11) สมการป้องกันการวิ่งวนซ้ำในเส้นทางย่อยเดิม (Break Sub Tour) ของ Miller และคณะ [6]

สมการที่ (12) และสมการที่ (14) เวลาที่รถเดินทางมาถึงแต่ละพื้นที่ประสมภพพิบัติที่ยังไม่ได้รับบริการ (at_j) เมื่อออกเดินทางจากศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นแต่ละแห่ง พิจารณาจากเวลาที่ออกเดินทาง (dt_{ik}) หรือเมื่อออกเดินทางพื้นที่ประสมภพพิบัติที่ได้รับบริการแล้ว หรือพื้นที่ประสมภพพิบัติที่ยังไม่ได้รับบริการ พิจารณาจากเวลาที่ออกเดินทาง (dt_i) รวมกับเวลาเดินทาง (t_{ij}) ของเส้นทางนั้น

สมการที่ (13) และสมการที่ (15) เวลาล่าช้าในการเดินทาง (ld_{ij}) เมื่อรถออกเดินทางจากศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นแต่ละแห่งหรือพื้นที่ประสมภพพิบัติที่ได้รับบริการแล้ว หรือพื้นที่ประสมภพพิบัติที่ยังไม่ได้รับบริการ พิจารณาจากเวลาที่เดินทางมาถึงพื้นที่ประสมภพพิบัติที่ยังไม่ได้รับบริการ (at_j) มีค่ามากกว่าเวลาที่ออกเดินทาง (dt_{ik} หรือ dt_i) รวมกับเวลาเดินทาง (t_{ij}) หรือไม่ หากมีค่ามากกว่าแสดงว่ามีความล่าช้าในการเดินทางของเส้นทางนั้น

สมการที่ (16) เมื่อเดินทางด้วยรถคันที่จอดอยู่ที่ศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นแต่ละแห่ง ณ เวลา τ ($\hat{K}_{d(i)}$) กำหนดให้เวลาที่ออกเดินทาง (dt_{ik}) เป็นเวลาเมื่อทราบว่าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป (τ)

สมการที่ (17) พื้นที่ประสมภพพิบัติที่ได้รับบริการแล้ว รถจะออกเดินทาง ณ เวลาเมื่อทราบว่าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป (ณ เวลา τ) และพื้นที่

ประสมภพพิบัติที่ยังไม่ได้รับบริการ รถจะออกเดินทางเมื่อนำเวลาเวลาที่รถเดินทางมาถึงพื้นที่ประสมภพพิบัติที่ยังไม่ได้รับบริการ (at_j) รวมกับเวลาที่ให้บริการของพื้นที่ประสมภพพิบัติที่ยังไม่ได้รับบริการนั้นๆ

Constraint : 18 – 28

Pickup and Delivery Quantity Constraints

$$QD_{im} \geq AQ_{im}, \quad \forall i \in N_{su}, m \in M, k \in K, \quad (18)$$

$$\sum_{i \in N} AQ_{im} \leq \sum_{k \in K} (\bar{Q}_{mk} + \bar{Q}_{mk}) + \sum_{i \in N} QP_{im}, \quad \forall i \in M, \quad (19)$$

$$\sum_{m \in M} (Q_{imk} - AQ_{im} + QP_{im}) - G(1 - \sum_{j \in N} x_{ijk}) \leq C_k, \quad \forall i \in N_{su}, k \in K, \quad (20)$$

$$Q_{jmk} \geq \bar{Q}_{mk} - G(1 - x_{ijk}), \quad \forall i \in N_d, j \in N_u, m \in M, k \in \bar{K}_{d(i)}, \quad (21)$$

$$Q_{jmk} \leq \bar{Q}_{mk} + G(1 - x_{ijk}), \quad \forall i \in N_d, j \in N_u, m \in M, k \in \bar{K}_{d(i)}, \quad (22)$$

$$Q_{jmk} \geq \bar{Q}_{mk} - AQ_{im} + QP_{im} - G(1 - x_{ijk}), \quad \forall i \in N_s, j \in N_u, m \in M, k \in \bar{K}_{d(i)}, \quad (23)$$

$$Q_{jmk} \leq \bar{Q}_{mk} - AQ_{im} + QP_{im} + G(1 - x_{ijk}), \quad \forall i \in N_s, j \in N_u, m \in M, k \in \bar{K}_{d(i)}, \quad (24)$$

$$Q_{jmk} \geq Q_{imk} - AQ_{im} + QP_{im} - G(1 - x_{ijk}), \quad \forall i \in N_u, j \in N_u, m \in M, k \in K,$$





(25)

$$Q_{jmk} \leq Q_{imk} - AQ_{im} + QP_{im} + G(1 - x_{ijk}),$$

$$\forall i \in N_u, j \in N_u, m \in M, k \in K,$$

(26)

$$Q_{jmk} \geq Q_{imk} - AQ_{im} + QP_{im}$$

$$- G(1 - x_{ijk}),$$

$$\forall i \in N_u, j \in N_d, m \in M, k \in K,$$

(27)

$$Q_{jmk} \leq Q_{imk} - AQ_{im} + QP_{im} + G(1 - x_{ijk}),$$

$$\forall i \in N_u, j \in N_d, m \in M, k \in K,$$

(28)

Constraint : 29 – 30

General Constraints

$$at_i, lt_i, dt_{ik}, dt_i, td_{ij} \in R^+,$$

$$\forall i \in N, j \in N, k \in K,$$

(29)

$$\alpha_{ik} \in R^+, \quad \forall i \in N, k \in K,$$

(30)

$$Q_{jmk}, AQ_{im} \in R^+, \quad \forall i \in N, m \in M, k \in K,$$

(31)

สมการที่ (19) ปริมาณอาหารและสิ่งของของ
จำเป็นแต่ละชนิดที่ส่งมอบได้จริง (AQ_{im}) ทั้งหมด
ของพื้นที่ประสบภัยพิบัติทุกแห่งไม่สามารถมีมากกว่า
จำนวนรวมของปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นเมื่อ
ออกจากแต่ละศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็น
($\hat{Q}_{mk}$) เมื่อมาถึงพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ได้รับการ
แล้ว ($\bar{Q}_{mk}$) และที่ได้รับมอบคุณ (QP_{im}) ทั้งหมดรวม
กันได้

สมการที่ (20) ปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็น
ทุกชนิดที่อยู่บนรถแต่ละคันหลังจากให้บริการในแต่ละ
พื้นที่ประสบภัยพิบัติแล้วจะต้องไม่เกินความจุของรถ
คันนั้น

สมการที่ (21) และสมการที่ (22) ปริมาณ
อาหารและสิ่งของจำเป็นแต่ละชนิด (Q_{jmk}) ที่มาถึง
พื้นที่ประสบภัยพิบัติที่ยังไม่ได้รับการ เมื่อรถออก
เดินทางจากศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็น
(Depot) แต่ละแห่ง พิจารณาจากปริมาณอาหารและ
สิ่งของจำเป็นแต่ละชนิดบนรถคันนั้น เมื่อออกจากศูนย์
กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็น ($\hat{Q}_{mk}$) ณ เวลา τ

สมการที่ (23) และสมการที่ (24) เหมือนสมการ
ที่ (21) และสมการที่ (22) แต่เป็นปริมาณอาหารและ
สิ่งของจำเป็นแต่ละชนิด (Q_{jmk}) ที่มาถึงพื้นที่ประสบ
ภัยพิบัติที่ยังไม่ได้รับการ เมื่อออกเดินทางจากพื้นที่
ประสบภัยพิบัติที่ได้รับการแล้ว (N_s)

สมการที่ (25) และสมการที่ (26) เหมือนสมการ
ที่ (21) และสมการที่ (22) แต่เป็นปริมาณอาหารและ
สิ่งของจำเป็นแต่ละชนิด (Q_{jmk}) ที่มาถึงพื้นที่ประสบ
ภัยพิบัติที่ยังไม่ได้รับการ เมื่อออกเดินทางจากพื้นที่
ประสบภัยพิบัติที่ยังไม่ได้รับการก่อนหน้า (N_u)

สมการที่ (27) และสมการที่ (28) ปริมาณ
อาหารและสิ่งของจำเป็นแต่ละชนิด (Q_{jmk}) ที่กลับ
มายังศูนย์กระจายอาหารและสิ่งของจำเป็นแต่ละแห่ง
หลังให้บริการครบทุกพื้นที่ประสบภัยพิบัติ พิจารณา
จากปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นที่มาถึงพื้นที่
ประสบภัยพิบัติลำดับสุดท้ายของรถคันนั้นๆ (Q_{imk})
หักปริมาณอาหารและสิ่งของจำเป็นที่ส่งมอบได้จริง
ออกไป (AQ_{im}) และรวมกับปริมาณอาหารและสิ่งของ
จำเป็นที่รับมา (QP_{im})



3. ผลการศึกษา

ในส่วนของผู้วิจัยได้พัฒนาฮิวริสติกส์ 3 วิธี ได้แก่ (1) Min Travel Time Heuristics (2) Min Arrival Time Heuristics และ (3) Min Cost Heuristics โดยเงื่อนไขการดำเนินงานของฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีเป็นไปตามเงื่อนไขของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 ทุกประการ เริ่มแรกผู้วิจัยมีแนวคิดในการลดค่าใช้จ่ายส่วนใดส่วนหนึ่ง ในฮิวริสติกส์ที่ (1) Min Travel Time Heuristics คือ ลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการเดินทางทั้งหมด (Total Travel Cost) และในฮิวริสติกส์ที่ (2) Min Arrival Time Heuristics คือ ลดค่าปรับเมื่อรถที่ให้บริการมาช้ากว่าเวลาที่แต่ละพื้นที่ประสบภัยพิบัติกำหนดไว้ (Penalty of Deadline)

การดำเนินงานของฮิวริสติกส์ที่ (1) Min Travel Time Heuristics สามารถอธิบายได้ดังนี้ ณ เวลาที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป (ณ เวลา T) ผู้วิจัยได้นำพื้นที่ประสบภัยทั้งหมดที่ยังไม่ได้รับบริการ (N_u) มาเรียงลำดับตามกำหนดเวลาที่กำหนดให้ต้องทำการรับและส่งมอบ (dl_j) อาหารและสิ่งของจำเป็น โดยเรียงจากพื้นที่ประสบภัยที่มีกำหนดเวลาต้องทำการรับและส่งมอบ (dl_j) ที่ใกล้ถึงกำหนดก่อนเป็นอันดับแรก ไปจนถึงกำหนดเวลาที่ถึงกำหนดเป็นอันดับสุดท้าย จากนั้นจึงเลือกไปบริการพื้นที่ประสบภัยที่ยังไม่ได้รับบริการที่มีกำหนดเวลาให้ต้องทำการรับและส่งมอบที่ใกล้ถึงกำหนดก่อนเป็นอันดับแรก โดยเลือกใช้รถ (K) ที่ทำให้ระยะเวลาเดินทางจากสถานที่ที่รถอยู่มาถึงพื้นที่ประสบภัยที่ยังไม่ได้รับบริการ (t_{ij}) สั้นที่สุดและต้องเป็นรถที่มีความสามารถเพียงพอในการรับอาหารและสิ่งของจำเป็นทั้งหมดที่พื้นที่ประสบภัยต้องการให้รับ หลังจากส่งมอบอาหารและสิ่งของจำเป็นที่พื้นที่

ประสบภัยต้องการให้ส่งแล้ว แผนภาพการดำเนินงานของ Min Travel Time Heuristics สามารถแบ่งเป็น 7 ขั้นตอน อธิบายได้ตามภาพที่ 3

การดำเนินงานของฮิวริสติกส์ที่ (2) Min Arrival Time Heuristics มีการดำเนินงานเหมือนฮิวริสติกส์ที่ (1) ทุกประการ ยกเว้นในขั้นตอนที่ 3 ให้เลือกใช้รถ (K) ที่ทำให้เวลาที่รถเดินทางมาถึงพื้นที่ประสบภัยที่ยังไม่ได้รับบริการ (at_j) ต่ำที่สุด และต้องเป็นรถที่มีความสามารถเพียงพอในการรับอาหารและสิ่งของจำเป็นทั้งหมดที่พื้นที่ประสบภัยต้องการให้รับ หลังจากส่งมอบอาหารและสิ่งของจำเป็นที่พื้นที่ประสบภัยต้องการให้ส่งแล้ว

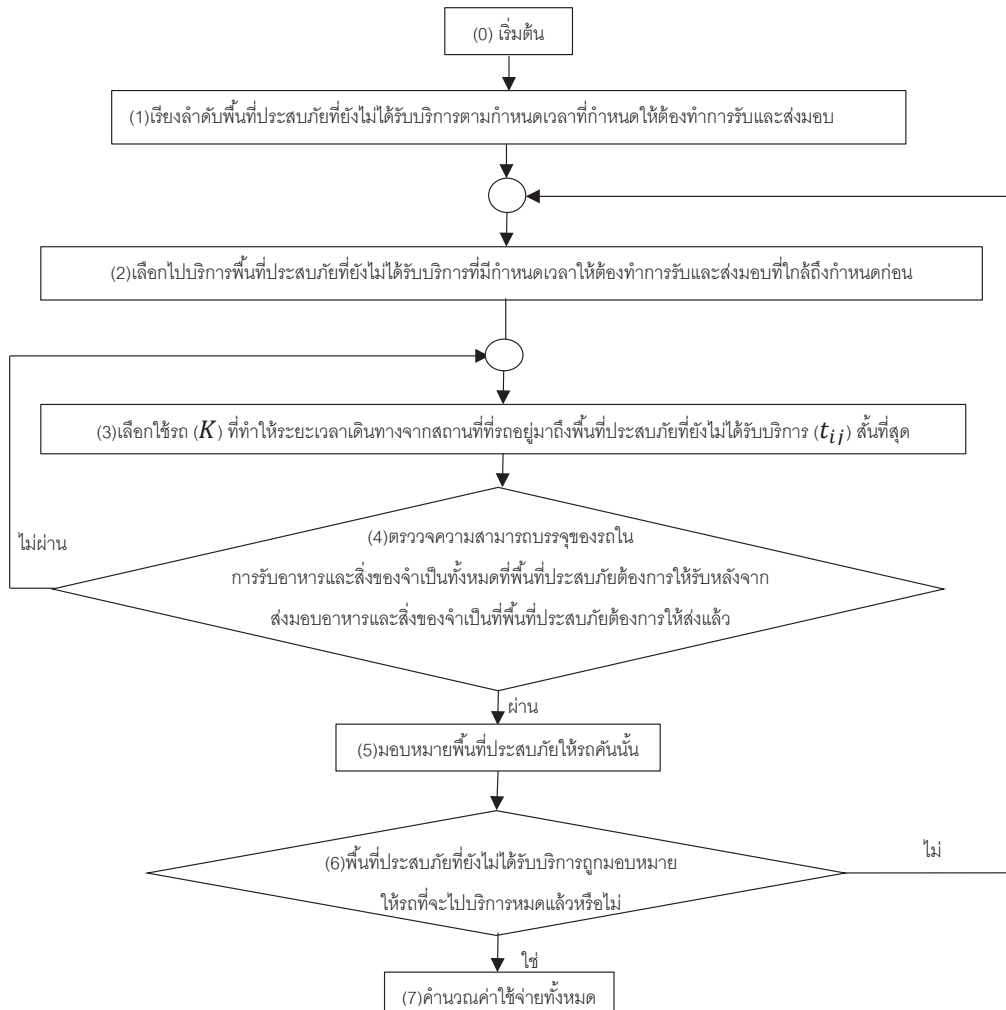
หลังจากการทดสอบ Min Travel Time Heuristics และ Min Arrival Time Heuristics ด้วยโปรแกรม Visual Basic for Applications (VBA) ใน Microsoft Excel พบว่าเมื่อค่าใช้จ่ายส่วนใดส่วนหนึ่งลดลง ค่าใช้จ่ายอีกสองส่วนจะเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาฮิวริสติกส์ที่ (3) Min Cost Heuristics ขึ้นมา

การดำเนินงานของฮิวริสติกส์ที่ (3) Min Cost Heuristics มีการดำเนินงานเหมือนฮิวริสติกส์ที่ (1) และ (2) ทุกประการ ยกเว้นในขั้นตอนที่ 3 ให้เลือกใช้รถ (K) ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากสถานที่ที่รถอยู่มาถึงพื้นที่ประสบภัยที่ยังไม่ได้รับบริการ ค่าปรับจากการมาถึงพื้นที่ประสบภัยล่าช้า และค่าปรับจากการส่งของไม่ครบตามกำหนดต่ำที่สุด และต้องเป็นรถที่มีความสามารถเพียงพอในการรับอาหารและสิ่งของจำเป็นทั้งหมดที่พื้นที่ประสบภัยต้องการให้รับ หลังจากส่งมอบอาหารและสิ่งของจำเป็นที่พื้นที่ประสบภัยต้องการให้ส่งแล้ว ความแตกต่างในขั้นตอนที่ 3 ของฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีถูกรวบรวมไว้ในตารางที่ 2



ผู้วิจัยได้สร้างปัญหาทดสอบ (Test Problem) ขึ้นมารวม 30 ปัญหา แบ่งเป็นขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ขนาดละ 10 ปัญหา โดยผู้วิจัยได้กำหนด ข้อมูลและค่าต่างๆ ขึ้นมาให้ความหลากหลายเพื่อ ทดสอบความสามารถในการหาคำตอบของฮิวริสติกส์ ที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อให้แน่ใจว่าฮิวริสติกส์ที่ถูกพัฒนา ขึ้นมีความสามารถในการหาคำตอบครอบคลุมทุก เงื่อนไขตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 โดยขนาดและลักษณะของปัญหาทดสอบ

(Test Problem) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 จากนั้นผู้ วิจัยได้นำฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีมาเขียนเป็นโปรแกรมบน Visual Basic for Applications (VBA) ใน Microsoft Excel และทดสอบด้วยปัญหาทดสอบ 30 ปัญหา นอกจากนั้นยังใช้ปัญหาทดสอบเดียวกันทดสอบโดย ใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้นด้วยโปรแกรม LINGO โดย คอมพิวเตอร์ CPU 3.00 GHz, RAM 4.0 GB และ Windows 7 Pro ได้ผลการทดสอบออกมาเป็นค่า ใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินการจัดเส้นทาง การเดินทางขนส่งมีหน่วยเป็นบาท ดังในตารางที่ 4



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงการดำเนินงานของ Min Travel Time Heuristics



ตารางที่ 2 แสดงความแตกต่างในขั้นตอนที่ 3 ของอีวิริสติกส์ทั้ง 3 วิธี

	Heuristics 3 วิธี		
	(1) Min Travel Time	(2) Min Arrival Time	(3) Min Cost
ขั้นตอน ที่ 3	เลือกใช้รถ (K) ที่ทำให้ระยะเวลาเดินทางจากสถานที่ที่รถอยู่มาถึงพื้นที่ประสบภัยที่ยังไม่ได้รับการบริการ (t_{ij}) สั้นที่สุด	เลือกใช้รถ (K) ที่ทำให้เวลาที่รถเดินทางมาถึงพื้นที่ประสบภัยที่ยังไม่ได้รับการบริการ (at_i) ต่ำที่สุด	เลือกใช้รถ (K) ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการเดินทางจากสถานที่ที่รถอยู่มาถึงพื้นที่ประสบภัยที่ยังไม่ได้รับการบริการ (βt_{ij}) ค่าปรับจากการมาถึงพื้นที่ประสบภัยล่าช้า (pd_{ilt_i}) และค่าปรับจากการส่งของไม่ครบตามกำหนดต่ำที่สุด ($pq_{im}(QD_{im} - AQ_{im})$)

ตารางที่ 3 แสดงขนาดและลักษณะของปัญหาทดสอบทั้ง 30 ปัญหา

Test Problem (tp)	Problem size	No. of Node	No. of Depot	No. of Served Node	No. of Unserved Node	No. of Truck	No. of Emergency Material
1-5	Small	6	2	1	3	3	2
6-10	Small	10	2	2	6	3	2
11-15	Medium	15	2	3	10	5	3
16-20	Medium	20	3	4	13	10	4
21-25	Large	25	3	6	16	15	4
26-30	Large	30	3	6	21	15	4

ตารางที่ 4 แสดงผลทดสอบจากอีวิริสติกส์ทั้ง 3 วิธีของผู้วิจัยเปรียบเทียบกับผลทดสอบจากวิธี Linear Programming โดยโปรแกรม LINGO

Test Problem (tp)	No. of Node	No. of Depot	No. of Truck	วิธี Heuristics			วิธี Linear Programming						
				Min Travel Time	Min Arrival Time	Min Cost	<=10 mins	30 mins	30 mins - 1hr.	1 hr.	2 hrs.	3 hrs.	Last State
1	6	2	3	91	163	80*	80						Global Optimum
2	6	2	3	104	127	102	96						Global Optimum
3	6	2	3	122	140	102*	102						Global Optimum
4	6	2	3	137	131	131	93						Global Optimum
5	6	2	3	146*	165	170	146						Global Optimum
6	10	2	3	260	302	147	121						Global Optimum
7	10	2	3	305	372	242	185						Global Optimum
8	10	2	3	548	500	480	196						Global Optimum
9	10	2	3	563	505	495	201						Global Optimum
10	10	2	3	870	870	865	410						Global Optimum
11	15	2	5	370	378	328	132	126	126				Global Optimum



12	15	2	5	683	513	512	146	134	134	134	129		Global Optimum
13	15	2	5	563	581	566	297	148	130	128			Global Optimum
14	15	2	5	899	602	698	130	130	130	130	130		Global Optimum
15	15	2	5	488	544	751	142	132	132	130			Global Optimum
16	20	3	10	<u>6535</u>	8460	8460	7085	7085	7085	7085	7085	7085	Feasible
17	20	3	10	7600	7505	7905	6365	5652	5652	5605	5605	5605	Feasible
18	20	3	10	6660	7595	7165	4165	4165	4165	4165	4165	4165	Feasible
19	20	3	10	<u>5960</u>	7320	6375	N/a	N/a	6220	6220	6220	6220	Feasible
20	20	3	10	<u>6415</u>	6880	7415	N/a	N/a	6845	6845	6845	6845	Feasible
21	25	3	15	<u>8255</u>	<u>10460</u>	<u>8825</u>	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	10505	Feasible
22	25	3	15	9346	9795	<u>7898</u>	N/a	N/a	8423	8423	8423	8423	Feasible
23	25	3	15	<u>10040</u>	<u>10380</u>	<u>10280</u>	N/a	N/a	13450	13450	13450	12710	Feasible
24	25	3	15	<u>11450</u>	<u>9370</u>	<u>8900</u>	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	21200	Feasible
25	25	3	15	<u>24930</u>	<u>25310</u>	<u>23800</u>	N/a	N/a	35760	35760	35710	35710	Feasible
26	30	3	15	<u>9785</u>	13140	<u>10355</u>	N/a	N/a	N/a	N/a	10405	10405	Feasible
27	30	3	15	<u>11765</u>	<u>12725</u>	<u>11495</u>	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a
28	30	3	15	<u>9675</u>	<u>12760</u>	<u>10245</u>	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a
29	30	3	15	<u>18440</u>	<u>13020</u>	<u>13170</u>	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a
30	30	3	15	<u>14400</u>	<u>17560</u>	<u>16880</u>	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a

หมายเหตุ

- N/a หมายถึง โปรแกรม LINGO ไม่สามารถหา Feasible Solution ได้ภายในเวลาที่กำหนด
- เครื่องหมายดอกจัน (*) หมายถึง คำตอบที่ได้จากฮิวริสติกส์นั้นมีค่าคำตอบเท่ากับ Global Optimum
- เครื่องหมายขีดเส้นใต้ () หมายถึง คำคำตอบที่ได้จากฮิวริสติกส์วิธีนั้นๆ ดีกว่าคำตอบที่ได้จากวิธี Linear Programming โดยโปรแกรม LINGO

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4 พบว่าในปัญหาขนาดเล็กที่มี Node รวม 6 Nodes (tp1-5) Min Travel Time Heuristics สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimum) ได้จำนวน 1 ปัญหา (tp_5) และ Min Cost Heuristics สามารถหาได้จำนวน 2 ปัญหา (tp_1 และ tp_3) โดยใช้เวลาเทียบเท่ากับวิธีการกำหนดการเชิงเส้น คือ 1 วินาที ซึ่งผู้วิจัยพบว่า พฤติกรรมของ Min Travel Time Heuristics และ Min Cost Heuristics มีความสอดคล้องกับสภาพปัญหาของทั้ง 3 ปัญหา (tp_1, 3 และ tp_5) ฮิวริสติกส์ทั้ง 2 วิธี จึงสามารถหาคำตอบ

ที่เป็น Global Optimum ได้ นอกเหนือจากปัญหาทดสอบ tp_1, 3 และ 5 แล้ว ปัญหาทดสอบอื่นๆ ฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีหาคำตอบได้เป็น Feasible Solution เท่านั้น

แต่เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นโดยมีจำนวน Node รวม 10-15 Nodes (tp_6-15) ฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีหาคำตอบได้เป็น Feasible Solution ภายใน 1 วินาที แต่วิธีการกำหนดการเชิงเส้น ยังคงสามารถหาคำตอบที่เป็น Global Optimum ได้ ถึงแม้จะต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นประมาณ 2 นาทีถึง 2 ชั่วโมง ดังนั้น ถ้ามองในมุม



ของปัญหาที่มีระยะเวลาในการแก้ไขปัญหาลำบาก ฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธี ทำได้ดีกว่า เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบน้อยกว่า แต่ถ้ามองในมุมของผลคำตอบโดยไม่คำนึงถึงระยะเวลาในการหาคำตอบ วิธีกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) สามารถหาผลคำตอบที่เป็น Global Optimum ได้โดยใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบมากกว่า

ปัญหาขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ที่มีจำนวน Node รวม 20-25 Nodes (tp_16-25) ทั้ง 10 ปัญหา วิธีกำหนดการเชิงเส้นสามารถหาคำคำตอบได้เพียง Feasible Solution เท่านั้น ถึงแม้จะใช้เวลาถึง 3 ชั่วโมงในการทดสอบ นอกจากนั้น คำตอบจาก 8 ใน 10 ของปัญหาทดสอบจาก Min Travel Time Heuristics และ Min Cost Heuristics ให้คำตอบที่ดีกว่าคำตอบที่ได้จากวิธีกำหนดการเชิงเส้น และถึงแม้จะให้เวลา 24 ชั่วโมงในการหาคำตอบ ค่าของคำตอบที่ได้ก็ยังคงเป็น Feasible Solution เท่านั้น

ในปัญหาขนาดใหญ่ที่มีจำนวน Node รวม 30 Nodes เมื่อเวลาผ่านไปถึง 3 ชั่วโมง ปัญหาส่วนใหญ่ที่หาคำตอบโดยวิธีกำหนดการเชิงเส้นไม่สามารถหาคำตอบได้ ถึงแม้จะมีบางปัญหาที่หาคำตอบได้ แต่ก็เป็นเพียงคำตอบที่เป็น Feasible Solution เท่านั้น และถึงแม้จะให้เวลา 24 ชั่วโมงในการหาคำตอบ ปัญหาขนาดใหญ่นี้ยังคงไม่สามารถหาคำตอบที่เป็น Feasible Solution ได้ อย่างไรก็ตาม ฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีสามารถให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้นในปัญหาขนาดใหญ่นี้และใช้เวลาไม่เกิน 1 วินาที ในปัญหาที่มีจำนวน Node รวม 35-40 Nodes โปรแกรม LINGO ไม่สามารถทำการทดสอบได้เนื่องจากข้อจำกัดของโปรแกรม แต่ฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีสามารถรองรับปัญหาที่มีจำนวน Node มากกว่า 30 Nodes ได้

4. สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากการทดสอบ ถ้าต้องการตอบสนองความต้องการของผู้ประสบภัยให้รวดเร็วที่สุด ในปัญหาขนาดเล็กวิธีกำหนดการเชิงเส้นมีความเหมาะสมในการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติมากกว่า เนื่องจากใช้เวลาในการหาคำตอบเท่ากับฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีแต่ให้คำตอบที่ดีกว่า อย่างไรก็ตาม ในปัญหาขนาดกลางและขนาดใหญ่ฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้น โดยเฉพาะฮิวริสติกส์ที่ (1) Min Travel Time Heuristics และฮิวริสติกส์ที่ (3) Min Cost Heuristics เนื่องจากสามารถหาคำตอบที่เป็น Feasible Solution ได้โดยใช้เวลาในการหาคำตอบสั้นกว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้น โดยใช้เวลาไม่เกิน 1 วินาที โดยเฉพาะในปัญหาขนาดใหญ่ที่มีจำนวน Node มากกว่า 20 Nodes ขึ้นไป ฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีสามารถหาคำตอบที่ดีกว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้น และสามารถลดเวลาในการหาคำตอบได้ถึง 99.99%

ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดในการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติที่ความช่วยเหลือควรไปถึงพื้นที่ประสบภัยพิบัติโดยเร็วที่สุด ผู้วิจัยจึงสรุปว่าฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีมีความเหมาะสมในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติที่มีขนาดกลางไปถึงใหญ่ หรือมีพื้นที่ภัยพิบัติต้องไปทำการบริการมากกว่า 20 Node และข้อดีของการเขียนฮิวริสติกส์บนโปรแกรม Visual Basic For Application ใน Microsoft Excel คือ ผู้ที่ไม่มีมีความเชี่ยวชาญด้านการเขียนโค้ดโปรแกรมและสมการทางคณิตศาสตร์สามารถใช้งานได้ง่ายกว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้น



อย่างไรก็ตาม ฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีเป็นเพียงฮิวริสติกส์ตั้งต้นเท่านั้น ในอนาคตผู้วิจัยมีแนวทางในการพัฒนาฮิวริสติกส์ที่สามารถหาคำคำตอบที่ดีขึ้น ด้วยวิธีสร้างเส้นทางตั้งต้น (Initial Solution) ด้วยวิธี Random Multi-Start Method และจะนำเส้นทางตั้งต้นมาปรับปรุงคำตอบ (Improvement Solution) ด้วยแนวคิด 2-O pt และ Node-Exchange

5. ข้อเสนอแนะ

เพิ่มหรือปรับเปลี่ยนเงื่อนไขของฮิวริสติกส์ (Heuristics) ที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งอาหารและสิ่งของจำเป็นเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติให้มีความเหมาะสมกับสภาพสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น ดังนี้

1. ชนิดของอาหารและสิ่งของจำเป็น (EM) ที่ต่างกันควรมีกำหนดเวลาที่ให้บริการรับและส่งมอบอาหารและสิ่งของจำเป็น (dl_i) ต่างกัน เพราะความเร่งด่วนในความต้องการใช้ชนิดของอาหารและสิ่งของจำเป็น (EM) ต่างๆ อาจไม่เท่ากัน เช่น ความต้องการใช้เลือดเร่งด่วนกว่าความต้องการอาหาร

2. ข้อจำกัดที่บังคับให้รถคันใดๆ ที่ไปให้บริการพื้นที่ประสบภัยที่ยังไม่ได้รับการใดๆ ต้องรับอาหารและสิ่งของที่จำเป็นที่พื้นที่ประสบภัยพิบัตินั้นๆ ต้องการให้รับขึ้นรถทั้งหมดไม่มีความสมเหตุสมผล และเป็นข้อจำกัดที่ทำให้แบบจำลองคณิตศาสตร์ Wanwipa Model 2 และฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธี ไม่สามารถหาคำตอบได้ (Infeasible Solution) ถ้าปริมาณความจุของรถ (C_k) มีไม่เพียงพอ ดังนั้น ควรปรับเงื่อนไขให้รถที่ไปให้บริการสามารถรับอาหารและสิ่งของที่จำเป็นเท่าที่ปริมาณความจุของรถ (C_k) สามารถรับได้

งานวิจัยฉบับนี้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น ถ้าสามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลที่สามารถจัดเก็บข้อมูลแบบ Real-Time ซึ่งสามารถดึงข้อมูลระยะเวลา

เดินทาง ปริมาณความต้องการอาหารและสิ่งของจำเป็นที่ต้องการให้รับและส่งมอบ และสถานะรถเปลี่ยนแปลงไป ณ เวลาที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น ในกรณีที่เส้นทางขาด การเพิ่มลดปริมาณความต้องการอาหารและสิ่งของจำเป็นที่ต้องการให้รับและส่งมอบ รถเสีย ฯลฯ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำ และสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้งานได้ทันที

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2552, แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ.2553-2557, กระทรวงมหาดไทย, กรุงเทพฯ.
- [2] คณะกรรมการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ, 2558, แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ.2558, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, กรุงเทพฯ.
- [3] วรวิภา วรณศิริ, 2558, การจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบัณฑิตวิทยาลัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [4] Chen H.K., Hsueh C.F. and Chang M.S., 2005, "The real-time time-dependent vehicle routing problem", Transport Research Part E, Vol. 42, Issue. 5, pp. 383-408.
- [5] Hsueh C.F., Chen H.K. and Chou H.W., 2008, "Dynamic Vehicle Routing for Relief Logistics in Natural Disasters", Vehicle Routing Problem, pp.71-85.
- [6] Miller C. E., Tucker A. W. and Zemlin R. A. (1960). 'Integer programming formulation of traveling salesman problems', Journal of ACM, Vol. 7, pp.326-329.