

การประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาการประสานเสียงเพื่อแก้ปัญหาค้นหาเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัด

AN APPLICATION OF HARMONY SEARCH ALGORITHM TO SOLVE THE CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM

ตันติกร พิชญ์พิบูล, รศ.ดร.เรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย*
Tantikorn Pichpibul, Ruengsak Kawtummachai*

คณะบริหารธุรกิจ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
Faculty of Business Administration, Panyapiwat Institute of Management
* E-mail: ruengsak@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิธีการค้นหาการประสานเสียง (Harmony Search Algorithm) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถแก้ปัญหาค้นหาในเชิงวิศวกรรมได้อย่างหลากหลาย และได้นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาค้นหาเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัด เพื่อใช้ลดต้นทุนในการขนส่งของระบบโลจิสติกส์ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง จากปัญหาต้นแบบมาตรฐานที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการต่างๆ จากกลุ่มผู้วิจัยทั่วโลก ผลการทดลองพบว่าวิธีการค้นหาการประสานเสียงที่ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้นั้น สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด หรือเส้นทางยานพาหนะที่มีต้นทุนการขนส่งที่ถูกที่สุดได้ทั้งหมด ซึ่งทำให้มีความมั่นใจสูงว่าวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: วิธีการค้นหาการประสานเสียง, ปัญหาค้นหาเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัด

ABSTRACT

In this paper, we have studied the harmony search algorithm, which can solve many optimization problems in engineering field, and have applied it to solve the capacitated vehicle routing problem for reducing the transportation cost of logistics system. We have done the experiment by using 5 instances from a set of benchmark problem which is very popular for using to compare the performance of many algorithms from the researchers around the world. The computational results show that our harmony search algorithm can produce the best solution or the minimum transportation cost in all instances. Therefore, it is highly confident to apply the proposed algorithm into the practical problem.

Keywords: Harmony search algorithm, Capacitated vehicle routing problem.

บทนำ

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัด (Capacitated Vehicle Routing Problem) เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการด้านการขนส่ง ซึ่งอยู่ภายใต้กระบวนการของระบบโลจิสติกส์ ที่มีบทบาทสำคัญมากในการลดต้นทุนต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นต้นทุนการขนส่งเอง หรือต้นทุนการผลิตก็ตาม ปัญหาดังกล่าวได้ถูกนำเสนอโดย Dantzig and Ramser (1959: 80-81) โดยเริ่มต้นจากการจำลองศูนย์กระจายสินค้าขึ้นมา 1 แห่ง และหน่วยกระจายสินค้าอีกหลายๆ แห่ง หลังจากนั้นกระบวนการการจัดเส้นทางยานพาหนะจะทำการวางแผนเพื่อจัดลำดับ และเส้นทางการขนส่งสินค้าไปยังหน่วยกระจายสินค้าต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนการขนส่งสินค้าต่ำที่สุด ซึ่งการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้านั้น มีปัจจัยต่างๆ ที่มีลักษณะแปรปรวนอยู่ตลอดเวลา เช่น จำนวนของสินค้า หรือปริมาณของสินค้า เป็นต้น ดังนั้นเพื่อรองรับความแปรปรวนดังกล่าว จึงต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลการขนส่งสินค้าในแต่ละครั้งอย่างละเอียด เพื่อปรับปรุงระดับการจัดการการขนส่งสินค้าให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยภายหลังจากที่ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัดได้ถือกำเนิดขึ้นในปี ค.ศ.1959 ลักษณะของปัญหายังมีความยาก และความซับซ้อนมากขึ้นเรื่อยๆ ยกตัวอย่างเช่น ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะภายใต้กรอบจำกัดของเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows) ซึ่งถูกนำเสนอโดย Solomon (1987: 254-265) โดยลักษณะของปัญหานี้นอกจากจะพิจารณาจำนวน และปริมาณของสินค้าแล้ว ยังต้องพิจารณากรอบเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าในแต่ละครั้งด้วย กรอบเวลาที่ใช้ในการพิจารณาอาจประกอบไปด้วย เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ขึ้น-ลง จากยานพาหนะ หรือเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปยังหน่วยกระจายสินค้าแต่ละจุด เป็นต้น หลังจากนั้น Goetschalckx and Jacobs-Blecha (1989: 39-51) ได้นำเสนอปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบไป-กลับ (Vehicle Routing Problem with Backhauls) โดยลักษณะของปัญหานี้จะมีการพิจารณาเส้นทางการขนส่งสินค้าเป็นสองเส้นทาง โดยเส้นทางแรกยานพาหนะจะทำการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังหน่วยกระจายสินค้าต่างๆ ก่อน จนกระทั่งเสร็จสิ้นการขนส่งสินค้าทั้งหมดแล้ว ในเส้นทางที่สอง ยานพาหนะคันเดิมจะออกเดินทางไปยังหน่วยกระจายสินค้าต่างๆ เพื่อทำการเก็บรวบรวมสินค้าเพื่อนำมาส่งให้กับศูนย์กระจายสินค้า เมื่อพิจารณาปัญหานี้แล้วจะพบว่า อาจมีโอกาสนี้จะสิ้นเปลืองต้นทุนการขนส่งสินค้า เนื่องจากยานพาหนะจะต้องเดินทางไป-กลับระหว่างศูนย์กระจายสินค้า และหน่วยกระจายสินค้า ดังนั้น Min (1989: 377-386) จึงได้นำเสนอปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบส่งสินค้า และเก็บรวบรวมสินค้าไปพร้อมๆ กัน (Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup) โดยลักษณะของปัญหานี้จะมีการพิจารณาการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า ไปยังหน่วยกระจายสินค้า และการเก็บรวบรวมสินค้าจากหน่วยกระจายสินค้า กลับไปยังศูนย์กระจายสินค้า พร้อมๆ กัน เพื่อพยายามลดความสิ้นเปลืองที่อาจเกิดขึ้นจากการแบ่งเส้นทางการขนส่งสินค้า และการเก็บรวบรวมสินค้าออกเป็นสองเส้นทาง แต่ก็มีบางกรณีที่หน่วยกระจายสินค้าในบางจุดมีความต้องการสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า และหน่วยกระจายสินค้าบางจุดไม่ได้มีความต้องการสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า แต่ต้องการส่งสินค้ากลับไปยังศูนย์กระจายสินค้า โดยปัญหานี้จะถูกรเรียกว่า ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบผสมผสานการส่งสินค้า และเก็บรวบรวมสินค้า (Vehicle Routing Problem with Mixed Delivery and Pickup) และยังมีปัญหาในลักษณะอื่นๆ อีกมากมายที่ได้มีการนำเสนอขึ้นมา เพื่อประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมกับสถานการณ์การขนส่งในปัจจุบัน ซึ่งจากตัวอย่างปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ลักษณะของปัญหามีความแตกต่างกัน ผู้วิจัยได้เลือกปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่นำเสนอโดย Dantzig and Ramser (1959: 80-81) มาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอ เนื่องจากเป็นปัญหาต้นแบบมาตรฐานที่ได้รับความนิยม

เป็นอย่างมากในการใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการต่างๆ จากกลุ่มผู้วิจัยทั่วโลก และยังเป็นปัญหาแรกเริ่มที่จะสามารถต่อยอดไปยังปัญหาอื่นๆ ที่มีความยาก และซับซ้อนมากยิ่งขึ้นได้อีกด้วย

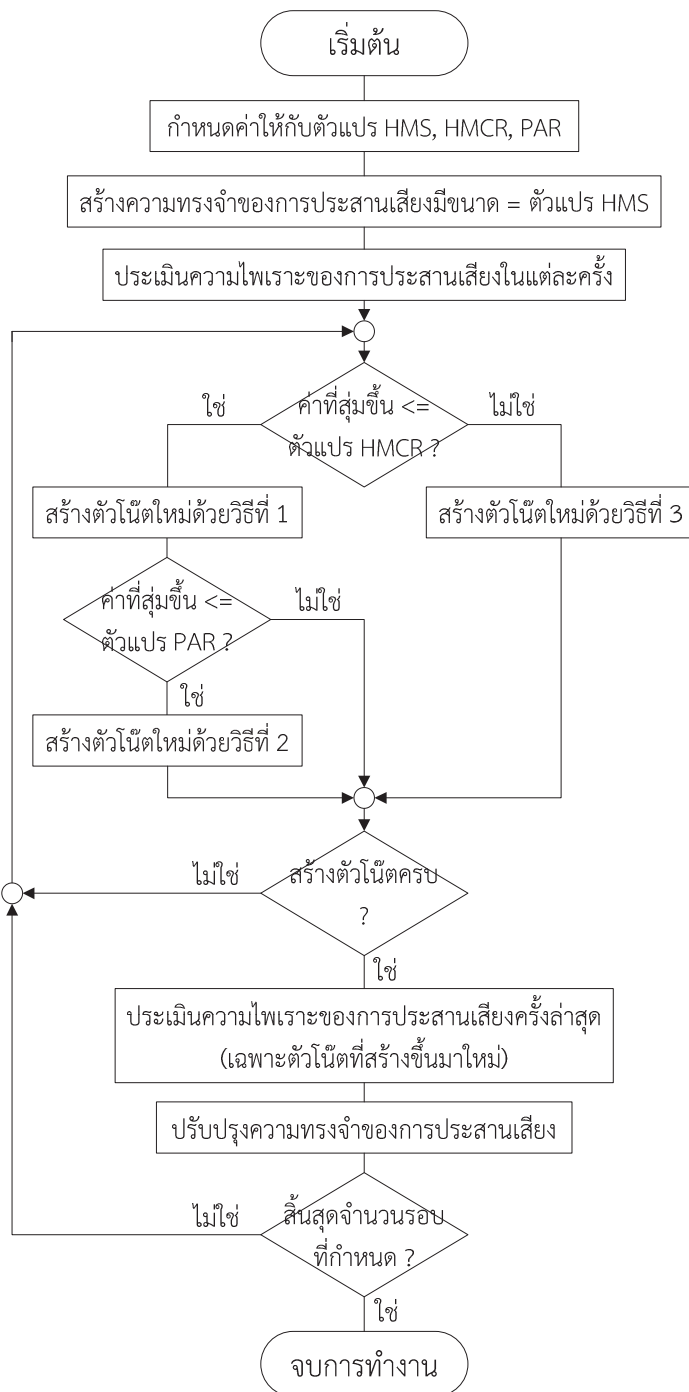
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะ และข้อจำกัดต่างๆ ของปัญหาต้นแบบมาตรฐานของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัด
2. ศึกษาลักษณะ และหลักการทำงานของวิธีการค้นหาการประสานเสียง
3. ออกแบบ และพัฒนาวิธีการค้นหาการประสานเสียงที่มีประสิทธิภาพสูง และสามารถลดต้นทุนการขนส่งของปัญหาต้นแบบมาตรฐานของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัดได้

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการ (Algorithm) ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะนั้น ได้ถูกออกแบบ และพัฒนา มาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ยกตัวอย่างเช่น วิธีการหาค่าประหยัดของ Clarke-Wright ที่ถูกนำเสนอโดย Clarke and Wright (1964: 568-581) โดยลักษณะของวิธีการนี้จะทำการจับคู่หน่วยกระจายสินค้าที่มีค่าประหยัดโดยเรียงลำดับจากค่าประหยัดมากไปหาน้อย หลังจากนั้นจึงทำการจัดเส้นทางการขนส่งจากหน่วยกระจายสินค้าที่ได้จับคู่ไว้ วิธีการต่อไปคือ วิธีการจัดกลุ่มแบบกวาด (Sweep Algorithm) ที่ถูกนำเสนอโดย Wren and Holliday (1972: 333-344) โดยลักษณะของวิธีการนี้จะทำการลากเส้นจากศูนย์กระจายสินค้า กวาดไปยังหน่วยกระจายสินค้าโดยรอบแบบหมุนวนหรือตามเข็มนาฬิกา หลังจากนั้นจึงทำการจัดเส้นทาง การขนส่งจากหน่วยกระจายสินค้าที่ถูกกวาดไปตามลำดับ และยังมีวิธีการอื่นๆ อีกมากมายที่ถูกพัฒนาโดยการ จำลองเหตุการณ์ต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต และไม่มีชีวิต อาทิเช่น วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) โดย Holland (1975), การจำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing) โดย Kirkpatrick et al. (1983: 671-680), วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอาณานิคม (Ant Colony Optimization) โดย Dorigo et al. (1996: 29-41) เป็นต้น ซึ่งวิธีการเหล่านี้ก็ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และยังมีวิธีการใหม่ๆ ขึ้นมา โดยนักวิจัยหลายกลุ่มทั่วโลก เพื่อให้สามารถใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะได้อย่างเหมาะสมที่สุด ซึ่ง ในบทความวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการค้นหาการประสานเสียง (Harmony Search Algorithm) ที่ถูก นำเสนอโดย Geem et al. (2001: 60-68) มาใช้ในการลดต้นทุนการขนส่ง เนื่องจากวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่ สามารถใช้แก้ปัญหาในเชิงวิศวกรรมได้อย่างหลากหลาย และยังสามารถใช้หาค่าตอบที่ดีที่สุดได้อีกด้วย แต่ จากการทบทวนวรรณกรรมของผู้วิจัย (Lee and Geem, 2005: 3902-3933; Geem et al., 2008: 468) พบว่ายังไม่เคยมีการนำวิธีการนี้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ดังนั้นจึงทำให้ผู้วิจัย มีความสนใจที่จะทำการศึกษา และปรับปรุงวิธีการค้นหาการประสานเสียงให้สามารถใช้แก้ปัญหาการจัด เส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัดได้อย่างเหมาะสม โดยมีขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 วิธีการค้นหาการประสานเสียงเป็นการจำลองการบรรเลงเครื่องดนตรีในวงดนตรี โดยเครื่องดนตรีแต่ละชนิดจะประกอบไปด้วยตัวโน้ต (Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Ti) ซึ่งในแต่ละครั้งนักดนตรี แต่ละคน จะเล่นเครื่องดนตรีของตัวเองไปพร้อมๆ กัน ซึ่งหากนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดเส้นทาง ยานพาหนะที่มีความจุจำกัดจะพบว่า ตัวโน้ตจะถูกแทนด้วยเซตของหน่วยกระจายสินค้าทั้งหมด เช่น (หน่วย A, หน่วย B, หน่วย C) โดยรายละเอียดของวิธีการค้นหาการประสานในแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 1: ขั้นตอนการทำงานของวิธีการค้นหาการประสานเสียงที่น่าเสนอ

1. กำหนดค่าให้กับตัวแปร HMS, HMCR, PAR

ตัวแปร HMS คือ ขนาดของความทรงจำของการประสานเสียง (Harmony Memory Size) หรือ แทนด้วยจำนวนครั้งในการบรรเลงเครื่องดนตรี, ตัวแปร HMCR คือ อัตราการเลือกวิธีสร้างตัวโน้ตใหม่ด้วยวิธีที่ 1 (Harmony Memory Consideration Rate) และตัวแปร PAR คือ อัตราการเลือกสร้างตัวโน้ตใหม่ด้วยวิธีที่ 2 (Pitch Adjustment Rate) ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดค่าของตัวแปรทั้ง 3 ตัวดังนี้ HMS = 50, HMCR = 95%, PAR = 50%

2. สร้างความทรงจำของการประสานเสียงมีขนาด = ตัวแปร HMS

หากกำหนดให้มีนักดนตรี 3 คน ทำการบรรเลงเครื่องดนตรี 3 ครั้ง โดยการสุ่ม (Random) จะได้ข้อมูลแสดงดังตาราง 1 ซึ่งหากนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัดจะพบว่า มีลำดับของการขนส่งสินค้า 3 ลำดับ และมีแบบแผนการขนส่งสินค้าทั้งหมด 3 แบบ ดังแสดงในตาราง 2 และเนื่องจากการสุ่มข้อมูลลำดับของการขนส่งสินค้านั้น อาจทำให้เกิดความหลากหลายในการหาคำตอบ แต่ก็มีโอกาสที่จะทำให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด หรือหาได้โดยใช้เวลานาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการหาค่าประหัดของ Clarke-Wright ที่ถูกปรับปรุงโดย Pichpibul and Kawtummachai (2012: 307-318) มาประยุกต์ใช้แทนการบรรเลงเครื่องดนตรี หรือใช้คำนวณหาแบบแผนการขนส่งสินค้า 1 ครั้ง

3. ประเมินความไพเราะของการประสานเสียงในแต่ละครั้ง

การบรรเลงเครื่องดนตรีในแต่ละครั้งจะถูกประเมินความไพเราะจากผู้ฟัง ซึ่งอาจวัดได้ยากเพราะขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ฟังเป็นหลัก แต่สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัดนั้นสามารถประเมินค่าด้วยการคำนวณออกมาเป็นต้นทุนการขนส่งสินค้าได้ โดยเริ่มต้นจากการขนส่งสินค้าในลำดับที่ 1 ยกตัวอย่างจากแบบแผนการขนส่งสินค้าครั้งที่ 1 หากกำหนดให้ต้นทุนที่ใช้ในการขนส่งสินค้าในการเดินทาง 1 กิโลเมตรเท่ากับ 1 บาท ความต้องการสินค้าของแต่ละหน่วยกระจายสินค้าเท่ากับ 1 หน่วย และความจุของยานพาหนะเท่ากับ 3 หน่วย ยานพาหนะจะเริ่มต้นการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังหน่วยกระจายสินค้า A โดยสมมติให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางเท่ากับ 20 กิโลเมตร หลังจากนั้นยานพาหนะจะขนส่งสินค้าจากหน่วยกระจายสินค้า A ไปยังหน่วยกระจายสินค้า B โดยสมมติให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางเท่ากับ 30 กิโลเมตร ต่อไปยานพาหนะจะขนส่งสินค้าจากหน่วยกระจายสินค้า B ไปยังหน่วยกระจายสินค้า C สมมติให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางเท่ากับ 20 กิโลเมตร สุดท้ายเมื่อเสร็จสิ้นการขนส่งสินค้า ยานพาหนะจะต้องเดินทางจากหน่วยกระจายสินค้า C เพื่อกลับไปยังศูนย์กระจายสินค้า สมมติให้ระยะทางเท่ากับ 30 กิโลเมตร ดังนั้นต้นทุนการขนส่งสินค้าจะเท่ากับ $20 + 30 + 20 + 30 = 100$ กิโลเมตร \times 1 บาท = 100 บาท

ตารางที่ 1: ความทรงจำของการประสานเสียง

การบรรเลง ครั้งที่	นักดนตรี			ความไพเราะ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	Sol	Mi	Do	มาก
2	La	Fa	Re	ปานกลาง
3	Do	Sol	Mi	น้อย

ตารางที่ 2: ความทรงจำของการประสานเสียงสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัด

แบบแผนการ ขนส่งสินค้า ครั้งที่	การขนส่งสินค้า			ต้นทุนการ ขนส่งสินค้า (บาท)
	ลำดับที่ 1	ลำดับที่ 2	ลำดับที่ 3	
1	หน่วย A	หน่วย B	หน่วย C	100
2	หน่วย B	หน่วย A	หน่วย C	150
3	หน่วย C	หน่วย B	หน่วย A	200

4. บรรเลงเครื่องดนตรี โดยการสร้างตัวโน้ตใหม่

หลังจากการประเมินความไพเราะของการประสานเสียงในแต่ละครั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว ภายใต ความทรงจำของการประสานเสียง นักดนตรีแต่ละคนจะจดจำตัวโน้ตในการบรรเลงเครื่องดนตรีของตนเองใน แต่ละครั้งไว้ และจะนำมาใช้ในการสร้างตัวโน้ตตัวใหม่เพื่อให้เกิดการบรรเลงเครื่องดนตรีที่มีความไพเราะมาก ที่สุด หรือแบบแผนการขนส่งสินค้าที่มีต้นทุนการขนส่งถูกที่สุด ซึ่งการสร้างตัวโน้ตใหม่จะประกอบไปด้วย 3 วิธี ดังต่อไปนี้

4.1 วิธีที่ 1 การตัดสินใจเลือกตัวโน้ตจากความทรงจำของการประสานเสียง

วิธีการนี้จะเป็นวิธีการแรกที่นักดนตรีจะใช้ในการตัดสินใจเลือกตัวโน้ต โดยต้องทำการสุ่ม ตัวเลขขึ้นมาให้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 และนำไปเปรียบเทียบกับตัวแปร HMCR หากตัวเลขที่ถูกสุ่มขึ้นมา มีค่า น้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของตัวแปร HMCR วิธีการนี้จึงจะเริ่มต้นทำงาน โดยการสุ่มเลือกตัวโน้ต หรือหน่วย กระจายสินค้า จากนักดนตรีที่ละคน หรือลำดับในการขนส่งสินค้าที่ละลำดับ ยกตัวอย่างจากตารางที่ 2 ในลำดับการขนส่งสินค้าลำดับที่ 1 จะมีหน่วยกระจายสินค้าอยู่ทั้งหมด 3 แห่ง คือ หน่วย A, หน่วย B และ หน่วย C สมมติให้สุ่มเลือกได้หน่วย B ด้วยความน่าจะเป็นที่เท่าๆ กัน (33.33%) หลังจากนั้นหน่วย A จะถูก ส่งไปพิจารณาในวิธีที่ 2 ต่อไป

4.2 วิธีที่ 2 การตัดสินใจเลือกตัวโน้ตด้วยการปรับเปลี่ยนระดับเสียง

วิธีการนี้จะทำงานต่อจากวิธีที่ 1 โดยต้องทำการสุ่มตัวเลขขึ้นมาให้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 และ นำไปเปรียบเทียบกับตัวแปร PAR หากตัวเลขที่ถูกสุ่มขึ้นมา มีค่ามากกว่าค่าของตัวแปร PAR ตัวโน้ตที่ถูกเลือก มาจากวิธีที่ 1 จะยังคงเป็นตัวเดิม หรือหน่วยกระจายสินค้าที่ถูกเลือก ก็ยังคงเป็นหน่วยเดิม แต่หากมีค่า น้อยกว่าหรือเท่ากับค่าของตัวแปร PAR วิธีการนี้จึงจะเริ่มต้นทำงาน โดยการสุ่มเลือกตัวโน้ตที่มีระดับเสียง ไกล่เคียงกัน เช่น ตัวโน้ต Mi จะมีตัวโน้ต Re และ Fa ที่มีระดับเสียงใกล้เคียงกัน หรือหน่วยกระจายสินค้าที่มี ทำเลที่ตั้งอยู่ใกล้กัน เช่น หน่วย A จะมีหน่วย B และหน่วย C ที่มีทำเลที่ตั้งอยู่ใกล้กัน เป็นต้น ยกตัวอย่าง ต่อเนื่องจากวิธีที่ 1 ในลำดับการขนส่งสินค้าลำดับที่ 1 จะมีหน่วยกระจายสินค้าอยู่ 2 แห่ง คือ หน่วย A และ หน่วย C ที่มีทำเลที่ตั้งอยู่ใกล้กับหน่วย B สมมติให้สุ่มเลือกได้หน่วย A ด้วยความน่าจะเป็นที่เท่าๆ กัน (50%) ก็จะสามารถเลือกตัวโน้ตสำหรับนักดนตรีคนที่ 1 หรือลำดับการขนส่งสินค้าลำดับที่ 1

4.3 วิธีที่ 3 การตัดสินใจเลือกตัวโน้ตโดยการสุ่ม

วิธีการนี้จะเริ่มต้นทำงานก็ต่อเมื่อตัวเลขที่ถูกสุ่มในวิธีที่ 1 มีค่ามากกว่าค่าของตัวแปร HMCR โดยการสุ่มเลือกตัวโน้ต หรือหน่วยกระจายสินค้าที่มีความเป็นไปได้ทั้งหมด เช่น การสุ่มเลือกตัวโน้ต (Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Ti) หรือการสุ่มเลือกหน่วยกระจายสินค้า (หน่วย A, หน่วย B, หน่วย C) เป็นต้น ยกตัวอย่าง ต่อเนื่องจากวิธีที่ 2 ในลำดับการขนส่งสินค้าลำดับที่ 2 จะมีหน่วยกระจายสินค้าอยู่ 2 แห่ง คือ หน่วย B และ หน่วย C ที่มีโอกาสถูกสุ่มเลือกเนื่องจากหน่วย A ได้ถูกเลือกไปแล้วในลำดับการขนส่งสินค้าลำดับที่ 1 สมมติ ให้สุ่มเลือกได้หน่วย C ด้วยความน่าจะเป็นที่เท่าๆ กัน (50%) ก็จะสามารถเลือกตัวโน้ตสำหรับนักดนตรีคนที่ 2 หรือลำดับการขนส่งสินค้าลำดับที่ 2 หลังจากนั้นวิธีการค้นหาการประสานเสียงจะถูกทำซ้ำอีกครั้งตั้งแต่ วิธีที่ 1 จนกระทั่งตัวโน้ต หรือหน่วยกระจายสินค้าถูกสร้างจนครบตามจำนวนนักดนตรี หรือจำนวนลำดับการ ขนส่งสินค้า

5. ประเมินความไพบรားของการประสานเสียงครั้งล่าสุด (เฉพาะตัวโน้ตที่สร้างขึ้นใหม่)

การบรรเลงเครื่องดนตรี หรือการสร้างแบบแผนการขนส่งสินค้า โดยการสร้างตัวโน้ตใหม่ จะถูกนำมาประเมินเพื่อหาต้นทุนการขนส่ง ด้วยวิธีการเดียวกันดังแสดงในขั้นตอนที่ 3 (ประเมินความไพบรားของการประสานเสียงในแต่ละครั้ง) โดยสมมติข้อมูลแสดงดังตาราง 3

ตารางที่ 3: การประเมินความไพบรားของการประสานเสียงครั้งล่าสุด (เฉพาะตัวโน้ตที่สร้างขึ้นใหม่)

แบบแผนการขนส่งสินค้า ครั้งที่	การขนส่งสินค้า			ต้นทุนการขนส่งสินค้า (บาท)
	ลำดับที่ 1	ลำดับที่ 2	ลำดับที่ 3	
1	หน่วย A	หน่วย B	หน่วย C	100
2	หน่วย B	หน่วย A	หน่วย C	150
3	หน่วย C	หน่วย B	หน่วย A	200
4	หน่วย A	หน่วย C	หน่วย B	90

ตารางที่ 4: การปรับปรุงความทรงจำของการประสานเสียง

แบบแผนการขนส่งสินค้า ครั้งที่	การขนส่งสินค้า			ต้นทุนการขนส่งสินค้า (บาท)
	ลำดับที่ 1	ลำดับที่ 2	ลำดับที่ 3	
1	หน่วย A	หน่วย C	หน่วย B	90
2	หน่วย A	หน่วย B	หน่วย C	100
3	หน่วย B	หน่วย A	หน่วย C	150

6. ปรับปรุงความทรงจำของการประสานเสียง

จากตาราง 3 ความทรงจำของการประสานเสียงจะมีแบบแผนการขนส่งสินค้าอยู่ทั้งหมด 4 ครั้ง ซึ่งมีค่าเกินจากตัวแปร HMS ที่กำหนดไว้จากตัวอย่างในตาราง 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3 ครั้ง ดังนั้นความไพบรားในการบรรเลงดนตรีน้อยที่สุด หรือแบบแผนการขนส่งสินค้าที่มีต้นทุนการขนส่งสินค้าแพงที่สุด จะถูกแทนที่ด้วยแบบแผนการขนส่งสินค้าครั้งล่าสุด หากแบบแผนดังกล่าวมีต้นทุนการขนส่งสินค้าน้อยกว่าเท่านั้น ซึ่งจากตาราง 3 จะพบว่าแบบแผนการขนส่งสินค้าครั้งที่ 3 มีต้นทุนการขนส่งสินค้าแพงที่สุด (200 บาท) แบบแผนการขนส่งสินค้าครั้งที่ 3 จึงจะถูกแทนที่ด้วยแบบแผนการขนส่งสินค้าครั้งที่ 4 และภายหลังจากการแทนที่ แบบแผนการขนส่งสินค้าทั้งหมดจะต้องถูกจัดลำดับครั้งใหม่ โดยเรียงลำดับจากต้นทุนการขนส่งสินค้าจากน้อยไปหามาก ดังแสดงในตาราง 4

7. สิ้นสุดจำนวนรอบที่กำหนด

หลังจากเสร็จสิ้นการปรับปรุงความทรงจำของการประสานเสียงแล้ว ความทรงจำดังกล่าวจะถูกนำไปทำซ้ำอีกครั้งตั้งแต่ขั้นตอนที่ 4 (บรรเลงเครื่องดนตรี โดยการสร้างตัวโน้ตใหม่) จนกระทั่งครบตามจำนวนรอบที่กำหนด ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดไว้เท่ากับ 1,000 ครั้ง วิธีการค้นหาการประสานเสียงนี้จึงจะหยุดทำงาน และแสดงต้นทุนการขนส่งที่ถูกที่สุดเพื่อใช้เป็นคำตอบต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

วิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม Visual Basic รุ่น 6.0 และถูกนำไปประมวลผลบนคอมพิวเตอร์รุ่น Intel® Core™ i7 CPU 860 ที่สัญญาณนาฬิกา 2.80 GHz ด้วยหน่วยความจำ 1.99 GB ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows XP โดยผู้วิจัยได้ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง จากปัญหาต้นแบบมาตรฐานของ Christofides and Eilon (1969: 309–318) และ Christofides et al. (1979: 315-338) แสดงดังตาราง 5 ซึ่งประกอบไปด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม E และ M โดยปัญหาแต่ละตัวจะถูกเขียนแทนด้วยอักษรย่อ ยกตัวอย่างเช่น ปัญหา E-n51-k5 ตัวอักษร E แทนกลุ่มของปัญหา, n แทนจำนวนหน่วยกระจายสินค้า (รวมกับศูนย์กระจายสินค้า) และ k แทนจำนวนยานพาหนะที่สามารถใช้ได้ กลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้จะมีจำนวนหน่วยกระจายสินค้าตั้งแต่ 50 ถึง 120 ราย จากตาราง 5 ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์หรือคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากวิธีการค้นหาการประสานเสียงที่นำเสนอโดยการ Run ปัญหาละ 10 ครั้ง กับวิธีการต่างๆ ได้แก่ วิธีการค้นหาแบบมีข้อห้าม (Tabu Search) โดย Tarantilis and Kiranoudis (2002: 227-241), วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) โดย Prins (2004: 1985-2002), Nazif and Lee (2012: 2110-2117) และ Marinakis et al. (2007: 555-580), วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอาณานิคม (Ant Colony Optimization) โดย Reimann et al. (2004: 563-591) และ Bin et al. (2009: 171–176) ทั้งนี้เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ ผู้วิจัยจึงได้นำคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละปัญหาจากวิธีการของ Rochat and Taillard (1995: 147–167) มาทำการเปรียบเทียบเพิ่มเติม ซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดจะถูกแสดงด้วยตัวอักษรตัวหนาที่ถูกขีดเส้นใต้

จากผลการทดลองในตาราง 5 แสดงให้เห็นว่า ผลลัพธ์หรือคำตอบที่ได้จากวิธีการค้นหาการประสานเสียงที่นำเสนอสามารถค้นพบคำตอบที่ดีที่สุด หรือต้นทุนการขนส่งที่ถูกที่สุดได้ทั้งหมด โดยสามารถหาผลลัพธ์ได้เท่ากับวิธีการของ Tarantilis and Kiranoudis (2002: 227-241), Prins (2004: 1985-2002) และ Nazif and Lee (2012: 2110-2117) อีกทั้งยังสามารถหาผลลัพธ์ได้ดีกว่าวิธีการอื่นๆ ซึ่งหากพิจารณาจากกราฟแสดงทำเลที่ตั้งของหน่วยกระจายสินค้า และศูนย์กระจายสินค้าในแต่ละปัญหาดังแสดงในรูปที่ 2 แล้วจะพบว่าวิธีการของ Marinakis et al. (2007: 555-580) อาจมีข้อจำกัดในการใช้แก้ปัญหาในกลุ่ม M ซึ่งทำเลที่ตั้งของหน่วยกระจายสินค้ามีลักษณะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (Clustered) ส่วนวิธีการของ Reimann et al. (2004: 563-591) นั้น สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ในกลุ่ม E และ M บางตัว จึงอาจมีข้อจำกัดในการใช้แก้ปัญหาที่มีจำนวนศูนย์กระจายสินค้ามากๆ ส่วนวิธีการของ Bin et al. (2009: 171–176) นั้น อาจมีข้อจำกัดในการใช้แก้ปัญหาที่มีจำนวนหน่วยกระจายสินค้ามากๆ ในกลุ่ม E ซึ่งทำเลที่ตั้งของหน่วยกระจายสินค้ามีลักษณะกระจายตัวกันอยู่รอบๆ ศูนย์กระจายสินค้าที่เป็นจุดศูนย์กลาง (Dispersed) แต่วิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนั้น สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ทั้งหมด

ตารางที่ 5: การเปรียบเทียบผลการวิจัยของกลุ่มตัวอย่างที่นำเสนอ

ปัญหา	คำตอบที่ดีที่สุด ^a	คำตอบ							เวลาที่ใช้ (วินาที)
		TS ^b	GA-1 ^c	GA-2 ^d	GA-3 ^e	ACO-1 ^f	ACO-2 ^g	HS ^h	
E-n51-k5	524.61	524.61	524.61	524.61	524.61	524.61	524.61	524.61	6.45
E-n76-k10	835.26	835.26	835.26	835.26	835.26	840.61	835.26	835.26	20.45
E-n101-k8	826.14	826.14	826.14	826.14	826.14	828.21	830.00	826.14	57.00
M-n101-k10	819.56	819.56	819.56	819.56	825.57	819.56	819.56	819.56	67.70
M-n121-k7	1,042.11	1,042.11	1,042.11	1,042.11	1,051.73	1,043.46	1,042.11	1,042.11	145.10

^a วิธีการของ Rochat and Taillard (1995: 147–167)

^b วิธีการของ Tarantilis and Kiranoudis (2002: 227-241)

^c วิธีการของ Prins (2004: 1985-2002)

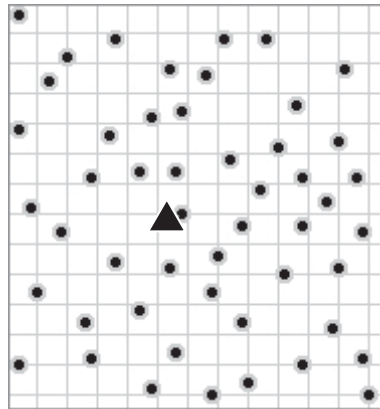
^d วิธีการของ Nazif and Lee (2012: 2110-2117)

^e วิธีการของ Marinakis et al. (2007: 555-580)

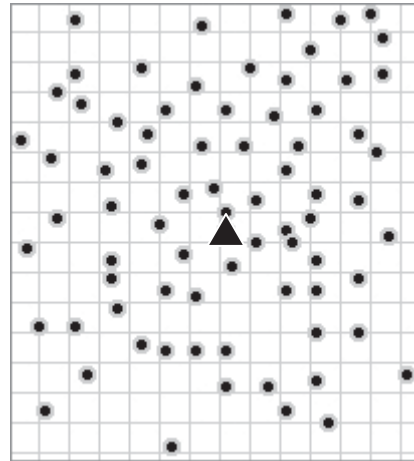
^f วิธีการของ Reimann et al. (2004: 563-591)

^g วิธีการของ Bin et al. (2009: 171–176)

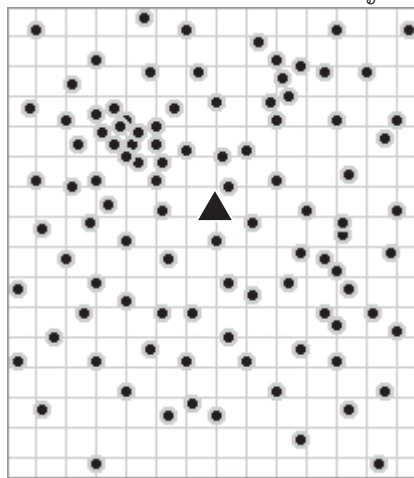
^h วิธีการที่นำเสนอ



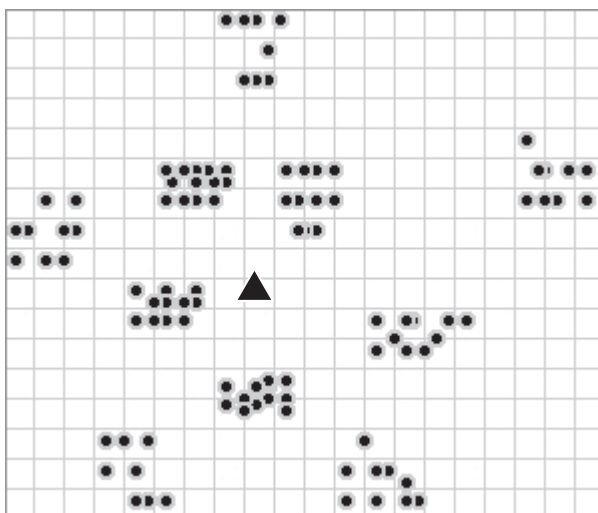
ปัญหา E-n51-k5



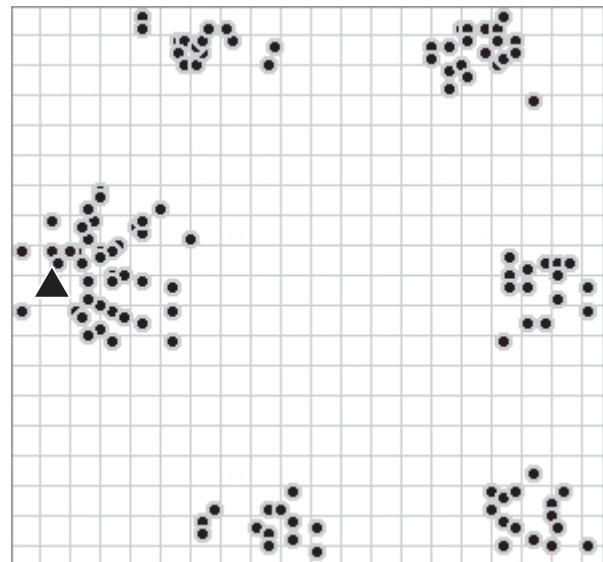
ปัญหา E-n76-k10



ปัญหา E-n101-k8



ปัญหา M-n101-k10



ปัญหา M-n121-k7

▲ ศูนย์กระจายสินค้า ● หน่วยกระจายสินค้า

รูปที่ 2: กราฟของปัญหากลุ่ม E และ M

สรุป

บทความวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอการศึกษา และพัฒนาวิธีการค้นหาการประสานเสียง (Harmony Search Algorithm) ของ Geem et al. (2001: 60-68) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความจุจำกัด (Capacitated Vehicle Routing Problem) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้ปัญหาต้นแบบมาตรฐานของ Christofides and Eilon (1969: 309-318) และ Christofides et al. (1979: 315-338) จำนวน 5 ตัวอย่าง และทำการเปรียบเทียบกับวิธีการค้นหาแบบมีข้อห้าม (Tabu Search) ของ Tarantilis and Kiranoudis (2002: 227-241), วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ของ Prins (2004: 1985-2002), Nazif and Lee (2012: 2110-2117) และ Marinakis et al. (2007: 555-580), วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยอาณานิคม (Ant Colony Optimization) ของ Reimann et al. (2004: 563-591) และ Bin et al. (2009: 171-176) รวมถึงวิธีการที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดของ Rochat and Taillard (1995: 147-167) จากผลการทดลองพบว่า วิธีการที่นำเสนอของผู้วิจัยมีประสิทธิภาพสูง และเป็นที่น่าสนใจในเรื่องของการลดต้นทุนการขนส่ง ในส่วนของผลลัพธ์ที่ได้นั้นก็ยังสามารถค้นพบคำตอบที่ดีที่สุดได้ทุกตัวอย่างอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Christofides, N., & Eilon, S. (1969). An algorithm for the vehicle dispatching problem. *Operational Research Quarterly*, 20, 309-318.
- Christofides, N., Mingozzi, A., & Toth, P. (1979). The vehicle routing problem. *Combinatorial optimization*, Wiley, New York, 315-338.
- Clarke, G., & Wright, J.W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12, 568-581.
- Dantzig, G.B., & Ramser, J.H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6, 80-91.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., & Coloni, A. (1996). Ant system: optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE Transactions on Systems, Mans, and Cybernetics*, 1, 29-41.
- Geem, Z.W., Kim, J.H., & Loganathan, G.V. (2001). A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search. *Simulation*, 76, 60-68.
- Geem, Z.W., Fesanghary, M., Choi, J., Saka, M.P., Williams, J.C., Ayvaz, M.T., Li, L., Ryu, S., & Vasebi, A. (2008). Recent Advances in Harmony Search. in *Advances in Evolutionary Algorithms*, Kosinski, W., Ed. Vienna: I-Tech Education and Publishing, 468.
- Goetschalckx, M., & Jacobs-Blecha, C. (1989). The vehicle routing problem with backhauls. *European Journal of Operational Research*, 42, 39-51.
- Holland, J. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Kirkpatrick, S., Gelatt, J., & Vecchi, M. (1983). Optimization by simulated annealing. *Science*, 220, 671-680.

- Lee, K.S., & Geem, Z.W. (2005). A New Meta-Heuristic Algorithm for Continuous Engineering Optimization: Harmony Search Theory and Practice. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 194, 3902-3933.
- Marinakis, Y., Migdalas, A., & Pardalos, P.M. (2007). A new bilevel formulation for the vehicle routing problem and a solution method using a genetic algorithm. *Journal of Global Optimization*, 38, 555-580.
- Min, H. (1989). The multiple vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up points. *Transportation Research A*, 23, 377-386.
- Nazif, H., & Lee, L.S. (2012). Optimised crossover genetic algorithm for capacitated vehicle routing problem. *Applied Mathematical Modelling*, 36, 2110-2117.
- Pichpibul, T., & Kawtummachai, R. (2012). An improved Clarke and Wright savings algorithm for the capacitated vehicle routing problem. *ScienceAsia*, 38, 307-318.
- Prins, C. (2004). A simple and effective evolutionary algorithm for the vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 31, 1985-2002.
- Reimann, M., Doerner, K., & Hartl, R.F. (2004). D-Ants: Savings Based Ants divide and conquer the vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 31, 563-591.
- Rochat, Y., & Taillard, E.D. (1995). Probabilistic diversification and intensification in local search for vehicle routing. *Journal of Heuristics*, 1, 147-167.
- Solomon, M.M. (1987). Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints. *Operations Research*, 35, 254-265.
- Tarantilis, C.D., & Kiranoudis, C.T. (2002). BoneRoute: An Adaptive Memory-Based Method for Effective Fleet Management. *Annals of Operations Research*, 115, 227-241.
- Wren, A. & Holliday, A. (1972). Computer scheduling of vehicles from one or more depots to a number of delivery points, *Operational Research Quarterly*, 23, 333-344.
- Yu, B., Yang, Z.Z., & Yao, B. (2009). An improved ant colony optimization for vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 196, 171-176.