วารสารวิชาการ
อุตสาหกรรมศึกษา

URL : http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/issue/archive

การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางเดินรถขนส่งเครื่องสำอาง : กรณีศึกษา

Efficiency Increasing Design for Cosmetic Vehicle Routing : Case Study

พลอยพรรณ ศรีกิจการ, อรอุไร แสงสว่าง

Ployphun Srikijakarn , Ornurai Sangsawang

แขนงวิชาการจัดการโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระนครเหนือ

Logistics and Supply chain Management Discipline, Department of Industrial Management
Faculty of Technology and Industrial Management King Mongkut's University of North Bangkok Prachinburi
E-mail : sp.ploy911@gmail.com[1], ornurai.s@fitm.kmutnb.ac.th[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบเส้นทางเดินรถขนส่งเครื่องสำอางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเดินทางโดยมีวัตถุประสงค์ให้ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งต่ำที่สุด ปัญหาเส้นทางขนส่งเครื่องสำอางของบริษัทกรณีศึกษา มีจุดกระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว เพื่อส่งเครื่องสำอางไปยังร้านตัวแทนจำหน่าย 20 ร้าน ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางปรับปรุงและออกแบบเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพโดยการประยุกต์การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่มีระยะทางไปและกลับเท่ากัน(Symmetric traveling salesman problem) โดยใช้วิธีการจำลองการอบเหนียวเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดการเส้นทางการเดินรถ และได้เปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในปัจจุบันคือวิธีการหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุด (Nearest neighbor heuristic) และวิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing algorithm) ทั้งนี้ จากการวิจัยพบว่า วิธีการจำลองการอบเหนียวสามารถลดระยะทางการเดินรถจากวิธีที่ใช้ในปัจจุบันได้ 7.81 %

คำสำคัญ: *ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย, การหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุด, วิธีการจำลองการอบเหนียว, เมตาวิธีฮิวริสติก*

พลอยพรรณ ศรีกิจการ, อรอุไร แสงสว่าง
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 7 ฉบับที่ 2กรกฎาคม – ธันวาคม 2556 (42-48)

Abstract

This research was concerned with designing the vehicle routing for cosmetic products. The objective was to minimize the total transportation distance. In addition, there was a single depot of the transportation routing problem in the cosmetic company case study in order to distribute products through 20 cosmetic dealers in Bangkok and nearby places. We proposed the effective transportation route to solve the symmetric traveling salesman problem by using the simulated annealing algorithm to enhance the efficiency of the vehicle routing. Accordingly, two algorithms, the nearest neighbor heuristic and the simulated annealing algorithm, are compared. As in the results, the simulated annealing algorithm outperforms the current method approximately 7.81%

Keywords: *Travelling salesman problem, nearest neighbor heuristic, simulated annealing, metaheuristics*

บทนำ

การวางแผนและออกแบบเส้นทางเดินรถขนส่งเครื่องสำอาง นับว่าเป็นส่วนสำคัญที่บริษัท มาร์คอัพ คอสเมติค จำกัด ได้คำนึงถึงเพื่อให้ลูกค้าได้รับความพึงพอใจด้านการลดโอกาสการขาดแคลนสินค้าและเวลาการจัดส่งสินค้า ในการจัดส่งสินค้าไปยังร้านตัวแทนจำหน่าย 20 ร้านในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล บริษัทจำเป็นต้องมีการวางแผนและศึกษาเส้นทางเดินรถขนส่งเพื่อให้มีประสิทธิภาพ เช่น การศึกษาเส้นทางของที่ตั้งร้านตัวแทนจำหน่ายต่าง ๆ ที่บริษัทจะทำการจัดส่งสินค้า เพื่อให้มีความพร้อมในการจัดส่งสินค้าให้ทันตรงตามเวลาของลูกค้าที่ได้ทำการสั่งสินค้า ช่วยลดระยะทางและเวลาในการขนส่งลง และลดจำนวนงานที่เสร็จช้ากว่ากำหนด ทั้งนี้ การจัดเส้นทางการเดินรถว่าควรจะไปส่งร้านตัวแทนรายใดก่อน และรายใดส่งทีหลังถือเป็นกิจกรรมที่สำคัญมากที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดประสิทธิภาพของเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าได้ โดยการให้เกิดผลกำไรมากที่สุดและเป็นการลดต้นทุนค่าขนส่งให้ต่ำลงด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดการเส้นทางการเดินรถใช้วิธีการจำลองการอบเหนียว

ความสำคัญของการวิจัย

เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการวางเส้นทางการขนส่งสินค้า

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการออกแบบเส้นทางเดินรถโดยใช้วิธีการจำลองการอบเหนียว เพื่อวางแผนการจัดลำดับเส้นทางเดินรถขนส่งเครื่องสำอางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ในการกระจายสินค้าสำหรับตัวแทนจำหน่ายในเขตกรุงเทพและปริมณฑลซึ่งเก็บข้อมูลช่วงเดือน ก.พ. – พ.ค. 2556

ข้อจำกัดของการจำลองเส้นทางในการวิจัย เป็นการพิจารณาระยะทางที่ใช้ในการเดินทางแต่ละสถานที่โดยใช้ Google Map และรถขนส่งสินค้าต้องออกเดินทางจากบริษัทและต้องกลับมายังบริษัทเมื่อกระจายสินค้าเรียบร้อยแล้ว

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า มีการศึกษาอย่างแพร่หลาย เช่น วิธีการแตกกิ่งและสาขา(Branch and bound) Finke (1984), วิธีการจำลองการอบเหนียว(Simulated Annealing), วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm), วิธีอาณานิคมมด(Ant Colony Optimization), วิธีฝูงอนุภาค(Particle swarm optimization) และวิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search)

เป็นต้น วิธีหาคำตอบโดยใช้ฮิวริสติกซึ่งเป็นวิธีที่สามารถค้นหาคำตอบที่ดีได้อย่างรวดเร็ว Chang (1991) ได้ใช้วิธีการจำลองการอบเหนียวในการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายสำหรับการออกแบบลำดับเส้นทางการเคลื่อนที่ของหัวเครื่องจักร SIMD พบว่าวิธีการจำลองการอบเหนียวสร้างคำตอบที่มีประสิทธิภาพสูงได้อย่างรวดเร็ว หทัยทิพย์ (2004) ได้แก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายโดยใช้เปรียบเทียบวิธีแตกกิ่งและจำกัดเขต, วิธีพันธุกรรมอัลกอริทึม และวิธีการจำลองการอบเหนียว พบว่าวิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตเหมาะสมเมื่อจำนวนเมืองน้อยกว่า 14 เมือง ในขณะที่วิธี GA และ SAใช้งานได้ผลลัพธ์ที่ดีทั้งด้านคุณภาพคำตอบและเวลาสำหรับปัญหาขนาดเล็ก สำหรับปัญหาขนาดใหญ่วิธีฮิวริสติกทั้งสองมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ และวิธีการจำลองการอบเหนียว แสดงผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีพันธุกรรมอัลกอริทึมด้านเวลาการประมวลผล Chrisof (1998) ได้วิธีการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเพื่อแก้ปัญหาของบริษัทเคมีแห่งหนึ่ง จึงได้เสนอหลักการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเป็นพื้นฐานในการปรับค่าใช้จ่ายด้านการผลิตเสร็จก่อนกำหนดและหลังกำหนดให้เหมาะสม และมีวัตถุประสงค์เพื่อวางแผนลำดับการไปเยี่ยมลูกค้าที่มีระยะทางรวมต่ำที่สุด พบว่าทำให้การขนส่งของบริษัทดีขึ้น Meer (2007) ได้ใช้วิธีการจำลองการอบเหนียวเปรียบเทียบกับ แก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย พบว่าวิธีการจำลองการอบเหนียวสามารถสร้างคำตอบที่ดีกว่าวิธี Metropolis Alogorithm ต่อมา Xiutang (2011) ได้เสนอวิธีการจำลองการอบเหนียวแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายโดยใช้การปรับรูปแบบโครงสร้างคำตอบหลายโครงสร้างร่วมกับวิธี Greedy search Ali (2008) ได้ใช้ SA เพื่อแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย TSP Adewole (2012) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของGA และ SA ในการแก้ปัญหา TSP พบว่า SA ทำงานได้เร็วกว่า GA และได้คำตอบที่ดีเท่ากัน แต่เมื่อขนาดปัญหาใหญ่กว่า 25 เมือง GA ให้คำตอบที่ดีกว่าเล็กน้อย แต่GAใช้เวลาการประมวลผลเพิ่มขึ้นอย่างเอ็กซ์โปเนนเชียล และ Rosen (1992) พบว่าข้อจำกัดของGA คือ ใช้เวลานานในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem :TSP)

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย(TSP) เป็นรูปแบบหนึ่งปัญหาแบบ *np*-complete สำหรับแก้ปัญหาการขนส่ง เมื่อจำนวนเมืองเพิ่มขึ้นความยากในการแก้ปัญหาจะเพิ่มขึ้นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ในการเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นไปยังเมืองต่าง ๆ จำนวน *n* เมือง โดยเดินทางไปเยี่ยมเมืองต่าง ๆเพียงครั้งเดียวและเมื่อเดินทางไปครบทุกเมืองแล้วจะเดินทางกลับมายังจุดเริ่มต้น โดยมีวัตถุประสงค์คือการเดินทางไปครบทุกเมืองด้วยระยะทางที่ต่ำที่สุด ได้มีการประยุกต์ใช้TSPในการแก้ปัญหาอย่างแพร่หลาย เช่น การเจาะแผ่นแผงวงจรprinted circuit board โดยเครื่องจักร SIMD, การจัดเส้นทางขนส่งสินค้า, การออกแบบวงจร VLSI

วิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing : SA)

ในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสม (Optimization) ได้มีการพัฒนาวิธี Simulated Annealing หรือ SA โดยได้รับการพัฒนาขึ้นในปี 1983 (Kirkpatrick et al., 1983) เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้น วิธี SA ทำให้ระบบได้รับคำตอบที่เหมาะที่สุด (global optimum) โดยเลียนแบบกระบวนการปรับโครงสร้างอะตอมของโลหะโดยวิธีการอบเหนียวโลหะ เริ่มต้นกระบวนการโดยการให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิ ใช้การปรับลดอุณหภูมิอย่างช้า ๆ เพื่อเพิ่มขนาดของผลึกและจัดเรียงตัวโครงสร้างโลหะจนกระทั่งโลหะอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมที่สุด วิธี SA จะมีลักษณะการทำงานที่อาศัยหลักของการค้นหาคำตอบจากคำตอบที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกับคำตอบปัจจุบัน ซึ่ง SA นี้เกิดจากการพัฒนาของการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่(local Search) เมื่อเกิดคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเฉพาะที่ จะยอมรับคำตอบปัจจุบันเป็นคำตอบใหม่ที่จะไป

ดำเนินการต่อไป แต่ถ้ามีคำตอบใหม่ที่คุณภาพด้อยกว่า จะยอมรับคำตอบที่มีคุณภาพด้อยกว่าโดยพิจาณาจากความน่าจะเป็นของโบลท์ซแมน (Boltzman's probability) และเมื่อกระบวนการอบเหนียวดำเนินไป ในขณะที่อุณหภูมิค่อย ๆ ถูกปรับลดลง โอกาสที่จะยอมรับคำตอบที่มีคุณภาพด้อยกว่าจะค่อย ๆ ลดลงด้วย ทำให้กระบวนการลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีได้อย่างรวดเร็ว

วิธีการหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุด (Nearest Neighbor Heuristic)

วิธีการหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุด เป็นการแบ่งกลุ่มหาเส้นทางที่ใช้หลักการพยายามวิ่งไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด มีขั้นตอนการเลือก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากจุดเริ่มต้นที่ต้องการ โดยเริ่มมีเวลาเดินทางเท่ากับศูนย์ ทุกเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 2 เลือกเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 เลือกจุดใกล้กับจุดปลายทางในขั้นตอนที่ 2 ไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 รวมระยะการเดินทางเป็นระยะการเดินทางรวมของเส้นนั้น

ขั้นตอนที่ 5 ทำตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 จนกระทั่งเลือกครบทุกจุด เลือกเส้นทางที่มีค่าต่ำสุด

ขั้นตอนที่ 6 ถ้าระยะทางไม่เหมาะสมกันให้ทำการหาเส้นทางใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาสภาพทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

ในส่วนของบริษัทกรณีศึกษา ได้กำหนดส่งเครื่องสำอางให้กับร้านตัวแทนจำหน่าย 2 ครั้ง/เดือน คือ ทุกวันศุกร์ที่ 2 และ 4 ของเดือน ทั้งนี้ บริษัทใช้รถกระบะ 1 คัน เพื่อส่งสินค้าและแต่ละวัน โดยปริมาณเครื่องสำอางที่จัดส่งให้ร้านตัวแทนจำหน่าย 200 กล่อง/ร้าน ดังนั้น ปริมาณสินค้าต่อเที่ยวต่อวัน คือ 4,000 กล่อง

การประยุกต์ใช้หลักเมตาวิธีฮิวริสติกโดยวิธีการจำลองการอบเหนียว

การนำวิธีวิธีการจำลองการอบเหนียวมาใช้แก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (TSP) มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางผ่านเมืองทุก ๆ เมือง เมืองละหนึ่งครั้ง แล้วกลับมายังจุดเริ่มต้น ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (TSP) จัดเป็นปัญหา *np*-complete ในปัจจุบันยังไม่มีอัลกอริทึมซึ่งสามารถสร้างคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับแก้ปัญหาทุกขนาดได้ภายในเวลาพหุนาม(polynomial time) ในขณะที่วิธีเมตาฮิวริสิกสามารถสร้างคำตอบที่ดีภายในเวลาที่ยอมรับได้

การกำหนดตัวแทนคำตอบ(solution representation) โดยใช้ตัวเลขจำนวนเต็มแทนที่ตั้งของตัวแทนจำหน่าย และเลข 0 แทนศูนย์กระจายสินค้า เช่น กำหนดจำนวนตัวแทนจำหน่าย 5 ราย สร้างตัวแทนคำตอบใหม่ ได้แก่

0 | 5 | 3 | 1 | 4 | 2 | 0

ตัวแทนคำตอบ หมายถึง เส้นทางที่เดินทางออกจากศูนย์กระจายสินค้า (0) ไปยังตัวแทนจำหน่ายที่ (5), (3), (1), (4) และ (2) ตามลำดับและกลับมายังจุดเริ่มต้นคือศูนย์กระจายสินค้า (0)

วิธี SA มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเส้นทางเริ่มต้น (Initialize solution) และคำนวณ Cost function, $f(s_0)$ ที่ iteration $i = 0$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าอุณหภูมิเริ่มต้น (Initial temperature, $t_0 = 2000$)

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดอัตราการปรับอุณหภูมิ (Cooling rate, $\alpha = 0.98$)

ขั้นตอนที่ 4 สร้างคำตอบ (s) ด้วยการสลับตำแหน่ง(move)/การแทรก (insertion) ตรวจสอบคำตอบตรงกับเงื่อนไขข้อจำกัดและคำนวณ $f(s)$

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดค่า $\Delta = f(s_i) - f(s_{i-1})$

ถ้า $\Delta < 0$, กำหนด s เป็นคำตอบที่ดีที่สุดในปัจจุบัน (Incumbent solution)

ถ้า $\Delta > 0$

5.1 คำนวณค่า $e^{-\Delta/t}$

5.2 สร้างค่าสุ่ม r = U(0,1)

5.3 ถ้า $r < e^{-\Delta/t}$ แล้ว $s_0 = s$;

ขั้นตอนที่ 6 ดำเนินการปรับค่าอุณหภูมิในสภาวะถัดไป ($t_i = \alpha * t_{i-1}$)

ขั้นตอนที่ 7 ดำเนินการวนซ้ำจนกระทั่งถึงเงื่อนไขการหยุดทำงาน

สรุปผลการวิจัย

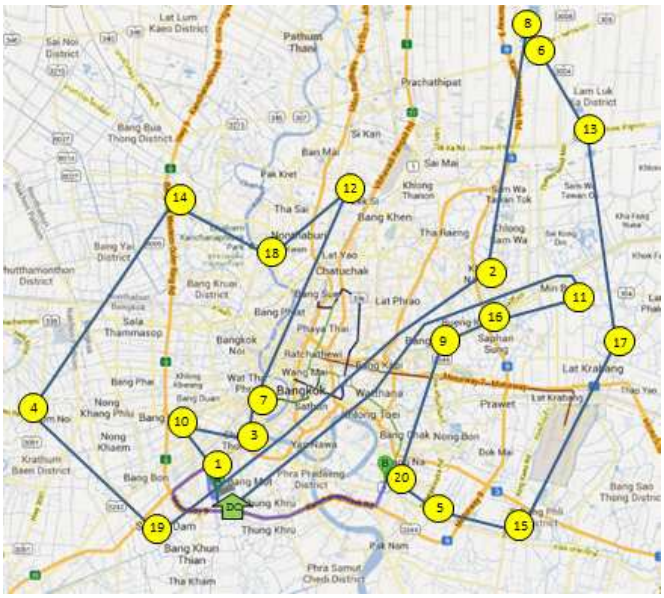
ในการเดินรถขนส่งเครื่องสำอางเพื่อจัดส่งสินค้ายังร้านตัวแทนจำหน่ายจำนวน 20 ร้าน ผลการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางเดินรถ แสดงดังตารางที่ 1

รูปที่ 1 การจัดเส้นทางวิธีปัจจุบัน

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางด้วยวิธีการจำลองการอบเหนียว (SA) กับวิธีการหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุด

การจัดเส้นทางวิธีปัจจุบัน		การจัดเส้นทางที่ได้จากวิธี SA	
เส้นทาง	ระยะทาง(km)	เส้นทาง	ระยะทาง (km)
DC- 1-10-3-7-12-18-14-4-19-2-11-16-9-17-15-5-20-13-6-8 -DC	377.3	DC-11-16-9-20-5-15-17-13-6-8-2-19-4-14-18-12-7-3-10-1-DC	347.8

พลอยพรรณ ศรีกิจการ, อรอุไร แสงสว่าง
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 7 ฉบับที่ 2กรกฎาคม – ธันวาคม 2556 (42-48)



รูปที่ 2 การจัดเส้นทางโดยวิธีการจำลองการอบเหนียว

อภิปรายผล

วิธีการหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุดซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน โดยส่งสินค้าไปยังจุดที่ใกล้ที่สุดก่อน มีระยะทางรวม 377.3 กิโลเมตรต่อวัน บริษัทจัดส่งสินค้าทุกวันศุกร์ที่ 2 และวันศุกร์ที่ 4 ของเดือน ในระยะเวลา 1 เดือน จะใช้ระยะทางวิ่งงานรวมทั้งสิ้น 377.3*2 = 754.6 กิโลเมตร และเมื่อใช้วิธีการจำลองการอบเหนียว (SA) ในการออกแบบเส้นทางเดินรถ พบว่า รถสามารถวิ่งงานด้วยระยะทางเพียง 347.8 กิโลเมตรต่อวัน ดังนั้น ในระยะเวลา 1 เดือน จะมีระยะทางรวมทั้งสิ้น 347.8*2 = 695.6 กิโลเมตร ซึ่งลดลงจากเดิม 7.81 % หรือ 59 กิโลเมตรต่อเดือน

วิธีเมตาฮิวริสติกเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการแก้ปัญหาโดยเฉพาะสำหรับปัญหาที่มีลูกค้าจำนวนมาก มีทำเลที่ตั้งกระจายตามพื้นที่ขนาดใหญ่ งานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing Method) สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถทั้งในปัจจุบันและในอนาคต เพื่อออกแบบเส้นทางการจัดส่งสินค้าที่เหมาะสมที่สุด โดยมีระยะทางขนส่งต่ำที่สุด วิธีการจำลองการอบเหนียว เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูง โดยการยอมรับค่าคำตอบที่ด้อยกว่า ทำให้ก้าวข้ามคำตอบที่เหมาะสมเฉพาะที่ (Local optimum) สามารถค้นพบคำตอบที่ดีได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งการปรับตั้งค่าอุณหภูมิเริ่มต้น, อัตราการลดอุณหภูมิ และโครงสร้างตัวแทนคำตอบเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของวิธีการจำลองการอบเหนียว ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบวิธีการหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุด ซึ่งเป็นวิธีปัจจุบันที่บริษัทใช้กับวิธีการจำลองการอบเหนียว พบว่าวิธีการจำลองการอบเหนียว สามารถจัดเส้นทางการเดินรถได้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากมีระยะทางรวมในการขนส่งต่ำกว่าวิธีที่บริษัทใช้อยู่ ดังนั้นการวางแผนเส้นทางขนส่งสินค้าโดยวิธีการจำลองการอบเหนียวสามารถลดระยะทางและค่าใช้จ่ายในการ ขนส่งเครื่องสำอางของบริษัทได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีจำนวนร้านค้ามากในระดับภูมิภาคได้ และสามารถนำจุดเด่นด้านคุณภาพคำตอบ

ของ GA และ เวลาในการประมวลผลเร็วของ SA โดยวิธีเมตาฮิวริสติกแบบผสม(Hybrid metaheuristics) สำหรับแก้ปัญหาเส้นทางการขนส่งที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ได้คำตอบที่เหมาะสมโดยใช้เวลาในการประมวลผลน้อย นอกจากนี้การคำนวณระยะทางการขนส่ง สามารถนำข้อมูลค่าใช้จ่ายอื่น ๆ มาพิจารณาด้วย เช่น ค่าเชื้อเพลิงซึ่งแปรผันตามระยะทาง, ค่าเสื่อมสภาพ, ค่าบำรุงรักษายานพาหนะ และค่าจ้างพนักงานขนส่ง เป็นต้น ทั้งนี้ เพื่อให้เห็นค่าใช้จ่ายในการขนส่งและประสิทธิภาพการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจริง

บรรณานุกรม

ณกร อินทร์พยุง. 2548. การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

ธราพงศ์ แซ่ตั้ง. 2553. การปรับปรุงการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาบริษัทผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์รายหนึ่ง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. 2554. วิธีการเมต้าฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 62-71

สุทธิชา ทับตารา, เสรี เศวตเศรนี. 2554. การจัดการขยะชุมชนในกรุงเทพมหานคร, วิศวกรรมสาร มก. ปีที่ 24 ฉบับที่ 78 (ตุลาคม-ธันวาคม 2554), 34-46

หทัยทิพย์ ภุชงควาริน. 2547. ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่มีระยะเวลาเดินทางไม่แน่นอนแบบคงตัว, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Adewole A.p., Otubamowo K. and Egunjobi T.2012. A Comparative Study of Simulated Annealing and Genetic Algorithm for Solving the Travelling Salesman Problem. *International Journal of Applied Information Systems* 4(4) 6-12, New York, USA

Chang-Sung Jeong, Myung-Ho Kim. 1991. Fast parallel simulated annealing for traveling salesman problem on SIMD machines with linear interconnections, Parrell Computing, 221-228.

Christof T., J. Michael and R. Gerhard. 1998. Case study : Improving industrial competitiveness : a TSP approach," Logistics Information Management, 188-197.

Kirkpatrick S., Gelatt Jr., Vecchi M.P.. 1985. Configuration space analysis of travelingsalesman problem, Journal Physique 46, 1277-1292.

Meer K. 2007. Simulated annealing versus metropolis for a TSP instance, Information Processing Letters 104 (6) 216-219.

Metropolis, N, et al.1953. Equation of StateCalculations by Fast Computing Machines. Florida State University

Rosen, L. Ingber .1992. Genetic algorithms and very fast simulated reannealing: A comparison. Mathematical Computer Modeling,Vol. 16. 87-100.

Xiutang Geng and others . 2011. Solving the traveling salesman problem based on an adaptive simulated annealing algorithm with greedy search Applied Soft Computing, 3680-3689.

Wang Z.C., Geng, Z.H. Shao. 2009. An effective simulated annealing algorithmfor solving the traveling salesman problems, Journal of Computational and Theoretical Nanoscience 6, 1680-1686