การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถภายใต้ความไม่แน่นอนของอุปสงค์โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์

Analysis of Vehicle Routing Problem Under Demand Uncertainty Via Simulation

เตชพล พลังไพบูลย์ พีระพัฒน์ ภู่ผ่าน อุดม จันทร์จรัสสุข

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถภายใต้ความไม่แน่นอนของอุปสงค์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ที่มีต่อต้นทุนการขนส่งและระดับการให้บริการ คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถขึ้นเพื่อจำลองความไม่แน่นอนของปริมาณอุปสงค์โดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างจากรูปแบบการแจกแจงที่กำหนดขึ้นซึ่งประกอบด้วยการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอกรูป และการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม และได้ทำการทดลองกับตัวอย่างปัญหา 25 ปัญหาโดยกำหนดให้มีการปรับเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรและช่วงกว้างของอุปสงค์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์แม้เพียงเล็กน้อยจะส่งผลให้ต้นทุนของการขนส่งเพิ่มขึ้นและระดับการให้บริการลดลงอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิจัยในครั้งนี้เป็นประโยชน์ในการใช้ประกอบการตัดสินใจเพื่อลดต้นทุนในการขนส่งและปรับปรุงคุณภาพในการให้บริการ

คำสำคัญ : ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ, การจำลองสถานการณ์, ความไม่แน่นอน, ต้นทุนการขนส่ง, ระดับการให้บริการ

Abstract

This paper presents analysis of the vehicle routing problem with demand uncertainty. The objective is to study the effect of demand uncertainty on transportation cost and service level. We developed a simulation model of the vehicle routing problem to simulate the demand uncertainty. Sampling technique was used in the simulation for different types of demand distributions including normal distribution, uniform distribution, and triangular distribution. Computational experiment was conducted with 25 instances from literature by varying the coefficient of variation and interval of demand. The results showed that slightly changes in demand could cause the transportation cost to increase significantly and the service level to decrease. The results of this research are beneficial for supporting the decision making on reducing transportation cost and improving service level.

Keywords : Vehicle Routing Problem (VRP), Simulation, Uncertainty, Transportation Cost, Service Level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

การจัดเส้นทางการเดินรถเป็นปัญหาที่มีความสำคัญต่อธุรกิจในปัจจุบันทั้งในส่วนของการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต และการจัดจำหน่าย ในธุรกิจต่างๆ ต้นทุนการขนส่งนับเป็นต้นทุนที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อต้นทุนรวมของสินค้า [1] การลดต้นทุนค่าขนส่งโดยการวางแผนเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสมจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ถูกใช้ในการลดต้นทุนรวมของสินค้าในอุตสาหกรรม

ต้นทุนการขนส่งยังได้รับผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ซึ่งตามธรรมชาติแล้วอุปสงค์จะมีค่าไม่แน่นอนมากกว่าจะเป็นค่าที่ถูกกำหนด[2] การเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ทำให้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องมีทรัพยากรสำรองเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างเพียงพอ ส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งเพิ่มสูงขึ้น หรือหากใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เดิมในการจัดส่งจะทำให้การจัดส่งล่าช้าและทำให้ระดับการให้บริการลดลง ซึ่งอาจส่งผลให้ลูกค้ามองหาผู้จัดส่งรายใหม่ที่ให้บริการได้ดีกว่า ทำให้เกิดการสูญเสียรายได้อย่างมหาศาลแก่ผู้ประกอบการ [3-4]

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนและระดับการให้บริการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถภายใต้การเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์โดยใช้การจำลองสถานการณ์ เนื้อหาในบทความนี้จะกล่าวถึงปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ ขั้นตอนการวิจัย รวมทั้งการนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาทดลองกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ และปิดท้ายด้วยการสรุปผลการทดลอง

2. ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ

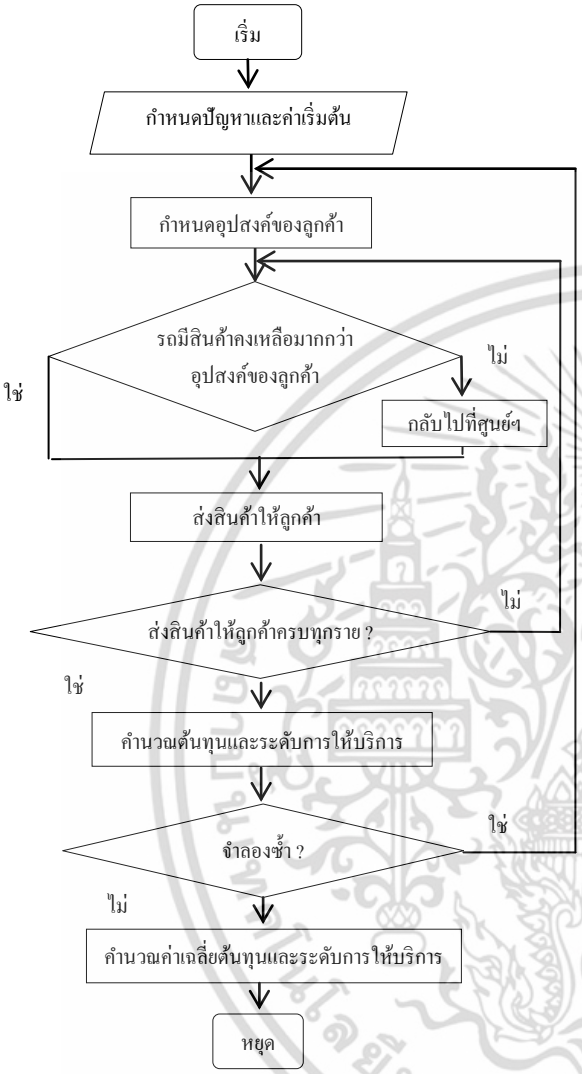
ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem, VRP) เป็นปัญหาที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในการวิจัยการดำเนินงาน ลักษณะของปัญหาประกอบด้วยจำนวนพาหนะที่ใช้ในการขนส่งที่มีความจุค่าหนึ่ง จุดรับสินค้า และปริมาณอุปสงค์ของลูกค้า[5] โดยมีเป้าหมายเพื่อหาเซตของเส้นทางที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุดและสามารถให้บริการครบตามปริมาณอุปสงค์ทั้งหมด พาหนะที่ใช้ขนส่งจะเริ่มและจบลงที่จุดรับสินค้าโดยที่การขนส่งจะต้องถูกกำหนดให้มีการให้บริการแก่ลูกค้าแต่ละจุดโดยใช้พาหนะเพียงคันเดียว [6] ลักษณะของปัญหาที่ทำการวิจัยในครั้งนี้เป็นปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีความจุรถจำกัดภายใต้ความไม่แน่นอนหรือ Capacitated Vehicle Routing Problem with Stochastic Demand (CVRPSD) ซึ่งเป็นปัญหาที่ถูกจัดอยู่ในปัญหาประเภท (NP-Hard) [8-9] และยากต่อการหาคำตอบที่ดีที่สุด ปัญหา CVRPSD ประกอบด้วย เซตของอุปสงค์ของลูกค้า และมีพาหนะจำนวนหนึ่งที่มีลักษณะและความจุที่เหมือนกัน (Homogeneous Vehicle) ในการขนส่งสินค้า เป้าหมายของการแก้ปัญหานี้เหมือนกับปัญหา VRP แต่มีข้อจำกัดเพิ่มเข้ามาคือ ลูกค้าแต่ละรายมีอุปสงค์ที่มีรูปแบบไม่แน่นอน [6] สำหรับปัญหาที่ใช้ในงานวิจัยนี้อ้างอิงมาจากงานวิจัยของ [10]

3. วิธีการวิจัย

การวิเคราะห์ปัญหาในงานวิจัยนี้อาศัยหลักการของการจำลองสถานการณ์ ข้อมูลของปัญหาประกอบด้วยพิกัดตำแหน่งของลูกค้าแต่ละรายและศูนย์กระจายสินค้า จำนวนลูกค้า ปริมาณอุปสงค์ของลูกค้าแต่ละราย และจำนวนรถขนส่งสินค้าที่มีความจุของรถแต่ละคันเท่ากัน รวมถึงคำตอบของปัญหาซึ่งประกอบด้วย เส้นทางการขนส่งสินค้าของรถขนส่งสินค้าแต่ละคันที่สามารถตอบสนองอุปสงค์ของลูกค้าด้วยระยะทางการขนส่งที่สั้นที่สุด ในการจำลองสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวจะใช้วิธีเปลี่ยนแปลงปริมาณอุปสงค์ของลูกค้าที่คงที่ของปัญหาให้เป็นปริมาณอุปสงค์ที่ไม่แน่นอนในลูกค้าแต่ละรายโดยใช้รูปแบบการแจกแจง 3 แบบซึ่งประกอบด้วยการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบเอกรูป และการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม เพื่อนำไปคำนวณต้นทุนในการขนส่งและระดับการให้บริการ คณะผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาโดยใช้ภาษา C# ซึ่งวิธีการจำลองสถานการณ์มีขั้นตอนดังแสดงไว้ในแผนภูมิรูปที่ 1



รูปที่ 1 : แผนภูมิการทำงาน

จาก รูปที่ 1 การทำงานเริ่มจากการกำหนดจำนวนรอบของการจำลองสถานการณ์ และตามด้วยการสุ่มตัวอย่างจากปริมาณอุปสงค์ของลูกค้าแต่ละรายตามรูปแบบการแจกแจงที่เลือกไว้ เทคนิคการสุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีคอนโวลูชัน (Convolution Method) สำหรับรูปแบบการแจกแจงแบบปกติ และวิธีผกผัน (Inverse Method) สำหรับการแจกแจงแบบเอกรูปและการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม จากนั้นทำการตรวจสอบปริมาณสินค้าที่เหลืออยู่ในรถขนส่งสินค้า ถ้ามีปริมาณน้อยกว่าปริมาณอุปสงค์ของลูกค้ารายถัดไป ให้รถขนส่งสินค้าทำการวนรถกลับไปที่ศูนย์กระจายสินค้า (Depot) เพื่อรับสินค้าใหม่จนเต็มจำนวนที่สามารถบรรทุกได้และขนส่งสินค้าไปให้กับลูกค้ารายที่ยังไม่ได้รับสินค้าถัดไปตามลำดับจนครบจำนวนลูกค้า จากนั้นทำการคำนวณต้นทุนรวมที่เกิดขึ้น โดยกำหนดให้ต้นทุนในการขนส่งอยู่ที่อัตรา 1 บาทต่อ 1 หน่วยระยะทาง และผลที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบในรูปแบบร้อยละของอัตราส่วนระหว่างการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนที่เปลี่ยนไปกับต้นทุนรวมการขนส่งเมื่ออุปสงค์คงที่โดยที่ระยะทางของการขนส่งคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$s_{ij} = [(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2]^{1/2} \quad (1)$$

เมื่อ s_{ij} คือ ระยะขจัดระหว่าง i กับ j โดยที่ x และ y เป็นพิกัดในแนวนอนและแนวตั้งของลูกค้า

การวัดระดับการให้บริการจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

- Service level 1 (%) คำนวณจากร้อยละของจำนวนลูกค้าที่สามารถส่งสินค้าภายในรอบแรกของการขนส่ง
- Service level 2 (%) คำนวณจากร้อยละของจำนวนลูกค้าที่ใช้ระยะทางน้อยกว่าหรือเท่ากับระยะทางรวมในการขนส่งเมื่อปริมาณอุปสงค์คงที่

เมื่อทำการจำลองสถานการณ์ครบตามจำนวนรอบที่กำหนดไว้ จากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของต้นทุนรวมการขนส่งและระดับการให้บริการ

4. การทดลองและผลการทดลอง

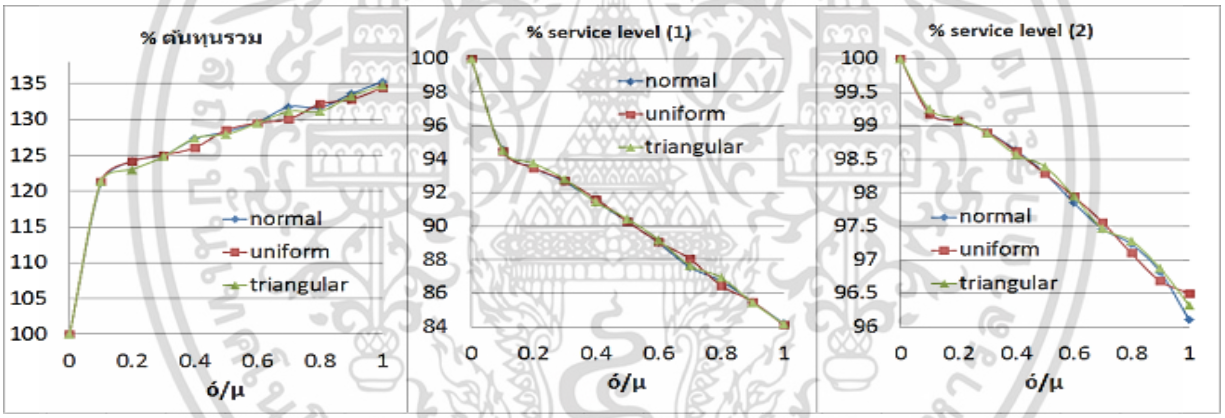
ในการทดลองผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับปัญหา 25 ปัญหาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [10] ซึ่งแต่ละปัญหามีความแตกต่างของจำนวนลูกค้า ความจุของรถแต่ละคัน และจำนวนรถขนส่งสินค้า เพื่อประเมินต้นทุนรวมการขนส่งและระดับการให้บริการ ซึ่งในแต่ละปัญหาจะทำการจำลองซ้ำ 1500 ครั้งและใช้วิธีการสุ่มปริมาณอุปสงค์ของลูกค้าแต่ละรายทั้ง 3 รูปแบบการแจกแจง โดยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอุปสงค์แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

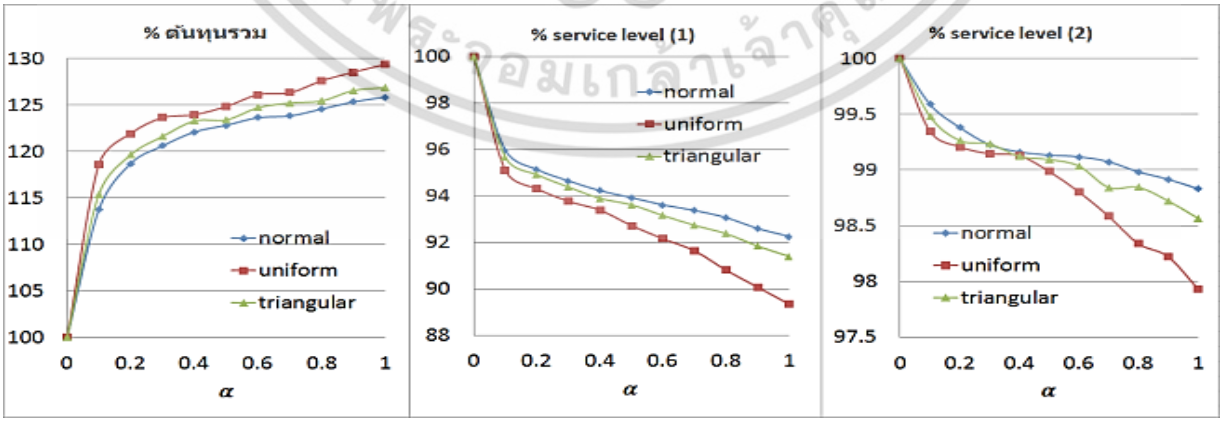
- กรณี 1. การเปลี่ยนแปลง coefficient of variation (CV) คือการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าเฉลี่ยของปริมาณอุปสงค์ (σ/μ) จาก 0 - 1 โดยให้ช่วงการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 10 % หรือ 0.1
- กรณี 2. การเปลี่ยนแปลงช่วงกว้างของอุปสงค์ คือการกำหนดให้อุปสงค์มีค่าอยู่ในช่วง $(\mu \pm d)$ โดยที่ μ คือค่าเฉลี่ยของปริมาณอุปสงค์และให้ $d = \alpha\mu$ ซึ่ง α เป็นพารามิเตอร์ที่มีช่วงการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0-1 สำหรับการแจกแจงแบบปกติกำหนดให้ σ มีค่าเท่ากับ $\alpha\mu/3$ หรือ $(d = 3\sigma)$ ในขณะที่การแจกแจงแบบเอกรูปและแบบสามเหลี่ยมจะใช้ค่า d เท่ากับ $\alpha\mu$

เพื่อให้เห็นภาพของการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมการขนส่งและระดับการให้บริการจากการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์ใน 2 กรณีดังกล่าว ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างผลการทดลองของปัญหา B-n66-k9 ที่มีรถขนส่งจำนวน 9 คัน ความจุ 100 หน่วย และมีจำนวนลูกค้า 65 ราย ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 2 และ 3

ผลการทดลองในรูปที่ 2 (กรณีที่ 1) แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ตามรูปแบบการแจกแจงทั้ง 3 แบบมีผลต่อร้อยละการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมในแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ในรูปที่ 3 (กรณีที่ 2) ร้อยละต้นทุนรวมของการแจกแจงแบบเอกรูปมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการแจกแจงแบบสามเหลี่ยมและแบบปกติตามลำดับ



รูปที่ 2 : ต้นทุนรวมการขนส่ง (%) และระดับการให้บริการเมื่อเปลี่ยนแปลง coefficient of variation (CV)



รูปที่ 3 : ต้นทุนรวมการขนส่ง (%) และระดับการให้บริการเมื่อเปลี่ยนแปลงช่วงกว้างของอุปสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับระดับการให้บริการ จากผลการทดลองในรูปที่ 2 (กรณีที่ 1) ทั้ง 3 รูปแบบการแจกแจงจะให้ผลการเปลี่ยนแปลงระดับการให้บริการทั้ง 2 กรณีที่ใกล้เคียงกัน โดยมีแนวโน้มที่ลดลงในขณะที่รูปที่ 3 (กรณีที่ 2) การแจกแจงแบบเอกรูปจะมีการเปลี่ยนแปลงระดับการให้บริการทั้ง 2 กรณีในแนวโน้มที่ลดลงมากกว่าการแจกแจงแบบสามเหลี่ยมและแบบปกติตามลำดับ เช่นจากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าระดับการให้บริการในกรณีที่ 1 มีค่ามากกว่า 90 % เมื่อปริมาณอุปสงค์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 50 % เป็นต้น

ตารางที่ 1 เป็นตารางแสดงผลลัพธ์ของปัญหาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [10] ในกรณีที่อุปสงค์มีการเปลี่ยนแปลงตามการแจกแจงแบบปกติและทำการทดลองที่ค่า (σ/μ) = 10 % โดยที่ (a ,b ,c) ในตารางหมายถึง

ตารางที่ 1 ตารางสรุปผลลัพธ์ 25 ปัญหา

ชื่อปัญหา	(a , b ,c)	Increased total cost (%)	Service level 1 (%)	Service level 2 (%)
P-n19-k2	(2,18,160)	5.242	97.444	99.356
P-n55-k8	(8,54,160)	5.966	97.328	98.904
P-n55-k7	(7,54,170)	7.098	97.247	98.972
P-n60-k15	(15,59,80)	12.976	93.219	97.491
P-n76-k5	(5,75,280)	1.948	98.068	99.125
P-n101-k4	(4,100,400)	0.804	99.744	99.980
A-n33-k5	(5,32,100)	8.062	96.550	97.763
A-n53-k7	(7,52,100)	20.167	94.216	98.468
A-n64-k9	(9,63,100)	19.535	93.938	98.349
A-n80-k10	(10,79,100)	16.982	96.243	97.819
B-n45-k5	(5,44,100)	9.520	96.031	98.509
B-n41-k6	(6,40,100)	16.108	95.618	96.698
B-n51-k7	(7,50,100)	20.474	95.654	98.680
B-n66-k9	(9,65,100)	21.073	94.570	99.196
B-n78-k10	(10,77,100)	23.478	93.625	97.148
F-n45-k4	(4,44,2010)	6.030	95.161	100.000
F-n72-k4	(4,71,30000)	12.199	96.095	97.873
F-n135-k7	(7,134 ,2210)	11.973	97.598	98.503
E-n22-k4	(4,21,6000)	3.626	97.255	99.515
E-n23-k3	(3,22,4500)	3.888	98.180	100.000
E-n76-k10	(10,75,140)	9.590	95.751	98.207
E-n76-k14	(14,75,100)	15.717	93.229	98.003
E-n33-k4	(4,32,8000)	15.387	95.997	97.119
M-n121-k7	(7,120, 200)	6.499	97.371	98.874
M-n101-k10	(10,100,200)	18.182	97.925	99.489

a = จำนวนรถขนส่งสินค้า b = จำนวนลูกค้า และ c = ความจุของรถ และแสดงค่าร้อยละการเพิ่มขึ้นของต้นทุนรวมการขนส่งและค่าร้อยละการลดลงของระดับการให้บริการแบบที่ 1 และ 2 ของทั้ง 25 ปัญหา

จากตารางที่ 1 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมการขนส่งในปัญหาส่วนใหญ่จะมีค่ามากขึ้นเมื่อจำนวนรถขนส่งสินค้าและจำนวนลูกค้าเพิ่มขึ้นเพราะว่าเมื่อมีจำนวนลูกค้ามากขึ้นทำให้ต้องมีรถขนส่งสินค้ามากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น เมื่อปริมาณอุปสงค์เปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลให้ระยะทางรวมในการขนส่งของรถแต่ละคันเพิ่มขึ้น นำมาซึ่งต้นทุนรวมการขนส่งที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เช่นในปัญหา B-n78-k10 เมื่อเปลี่ยนแปลง (σ/μ) = 10% ส่งผลให้ร้อยละต้นทุนรวมเพิ่มขึ้นจากเดิม 23.478 % ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ค่อนข้างมาก ในขณะที่ระดับการให้บริการแบบที่ 1 และ 2 ยังมีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (มากกว่า 93 %) ในภาพรวมการเปลี่ยนแปลง (σ/μ) = 10 % ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของต้นทุนรวมอย่างเห็นได้ชัด แต่จะมีผลต่อการลดลงของระดับการให้บริการไม่มากนักซึ่งมีสาเหตุสำคัญเนื่องจากค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการที่รถขนส่งสินค้าต้องวนรถกลับไปรับสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าใหม่และทำการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าคนถัดไปตามลำดับ

ความจุของรถขนส่งสินค้าก็มีผลต่อร้อยละการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมการขนส่งและระดับการให้บริการแบบ 1 และ 2 เช่นในปัญหา P-n19-k2 ที่มีจำนวนรถขนส่งเท่ากับ 2 คัน จำนวนลูกค้า 18 ราย และความจุ 160 หน่วย มีร้อยละการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมการขนส่งเพิ่มขึ้น และระดับการให้บริการ 1 และ 2 มีค่าลดลงมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับปัญหา P-n101-k4 ที่มีจำนวนรถขนส่ง 4 คัน จำนวนลูกค้า 100 ราย และความจุเพิ่มขึ้นเป็น 400 หน่วย เนื่องจากเมื่อความจุสินค้าเพิ่มขึ้นส่งผลให้รถขนส่งสินค้ามีพื้นที่เผื่อสำหรับสินค้ามากขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ผลกระทบของอุปสงค์ต่อต้นทุนรวมการขนส่งและระดับการให้บริการจากความไม่แน่นอนของปริมาณอุปสงค์ และจากการทดลองสรุปได้ว่า ถ้าปริมาณอุปสงค์ของลูกค้ามีความไม่แน่นอนแล้วจะส่งผลต่อต้นทุนรวมการขนส่งเพิ่มขึ้นและระดับการให้บริการลดลง และผลของการแจกแจงของอุปสงค์ทั้ง 3 ประเภทเมื่อทำเปลี่ยนแปลง Coefficient of Variation นั้นจะส่งผลให้ต้นทุนรวมการขนส่งเพิ่มขึ้นและระดับการให้บริการลดลงในค่าที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงช่วงกว้างของอุปสงค์ การแจกแจงแบบเอกรูปจะส่งผลให้ต้นทุนรวมการขนส่งเพิ่มขึ้นและระดับการให้บริการลดลงมากกว่าการแจกแจงแบบสามเหลี่ยมและแบบปกติตามลำดับ

แบบจำลองในงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เส้นทางการขนส่งและใช้เป็นตัวประกอบการตัดสินใจว่าควรจะเปลี่ยนแปลงเส้นทางการขนส่งใหม่หรือไม่ โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมการขนส่งที่เพิ่มมากขึ้นหรือระดับการให้บริการที่ลดลงเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของการบริการเพื่อให้ลูกค้ามีความพึงพอใจ อย่างไรก็ตามผู้ประกอบการควรคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องควบคู่ไปด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] A. Pisanwanich, “A Study of the Logistics Cost Structure in Thailand and an Impact Analysis of Oil”. University of the Thai Chamber of Commerce Journal, Vol. 30, No. 1, pp.38-53, March, 2010.

[2] Dimitris J. Bertsimas, “A vehicle Routing Problem With Stochastic Demand,” Operation Research Society Of America,Vol. 40, No. 3, pp. 574-585, May-June 1992.

[3] Li Jiang, Hongyan Wang, and Bin Ding, “Disruption Management Recovery Model of Distribution Delay with Service Priority,” Asian Social Science; Vol. 9, No. 2; pp 170-179, 2013

[4] Vahid Mahdavi Asl, Seyyed Amir Sadeghi, Soheil Fathi, “A mathematical Model and Solving Method for Multi-Depot and Multi-level Vehicle Routing Problem with Fuzzy Time Windows,” Advances in Intelligent Transportation Systems Vol. 1, No. 1, pp.19-24, March 2012

[5] M. Fisher. Vehicle routing. Handbooks of Operations Research and Management Science, Chapter 1, 8:1-31,1995.

[6] Abdul Kadar Muhammad Masam, Muhammad Shahjalal, Md. Faisal Faruque, and Md. Iqbal Hasan Sarker, “Solving the Vehicle Routing Problem using Genetic Algorithm,” (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications,Vol. 2, No. 7, pp. 126-131, 2011.

[7] Angel A.Juan, Scott E. Grasman, Javier Faulin, Daniel Riera, Carlos A. Mendes, and Bernardo Ruiz, “ Applying Simulation and Reliability to Vehicle Routing Problems with Stochastic Demands,” Experimental Evaluation of Algorithm for Solving Problems with Combinatorial Explosion Reggio Emilia, Italy, 12 December 2009.

[8] R. Liu and Z. Jiang, “The close-open mixed vehicle routing problem,” European Journal of Operational Research, vol. 220, pp. 349-360, 2012.

[9] X. Li, S. C. H. Leung, and P. Tian, “A multistart adaptive memory-based tabu search algorithm for the heterogeneous fixed fleet open vehicle routing problem,” Expert Systems with Applications, vol. 39, pp. 365-374, 2012.

[10] P. Augerat, J.M. Belenguer, E. Benavent, A. Corberán, D. Naddef, G. Rinaldi, Computational Results with a Branch and Cut Code for the Capacitated Vehicle Routing Problem, Research Report 949-M, Universite Joseph Fourier, Grenoble.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้