การจัดตารางเวลาในการเดินรถขนส่งมวลชน ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้โปรแกรมเอกเซลโซลเวอร์

Study KKU Shuttle Bus Scheduling Using by Excel Solver

ปัทมา อยู่เย็น ลัดดา ตันวาณิชกุล

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

ปัจจุบันรถขนส่งมวลชน มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU Shuttle Bus) ถูกนำมาใช้งานเพื่อสัญจรภายในบริเวณเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีการจัดตารางเวลาเดินรถที่ยังไม่เหมาะในระยะเวลาการรอคอยในช่วงเร่งด่วนและไม่เร่งด่วน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาเพื่อจัดตารางเวลาในการเดินรถเพื่อให้เหมาะสมกับจำนวนผู้มาใช้บริการในแต่ละช่วงเวลาของวัน โดยใช้หลักการหาคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากการแก้สมการเชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver ช่วยในการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นทุนในการดำเนินการต่ำที่สุดและระยะเวลารอคอยน้อยที่สุด โดยระยะทางและความเร็วในการเดินทางได้จากการเก็บข้อมูลจาก Global Positioning System (GPS), Geographic Information System (GIS) และจำนวนของผู้โดยสารในแต่ละป้ายใช้ข้อมูลจำนวนผู้มาใช้บริการ 5 เดือนคือเดือนกันยายน 2554 ถึง กุมภาพันธ์ 2555 (ยกเว้นเดือนธันวาคม 2554) ผลที่ได้จากการจัดตารางการขนส่งที่เหมาะสม ทำให้ต้นทุนในการดำเนินการเฉลี่ยต่อเดือนลดลงจาก 577,638 บาทต่อเดือน เป็น 399,081 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 30.92 % และทำให้ค่าเฉลี่ยในการรอคอยเป็น 8 นาทีต่อเที่ยว ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของรูปแบบการเดินทางโดยระบบขนส่งมวลชน

คำสำคัญ : การจัดตารางเดินรถ, ต้นทุนการเดินรถ, โปรแกรมเชิงเส้น, เอกเซลโซลเวอร์

Abstract

Currently, public transport so called KKU Shuttle Bus has been provided to serve staffs and student within the area of Khon Kaen University and bus scheduling is not optimal in term of waiting timing during the peak and off-peak period. The linear equation problem was used to determine a near optimum solution by using Microsoft Excel Solver to minimize operating cost and waiting time. Travel distance and travel speed were collected in order to calculated Shuttle bus travel time by using Global Positioning System, GPS and Geographic Information System, GIS. Passenger numbers at the bus stops were collected during September 2011 to February 2012 (Except December 2011). The results were shown that from the new scheduling time table, in operation cost were reduced over 30.92 % per month or from 577,638 to 399,081 Baht per month whereas the average waiting time is around 8 minutes per trip, which is in the acceptable forms of traveling by public transport.

Keywords : Transportation scheduling, cost of operation, linear programming, Microsoft excel solver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้เห็นถึงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจากการมีรถยนต์และรถจักรยานยนต์เป็นจำนวนมากที่เข้ามาใช้บริการต่างๆทางมหาวิทยาลัยจึงมีโครงการรถขนส่งมวลชน มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU Shuttle Bus) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางภายในมหาวิทยาลัย และลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคล และรถจักรยานยนต์ ของนักศึกษา คณาจารย์ และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยและเพื่อช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัดในชั่วโมงเร่งด่วน งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความต้องการในการเดินทางในชั่วโมงเร่งด่วน และไม่เร่งด่วน เพื่อนำมาปรับตารางเวลาในการเดินรถขนส่งมวลชน ให้เหมาะสมกับความต้องการการเดินทางและเพื่อเป็นการช่วยลดต้นทุนในการให้บริการในการเดินรถ รถขนส่งมวลชนของทางมหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดตารางเวลา

การจัดตารางเวลาเดินรถมีวิธีที่นิยมใช้ 2 วิธีคือ วิธีสุ่มตัวอย่างมีเหตุผล (Heuristics) และวิธีหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด(Optimization) วิธีสุ่มตัวอย่างมีเหตุผล เป็นวิธีที่ให้คำตอบใกล้เคียงผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ภายในเวลาการวิเคราะห์ที่เหมาะสม [1] ศึกษาการหากฎและวิธีการที่เหมาะสมสำหรับจัดตารางเวลาการบริการการเดินรถเพื่อแก้ไขปัญหาความล่าช้าของงาน โดยการใช้ Short Processing Time Rules (SPT) คือกฎการเลือกงานที่ใช้เวลาน้อยสุดมาทำก่อน,Longest Processing Time Rule (LPT) คือกฎการเลือกงานที่ใช้เวลานานที่สุดมาทำก่อน และ Mean Progressive Weighted tardiness Estimator (MPWH)คือกฎการเลือกงานซึ่งพัฒนามาจากการหาตัวประมาณค่าของเวลาแล้วเสร็จของงาน ซึ่งเป็นกฎที่อยู่ในวิธีการ Dispatching Rules เพื่อนำมาปรับปรุงเพิ่มขีดความสามารถในการทำกำไรในธุรกิจบริการรถบัสขนส่ง โดยใช้โปรแกรมการจัดตาราง Interactive Production Scheduling & Sequencing software (IPSS) สามารถลดความล่าช้าของงานจากเดิมที่ 17.31%ไปอยู่ที่ 0% และทำให้รับช่วงงานจากเดิมเพิ่มเป็น 2 เท่าและได้กำไรเพิ่มขึ้นอีก 5.65% หลังจากการปรับปรุง วิธีหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization) นิยมใช้วิธี Mathematical Programming สำหรับปัญหาการจัดตารางเวลาในการดำเนินงานที่แต่ละงานมีเงื่อนไขของเวลาซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดตารางเวลาการเดินรถภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา วิธีนี้ใช้เวลาในการหาผลลัพธ์นานและซับซ้อนมาก จึงไม่เหมาะกับการจัดตารางเวลาที่ต้องกระทำทุกวัน [2] ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการจัดตารางเวลาแบบล่วงหน้าของการส่งคอนกรีตผสมเสร็จโดยรถบรรทุกสำหรับผู้ประกอบการในรูปแบบหนึ่งโรงงานผลิตจัดส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างหลายแห่ง พบว่าประสิทธิภาพของการจัดตารางจากโปรแกรมประยุกต์ที่ทำขึ้นอยู่ในเกณฑ์ดีคือมีการลู่เข้าของคำตอบที่รวดเร็วและประสิทธิภาพของตารางการจัดส่งที่ได้ก็มีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมีความยืดหยุ่นสูงสามารถช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจของพนักงานได้อย่างดี

2.2 ต้นทุนในการดำเนินการขนส่ง

ประเภทต้นทุนแบ่งได้ดังนี้คือต้นทุนคงที่(Fixed Cost) เป็นต้นทุนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆตามการผลิตไม่ว่าจะทำการผลิตหรือไม่ต้นทุนนี้จะเกิดขึ้นเป็นจำนวนคงที่ ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) เป็นต้นทุนที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการขนส่งและ ต้นทุนรวม (Total Cost) เป็นต้นทุนที่คิดรวมทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันรวมกันถือเป็นต้นทุนของการบริการทั้งหมด [3] ศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนการเดินรถโดยใช้น้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติโดยการวิเคราะห์เชิงพรรณนาผลคือราคาก๊าซธรรมชาติสามารถช่วยลดต้นทุนในการดำเนินการได้เดือนละประมาณ 14 % โดยไม่คำนึงถึงค่าซ่อมบำรุง

2.3 การแก้ปัญหาโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming)

โปรแกรมเชิงเส้นเป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้วางแผนจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ซึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

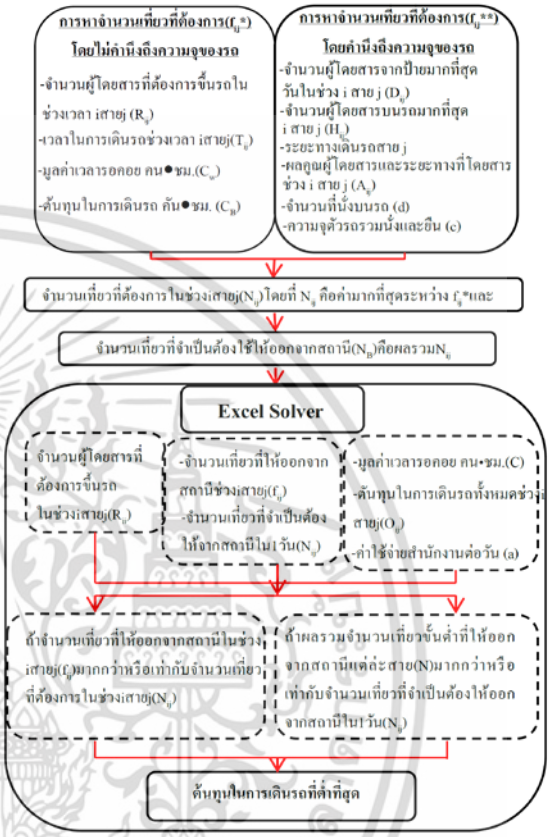
ประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจแทนปริมาณของกิจกรรมที่พิจารณา ข้อจำกัดเป็นเงื่อนไขที่ระบุว่าปัญหานี้จะทำอะไรได้บ้างหรือทำกิจกรรมอะไรไม่ได้บ้าง ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับข้อจำกัดของทรัพยากรที่มีอยู่ เขียนในรูปแบบความสัมพันธ์ของอัตราการใช้ทรัพยากรของแต่ละกิจกรรมและฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ แสดงถึงประสิทธิผลของการใช้ทรัพยากรเพื่อทำกิจกรรมเหล่านั้น [4]ศึกษาถึงผลการปรับปรุงการให้บริการเดินรถโดยสารประจำทางสาย 1 และ 14 ของจังหวัดนครราชสีมาโดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงเส้นสำหรับวิเคราะห์หาจำนวนเที่ยวเดินรถแต่ละช่วงเวลาและจำนวนรถเพื่อให้ผู้ประกอบการได้กำไรสูงสุด ซึ่งผลคือสามารถลดต้นทุนในการเดินรถทั้งสองสายรวมกันได้ปีละ 7.27 ล้านบาทและลดระยะเวลารอคอยของผู้โดยสารลงได้สูงสุดถึง 20 นาที

2.4 การใช้โปรแกรมเอกเซลโซลเวอร์ (Microsoft Excel Solver)

[5]โปรแกรม Microsoft Excel จะมีชุดสำหรับการวิเคราะห์ Maximize/Minimize ที่เป็นเชิงเส้นเรียกว่า Solver สำหรับใช้หาคำตอบที่เหมาะสม (Optimal solution) ของแบบจำลองสมการเชิงเส้นซึ่งมีขั้นตอนคือ กำหนดตัวแปรตัดสินใจ กำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กำหนดข้อจำกัดของ [6] ได้ประยุกต์ใช้เอกเซลโซลเวอร์เพื่อปรับปรุงการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังสาขาต่างๆ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำกว่าวิธีปัจจุบัน ซึ่งสามารถลดจำนวนการใช้รถได้เป็นจำนวน 13 คันต่อเดือน ทำให้ค่าใช้จ่ายลดลง 14,560 บาทต่อเดือน

3. การออกแบบแบบจำลองการจัดตารางเดินรถ

ขั้นตอนนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือเป็นการคำนวณหาตัวแปรเพื่อนำมากำหนดเงื่อนไขที่ใช้ตัดสินใจของสมการเชิงเส้นเพื่อคำนวณหาต้นทุนในการดำเนินการ ซึ่งจะได้ตัวแปรคือ จำนวนเที่ยวขั้นต่ำในการเดินรถแต่ละช่วงเวลาในหนึ่งวัน และจำนวนเที่ยวที่กำหนดให้ออกจากสถานีในแต่ละช่วงเวลา และส่วนของการแก้ปัญหาสมการเชิงเส้นโดยใช้ Microsoft Excel Solver ซึ่งจะใช้ค่าที่ได้จากการคำนวณส่วนแรกมากำหนดเงื่อนไขและตัวแปรที่ต่างๆที่ใช้ในสมการวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาต้นทุนในการดำเนินการที่ต่ำที่สุด ขั้นตอนในการทำงานดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการออกแบบการจัดตารางเวลา

3.1 จำนวนเที่ยวในการเดินรถ

การกำหนดจำนวนเที่ยวการเดินรถเพื่อกำหนดความถี่ต่ำสุดที่ยอมให้สำหรับรองรับผู้โดยสารที่มาใช้บริการแต่ละช่วงเวลา ให้เกิดประสิทธิภาพในการเดินรถสูงสุดและพิจารณาถึงมูลค่าเวลารอคอยที่ผู้ใช้บริการเสียไปโดยยังไม่พิจารณาถึงจำนวนรถที่ต้องใช้ ได้นำแนวทางของMohring(1972) และ Ceder(1984) [4] มาประยุกต์ใช้ โดยใช้จำนวนผู้มาใช้บริการบนเส้นทางที่ทำการศึกษาเท่านั้น เกณฑ์การคำนวณหาจำนวนเที่ยวขั้นต่ำคือ ความจุของรถบริการที่ใช้แต่ละเส้นทางมีเพียงค่าเดียวคือ 30 ที่นั่ง มูลค่าเวลารอคอยของผู้มาใช้บริการเท่ากับรายได้เฉลี่ยของผู้มาใช้บริการพื้นที่ที่ทำการศึกษาความต้องการการเดินทางคือปริมาณผู้ใช้บริการที่ได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลของทางมหาวิทยาลัยขอนแก่น ในเดือนกันยายน 2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 เท่านั้น ต้นทุนในการดำเนินการคือข้อมูลที่ได้จากการสอบถามจากผู้ดูแลของทางมหาวิทยาลัยขอนแก่น ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาเท่านั้น

3.2 การคำนวณหาต้นทุน

ต้นทุนในการดำเนินการเดินรถโดยสมการเชิงเส้น มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในการเดินรถโดยมีสมการเงื่อนไขคือจำนวนเที่ยวที่ต้องการต้องไม่น้อยกว่าจำนวนเที่ยวขั้นต่ำในแต่ละช่วงเวลาที่ให้บริการ โดยมีสมการวัตถุประสงค์คือต้นทุนมี่ต่ำที่สุดในการดำเนินการ และขั้นตอนสุดท้ายคือการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองเพื่อให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น รูปแบบของสมการเขียนได้ดังนี้

Minimum Cost :

$$\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{1}(O_{ij} \times f_{ij}) + (a \times N_B) \qquad (1)$$

ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ

$$f_{ij} \geq N_{ij} \qquad (2)$$

$$N \geq N_B \qquad (3)$$

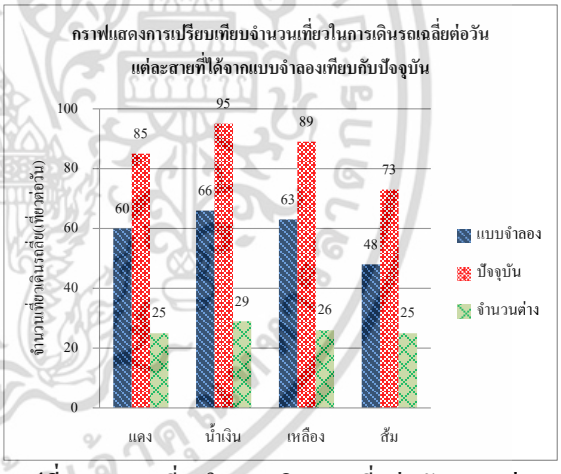
เมื่อ f_{ij}คือจำนวนเที่ยวที่กำหนดให้ออกจากสถานีช่วง i สาย j ,O_{ij}คือต้นทุนในการเดินรถในช่วง i สาย j a คือค่าใช้จ่ายในการจัดหารถค่าเสื่อมราคา ค่าเชื่อเพลิง ค่าจ้างพนักงาน(บาทต่อวัน) N_Bคือ จำนวนเที่ยวที่จำเป็นต้องให้บริการสำหรับ 1 เส้นทาง ใน 1 วัน N คือจำนวนรถเที่ยวขั้นต่ำที่ต้องใช้ สำหรับให้บริการเดินรถใน 1 วันโดยพิจารณาต้นทุนที่ใช้ในการเดินรถที่ต่ำที่สุด โดยได้จากการนำต้นทุนในการเดินรถของช่วงที่ i ของสาย j (O_{ij}) คูณกับจำนวนเที่ยวที่ให้บริการในแต่ละช่วงเวลา (f_{ij}) รวมกับผลคูณระหว่าง ค่าใช้จ่ายในการจัดหารถ ค่าเสื่อมราคาค่าเชื่อเพลิง ค่าจ้างพนักงาน(บาทต่อวัน) (a) กับจำนวนเที่ยวที่จำเป็นต้องให้บริการสำหรับ 1 เส้นทาง ใน 1 วัน (N_B) ในการศึกษานี้จะใช้ Microsoft Excel Solver ช่วยในการแก้ปัญหาสมการเชิงเส้น

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ลดต้นทุนในการดำเนินการเดินรถขนส่งมวลชน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งจะส่งผลให้ได้ตารางเวลาเดินรถที่เปลี่ยนไปตามปริมาณผู้มาใช้บริการตามช่วงเวลา และทำให้ทราบถึงค่าเฉลี่ยในการรอคอยที่เปลี่ยนไป คือทำให้ลดจำนวนเที่ยวเฉลี่ยต่อเดือนลงได้ 30.70 % และส่งผลทำให้ต้นทุนในการดำเนินการเฉลี่ยต่อเดือนลดลงจาก 577,638 บาทต่อเดือน เป็น 399,081 บาทต่อเดือนและสามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึงปีละประมาณ 2.14 ล้านบาท และส่งผลให้ค่าเฉลี่ยในการรอคอยเป็น 8 นาทีต่อเที่ยวซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของรูปแบบการเดินทางโดยระบบขนส่ง [7]

4.1 จำนวนเที่ยวที่กำหนดให้ออกจากสถานี

จากการดำเนินงานวิจัยทำให้กำหนดจำนวนเที่ยวที่ให้ออกจากสถานีเฉลี่ยต่อวันของแต่ละสายที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับปัจจุบันได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 จำนวนเที่ยวในการเดินรถเฉลี่ยต่อวันของแต่ละสายที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับปัจจุบัน

4.2 ต้นทุนในการดำเนินการ

การคำนวณหาต้นทุนในการดำเนินการเดินรถสามารถทำให้เห็นว่าเมื่อมีจำนวนเที่ยวในการเดินรถที่ลดลง ก็จะส่งผลให้ต้นทุนในการดำเนินการเดินรถลดลงตามไปด้วยซึ่งต้นทุนในการดำเนินการเดินรถเฉลี่ยทั้ง 5 เดือน ของทั้ง 4 เส้นทางดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการดำเนินการให้บริการรถขนส่งมวลชน มหาวิทยาลัยขอนแก่น เฉลี่ยต่อเดือนของแต่ละสาย (บาทต่อเดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นทุนต่ำสุด/เดือน	แดง	น้ำเงิน	เหลือง	ส้ม	รวม
แบบจำลอง	100,403	110,461	107,083	81,072	399,018
ปัจจุบัน	143,565	160,455	150,321	123,297	577,638

4.3 ระยะเวลาห่างในการปล่อยรถออกจากสถานี

ค่าเฉลี่ยของระยะห่างในการปล่อยรถของแต่ละสายนั้นจะอยู่ระหว่าง10-20 นาที หมายถึงผู้มาใช้บริการมีความต้องการที่จะทราบถึงตารางเวลาในการเดินรถที่เข้าออกจากสถานี [5]

4.4 ค่าเฉลี่ยในการรอคอย

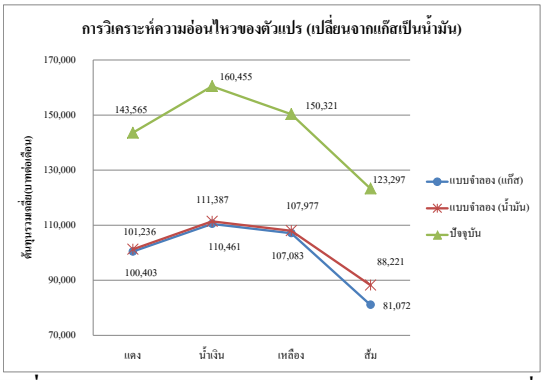
หาโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างในการปล่อยรถเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของระยะห่างในการปล่อยรถ ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$E(w)=\frac{E(h)}{2}\left[1+\frac{Var(h)}{E^2(h)}\right] \qquad (4)$$

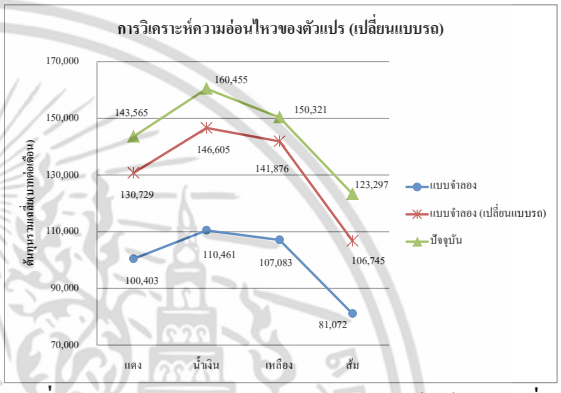
เมื่อE(w) คือ ค่าเฉลี่ยในการรอคอย E(h) คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างในการปล่อยรถ Var(h) คือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาห่างในการปล่อยรถ $E^2(h)$ คือค่ากำลังสองของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างในการปล่อยรถ จากการศึกษาสามารถประเมินผลของการให้บริการด้านระยะห่างในการปล่อยรถซึ่งมีค่าเฉลี่ยในการรอคอยที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8 นาที ผลที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของการให้บริการรถขนส่งสาธารณะ[7] อ้างอิงจากเอกสารประกอบการเรียนวิชา การวิเคราะห์ระบบขนส่ง

4.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรในแบบจำลอง โดยทั่วไปทำเพื่อตรวจสอบเสถียรภาพของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง และการแปรผันของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งจะตรวจสอบระดับความไวของผลลัพธ์โดยการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ในแบบจำลอง โดยเปลี่ยนพารามิเตอร์ภายในและภายนอก พารามิเตอร์ภายใน คือเปลี่ยนจากการใช้แก๊สเป็นการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และพารามิเตอร์ภายนอกคือ เปลี่ยนแบบรถ ซึ่งผลจากการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทั้งภายนอกและภายในทำให้เห็นถึงแนวโน้มของการแสดงความอ่อนไหวของตัวแปรจะมีลักษณะโค้งคว่ำและมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างค่าปัจจุบันและค่าที่ได้จากแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มต้นทุนเฉลี่ยต่อเดือน เมื่อเปลี่ยนจากการใช้แก๊ส เป็น การใช้น้ำมัน



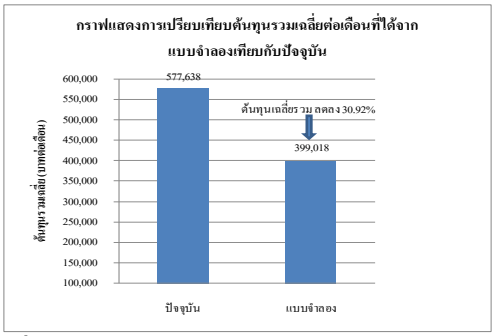
รูปที่ 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มต้นทุนเฉลี่ยต่อเดือน เมื่อเปลี่ยนแบบรถบริการ

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ผลจากการเปรียบเทียบต้นทุนเฉลี่ยในการดำเนินการแบบปัจจุบันเทียบกับต้นทุนเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง โดยการใช้ข้อมูลผู้มาใช้บริการจากสภาวะจริงจำนวน 5 เดือน สรุปได้ว่าการจัดเที่ยวในการเดินรถแบบใหม่โดยการใช้ โปรแกรม Microsoft Excel และคำใช้คำสั่ง Solver สามารถทำให้ลดต้นทุนการดำเนินการของรถบริการขนส่งมวลชน มหาวิทยาลัยขอนแก่น รวมทั้ง 4 เส้นทาง จากเฉลี่ยเดือนละ 577,638 บาทต่อเดือน ลดลงเป็นเฉลี่ยเดือนละ 399,018 บาทต่อเดือน คิดเป็น 30.92 % ดังรูปที่ 5 และตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อเดือนที่ได้จากแบบจำลองเทียบกับปัจจุบัน

ตารางที่ 3 สรุปผลที่ได้จากงานวิจัย

ข้อมูลการวิจัย	ปัจจุบัน	แบบจำลอง	ความแตกต่าง (%)
ต้นทุนต่ำสุดรวมทั้ง4สาย เฉลี่ย (บาทต่อเดือน)	577,638	399,018	30.92
จำนวนเที่ยวในการเดินรถรวมทั้ง4สาย เฉลี่ย (เที่ยวต่อเดือน)	342	237	30.07
ระยะเวลาในการรอคอยเฉลี่ย (นาทีต่อเที่ยว)	5	8	37.5

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นเพียงการนำเสนอถึงแนวทางในการปรับปรุงจำนวนเที่ยวในการให้บริการการเดินรถให้สอดคล้องกับจำนวนผู้มาใช้บริการตามช่วงเวลา ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่ศึกษาเท่านั้น ข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณต้นทุนในการดำเนินการเดินรถในงานวิจัยนี้มีดังนี้ จำนวนผู้มาใช้บริการ ค่าเสื่อมราคารถ ค่าจ้างพนักงานคนขับ ค่ายาง ค่าแก๊ส เท่านั้น อย่างไรก็ตามผลการคำนวณที่ออกมาได้บ่งชี้ให้เห็นถึงต้นทุนในการดำเนินการที่มีค่าต่ำและมีแนวโน้มลดลง จากการคำนวณความถี่ในการปล่อยรถออกจากสถานี ทำให้เวลาในการรอคอยเปลี่ยนไปจากแบบปัจจุบัน ซึ่งมีแนวโน้มในการรอคอยมากขึ้น จากเฉลี่ยที่ 5 นาทีต่อเที่ยว เพิ่มเป็นเฉลี่ยที่ 8 นาทีต่อเที่ยวทำให้ผู้มาใช้บริการรอรถบริการที่จุดจอดนานขึ้นซึ่งอาจส่งผลต่อจำนวนผู้มาใช้บริการเนื่องจากมีเวลาในการรอคอยที่เปลี่ยนไป

6. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลัดดา ตันวาณิชกุล และคณะอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำปรึกษาและคุณอาคเนย์ พรมโสภณ ผู้ให้ข้อมูลผู้มาใช้บริการรถบริการ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สายชล การีพจน์, “การจัดตารางเวลาเดินรถเพื่อลดปัญหาความล่าช้าในการขนส่งเพิ่มขีดความสามารถในการทำกำไร,” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโซ่อุปทานแบบบูรณาการ, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2553.

[2] อรรถพล ศิริสุวรรณ, “การพัฒนาโปรแกรมตารางการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จที่เหมาะสมที่สุด,” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมขนส่ง, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552.

[3] ลดาวรรณ ภาสุรกุล, “การวิเคราะห์การประหยัดต้นทุนการเดินรถโดยใช้น้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติ,” วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2531.

[4] กาญจน์กรอง ปิยะไพร,“แนวทางการจัดตารางเวลาเดินรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษาเส้นทางรถโดยสารประจำทาง จังหวัดนครราชสีมา,” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมขนส่ง, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547.

[5] จุฑารัตน์ บุษยานุรักษ์, “การจัดรถโดยสารที่เหมาะสมสำหรับตารางการเดินรถ,” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553.

[6] พอเจตน์ จิตพิพัฒน์พงษ์, “การใช้โปรแกรมเอกเซลโซลเวอร์เพื่อปรับปรุงรถขนส่งสินค้า,” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 2552.

[7] ธเนศ เสถียรนาม, “การวิเคราะห์ระบบขนส่ง,” ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้