



# การใช้โปรแกรมเอกเซลโซลเวอร์เพื่อแก้ปัญหการจัดตารางเวลาในการเดินรถขนส่งมวลชน ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้โปรแกรมเอกเซลโซลเวอร์

## Excel Solver Program For KCU Shuttle Bus Scheduling Within Khon Kaen University

ปัทมา อยู่เย็น<sup>1</sup> และ ลัดดา ตันวานิชกุล<sup>2</sup>

Pattama Yooyen<sup>1</sup> and Ladda Tanwanichkul<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

<sup>1,2</sup>Department of Civil Engineering Faculty of Engineer  
Khon Kaen University, 40002, Thailand

<sup>1</sup>E-mail : Pattama\_yooyen@hotmail.com, Telephone Number : 086-8663943

<sup>2</sup>E-mail : Ladpit@kku.ac.th, Telephone Number : 081-4719920

### บทคัดย่อ

โปรแกรม Microsoft Excel เป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในการวิเคราะห์ปัญหาการวิจัย ซึ่งโปรแกรม Microsoft Excel จะมีชุดสำหรับการวิเคราะห์ค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดที่เป็นเชิงเส้น เรียกว่า Solver เพื่อใช้สำหรับการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimal solution) ของแบบจำลองสมการเชิงเส้น ซึ่งวิธีการสร้างแบบจำลองมี 3 ขั้นตอนคือ กำหนดตัวแปรตัดสินใจ กำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์และกำหนดข้อจำกัดของปัญหา โดยงานวิจัยนี้จะนำ Microsoft Excel Solver มาแก้ปัญหามหาสมการเชิงเส้นที่มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาต้นทุนในการดำเนินการเดินรถขนส่งมวลชนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ต่ำที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาเพื่อจัดตารางเวลาในการเดินรถเพื่อให้เหมาะสมกับจำนวนผู้มาใช้บริการในแต่ละช่วงเวลาของวัน โดยใช้หลักการหาคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากการแก้สมการเชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Solver ช่วยในการหาคำตอบของปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นทุนในการดำเนินการต่ำที่สุดและระยะเวลาการรอคอยน้อยที่สุด โดยระยะเวลาและความเร็วในการเดินทางได้จากการเก็บข้อมูลจาก GPS, GIS และจำนวนของผู้โดยสารในแต่ละป้ายใช้ข้อมูลจำนวนผู้มาใช้บริการ ระหว่างเดือนกันยายน 2554 ถึง กุมภาพันธ์ 2555 ผลที่ได้จากการจัดตารางรถขนส่งที่เหมาะสม ทำให้ต้นทุนในการดำเนินการเฉลี่ยต่อเดือนลดลงจาก 577,638 บาทต่อเดือน เป็น 399,081 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 30.92 % และทำให้ค่าเฉลี่ยในการรอคอยเป็น 8 นาทีต่อเที่ยว ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของรูปแบบการเดินทางโดยระบบขนส่ง

**คำสำคัญ:** การจัดตารางเดินรถ, ต้นทุนการเดินรถ, โปรแกรมเชิงเส้น, เอกเซลโซลเวอร์

### ABSTRACT

Microsoft Excel is a program used extensively to solve an operation search problem. The program has a set of Microsoft Excel to analyze Maximize or Minimize value on linear problem so called Solver. The purpose of this research was to determine a near optimal solution for the linear Equation model. This Modeling approach 3 steps is the decision variables, the objective function and

the constraints of the problem. 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 calculate 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. 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.

**Key words:** Transportation scheduling, cost of operation, linear programming, Microsoft excel solver

## 1. บทนำ

เนื่องจากทางมหาวิทยาลัยขอนแก่นได้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการมีรถยนต์และรถจักรยานยนต์เป็นจำนวนมากเข้ามาใช้บริการด้านต่างๆ จึงจัดให้มีโครงการรถขนส่งมวลชน มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU Shuttle Bus) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางภายในมหาวิทยาลัย และลดปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ของนักศึกษา คณาจารย์ และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย เพื่อเป็นการช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัด ในช่วงโมงเร่งด่วน งานวิจัยนี้จึงทำขึ้นเพื่อทำการศึกษาความต้องการในการเดินทางในช่วงโมงเร่งด่วน และนอกช่วงโมงเร่งด่วน เพื่อนำมาปรับปรุงตารางเวลาในการเดินรถขนส่งมวลชน ที่มีความเหมาะสมกับความต้องการการเดินทางของผู้มาใช้บริการ และเป็นการช่วยลดต้นทุนในการให้บริการรถขนส่งมวลชนของทางมหาวิทยาลัยขอนแก่น

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การจัดการตารางเวลา

การจัดการตารางเวลาเดินรถมีวิธีที่นิยมใช้ 2 วิธีคือ วิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) และวิธีหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization) วิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล เป็นวิธีที่ให้คำตอบใกล้เคียงผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ภายในเวลาการวิเคราะห์ที่เหมาะสม จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการใช้วิธีดังกล่าวหาคำตอบ อาทิเช่น ฉัษฐุ [1] ศึกษาการจัดการตารางเดินรถจัดส่งสินค้าไปยังคลังสินค้า กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมประเภทเครื่องดื่ม โดยใช้การแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ สำหรับการจัดการตารางเดินรถด้วยวิธี Priority

Dispatching Rules ซึ่งมี 2 รูปแบบคือ LPT (Longest Processing Time) เป็นวิธีให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาในการดำเนินการมากที่สุดก่อน และ SPT (Shortest Processing Time) เป็นวิธีให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาในการดำเนินการน้อยที่สุดก่อน เพื่อแก้ปัญหารูปแบบการจัดตารางเดินรถที่ไม่แน่นอน ซึ่งวิธีการเดิมมีส่วนอยู่ที่ 81% วิธี LPT จะให้หรือลดประโยชน์ในการใช้รถสูงขึ้น 7% และประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้าเมื่อเทียบกับแผนการกระจายสินค้าสูงขึ้น 13% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม ส่วนวิธี SPT ไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง วิธีที่สองคือวิธีหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization) นิยมใช้วิธี Mathematical Programming สำหรับปัญหาการจัดการตารางเวลาการดำเนินงานที่แต่ละงานมีเงื่อนไขของเวลา ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการตารางเวลาการเดินรถภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา วิธีนี้ใช้เวลาในการหาผลลัพธ์นานและซับซ้อนมาก จึงไม่เหมาะกับการจัดการตารางเวลาที่ต้องกระทำทุกวัน จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำวิธีหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมาใช้ อาทิเช่น อรรถพล [2] ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการจัดการตารางเวลาแบบล่วงหน้าของการส่งคอนกรีตผสมเสร็จ โดยรถบรรทุกสำหรับผู้ประกอบการในรูปแบบหนึ่ง โรงงานผลิต จัดส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างหลายแห่ง พบว่าประสิทธิภาพของการจัดการจากโปรแกรมประยุกต์ที่ทำขึ้นอยู่ในเกณฑ์ดี มีการลู่เข้าของคำตอบที่รวดเร็วและประสิทธิภาพของตารางการจัดส่งที่ได้ก็มีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมีความยืดหยุ่นสูงสามารถช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจของพนักงานได้เป็นอย่างดี

## 2.2 ต้นทุนในการดำเนินการขนส่ง

ต้นทุนในการขนส่งแบ่งประเภทต้นทุนได้ดังนี้คือ ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) คือ ต้นทุนที่ไม่มีเปลี่ยนแปลงใดๆตามการผลิตไม่ว่าจะทำการผลิตหรือไม่ ต้นทุนนี้จะเกิดขึ้นเป็นจำนวนคงที่ ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) คือต้นทุนที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการขนส่งและต้นทุนรวม (Total Cost) คือ ต้นทุนที่คิดรวมทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันรวมกัน ถือเป็นต้นทุนของการบริการทั้งหมด จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีการใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุน เช่น สุวรรณิ [3] ทำการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนการเดินรถโดยสารปรับอากาศที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับการใช้ก๊าซธรรมชาติขององค์กรขนส่งมวลชนกรุงเทพ เขตการเดินรถที่ 1 ผลคือต้นทุนต่อคันต่อวันของสาย 59 ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมีสัดส่วนต้นทุนต่อคันต่อวันต่ำกว่ารถที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ สาย 503

## 2.3 การแก้ปัญหาโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming)

โปรแกรมเชิงเส้นเป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้วางแผนเพื่อจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจซึ่งแทนปริมาณของกิจกรรมต่างๆที่พิจารณา ข้อจำกัดเป็นเงื่อนไขที่ระบุว่าจะปัญหานี้จะทำอะไรได้บ้างหรือทำกิจกรรมอะไรไม่ได้บ้าง ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับข้อจำกัดของทรัพยากรที่มีอยู่ สามารถเขียนในรูปแบบความสัมพันธ์ของอัตราการใช้ทรัพยากรของแต่ละกิจกรรมและฟังก์ชันวัตถุประสงค์ มีผู้ใช้การแก้ปัญหาเชิงเส้นเพื่อหาคำตอบ เช่น กาญจนกรอง [4] ศึกษาถึงผลการปรับปรุงการให้บริการเดินรถโดยสารประจำทางสาย 1 และ 14 ของจังหวัดนครราชสีมาโดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงเส้นสำหรับวิเคราะห์หาจำนวนเที่ยวเดินรถแต่ละช่วงเวลาและจำนวนรถเพื่อให้ผู้ประกอบการได้กำไรสูงสุด ผลคือสามารถลดต้นทุนในการเดินรถทั้งสองสายรวมกัน ปีละ 7.27 ล้านบาทและลดระยะเวลารอคอยของผู้โดยสารลงได้สูงสุดถึง 20 นาที

## 2.4 การใช้โปรแกรมเอกเซลโซลเวอร์ (Microsoft Excel Solver)

จุฑารัตน์ [5] Microsoft Excel จะมีชุดสำหรับวิเคราะห์ Maximize/Minimize ที่เป็นเชิงเส้นเรียกว่า Solver สำหรับใช้หาคำตอบที่เหมาะสม (Optimal solution) ของแบบจำลองสมการเชิงเส้นซึ่งมีขั้นตอนคือ กำหนดตัวแปรตัดสินใจ กำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์และ กำหนดข้อจำกัดของปัญหา จากวิธีการดังกล่าวได้มีการนำ การแก้ปัญหาโดยใช้เอกเซลโซลเวอร์ เช่น พอเจตน์ [6] ได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอกเซลโซลเวอร์เพื่อปรับปรุงการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังสาขาต่างๆเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าวิธีปัจจุบัน ผลคือสามารถลดจำนวนการเรียกใช้รถได้เป็นจำนวน 13 คันต่อเดือน ทำให้ค่าใช้จ่ายลดลง 14,560 บาทต่อเดือน

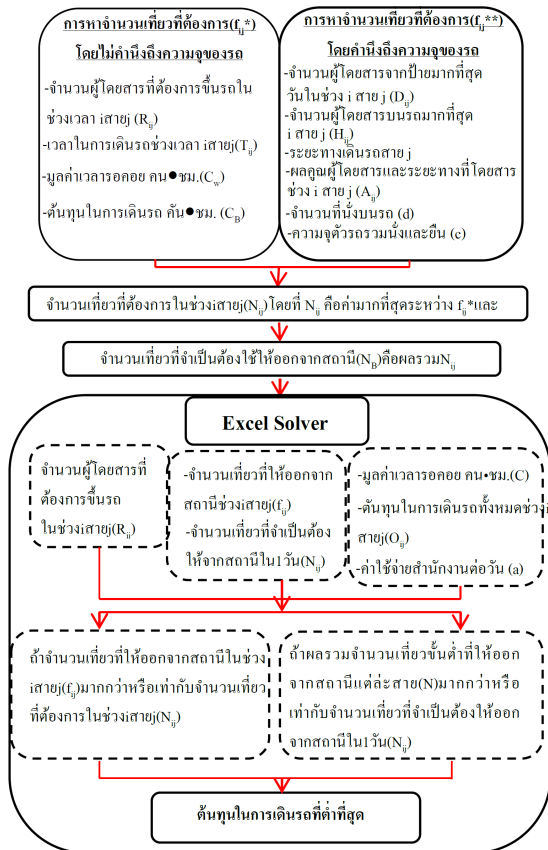
## 3. การออกแบบแบบจำลองในการจัดตารางเดินรถ

ขั้นตอนนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนแรกเป็นการกำหนดหาตัวแปรเพื่อนำมากำหนดเงื่อนไขที่ใช้ตัดสินใจของสมการเชิงเส้นเพื่อคำนวณหาต้นทุนในการดำเนินการ และส่วนที่สองเป็นการแก้ปัญหาสมการเชิงเส้นโดยใช้ Microsoft Excel Solver แก้สมการวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาต้นทุนในการดำเนินการที่ต่ำที่สุด ซึ่งขั้นตอนในการทำงานดังแสดงในรูปที่ 1

### 3.1 ความถี่หรือจำนวนเที่ยวในการเดินรถ

การกำหนดความถี่หรือจำนวนเที่ยวการเดินรถเพื่อกำหนดความถี่ต่ำสุดที่ยอมรับเพื่อรองรับผู้โดยสารที่มาใช้บริการแต่ละช่วงเวลาจะพิจารณาถึงมูลค่าเวลารอคอยที่ผู้ใช้บริการเสียไปในแต่ละช่วงเวลาโดยยังไม่พิจารณาถึงจำนวนรถที่ต้องใช้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้นำแนวทางของ Mohring (1972) และ Ceder (1984) กาญจนกรอง [4] มาประยุกต์ใช้ ซึ่งในการศึกษานี้ใช้จำนวนผู้มาใช้บริการบนเส้นทางที่ทำการศึกษาเท่านั้น เกณฑ์ในการคำนวณหาจำนวนเที่ยวขั้นต่ำ คือ ความจุของรถบริการที่ใช้ในแต่ละเส้นทางมีเพียงค่าเดียวคือ 30 ที่นั่ง มูลค่าเวลารอคอยของผู้

มาใช้บริการเท่ากับรายได้เฉลี่ยของผู้มาใช้บริการตามพื้นที่ ที่ทำการศึกษานั่น ความต้องการเดินทางคือปริมาณ ผู้ใช้บริการที่ได้จากข้อมูลของทางมหาวิทยาลัยขอนแก่น เดือนกันยายน 2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 เท่านั้น (ยกเว้นเดือนธันวาคม 2554) ต้นทุนในการดำเนินการคือ ข้อมูลที่ได้จากการสอบถามจากผู้ดูแลรถบริการของทาง มหาวิทยาลัยในช่วงเวลาที่ทำการศึกษานั่น



รูปที่ 1 ขั้นตอนการออกแบบการจัดการตารางเวลา

### 3.2 การคำนวณหาต้นทุน

เมื่อได้จำนวนเที่ยวในการเดินรถ จึงนำมาคำนวณหา ต้นทุนในการดำเนินการเดินรถโดยการแก้สมการเชิงเส้น ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนในการดำเนินการ และมี สมการเงื่อนไขคือ จำนวนเที่ยวที่ต้องการต้องไม่น้อยกว่า จำนวนเที่ยวขั้นต่ำในแต่ละช่วงเวลาที่ใช้บริการ โดยมี สมการวัตถุประสงค์คือต้นทุนที่ต่ำที่สุดในการดำเนินการ และขั้นตอนสุดท้ายคือการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของ แบบจำลองเพื่อให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

รูปแบบของสมการเขียนได้ดังนี้

Minimum Cost

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

ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ

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

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

เมื่อ  $f_{ij}$  คือจำนวนเที่ยวที่กำหนดให้ออกจากสถานี ช่วงที่  $i$  สาย  $j$   $O_{ij}$  คือต้นทุนในการเดินรถในช่วง  $i$  สาย  $j$  และ  $a$  คือ ค่าใช้จ่ายในการจัดหารถ ค่าเสื่อมราคา ค่า เชื้อเพลิง ค่าซ่อมบำรุงและค่าจ้างพนักงาน (บาทต่อวัน)  $N_B$  คือ จำนวนเที่ยวที่จำเป็นต้องให้บริการสำหรับ 1 เส้นทาง ใน 1 วัน  $N$  คือจำนวนรถเที่ยวขั้นต่ำที่ต้องใช้ สำหรับให้บริการเดินรถใน 1 วัน โดยพิจารณาต้นทุนที่ใช้ ในการเดินรถที่ต่ำที่สุดโดยได้จากการนำต้นทุนในการเดิน รถของช่วงที่  $i$  ของสาย  $j$  ( $O_{ij}$ ) คูณกับจำนวนเที่ยวที่ ให้บริการในแต่ละช่วงเวลา ( $f_{ij}$ ) รวมกับผลคูณระหว่าง ค่าใช้จ่ายในการจัดหารถ ค่าเสื่อมราคา ค่าเชื้อเพลิง ค่าซ่อม บำรุงและค่าจ้างพนักงาน (บาทต่อวัน) ( $a$ ) กับ จำนวนเที่ยว ที่จำเป็นต้องให้บริการสำหรับ 1 เส้นทาง ใน 1 วัน ( $N_B$ ) ในการศึกษานี้จะใช้ Microsoft Excel Solver ช่วยใน การแก้ปัญหามหาสมการเชิงเส้น โดยผลที่ได้จะเป็นคำตอบที่ให้ ค่าต้นทุนในการดำเนินการเดินรถบริการที่ต่ำที่สุด

### 4. ผลการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนใน การดำเนินการเดินรถขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ทำให้ได้ตารางเวลาในการเดินรถที่เปลี่ยนไปตามปริมาณ ผู้มาใช้บริการในแต่ละช่วงเวลา และทราบถึงค่าเฉลี่ยใน การรอคอยที่เปลี่ยนไป ผลคือทำให้ลดจำนวนเที่ยวเฉลี่ยต่อ เดือนลงได้ 30.70 % และส่งผลทำให้ต้นทุนในการ ดำเนินการเฉลี่ยต่อเดือนลดลงจาก 577,638 บาทต่อเดือน เป็น 399,081 บาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 30.92% และ สามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึงปีละประมาณ 2.14 ล้านบาท และส่งผลให้ค่าเฉลี่ยในการรอคอยเป็น 8 นาทีต่อ เที่ยวซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของรูปแบบการเดินทาง

โดยระบบขนส่งมวลชน ซึ่งผลจากการดำเนินงานวิจัยเป็นดังนี้

#### 4.1 จำนวนเที่ยวที่กำหนดให้ออกจากสถานี

จากการดำเนินงานวิจัยทำให้กำหนดจำนวนเที่ยวที่ให้ออกจากสถานีเฉลี่ยต่อวันของแต่ละสายที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับปัจจุบัน ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนเที่ยวในการเดินรถเฉลี่ยต่อวันของแต่ละสายที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับปัจจุบัน

สายสี	จำนวนเที่ยวเดินรถเฉลี่ยต่อวัน			เปอร์เซ็นต์ต่าง
	แบบจำลอง	ปัจจุบัน	จำนวนต่าง	
แดง	60	85	25	29.41
น้ำเงิน	66	95	29	30.53
เหลือง	63	89	26	29.21
ส้ม	48	73	25	34.25
รวม	237	342	105	30.70

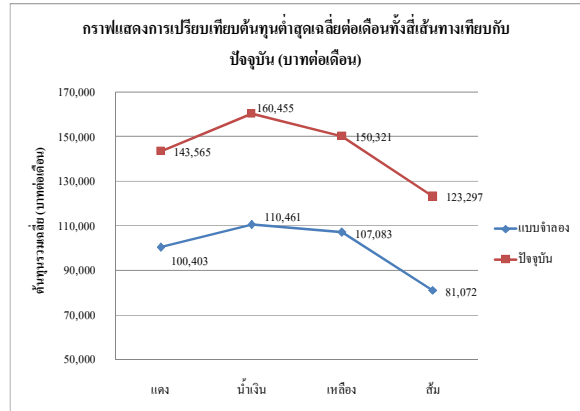
จากตารางจะเห็นว่า จำนวนเที่ยวเฉลี่ยต่อวันที่ได้จากแบบจำลองมีจำนวนที่ลดลงเฉลี่ยที่ 30.7% และมีความสอดคล้องกับความต้องการการเดินทางของผู้มาใช้บริการ

#### 4.2 ต้นทุนในการดำเนินการ

เมื่อนำจำนวนเที่ยวที่ได้จากแบบจำลองมาทำการคำนวณหาต้นทุนในการดำเนินการเดินรถทำให้เห็นว่าเมื่อมีจำนวนเที่ยวในการเดินรถที่ลดลง ก็จะส่งผลให้ต้นทุนในการดำเนินการเดินรถลดลงตามไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบต้นทุนในการดำเนินการให้บริการรถขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยขอนแก่นเฉลี่ยต่อเดือนของแต่ละสาย (บาทต่อเดือน)

ต้นทุนค่าสุดเดือน	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



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบต้นทุนการดำเนินการเฉลี่ย ต่อเดือนของแต่ละสายที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับปัจจุบัน

#### 4.3 ระยะเวลาห่างในการปล่อยรถออกจากสถานี

จากการวิจัย สามารถนำจำนวนเที่ยวในการเดินรถแต่ละช่วงเวลามาทำการหารระยะเวลาในการปล่อยรถออกจากสถานีต้นทางตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งจะมีความถี่ในการปล่อยรถในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกันไปตามความต้องการการเดินทางของผู้มาใช้บริการ ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระยะเวลาห่างในการปล่อยรถเฉลี่ยต่อวัน ตัวอย่างของสายสีแดง

ตารางเวลาปล่อยรถของสายสีแดงเฉลี่ยต่อเดือนที่ได้จากแบบจำลอง							
เที่ยวที่	เวลาปล่อยรถ	เที่ยวที่	เวลาปล่อยรถ	เที่ยวที่	เวลาปล่อยรถ	เที่ยวที่	เวลาปล่อยรถ
1	7.00	16	10.45	26	13.18	39	17.14
2	7.15	17	11.00	27	13.36	40	17.34
3	7.30	18	11.15	28	13.54	41	17.54
4	7.45	19	11.30	29	14.12	42	18.14
5	8.00	20	11.45	30	14.30	43	18.34
6	8.15	21	12.00	31	14.48	44	18.54
7	8.30	22	12.15	32	15.06	45	19.14
8	8.45	23	12.30	33	15.24	46	19.34
9	9.00	24	12.45	34	15.42	47	19.54
10	9.15	25	13.00	35	16.00	48	20.14
11	9.30			36	16.18	49	20.34
12	9.45			37	16.36	50	20.54
13	10.00			38	16.54		
14	10.15						
15	10.30						

#### 4.4 ค่าเฉลี่ยในการรอคอย

เมื่อได้เวลาในการปล่อยรถออกจากสถานีต้นทางที่เปลี่ยนไปแล้วจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยในการรอคอยของผู้โดยสารที่ป้ายเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งจะประเมินโดย

อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างในการปล่อยรถเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของระยะห่างในการปล่อยรถ ในการคำนวณค่าเฉลี่ยในการรอคอยของผู้มาใช้บริการดัง แสดงในสมการที่ (4)

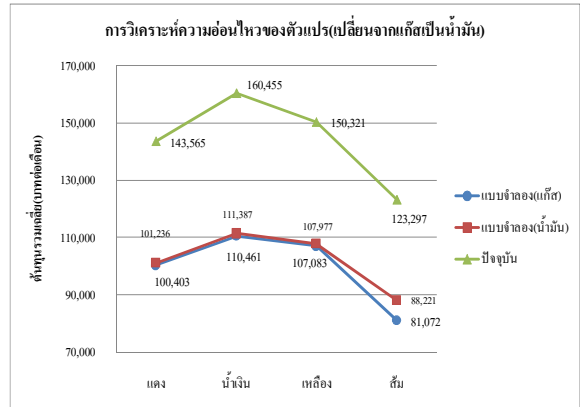
$$E(w) = \frac{E(h)}{2} \left[ 1 + \frac{Var(h)}{E^2(h)} \right] \quad (4)$$

โดยที่ E(w) คือ ค่าเฉลี่ยในการรอคอย E(h) คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างในการปล่อยรถ Var(h) คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาห่างในการปล่อยรถ E<sup>2</sup>(h) คือค่ากำลังสองของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างในการปล่อยรถ

จากการวิจัยสามารถประเมินผลของการให้บริการ ด้านระยะห่างในการปล่อยรถซึ่งมีค่าเฉลี่ยในการรอคอยที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8 นาที ผลที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของการให้บริการรถขนส่งสาธารณะ คือมีค่าอยู่ในช่วง 10-20 นาที ตามเกณฑ์การวิเคราะห์ระบบขนส่ง [7]

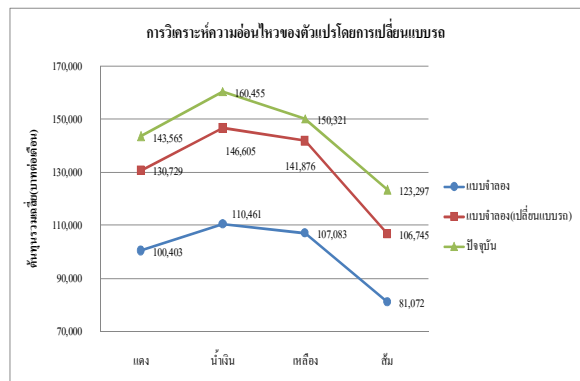
#### 4.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรในแบบจำลองทำเพื่อตรวจสอบเสถียรภาพของตัวแปรในแบบจำลองว่ามีความอ่อนไหวของตัวแปรมากน้อยเพียงใด และเป็นการทดสอบของค่าคำตอบที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งการแปรผันของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะตรวจสอบความอ่อนไหวของผลลัพธ์ โดยเปลี่ยนตัวแปรภายใน คือเปลี่ยนจากการใช้แก๊สธรรมชาติเป็นการใช้น้ำมันและเปลี่ยนตัวแปรภายนอกคือ เปลี่ยนความจุรถจาก 30 ที่นั่งเป็น 24 ที่นั่ง ซึ่งผลจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทั้ง 2 ทำให้เห็นถึงแนวโน้มของการแสดงความอ่อนไหวของตัวแปรซึ่งจะมีลักษณะโค้งคว่ำและมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างค่าปัจจุบันและค่าที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งหมายถึงการออกแบบแบบจำลองเป็นที่น่าเชื่อถือและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดตารางเวลาเดินรถได้จริง ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบแนวโน้มต้นทุนเฉลี่ยต่อเดือนเมื่อเปลี่ยนจากการใช้แก๊สเป็นน้ำมัน

จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงตัวแปรจากการใช้แก๊สธรรมชาติเป็นการใช้น้ำมันจะมีความเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายเพียงเล็กน้อย แต่ยังคงมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปในทางเดียวกันกับแบบการใช้แก๊สในปัจจุบัน และจากรูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงรถบริการก็ได้ผลลัพธ์ออกมาในลักษณะเดียวกัน ซึ่งหมายถึงการออกแบบแบบจำลองในงานวิจัยนี้มีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้ได้จริง



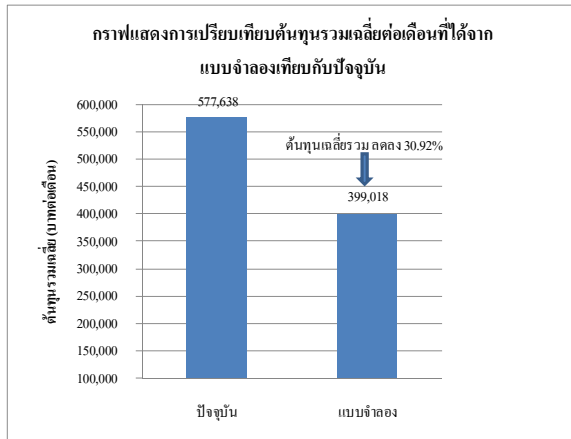
รูปที่ 4 การเปรียบเทียบแนวโน้มต้นทุนเฉลี่ยต่อเดือนเมื่อเปลี่ยนแบบรถบริการ

## 5. สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

ผลจากการเปรียบเทียบต้นทุนเฉลี่ยในการดำเนินการแบบปัจจุบันเทียบกับต้นทุนเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลผู้มาใช้บริการจากสภาวะจริงจำนวน 5 เดือน

สรุปได้ว่าการจัดเที่ยวในการเดินรถแบบใหม่โดยการใช้โปรแกรม Microsoft Excel และใช้คำสั่ง Solver สามารถทำให้ลดต้นทุนการดำเนินการของรถบริการขนส่งมวลชน มหาวิทยาลัยขอนแก่น รวมทั้ง 4 เส้นทาง จากเฉลี่ยเดือนละ 577,638 บาทต่อเดือน ลดลงเป็นเฉลี่ยเดือนละ 399,018 บาทต่อเดือน คิดเป็น 30.92 % ดังแสดงในรูปที่ 5 และตารางที่ 4 และตารางที่ 5



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อเดือนที่ได้จากแบบจำลองเทียบกับปัจจุบัน

ตารางที่ 4 การสรุปผลที่ได้จากการดำเนินงานวิจัย

ข้อมูลการวิจัย	ปัจจุบัน	แบบจำลอง	เปอร์เซ็นต์
ต้นทุนค่าตัวรวมเฉลี่ย (บาทต่อเดือน)	454,378	313,378	31.03
จำนวนเที่ยวเดินรถเฉลี่ย (เที่ยวต่อเดือน)	342	237	30.07
ระยะเวลาในการรอคอยเฉลี่ย (นาทีต่อเที่ยว)	5	8	37.5

ตารางที่ 5 การประหยัดค่าใช้จ่ายที่ได้จากแบบจำลองการจัดตารางเดินรถ

ต้นทุนเฉลี่ย	ปัจจุบัน	แบบจำลอง	ค่าใช้จายที่ประหยัด (บาท)
ต้นทุนเฉลี่ยต่อเดือน	577,638	399,018	178,620
ต้นทุนเฉลี่ยต่อปี	6,931,656	4,788,216	2,143,440

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นเพียงการนำเสนอถึงแนวทางในการปรับปรุงจำนวนเที่ยวในการให้บริการรถเดินรถให้สอดคล้องกับจำนวนผู้มาใช้บริการตามช่วงเวลา ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่ศึกษาเท่านั้น ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนในงานวิจัยนี้คือจำนวนผู้มาใช้บริการ 5 เดือน คือ เดือนกันยายน 2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 (ยกเว้นเดือนธันวาคม 2554 เนื่องจากไม่มีข้อมูลผู้มาใช้บริการจึงไม่นำมาพิจารณา) ค่าเสื่อมราคา รถ ค่าจ้างพนักงานคนขับ ค่ายาง ค่าแก๊ส ค่าซ่อมบำรุงเท่านั้น ซึ่งผลการคำนวณชี้ให้เห็นถึงต้นทุนในการดำเนินการที่มีค่าต่ำและมีแนวโน้มลดลง การคำนวณความถี่ในการปล่อยรถออกจากสถานี ทำให้เวลาในการรอคอยเปลี่ยนไปจากแบบปัจจุบัน ซึ่งมีแนวโน้มในการรอคอยมากขึ้นจากเฉลี่ยที่ 5 นาทีต่อเที่ยวเพิ่มเป็นเฉลี่ยที่ 8 นาทีต่อเที่ยว ทำให้ผู้มาใช้บริการรอนานขึ้น ซึ่งอาจส่งผลต่อจำนวนผู้มาใช้บริการเนื่องจากมีเวลาในการรอคอยที่เปลี่ยนแปลงไป

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลัดดา ดันวานิชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา และคุณอาเคนย์ พรหมโสภณ อย่างยิ่งที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผู้มาใช้บริการรถบริการขนส่งมวลชน

### เอกสารอ้างอิง

- [1] ณัฐรุช ต่ายทอง (2552). การจัดการตารางเดินรถจัดส่งสินค้าไปยังคลังสินค้า กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมประเภทเครื่องคั้ม, สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [2] อรรถพล สิริสุวรรณ (2552). การพัฒนาโปรแกรมตารางการจัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จที่เหมาะสมที่สุด, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมขนส่ง, มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
- [3] สุวรรณิ์ ลีลาชนาวินท์ (2551).การวิเคราะห์ต้นทุนการเดินรถโดยสารปรับอากาศที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เปรียบเทียบกับการใช้ก๊าซธรรมชาติ ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เขตการเดินรถที่ 1, การค้นคว้าอิสระปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต, แขนงวิชาเศรษฐศาสตร์ สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- [4] กาญจน์กรอง ปิยะไพโร (2547). แนวทางการจัดการตารางเวลาเดินรถโดยสารประจำทาง กรณีศึกษาเส้นทางรถโดยสารประจำทาง จังหวัดนครราชสีมา, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมขนส่ง, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
- [5] จุฑารัตน์ บุญยานุรักษ์ (2553). การจัดรถโดยสารที่เหมาะสมสำหรับตารางการเดินรถ, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
- [6] พอเจตน์ จิตพิพัฒน์พงษ์ (2552). การใช้โปรแกรมเอกเซลโซลเวอร์เพื่อปรับปรุงรถขนส่งสินค้า, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาการจัดการโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
- [7] ธเนศ เสถียรนาม. การวิเคราะห์ระบบขนส่ง (Transportation System Analysis), ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น