



การศึกษาระบบการขนส่งด้วยรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
Study of logistics system with electric vehicles in Phetchabun Rajabhat University

ปัญญา เทียนนาวา¹ ธนภัทร มะณีแสง² ชวัญนิธิ คำเมือง³

^{1,2} สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

³ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทคัดย่อ

การศึกษาเป็นการจำลองสถานการณ์ในการนำรถที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาใช้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุ ปัญหาการจราจร และมลพิษทางอากาศ วัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางความเป็นไปได้ในการนำรถไฟฟ้าสาธารณะมาใช้ให้บริการในมหาวิทยาลัย โดยประยุกต์ใช้วิธีค้นหาเฉพาะที่เพื่อจัดเส้นทางที่เหมาะสมก่อนนำเส้นทางที่ได้มาจำลองระบบการเดินรถไฟฟ้าลงบนคอมพิวเตอร์ จากการทดลองพบว่าวิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบวนซ้ำสามารถหาระยะทางได้สั้นกว่าวิธีการค้นหาเฉพาะที่ในทุกขนาดปัญหา จากนั้นนำเส้นทางที่ได้ในปัญหาขนาดเล็กมาสร้างแบบจำลองทดลอง โดยกำหนดความถี่ เวลาการมาถึง จำนวนประชากร ให้แตกต่างกัน จากการทดลองพบว่าแบบจำลองสามารถใช้วางแผนและศึกษาในการจัดตารางความถี่การเดินรถให้เหมาะสมในสถานการณ์ที่มีความแตกต่างกัน

คำสำคัญ : ระบบรถไฟฟ้าในมหาวิทยาลัย เมตาฮิวริสติกส์ วิธีการค้นหาเฉพาะที่

ABSTRACT

This study is intended to simulate the situation in the electrical vehicles used in Phetchabun Rajabhat University to reduce the vehicles accident traffic congestion and Air pollution. This research possibility of bringing the public electrical vehicle serving in Phetchabun Rajabhat University. The research method applied the Local Search for the application of management solutions for vehicle routing after that was simulated by the computer program. The computational experiments show that iterated local search outperforms other methods in most cases. Then received the route in a small problem by required differently of frequency arrival time and number of population. The results come from an experiment show that simulation model can be used for planning and teaching for logistics system with electric vehicles for situation is different.

Keywords : Electrical Vehicle System, Metaheuristics, Local Search



บทนำ

ปัจจุบันในจังหวัดเพชรบูรณ์มีการจราจรหนาแน่น เนื่องจากตัวเมืองที่มีการขยายตัว และจำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ใช้รถใช้ถนน ยิ่งในช่วงเวลาเร่งด่วนจะพบว่าการจราจรที่คับคั่งทำให้เพิ่มอัตราความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุ จากข้อมูลสถิติของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่าในจังหวัดเพชรบูรณ์มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 396 ครั้ง ซึ่งถ้าหากพิจารณาเพียงอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นภายในอำเภอเมืองจะพบว่ามีจำนวนสูงถึง 252 ครั้ง บริเวณที่เกิดขึ้นบ่อยคือ ถนน สระบุรี – หล่มสัก ซึ่งเป็นที่รวมของสถานที่ราชการ และสถานศึกษา ทำให้ในช่วงเช้าและเย็นมีรถหนาแน่น มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์เป็นสถานศึกษาที่มีนักศึกษาและบุคลากรจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของผู้ใช้รถในเส้นทางดังกล่าว ทางจังหวัดเพชรบูรณ์ได้มีนโยบายในการป้องกันอุบัติเหตุ เช่น การเข้มงวดในเรื่องของการบังคับใช้กฎหมายให้ผู้ขับขี่ใช้รถใช้ถนน การเพิ่มกำลังเจ้าหน้าที่เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้รถใช้ถนนในช่วงเวลาเร่งด่วน แต่ถึงอย่างไรก็ตามการใช้มาตรการก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาอุบัติเหตุมากนัก เพราะจำนวนรถก็ยังไม่ลดลงและมีแต่จะเพิ่มจำนวนขึ้น จากการสำรวจพบว่าการเดินทางสัญจรของนักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ส่วนใหญ่จะใช้รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคลเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจร ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย รวมทั้งทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและมลพิษทางอากาศ ในปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์มีแนวคิดในการลดการใช้พลังงาน โดยสำนักอธิการบดีและสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ได้ทดลองนำรถไฟฟ้าขนาดเล็กมาวิ่งในมหาวิทยาลัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองสถานการณ์ในการนำระบบรถพลังงานไฟฟ้าสาธารณะมาใช้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุ และปัญหาจราจร ขั้นตอนการดำเนินงานจะประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบหลัก ส่วนที่ 1 คือการประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่เพื่อหาเส้นทางและจุดจอดของรถไฟฟ้าที่เหมาะสม และส่วนที่ 2 คือสร้างแบบจำลอง (Model) เพื่อกำหนดความถี่ของตารางการเดินรถในแต่ละวัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างแบบจำลองของระบบการขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ขอบเขตของการวิจัย

1.1 ขอบเขตประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อทำการจำลองระบบรถพลังงานไฟฟ้าสาธารณะ โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ยังไม่มีระบบรถพลังงานไฟฟ้าสาธารณะมาใช้จริง ดังนั้นการเก็บข้อมูลจึงไม่สามารถทำได้ คณะผู้วิจัยจึงได้นำเอาข้อมูลจากตารางการใช้ห้องเรียนของนักศึกษามาเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับจำลองระบบการใช้รถไฟฟ้าสาธารณะ

1.2 ขอบเขตเนื้อหา

งานวิจัยชิ้นนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบหลัก ดังนี้ ส่วนที่ 1 เพื่อหาเส้นทางและจุดจอดของรถไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยจะประยุกต์ใช้วิธีค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) และส่วนที่ 2 คือสร้างแบบจำลอง (Model) เพื่อหาความถี่ของตารางการเดินรถในแต่ละวัน ดังนั้นขอบเขตด้านเนื้อหาจะประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้



1.2.1 การหาเส้นทางและจุดจอดที่เหมาะสม

- 1) ในการหาเส้นทางที่เหมาะสมเมตาฮิวริสติกส์ที่ใช้คือวิธีค้นหาเฉพาะที่ 2 รูปแบบ คือ วิธีค้นหาเฉพาะที่ (Local Search : LS) วิธีค้นหาเฉพาะที่แบบวนซ้ำ (Iterated Local Search :ILS)
- 2) ขนาดของปัญหาจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ขนาดคือปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และ ขนาดใหญ่
- 3) ในการออกแบบเส้นทางผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายมาแก้ปัญหา ร่วมกับการหาระยะทางระหว่างจุดจอดโดยใช้โปรแกรม Google map (<https://maps.google.co.th>) โดยที่ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem :TSP) ในทางทฤษฎี TSP เป็น กลวิธีในการแก้ปัญหาการหา ค่าเหมาะที่สุดเชิงการจัดการ ที่ศึกษากันในสาขาการวิจัยดำเนินการ และวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ โดยให้พนักงานขาย เดินทางไปยังกลุ่มของเมืองให้ครบทุกเมืองแล้วตั้งคำถามว่า ถ้าหากต้องเดินทางผ่านทุกเมือง จะต้องใช้เส้นทางไหนถึงจะ สั้นที่สุด

1.2.2 การสร้างแบบจำลอง

- 1) สร้างแบบจำลองของระบบการขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยอาศัย การสร้างตัวแบบ (Model) จากโปรแกรม Arena 7.0
- 2) เนื่องจากข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น ผลลัพธ์ที่จะนำมาใช้กับมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์เท่านั้น
- 3) การจำลองสถานการณ์จะมีลักษณะเป็น Discrete Event

ข้อตกลงเบื้องต้น

- 1.1 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเป็นแบบสมมาตร
- 1.2 ระยะทางระหว่างจุดจอดจะเลือกระยะทางที่สั้นที่สุดจากโปรแกรม Google Map
- 1.3 ในการสร้างแบบจำลองจะใช้ปัญหาขนาดเล็กจำนวน 10 จุดจอดเท่านั้น ส่วนปัญหาขนาดกลางและขนาด ใหญ่จะใช้เพื่อการทดสอบความสามารถของเมตาฮิวริสติกส์
- 1.4 การกำหนดจำนวนผู้ใช้ เวลาการมาถึง และจุดหมายของประชากรในแบบจำลองจะใช้ตารางการใช้ ห้องเรียนเป็นข้อมูลหลักเพียงสถานีแรกเท่านั้น (จุด P) โดยพิจารณาในช่วงเวลาที่มีประชากรหนาแน่นที่สุดคือ 7.00 น. – 10.00 น.แต่ส่วนของจุดจอดที่ 1-10 เวลาการมาถึงของประชากรถูกกำหนดให้เป็นรูปแบบ Exponential โดยกำหนด ความถี่ที่เท่ากันทุกจุด ส่วนจุดหมายของประชากรจะถูกกำหนดให้มีโอกาสที่จะเลือกเท่าๆ กัน
- 1.5 มีการจำกัดความเร็วของรถที่ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและมีเวลาเพื่อขึ้นรถและลงรถรวมถึงการชะลอรถอยู่ที่ การกระจายตัวการกระจายตัวแบบสามเหลี่ยม (Triangular) โดยกำหนดค่าที่ 15 30 และ 60 วินาที
- 1.6 มีรถไฟฟ้าจำนวนทั้งหมด 10 คันและแต่ละคันสามารถโดยสารได้ 16 คน
- 1.7 เมื่อถึงจุดจอดสุดท้าย(จุดที่10) รถจะไม่ย้อนกลับทางเดิมและจะวิ่งไปจุดจอดแรกทันที (จุด P)



วิธีดำเนินการวิจัย

1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคืออุปกรณ์ที่เป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ได้แก่ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer) ยี่ห้อ HP รุ่น HP 3330 Micro Tower PC หน้าจอ 17.1“ หน่วยความจำสำรอง (Ram) 2 GB หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) Intel (R) i5-2400 @ 3.10 GHz หน่วยความจำหลัก (Hard disk) 500 GB ส่วนซอฟต์แวร์ได้แก่ โปรแกรม MINITAB 16 สำหรับวิเคราะห์ผลการทดลองและวิเคราะห์ความแปรปรวน โปรแกรม Arena simulation 7.0 ในการสร้างแบบจำลองและใช้โปรแกรม Python 3.4.3 ในการประมวลผลและคำนวณหาผลลัพธ์

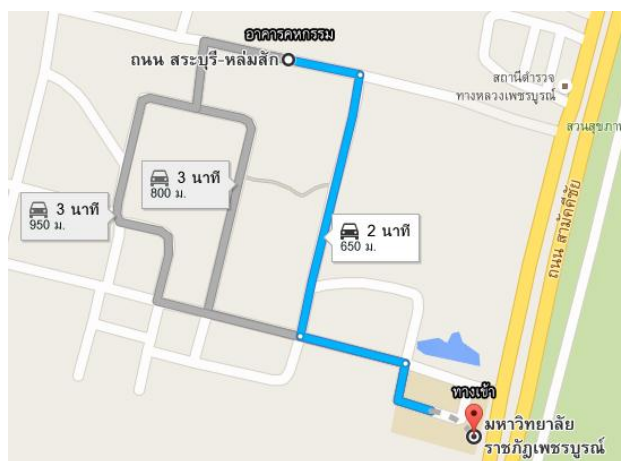
1.2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อหลัก ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยสังเขปดังนี้

1.2.1 การประยุกต์ใช้วิธีการหาคำตอบเฉพาะที่เพื่อหาเส้นทางและจุดจอดที่เหมาะสมโดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน 7 ขั้นตอนดังนี้

1) รวบรวมข้อมูล ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) กำหนดเส้นทางและจุดจอด การกำหนดเส้นทางจะใช้เส้นทางจาก เว็บไซต์ Google Map จาก ภาพที่ 1 แสดงวิธีการหาเส้นทางระหว่างทางเข้าและอาคารคหกรรม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือเส้นทางการเดินทาง 2 เส้นทาง โดย เลือกใช้เส้นทางที่สั้นกว่าให้เป็นระยะทางระหว่างจุดจอด ปัญหาถูกแบ่งออกเป็น 3 ขนาดได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และ ขนาดใหญ่โดยแต่ละขนาดจะมีจุดจอดของรถไฟฟ้า 10 15 และ 30 จุด ตามลำดับ



ภาพที่ 1 แสดงวิธีการออกแบบเส้นทางจากโปรแกรม Google Map

ที่มา : <https://maps.google.co.th>

3) แก้ปัญหาโดยใช้วิธีการเมตาฮิวริสติก ผู้วิจัยได้เลือกใช้เมตาฮิวริสติก 2 วิธีประกอบด้วยวิธีค้นหาเฉพาะที่ (Local Search: LS) วิธีค้นหาเฉพาะที่แบบวนซ้ำ (Iterated Local Search: ILS)



3.1) วิธีการหาคำตอบเฉพาะที่ (Local Search: LS) เป็นเมตาฮิวริสติกรูปแบบหนึ่งที่จะทำงานโดย ค้นหาคำตอบมาเพียงคำตอบเดียว จากพื้นที่ย่านคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood) แล้วตรวจสอบว่าตำแหน่งนี้ให้คำตอบที่ดีกว่าตำแหน่งเดิมหรือไม่ ถ้าหากดีกว่าก็จะแทนค่าคำตอบเพื่อใช้เป็นพื้นที่ในการหาคำตอบใหม่ เพื่อนำไปสู่คำตอบที่ดีขึ้นต่อไป แต่ถ้าหากไม่ก็ทำการหาคำตอบในย่านพื้นที่คำตอบใกล้เคียงเดิม โดยทั่วไปมีขั้นตอนในการทำงานดังนี้

เลือกวิธีการประมวลผลค่าคำตอบ $f(x)$ และโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบในย่านคำตอบใกล้เคียง $N(x)$ สร้างตำแหน่งคำตอบเริ่มต้น x โดยการสุ่ม จากนั้นทำตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) สุ่มตำแหน่งคำตอบใหม่ x' ในย่านคำตอบใกล้เคียง ของ x ($x' \in N(x)$)
- 2) เปรียบเทียบคำตอบใหม่ $f(x')$ กับคำตอบเดิม $f(x)$ ถ้าหาก $f(x')$ ไม่สามารถให้ค่าคำตอบได้ดีกว่า $f(x)$ ให้ทำการสุ่มตำแหน่งของคำตอบใหม่ x'' ในย่านคำตอบใกล้เคียงของ x ($x'' \in N(x)$) จากนั้นให้แทนที่ $x' \leftarrow x''$ และเปรียบเทียบคำตอบใหม่กับคำตอบเดิม ถ้าหาก $f(x')$ สามารถให้ค่าคำตอบได้ดีกว่า $f(x)$ ให้แทนที่ $x \leftarrow x'$ และกลับไปทำขั้นตอนที่ 1

- 3) ทำซ้ำจนกว่าจะไม่สามารถหาคำคำตอบที่ดีกว่า $f(x)$ หรือเมื่อมีเกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ

3.2) การค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนซ้ำ (Iterated Local Search: ILS) ซึ่งพัฒนามาจาก LS โดยข้อเสียของ LS คือ คำคำตอบที่ได้มักจะไปติดที่คำตอบที่ดีที่สุดที่ย่านคำตอบใกล้เคียง โดยการเพิ่มกลยุทธ์เพื่อให้ LS สามารถหลีกเลี่ยงไม่ให้คำตอบไปติดที่คำตอบที่ดีที่สุดที่ย่านคำตอบใกล้เคียง

กำหนดค่า $l_{\max}$ และ $n_{\max}$ สุ่มตำแหน่งของหาคำตอบเริ่มต้น x กำหนดให้ $l \leftarrow 1$ และ $n \leftarrow 1$

- 1) หาคำตอบ x' จาก $x' \in (N(x))$: ถ้า $f(x') < f(x)$ ให้ $x \leftarrow x'$ และทำซ้ำ ถ้าไม่เช่นนั้นให้ x เป็นคำตอบเดิม และกำหนดให้ $n \leftarrow n+1$ และ $l \leftarrow l+1$ ทำซ้ำ

- 2) ถ้า $n = n_{\max}$ ให้สุ่มตัวแทนคำตอบใหม่ (Representation) $N(x'')$ แทนที่ $N(x) \leftarrow N(x'')$

- 3) ทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่า $l = l_{\max}$ หรือถึงเงื่อนไขการหยุด

- 4) ทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องกับปัญหาอย่างง่าย เพื่อให้ทราบว่าเส้นทางที่โปรแกรมสร้างขึ้นถูกต้องและไม่ละเมิดเงื่อนไข และเพื่อให้สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ได้อย่างเหมาะสม

- 5) ใช้เมตาฮิวริสติกทั้ง 2 วิธีกับการหาเส้นทางที่เหมาะสม โดยแบ่งออกเป็น 3 ขนาดได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และ ขนาดใหญ่โดยแต่ละขนาดจะมีจุดจอดของรถไฟฟ้ 10 15 และ 30 จุด ตามลำดับ

- 6) ประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการค้นหาเฉพาะแบบวนซ้ำ 3 แบบ ($n_{\max}$) ซึ่งถ้าหากคำตอบไปติดที่คำตอบที่ดีที่สุดที่ย่านคำตอบใกล้เคียง ครบจำนวนที่



กำหนด คำตอบ ILS จะทำการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การปรับปรุงคำตอบในย่านคำตอบใกล้เคียงใหม่โดยการสุ่มตัวแทนคำตอบใหม่ เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้คำตอบไปติดที่คำตอบที่ดีที่สุดที่ย่านคำตอบใกล้เคียง

7) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีเมตาฮิวริสติกทั้ง 2 วิธี เลือกวิธีการและคำตอบที่ดีที่สุด สรุปผลจากการทดลองและนำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อออกแบบเส้นทางการวิ่งของรถไฟฟ้ามอเตอร์

1.2.1 วิธีการสร้างแบบจำลอง

ลักษณะปัญหาประชากรจะเริ่มขึ้นรถ ณ จุดจอดบริเวณหน้ามหาวิทยาลัย โดยช่วงเวลาที่พิจารณา คือ 7.00-10.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ประชากรมีความหนาแน่นที่สุด รถคันแรกจะออกเดินทางเวลา 7.05 น. และคันต่อไปก็จะออกเว้นช่วงระยะเวลาตามที่โจทย์ได้กำหนดไว้ ประชากรจะเดินทางมาถึงและมีเป้าหมายในการเดินทางที่มีความแตกต่างกัน และเนื่องจากไม่มีข้อมูลจริง ข้อมูลที่นำมาใช้เพื่อให้แบบจำลองมีความสมจริงยิ่งขึ้นคือตารางการใช้ห้องเรียนของนักศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ตั้งแต่วันจันทร์ – วันอาทิตย์ โดยมีขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองดังนี้

1) การรวบรวมข้อมูล จำนวนของประชากรจะกำหนดให้เป็น 20% ของทั้งหมดจากตารางการใช้ห้องเรียน โดยจะใช้รูปแบบการมาถึงแบบ Exponential และใช้ความถี่ของเวลาเพื่อกำหนดจำนวนประชากร ทำให้แต่ละวันเวลาการมาถึง จำนวนประชากร และจุดหมาย จะไม่เหมือนกัน แต่นำมาใช้เพียงแค่กับในจุด P แต่ในส่วนจุดจอดที่ 1-10 เวลาการมาถึงของประชากรถูกกำหนดให้เป็นรูปแบบเดียวกันคือ Exponential โดยกำหนดความถี่ของเวลาเท่ากับ 5 นาที ส่วนการเลือกจุดหมายของประชากร จะกำหนดให้แต่ละจุดจอดมีโอกาสเลือกเท่าๆ กันและประชากรไม่สามารถเลือกจุดลงและจุดขึ้นรถเป็นจุดเดียวกันได้ หรือถ้าหากประชากรจะย้อนกลับไปลงจุดจอดที่รถได้ผ่านมาแล้ว ประชากรต้องเลือกจุดที่จอดบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยเพื่อต่อรถคันอื่น

2) สร้างตัวแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลองในโปรแกรม ARENA และทำการตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งทดสอบการโดยพิสูจน์ความจริง (verification) ว่าการทำงานของตัวแบบคล้ายกับระบบที่ต้องการ และไม่ละเมิดเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ส่วนในขั้นตอนการมีเหตุผล (validation) ไม่สามารถทำได้เนื่องจากตัวแบบเป็นแค่แนวคิดจึงไม่มีระบบจริงให้ทำการเปรียบเทียบ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการแสดงวิธีการหาโอกาสในการเลือกจุดลงรถของประชากรในแต่ละจุดจอด

วันจันทร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	จุดที่ 10	รวม
7.00-8.00	223	63	32	29	5	59	176	548	64	191	2,998
8.00-9.00	311	5	180	29	516	5	241	243	73	5	
โอกาส	18%	2%	7%	2%	17%	2%	14%	26%	5%	7%	100 %

3) การออกแบบโจทย์และทำงานทดลอง พื้นฐานโจทย์ถูกนำมาจากตารางการใช้ห้องเรียน ตั้งแต่วันจันทร์ – วันอาทิตย์ ตัวอย่างในตารางที่ 120 % ของ 2,998 หมายความว่า จะมีประชากรมาขึ้นรถ ณ จุดประมาณ 500 คน ซึ่งไม่สามารถระบุจำนวนที่ชัดเจนได้เนื่องจากค่าที่ได้จำเป็นการสุ่มการมาถึงแบบ Exponential โดยความถี่ของเวลาจะเป็นการกำหนดจำนวนประชากรให้ใกล้เคียงกับจำนวนประชากรในโจทย์ ส่วนโอกาสในการเลือกจุดลงจอดในแต่ละจุดใช้จำนวนนักศึกษาที่จะต้องไปเรียนที่ตึกที่อยู่ใกล้กับจุดจอดเป็นตัวกำหนด ยิ่งจำนวนนักศึกษาที่ต้องการที่จะไปมาก โอกาสที่ประชากรเลือกไปลง ณ จุดจอดนั้นก็ยิ่งมีมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ในตารางที่ 1 จุดจอดแรกเป็นจำนวนผู้ที่



เดินทางไปยังจุดจอดแรกมี 534 คน (ช่วงเวลา 7.00-9.00) ซึ่งเป็น 18% ของ 2,998 ดังนั้นโอกาสที่ประชากรจะเลือกไปลง ณ จุดจอดแรกคือ 18% ซึ่งแต่ละวัน เวลาการมาถึง จำนวนประชากร และจุดหมายของประชากรจะมีความแตกต่างกัน การสร้างแบบจำลองครั้งนี้เพื่อหาความถี่ของการเดินทางที่เหมาะสมในแต่ละวัน ทางเลือกความถี่ของการเดินทางอยู่ที่ 3 5 และ 7 นาทีต่อคัน โดยจะพิจารณาความเหมาะสมจากเวลาการรอคอยในแต่ละจุดจอด จากนั้นวิเคราะห์ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด นำผลการวิเคราะห์ หาข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิจัย จะแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 หัวข้อประกอบด้วย ผลลัพธ์ของการหาเส้นทางที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่และการหาความถี่ที่เหมาะสมของการเดินทางในแต่ละวันจากการสร้างแบบจำลอง

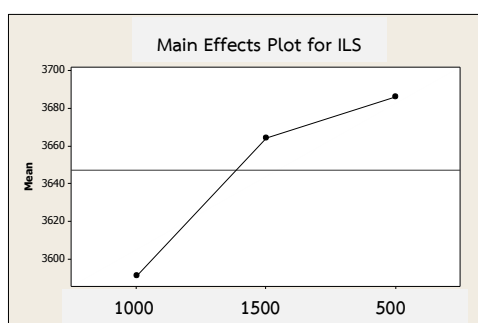
1.1 การหาเส้นทางที่เหมาะสมของระบบรถไฟฟ้าสาธารณะ คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เมตาฮิวริสติกส์ 2 วิธีคือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ และการค้นหาเฉพาะที่แบบวนซ้ำ ซึ่งการค้นหาเฉพาะที่แบบวนซ้ำปัจจัยที่กำหนดจำนวนคำตอบที่ยินยอมให้มีการปรับปรุงคำตอบในย่านคำตอบใกล้เคียงแล้วคำตอบไม่ดีกว่าเดิม (N_i) ดังตารางที่ 2 โดยให้ N_i เท่ากับ 500 1,000 และ 1,500 คำตอบ ดังนั้นจึงต้องอาศัยโดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยทำซ้ำจำนวน 10 รอบ ให้กับปัญหาแต่ละขนาด

ตารางที่ 2 การกำหนดปัจจัยสำหรับการจัดเส้นทางรถไฟฟ้าสาธารณะ

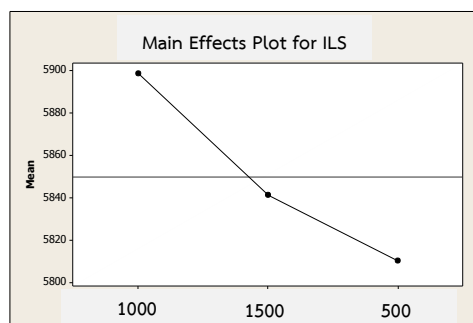
วิธีการเมตาฮิวริสติกส์	N_i		
	500	1,000	1,500
ค้นหาเฉพาะที่แบบวนซ้ำ (Iterated Local Search :ILS)	✓	✓	✓

1.1.1 หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ปัญหาขนาดเล็ก สามารถแสดงผลกระทบจากปัจจัยหลักได้ค่า P-value เท่ากับ 0.422 แสดงให้เห็นว่าไม่มีผลกระทบจากปัจจัยหลักมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และจากภาพที่ 2 ควรกำหนดให้ใช้ N_i จำนวน 1,000 คำตอบในการหาผลลัพธ์



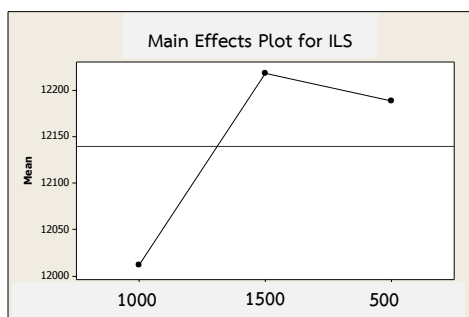
ภาพที่ 2 ผลกระทบจากปัจจัยหลักของปัญหาขนาดเล็ก



ภาพที่ 3 ผลกระทบจากปัจจัยหลักของปัญหาขนาดกลาง



ปัญหาขนาดกลาง สามารถแสดงผลกระทบจากปัจจัยหลักได้ค่า P-value เท่ากับ 0.899 แสดงให้เห็นว่าไม่มีผลกระทบจากปัจจัยหลักมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และจากภาพที่ 3 ควรกำหนดให้ใช้ N_i จำนวน 500 คำตอบในการหาผลลัพธ์



ภาพที่ 4 ผลกระทบจากปัจจัยหลักของปัญหาขนาดใหญ่

ปัญหาขนาดใหญ่สามารถแสดงผลกระทบจากปัจจัยหลักได้ค่า P-value เท่ากับ 0.940 แสดงให้เห็นว่าไม่มีผลกระทบจากปัจจัยหลักมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และจากภาพที่ 4 ควรกำหนดให้ใช้ N_i จำนวน 1000 คำตอบในการหาผลลัพธ์

1.1.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเมตาฮิวริสติกส์

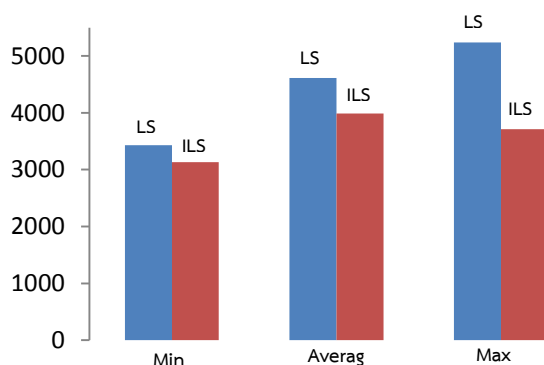
หลังจากทราบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในหัวข้อที่ 1.1.1 แล้ว ในหัวข้อนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเมตาฮิวริสติกส์ทั้ง 2 วิธี กับปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดยมีการกำหนดเกณฑ์ในการหยุดการทำงานเมื่อปรับปรุงครบ 100,000 คำตอบและทำซ้ำจำนวน 30 รอบซึ่งสามารถอธิบายได้โดยสังเขปดังนี้

วิธีค้นหาเฉพาะที่ (Local Search : LS) ในปัญหาขนาดเล็กจากการหาผลลัพธ์และทำซ้ำจำนวน 30 รอบ LS สามารถหาระยะทางได้ต่ำที่สุดคือ 3,430 เมตร และมีค่าเฉลี่ยจากคำตอบทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 4,611 เมตร ส่วนในปัญหาขนาดกลาง LS สามารถหาระยะทางต่ำที่สุดได้ 5090 เมตรและมีค่าเฉลี่ยจากคำตอบทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 7,422 เมตร และปัญหาขนาดใหญ่ LS สามารถหาระยะทางต่ำที่สุดได้ 8,073 เมตร ส่วนค่าเฉลี่ยที่ได้จากคำตอบทั้งหมดคือ 14,923 เมตร

วิธีค้นหาเฉพาะที่แบบวนซ้ำ (Iterated Local Search : ILS) ในปัญหาขนาดเล็กจากการหาผลลัพธ์และทำซ้ำจำนวน 30 รอบ ILS สามารถหาระยะทางได้ต่ำที่สุดคือ 3,130 เมตร และมีค่าเฉลี่ยจากคำตอบทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 3,710 เมตร ส่วนในปัญหาขนาดกลาง ILS สามารถหาระยะทางต่ำที่สุดได้ 4,820 เมตรและมีค่าเฉลี่ยจากคำตอบทั้งหมดที่ได้เท่ากับ 5,890 เมตร และปัญหาขนาดใหญ่ ILS สามารถหาระยะทางต่ำที่สุดได้ 7,370 เมตร ส่วนค่าเฉลี่ยที่ได้จากคำตอบทั้งหมดคือ 12,441 เมตร



จากการทดลองพบว่า ILS สามารถหาระยะทางได้สั้นกว่า LS ในทุกขนาดปัญหา ส่วนในปัญหาขนาดเล็กที่จะนำไปใช้สำหรับสร้างตัวแบบแบบจำลอง ผลลัพธ์ที่ได้คือการเดินทางจะเริ่มจากจุดเริ่มต้น จากนั้นไปยังจุดจอดที่ 1 2 3 4 7 5 6 10 8 9 และกลับไปยังจุดเริ่มต้น ตามลำดับ รวมระยะทางทั้งสิ้น 3,130 เมตร



ภาพที่ 5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเมตาฮิวริสติกส์ในปัญหขนาดเล็ก

1.2 การหาความถี่ที่เหมาะสมของการเดินทางในแต่ละวันจากการสร้างแบบจำลอง

เมื่อทราบเส้นทางและระยะทางที่ใช้เดินทางแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการสร้างแบบจำลองการเดินทางเพื่อหาความถี่ที่เหมาะสมของการเดินทางในแต่ละวัน โดยพิจารณาจากเวลาการรอคอย (Waiting time) ถ้าหากเวลาการรอคอยรวมของระบบยิ่งมีค่ามาก แสดงให้เห็นว่าการกำหนดความถี่ของจำนวนรถในช่วงเวลานั้น ๆ ไม่เหมาะสม ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองของวันจันทร์ โดยทดลองจัดตารางการเดินทางให้มีความถี่เท่ากับ 3 5 และ 7 นาทีต่อ 1 คัน ผลลัพธ์ที่ใช้พิจารณาคือค่าเฉลี่ยและค่าเวลาการรอคอยสูงสุดของจุด P และผลรวมของทั้ง 11 จุด เหตุผลที่ต้องใช้เวลาเฉลี่ยรวมทั้ง 11 จุด เนื่องจากจุดจอดที่อยู่ใกล้กับต้นทางเวลาการรอคอยจะน้อยเนื่องจากรถเดินทางมาถึงเร็ว ต่างจากจุดจอดที่อยู่ห่างจากต้นทาง และจุด P เป็นจุดเริ่มต้นประชากรจะหนาแน่นมากที่สุด ทำให้มีการรอคอยนาน ตารางที่ 4 เป็นตัวอย่างของผลลัพธ์จากวันจันทร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ้าหากให้จัดให้มีการเดินทาง 3 นาทีต่อ 1 คันเวลาการรอคอยเฉลี่ยในแต่ละจุดจะอยู่ที่ 2 นาทีและเวลาการรอคอยสูงสุดจะอยู่ที่ 7.56 นาที แต่ถ้าหากจัดตารางให้รถออก 5 นาทีต่อ 1 คันเวลาเฉลี่ยและเวลาการรอคอยสูงสุดก็จะเพิ่มขึ้นเป็น 5.37 นาที และ 14.09 นาที แต่ถ้าหากพิจารณาในจุดที่ P ซึ่งเป็นจุดที่มีประชากรหนาแน่นซึ่งจะส่งผลต่อเวลาการรอคอย เวลาเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจาก 1.66 เป็น 10.61 นาที และ เวลาการรอคอยสูงสุด จะเพิ่มขึ้นจาก 4.90 นาที เป็น 24.91 นาทีทันที ซึ่งเวลาการรอคอยที่นานจะส่งผลให้ประชากรอาจเดินทางไปถึงจุดหมายไม่ทัน และหันไปใช้การเดินทางในรูปแบบอื่น

ในวัน อังคาร พุธ พฤหัสบดี ความหนาแน่นของประชากร ณ จุด P จะอยู่ระหว่าง 500-600 คน ส่งผลให้เวลาการรอคอยของจุด P เพิ่มขึ้นมาก จากตารางที่ 5 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ เป็น 5 และ 7 นาทีต่อ 1 คัน ซึ่งเวลาการรอคอยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 10- 30 นาที และ เวลาการรอคอยสูงสุดจะอยู่ที่ 24- 60 นาที ซึ่งอาจทำให้ประชากรไปถึงจุดหมายไม่ทันเวลา และถ้าหากพิจารณาเวลาการรอคอยเฉลี่ยรวมทั้ง 11 จุดจะพบว่า การจัดตารางการเดินทางที่มีความถี่ 3 และ 5 นาทีต่อ 1 คันยังไม่ส่งผลกระทบต่อระบบมากนัก แต่ถ้าหากจัดตารางการเดินทางที่มีความถี่ 7 นาที เวลาการรอคอยเฉลี่ยสูงสุดจะอยู่ที่ 23 นาทีเลยทีเดียว



ตารางที่ 4 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการหาความถี่ที่เหมาะสมของการเดินรถในแต่ละวัน

จุดจอด	โอกาสที่ผู้โดยสาร จากจุด P จะลง (%)	เวลาการรอคอย (นาที)					
		3 นาทีต่อ 1 คัน		5 นาทีต่อ 1 คัน		7 นาทีต่อ 1 คัน	
		เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
จุดขึ้นรถ (0)	-	1.66	4.90	10.61	24.91	30.79	59.96
1	18	1.45	3.75	4.49	8.85	7.61	17.48
2	2	1.80	4.65	6.18	16.71	19.81	32.12
3-9							
10	7	2.4	11.29	3.78	13.39	7.61	17.48
เวลารอคอยเฉลี่ย		2	7.56	5.37	14.09	13.02	25.71

ตารางที่ 5 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการหาความถี่ที่เหมาะสมของการเดินรถในแต่ละวัน

วัน	เวลาการรอคอย	3 นาทีต่อ 1 คัน		5 นาทีต่อ 1 คัน		7 นาทีต่อ 1 คัน	
		เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
อังคาร	จุด P	1.66	4.90	10.62	24.91	30.79	59.96
	เฉลี่ย 11 จุด	1.95	7.36	4.85	12.87	11.16	22.93
พุธ	จุด P	1.89	4.72	19.79	40.80	28.84	57.68
	เฉลี่ย 11 จุด	2	7.91	5.56	15.18	8.88	21.31
พฤหัสบดี	จุด P	1.61	4.20	14.55	28.31	29.07	55.02
	เฉลี่ย 11 จุด	1.95	7.39	4.31	11.98	9.41	21.47
ศุกร์	จุด P	1.48	3.10	3.11	7.64	15.61	33.51
	เฉลี่ย 11 จุด	1.99	7.44	3.45	11.12	9.17	20.52
เสาร์	จุด P	1.57	3.07	2.52	5.07	3.54	7.07
	เฉลี่ย 11 จุด	1.97	7.11	2.95	9.06	4.11	11.44
อาทิตย์	จุด P	1.57	3.07	2.53	5.07	3.54	7.07
	เฉลี่ย 11 จุด	1.97	7.11	2.96	9.06	4.11	11.44

ส่วนในวันศุกร์มีประชากรประมาณ 400 คน การเปลี่ยนแปลงความถี่ จาก 3 และ 5 นาทีต่อ 1 คัน ไม่ส่งผลต่อการรอคอยในจุด P มากนัก ซึ่งเวลาเฉลี่ยในการรอคอยของประชากรจะเพิ่มขึ้นจาก 2 เป็น 3 นาทีเท่านั้น ส่วนเวลาสูงสุดจะเพิ่มขึ้นจาก 8 นาทีเป็น 11 นาที แต่ถ้าหากจัดตารางการเดินรถที่ความถี่ 7 นาที เวลาการรอคอยเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจาก 2 นาทีเป็น 9 นาทีและเวลาสูงสุดเพิ่มขึ้นจาก 8 นาที เป็น 34 นาที และถ้าหากพิจารณาเวลารอคอยเฉลี่ยรวมทั้ง 11 จุดจะพบว่า ที่ความถี่ 3 และ 5 นาทีต่อ 1 คันยังไม่ส่งผลกระทบต่อระบบมากนัก แต่ถ้าหากจัดตารางการเดินรถที่ความถี่ 7 นาที เวลาการรอคอยเฉลี่ยสูงสุดจะอยู่ที่ 21 นาทีเลยทีเดียว และสุดท้ายในวันเสาร์อาทิตย์ที่มีประชากรน้อยที่สุดคือประมาณ 100 คน การจัดตารางการเดินรถที่ความถี่ 3 5 หรือ 7 นาทีต่อ 1 คัน เวลาการรอคอยสูงสุดของทั้งจุด P และ เวลาการรอคอยเฉลี่ยรวมของทั้ง 11 อยู่ที่ประมาณ 7 และ 11 นาที ซึ่งถือว่าไม่มากนัก ดังนั้นถ้าหากต้องการประหยัดต้นทุนในวันเสาร์และอาทิตย์สามารถกำหนดตารางการเดินรถที่ความถี่สูงสุดได้ที่ 7 นาทีต่อ 1 คัน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองสถานการณ์ในการนำระบบพลังงานไฟฟ้าสาธารณะมาใช้ในการมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุ ลดการใช้พลังงาน ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย



2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการประยุกต์ใช้ วิธีการค้นหาเฉพาะที่เพื่อหาเส้นทางและจุดจอดของรถไฟฟ้าที่เหมาะสม และขั้นตอนที่ 2 คือสร้างแบบจำลอง (Model) เพื่อหาความถี่ตารางการเดินรถในแต่ละวัน ในขั้นตอนการหาเส้นทางและจุดจอดของรถไฟฟ้าที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่า ILS สามารถหาระยะทางได้สั้นกว่า LS .ในทุกขนาดปัญหา ส่วนในปัญหาขนาดเล็กที่จะนำไปใช้สำหรับสร้างแบบจำลอง เส้นทางที่สั้นที่สุดจะเริ่มจากจุดเริ่มต้น (จุด P) จากนั้นไปยังจุดจอดที่ 1-2-3-4-7-5-6-10-8-9 จากนั้นกลับไปจุดเริ่มต้น ตามลำดับ รวมระยะทางทั้งสิ้น 3,130 เมตร จากนั้นนำเส้นทางที่ได้มาสร้างแบบจำลองการเดินรถเพื่อหาความถี่ที่เหมาะสมของการเดินรถในแต่ละวันใช้การพิจารณาจากเวลาการรอคอย โดยทดลองจัดตารางการเดินรถให้มีความถี่เท่ากับ 3 5 และ 7 นาทีต่อ 1 คัน และโจทย์จะใช้ความแตกต่างของตารางการใช้ห้องเรียน ทำให้แต่ละวัน เวลาการมาถึง จำนวนประชากร และจุดหมาย จะไม่เหมือนกัน จากการทดลองพบว่าแบบจำลองสามารถใช้วางแผนในการจัดตารางความถี่การเดินรถให้เหมาะสมได้ และสามารถเปลี่ยนแปลงค่าถ้าหากมีเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถใช้แบบจำลองนี้เป็นแนวทางการศึกษาเพื่อสร้างระบบรถไฟฟ้าสาธารณะได้

ข้อเสนอแนะ

จุดอ่อนของงานวิจัยชิ้นนี้คือไม่มีระบบรถไฟฟ้าอยู่จริงในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบแบบจำลองกับระบบจริงได้ รวมไปถึงไม่สามารถเก็บข้อมูลจริงได้เนื่องจากไม่ทราบพฤติกรรมของประชากร ทำให้ทำได้แค่เพียงจำลองข้อมูลจากพฤติกรรมตารางการใช้ห้องเรียนเท่านั้น ดังนั้นทำให้แบบจำลองที่ได้ยังขาดความสมจริง รวมถึงยังมีอีกหลายกิจกรรมที่น่าสนใจและยังไม่ได้ถูกพิจารณา เช่น การเปลี่ยนแปลงความเร็วรถไฟฟ้า จำนวนคนที่รอคอย การทดลองกับเมตาสตริคส์รูปแบบอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- รุ่งรัตน์ ภิรัชเพ็ญ (2550). **คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena** สถานที่พิมพ์: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2554). **ชื่อเรื่อง.วิธีการเมตาสตริคส์เพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์** สถานที่พิมพ์: ส.ส.ท.
- ศศิวรรณ รัตนอบุ และ ชานินทร์ ศรีสุวรรณณา (2556). **การจำลองสถานการณ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการ ของคลินิกมารเวชและอายุรกรรม ตึกผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลพัทลุง วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน** หน้า 107-116
- ธนา สาตรา กลมพันธ์ พลิตติธิกร ญัฐวดีชนประเสริฐ วิธิดา วีรินทร **การประยุกต์ใช้วิธีอาณานิคมมดกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโดยมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาและพิจารณาระดับการบริการ การประชุมวิชาการชายางานวิศวกรรมอุตสาหกรรม.(2555)** 15-22
- Helena R. Lourenço Olivier C. Martin and Thomas Stützle (2001) **Handbook of Metaheuristics Iterated Local Search** olume 57 of the series International Series in Operations Research & Management Science pp 320-353 Sprinke