# การประมาณระยะเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีโดยใช้ระบบขนส่งอัจฉริยะ

นายเชาวนันท์ เรืองสูรย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2563

# AN APPROXIMATION OF ESTIMATED TIME OF ARRIVAL FOR SUT INTERNAL BUS SERVICES USING INTELLIGENCE TRANSPORTATION SYSTEM

**Chaowanan Ruangsoon**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering Program in Telecommunication and Computer Engineering**

**Suranaree University of Technology**

**Academic Year 2020**

**การประมาณระยะเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร**
**ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีโดยใช้ระบบขนส่งอัจฉริยะ**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. เศรษฐวิทย์ ภูฉายา)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร. ชิตพงศ์ เวชไธสงค์)
กรรมการ

(ผศ. ดร. พิชญา ชัยปัญญา)
กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เชาวนันท์ เรืองสูรย์ : การประมาณระยะเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีโดยใช้ระบบขนส่งอัจฉริยะ (AN APPROXIMATION OF ESTIMATED TIME OF ARRIVAL FOR SUT INTERNAL BUS SERVICES USING INTELLIGENCE TRANSPORTATION SYSTEM) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐวิทย์ ภูฉายา, 95 หน้า

อุบัติเหตุจากการเดินทางบนถนนภายในมหาวิทยาลัยมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากจำนวนยานพาหนะส่วนบุคคลมีจำนวนมากขึ้น ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากระบบขนส่งมวลชนยังไม่ตอบโจทย์การเดินทางของนักศึกษา การพัฒนาระบบขนส่งมวลชนให้ตอบโจทย์การเดินทางของนักศึกษาเป็นปัจจัยหลักในการนำมาพิจารณา งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งในการจำลองแบบ มีการกำหนดเส้นทางของการให้บริการรถโดยสารมหาวิทยาลัย แบ่งเป็น 6 เส้นทาง โดยคำนึงถึงการให้บริการที่สอดคล้องกับเวลาการใช้ชีวิตประจำวันของนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัย โดยมีการกำหนดจุดจอดตามเส้นทาง และคำนวณการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร ซึ่งในการคำนวณได้คำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการประมาณเวลา ประกอบไปด้วย ความล่าช้าที่เกิดจากผู้โดยสาร เวลาการเดินทาง และความล่าช้าที่เกิดจากสภาพการจราจร การลงพื้นที่สำรวจข้อมูลด้านเวลาของรถโดยสาร จากนั้นนำผลที่ได้จากแบบจำลองการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร ผลจากการสำรวจ และตารางเวลาเดินรถของแต่ละเส้นทาง ถูกนำมาเปรียบเทียบด้วย RMSE เพื่อบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของแบบจำลอง รวมถึงเวลาเฉลี่ยในการขึ้น-ลงรถโดยสารของผู้ใช้บริการ ผลสำรวจความพึงพอใจในการใช้ระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย การพัฒนาระบบขนส่งมวลชนโดยใช้ระบบขนส่งอัจฉริยะเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือทางเวลา ซึ่งจะสามารถช่วยดึงดูดนักศึกษาหันมาสนใจใช้ระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้น เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุภายในมหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ลายมือชื่อนักศึกษา เชาวนันท์ เรืองสูรย์

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

CHAOWANAN RUANGSOON : AN APPROXIMATION OF ESTIMATED TIME OF ARRIVAL FOR SUT INTERNAL BUS SERVICES USING INTELLIGENCE TRANSPORTATION SYSTEM. ASSOC. PROF. SETTAWIT POOCHAYA, Ph. D., 95 PP

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM/ ESTIMATE TIME OF ARRIVAL/ SMART TRANSIT.

Number accidents on campus increase due to the increasing of personal vehicles. However, internal public transportation system still not meet student needs. The development of internal public transportation system according to student needs is main factor. This article presents a model of the estimated time of arrival (ETA) for public mass transit using intelligent transportation system. Simulation process are created using significant parameters such as delay due to traffic and commute time. Survey of real time situation were investigated. ETA data collection according to real time situation are adjusted in proposed ETA model. RMSE mathematical method has been selected for performance of proposed ETA model. Estimation of arrival time of bus introduces in terms of Quality of Services (QOS). Passenger boarding and alighting data were collected, Survey on the user satisfaction assessment of using public transport was presented in terms of Quality of Experiences (QOE). Developing SUT mass transportation system using intelligent transportation system (ITS) increases operation time reliability. As results, accurate bus operation time increases student's attractiveness for the useful of SUT mass transportation system. In the future, high statistical of using

public transportation system reduces accidents inside SUT campus.




School of Telecommunication Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2020 Advisor's Signature _____

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐวิทย์ ภูฉายา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำและแนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่องานวิจัยรวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ปิยาภรณ์ มีสวัสดิ์ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์สรรค์ รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ ทองทา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี หัตถกรรม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ วาณิชอนันต์ชัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิตพงศ์ เวชไชสงค์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความรู้ด้านวิชาการและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้การสนับสนุนด้านทุนการศึกษา

ขอขอบคุณพี่ เพื่อน และน้องบัณฑิตศึกษาทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ และขอบคุณ คุณวีรินภ์ อาจหาญ เลขานุการสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ให้คำปรึกษาและจัดการด้านเอกสารตลอดระยะเวลาการศึกษา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา และญาติพี่น้องซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งตลอดจนครูอาจารย์ผู้สอนที่เคารพทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยทั้งในอดีตและปัจจุบันจนสำเร็จการศึกษาไปได้ด้วยดี

เชาวนันท์ เรืองสูรย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# สารบัญ

**หน้า**


บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ญ
**บทที่**
**1 บทนำ** ..... 1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย ..... 3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย ..... 3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 4
**2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** ..... 5
2.1 ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ (Public Transportation System) ..... 5
2.1.1 การจำแนกประเภทระบบขนส่งสาธารณะตามประเภทของบริการ ..... 5
2.1.2 การจำแนกประเภทของการให้บริการ (Type of Services) ..... 6
2.1.3 องค์ประกอบของระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ ..... 7
2.2 ระบบขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent Transport System) ..... 11
2.3 ทฤษฎีแถวคอย ..... 12
2.3.1 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบแถวคอย ..... 12
2.3.2 หลักการเบื้องต้นของทฤษฎีแถวคอย ..... 15
2.3.3 ความล่าช้าในระบบแถวคอยแบบ M/M/1 ..... 16
2.4 การประมาณเวลามาถึง (Estimated time of arrival) ..... 16

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**


2.5 การคำนวณหาระยะทาง ..... 16
2.5.1 GPS (Global Positioning System) ..... 16
2.5.2 การหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด ..... 18
2.6 การตรวจจับวัตถุ (Objective Detection) ..... 19
2.6.1 YOLO ..... 20
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 20
2.7.1 การประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร ..... 20
2.7.2 ปัจจัยความล่าช้าของการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร ..... 21
2.7.3 ประสิทธิภาพของแบบจำลอง ..... 22
**3 วิธีการดำเนินงาน** ..... 23
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน ..... 24
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล ..... 25
3.2.1 การกำหนดกลุ่มตัวอย่างการรวบรวมข้อมูล ..... 25
3.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบผล ..... 25
3.4 แบบประเมินคุณภาพการบริการขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย ..... 26
3.4.1 กำหนดหัวข้อในการประเมินความพึงพอใจ ..... 26
3.4.2 กำหนดเกณฑ์ระดับในการประเมินความพึงพอใจ ..... 26
3.5 สรุปผลการวิจัย ..... 26
**4 ผลการจำลองแบบ** ..... 27
4.1 บทนำ ..... 27
4.2 ข้อมูลการบริการของระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี ..... 27
4.2.1 เส้นทางการเดินรถโดยสารภายใน ..... 28
4.2.2 ระยะทางการเดินรถในแต่ละสาย ..... 32
4.2.3 ตารางเวลาการเดินรถ ..... 35


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


4.2.4 สถิติจำนวนผู้ใช้บริการ ..... 38
4.3 การจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงจุดจอดก่อนปรับพารามิเตอร์ ..... 41
4.4 ผลการจำลองแบบการประมาณเวลาจุดจอดก่อนปรับพารามิเตอร์ ..... 42
4.4.1 เส้นทางให้บริการในชั่วโมงเร่งด่วน ..... 42
4.4.1 เส้นทางให้บริการทั้งชั่วโมงเร่งด่วนและเวลาปกติ ..... 43
4.4.1 เส้นทางให้บริการในเวลาปกติ ..... 44
4.5 การสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการจราจร ..... 48
4.6 การจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงจุดจอดหลังปรับพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรจริง ..... 51
4.7 การจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงป้ายจุดจอดหลังปรับพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรจริง ..... 52
4.7.1 เส้นทางให้บริการในชั่วโมงเร่งด่วน ..... 52
4.7.2 เส้นทางให้บริการทั้งชั่วโมงเร่งด่วนและเวลาปกติ ..... 53
4.7.3 เส้นทางให้บริการในเวลาปกติ ..... 54
4.8 การสำรวจข้อมูลโดยการวัดจริงของระบบขนส่งสาธารณะ ..... 57
4.8.1 เครื่องมือวัดเวลาการเดินทางของรถโดยสาร ..... 57
4.9 ผลการสำรวจข้อมูลโดยการวัดจริง ..... 58
4.9.1 เส้นทางให้บริการในชั่วโมงเร่งด่วน ..... 58
4.9.2 เส้นทางให้บริการทั้งชั่วโมงเร่งด่วนและเวลาปกติ ..... 59
4.9.3 เส้นทางให้บริการในเวลาปกติ ..... 60
4.10 การตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ..... 63
4.10.1 สายสีเขียว ..... 63
4.10.2 สายสีม่วง ..... 65
4.10.3 สายสีส้ม ..... 67
4.10.4 สายสีน้ำเงิน ..... 68
4.10.5 สายสีเหลือง ..... 69

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**

4.10.6สายสีแดง....71
4.11 ผลรวมของการเปรียบเทียบ....74
4.12 เวลาความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสาร....77
4.13 ผลสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ....78
**5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....79**
5.1 สรุปเนื้อหาของวิทยานิพนธ์....79
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา....80
รายการอ้างอิง....81
ภาคผนวก....83
ประวัติผู้เขียน....95

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


4.1 ระยะทางระหว่างจุดจอดและจำนวนแยก ..... 32
4.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงจุดจอดก่อนปรับ ..... 41
4.3 ข้อมูลการจราจรในช่วงเวลาให้บริการแบบเร่งด่วน ..... 49
4.4 ข้อมูลการจราจรในช่วงเวลาให้บริการแบบปกติ ..... 49
4.5 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงจุดจอดหลังปรับ ..... 51


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# สารบัญรูป

**รูปที่** **หน้า**


1.1 สถิติการเกิดอุบัติเหตุภายใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ..... 2
2.1 ประเภทของรถโดยสารแบบมาตรฐาน ..... 8
2.2 รถโดยสาร 2 ชั้น ..... 8
2.3 รถโดยสารขนาดเล็ก ..... 9
2.4 รถโดยสารแบบชานต่ำ (Low Floor) ..... 9
2.5 ภาพรวมเส้นทางเดินรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ..... 11
2.6 รูปแบบการเชื่อมต่อของการสื่อสาร ..... 12
2.7 แถวคอย 1 แถว ช่องบริการ 1 ช่อง ..... 13
2.8 แถวคอย 1 แถว ช่องบริการหลายช่อง ..... 14
2.9 แถวคอยหลายแถว ช่องบริการ 1 ช่อง ..... 14
2.10 แถวคอย 1 แถว ช่องบริการ 1 ช่องมีหลายขั้นตอน ..... 14
2.11 แถวคอย 1 แถว ให้บริการหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีหลายช่องบริการ ..... 15
2.12 เส้นละติจูด ..... 17
2.13 เส้นลองจิจูด ..... 18
2.14 ตัวอย่างการระบุพิกัดป้ายจุดจอดภายใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ..... 19
2.15 ตัวอย่างการนับจำนวนยานพาหนะโดยการตรวจจับวัตถุด้วย YOLO ..... 20
2.16 กราฟแสดงจำนวนของผู้โดยสารในการขึ้น – ลงรถ ..... 21
2.17 ตารางแสดงค่าเวลาตัวอย่างที่คนใช้ขึ้นและลงรถ ..... 21
2.18 ผลการทดลองการลดเวลารอคอย ..... 22
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน ..... 24
4.1 เส้นทางการเดินรถทั้ง 6 เส้นทาง ..... 28
4.2 เส้นทางสายสีเขียว ..... 29
4.3 เส้นทางสายสีม่วง ..... 29
4.4 เส้นทางสายสีส้ม ..... 30
4.5 เส้นทางสายสีน้ำเงิน ..... 30

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**


4.6 เส้นทางสายสีเหลือง ..... 31
4.7 เส้นทางสายสีแดง ..... 31
4.8 ตารางเดินรถสายสีเขียว ..... 35
4.9 ตารางเดินรถสายสีม่วง ..... 36
4.10 ตารางเดินรถสายสีส้ม ..... 36
4.11 ตารางเดินรถสายสีส้ม ..... 37
4.12 ตารางเดินรถสายสีเหลือง ..... 37
4.13 ตารางเดินรถสายสีแดง ..... 38
4.14 ระดับความพึงพอใจของนักศึกษาในช่วงเริ่มต้นการใช้งานระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย ..... 39
4.15 จำนวนการแตะบัตรเพื่อใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย ..... 40
4.16 เวลาที่รถโดยสารสายสีเขียวใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์ ..... 42
4.17 เวลาที่รถโดยสารสายสีม่วงใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์ ..... 42
4.18 เวลาที่รถโดยสารสายสีส้มใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์ ..... 43
4.19 เวลาที่รถโดยสารสายสีน้ำเงินใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์ ..... 43
4.20 เวลาที่รถโดยสารสายสีเหลืองใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์ ..... 44
4.21 เวลาที่รถโดยสารสายสีแดงใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์ ..... 45
4.22 แผนผังแสดงการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร (ETA) ..... 46
4.23 เวลาทั้งหมดที่รถโดยสารใช้ในการเดินทางของแต่ละเส้นทางก่อนปรับพารามิเตอร์ ..... 47
4.24 บริเวณการเก็บข้อมูลและการนับจำนวนปริมาณการจราจร ..... 48
4.25 เวลาที่รถโดยสารสายสีเขียวใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์ ..... 52
4.26 เวลาที่รถโดยสารสายสีม่วงใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์ ..... 52
4.27 เวลาที่รถโดยสารสายสีส้มใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์ ..... 53
4.28 เวลาที่รถโดยสารสายสีน้ำเงินใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์ ..... 53
4.29 เวลาที่รถโดยสารสายสีเหลืองใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์ ..... 54

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

4.30 เวลาที่รถโดยสารสายสีแดงใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์ ..... 55
4.31 เวลาทั้งหมดที่รถโดยสารใช้ในการเดินทางของแต่ละเส้นทางหลังปรับพารามิเตอร์ ..... 56
4.32 ตำแหน่งสำหรับการเก็บข้อมูลบนตัวรถโดยสาร ..... 57
4.33 ตัวอย่างตารางการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางของรถและผู้โดยสาร ..... 58
4.34 เวลาที่รถโดยสารสายสีเขียวใช้ในการเดินทางจากการวัดจริง ..... 58
4.35 เวลาที่รถโดยสารสายสีม่วงใช้ในการเดินทางจากการวัดจริง ..... 59
4.36 เวลาที่รถโดยสารสายสีน้ำเงินใช้ในการเดินทางจากการวัดจริง ..... 59
4.37 เวลาที่รถโดยสารสายสีเหลืองใช้ในการเดินทางจากการวัดจริง ..... 60
4.38 เวลาที่รถโดยสารสายสีแดงใช้ในการเดินทางจากการวัดจริง ..... 61
4.39 เวลาทั้งหมดที่รถโดยสารใช้ในการเดินทางของแต่ละเส้นทางจากการวัดจริง ..... 62
4.40 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีเขียว ..... 63
4.41 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีเขียว ..... 64
4.42 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีเขียว ..... 64
4.43 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีม่วง ..... 65
4.44 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีม่วง ..... 65
4.45 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีม่วง ..... 66
4.46 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีส้ม ..... 67

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

4.47 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีน้ำเงิน ....68
4.48 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีน้ำเงิน ....68
4.49 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีน้ำเงิน ....69
4.50 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีเหลือง ....69
4.51 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีเหลือง ....70
4.52 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีเหลือง ....70
4.53 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีแดง ....71
4.54 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีแดง ....72
4.55 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีแดง ....73
4.56 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ทุกเส้นทาง ....74
4.57 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ทุกเส้นทาง ....75
4.58 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ทุกเส้นทาง ....76
4.59 เวลาที่ผู้โดยสารใช้ขึ้น-ลงรถโดยสาร ....77
4.60 ผลสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ ....78

# บทที่ 1
# บทนำ

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงความเป็นมา และมูลเหตุจูงใจ สำหรับการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งประกอบด้วย ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ แนวทางการดำเนินวิทยานิพนธ์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และองค์ประกอบของวิทยานิพนธ์

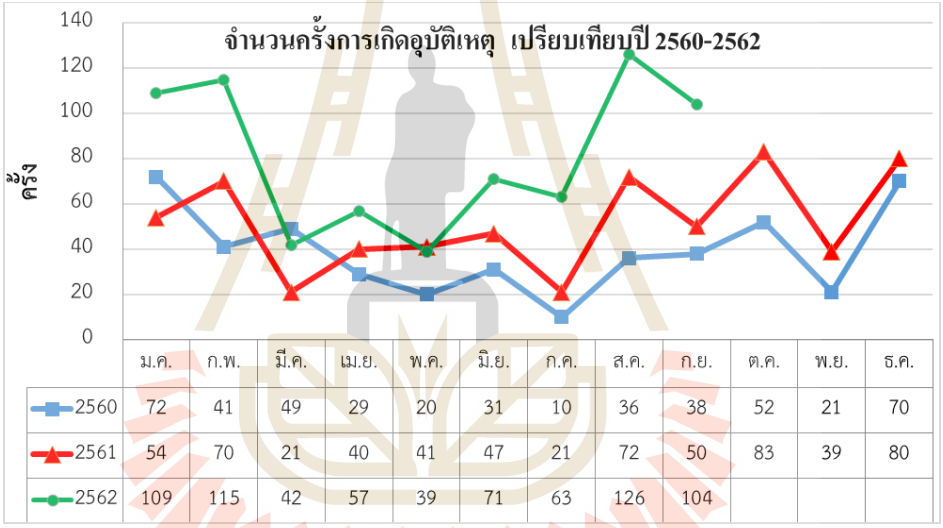
## 1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชากรในชุมชนเมืองที่มีขนาดใหญ่ มีจำนวนประชากรเป็นจำนวนมาก หากชุมชนที่ไม่มีระบบขนส่งมวลชนที่ดีส่งผลกระทบให้เกิดการใช้ยานพาหนะส่วนตัวเป็นจำนวนมาก ซึ่งเพิ่มโอกาสการเกิดอุบัติเหตุบนถนนของชุมชนนั้นๆ[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีนับเป็นชุมชนขนาดใหญ่ ตั้งอยู่บนพื้นที่กว่า 7,000 ไร่ ซึ่งมีกลุ่มอาคารที่กระจายตัวตามพื้นที่ต่างๆ อย่างเด่นชัด ได้แก่ กลุ่มอาคารทำการเรียนการสอน กลุ่มอาคารสำนักงาน กลุ่มอาคารหอพักนักศึกษา กลุ่มอาคารบ้านพักบุคลากร กลุ่มอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย แต่ละกลุ่มอาคารมีระยะห่างกันพอสมควร โดยเฉพาะกลุ่มอาคารหอพักนักศึกษา และ กลุ่มอาคารทำการเรียนการสอน การเดินทางจากกลุ่มอาคารดังกล่าวมีการจัดสวัสดิการบริการนักศึกษา โดยมหาวิทยาลัยจัดระบบขนส่งมวลชนให้บริการแก่นักศึกษา อย่างไรก็ตาม พบว่านักศึกษากว่า 80% ใช้ยานพาหนะส่วนตัวสำหรับการเดินทางจากกลุ่มอาคารหอพักนักศึกษาเพื่อเดินทางไปยังกลุ่มอาคารทำการเรียนการสอน เนื่องด้วยระบบขนส่งมวลชนที่ให้บริการยังไม่ตอบโจทย์ความต้องการของนักศึกษา ด้วยเหตุดังกล่าว จำนวนยานพาหนะส่วนบุคคลในมหาวิทยาลัยโดยเฉพาะรถจักรยานยนต์จึงเพิ่มจำนวนขึ้นเป็นอย่างมาก และการเกิดอุบัติเหตุจึงเพิ่มสูงขึ้น ดังรูปที่ 1.1

ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะที่มีความน่าเชื่อถือด้านเวลา การเดินรถที่ตรงเวลา เพื่อให้สามารถบริหารจัดการเวลาในการเดินทางไปยังกลุ่มอาคารทำการเรียนการสอนได้ นอกจากการบริการที่ตรงต่อเวลาแล้ว การจัดบริการระบบขนส่งมวลชนให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด จำเป็นต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ ความครอบคลุมของการให้บริการซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการจัดทำข้อมูลประกอบทั้งทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อแก้ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุภายในมหาวิทยาลัยอย่างยั่งยืน

นำเทคโนโลยีในระบบขนส่งอัจฉริยะมาใช้เป็นเครื่องมือประกอบเพื่อประโยชน์ในการออกแบบระบบขนส่งมวลชนให้ตอบสนองต่อความต้องการใช้งานของนักศึกษามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

การประมาณเวลาการมาถึงจุดป้ายจอดของรถโดยสาร กล่าวคือ เวลาที่รถโดยสารใช้เดินทางจากจุดจอดหนึ่ง ไปยังอีกจุดจอดหนึ่ง เวลาการมาถึงของรถโดยสารนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สภาพอากาศ อุบัติเหตุ ความแออัดของการจราจร จำนวนผู้โดยสาร เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการมาถึงจุดจอดตามตารางเวลาที่กำหนดไว้ของรถโดยสาร เวลาการมาถึงจุดจอดของรถโดยสาร[2] นั้นมีความสำคัญต่อการควบคุมระบบการเดินรถโดยสาร และเป็นสิ่งจำเป็นต่อการใช้บริการของผู้โดยสาร ซึ่งทำให้ผู้โดยสารสามารถวางแผนเกี่ยวกับเวลาในชีวิตประจำวันได้ และสนใจเลือกใช้บริการขนส่งมวลชนแทนการใช้ยานพาหนะส่วนตัวมากขึ้น




| | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2560 | 72 | 41 | 49 | 29 | 20 | 31 | 10 | 36 | 38 | 52 | 21 | 70 |
| 2561 | 54 | 70 | 21 | 40 | 41 | 47 | 21 | 72 | 50 | 83 | 39 | 80 |
| 2562 | 109 | 115 | 42 | 57 | 39 | 71 | 63 | 126 | 104 | | | |

รูปที่ 1.1 สถิติการเกิดอุบัติเหตุภายใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการประมาณเวลามาถึงป้ายจุดจอดของรถโดยสาร ภายในหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยใช้ระบบขนส่งอัจฉริยะ (ITS)

1.2.2 นำเสนอแบบจำลองการประมาณเวลามาถึงป้ายจุดจอดของรถโดยสาร ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยใช้ระบบขนส่งอัจฉริยะ (ITS)

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อการประมาณเวลามาถึงป้ายจุดจอดของรถโดยสาร ประกอบด้วย

1. จำนวนคนขึ้น-ลง
2. ความผิดพลาดจากความคลาดเคลื่อนของระบบ GPS
3. จำนวนแยก
4. ปริมาณการจราจร

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 สร้างแบบจำลองการประมาณการมาถึงป้ายจุดจอด ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.4.2 ศึกษาการจัดระบบขนส่งมวลชน ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.4.3 สภาพการจราจรบนถนนในเส้นทางการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1.5.1 แนวทางการดำเนินงาน

1.5.1.1 สำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

1.5.1.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประมาณการเวลามาถึง

1.5.1.3 จำลองผลการประมาณเวลา

1.5.1.4 สำรวจและเก็บบันทึกข้อมูลจริง

1.5.1.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบ ผลการจำลอง ผลการวัดจริง และตารางเวลาเดินรถ

1.5.2 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องวิจัยและปฏิบัติการสื่อสารโทรคมนาคม อาคารเครื่องมือ 11 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

1.5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.5.3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

1.5.3.2 โปรแกรม MATLAB 2020a

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ลดปัญหาการเกิดอุบัติเหตุบนถนนภายในมหาวิทยาลัย โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบขนส่งมวลชนภายในมหาวิทยาลัยร่วมกับระบบขนส่งอัจฉริยะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# บทที่ 2
# ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบขนส่งสาธารณะ ระบบขนส่งอัจฉริยะโดยใช้ประโยชน์จาก Vehicle-to-Network (V2N) ทฤษฎีแถวคอยโดยมีการปรับใช้ทฤษฎีแถวคอยแบบ M/M/1 เข้ากับสภาพการจราจร การประมาณเวลามาถึงของรถโดยสาร การคำนวณระยะทาง การตรวจจับวัตถุเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการนับจำนวนและแยกประเภทของยานพาหนะ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 2.1 ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ (Public Transportation System)

ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ[3]เป็นระบบที่ได้รับการพัฒนามาหลายยุคหลายสมัย โดยเริ่มต้นจากชาวโรมัน ใช้รถบรรทุกในการรับจ้างขนส่งผู้คนและสัมภาระตามรายทาง มีการกำหนดจุดจอดทุกๆ 5-6 ไมล์ จากนั้นมีการใช้รถโค้ช ให้บริการรับส่งผู้คน มีการจัดบริการที่สม่ำเสมอ มีการสร้างตารางเวลาเดินรถ เพื่อให้บริการผู้คนที่ต้องการเดินทางระหว่างเมือง ทั้งนี้ ข้อจำกัดด้านสภาพถนน ส่งผลให้มีความคลาดเคลื่อนในการเดินรถตารางเวลา การเดินรถเป็นไปอย่างล่าช้า ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งาน ที่ยังไม่ได้รับความสะดวกในการเดินทางเท่าที่ควร อย่างไรก็ตามระบบขนส่งสาธารณะยังเป็นระบบที่จำเป็นจะต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อประโยชน์ในการเดินทางของผู้คน หากระบบขนส่งมวลชนมีการพัฒนาให้การเดินรถสามารถให้บริการได้ตามตารางเวลาที่ไม่คลาดเคลื่อน จำนวนผู้ใช้ระบบขนส่งมวลชนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้จำนวนยานพาหนะส่วนบุคคลบนถนนลดลง โอกาสการเกิดอุบัติเหตุบนถนนลดลง นับเป็นปัจจัยสำคัญในการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน

### 2.1.1 การจำแนกประเภทระบบขนส่งสาธารณะตามประเภทของบริการ

เป็นการจำแนกโดยพิจารณาจากประเภทของผู้ให้และผู้ใช้บริการ สามารถแบ่งระบบขนส่งสาธารณะออกได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ การขนส่งส่วนบุคคล การขนส่งผู้โดยสารแบบรับจ้าง การขนส่งผู้โดยสารด้วยบริการสาธารณะ และระบบขนส่งสาธารณะเขตเมือง

#### 2.1.1.1 การขนส่งส่วนบุคคล (Private Transportation)

เป็นการขนส่งที่ผู้ครอบครองยานพาหนะเป็นผู้ใช้พาหนะนั้นในการเดินทางด้วยตัวเอง มักใช้ในการเดินทางบนเส้นทางสาธารณะและถนนที่จัดไว้ให้สำหรับการสัญจร

รูปแบบยานพาหนะที่จัดอยู่ในการขนส่งประเภทนี้ได้แก่รถยนต์ส่วนบุคคล นอกจากนี้ยังรวมไปถึงรถจักรยานยนต์ รถจักรยาน และการเดินทางด้วยการเดิน

**2.1.1.2 การขนส่งผู้โดยสารแบบรับจ้าง (For-hire Urban Passenger Transportation)**

การขนส่งในกลุ่มนี้ มักถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ขนส่งกึ่งสาธารณะ (Paratransit) เป็นการขนส่งเพื่อให้บริการกับผู้โดยสารทั่วไป โดยผู้โดยสารและผู้ให้บริการ จะทำการตกลงราคาค่าบริการ ล่วงหน้าก่อนใช้บริการ รูปแบบการขนส่งดังกล่าวมักจะไม่มีการระบุเส้นทางและตารางการให้บริการที่แน่นอน สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของผู้ใช้บริการแต่ละคน รูปแบบการขนส่งที่จัดอยู่ในเกณฑ์ดังกล่าวได้แก่ แท็กซี่ ตุ๊กตุ๊ก และมอเตอร์ไซค์รับจ้าง เป็นต้น ซึ่งการขนส่งในกลุ่มนี้จึงถือได้ว่าเป็นรูปแบบการเดินทางที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้โดยสาร

**2.1.1.3 การขนส่งผู้โดยสารด้วยบริการสาธารณะ (Common-carrier Urban Passenger Transportation)**

เป็นรูปแบบการขนส่งที่รู้จักกันในชื่อของ ระบบขนส่งมวลชน (Mass Transportation) เป็นระบบขนส่งที่มีการกำหนดเส้นทางและตารางเวลาของการให้บริการเป็นที่แน่นอนไว้แล้วล่วงหน้า ผู้ใช้บริการต้องชำระค่าโดยสารตามที่กำหนดไว้ ระบบขนส่งที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ รถโดยสารประจำทาง รถราง รถรางด่วน เป็นต้น

**2.1.1.4 ระบบขนส่งสาธารณะเขตเมือง (Urban Public Transportation)**

คือ การขนส่งที่รวมทั้งระบบขนส่งแบบ ขนส่งมวลชน (Mass transit) และ ขนส่งกึ่งสาธารณะ (Paratransit) เข้าเป็นกลุ่มเดียวกันโดยพิจารณาว่าทั้ง 2 รูปแบบต่างก็เป็นการขนส่งสาธารณะเหมือนกัน

**2.1.2 การจำแนกประเภทของการให้บริการ (Type of Services)**

การจำแนกประเภทการให้บริการของระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ แบ่งเป็น 3 ประเภทได้แก่

1. การให้บริการที่กำหนดตามเขตเส้นทางการให้บริการ (Type of routes and trips served) แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

   - การขนส่งระยะสั้น (Short-haul transit)
   - การขนส่งในเขตเมือง (City transit)
   - การขนส่งนอกเขตเมือง (Regional transit)

2. บริการที่กำหนดตามตารางเดินรถและการหยุดรับส่งผู้โดยสาร (Stopping schedule) แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่
   - บริการระดับท้องถิ่น (Local service)
   - บริการแบบเร่งด่วน (Accelerated service)
   - บริการแบบพิเศษ (Express service)
3. การให้บริการที่กำหนดตามช่วงเวลาการให้บริการ (Time of operation) แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่
   - การให้บริการตลอดวัน (All-day services)
   - การให้บริการในชั่วโมงเร่งด่วน (Peak-hour service หรือ Commuter transit)
   - การให้บริการแบบเฉพาะกิจ (Irregular service)

เมื่อพิจารณาถึงบริบทของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่า ประเภทของระบบขนส่งสาธารณะ เป็นประเภทการขนส่งผู้โดยสารด้วยบริการสาธารณะ ไม่มีค่าใช้จ่าย และประเภทของการให้บริการ เป็นประเภทการให้บริการที่กำหนดตามช่วงเวลาการให้บริการ เนื่องด้วยจำนวนรถที่มีจำกัดจำนวน 8 คัน ซึ่งต้องมีการบริหารจัดการให้เกิดประโยชน์สูงสุด และตอบสนองต่อความต้องการในการเดินทางของนักศึกษา

### 2.1.3 องค์ประกอบของระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ

ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายส่วนที่สำคัญ การขาดส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่ง ส่งผลกระทบต่อการให้บริการ ดังนั้น เพื่อให้เข้าใจภาพรวมและส่วนประกอบของระบบ เนื้อหาในส่วนนี้จึงเป็นการอธิบายถึงส่วนประกอบต่างๆของระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ

#### 2.1.3.1 ยานพาหนะหรือรถ (Vehicles or cars)

ยานพาหนะหรือตัวรถเมื่อนำมาใช้กับระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ จะมีการเรียกรวมว่า

- Fleet เมื่อใช้กับรถโดยสาร (Buses)
- Rolling stock เมื่อใช้กับรถราง (Rail vehicles)

ในที่นี้มีการเน้นเฉพาะยานพาหนะที่เป็นรถโดยสาร โดยกรมการขนส่งทางบกแบ่งประเภทของรถโดยสารแบบมาตรฐาน ซึ่งเป็นรถโดยสารชั้นเดียว เป็นดังรูปที่ 2.1 สามารถจุผู้โดยสารได้ 40-45 ที่นั่ง ความยาวของตัวรถเฉลี่ย 10-12 เมตร นอกจากนี้ยังมีรถโดยสารอีกประเภทคือประเภทรถโดยสาร 2 ชั้น ดังรูปที่ 2.2 สามารถจุผู้โดยสารได้มากกว่ารถโดยสารชั้น

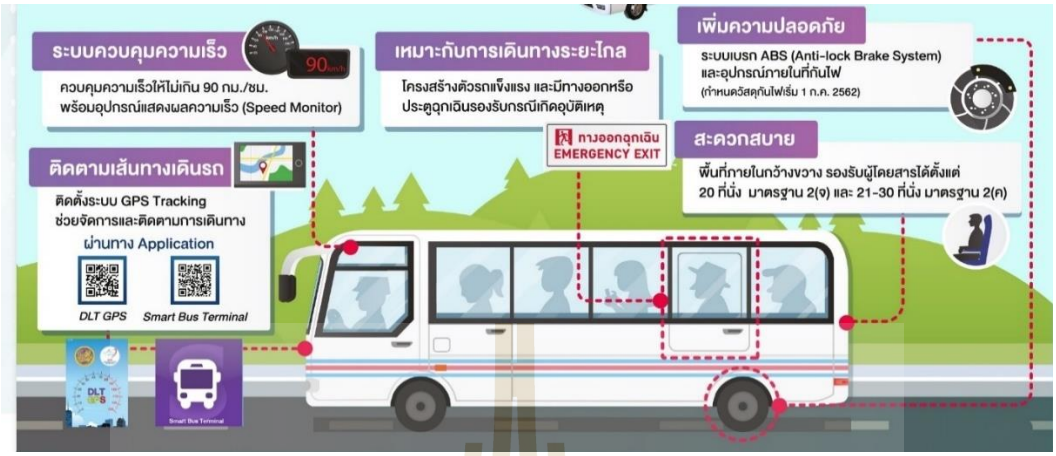
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เดียว แต่ด้วยความสูงของตัวรถจึงได้มีการปรับปรุงด้านความปลอดภัย โดยลดขนาดความสูงของรถ และมีการทยอยเปลี่ยนเป็นรถโดยสารชั้นเดียว แต่มีความยาวของตัวรถเพิ่มขึ้น

รูปที่ 2.1 ประเภทของรถโดยสารแบบมาตรฐาน

รูปที่ 2.2 รถโดยสาร 2 ชั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี




รูปที่ 2.3 รถโดยสารขนาดเล็ก

นอกจากรถโดยสารมาตรฐานแล้ว การให้บริการด้วยระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ ยังประกอบด้วยการให้บริการด้วยรถโดยสารขนาดเล็ก ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งเป็นการปรับปรุงประเภทรถจากเดิมที่มีการใช้เพื่อขนส่งผู้โดยสารระหว่างเมือง จากรถตู้โดยสารเป็นรถโดยสารขนาดเล็ก เพื่อประโยชน์ด้านความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่า รถโดยสารทั้งแบบชั้นเดียวและสองชั้น ล้วนเหมาะกับการอำนวยความสะดวกในการเดินทางไกลข้ามจังหวัด หรือการเดินทางระหว่างเมือง เมื่อพิจารณาถึงบริบทของในเมือง การขนส่งผู้คนจำนวนมากในระยะทางสั้นๆ ด้วยตัวรถประเภทดังกล่าวจึงไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงและพัฒนารถโดยสารแบบชานต่ำ (Low floor) เพื่อประโยชน์ในการขนส่งผู้โดยสารปริมาณมากๆ ในระยะทางสั้นๆ ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 รถโดยสารแบบชานต่ำ (Low Floor)

**2.1.3.2 ทางเส้นทางการเดินทางหรือขอบเขตทาง (Ways, Travel ways or Right-of-way)**

ถนนสำหรับระบบขนส่งสาธารณะ หรือช่องทางของรถโดยสารในที่นี้หมายถึงถนนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**2.1.3.3 สถานที่เข้ารับบริการ (Transit stop facilities)**

แบ่งออกเป็นหลายประเภท ได้แก่

- ป้ายหยุดรถ (Bus stop) คือ ตำแหน่งที่กำหนดไว้สำหรับหยุดรับ-ส่งผู้โดยสารตลอดแนวเส้นทางให้บริการ

- สถานี (Station) คือ อาคารที่ปลูกสร้างไว้เพื่อรองรับการใช้บริการของผู้โดยสารและการดำเนินงานต่างๆ ของระบบขนส่ง

- ท่าเทียบรถ (Terminals) คือ สถานีสุดท้ายของเส้นทางขนส่งและเป็นจุดที่ผู้โดยสารใช้เป็นสถานที่สำหรับเปลี่ยนเส้นทางการเดินทาง

- สถานีเปลี่ยนถ่ายผู้โดยสาร (Multimodal transfer stations) คือ สถานีสำหรับการเปลี่ยนถ่ายผู้โดยสารระหว่างระบบขนส่งรูปแบบต่างๆ

**2.1.3.4 โรงเก็บยานพาหนะและโรงซ่อมบำรุง**

อู่พักรถโดยสารและรางพักรถราง (Bus garages or Depot and rail yards) คือ อาคารหรือพื้นที่สำหรับให้ยานพาหนะเข้าจอดหลังการให้บริการ โรงซ่อมบำรุง (Shops) คือ สถานที่สำหรับบำรุงรักษา และซ่อมแซมยานพาหนะ

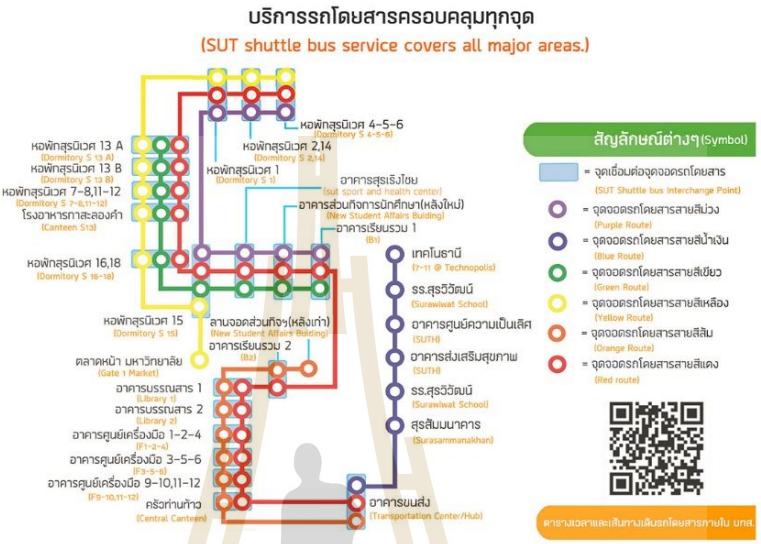
**2.1.3.5 ระบบที่เกี่ยวข้อง (Relevant systems)**

ระบบควบคุม (Control systems) ประกอบด้วย ระบบติดตามยานพาหนะ ระบบสื่อสาร และอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร รวมถึงศูนย์ควบคุม และระบบพลังงานสำรอง เป็นต้น

**2.1.3.6 สายการเดินรถหรือเส้นทางให้บริการ (Transit lines or Transit routes)**

องค์ประกอบหลักที่ขาดไม่ได้อีกสิ่งหนึ่งของระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ คือ เส้นทางเดินรถ การออกแบบเส้นทางเดินรถที่ดีจำเป็นจะต้องมีการสำรวจความต้องการใช้งาน ปริมาณผู้ใช้งาน จุดจอด จุดรับ-ส่งผู้โดยสารที่สอดคล้องกับความต้องการใช้งาน

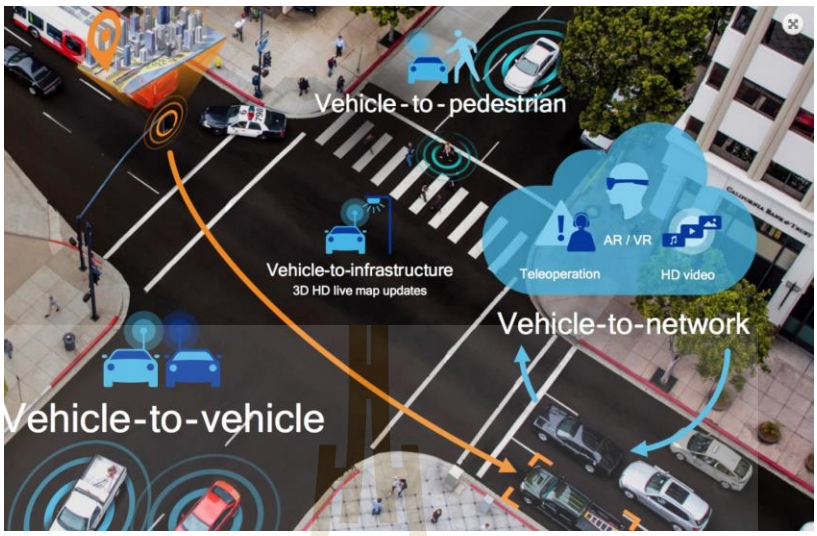
ตลอดจนการพิจารณาถึงวิถีชีวิตของผู้โดยสารในชุมชนเมืองนั้นๆ รูปที่ 2.5 แสดงถึงเส้นทางการเดินรถรวมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว




รูปที่ 2.5 ภาพรวมเส้นทางเดินรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 2.2 ระบบขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent Transport System)

ระบบขนส่งอัจฉริยะ [4] ระบบที่มีการใช้เทคโนโลยีด้านการคำนวณ เทคโนโลยีสารสนเทศ และเทคโนโลยีการสื่อสารมาใช้กับการจัดการจราจรและการขนส่งที่สอดคล้องกับเวลาจริง (Real Time) มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มความปลอดภัยในการเดินทาง การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการจราจร มี ความสะดวกรวดเร็วในการเดินทางและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยการผสานใน สามสิ่งพื้นฐานเข้าด้วยกัน ได้แก่ คน ถนน และรถยนต์ ส่วนองค์ประกอบสำคัญของ ITS ที่เรียกว่า Vehicle-to-Everything (V2X) รองรับรูปแบบการเชื่อมต่อที่หลากหลายรูปแบบเช่น Vehicle-to-Vehicle (V2V) Vehicle-to-Infrastructure (V2I) Vehicle-to-Pedestrian (V2P) และ Vehicle-to-Network (V2N) ดังรูปที่ 2.6




รูปที่ 2.6 รูปแบบการเชื่อมต่อของการสื่อสาร

ที่มา: https://www.adslthailand.com/post/7735

## 2.3 ทฤษฎีแถวคอย

ในชีวิตประจำวันการรอคอยเป็นเหตุการณ์ที่พบเห็นได้ทั่วไป เช่น การเข้าจ่ายเงินที่ร้านสะดวกซื้อ การเข้าแถวรอรับยาจากโรงพยาบาล การนำรถเข้าแถวเติมน้ำมันที่สถานีบริการ เป็นต้น ซึ่งแถวคอยที่เกิดขึ้นนั้น มีหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น อัตราการมารับบริการของผู้รับบริการหรือลูกค้า อัตราการให้บริการของผู้ให้บริการ และ รูปแบบของแถวคอย

### 2.3.1 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบแถวคอย

ระบบแถวคอยประกอบด้วย องค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ลูกค้าหรือผู้รับบริการ แถวคอย และช่องให้บริการหรือผู้ให้บริการ

#### 2.3.1.1 อัตราการมาใช้บริการ

อัตราการใช้บริการ หมายถึง จำนวนผู้ใช้บริการหรือลูกค้าที่ช่องบริการมักจะแสดงในรูปแบบของอัตราการเข้าใช้บริการโดยเฉลี่ยในหนึ่งหน่วยเวลา เช่น ผู้โดยสารมาใช้บริการขนส่งสาธารณะในอัตราเฉลี่ย 20 คนต่อชั่วโมง เป็นต้น โดยมีรูปแบบการแจกแจงการเข้ามารับบริการ แบ่งออกเป็น

1. การเข้ามาเป็นกลุ่มใหญ่ มีช่วงเวลาแน่นอนบ้างไม่แน่นอนบ้าง เช่น กลุ่มนักศึกษามาใช้บริการรถโดยสารเพื่อไปเรียน

2. การเข้ามาใช้บริการอย่างสม่ำเสมอ เช่น สายการผลิตเครื่องดื่ม มีสินค้าไปส่งที่ร้านสะดวกซื้ออย่างสม่ำเสมอ
3. การมาถึงอย่างไม่เป็นระเบียบหรือแบบสุ่ม เช่น รถยนต์ที่มาถึงด่านเก็บค่าธรรมเนียมทางด่วน

**2.3.1.2 อัตราการให้บริการ**

อัตราการให้บริการ หมายถึงจำนวนผู้รับบริการที่ช่องบริการหรือผู้ให้บริการสามารถบริการแก่ผู้มารับบริการหรือลูกค้าได้ มักจะแสดงเป็นอัตราการให้บริการต่อหนึ่งหน่วยเวลา เช่น พนักงานร้านสะดวกซื้อสามารถคิดเงินลูกค้าได้ 3 คนต่อนาที เป็นต้น โดยมีรูปแบบการแจกแจงการให้บริการ แบ่งออกเป็น

1. การให้บริการอย่างสม่ำเสมอ เช่น เครื่องปริ้นสามารถปริ้นได้ 100 แผ่นต่อนาที
2. การให้บริการอย่างไม่เป็นระเบียบหรือแบบสุ่ม และมีระเบียบการให้บริการแบ่งออกเป็น
   1. ลูกค้าที่มาก่อนได้รับบริการก่อน
   2. ลูกค้าที่มาทีหลังได้รับบริการก่อน
   3. ลูกค้ามีความจำเป็นมากกว่าได้รับบริการก่อน

**2.3.1.3 แถวคอย**

แถวคอยจะเกิดขึ้นเมื่อมีอัตราการเข้ามาของผู้มาใช้บริการหรือลูกค้ามากกว่าอัตราของผู้ให้บริการหรือช่องบริการ กัลยา วินิชย์บัญชา [5] ได้กำหนดรูปแบบของระบบแถวคอยไว้ดังนี้

1. ระบบแถวคอย 1 แถวมีขั้นตอนเดียว และมีช่องบริการ 1 หน่วย (Single Channel-Single-Phase System) เป็นระบบที่มีขั้นตอนเดียวในการให้บริการ และมีช่องให้บริการ 1 หน่วย

รูปที่ 2.7 แถวคอย 1 แถว ช่องบริการ 1 ช่อง

2. ระบบแถวคอย 1 แถวมีขั้นตอนเดียว แต่มีช่องให้บริการหลายหน่วย โดยแต่ละหน่วยทำหน้าที่อย่างเดียวกัน (Multichannel and Single-

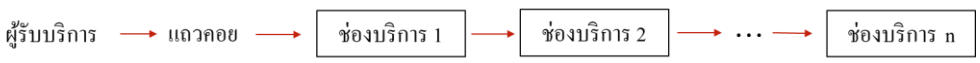
Phase System) เป็นระบบ ที่มีขั้นตอนในการให้บริการขั้นตอนเดียว มีแถวคอยแถวเดียวแต่มีช่องให้บริการหลายหน่วย ลูกค้าจากแถวคอยจะเข้าไปใช้บริการจากหน่วยที่ว่าง

รูปที่ 2.8 แถวคอย 1 แถว ช่องบริการหลายช่อง

3. ระบบแถวคอยมีหลายแถว มีขั้นตอนเดียว และมีช่องให้บริการหลายหน่วย (Multiple – Channel-Single – Phase System) เป็นระบบที่มีขั้นตอนในการให้บริการขั้นตอนเดียว แต่มีแถวคอยหลายแถว

รูปที่ 2.9 แถวคอยหลายแถว ช่องบริการ 1 ช่อง

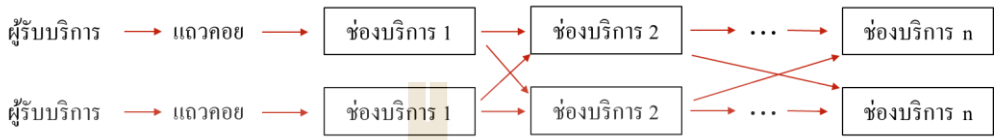
4. ระบบแถวคอย แถว มีหลายขั้นตอน และในแต่ละขั้นตอนมีหน่วย 1 บริการจากหลายช่องให้บริการ




รูปที่ 2.10 แถวคอย 1 แถว ช่องบริการ 1 ช่องมีหลายขั้นตอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. ระบบแถวคอยหลายแถวคอย มีหลายขั้นตอน แต่ในแต่ละขั้นตอนมีช่องให้บริการหลายหน่วย (Multiple-Channel-Multiple-Phase System) ระบบนี้ลูกค้าต้องผ่านการรับบริการจากหลายขั้นตอน




รูปที่ 2.11 แถวคอย 1 แถว ให้บริการหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีหลายช่องบริการ

### 2.3.2 หลักการเบื้องต้นของทฤษฎีแถวคอย

ทฤษฎีแถวคอยอาศัยหลักกฎเกณฑ์ของทฤษฎีความน่าจะเป็น[6] โดยมีองค์ประกอบในการพิจารณาเกี่ยวกับเรื่องนี้คือ

1. คุณลักษณะรูปแบบการเข้ามาใช้บริการ ประกอบด้วย
   - อัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการ
   - รูปแบบของการกระจายตัวทางสถิติของช่วงเวลาระหว่างมาใช้บริการ
2. คุณลักษณะของการให้บริการ ประกอบด้วย
   - ระยะเวลาเฉลี่ยของการให้บริการลูกค้า และรูปแบบการกระจายตัวทางสถิติของช่วงเวลาให้บริการ
   - จำนวนลูกค้าที่สามารถให้บริการได้ในเวลาเดียวกัน หรือจำนวนช่องบริการที่มี

ได้มีการใช้สัญลักษณ์ a/b/c เพื่อแทนรูปแบบของแถวคอย

โดยที่ a แทนรูปแบบการกระจายของช่วงเวลาระหว่างการมาใช้บริการ

b แทนรูปแบบการกระจายของระยะเวลาให้บริการ

c แทนจำนวนช่องบริการ

สัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับ a และ b คือ

M แทนการกระจายตัวแบบสุ่ม ของระยะเวลาในการให้บริการ หรือช่วงระยะเวลาการใช้การบริการ

D แทนการกระจายตัวแบบคงที่ ของระยะเวลาในการให้บริการ หรือช่วงระยะเวลาการใช้การบริการ

G แทนการกระจายตัวแบบทั่วไป ของระยะเวลาในการให้บริการ

GI แทนการกระจายตัวแบบทั่วไป ของช่วงระยะเวลาการใช้การบริการ

$E_k$ แทนการกระจายตัวแบบเออร์แลง (Erlang) ของระยะเวลาในการให้บริการ หรือช่วงระยะเวลาการใช้การบริการ

### 2.3.3 ความล่าช้าในระบบแถวคอยแบบ M/M/1

เมื่อพิจารณาระบบแถวคอยแบบ M/M/1 คือ เป็นระบบแถวคอยแบบช่องบริการเพียงช่องเดียว การมาใช้บริการเป็นแบบ Poisson ซึ่งมีอัตราเฉลี่ยเป็น $\lambda$ คันต่อหน่วยเวลา ระยะเวลาในการให้บริการเป็นแบบ Exponential ด้วยอัตราเฉลี่ย $\mu$ คันต่อหน่วยเวลา ดังนั้นความล่าช้าในระบบแบบ M/M/1 คือ ระยะเวลาทั้งหมดที่อยู่ในระบบ คือ ผลรวมของเวลารอคอยเพื่อใช้บริการ และเวลาที่ใช้ในการรับบริการ จากสมการที่ 2.1

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} \tag{2.1}$$

โดยที่ $\lambda$ คือ อัตราการเข้ารับบริการโดยเฉลี่ย (คันต่อหน่วยเวลา)

$\mu$ คือ อัตราการให้บริการโดยเฉลี่ย (คันต่อหน่วยเวลา)

W คือ เวลาเฉลี่ยที่ลูกค้า 1 คันรอคอยอยู่ในระบบ (เวลา)

## 2.4 การประมาณเวลามาถึง (Estimated time of arrival)

การประมาณเวลาที่มาถึงของรถโดยสารได้รับความสำคัญมากขึ้นในการออกแบบการวางแผนการเดินทางของระบบขนส่งสาธารณะ ซึ่งในการประมาณเวลามาถึงของรถโดยสารมีปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้าในการประมาณเวลาหลายปัจจัยเช่น สภาพการจราจร สภาพอากาศ จำนวนผู้โดยสาร เป็นต้น

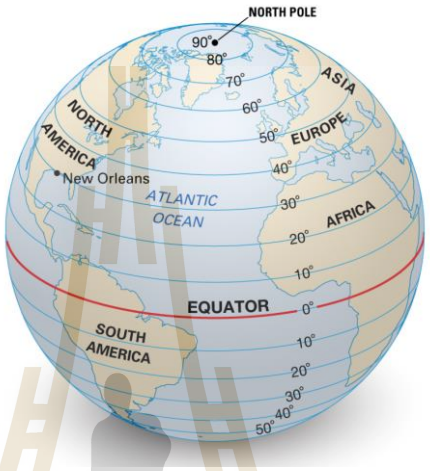
## 2.5 การคำนวณหาระยะทาง

การคำนวณหาระยะทางหรือระยะห่างระหว่างป้ายจุดจอด โดยใช้ประโยชน์จาก GPS

### 2.5.1 GPS (Global Positioning System)

GPS คือ ตำแหน่งพิกัดบนโลก [7] อ้างอิงได้ 2 ส่วนจาก

- ละติจูด (latitude) หรือเดิมเรียกว่า เส้นรุ้ง เป็นพิกัดที่ใช้บอกตำแหน่งบนพื้นโลก และแบ่งเขตสภาวะอากาศโดยวัดจากเส้นศูนย์สูตร แบ่งซีกโลกบนและซีกโลกล่างออกเป็น 90 องศา ดังรูป 2.12

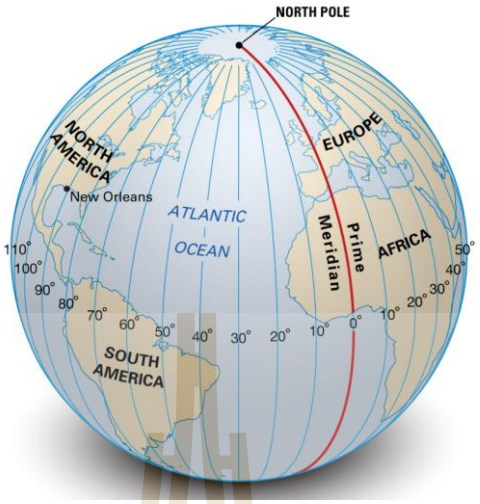



รูปที่ 2.12 เส้นละติจูด

ที่มา https://www.britannica.com/science/latitude

- ลองจิจูด (longitude) หรือเดิมเรียกว่า เส้นแวง เป็นพิกัดที่ใช้บอกตำแหน่งบนพื้นโลก และแบ่งเขตสภาวะอากาศโดยวัดจากเส้นศูนย์สูตร แบ่งซีกโลกตะวันออกและซีกโลกตะวันตกออกเป็น 180 องศา ดังรูป 2.13

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี




รูปที่ 2.13 เส้นลองจิจูด

ที่มา https://www.britannica.com/science/latitude

**2.5.1.1 ส่วนประกอบของ GPS**

แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ 1.ส่วนอวกาศ 2.ส่วนควบคุม 3.ส่วนผู้ใช้

1. ส่วนอวกาศ (Space Segment) ประกอบไปด้วยเครือข่ายดาวเทียม 3 ค่าย ได้แก่ อเมริกา ยุโรป และรัสเซีย
2. ส่วนควบคุม (Control Segment) สถานีตรวจสอบดูแลการทำงานของดาวเทียม เพื่อควบคุมดาวเทียมให้อยู่ในวงโคจรในตำแหน่งที่ถูกต้องในทิศทางตรงกันข้ามกับโลก สถานีเหล่านี้ทำหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียมและส่งข้อมูลไปยังเครื่องลูกข่าย GPS เพื่อบอกข้อมูลตำแหน่ง
3. ส่วนผู้ใช้(User Segment) ประกอบไปด้วยเครื่องรับสัญญาณ GPS หรือมือถือที่มีใช้กันทั่วไป โดยเครื่องรับสัญญาณ GPS มีหน้าที่คำนวณ ตรวจสอบ และถอดรหัสสัญญาณที่ได้จากดาวเทียม แล้วนำไปประมวลผลโดยโปรแกรม เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้ทราบถึงข้อมูล

**2.5.2 การหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด**

การคำนวณระยะห่างของตำแหน่งบนพื้นโลกระหว่างจุด 2 จุดซึ่งจำเป็นต้องใช้ทฤษฎีทางตรีโกณมิติมาช่วยในการคำนวณ หัวข้อนี้กล่าวถึงการคำนวณโดยใช้สมการ Haversine[8]

เป็นสมการในการหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุดดังสมการที่ 2.2 โดยใช้ละติจูด และลองจิจูด มาคำนวณหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด ซึ่งในงานวิจัยที่นำเสนอ จะนำข้อมูลชุดดังรูปที่ 2.14 มาใช้เป็นพิกัดในการคำนวณระยะห่างระหว่างป้ายจุดจอด

$$d = 2r \cdot \arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) + \cos(\varphi_1)\cdot\cos(\varphi_2)\cdot\sin^2\left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2}\right)}\right) \qquad (2.2)$$

โดยที่ d คือ ระยะทาง (เมตร)

r คือ รัศมีของโลก มีค่า 6,371 กิโลเมตร

$\varphi_1, \varphi_2$ คือ ละติจูดของจุดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

$\lambda_1, \lambda_2$ คือ ลองจิจูดของจุดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

| | | | |
|---|---|---|---|
| ตลาดหน้ามอ | Market | 14.883252 | 102.021909 |
| ครัวท่านท้าว | Canteen | 14.876496 | 102.02096 |
| สุรเริงไชย | Surarengchai | 14.886109 | 102.018938 |
| หอพักสุรนิเวศ 7-8,11-12 | Dormitory S 7-8,11-12 | 14.897655 | 102.010972 |
| หอพักสุรนิเวศ 13B | Dormitory S 13B | 14.898734 | 102.011948 |
| หอพักสุรนิเวศ 4-5-6 | Dormitory S 4-5-6 | 14.897244 | 102.014157 |
| หอพักสุรนิเวศ 1 | Dormitory S 1 | 14.894927 | 102.016227 |
| โรงพยาบาล มทส | SUT Hospital | 14.863724 | 102.03555 |
| อาคารศูนย์ความเป็นเลิศ | PDRC | 14.866685 | 102.037167 |
| อาคารขนส่ง มทส. | Transport Station | 14.877967 | 102.021376 |
| อาคารศูนย์เครื่องมือ 3-5-6 | F 3-5-6 | 14.876005 | 102.018158 |
| โรงเรียนสุรวิวัฒน์ | Surawiwat School | 14.874886 | 102.029496 |

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการระบุพิกัดป้ายจุดจอดภายใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

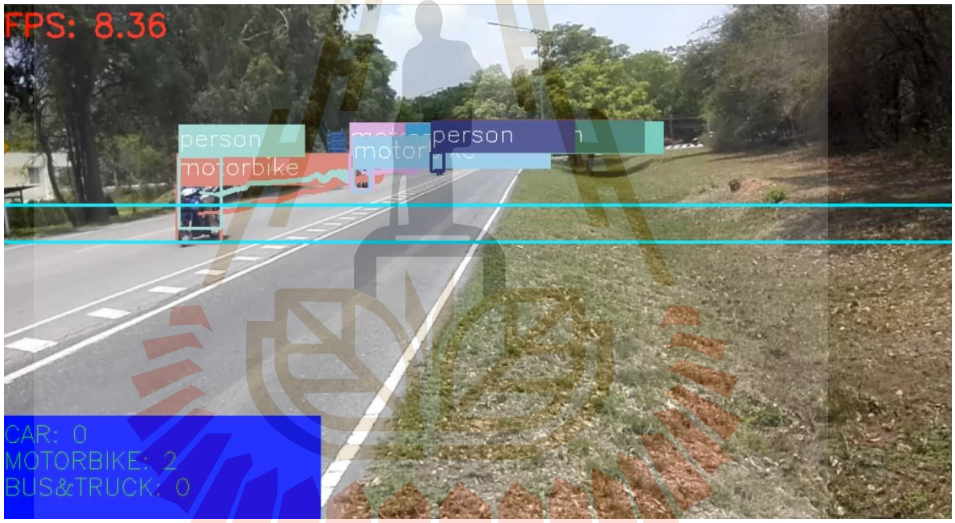
## 2.6 การตรวจจับวัตถุ (Objective Detection)

การตรวจจับวัตถุ[9] คือ หนึ่งในฟีเจอร์หลักของ AI (Artificial Intelligence) ที่ใช้กับกล้องสามารถค้นหาสิ่งของโดยใช้ AI มาวิเคราะห์ข้อมูล จากการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่อตรวจจับวัตถุที่อยู่ในรูปหรือวิดีโอ เช่น มนุษย์ สัตว์ สิ่งของ รถยนต์ และวัตถุอื่น ๆ ที่อยู่ในรูปภาพ หรือวิดีโอ การที่ให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถจำแนกวัตถุที่อยู่ในรูปภาพออกมาแล้วทำนายว่าวัตถุเป็น ประเภท(Class) อะไรต้องอาศัยหลักการของการจำแนกวัตถุ (Object classification) ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการทำงานได้

ดังนี้ Input Feature > Extractor > Classifier > Output Class นั่นคือนำข้อมูลเข้าเพื่อสกัดหาคุณลักษณะที่สำคัญแล้วทำ classifier เพื่อให้ได้ Output ของ class

### 2.6.1 YOLO

YOLO (You Only Look Once)[10] เป็นอัลกอริธึมที่นำแนวความคิดของการทำนายตำแหน่งและขนาดของกล่อง จากความน่าจะเป็นที่กล่องนั้นจะเป็นกรอบล้อมวัตถุ YOLO นั้นจะทำนายทั้งกรอบ ล้อมวัตถุ และความน่าจะเป็นของวัตถุบางส่วนที่อยู่ใน กรอบออกมาพร้อมกันทีเดียว YOLO จัดว่าเป็นเทคนิคการตรวจจับวัตถุในภาพซึ่ง เป็นซอฟต์แวร์เปิดสำหรับงานปัญญาประดิษฐ์แบบ โครงข่ายใยประสาท (Neural Network) ที่พัฒนาด้วย โปรแกรมภาษา C++ และสามารถทำงานบนหน่วย ประมวลผล CUDA ของ GPU ได้เป็นอย่างดี เหมาะกับการประมวลผลภาพแบบ Real Time ภาพจากกล้องหรือวิดีโอดังรูปที่ 2.15




รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการนับจำนวนยานพาหนะโดยการตรวจจับวัตถุด้วย YOLO

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.7.1 การประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร

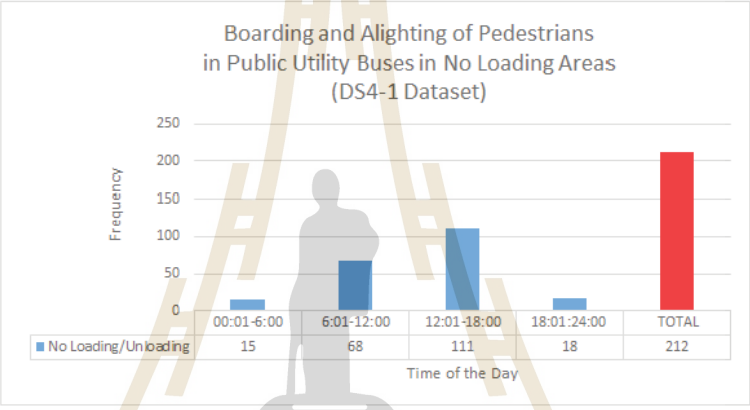
การทราบเวลามาถึงของรถโดยสารไปยังป้ายจุดจอดนั้นเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ผู้ใช้บริการขนส่งทุกคนต้องการทราบ เวลามาถึงที่แม่นยำของรถโดยสารมีความสำคัญต่อระบบขนส่งและผู้โดยสาร Jithendra. H. K และ คณะ [11] เสนอระบบที่สามารถประมาณเวลาเดินทางมาถึงของรถโดยสารไปยังป้ายจุดจอดโดยพิจารณาจากพารามิเตอร์แบบเรียลไทม์ที่มีผลต่อเวลา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เดินทางของรถโดยสารได้แก่ เวลาการเดินทาง ความล่าช้าจากผู้โดยสาร ความล่าช้าจากการจราจร และความล่าช้าในการรับ-ส่งข้อมูลจากเซิฟเวอร์

**2.7.2 ปัจจัยความล่าช้าของการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร**

เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการประมาณเวลามาถึงของรถโดยสารทำให้เวลาคลาดเคลื่อน Billones และ คณะ [12] นำเสนอระบบกล้องตรวจจับสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้โดยสารในระบบขนส่งสาธารณะที่บริเวณป้ายจุดจอด จากรูปที่ 2.17 จากค่าเวลาตัวอย่างจะเห็นได้ว่า หากจำนวนผู้โดยสารมีจำนวนมาก จะส่งผลให้เวลาการประมาณเพิ่มขึ้น




รูปที่ 2.16 กราฟแสดงจำนวนของผู้โดยสารในการขึ้น – ลงรถ

| Activity | Time | Description |
|---|---|---|
| TBoarding | 2.0 seconds | pre-payment |
| | 2.6 seconds | single ticket |
| | 3.0 seconds | exact fare |
| | 0.5 seconds | additional time if there are standees on the bus. |
| TAlighting | 1.7 to 2.0 seconds | alighting time |

รูปที่ 2.17 ตารางแสดงค่าเวลาตัวอย่างที่คนใช้ขึ้นและลงรถ

Zaghal และ [13] คณะ นำเสนอทฤษฎีการจัดคิวและการปรับสมดุลเพื่อลดเวลารอคอยของทางแยกบนถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ซึ่งการใช้แบบจำลองการจัดคิว แบบ M / M / 1 เพื่อให้ได้ค่าประมาณใกล้เคียงที่สุดกับการจราจรบนถนนในโลกแห่งความเป็นจริง ออกแบบ Smart load-balancing algorithm สำหรับระบายรถบนทางแยกที่มีแถวยาวที่สุด จากรูปที่ 2.18 ผลการ

ทดลองสามารถลดเวลารอคอย ได้ถึง 41.58% ในงานวิจัยนี้จะชี้ให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดจากการจราจร

| Interval | VANET (Nafi & Khan's) | Smart-Intersection (Our approach) |
|---|---|---|
| 1 | 37% | 35% |
| 2 | 28% | 43% |
| 3 | 20% | 52% |
| 4 | 35% | 55% |
| 5 | 49% | 43% |
| 6 | 39% | 37% |
| 7 | 29% | 52% |
| 8 | 32% | 28% |
| 9 | 38% | 28% |
| 10 | 39% | 42% |
| 11 | 28% | 39% |
| 12 | 27% | 45% |
| **Average** | **33.41%** | **41.58%** |

รูปที่ 2.18 ผลการทดลองการลดเวลารอคอย

### 2.7.3 ประสิทธิภาพของแบบจำลอง

เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง Noor และ คณะ [14] ได้นำเสนอแบบการประมาณเวลา โดยใช้ Support Vector Regression (SVR) ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีเดียวกับ Support Vector Machine (SVM) แล้วใช้สมการ RMSE (Root Mean Squared Error) เพื่อตรวจสอบความแม่นยำหรือประสิทธิภาพในการประมาณเวลามาถึงของแบบจำลอง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3 ดังต่อไปนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i}^{n}\left(T_{A.i} - T_{P.i}\right)^{2}}{n}} \tag{2.3}$$

โดยที่ n คือ จำนวนเหตุการณ์

$T_{A.i}$ คือ เวลาที่ได้จากการวัดจริง

$T_{P.i}$ คือ เวลาที่จากการจำลองแบบ

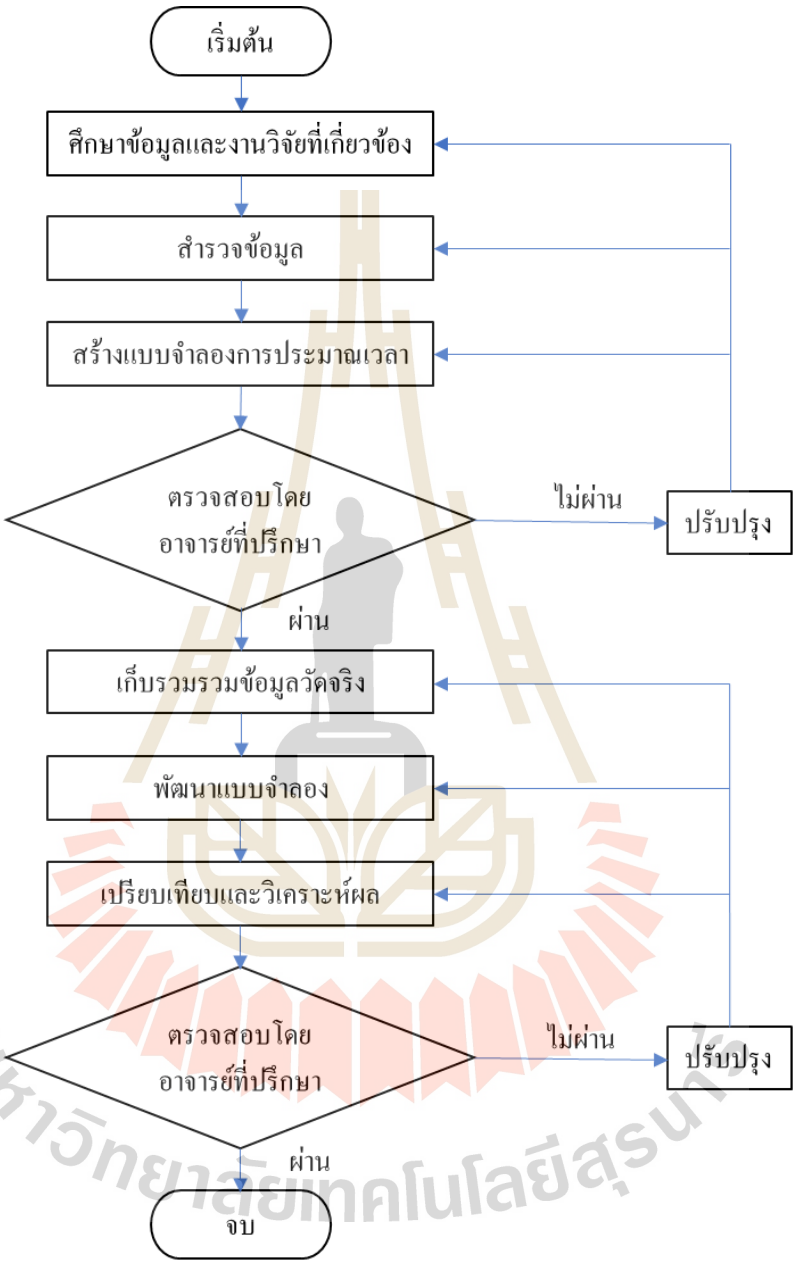
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงาน

การประมาณเวลามาถึงป้ายจุดจอดของรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือทางด้านเวลาในการให้บริการของระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย โดยนำเสนอแบบจำลองการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร เริ่มต้นการจากสำรวจข้อมูลเบื้องต้นได้แก่ ตารางเวลาการเดินรถซึ่งในที่นี้ใช้เป็นตารางเวลามาตรฐาน และกำหนดให้พนักงานขับรถ ขับเข้าป้ายจุดจอดให้สอดคล้องกับเวลาในตาราง ทั้งนี้ ตารางเวลามาตรฐานมีการเผื่อเวลาเพื่อให้พนักงานขับรถไม่เครียดมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อการให้บริการ ป้ายจุดจอดและเส้นทางการให้บริการของรถโดยสารในแต่ละเส้นทาง สถิติจำนวนอุบัติเหตุ สถิติจำนวนผู้ใช้บริการ จากนั้นสร้างแบบจำลองการประมาณเวลา ซึ่งคำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการประมาณเวลาได้แก่ เวลาการเดินทางของรถโดยสาร ความล่าช้าที่เกิดจากผู้โดยสาร ความล่าช้าที่เกิดจากการจราจร และความล่าช้าที่เกิดจากเซิฟเวอร์ จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลจากการวัดจริงเช่น เวลาที่รถโดยสารใช้เข้า-ออกป้ายจุดจอด เวลาที่ผู้โดยสารใช้ขึ้น-ลงรถ และปริมาณการจราจร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองการประมาณเวลา จากนั้นเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลอง การวัดจริง และตารางเวลาการเดินรถ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน




รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลของระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับ ผู้โดยสาร ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาการเดินทางเข้า-ออกป้ายของรถโดยสาร และข้อมูลเกี่ยวกับการจราจร โดยวิธีการเก็บข้อมูลนั้นเกี่ยวกับผู้โดยสาร และข้อมูลเกี่ยวกับเวลาการเดินทางเข้า-ออกป้ายของรถโดยสาร จะทำการสร้างตารางบันทึกผลขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือในการวัดมาใช้วัดจริง ในส่วนของการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการจราจรนั้นได้ใช้การตรวจจับวัตถุด้วย YOLO มาเป็นเครื่องมือในการนับจำนวนรถที่ใช้งานบนถนนภายในมหาวิทยาลัย

### 3.2.1 การกำหนดกลุ่มตัวอย่างการรวบรวมข้อมูล

กลุ่มตัวอย่าง (Sample) หมายถึง ส่วนหนึ่งของข้อมูลที่นำมาศึกษาซึ่งเป็นตัวแทนของข้อมูล การที่กลุ่มตัวอย่างจะเป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้นั้น จะต้องมีการเลือกตัวอย่างและขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องอาศัยสถิติเข้ามาช่วยในการสุ่มตัวอย่างและการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) หมายถึง กระบวนการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่มีความเป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูล

## 3.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบผล

การวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของแบบจำลองการประมาณเวลา โดยในการวิเคราะห์จะเป็นการเปรียบเทียบเวลาในการเดินทางของรถโดยสารแบบป้ายต่อป้าย ของแต่ละเส้นทางการเดินรถโดยใช้ RMSE ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบผลดังนี้

1. เปรียบเทียบระหว่างตารางเวลาเดินรถ กับผลการวัดจริง
2. เปรียบเทียบระหว่างตารางเวลาเดินรถ กับผลการจำลอง
3. เปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง กับผลการจำลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 3.4 แบบประเมินคุณภาพการบริการขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย

เป็นแบบประเมินเพื่อวัดความพึงพอใจในการใช้บริการขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินของผู้ใช้บริการดังนี้ โดยมีหัวข้อการประเมินและระดับความพึงพอใจ ซึ่งในส่วนของหัวข้อ แอปพลิเคชัน ทางขนส่งเป็นผู้จัดทำขึ้น

### 3.4.1 กำหนดหัวข้อในการประเมินความพึงพอใจ

1. ผู้ขับขี่
2. ตัวรถโดยสาร
3. แอปพลิเคชัน
4. ป้ายจุดจอด
5. การประมาณเวลา

### 3.4.2 กำหนดเกณฑ์ระดับในการประเมินความพึงพอใจ

| | |
|---|---|
| พึงพอใจมากที่สุด | ให้ 5 คะแนน |
| พึงพอใจมาก | ให้ 4 คะแนน |
| พึงพอใจปานกลาง | ให้ 3 คะแนน |
| พึงพอใจน้อย | ให้ 2 คะแนน |
| พึงพอใจน้อยที่สุด | ให้ 1 คะแนน |

## 3.5 สรุปผลการวิจัย

ทำการสรุปผลการวิจัยโดยการนำผลที่ได้จากการจำลอง ผลที่ได้จากการวัดจริง และตารางเวลาการเดินรถ มาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือสามารถสร้างความน่าเชื่อถือทางด้านเวลาของการให้บริการขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อที่จะดึงดูดนักศึกษาให้สนใจใช้บริการขนส่งมากขึ้นเพื่อที่จะลดจำนวนเกิดอุบัติเหตุภายในมหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# บทที่ 4
# ผลการจำลองแบบ

## 4.1 บทนำ

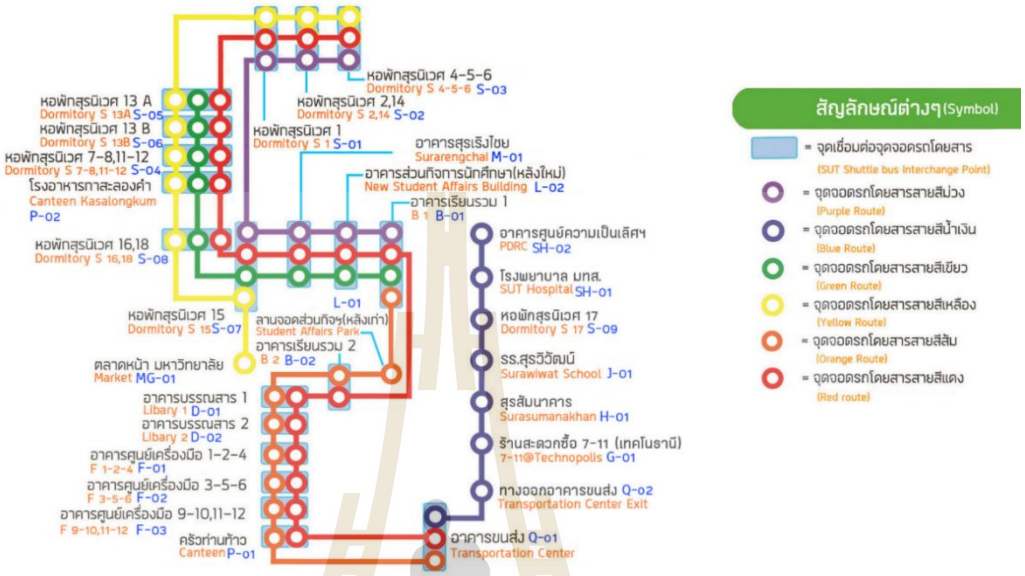
บทที่ 4 กล่าวถึงผลการสำรวจข้อมูลการให้บริการระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ขั้นแรกผลการจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสารก่อน ขั้นที่สองผลการจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสารหลังปรับพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรจริงบนถนนภายในมหาวิทยาลัย ขั้นที่สามผลการวัดจริง สุดท้ายผลการเปรียบเทียบโดยใช้ RMSE และวิเคราะห์ผลจำลอง

## 4.2 ข้อมูลการบริการของระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งส่วนอาคารและสถานที่เป็นหน่วยงานรับผิดชอบ ปัจจุบันใช้รถโดยสารเครื่องยนต์ดีเซลรูปแบบรถโดยสารชานต่ำ มีทั้งหมด 8 คันโดยแต่ละคันสามารถรองรับผู้โดยสารได้ 40 ที่นั่งต่อเที่ยว(ยืน 20 ที่, ที่นั่ง 20 ที่) รองรับผู้พิการนั่งรถเข็น มหาวิทยาลัยได้กำหนดความเร็วของรถโดยสารไว้ที่ความเร็วไม่เกิน 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเป็นการขนส่งผู้คนจำนวนมากๆในระยะทางสั้นๆ และเน้นความปลอดภัยเป็นหลัก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### 4.2.1 เส้นทางการเดินรถโดยสารภายใน




รูปที่ 4.1 เส้นทางการเดินรถทั้ง 6 เส้นทาง

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg//2019route_car/line_.0html

เส้นทางการเดินรถโดยสารแบ่งออกเป็นทั้งหมด 6 เส้นทางดังรูปที่ 4.1 เพื่อให้ครอบคลุมการใช้งานภายในมหาวิทยาลัย ในส่วนของกลุ่มอาคารเรียน กลุ่มอาคารหอพัก รวมไปถึงโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยทั้ง 6 เส้นทางจะแบ่งการให้บริการออกเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่

1. ช่วงเวลาเร่งด่วน ให้บริการในช่วงเวลา 7.10 - 8.50 น. โดยมีสายสีเขียว 3 คัน ให้บริการตั้งแต่หอชาย - อาคารเรียนรวม1, สายสีม่วง 3 คันให้บริการหอหญิง - อาคารเรียนรวม1, สายสีส้ม 1 คันให้บริการเรียนรวม1 - ขนส่ง และสายสีน้ำเงิน 1 คันให้บริการขนส่ง - โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. ช่วงเวลาปกติ ให้บริการในช่วงเวลา 8.50 - 21.10 น. โดยมีสายสีน้ำเงิน 1 คัน, สายสีแดง 7 คันให้บริการฝั่งหอพัก - ขนส่ง และสายสีเหลือง 1 คันให้บริการฝั่งหอพัก - ตลาดหน้ามหาวิทยาลัย ซึ่งสายสีน้ำเงินจะให้บริการถึง 18.17 น. แล้วเปลี่ยนไปให้บริการสายสีเหลืองแทน

รูปที่ 4.2 เส้นทางสายสีเขียว

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg//2019route_car/line_.1html

รูปที่ 4.3 เส้นทางสายสีม่วง

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg//2019route_car/line_.4html

รูปที่ 4.4 เส้นทางสายสีส้ม

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg//2019route_car/line_.5html

รูปที่ 4.5 เส้นทางสายสีน้ำเงิน

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg//2019route_car/line_.3html

รูปที่ 4.6 เส้นทางสายสีเหลือง

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg//2019route_car/line_.6html

รูปที่ 4.7 เส้นทางสายสีแดง

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg//2019route_car/line_.2html

### 4.2.2 ระยะทางการเดินรถในแต่ละสาย

ตารางที่ 4.1 ระยะทางระหว่างจุดจอดและจำนวนแยก

| เส้นทาง | จุดจอดต้นทาง | จุดจอดปลายทาง | ระยะทาง (เมตร) | จำนวนแยก |
|---|---|---|---|---|
| สายสีเขียว | S13A | S13B | 97.49 | 1 |
| | S13B | S7-12 | 271.87 | 3 |
| | S7-12 | กาสะลองคำ | 222.70 | 2 |
| | กาสะลองคำ | S16-18 | 468.53 | 6 |
| | S16-18 | S15 | 768.44 | 7 |
| | S15 | สุรเริงไชย | 639.66 | 2 |
| | สุรเริงไชย | เรียนรวม1 | 687.71 | 6 |
| สายสีม่วง | S4-5-6 | S2 | 180.35 | 3 |
| | S2 | S1 | 216.45 | 2 |
| | S1 | S15 | 616.72 | 2 |
| | S15 | สุรเริงไชย | 639.66 | 2 |
| | สุรเริงไชย | เรียนรวม1 | 687.71 | 6 |
| สายสีส้ม | เรียนรวม1 | เรียนรวม2 | 720.45 | 5 |
| | เรียนรวม2 | บรรณ1 | 311.33 | 3 |
| | บรรณ1 | บรรณ2 | 280.82 | 3 |
| | บรรณ2 | F2 | 359.60 | 3 |
| | F2 | F3 | 142.43 | 1 |
| | F3 | ครัวท่านท้าว | 374.96 | 3 |
| | ครัวท่านท้าว | ขนส่ง | 239.87 | 3 |
| | ขนส่ง | F11 | 1,060.00 | 10 |
| | F11 | บรรณ2 | 416.06 | 6 |
| | บรรณ2 | บรรณ1 | 280.82 | 3 |
| | บรรณ1 | เรียนรวม2 | 311.33 | 3 |
| | เรียนรวม2 | เรียนรวม1 | 687.79 | 5 |

ตารางที่ 4.1 ระยะทางระหว่างจุดจอดและจำนวนแยก (ต่อ)

| เส้นทาง | จุดจอดต้นทาง | จุดจอดปลายทาง | ระยะทาง (เมตร) | จำนวนแยก |
|---|---|---|---|---|
| สายสีน้ำเงิน | ขนส่ง | สุรสัมนาคาร | 334.49 | 3 |
| | สุรสัมนาคาร | สุรวิวัฒน์ | 939.46 | 10 |
| | สุรวิวัฒน์ | S17 | 2,270.00 | 5 |
| | S17 | SUTH | 143.50 | 1 |
| | SUTH | PDRC | 551.20 | 5 |
| สายสีเหลือง | S13A | S13B | 97.49 | 1 |
| | S13B | S7-12 | 271.87 | 3 |
| | S7-12 | กาสะลองคำ | 222.70 | 2 |
| | กาสะลองคำ | S16 | 466.00 | 6 |
| | S16 | S1 | 526.33 | 4 |
| | S1 | S2 | 212.25 | 2 |
| | S2 | S4-6 | 168.57 | 1 |
| | S4-6 | S15 | 1,013.52 | 8 |
| | S15 | ตลาด | 1,290.00 | 4 |
| สายสีแดง | ขนส่ง | ครัวท่านท้าว | 278.06 | 2 |
| | ครัวท่านท้าว | F3,5,6 | 375.86 | 2 |
| | F3,5,6 | F1,2,4 | 142.43 | 2 |
| | F1,2,4 | F9-12 | 715.00 | 8 |
| | F9-12 | F3,5,6 | 622.35 | 7 |
| | F3,5,6 | F1,2,4 | 142.43 | 2 |
| | F1,2,4 | บรรณสาร 2 | 359.60 | 3 |
| | บรรณสาร 2 | บรรณสาร 1 | 280.82 | 3 |
| | บรรณสาร 1 | B2 | 311.33 | 3 |
| | B2 | B1 | 687.79 | 5 |
| | B1 | ส่วนกิจการนักศึกษา | 645.06 | 5 |
| | ส่วนกิจการนักศึกษา | S15 | 614.71 | 2 |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.1 ระยะทางระหว่างจุดจอดและจำนวนแยก (ต่อ)

| เส้นทาง | จุดจอดต้นทาง | จุดจอดปลายทาง | ระยะทาง (เมตร) | จำนวนแยก |
|---|---|---|---|---|
| สายสีแดง | S15 | S16,18 | 662.86 | 6 |
| | S16,18 | 7-11 เก่า | 266.09 | 3 |
| | 7-11 เก่า | กาสะลองคำ | 251.34 | 3 |
| | กาสะลองคำ | S13A | 266.49 | 2 |
| | S13A | S13B | 97.49 | 1 |
| | S13B | S7-12 | 271.87 | 3 |
| | S7-12 | กาสะลองคำ | 222.70 | 2 |
| | กาสะลองคำ | S1 | 683.22 | 5 |
| | S1 | S2,3,14 | 212.25 | 2 |
| | S2,3,14 | S4,5,6 | 168.57 | 1 |
| | S4,5,6 | S2,3,14 | 180.35 | 3 |
| | S2,3,14 | S1 | 216.45 | 2 |
| | S1 | S15 | 616.72 | 2 |
| | S15 | สุรเริงชัย | 639.66 | 2 |
| | สุรเริงชัย | B1 | 687.71 | 6 |
| | B1 | B2 | 720.45 | 5 |
| | B2 | บรรณสาร1 | 311.33 | 3 |
| | บรรณสาร1 | บรรณสาร2 | 280.82 | 3 |
| | บรรณสาร2 | F1,2,4 | 359.60 | 3 |
| | F1,2,4 | F3,5,6 | 142.43 | 1 |
| | F3,5,6 | F9-12 | 625.00 | 8 |
| | F9-12 | F1,2,4 | 714.81 | 8 |
| | F1,2,4 | F3,5,6 | 142.43 | 1 |
| | F3,5,6 | ครัวท่านท้าว | 374.96 | 3 |
| | ครัวท่านท้าว | ขนส่ง | 239.87 | 3 |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### 4.2.3 ตารางเวลาการเดินรถ

ผู้ให้บริการระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้กำหนดตารางเวลาการเดินรถทั้ง 6 เส้นทางเป็นดังนี้

1. สายสีเขียวให้บริการ 7 นาทีต่อเที่ยว
2. สายสีม่วงให้บริการ 7 นาทีต่อเที่ยว
3. สายสีส้มให้บริการ 17 นาทีต่อเที่ยว
4. สายสีน้ำเงินให้บริการ 1 ชั่วโมงต่อเที่ยว
5. สายสีเหลืองให้บริการ 30 นาทีต่อเที่ยว
6. สายสีแดงให้บริการ 10,15 นาทีต่อเที่ยว

จุดจอดรถเมล์ สายสีเขียว (หอพัก-เรียนรวม)

| เที่ยวที่ | จุดจอดที่ 1 S-05 | เวลา | จุดจอดที่ 2 S-06 | เวลา | จุดจอดที่ 3 S-04 | เวลา | จุดจอดที่ 4 P-02 | เวลา | จุดจอดที่ 5 S-07 | เวลา | จุดจอดที่ 6 M-01 | เวลา | จุดจอดที่ 7 B-01 | เวลา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | S.13 A | 7.10 | S.13B | 7.11 | S.7-12 | 7.13 | กาสะลองคำ | 7.15 | S.15 | 7.18 | สุรเชิงไชย | 7.19 | B.1 | 7.21 |
| 2 | S.13 A | 7.17 | S.13B | 7.18 | S.7-12 | 7.20 | กาสะลองคำ | 7.22 | S.15 | 7.25 | สุรเชิงไชย | 7.26 | B.1 | 7.28 |
| 3 | S.13 A | 7.24 | S.13B | 7.25 | S.7-12 | 7.27 | กาสะลองคำ | 7.29 | S.15 | 7.32 | สุรเชิงไชย | 7.33 | B.1 | 7.35 |
| 4 | S.13 A | 7.31 | S.13B | 7.32 | S.7-12 | 7.34 | กาสะลองคำ | 7.36 | S.15 | 7.39 | สุรเชิงไชย | 7.40 | B.1 | 7.42 |
| 5 | S.13 A | 7.38 | S.13B | 7.39 | S.7-12 | 7.41 | กาสะลองคำ | 7.43 | S.15 | 7.46 | สุรเชิงไชย | 7.47 | B.1 | 7.49 |
| 6 | S.13 A | 7.45 | S.13B | 7.46 | S.7-12 | 7.48 | กาสะลองคำ | 7.50 | S.15 | 7.53 | สุรเชิงไชย | 7.54 | B.1 | 7.56 |
| 7 | S.13 A | 7.52 | S.13B | 7.53 | S.7-12 | 7.55 | กาสะลองคำ | 7.57 | S.15 | 8.00 | สุรเชิงไชย | 8.01 | B.1 | 8.03 |
| 8 | S.13 A | 7.59 | S.13B | 8.00 | S.7-12 | 8.02 | กาสะลองคำ | 8.04 | S.15 | 8.07 | สุรเชิงไชย | 8.08 | B.1 | 8.10 |
| 9 | S.13 A | 8.06 | S.13B | 8.07 | S.7-12 | 8.09 | กาสะลองคำ | 8.11 | S.15 | 8.14 | สุรเชิงไชย | 8.15 | B.1 | 8.17 |
| 10 | S.13 A | 8.13 | S.13B | 8.14 | S.7-12 | 8.16 | กาสะลองคำ | 8.18 | S.15 | 8.21 | สุรเชิงไชย | 8.22 | B.1 | 8.24 |
| 11 | S.13 A | 8.20 | S.13B | 8.21 | S.7-12 | 8.23 | กาสะลองคำ | 8.25 | S.15 | 8.28 | สุรเชิงไชย | 8.29 | B.1 | 8.31 |
| 12 | S.13 A | 8.27 | S.13B | 8.28 | S.7-12 | 8.30 | กาสะลองคำ | 8.32 | S.15 | 8.35 | สุรเชิงไชย | 8.36 | B.1 | 8.38 |
| 13 | S.13 A | 8.34 | S.13B | 8.35 | S.7-12 | 8.37 | กาสะลองคำ | 8.39 | S.15 | 8.42 | สุรเชิงไชย | 8.43 | B.1 | 8.45 |
| 14 | S.13 A | 8.41 | S.13B | 8.42 | S.7-12 | 8.44 | กาสะลองคำ | 8.46 | S.15 | 8.49 | สุรเชิงไชย | 8.50 | B.1 | 8.52 |

รูปที่ 4.8 ตารางเดินรถสายสีเขียว

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg/2019/route_car/line_1.html

จุดจอดรถเมล์ มทส. สายสีม่วง (หอพัก- เรียนรวม)

| เที่ยวที่ | จุดจอดที่ 1 | เวลา | จุดจอดที่ 2 | เวลา | จุดจอดที่ 3 | เวลา | จุดจอดที่ 4 | เวลา | จุดจอดที่ 5 | เวลา | จุดจอดที่ 6 | เวลา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S-5 | | S-02 | | S-01 | | S07 | | B-01 | | B-01 | |
| 1 | S.4-5-6 | 7.10 | S.2,14 | 7.12 | S.1 | 7.14 | S.15 | 7.17 | สุรเริงไชย | 7.18 | B.1 | 7.20 |
| 2 | S.4-5-6 | 7.15 | S.2,14 | 7.17 | S.1 | 7.19 | S.15 | 7.22 | สุรเริงไชย | 7.23 | B.1 | 7.25 |
| 3 | S.4-5-6 | 7.20 | S.2,14 | 7.22 | S.1 | 7.24 | S.15 | 7.27 | สุรเริงไชย | 7.28 | B.1 | 7.30 |
| 4 | S.4-5-6 | 7.25 | S.2,14 | 7.27 | S.1 | 7.29 | S.15 | 7.32 | สุรเริงไชย | 7.33 | B.1 | 7.35 |
| 5 | S.4-5-6 | 7.30 | S.2,14 | 7.32 | S.1 | 7.34 | S.15 | 7.37 | สุรเริงไชย | 7.38 | B.1 | 7.40 |
| 6 | S.4-5-6 | 7.35 | S.2,14 | 7.37 | S.1 | 7.39 | S.15 | 7.42 | สุรเริงไชย | 7.43 | B.1 | 7.45 |
| 7 | S.4-5-6 | 7.40 | S.2,14 | 7.42 | S.1 | 7.44 | S.15 | 7.47 | สุรเริงไชย | 7.48 | B.1 | 7.50 |
| 8 | S.4-5-6 | 7.45 | S.2,14 | 7.47 | S.1 | 7.49 | S.15 | 7.52 | สุรเริงไชย | 7.53 | B.1 | 7.55 |
| 9 | S.4-5-6 | 7.50 | S.2,14 | 7.52 | S.1 | 7.54 | S.15 | 7.57 | สุรเริงไชย | 7.58 | B.1 | 8.00 |
| 10 | S.4-5-6 | 7.55 | S.2,14 | 7.57 | S.1 | 7.59 | S.15 | 8.02 | สุรเริงไชย | 8.03 | B.1 | 8.05 |
| 11 | S.4-5-6 | 8.00 | S.2,14 | 8.02 | S.1 | 8.04 | S.15 | 8.07 | สุรเริงไชย | 8.08 | B.1 | 8.10 |
| 12 | S.4-5-6 | 8.05 | S.2,14 | 8.07 | S.1 | 8.09 | S.15 | 8.12 | สุรเริงไชย | 8.13 | B.1 | 8.15 |
| 13 | S.4-5-6 | 8.10 | S.2,14 | 8.12 | S.1 | 8.14 | S.15 | 8.17 | สุรเริงไชย | 8.18 | B.1 | 8.20 |
| 14 | S.4-5-6 | 8.15 | S.2,14 | 8.17 | S.1 | 8.19 | S.15 | 8.22 | สุรเริงไชย | 8.23 | B.1 | 8.25 |
| 15 | S.4-5-6 | 8.20 | S.2,14 | 8.22 | S.1 | 8.24 | S.15 | 8.27 | สุรเริงไชย | 8.28 | B.1 | 8.30 |
| 16 | S.4-5-6 | 8.25 | S.2,14 | 8.27 | S.1 | 8.29 | S.15 | 8.32 | สุรเริงไชย | 8.38 | B.1 | 8.40 |

รูปที่ 4.9 ตารางเดินรถสายสีม่วง

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg/2019/route_car/line_4.html

รูปที่ 4.10 ตารางเดินรถสายสีส้ม

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg/2019/route_car/line_5.html

จุดจอดรถเมล์ มทส. สายสีน้ำเงิน (ขนส่ง-รพ.มทส.-ขนส่ง)

| จุดจอดที่ 1 | เวลา | จุดจอดที่ 2 | เวลา | จุดจอดที่ 3 | เวลา | จุดจอดที่ 4 | เวลา | จุดจอดที่ 5 | เวลา | จุดจอดที่ 6 | เวลา | จุดจอดที่ 7 | เวลา | จุดจอดที่ 8 | เวลา | จุดจอดที่ 9 | เวลา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Q-01 | | H-01 | | J-01 | | S-09 | | SH-01 | | SH-02 | | J-01 | | H-01 | | Q-01 | |
| ขนส่ง | 7.00 | สุรสัมมนาคาร | 7.02 | รร.สุรวิวัฒน์ | 7.05 | S-17 | 7.08 | อ.รัตนเวชพัฒน์ | 7.09 | อ.ศูนย์ความเป็นเลิศ | 7.11 | รร.สุรวิวัฒน์ | 7.14 | สุรสัมมนาคาร | 7.17 | ขนส่ง | 7.19 |
| ขนส่ง | 8.00 | สุรสัมมนาคาร | 8.02 | รร.สุรวิวัฒน์ | 8.05 | S-17 | 8.08 | อ.รัตนเวชพัฒน์ | 8.09 | อ.ศูนย์ความเป็นเลิศ | 8.11 | รร.สุรวิวัฒน์ | 8.14 | สุรสัมมนาคาร | 8.17 | ขนส่ง | 8.19 |
| ขนส่ง | 9.00 | สุรสัมมนาคาร | 9.02 | รร.สุรวิวัฒน์ | 9.05 | S-17 | 9.08 | อ.รัตนเวชพัฒน์ | 9.09 | อ.ศูนย์ความเป็นเลิศ | 9.11 | รร.สุรวิวัฒน์ | 9.14 | สุรสัมมนาคาร | 9.17 | ขนส่ง | 9.19 |
| ขนส่ง | 10.30 | สุรสัมมนาคาร | 10.32 | รร.สุรวิวัฒน์ | 10.35 | S-17 | 10.38 | อ.รัตนเวชพัฒน์ | 10.39 | อ.ศูนย์ความเป็นเลิศ | 10.41 | รร.สุรวิวัฒน์ | 10.44 | สุรสัมมนาคาร | 10.47 | ขนส่ง | 10.49 |
| ขนส่ง | 12.00 | สุรสัมมนาคาร | 12.02 | รร.สุรวิวัฒน์ | 12.05 | S-17 | 12.08 | อ.รัตนเวชพัฒน์ | 12.09 | อ.ศูนย์ความเป็นเลิศ | 12.11 | รร.สุรวิวัฒน์ | 12.14 | สุรสัมมนาคาร | 12.17 | ขนส่ง | 12.19 |
| ขนส่ง | 13.30 | สุรสัมมนาคาร | 13.32 | รร.สุรวิวัฒน์ | 13.35 | S-17 | 13.38 | อ.รัตนเวชพัฒน์ | 13.39 | อ.ศูนย์ความเป็นเลิศ | 13.41 | รร.สุรวิวัฒน์ | 13.44 | สุรสัมมนาคาร | 13.47 | ขนส่ง | 13.49 |
| ขนส่ง | 15.00 | สุรสัมมนาคาร | 15.02 | รร.สุรวิวัฒน์ | 15.05 | S-17 | 15.08 | อ.รัตนเวชพัฒน์ | 15.09 | อ.ศูนย์ความเป็นเลิศ | 15.11 | รร.สุรวิวัฒน์ | 15.14 | สุรสัมมนาคาร | 15.17 | ขนส่ง | 15.19 |
| ขนส่ง | 16.00 | สุรสัมมนาคาร | 16.02 | รร.สุรวิวัฒน์ | 16.05 | S-17 | 16.08 | อ.รัตนเวชพัฒน์ | 16.09 | อ.ศูนย์ความเป็นเลิศ | 16.11 | รร.สุรวิวัฒน์ | 16.14 | สุรสัมมนาคาร | 16.17 | ขนส่ง | 16.19 |
| ขนส่ง | 17.00 | สุรสัมมนาคาร | 17.02 | รร.สุรวิวัฒน์ | 17.05 | S-17 | 17.08 | อ.รัตนเวชพัฒน์ | 17.09 | อ.ศูนย์ความเป็นเลิศ | 17.11 | รร.สุรวิวัฒน์ | 17.14 | สุรสัมมนาคาร | 17.17 | ขนส่ง | 17.19 |
| ขนส่ง | 18.00 | สุรสัมมนาคาร | 18.02 | รร.สุรวิวัฒน์ | 18.05 | S-17 | 18.08 | อ.รัตนเวชพัฒน์ | 18.09 | อ.ศูนย์ความเป็นเลิศ | 18.11 | รร.สุรวิวัฒน์ | 18.14 | สุรสัมมนาคาร | 18.17 | | |

เริ่มต้นวิ่งสายเหลือง หอพัก S16 - ตลาดหน้าม.อ เวลา 18.30

รูปที่ 4.11 ตารางเดินรถสายสีส้ม

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg/2019/route_car/line_3.html

จุดจอดรถเมล์ มทส. สายสีเหลือง (ตลาดหน้า ม.- หอพัก)

| เที่ยวที่ | จุดจอดที่ 1 | เวลา | จุดจอดที่ 2 | เวลา | จุดจอดที่ 3 | เวลา | จุดจอดที่ 4 | เวลา | จุดจอดที่ 5 | เวลา | จุดจอดที่ 6 | เวลา | จุดจอดที่ 7 | เวลา | จุดจอดที่ 8 | เวลา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MG-01 | | S-05 | | S-08 | | S-05 | | S-04 | | P-02 | | S-01 | | S-03 | |
| 1 | ตลาดหน้า ม. | 18.50 | S.15 | 18.53 | S.16-18 | 18.56 | S.13 | 18.59 | S.7-12 | 19.01 | กาสะลองคำ | 19.04 | S.1-2 | 19.07 | S.4-5-6 | 19.10 |
| 2 | ตลาดหน้า ม. | 19.20 | S.15 | 19.23 | S.16-18 | 19.26 | S.13 | 19.29 | S.7-12 | 19.31 | กาสะลองคำ | 19.34 | S.1-2 | 19.37 | S.4-5-6 | 19.40 |
| 3 | ตลาดหน้า ม. | 20.15 | S.15 | 20.18 | S.16-18 | 20.21 | S.13 | 20.24 | S.7-12 | 20.26 | กาสะลองคำ | 20.29 | S.1-2 | 20.32 | S.4-5-6 | 20.35 |

รูปที่ 4.12 ตารางเดินรถสายสีเหลือง

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg/2019/route_car/line_6.html

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.13 ตารางเดินรถสายสีแดง

ที่มา http://web.sut.ac.th/dbg/2019/route_car/line_2.html

### 4.2.4 สถิติจำนวนผู้ใช้บริการ

การให้บริการขนส่งระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยฯ โดยกลุ่มเป้าหมายหลักของการให้บริการคือกลุ่มนักศึกษา ดังรูป 4.14 คือ ข้อมูลการใช้รถโดยสารสาธารณะในช่วงเริ่ม(1 พ.ค. 2563) ตั้งแต่วางแผนผัง เส้นทางการเดินรถ และ อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อนำมาใช้ประกอบการทำระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยระบบเริ่มต้นใช้งานวันที่ 1 พ.ย. 2563 จำนวนผู้โดยสารที่มาใช้บริการ นับจำนวนด้วยแตะบัตรซึ่งจำนวนการแตะบัตรอยู่ที่ 119,611 ครั้ง จากรูป 4.15

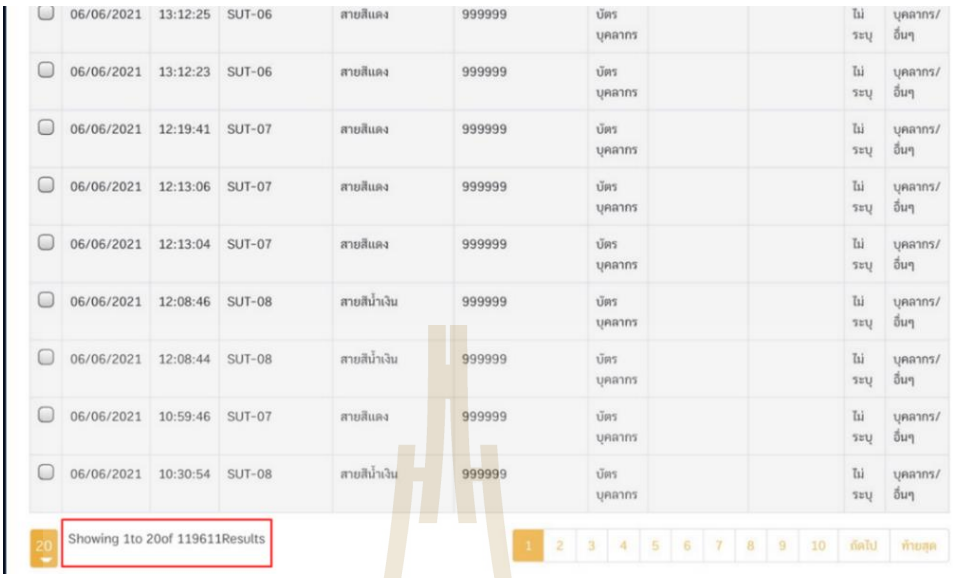
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

| หอพัก | ระดับความพึงพอใจ |
|---|---|
| 1 | 3.917 |
| 2 | 3.500 |
| 3 | 4.125 |
| 4 | 3.688 |
| 5 | 4.158 |
| 6 | 3.262 |
| 7 | 4.750 |
| 9 | 3.275 |
| 10 | 3.659 |
| 11 | 3.700 |
| 12 | 4.222 |
| 13 | 4.877 |
| 14 | 3.800 |
| 15 | 3.466 |
| 16 | 4.031 |
| 18 | 3.844 |
| เฉลี่ย | 3.892 |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.14 ระดับความพึงพอใจของนักศึกษาในช่วงเริ่มต้นการใช้งานระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย

ที่มา คณะทำงานประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่องานบริการและพัฒนานักศึกษาหอพัก



| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ☐ | 06/06/2021 | 13:12:25 | SUT-06 | สายสีแดง | 999999 | บัตรบุคลากร | | | ไม่ระบุ | บุคลากร/อื่นๆ |
| ☐ | 06/06/2021 | 13:12:23 | SUT-06 | สายสีแดง | 999999 | บัตรบุคลากร | | | ไม่ระบุ | บุคลากร/อื่นๆ |
| ☐ | 06/06/2021 | 12:19:41 | SUT-07 | สายสีแดง | 999999 | บัตรบุคลากร | | | ไม่ระบุ | บุคลากร/อื่นๆ |
| ☐ | 06/06/2021 | 12:13:06 | SUT-07 | สายสีแดง | 999999 | บัตรบุคลากร | | | ไม่ระบุ | บุคลากร/อื่นๆ |
| ☐ | 06/06/2021 | 12:13:04 | SUT-07 | สายสีแดง | 999999 | บัตรบุคลากร | | | ไม่ระบุ | บุคลากร/อื่นๆ |
| ☐ | 06/06/2021 | 12:08:46 | SUT-08 | สายสีน้ำเงิน | 999999 | บัตรบุคลากร | | | ไม่ระบุ | บุคลากร/อื่นๆ |
| ☐ | 06/06/2021 | 12:08:44 | SUT-08 | สายสีน้ำเงิน | 999999 | บัตรบุคลากร | | | ไม่ระบุ | บุคลากร/อื่นๆ |
| ☐ | 06/06/2021 | 10:59:46 | SUT-07 | สายสีแดง | 999999 | บัตรบุคลากร | | | ไม่ระบุ | บุคลากร/อื่นๆ |
| ☐ | 06/06/2021 | 10:30:54 | SUT-08 | สายสีน้ำเงิน | 999999 | บัตรบุคลากร | | | ไม่ระบุ | บุคลากร/อื่นๆ |

20 Showing 1to 20of 119611Results

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ถัดไป ท้ายสุด

รูปที่ 4.15 จำนวนการแตะบัตรเพื่อใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 4.3 การจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงจุดจอดก่อนปรับพารามิเตอร์

แบบจำลองการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสารในระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จากสมการที่ 4.1 ประกอบไปด้วย เวลาการเดินทาง( $D_N$ ) ความล่าช้าจากการจราจร( $D_N$ ) และความล่าช้าที่เกิดจากผู้โดยสาร( $D_N$ ) โดยในช่วงต้นกำหนดให้ ความล่าช้าที่เกิดจากผู้โดยสาร ( $D_N$ ) เป็น 0 ในสมการที่ 4.2 ใช้พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับสภาพการจราจรจาก การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [15] ประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ต่างๆ ดังตารางที่ 4.2

$$ETA = D_C + D_T + D_N + \text{Query time} \tag{4.1}$$

$$ETA = \frac{\text{Distance between bus stop}}{\text{Average speed of bus}} + n\left(\frac{1}{\mu - \lambda}\right) + (N \times d) + \text{Query time} \tag{4.2}$$

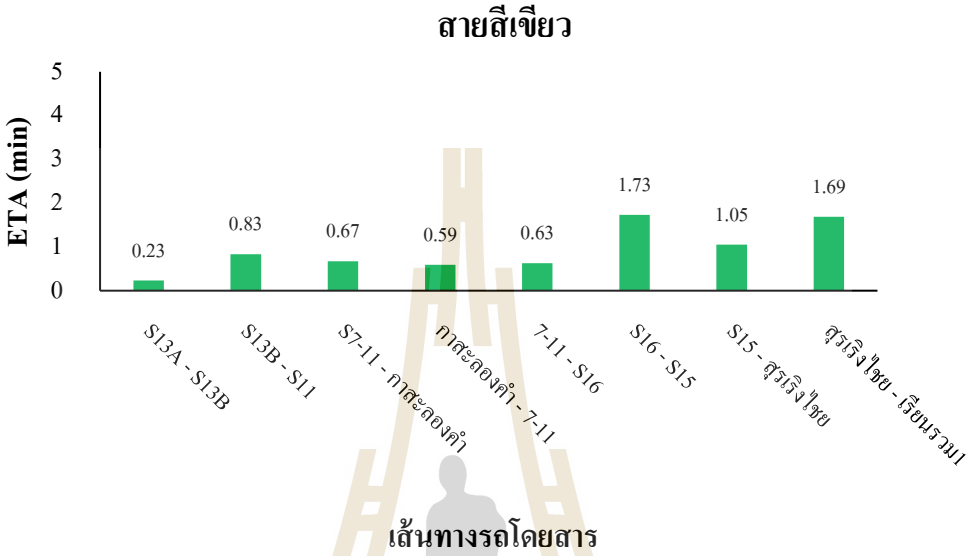
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงจุดจอดก่อนปรับ

| **Parameters** | **Mean** | **Value** | **Unit** |
|---|---|---|---|
| **N** | Number of passengers | 0 | คน |
| **d** | Average delay per person | 2.7 | วินาทีต่อคน |
| **v** | Average speed of bus | 40 | กิโลเมตรต่อชั่วโมง |
| **s** | Distance between bus stop | ขึ้นอยู่กับเส้นทางรถโดยสาร | เมตร |
| **n** | number of intersections | ขึ้นอยู่กับเส้นทางรถโดยสาร | แยก |
| $\mu$ | Average service rate of the road | 47 | คันต่อนาที |
| $\lambda$ | Average arrival rate of the road | 34 | คันต่อนาที |
| **Query time** | Delays in retrieving data from server | 10 | มิลลิวินาที |

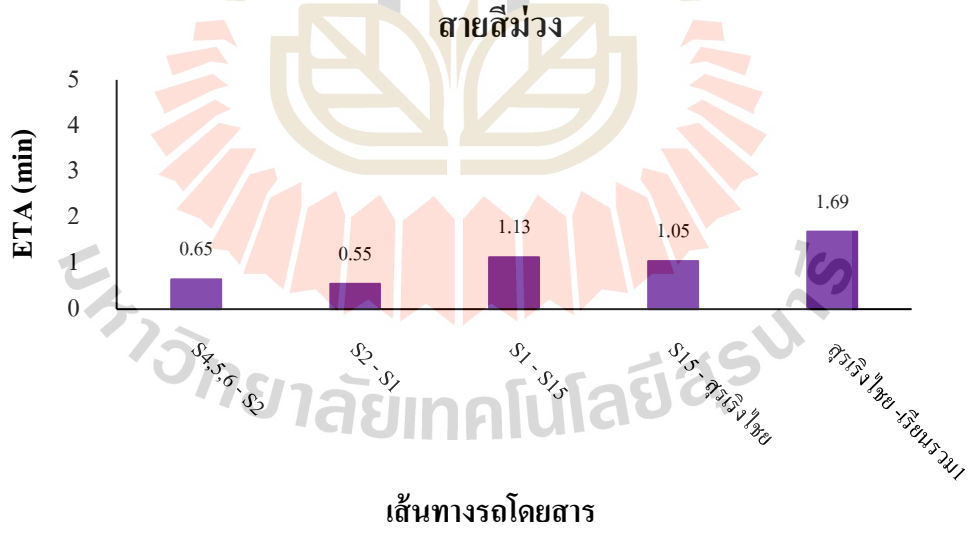
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 4.4 ผลการจำลองแบบการประมาณเวลาจุดจอดก่อนปรับพารามิเตอร์

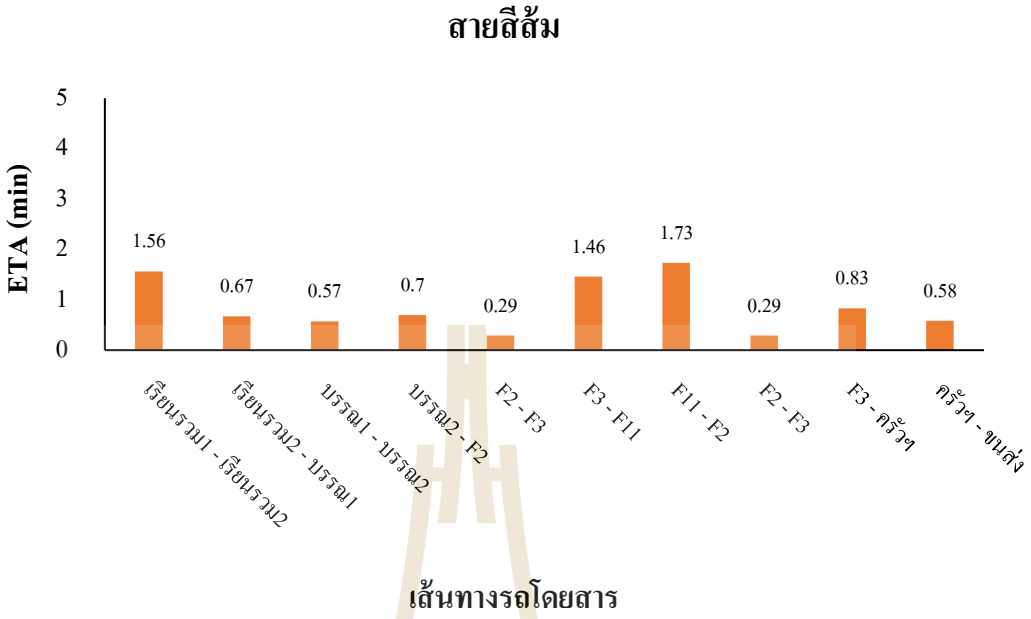
### 4.4.1 เส้นทางให้บริการในชั่วโมงเร่งด่วน




รูปที่ 4.16 เวลาที่รถโดยสารสายสีเขียวใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์

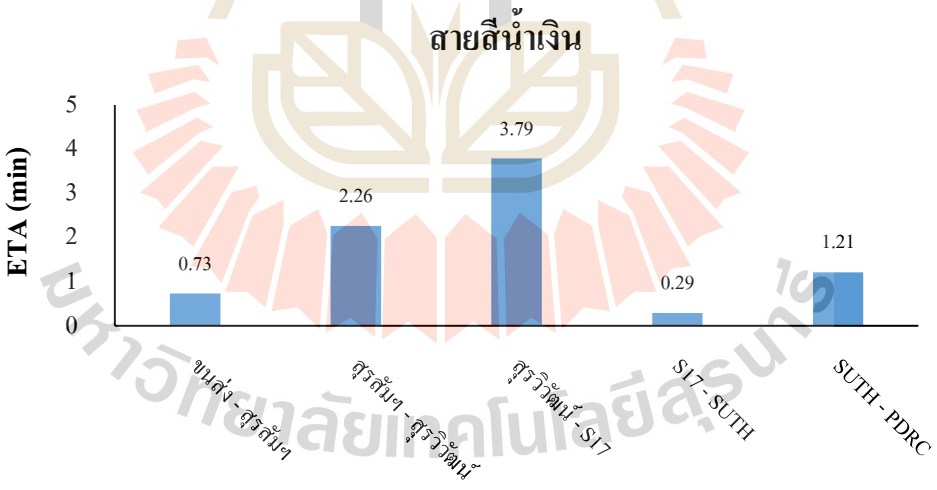



รูปที่ 4.17 เวลาที่รถโดยสารสายสีม่วงใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์



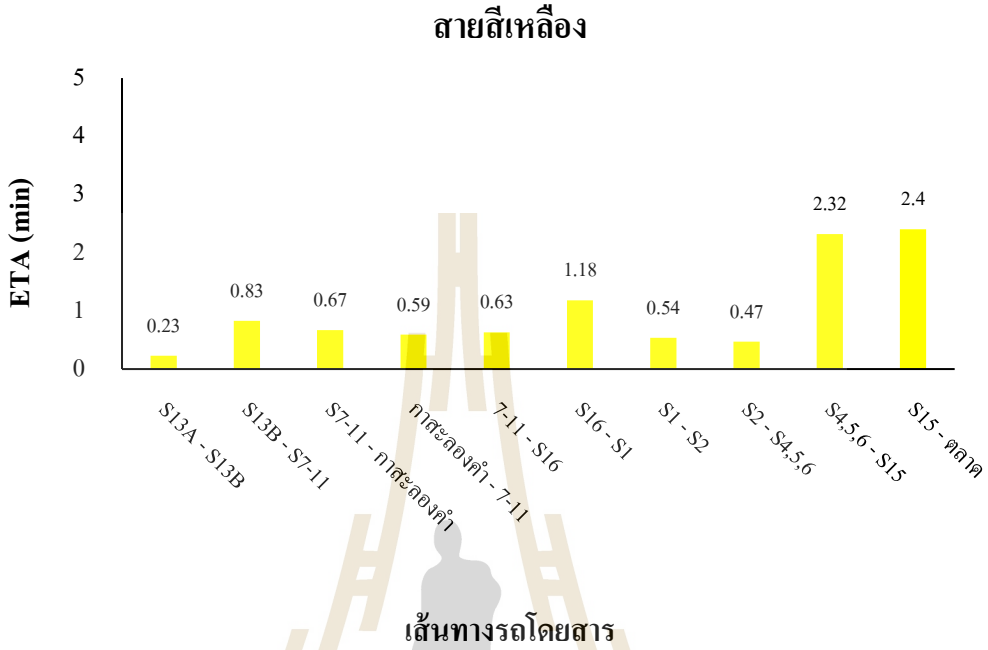

รูปที่ 4.18 เวลาที่รถโดยสารสายสีส้มใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์

### 4.4.1 เส้นทางให้บริการทั้งชั่วโมงเร่งด่วนและเวลาปกติ



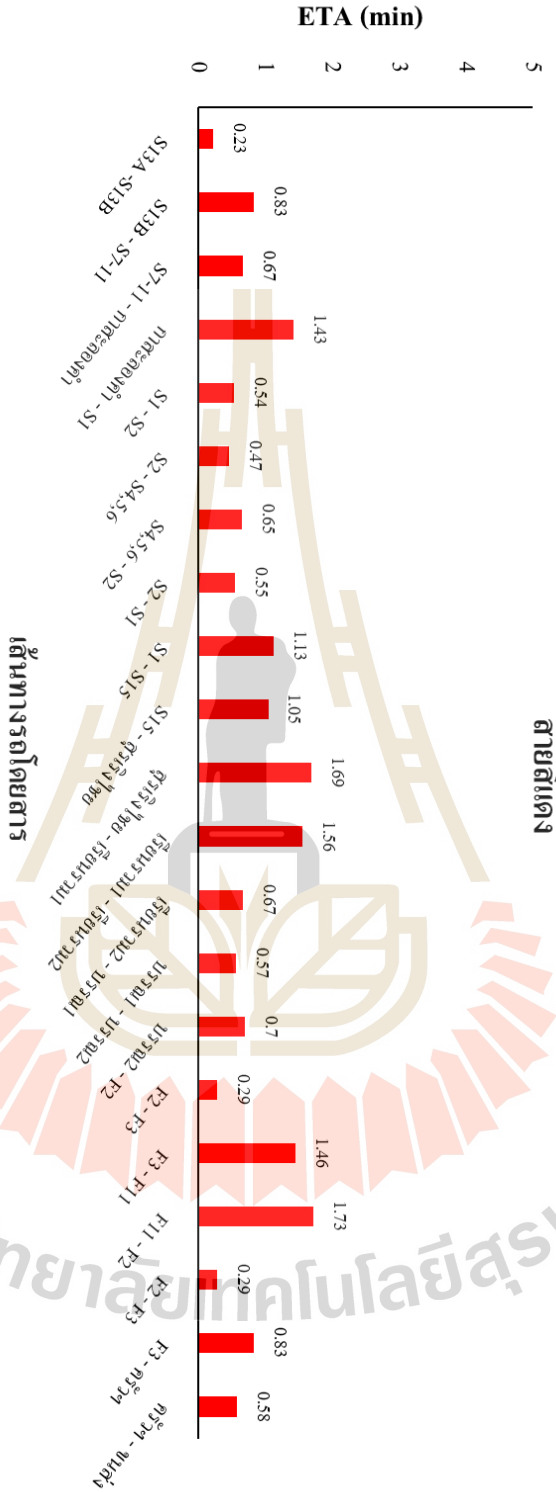

รูปที่ 4.19 เวลาที่รถโดยสารสายสีน้ำเงินใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์

### 4.4.1 เส้นทางให้บริการในเวลาปกติ



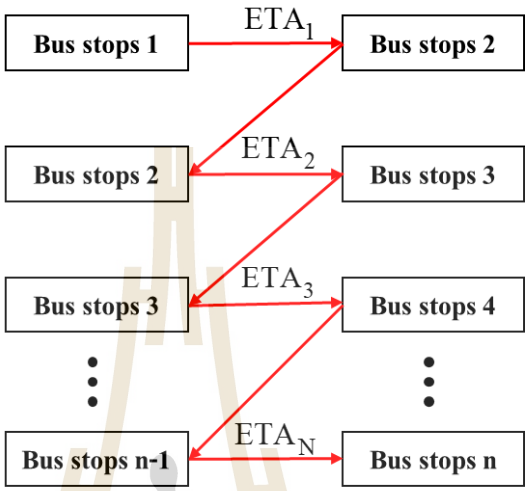

รูปที่ 4.20 เวลาที่รถโดยสารสายสีเหลืองใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี




รูปที่ 4.21 เวลาที่รถโดยสารสายสีแดงใช้ในการเดินทางก่อนปรับพารามิเตอร์

ซึ่งค่าการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร (ETA) ที่ได้มานั้นจะเป็นค่าเวลาที่รถโดยสารใช้เวลาในเดินทางแบบป้ายต่อป้ายดังรูป



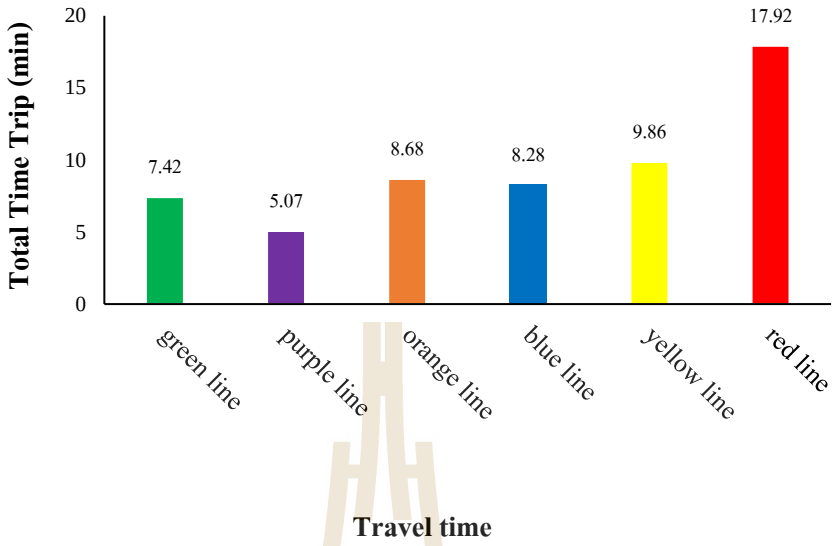

รูปที่ 4.22 แผนผังแสดงการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสาร (ETA)

ดังนั้นเวลาในการเดินทางทั้งหมดของรถโดยสาร (Total Time Trip) คือผลรวมของค่า ETA ทั้งหมดในแต่ละเส้นทางดังสมการที่ 4.3

$$\text{Total Time Trip} = \sum_{i=1}^{N} \text{ETA}_i \qquad (4.1)$$

โดยที่ N คือจำนวนของ ETA ในแต่ละเส้นทาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี




รูปที่ 4.23 เวลาทั้งหมดที่รถโดยสารใช้ในการเดินทางของแต่ละเส้นทางก่อนปรับพารามิเตอร์

จากรูปที่ 4.23 ได้ผลรวมของการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสารตลอดทั้งเส้นทางการเดินรถก่อนการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ โดยแสดงเฉพาะขาไปของแต่ละเส้นทางกรณีที่ไม่มีผู้โดยสารเป็นดังนี้

1. สายสีเขียวใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 7.42 นาที
2. สายสีม่วงใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 5.07 นาที
3. สายสีส้มใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 8.68 นาที
4. สายสีน้ำเงินใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 8.26 นาที
5. สายสีเหลืองใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 9.86 นาที
6. สายสีแดงใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 17.92 นาที

จากผลการจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงจุดจอด ยังไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจรบนถนนในสภาพการเดินรถจริง ดังนั้นจึงมีการศึกษาต่อเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเดินรถและการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสารภายใน

## 4.5 การสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการจราจร

การเก็บข้อมูลในส่วนนี้เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการจราจร เนื่องจากพารามิเตอร์ความล่าช้าที่เกิดการจะจราจร( $D_T$ ) ที่ได้มาจากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่ได้มาไม่สอดคล้องกับสภาพการจราจรบนถนนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี การตั้งกล้องที่บริเวณดังรูป 4.24 ซึ่งในจุดนี้คือถนนทางเข้าเรียนรวม1 เป็นถนนหลักที่กระแสการจราจรจากประตู 1 และ 4 ที่นักศึกษาใช้เดินทางเป็นเส้นทางหลัก ทำให้ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนพฤติกรรมจำนวนรถ และอัตราการให้บริการของถนนได้ โดยการเก็บข้อมูล ได้บันทึกวิดีโอภาพยานพาหนะและใช้การตรวจจับวัตถุนับจำนวนยานพาหนะและแยกประเภท ซึ่งจะเก็บข้อมูลทั้งในช่วงเวลาเร่งด่วนและช่วงเวลาปกติ

รูปที่ 4.24 บริเวณการเก็บข้อมูลและการนับจำนวนปริมาณการจราจร

ผลการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนและช่วงเวลาปกติดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการจราจรในช่วงเวลาให้บริการแบบเร่งด่วน

| วันที่ | ช่วงเวลา | | ชนิดรถ | | | รวม |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | หลัก | ย่อย | car | motorbike | bus&truck | |
| 7/4/2564 | 7.45-8.15 น. | 1 | 30 | 250 | 17 | 297 |
| | | 2 | 48 | 197 | 14 | 259 |
| | | 3 | 24 | 82 | 10 | 116 |
| | | 4 | 30 | 60 | 10 | 100 |
| 8/4/2564 | 8.45-9.15 น. | 1 | 38 | 377 | 5 | 420 |
| | | 2 | 49 | 241 | 4 | 294 |
| | | 3 | 52 | 138 | 2 | 192 |
| | | 4 | 35 | 94 | 8 | 137 |

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลการจราจรในช่วงเวลาให้บริการแบบปกติ

| วันที่ | ช่วงเวลา | | ชนิดรถ | | | รวม |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | หลัก | ย่อย | car | motorbike | bus&truck | |
| 7/4/2564 | 12.45-13.05 น. | 1 | 47 | 245 | 4 | 296 |
| | | 2 | 41 | 263 | 6 | 310 |
| | | 3 | 53 | 215 | 3 | 271 |
| | | 4 | 33 | 123 | 4 | 160 |
| 8/4/2564 | 9.45-10.15 น. | 1 | 52 | 263 | 1 | 316 |
| | | 2 | 60 | 386 | 3 | 449 |
| | | 3 | 44 | 218 | 2 | 264 |
| | | 4 | 23 | 106 | 3 | 132 |
| 8/4/2564 | 12.45-13.15 น. | 1 | 63 | 386 | 7 | 456 |
| | | 2 | 68 | 319 | 2 | 389 |
| | | 3 | 98 | 190 | 3 | 291 |
| | | 4 | 38 | 83 | 3 | 124 |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการจราจรเพื่อหาค่าอัตราการใช้บริการของรถบนถนนในช่วงเวลานั้นๆ และอัตราการให้บริการรถบนถนนในช่วงเวลานั้นๆ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงเวลาหลักนั้นแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลาย่อย โดยวิเคราะห์ดังนี้

1. อัตราการใช้บริการของรถ คือ ผลรวมของจำนวนยานพาหนะในช่วงเวลาหลักนั้นๆ จากตารางที่ 4.3 ในวันที่ 7/4/2564 ช่วงเวลา 7.45 - 8.15 น. ผลรวมของยานพาหนะคือ 772 คัน ดังนั้น อัตราการมาใช้บริการคือ 25.73 คันต่อนาที

2. อัตราการให้บริการของถนน คือ จำนวนยานพาหนะที่ถนนสามารถรองรับการใช้งานได้ในช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากจำนวนยานพาหนะในช่วงเวลาย่อยที่เยอะที่สุดในช่วงเวลาหลักนั้นๆ คูณด้วยจำนวนของช่วงเวลาย่อยในที่นี้คือ 4 จากตารางที่ 4.3 ในวันที่ 7/4/2564 ช่วงเวลา 7.45 – 8.15 น. จำนวนยานพาหนะที่เยอะที่สุดในช่วงเวลาย่อยคือช่วงเวลาย่อยที่ 1 คือ 297 คัน จำนวนยานพาหนะที่ถนนสามารถรองรับได้คือ 287×4=1188 คัน ดังนั้น อัตราการให้บริการในวันที่ 7/4/2564 ช่วงเวลา 7.45 – 8.15 น. คือ 1188/30=39.6 คันต่อนาที ดังนั้น ในช่วงเวลาเร่งด่วน อัตราการใช้บริการเฉลี่ย เท่ากับ 30.25 คันต่อนาที อัตราการให้บริการเฉลี่ย เท่ากับ 47.80 คันต่อนาที ในช่วงเวลาปกติ อัตราการใช้บริการเฉลี่ย เท่ากับ 44.18 คันต่อนาที อัตราการให้บริการเฉลี่ย เท่ากับ 60.89 คันต่อนาที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 4.6 การจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงจุดจอดหลังปรับพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรจริง

การประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสารหลังจากการปรับพารามิเตอร์ความล่าช้าที่เกิดการจราจร ( $D_T$ ) เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรบนถนนในมหาวิทยาลัยเป็นดังในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงจุดจอดหลังปรับ

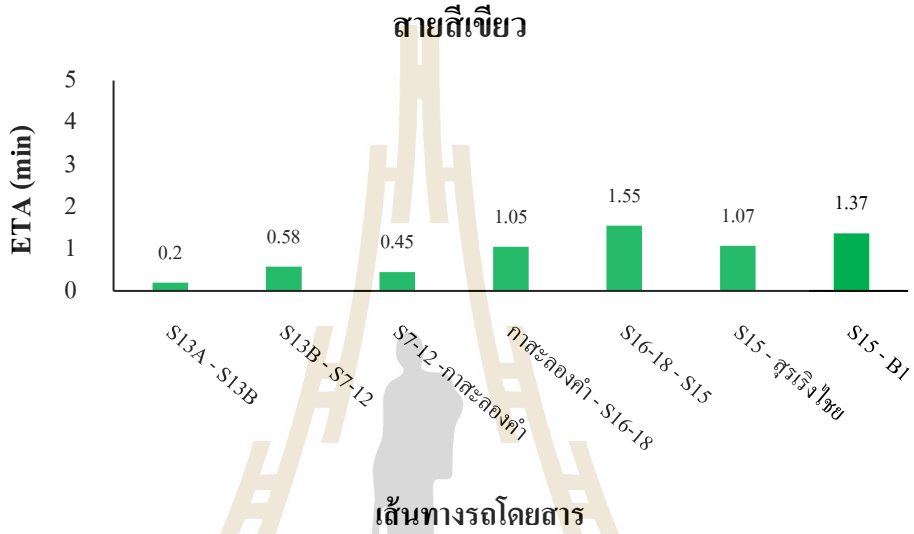
| **Parameters** | **Mean** | **Value** | **Unit** |
|---|---|---|---|
| **N** | Number of passengers | 0 | person |
| **d** | Average delay per person | 2.7 | Sec/person |
| **v** | Average speed of bus | 40 | Km/hr |
| **s** | Distance between bus stop | ขึ้นอยู่กับเส้นทางรถโดยสาร | m |
| **n** | number of intersections | ขึ้นอยู่กับเส้นทางรถโดยสาร | intersections |
| $\mu$ | Average service rate of the road | Peak = 47.80<br>Normal = 60.89 | Veh/min |
| $\lambda$ | Average arrival rate of the road | Peak = 30.25<br>Normal = 44.18 | Veh/min |
| **Query time** | Delays in retrieving data from server | 10 | ms |

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

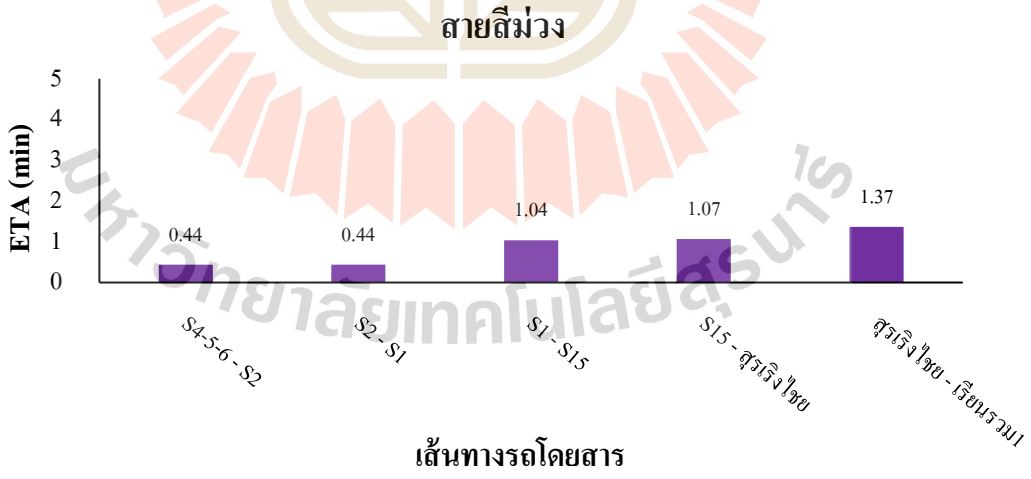
## 4.7 การจำลองแบบการประมาณเวลามาถึงป้ายจุดจอดหลังปรับพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรจริง

ผลการจำลองหลังจากทำการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรจริง

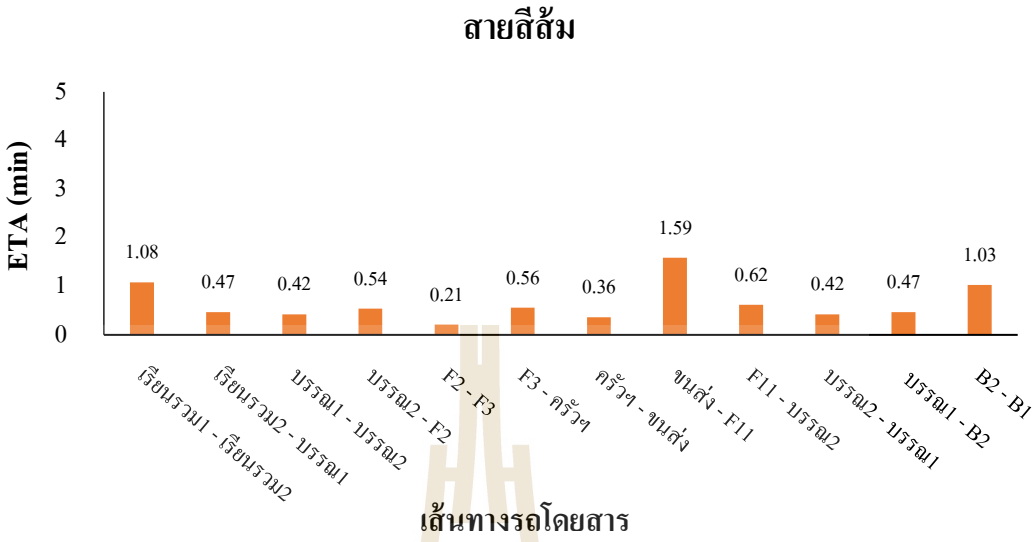
### 4.7.1 เส้นทางให้บริการในชั่วโมงเร่งด่วน




รูปที่ 4.25 เวลาที่รถโดยสารสายสีเขียวใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์

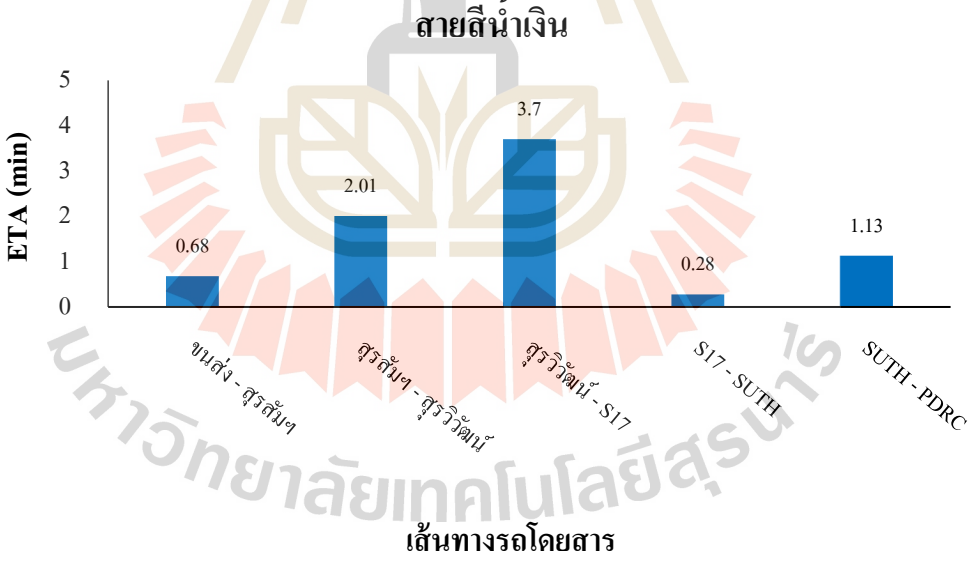



รูปที่ 4.26 เวลาที่รถโดยสารสายสีม่วงใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์



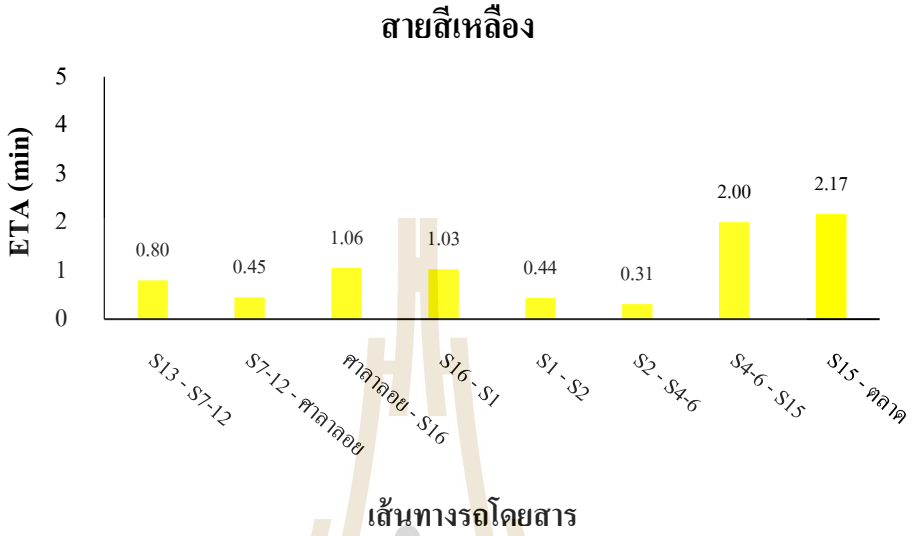

รูปที่ 4.27 เวลาที่รถโดยสารสายสีส้มใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์

### 4.7.2 เส้นทางให้บริการทั้งชั่วโมงเร่งด่วนและเวลาปกติ



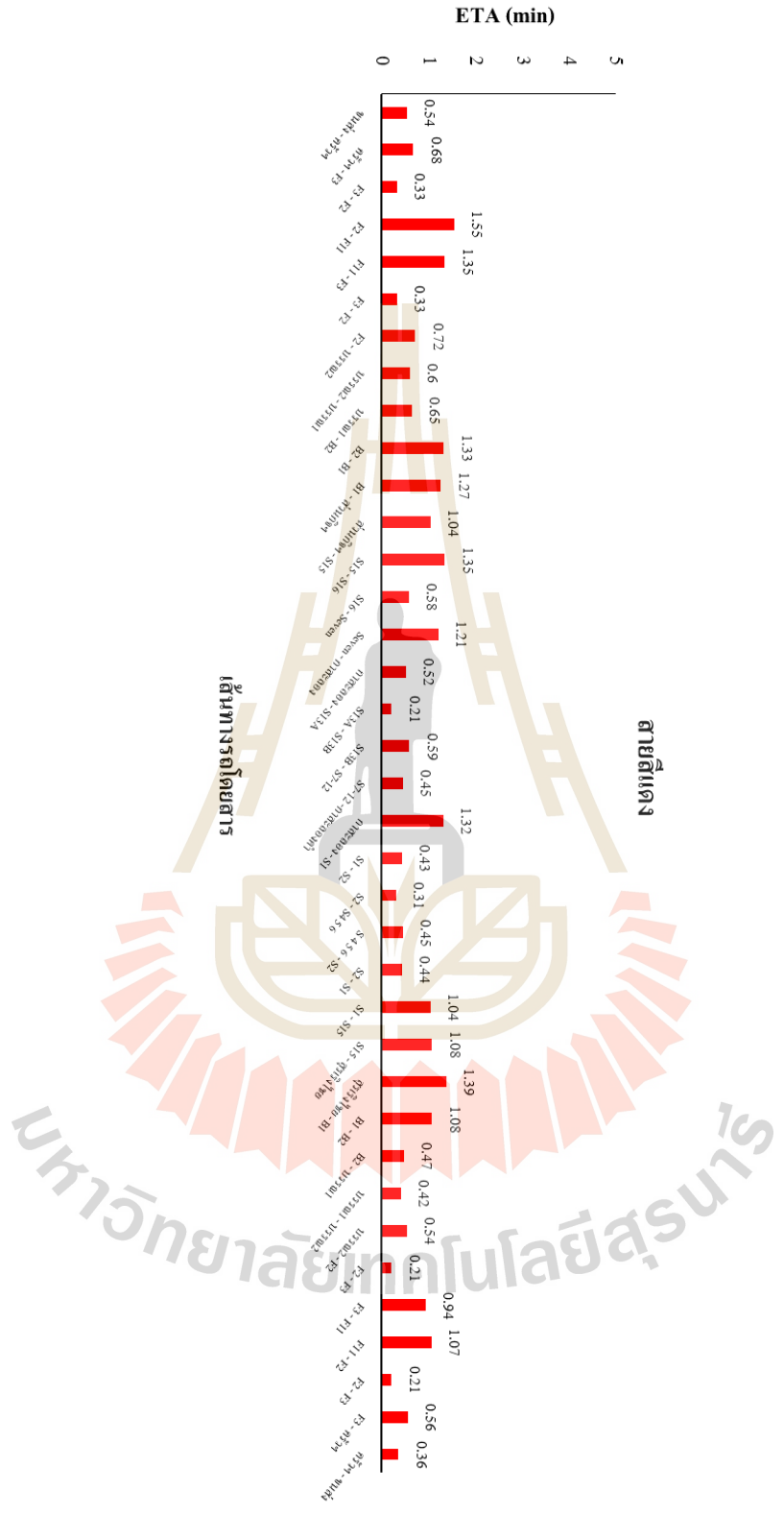

รูปที่ 4.28 เวลาที่รถโดยสารสายสีน้ำเงินใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์

### 4.7.3 เส้นทางให้บริการในเวลาปกติ

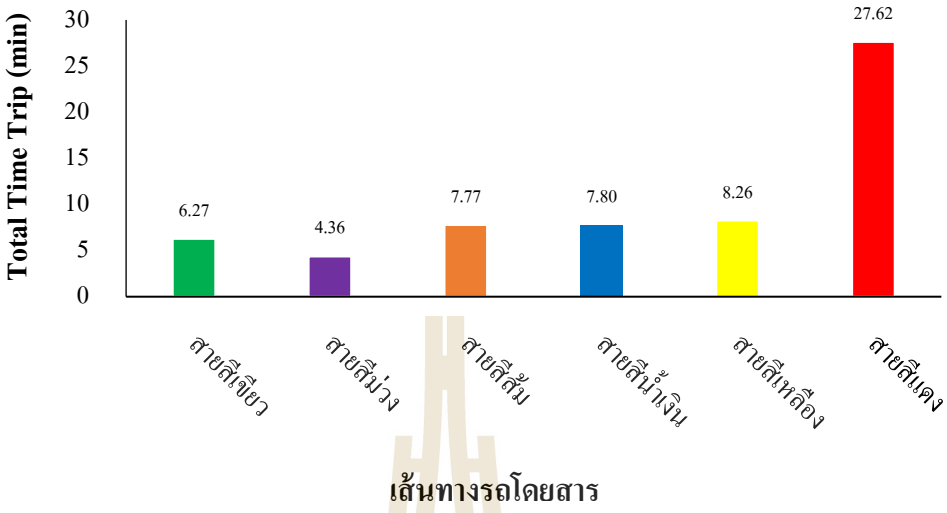



รูปที่ 4.29 เวลาที่รถโดยสารสายสีเหลืองใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี




รูปที่ 4.30 เวลาที่รถโดยสารสายสีแดงใช้ในการเดินทางหลังปรับพารามิเตอร์




รูปที่ 4.31 เวลาทั้งหมดที่รถโดยสารใช้ในการเดินทางของแต่ละเส้นทางหลังปรับพารามิเตอร์

จากรูปที่ 4.31 ได้ผลรวมของการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสารตลอดทั้งเส้นทางการเดินรถหลังการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรจริงของแต่ละเส้นทางกรณีที่ไม่มีที่ผู้โดยสารเป็นดังนี้

1. สายสีเขียวใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 6.27 นาที
2. สายสีม่วงใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 4.36 นาที
3. สายสีส้มใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 7.77 นาที
4. สายสีน้ำเงินใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 7.80 นาที
5. สายสีเหลืองใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 8.26 นาที
6. สายสีแดงใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 27.62 นาที

ซึ่งสายสีส้มมีการเปลี่ยนแปลงเส้นทางการเดินรถใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 4.8 การสำรวจข้อมูลโดยการวัดจริงของระบบขนส่งสาธารณะ

การสำรวจข้อมูลโดยการลงพื้นที่วัดจริงเพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวัดมาพัฒนาแบบจำลองและนำข้อมูลที่ได้มาเพื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง โดยการเก็บข้อมูลในส่วนนี้ได้ความร่วมมือจากนักศึกษาในรายวิชาการวัด ช่วยเก็บข้อมูล ซึ่งในการวัดได้แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มละ 3 คน ขึ้นไปเก็บข้อมูลอยู่บนตัวรถโดยสาร โดยนั่งวัดตามตำแหน่งดังรูปที่ 4.32 ซึ่งแต่ละคนจะมีหน้าที่ดังนี้

คนที่ 1 วัดข้อมูลเกี่ยวกับผู้โดยสารที่ขึ้นรถ

คนที่ 2 วัดข้อมูลเกี่ยวกับผู้โดยสารที่ลงรถ

คนที่ 3 วัดข้อมูลเกี่ยวกับเวลาที่รถใช้ในการเดินทาง

รูปที่ 4.32 ตำแหน่งสำหรับการเก็บข้อมูลบนตัวรถโดยสาร

### 4.8.1 เครื่องมือวัดเวลาการเดินทางของรถโดยสาร

เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลของเวลาการเดินทางของรถและผู้โดยสาร คือ ตารางการบันทึกผลดังรูป 4.33 อ้างอิงตามแบบการวัดของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.)[16]

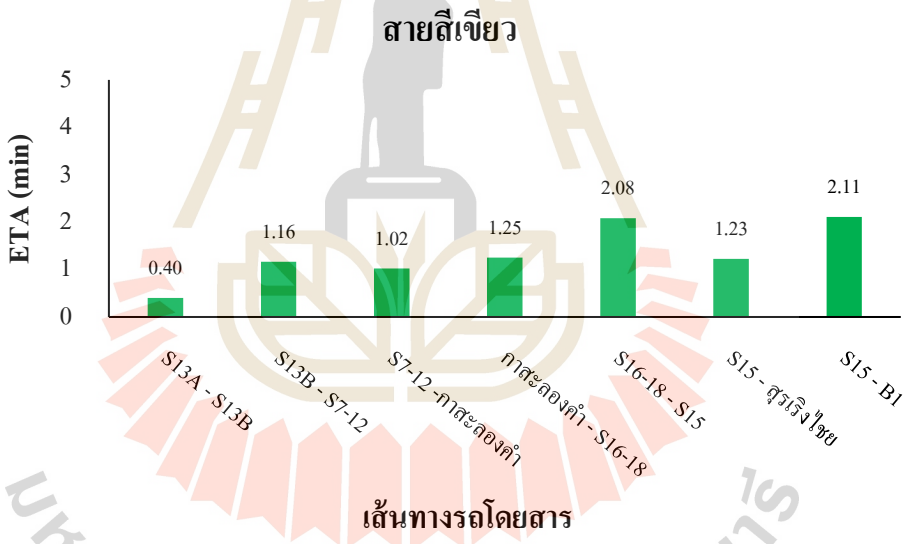
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

| ป้าย โดยสาร | เวลาที่รถมาถึงป้าย (A) | เวลาที่รถออกจากป้าย (B) | เวลาใช้ในการจอด (วินาที) | เวลาที่คนใช้ (วินาที) | | จำนวนผู้โดยสาร (คน) | | | Average Delay per persons | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เวลาจริง | เวลาจริง | | ขึ้น (D) | ลง(E) | ขึ้น(F) | ลง(G) | คงเหลือ | H = D/F (วินาทีต่อคนขึ้น) | I = E/G (วินาทีต่อคนลง) |
| ขนส่ง | 15:57 | 15:58 | 58.21 | 4.20 | - | 2 | - | 2 | 2.1 | - |
| ครัวท่านท้าว | 15:59 | 15:59 | - | - | - | - | - | 2 | - | - |
| F3,5,6 | 16:01 | 16:01 | 11.28 | 11.28 | - | 4 | - | 6 | 2.82 | - |
| F1,2,4 | 16:03 | 16:03 | 5.7 | 5.7 | - | 3 | - | 9 | 1.90 | - |
| F9-12 | 16:03 | 16:04 | 2.12 | 2.12 | - | 1 | - | 10 | 2.12 | - |
| F3,5,6 | 16:05 | 16:05 | - | - | - | - | - | 10 | - | - |

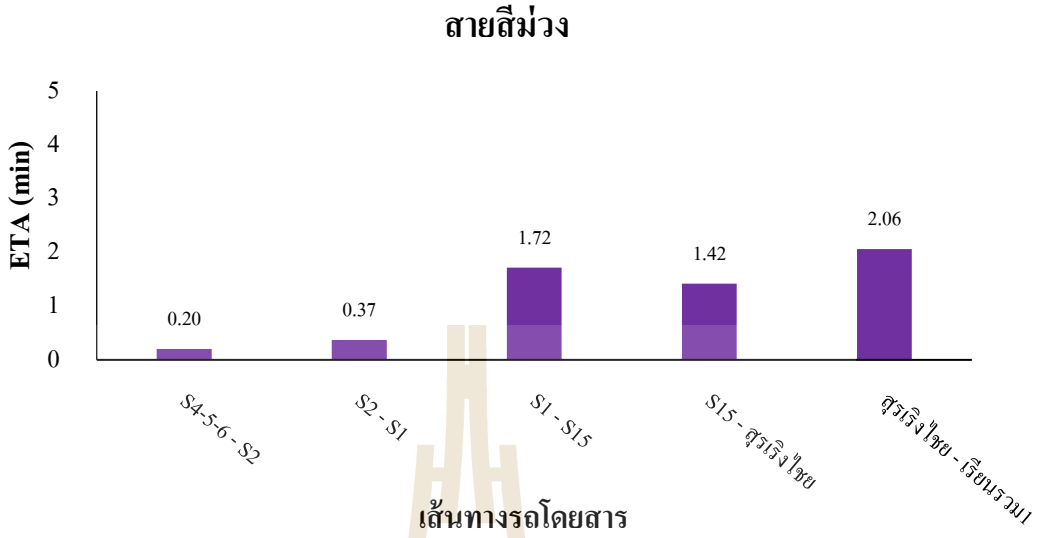
รูปที่ 4.33 ตัวอย่างตารางการเก็บข้อมูลเวลาการเดินทางของรถและผู้โดยสาร

## 4.9 ผลการสำรวจข้อมูลโดยการวัดจริง

### 4.9.1 เส้นทางให้บริการในชั่วโมงเร่งด่วน

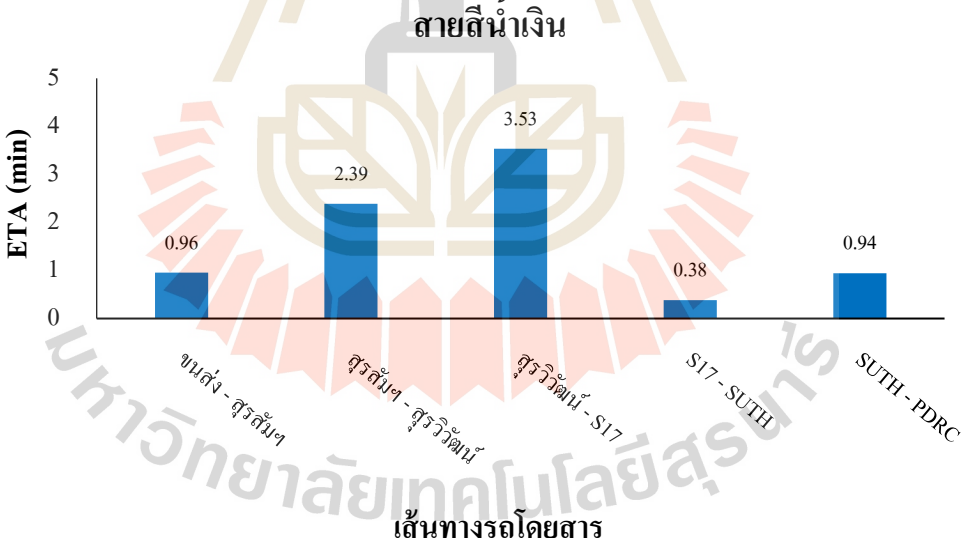



รูปที่ 4.34 เวลาที่รถโดยสารสายสีเขียวใช้ในการเดินทางจากการวัดจริง



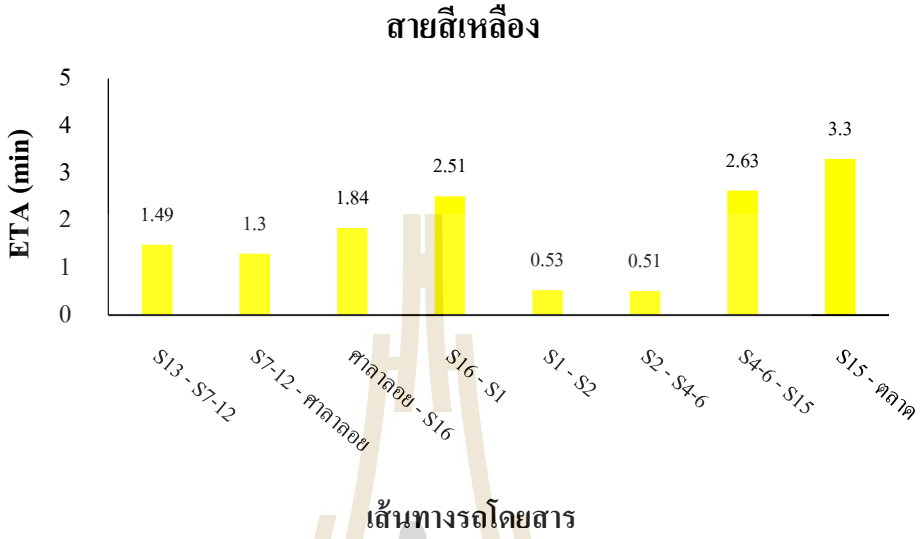

รูปที่ 4.35 เวลาที่รถโดยสารสายสีม่วงใช้ในการเดินทางจากการวัดจริง

### 4.9.2 เส้นทางให้บริการทั้งชั่วโมงเร่งด่วนและเวลาปกติ



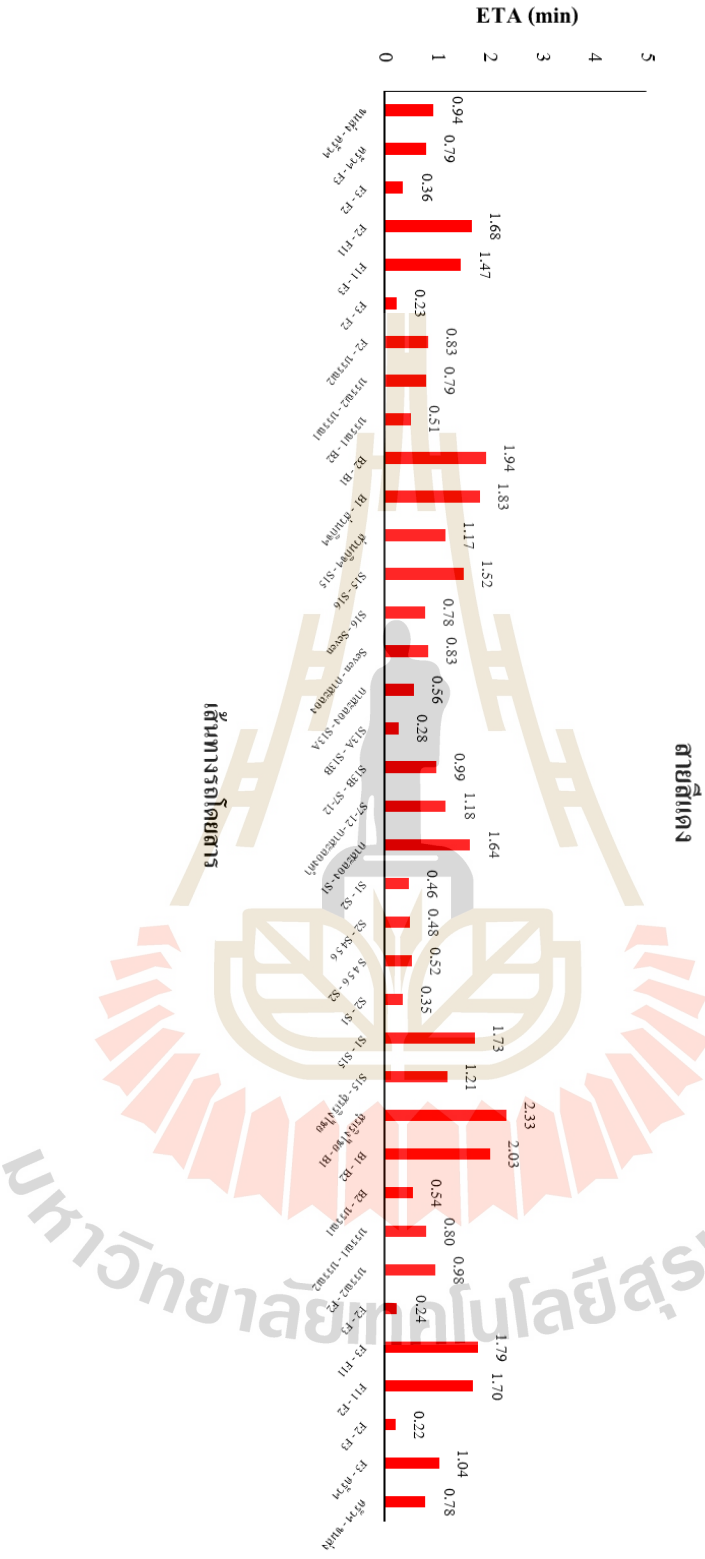

รูปที่ 4.36 เวลาที่รถโดยสารสายสีน้ำเงินใช้ในการเดินทางจากการวัดจริง

### 4.9.3 เส้นทางให้บริการในเวลาปกติ

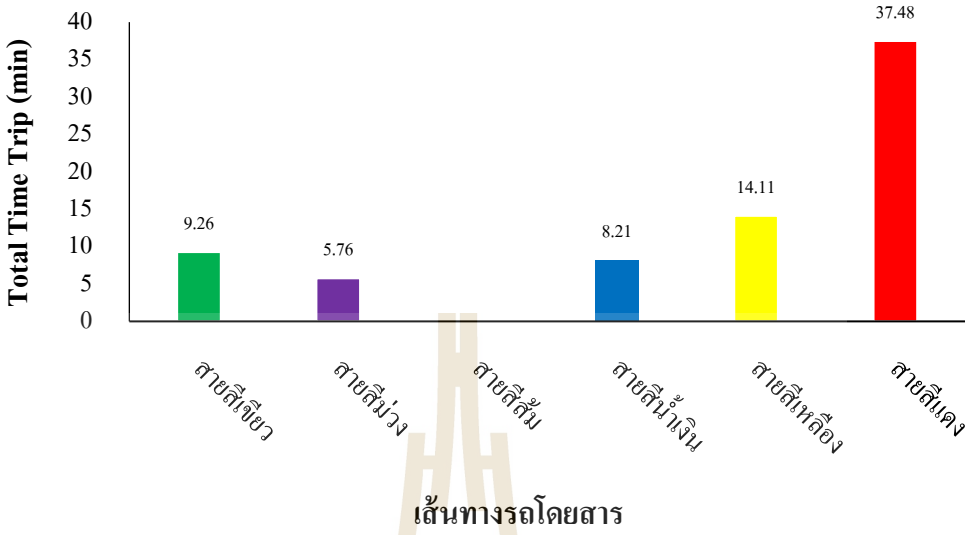



รูปที่ 4.37 เวลาที่รถโดยสารสายสีเหลืองใช้ในการเดินทางจากการวัดจริง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี




รูปที่ 4.38 เวลาที่รถโดยสารสายสีแดงใช้ในการเดินทางจากการวัดจริง




รูปที่ 4.39 เวลาทั้งหมดที่รถโดยสารใช้ในการเดินทางของแต่ละเส้นทางจากการวัดจริง

จากรูปที่ 4.39 ผลรวมของการประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสารตลอดทั้งเส้นทางการเดินรถหลังการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ ของแต่ละเส้นทางกรณีที่ไม่มีที่ผู้โดยสารเป็นดังนี้

1. สายสีเขียวใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 9.26 นาที
2. สายสีม่วงใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 5.76 นาที
3. สายสีส้มใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ - นาที
4. สายสีน้ำเงินใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 8.21 นาที
5. สายสีเหลืองใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 14.11 นาที
6. สายสีแดงใช้เวลาเดินรถทั้งหมดอยู่ที่ 37.48 นาที

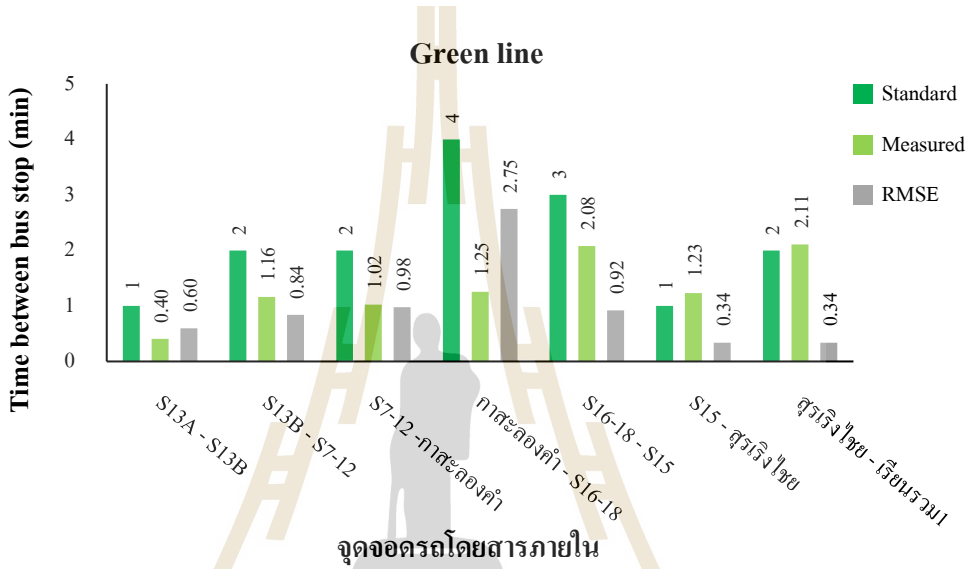
เนื่องจากสายสีส้มมีการเปลี่ยนแปลงเส้นทางใหม่ และเกิดการระบาดของโรคโควิด19 ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลของสายสีส้มได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 4.10 การตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

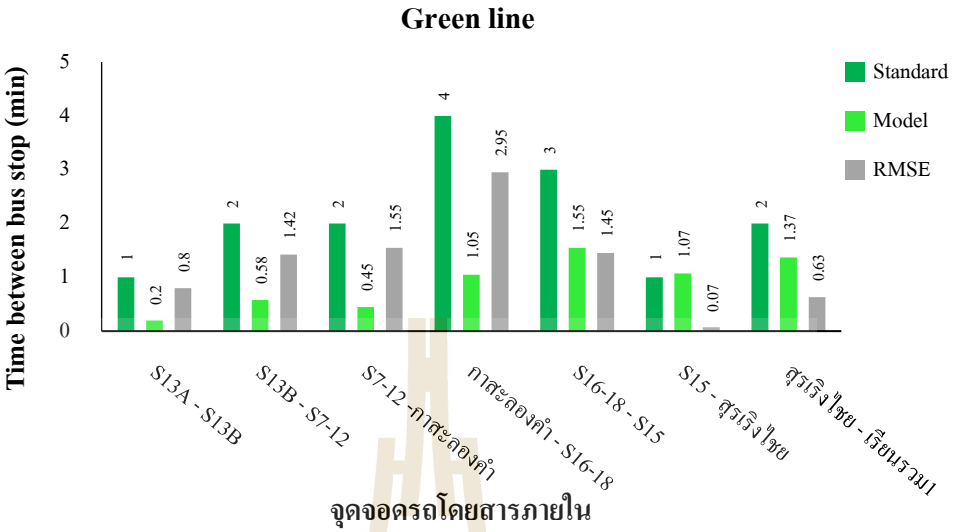
ในส่วนนี้แสดงการเปรียบเทียบของการประมาณเวลามาถึงป้ายจุดจอดโดยจะนำผลของแบบจำลอง ผลของการวัดจริง และตารางเวลาการเดินมาเปรียบเทียบกันโดยใช้ รากที่สองของค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE)

### 4.10.1 สายสีเขียว

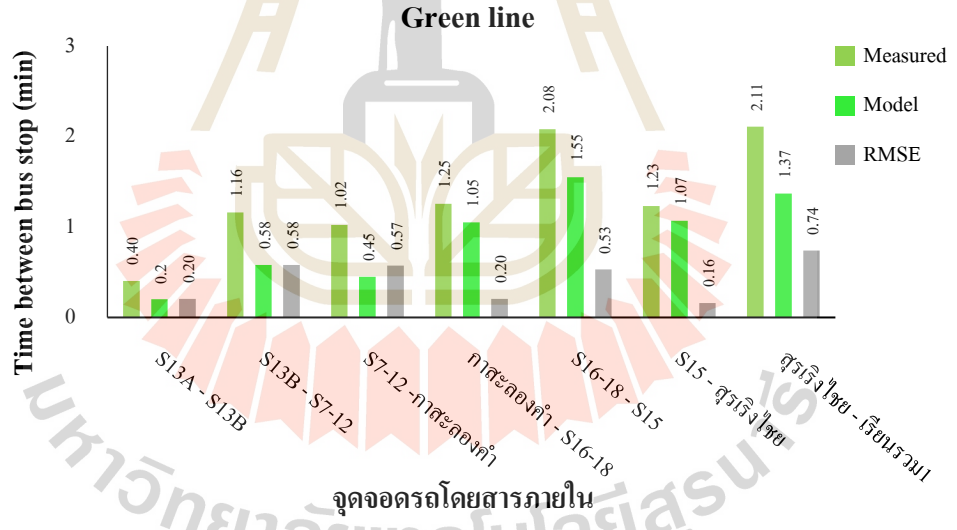



รูปที่ 4.40 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีเขียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



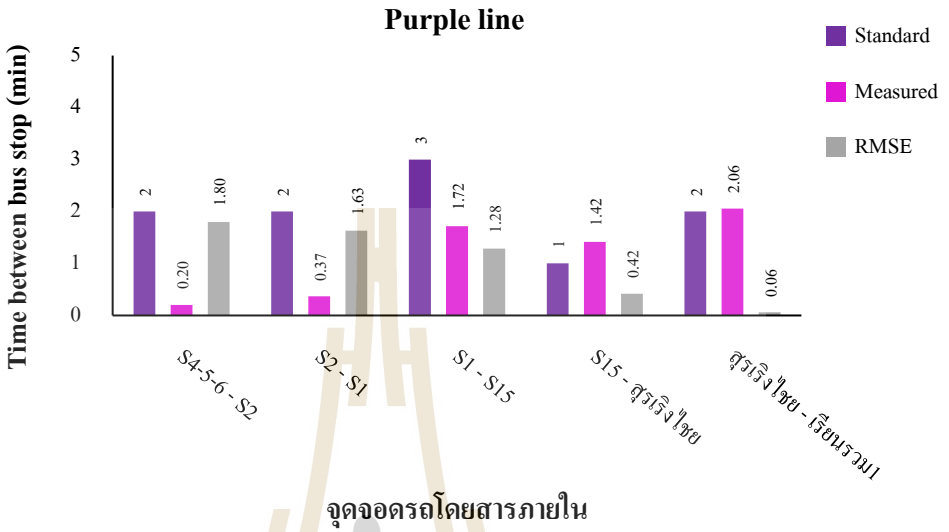

รูปที่ 4.41 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีเขียว



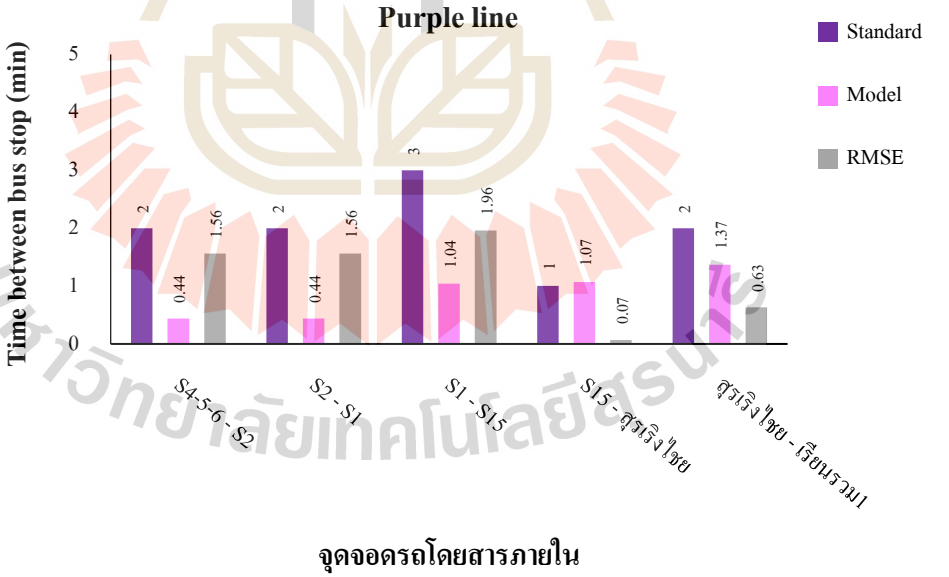

รูปที่ 4.42 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีเขียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

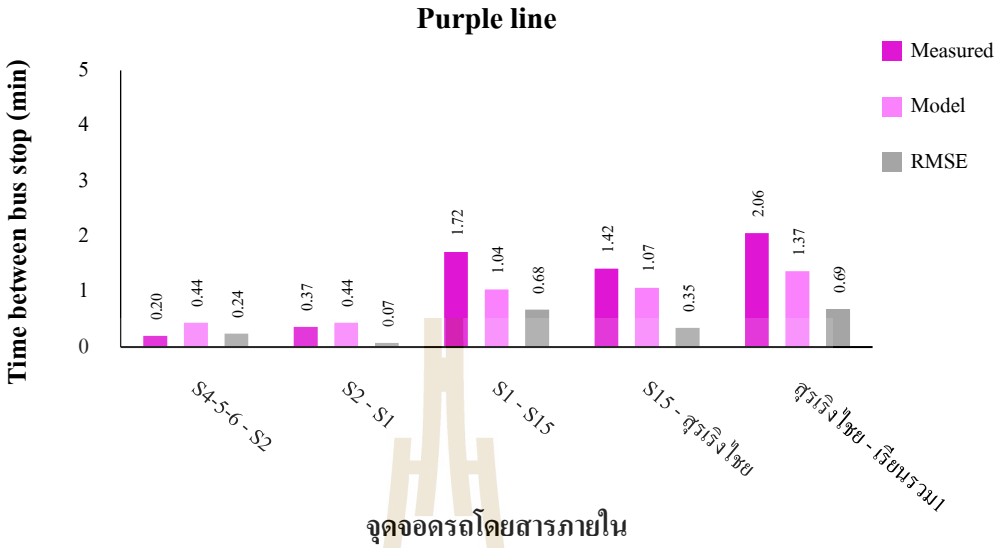
### 4.10.2 สายสีม่วง




รูปที่ 4.43 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีม่วง



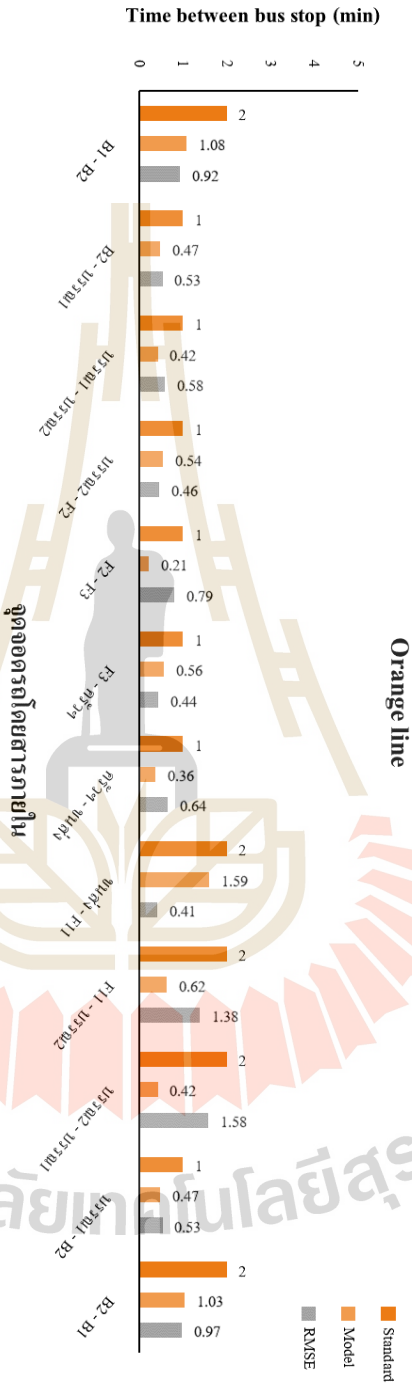

รูปที่ 4.44 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีม่วง




รูปที่ 4.45 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีม่วง

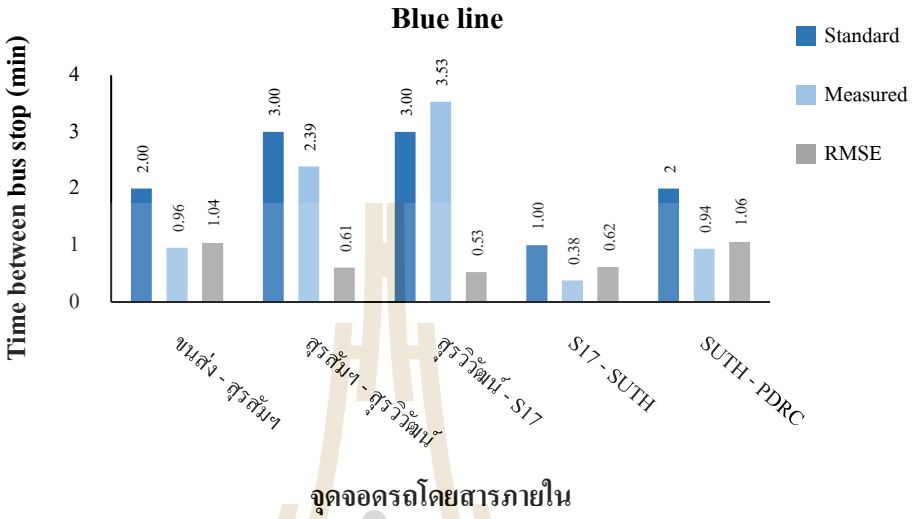
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### 4.10.3 สายสีส้ม

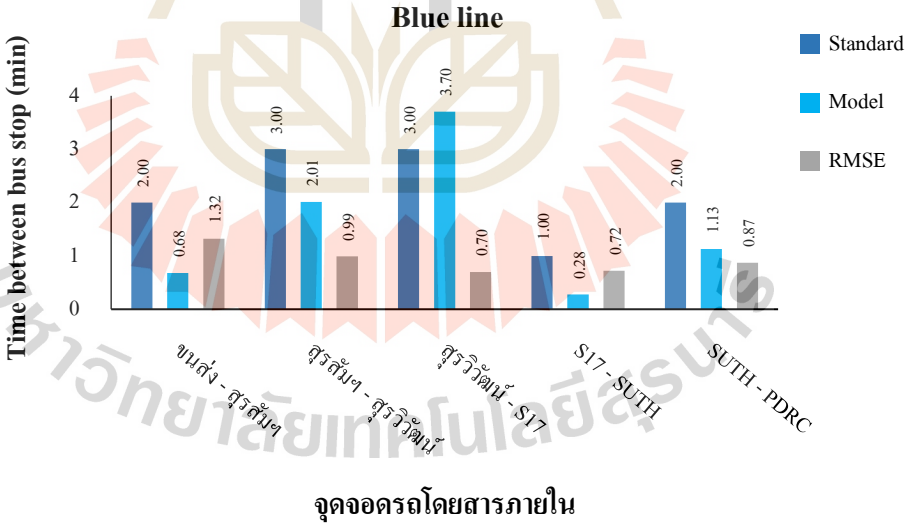



รูปที่ 4.46 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีส้ม

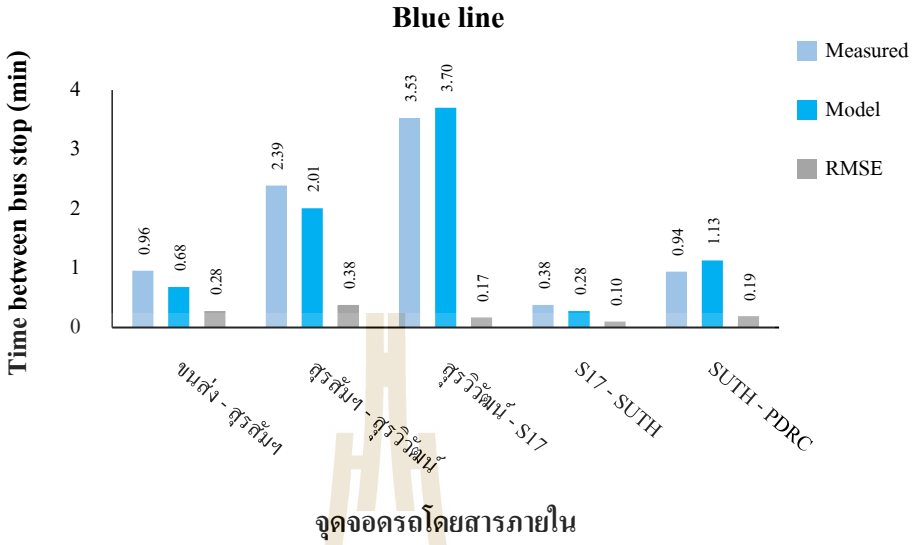
### 4.10.4 สายสีน้ำเงิน




รูปที่ 4.47 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีน้ำเงิน

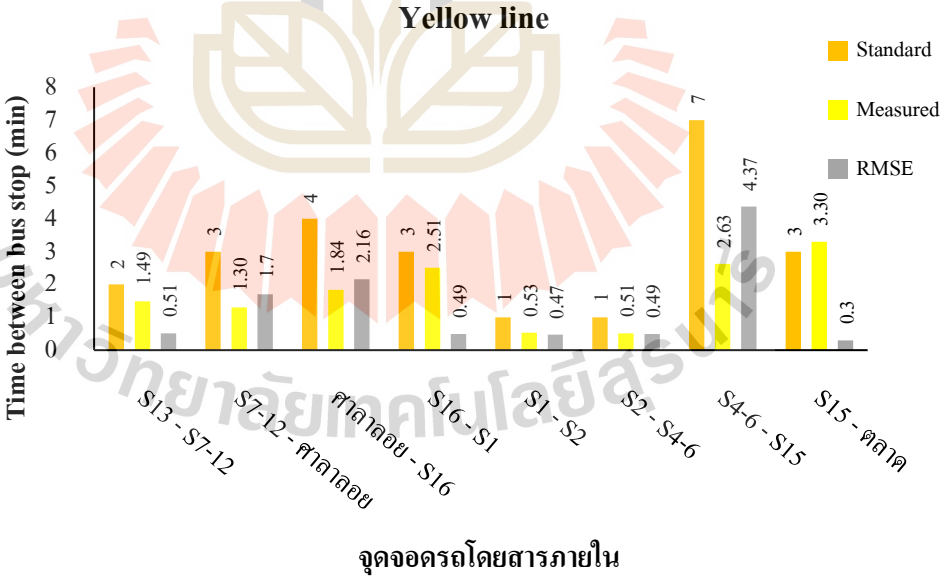



รูปที่ 4.48 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีน้ำเงิน

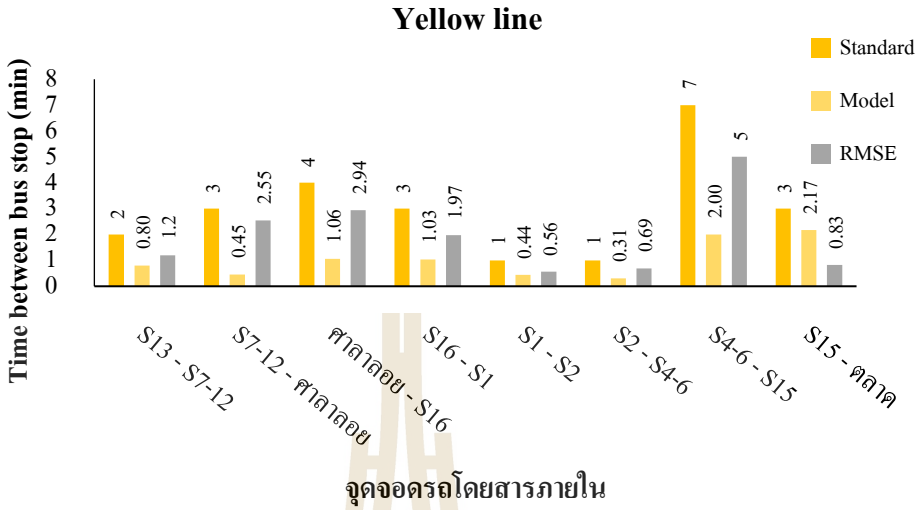



รูปที่ 4.49 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีน้ำเงิน

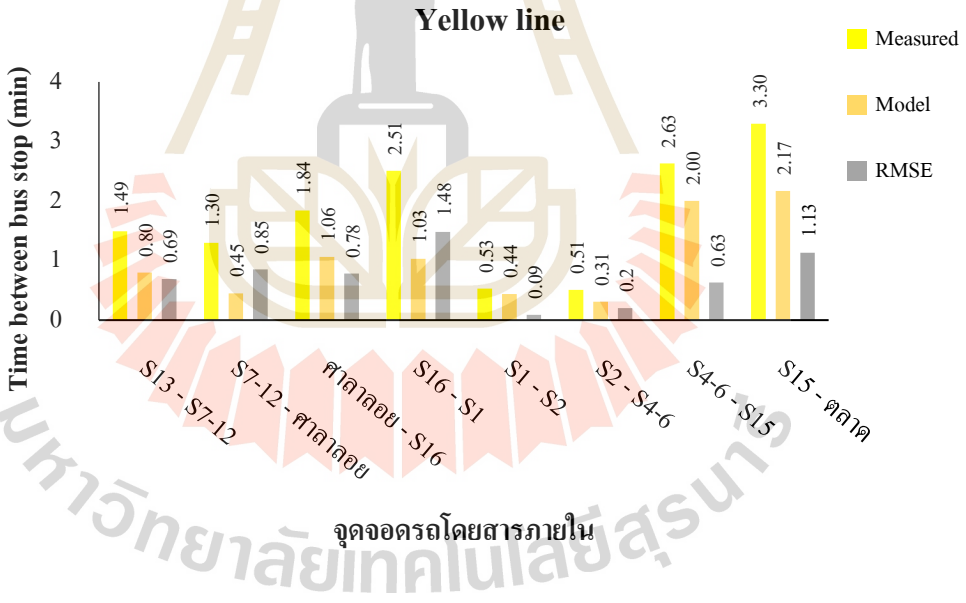
### 4.10.5 สายสีเหลือง




รูปที่ 4.50 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีเหลือง



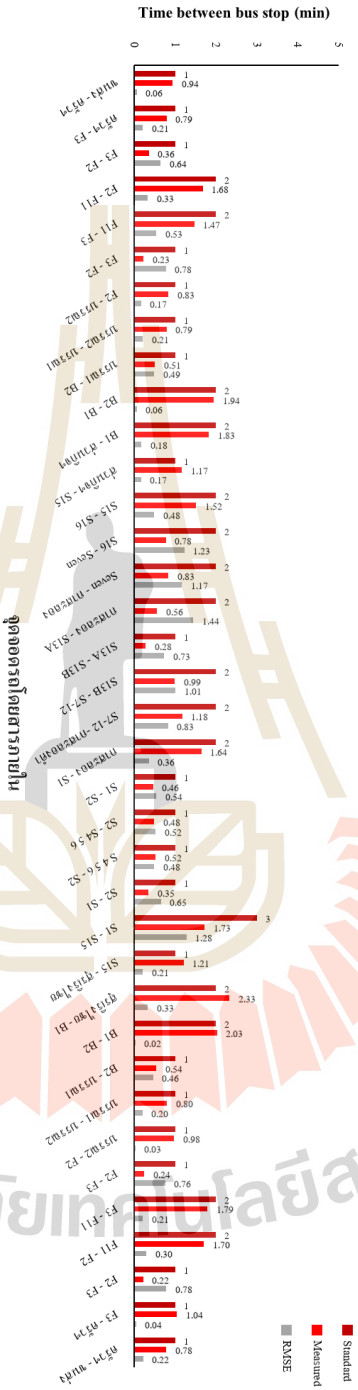

รูปที่ 4.51 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีเหลือง




รูปที่ 4.52 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีเหลือง

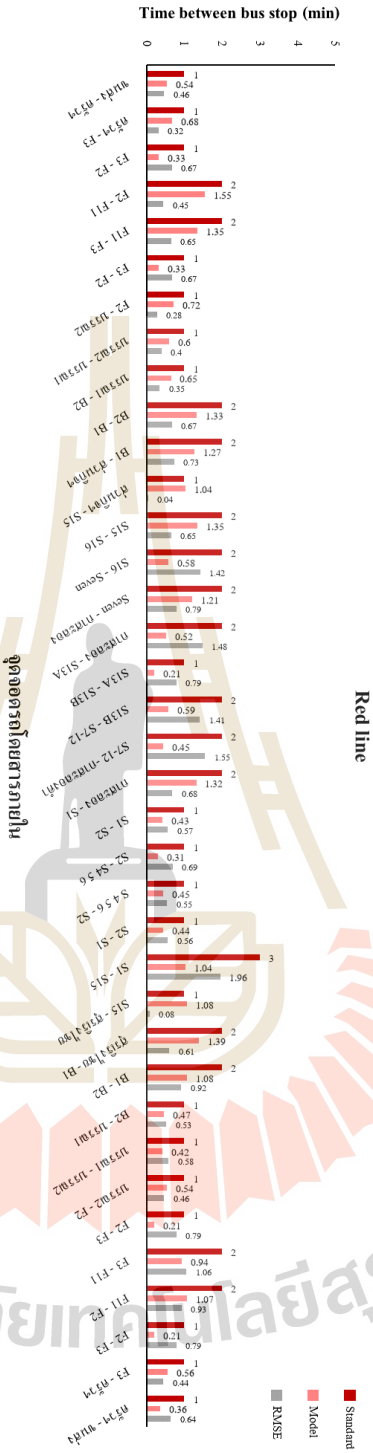
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### 4.10.6 สายสีแดง



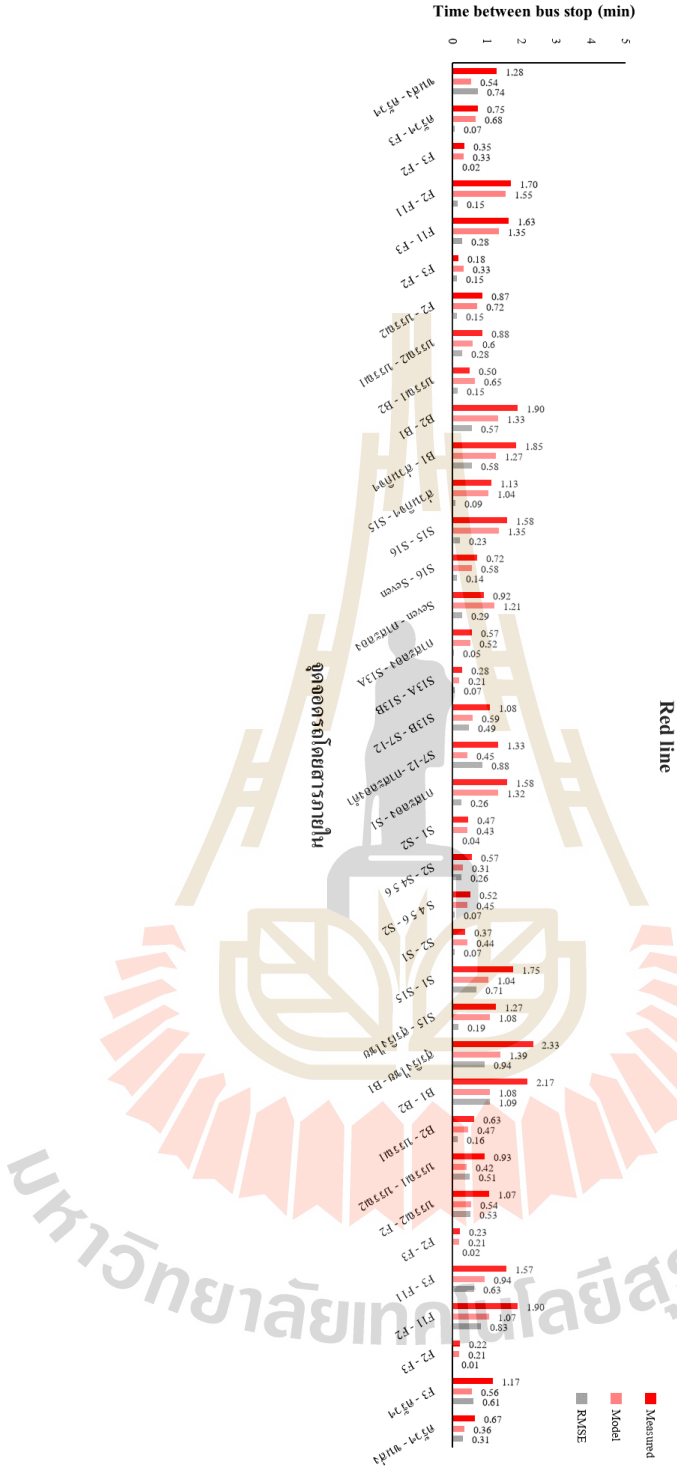

รูปที่ 4.53 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ของสายสีแดง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี




รูปที่ 4.54 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีแดง

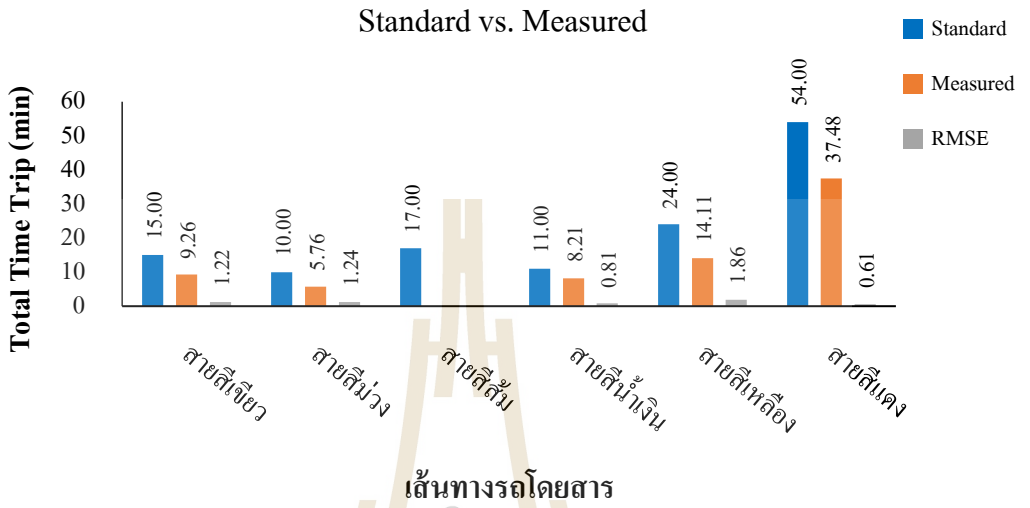
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี




รูปที่ 4.55 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ของสายสีแดง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 4.11 ผลรวมของการเปรียบเทียบ

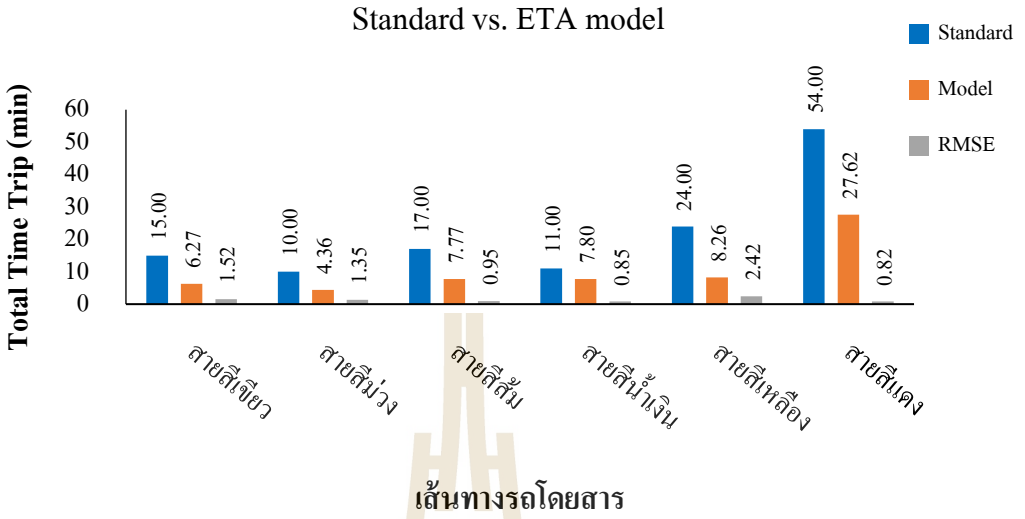



รูปที่ 4.56 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling Timetable) กับผลการวัดจริง (Real-time Measurement) ทุกเส้นทาง

จากรูปที่ 4.56 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถกับผลจากการวัดจริง ค่าของรากที่สองของค่าความผิดพลาดเฉลี่ยยกกำลังสอง หรือ RMSE เป็นดังนี้

1. สายสีเขียวมีค่าอยู่ที่ 1.22 นาที
2. สายสีม่วงมีค่าอยู่ที่ 1.24 นาที
3. สายสีส้มมีค่าอยู่ที่ - นาที
4. สายสีน้ำเงินมีค่าอยู่ที่ 0.81 นาที
5. สายสีเหลืองมีค่าอยู่ที่ 1.86 นาที
6. สายสีแดงมีค่าอยู่ที่ 0.61 นาที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

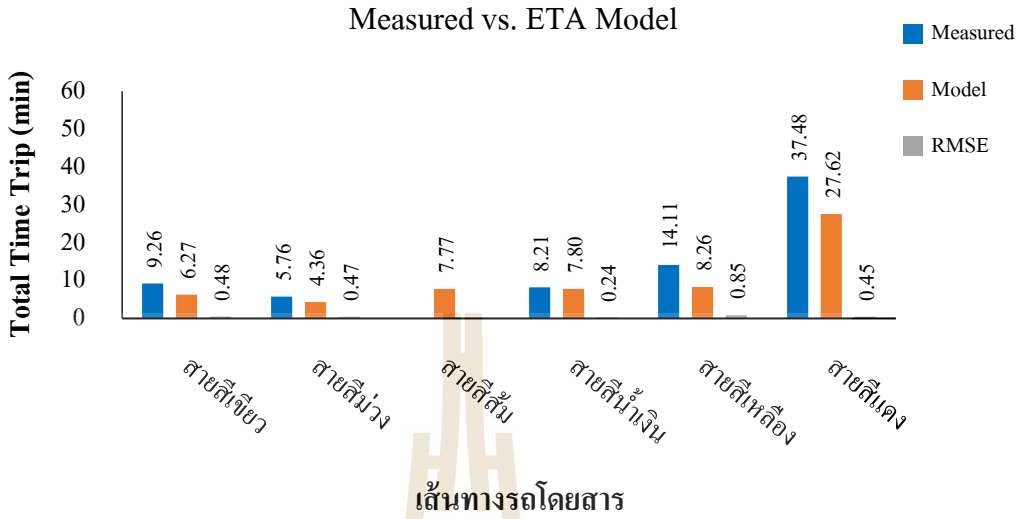



รูปที่ 4.57 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถ (Standard Bus Scheduling) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ทุกเส้นทาง

จากรูปที่ 4.57 ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถกับผลจากการ จำลองแบบ ค่าของรากที่สองของค่าความผิดพลาดเฉลี่ยยกกำลังสอง หรือ RMSE เป็นดังนี้

1. สายสีเขียวมีค่าอยู่ที่ 1.52 นาที
2. สายสีม่วงมีค่าอยู่ที่ 1.35 นาที
3. สายสีส้มมีค่าอยู่ที่ 0.95 นาที
4. สายสีน้ำเงินมีค่าอยู่ที่ 0.85 นาที
5. สายสีเหลืองมีค่าอยู่ที่ 2.42 นาที
6. สายสีแดงมีค่าอยู่ที่ 0.82 นาที

ผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถกับผลจากการวัดจริง และผลการเปรียบเทียบระหว่างตารางเดินรถกับผลจากการจำลองแบบ ระยะเวลาที่รถโดยสารใช้ในการเดินทางตลอดทั้งเส้นทาง ค่าเวลาของตารางเดินรถจะมีค่ามากกว่านั้น เป็นการเผื่อเวลาเพื่อให้พนักงานขับรถมีเวลาในการจัดการกับกิจกรรมต่างๆ อย่างเช่น การกดป้ายเปลี่ยนเส้นทาง เพื่อลดเกิดความเครียดจากการขับรถ ซึ่งความเครียดนั้นมีผลต่อการขับขี่ของพนักงานขับรถ อาจเป็นผลทำให้เกิดอุบัติเหตุได้




รูปที่ 4.58 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการวัดจริง (Real-time Measurement) กับแบบจำลอง (Proposed Model) ทุกเส้นทาง

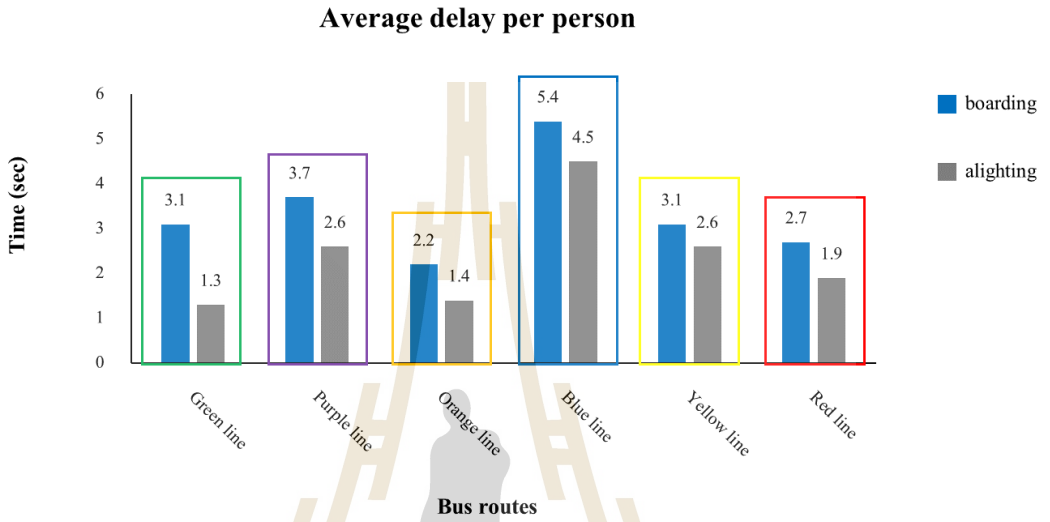
จากรูปที่ 4.58 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลจากการวัดจริงกับผลจากการจำลองแบบ ค่าของรากที่สองของค่าความผิดพลาดเฉลี่ยยกกำลังสอง หรือ RMSE เป็นดังนี้

1. สายสีเขียวมีค่าอยู่ที่ 0.48 นาที
2. สายสีม่วงมีค่าอยู่ที่ 0.47 นาที
3. สายสีส้มมีค่าอยู่ที่ - นาที
4. สายสีน้ำเงินมีค่าอยู่ที่ 0.24 นาที
5. สายสีเหลืองมีค่าอยู่ที่ 0.85 นาที
6. สายสีแดงมีค่าอยู่ที่ 0.45 นาที

ผลของค่าเวลาทั้ง 2 อย่าง แตกต่างกันนั้น โดยที่ค่าเวลาจากการวัดนั้นมีค่าเวลามากกว่า เนื่องจากความเร็วของตัวรถโดยสารในตอนที่วัดไม่ได้ใช้ความเร็วที่ 40 กม/ชม. เนื่องความจากเร็วจะลดลงจากการที่รถเลี้ยวบ้าง หรือการชะลอความเร็วเพื่อเข้าป้ายจุดจอด เป็นต้น

## 4.12 เวลาความล่าช้าเฉลี่ยของผู้โดยสาร

เวลาที่ผู้โดยสารใช้ขึ้น-ลงรถโดยสารที่บริเวณป้ายจุดจอดผลที่ได้จากการสำรวจเก็บข้อมูลทั้ง 6 เส้นทาง ดังรูปที่ 4.59



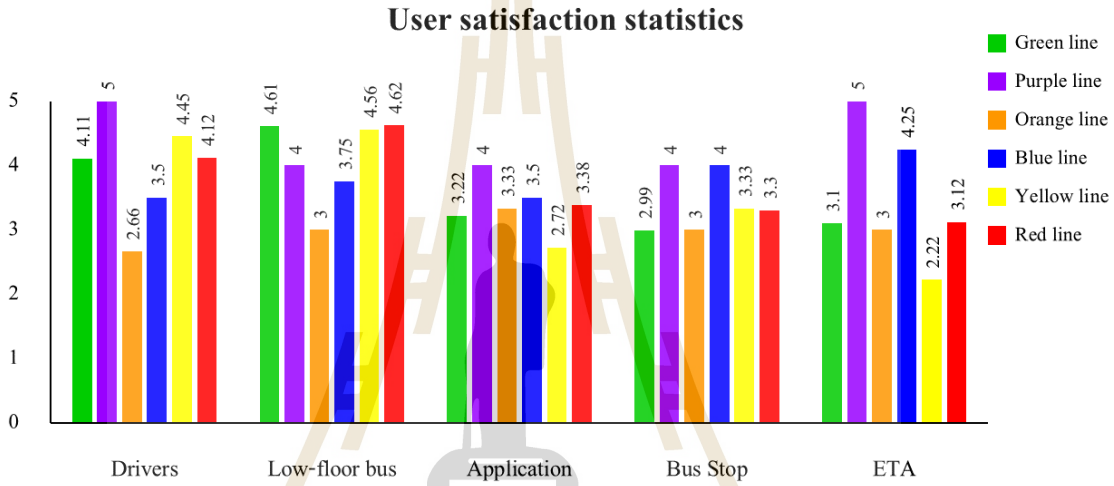

รูปที่ 4.59 เวลาที่ผู้โดยสารใช้ขึ้น-ลงรถโดยสาร

ผู้โดยสารสายสีเขียวใช้เวลาขึ้นรถเฉลี่ยอยู่ที่ 3.1 วินาที ลงรถเฉลี่ยอยู่ที่ 1.3 วินาที ผู้โดยสารสายสีม่วงใช้เวลาขึ้นรถเฉลี่ยอยู่ที่ 3.7 วินาที ลงรถเฉลี่ยอยู่ที่ 2.6 วินาที ผู้โดยสารสายสีส้มใช้เวลาขึ้นรถเฉลี่ยอยู่ที่ 2.2 วินาที ลงรถเฉลี่ยอยู่ที่ 1.4 วินาที ผู้โดยสารสายสีน้ำเงินใช้เวลาขึ้นรถเฉลี่ยอยู่ที่ 5.4 วินาที ลงรถเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 วินาที ผู้โดยสารสายสีเหลืองใช้เวลาขึ้นรถเฉลี่ยอยู่ที่ 3.1 วินาที ลงรถเฉลี่ยอยู่ที่ 2.6 วินาที ผู้โดยสารสายสีแดงใช้เวลาขึ้นรถเฉลี่ยอยู่ที่ 2.7 วินาที ลงรถเฉลี่ยอยู่ที่ 1.9 วินาที เมื่อวิเคราะห์ถึงเวลาเฉลี่ยในการขึ้น-ลงรถ เวลาที่ใช้ในการขึ้นรถมากกว่าการเวลาการลงจากรถ เพราะการขึ้นรถต้องใช้บัตรแตะที่เครื่องเพื่อนับจำนวน สายสีเขียวที่ให้บริการสำหรับหอพักชายเมื่อเทียบกับสายสีม่วงที่ให้บริการสำหรับหอพักหญิง สายสีเขียวใช้เวลาน้อยกว่า เพราะผู้ชายมีความคล่องตัวกว่าผู้หญิง การแต่งตัวเป็นหนึ่งในปัจจัยหลัก สายสีน้ำเงินให้บริการสิ้นสุดที่โรงพยาบาล ดังนั้นความล่าช้าเฉลี่ยต่อคนจึงมากที่สุดเนื่องจากผู้ใช้ส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วย ส่วนสายสีส้มใช้เวลาน้อยที่สุด เนื่องจากปัจจัยแรกมีผู้ใช้บริการน้อย ปัจจัยที่สองคือการแต่งกายของนักศึกษาที่ไปเรียนมีความคล่องตัวสูง ส่วนเส้นสีเหลืองให้บริการทั้งหอพักชายและหญิง ดังนั้นจึงใช้เวลาเฉลี่ยต่อคนจึงอยู่ในช่วงระหว่างสายสีเขียวและสายสีม่วง สายสีแดงใช้เวลาเฉลี่ยต่อคนในช่วง

ระหว่างค่าที่ได้จากสายสีเขียว สายสีม่วง และสายสีส้ม เนื่องจากสายสีแดงให้บริการในเส้นทางเดียวกันกับทั้ง 3 สายข้างต้น

## 4.13 ผลสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ

ผลจากสำรวจความพึงพอใจของผู้โดยสารต่อการใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย ทั้ง 6 เส้นทาง ดังรูปที่ 4.60




รูปที่ 4.60 ผลสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ

ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้โดยสารที่ใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรานารี ในหัวข้อพนักงานขับรถ (Drivers) เฉลี่ย 3.97 คะแนนอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก รูปแบบของรถโดยสารเป็นรูปแบบชานต่ำ (Low-floor bus) เฉลี่ย 4.09 คะแนนอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก แอปพลิเคชัน (Application) เฉลี่ย 3.36 คะแนนอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจปานกลาง ป้ายจุดจอด (Bus Stop) เฉลี่ย 3.44 คะแนนอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจปานกลาง การประมาณเวลามาถึงจุดจอด (Estimated Time of Arrival) เฉลี่ย 3.45 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พึงพอใจปานกลาง

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปเนื้อหาของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาการประมาณเวลามาถึงป้ายจุดจอดของรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีด้วยระบบขนส่งอัจฉริยะ เพื่อลดปัญหาการเกิดอุบัติเหตุภายในมหาวิทยาลัยโดยมุ้งเน้นที่การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อดึงดูดให้นักศึกษาซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักของวิทยานิพนธ์นี้หันมาสนใจใช้บริการขนส่งสาธารณะมากขึ้นและลดการใช้งานยานพาหนะส่วนตัว ปัญหาการเกิดอุบัติเหตุลดลง ซึ่งการดึงดูดนักศึกษาด้วยการสร้างความน่าเชื่อถือทางด้านเวลาในการให้บริการโดยการจำลองการประมาณเวลามาถึงป้ายจุดจอดของรถโดยสาร ได้สำรวจเส้นทางการเดินรถทั้ง 6 เส้นทาง ป้ายจุดจอด ระยะห่างระหว่างป้าย จำนวนแยกที่คาดว่าจะมีผลต่อสภาพการจราจรของแต่ละเส้นทางการเดินรถ และแบ่งช่วงเวลาการจำลองออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเร่งด่วนและช่วงเวลาปกติ ซึ่งในการคำนวณเวลามาถึงป้ายจุดจอดเป็นผลรวมจากพารามิเตอร์ดังนี้

1. เวลาการเดินทางของรถโดยสารป้ายต่อป้าย โดยได้จากระยะทางจากการใช้ Haversine formula และความเร็วของตัวรถแบบ real-time ส่งผ่าน V2N เทคโนโลยี
2. ความล่าช้าจากผู้โดยสารได้จากการนับจำนวนผู้มาใช้บริการด้วยการแตะบัตรคูณด้วยเวลาขึ้นรถโดยเฉลี่ยของผู้โดยสารที่ได้ข้อมูลจากการลงพื้นที่สำรวจเก็บข้อมูล ซึ่งผลของเวลาขึ้นรถโดยเฉลี่ยของผู้โดยสารในแต่ละเส้นทางนั้นแตกต่างกัน
3. ความล่าช้าจากการจราจรในสภาพการจราจรภายในมหาวิทยาลัยโดยการใช้การตรวจจับวัตถุด้วย YOLO มานับจำนวนและแยกประเภทของยานพาหนะ
4. ความล่าช้าที่เกิดจากการดึงข้อมูลจากเซิฟเวอร์ มีค่าประมาณ 10 มิลลิวินาที

ผลที่ได้จากการจำลองมาเปรียบเทียบกับผลของการสำรวจเก็บข้อมูล และตารางเวลาการเดินรถด้วย RMSE ซึ่งผลการเปรียบเทียบนั้น ค่าเวลาจากการจำลองและค่าเวลาที่ได้จากการสำรวจเก็บข้อมูลนั้นใกล้เคียงกัน แต่ค่าเวลาของตารางเวลาการเดินรถนั้นจะมากกว่าค่าเวลาของการจำลองและการสำรวจมากนั้น เนื่องจากการกำหนดเวลาในตารางเดินรถในแต่ละเที่ยวและในแต่ละป้ายจุดจอดให้เหมาะสมกับเพื่อให้พนักงานขับรถมีเวลาในการจัดการกับตัวเองเช่น การกดป้ายเปลี่ยนเส้นทางหรือเปลี่ยนทิศทางการเดินรถ เป็นต้น เพื่อลดความเครียดของพนักงานขับรถไม่ให้พนักงานขับรถ

เกิดความเครียด ซึ่งความเครียดของพนักงานขับรถนั้นมีผลต่อการขับขี่ นอกจากนี้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังเสนอถึงผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้มาใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## 5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการจำลองแบบและวิเคราะห์การประมาณเวลามาถึงจุดจอดของรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยมีแนวทางพัฒนาดังนี้

1. ปรับปรุงความแม่นยำของ GPS โดยการระบุพิกัดละติจูดกับลองจิจูดที่มีจุดทศนิยมมากขึ้น
2. ปรับปรุงการใช้บริการตามข้อเสนอแนะของผู้มาใช้บริการที่เสนอมาในระบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# รายการอ้างอิง


[1] Ding, Ranran, and Qing-An Zeng. "A clustering-based multi-channel vehicle-to-vehicle (V2V) communication system." 2009 First International Conference on Ubiquitous and Future Networks. IEEE, 2009.

[2] Chen, Ying-Chih, Ping-Yen Chen, and Chih-Yu Wen. "Distributed bus information management for mobile weather monitoring." 2017 15th International Conference on ITS Telecommunications (ITST). IEEE, 2017

[3] สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, (2551). เอกสารประกอบการสอนวิชา 533371 วิศวกรรมขนส่ง, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

[4] รัชนิดา นิติพัฒนาภิรักษ์

[5] กัลยา วินิชย์บัญชา, (2545). การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] ชวเลข วณิชเวทิน. (2530). ทฤษฎีแถวคอย ระบบ M/M/1 ในงานวิศวกรรมจราจร. วรสารวิศวกรรมโยธาและการก่อสร้าง มก. ปีที่ 2 ฉบับที่ 2.

[7] อภิศักดิ์ เกตุขาว. (2558). การพัฒนาแอนดรอยด์แอพลิเคชั่นตรวจสอบค่าโดยสารแท็กซี่มิเตอร์และเส้นทาง. แหล่งข้อมูล: http://apheit.bu.ac.th/jounal/science-Vol4No2JulyDec2015/07_formatted.pdf.

[8] อรยา สุขนิตย์ และสุรสิทธิ์ ศักดา. ระบบการสร้างเส้นทางการท่องเที่ยวชุมชนจากข้อมูล Geolocation ตามมาตรฐาน Google Maps. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2563. หน้า 66-77.

[9] รัตนโชติ พันธุ์วิไล. (2562). การตรวจหาต้นไม้เป็นโรคโดยอัตโนมัติด้วยภาพถ่ายจากมุมสูงจากโดรนและวิธีการเรียนรู้เชิงลึก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. กรุงเทพมหานคร.

[10] ชู พันธุ์ รัตน โภ คา, นพรัตน์ มา น้อย, และอำ พล บุญ จัน ดา. "ระบบ แบ่งปัน สูตร การ ทำ อาหาร และ ค้นหา สูตร การ ทำ อาหาร จาก ภาพ วัตถุดิบ ด้วย เทคนิค การ เรียน รู้ เชิง ลึก (A System for Cooking Recipe Sharing and Cooking Recipe Finding by an Image of

Ingredients using Deep Learning Technique)." The Journal of Industrial Technology 15.2 (2019): 97-111.

[11] Jithendra. H. K and Naga Ravi Kanth Devarapalli “Predicting Bus Arrival Time based on Traffic Modelling and Real-time Delay”, Vol. 4 Issue 06, June-2015.

[12] Billones, Robert Kerwin C., et al. "Vision-Based Passenger Activity Analysis System in Public Transport and Bus Stop Areas." 2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM). IEEE.

[13] Zaghal, Raid, Khalid Thabatah, and Saeed Salah. "Towards a smart intersection using traffic load balancing algorithm." 2017 Computing Conference. IEEE, 2017.

[14] Noor, Rafidah Md, et al. "Predict Arrival Time by Using Machine Learning Algorithm to Promote Utilization of Urban Smart Bus." (2020).

[15] Anokye, Martin, et al. "Application of queuing theory to vehicular traffic at signalized intersection in Kumasi-Ashanti region, Ghana." American International Journal of Contemporary Research 3.7 (2013): 23-29.

[16] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.). (2559). การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจร. แหล่งข้อมูล: http://www.phetchaburi.go.th/traffic/traffic1.pdf.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# ภาคผนวก

## บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ระหว่างการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ระหว่างการศึกษา

Chaowanan R. & Settawit P. (2020, August). **The Study of Estimated Time of Arrival for Public Transportation System in Suranaree University of Technology using ITS**. The SUT International Virtual Conference on Science and Technology (IVCST2020) (pp. 96 – 101)

เชาวนันท์ เรืองสูรย์ และ เศรษฐวิทย์ ภูฉายา. (2563, ตุลาคม). **การศึกษาระยะเวลาการมาถึงจุดจอดของการให้บริการรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีโดยใช้ระบบขนส่งอัจฉริยะ**. The 43rd Electrical Engineering Conference (EECON43) (pp. 591 – 594)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

SUT International Virtual Conference on Science and Technology
Nakhon-Ratchasima, Thailand
28th August 2020

EAT0018

# The Study of Estimated Time of Arrival for Public Transportation System in Suranaree University of Technology Using ITS

**Chaowanan Ruangsoon and Settawit Poochaya**

[1] School of Telecommunication Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand.

[*] Correspongding Author: M6200602@g.sut.ac.th; settawit@sut.ac.th

**Abstract**. Number of road traffic accidents on campus increase due to the increasing of personal vehicles. However, internal public transportation system still not meet students' traveling needs. The development of internal public transportation system according to student's needs is main factor. This article presents a model of the estimated time of arrival (ETA) for public mass transit using intelligent transportation system. Simulation processes are created using significant parameters. Delay due to traffic ($D_T$) and commute time ($D_C$) are presented. The simulation results of each route indicate the estimated time of arrival at each bus stop. Then, the estimated time of arrival are used for bus schedule timetable developing. Also, the reliability of bus scheduling timetable is the main goal for users' time management. The use of public transportation reduces road accidents on campus in near future.

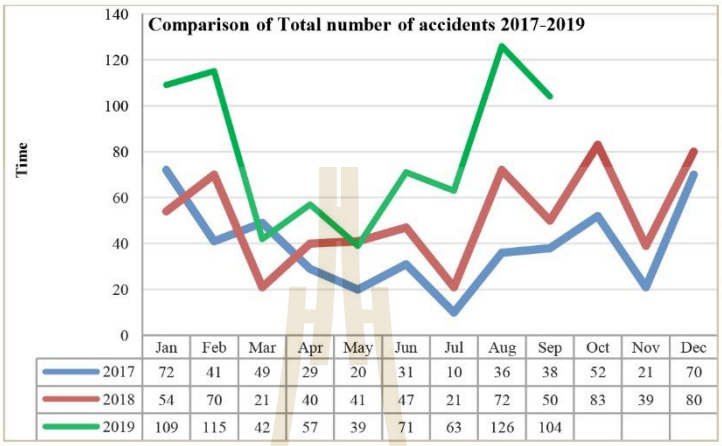
**Keywords:** Intelligent transport system (ITS), Estimate Time of Arrival (ETA), Smart transit.

## 1. Introduction

Mass transportation is an important factor for the livelihood of the population in large urban communities. If the community does not have good public transport systems, it affects the use of large numbers of private vehicles, which increases the chances of road accidents, causing injuries and deaths every year. [1] Suranaree University of Technology (SUT) is considered a large community. Located on an area of over 2768.8 Aker, there are buildings scattered throughout the area. each group of buildings has a considerable distance, Especially the student dormitory building group, and the school building group. However, most students use private vehicles for traveling from the dormitory study group. Because the public transportation system does not meet the needs of students. For this reason, the number of personal vehicles in universities, especially motorcycles, has increased dramatically. Causing accidents to increase accordingly as shown in Figure 1.

Increasing the quality of public transportation services in order to attract more students to use public transportation services, therefore focusing on the accuracy of arrival time [2]. Time that the bus arrives depends on many factors, such as traffic congestion, number of passengers,

weather, and others, causing delays in arriving at the bus stop according to the bus schedule [3-5]. This article presents a model for evaluating the arrival time of pauses. The simulation determines the route of the bus. Set a stop sign along the route. And calculate the travel time of the public transportation system on campus, which has travel delays due to traffic.




| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | 72 | 41 | 49 | 29 | 20 | 31 | 10 | 36 | 38 | 52 | 21 | 70 |
| 2018 | 54 | 70 | 21 | 40 | 41 | 47 | 21 | 72 | 50 | 83 | 39 | 80 |
| 2019 | 109 | 115 | 42 | 57 | 39 | 71 | 63 | 126 | 104 | | | |

**Figure 1.** Accidents statistic in SUT.

## 2. Simulation Models

### *2.1. Commute time*

Travel time refers to the amount of time the car moves from one point to another from the point with the average speed of the car. Which can be calculated from below. (1)

$$D_C = \frac{\text{Distance between bus stop}}{\text{Average speed of bus}} \quad (1)$$

calculation of distances is calculated by specifying the coordinates on GPS [7].

### *2.2. Delays caused by traffic conditions*

Traffic jam Is an important factor affecting the estimation time of the arrival of buses in each stop. Adopting the M/M/1 queuing model to get the closest approximation to road traffic [8]. According to the equation below. (2)

$$D_T = n\left(\frac{1}{\mu - \lambda}\right) \quad (2)$$

The total Estimate time of arrival is equal to below. (4)

$$D_{total} = D_C + D_T \quad (3)$$

$$D_{total} = \frac{\text{Distance between bus stop}}{\text{Average speed of bus}} + n\left(\frac{1}{\mu - \lambda}\right) \quad (4)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**Table 1.** Simulation parameters

| Parameters | Mean | Value | Unit |
|---|---|---|---|
| v | Average speed of bus | 40 | km/hr. |
| s | Distance between bus stop | | m |
| n | Number of intersections | | junction |
| $\mu$ | Average service rate of the road | 47 | veh/min |
| $\lambda$ | Average arrival rate of the road | 34 | veh/min |

From Table 1, parameters are calculated in units of minutes.

## 3. Bus Routes

Route and bus stop design in 6 routes to cover and respond to usage within the university. The path in each path is divided according to color in Figure 2. The design of the stops affects the delay of the bus [6].

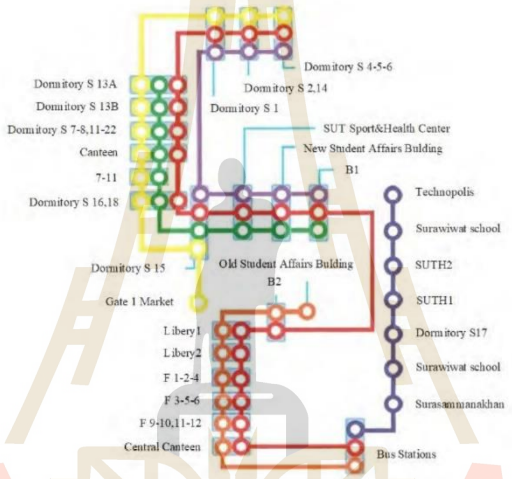



**Figure 2**. SUT Mass Transit routes and Bus stop in all 6 routes.

## 4. Results

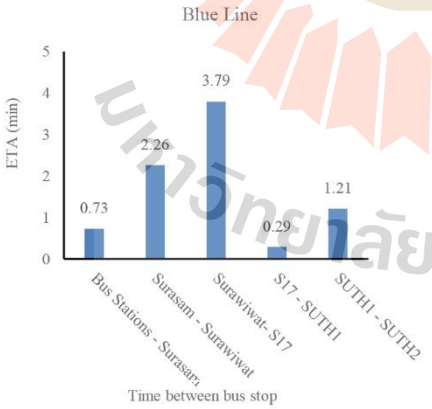



**Figure 3.** ETA in blue route.

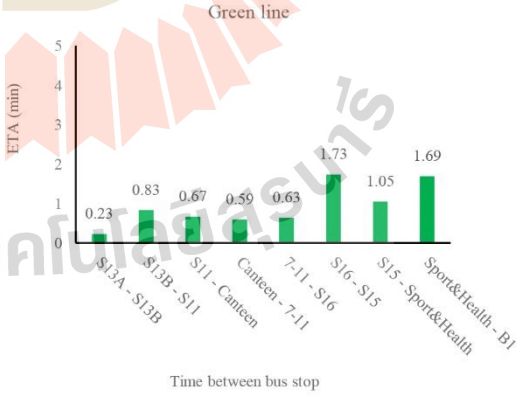



**Figure 4.** ETA in green route.

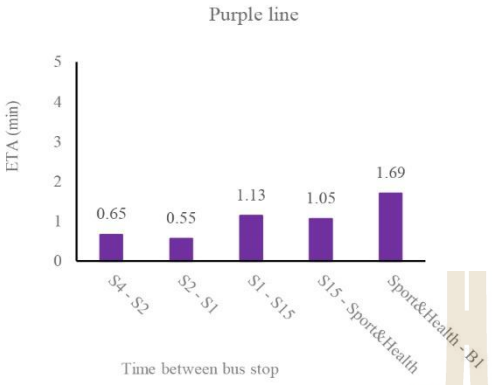



**Figure 5** .ETA in purple route.

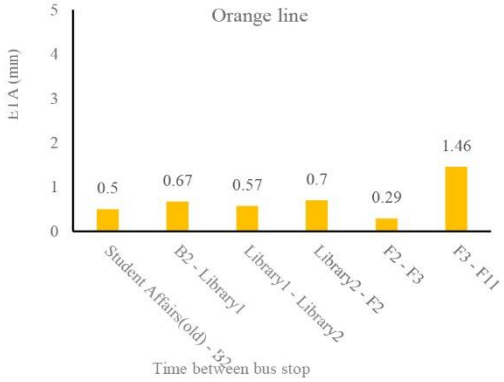



**Figure 6** .ETA in orange route.

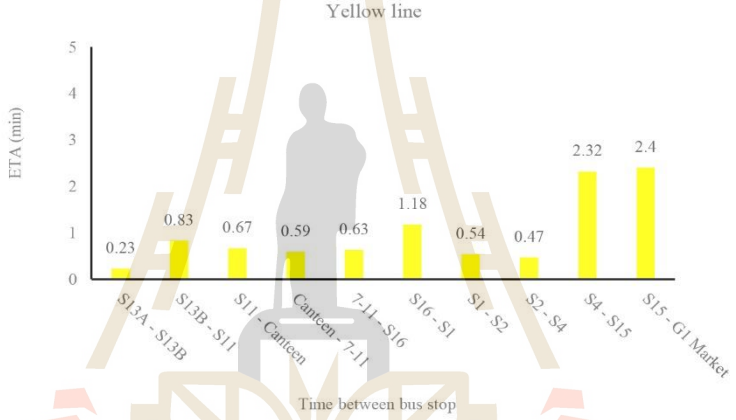



**Figure 7.** ETA in yellow route.

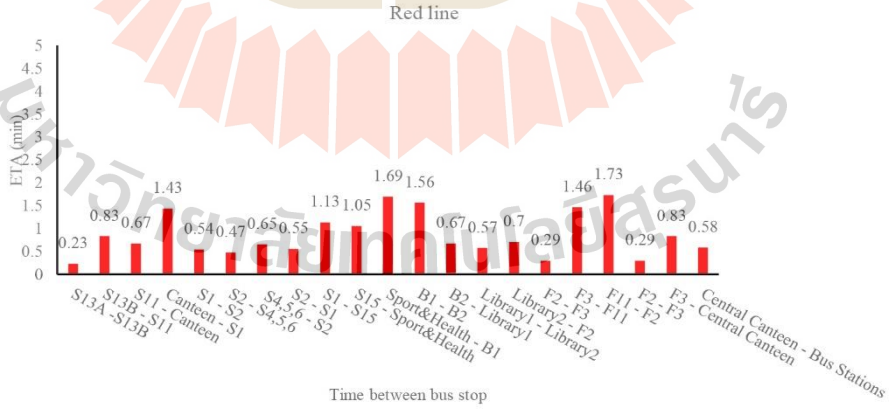



**Figure 8.** ETA in red route.

From Figure 3 to Figure 8, the bar chart shows the time that buses take between the stop and stop. From the first stop to the last stop of each route.

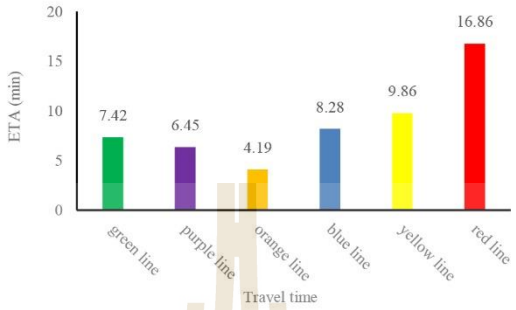



**Figure 9.** Total ETA in each route.

From Figure 9, the bar chart shows the time that buses take from the beginning to the end of each route, which shows only the arrivals.

## 5. Conclusion

This article presents the simulation results of estimate time of arrival in SUT Mass Transit. Design and set up passenger routes, including all 6 routes, to cover and meet student service needs. Simulation results present how long the bus travels between bus stops, as well as shows the time that bus traveled from the first stop to the last stop. Future research will use intelligent transportation systems that will be used to build the SUT Smart Transit system for sending data from bus to servers and focusing on the time accuracy that is expected to reach bus stops in real-time situations. QoS in term of ETA and QoE in term of user satisfaction statistics are investigated. Fieldwork data collection in each bus-stop will be recorded.

## 6. References

[1] DING, Ranran; ZENG, Qing-An. *A clustering-based multi-channel vehicle-to-vehicle (V2V) communication system*. In: 2009 First International Conference on Ubiquitous and Future Networks. IEEE, 2009. p. 83-88.

[2] LAM, Chan-Tong; NG, Benjamin; LEONG, Su Hou. *Prediction of Bus Arrival Time Using Real-Time on-Line Bus Locations*. In: 2019 IEEE 19th International Conference on Communication Technology (ICCT). IEEE, 2019. p. 473-478.

[3] JITHENDRA, H. K; Naga Ravi Kanth Devarapalli. *Predicting Bus Arrival Time based on Traffic Modelling and Real-time Delay*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 4 Issue 06, June 2015

[4] AGAFONOV, Anton; MYASNIKOV, Vladislav. *An adaptive algorithm for public transport arrival time prediction based on hierarhical regression*. In: 2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems. IEEE, 2015. p. 2776-2781.

[5] BILLONES, Robert Kerwin C., et al. *Vision-Based Passenger Activity Analysis System in Public Transport and Bus Stop Areas*. In: 2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM). IEEE. p. 1-6

[6] HUO, Yueying, et al. *Modelling bus delay at bus stop*. Transport, 2018, 33.1: 12-21.

[7] YANG, Daiqin, et al. *A gps pseudorange based cooperative vehicular distance measurement technique*. In: 2012 IEEE 75th Vehicular Technology Conference (VTC Spring). IEEE, 2012. p. 1-5.

[8] ZAGHAL, Raid; THABATAH, Khalid; SALAH, Saeed. *Towards a smart intersection using traffic load balancing algorithm.* In: 2017 Computing Conference. IEEE, 2017. p. 485-491.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# การศึกษาระยะเวลาการมาถึงจุดจอดของการให้บริการรถโดยสารภายใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีโดยใช้ระบบขนส่งอัจฉริยะ

# The Study of Estimated Time of Arrival for Public Transportation System in Suranaree University of Technology using ITS

เชาวนันท์ เรืองสูรย์[1] เศรษฐวิทย์ ภูฉายา[2] และพงษ์ชัย จิตตะมัย[3]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี m6200602@g.sut.ac.th

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี settawit@sut.ac.th

[3]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี jittamai@sut.ac.th

**บทคัดย่อ**

อุบัติเหตุจากการเดินทางบนถนนภายในมหาวิทยาลัยมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากจำนวนยานพาหนะส่วนบุคคลมีจำนวนมากขึ้น ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากระบบขนส่งมวลชนยังไม่ตอบโจทย์การเดินทางของนักศึกษา การพัฒนาระบบขนส่งมวลชนให้ตอบโจทย์การเดินทางของนักศึกษาเป็นปัจจัยหลักในการนำมาพิจารณา บทความนี้ได้นำเสนอการจำลองแบบระยะเวลาการมาถึงของรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัยโดยอาศัยเทคโนโลยีระบบขนส่งอัจฉริยะ ผลการจำลองแบบจากเส้นทางการเดินรถแต่ละเส้นทาง บ่งชี้ได้ว่าระยะเวลาการมาถึงป้ายของรถโดยสารภายใน ในแต่ละจุดจอดถูกนำไปสร้างตารางเวลาการเดินรถ ที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถบริหารจัดการเวลาได้ เพื่อเพิ่มความมั่นใจในด้านการให้บริการขนส่งมวลชนที่มีความน่าเชื่อถือทางเวลาซึ่งจะสามารถช่วยลดอุบัติเหตุบนถนนภายในมหาวิทยาลัยได้ในอนาคตอย่างยั่งยืน

**คำสำคัญ:** ระบบขนส่งอัจฉริยะ การประมาณการเวลามาถึง

**Abstract**

Number of road traffic accidents on campus increase due to the increasing of personal vehicles. However, internal public transportation system still not meet students' traveling needs. The development of internal public transportation system according to student's needs is main factor. This article presents a model of estimated time of arrival for public mass transit using intelligent transportation system. The simulation results of each route indicate estimated time of arrival at the each bus stop. Then, estimated time of arrival are used for bus schedule timetable developing. Also, reliability of bus scheduling timetable is the main goal for users' time management. The useful of public transportation reduces road accidents on campus in near future.

**Keywords:** Intelligent transport system (ITS), Estimate Time of Arrival (ETA)

## 1. บทนำ

ระบบขนส่งมวลชน เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชากรในชุมชนเมืองที่มีขนาดใหญ่ มีจำนวนประชากรเป็นจำนวนมาก หากชุมชนที่ไม่มีระบบขนส่งมวลชนที่ดี ส่งผลกระทบให้เกิดการใช้ยานพาหนะส่วนตัวเป็นจำนวนมาก ซึ่งเพิ่มโอกาสการเกิดอุบัติเหตุบนถนนของชุมชนนั้นๆ[1-2] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีนับเป็นชุมชนขนาดใหญ่ ตั้งอยู่บนพื้นที่กว่า 7,000 ไร่ มีกลุ่มอาคารที่กระจายตัวตามพื้นที่ต่างๆ ซึ่งแต่ละอาคารมีระยะห่างกันพอสมควร โดยเฉพาะกลุ่มอาคารหอพักนักศึกษา และ กลุ่มอาคารทำการเรียนการสอน อย่างไรก็ตาม พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ใช้ยานพาหนะส่วนตัวสำหรับการเดินทางจากกลุ่มอาคารหอพักนักศึกษา เพื่อเดินทางไปยังกลุ่มอาคารทำการเรียนการสอน เนื่องด้วยระบบขนส่งมวลชนที่ให้บริการยังไม่ตอบโจทย์ความต้องการของนักศึกษา ด้วยเหตุดังกล่าวจำนวนยานพาหนะส่วนบุคคลในมหาวิทยาลัยโดยเฉพาะรถจักรยานยนต์จึงเพิ่มจำนวนขึ้นเป็นอย่างมาก และการเกิดอุบัติเหตุจึงเพิ่งสูงขึ้นตามไปด้วยดังรูปที่ 1

ระบบขนส่งอัจฉริยะมีการนำเทคโนโลยีการสื่อสารสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้กับระบบขนส่งเดิม อาทิเช่นการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ข้างทางไปยังรถ และจากรถไปยังรถ หรือจากรถไปยังเซิฟเวอร์ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของการสัญจรบนถนนอีกทั้ง เพิ่มความปลอดภัยและอำนวยความสะดวกแก่มนุษย์โดยลดการก่อสร้างถนน การส่งข้อมูลจากตัวรถไปยังเซิฟเวอร์สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณระยะเวลาการมาถึงป้ายรถเมล์ เพื่อให้ผู้ใช้บริการสามารถวางแผนการเดินทางได้ นับว่าเป็นการนำเทคโนโลยีการสื่อสารแบบ 4G, LTE มาใช้เพิ่มประสิทธิภาพของระบบขนส่งแบบเดิมได้

ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากป้ายต่อป้ายเป็นปัจจัยสำคัญในการทำตารางเวลาการเดินรถ เมื่อรู้เวลาการมาถึงป้ายของรถขนส่งมวลชนและเวลาการมาถึงป้ายมีความน่าเชื่อถือ จะดึงดูดผู้คนให้เลือกใช้บริการขนส่งมวลชน[3] ซึ่งผู้คนที่จะใช้บริการการขนส่งจะสามารถบริหารเวลาที่ใช้ในการเดินทางได้ เมื่อผู้คนหันมาใช้บริการขนส่งสาธารณะเยอะขึ้น

GN-9

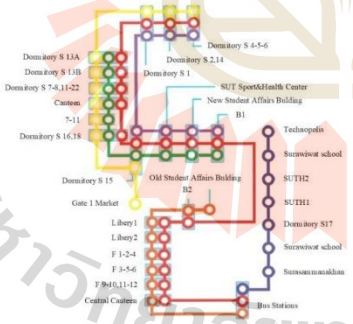
จะทำให้ปริมาณการใช้งานยานพาหนะส่วนตัวลดลง ปริมาณการจราจรและการเกิดอุบัติเหตุจากการจราจรก็จะลดลงตามไปด้วย

การประมาณการเวลาที่จะมาถึง กล่าวคือเวลาที่ใช้เดินทางจากจุดหนึ่ง ไปอีกจุดหนึ่งซึ่งคำนวณได้จากการใช้ เวลา ระยะทาง และอัตราเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ เวลาการมาถึงของรถโดยสารนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่นสภาพอากาศ อุบัติเหตุ ความแออัดของการจราจร จำนวนผู้โดยสาร ฯลฯ ซึ่งส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการมาถึงป้ายจุดจอดตามตารางเวลาที่กำหนดไว้ของรถโดยสาร[4 - 6] เวลามาถึงมีความสำคัญต่อการควบคุมระบบการเดินรถโดยสาร และเป็นสิ่งจำเป็นต่อการใช้บริการของผู้โดยสาร ซึ่งทำให้ผู้สารวางแผนเกี่ยวกับเวลาในชีวิตประจำวันได้และเลือกใช้บริการขนส่งมวลชนแทนการใช้ยานพาหนะส่วนตัวมากขึ้น

รูปที่ 1 สถิติการเกิดอุบัติเหตุภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ที่มา : แผนกสร้างเสริมสุขภาพ รพ.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ คณะทำงานพัฒนาสุขภาวะนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทความนี้จึงได้นำเสนอแบบจำลองการประมาณการเวลาการถึงป้ายจุดจอด ซึ่งในการจำลองจะกำหนดเส้นทางของรถโดยสาร กำหนดป้ายจุดจอดตามเส้นทาง และคำนวณเวลาการเดินทางของระบบขนส่งมวลชนภายในมหาวิทยาลัยซึ่งในการเดินทางนั้นมีความล่าช้าที่เกิดจากการจารจรด้วย

## 2. เส้นทางการเดินรถ




รูปที่ 2 แสดงเส้นทางการเดินรถและป้ายจุดจอดทั้ง 6 เส้นทาง

จากรูปที่2 การออกแบบเส้นทาง และการออกแบบป้ายจุดจอดทั้ง 6 เส้นทางของการเดินรถเพื่อให้ครอบคลุมและตอบสนองต่อการใช้งานภายในมหาวิทยาลัย เส้นทางในแต่ละเส้นทางจะแบ่งแยกตามสีในรูป ซึ่งการออกแบบป้ายจุดจอดมีผลต่อความล่าช้าของรถโดยสาร[7]

## 3. รูปแบบการประมาณเวลา

### 3.1 ระยะเวลาในการเดินทาง

ระยะเวลาในการเดินทางคือระยะเวลาที่รถโดยสารใช้เวลาเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยความเร็วเร็วเฉลี่ยของตัวรถ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก (1)

$$D_C = \frac{s}{v} \quad (1)$$

$$D_C = \frac{\text{Distance between bus stop}}{\text{Average speed of bus}} \quad (2)$$

การคำนวณหาระยะทางนั้นจะคำนวณโดยการกำหนดจุดพิกัดบน GPS[8]

### 3.2 ความล่าช้าที่เกิดจากการสภาพจราจร

การจราจรที่ติดขัด เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการประมาณการมาถึงของรถโดยสารในแต่ละจุดจอด โดยใช้การจัดคิวแบบ M/M/1 เพื่อให้ได้ค่าประมาณการที่ใกล้เคียงที่สุด[9] โดยมีความหมาย อัตราการมาถึง/อัตราการให้บริการ/ช่องทางการให้บริการช่องทางเดียว ซึ่งการมาถึงจะถูกกำหนดโดยกระบวนการปัวซองและเวลาในการให้บริการงานมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล โดยที่อัตราการให้บริการต้องมากกว่าอัตราการมาถึง สามารถคำนวณได้จาก (3)

$$D_T = n\left(\frac{1}{\mu - \lambda}\right) \quad (3)$$

เวลาทั้งหมดที่รถใช้เดินทางมาถึงป้ายจะเท่ากับ (4)

$$D_{total} = D_C + D_T \quad (4)$$

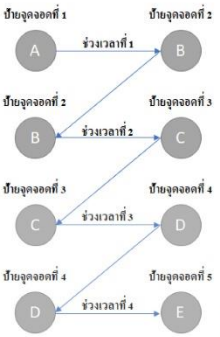
$$D_{total} = \frac{\text{Distance between bus stop}}{\text{Average speed of bus}} + n\left(\frac{1}{\mu - \lambda}\right) \quad (5)$$

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่า Parameter ที่ใช้ในการจำลอง

| Parameters | Mean | Value | Unit |
|---|---|---|---|
| v | Average speed of bus | 40 | กิโลเมตรต่อชั่วโมง |
| s | Distance between bus stop | | เมตร |
| n | number of intersections | | แยก |
| $\mu$ | Average service rate of the road | 47 | คันต่อนาที |
| $\lambda$ | Average arrival rate of the road | 34 | คันต่อนาที |

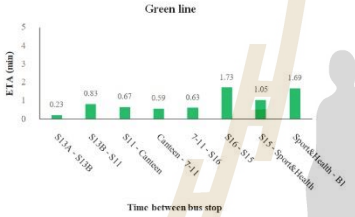
จากตารางที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการประมาณการเวลาการมาถึงป้ายรถโดยสารซึ่งจะแสดงผลของการคำนวณระยะเวลาเดินทางเป็นแบบจุดจอดถึงจุดจอดและตลอดทั้งเส้นทางของรถโดยสารทั้ง 6 สาย

GN-9




รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างของช่วงเวลาเดินทางจากป้ายถึงป้าย

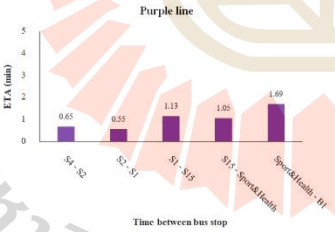
## 4 ผลการจำลองแบบระยะเวลาการมาถึง



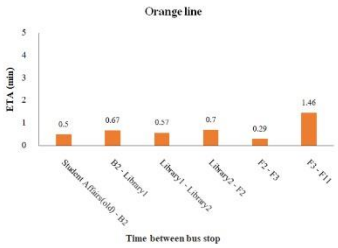

รูปที่ 4 แสดงเวลาที่ใช้เดินทางระหว่างป้ายถึงป้ายของสายสีเขียว

จากรูปที่ 4 ถึง รูปที่ 9 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงให้เห็นถึงเวลาที่รถโดยสารใช้เวลาเดินทางระหว่างป้ายถึงป้าย ตั้งแต่ป้ายแรกจนถึงป้ายสุดท้ายของแต่ละเส้นทาง

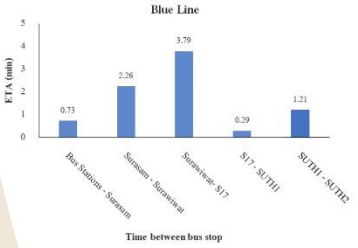
จากรูปที่ 10 เป็นแผนภูมิแท่งแสดงเวลาที่รถโดยสารใช้เวลาเดินทางตลอดทั้งเส้นทางการเดินรถของแต่ละเส้นทางตั้งแต่ต้นสายถึงปลายสายเฉพาะขาไป



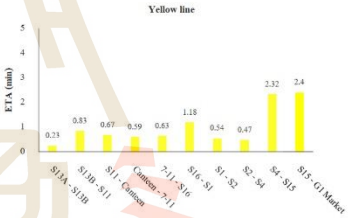

รูปที่ 5 แสดงเวลาที่ใช้เดินทางระหว่างป้ายถึงป้ายของสายสีม่วง



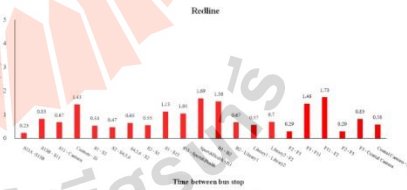

รูปที่ 6 แสดงเวลาที่ใช้เดินทางระหว่างป้ายถึงป้ายของสายสีส้ม




รูปที่ 7 แสดงเวลาที่ใช้เดินทางระหว่างป้ายถึงป้ายของสายสีน้ำเงิน



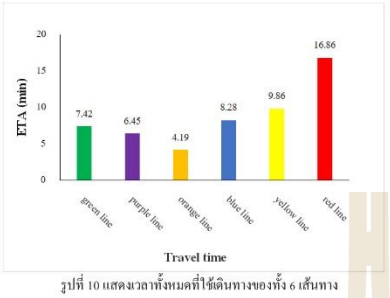

รูปที่ 8 แสดงเวลาที่ใช้เดินทางระหว่างป้ายถึงป้ายของสายสีเหลือง




รูปที่ 9 แสดงเวลาที่ใช้เดินทางระหว่างป้ายถึงป้ายของสายสีแดง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

GN-9




รูปที่ 10 แสดงเวลาทั้งหมดที่ใช้เดินทางของทั้ง 6 เส้นทาง

## 4. สรุป

บทความนี้แสดงผลการจำลองแบบระยะเวลาการมาถึงจุดจอดของการให้บริการรถโดยสารภายในมหาวิทยาลัย การออกแบบและกำหนดเส้นทางการเดินรถโดยสาร รวมถึงป้ายจุดจอดตามเส้นทั้ง 6 เส้นทาง เพื่อให้ครอบคลุมและตอบโจทย์ต่อความต้องการใช้บริการของนักศึกษา และแสดงการคำนวณระยะเวลาที่รถโดยสารใช้เวลาเดินทางระหว่างป้ายต่อป้าย รวมถึงแสดงเวลาที่รถเดินทางจากป้ายแรกถึงป้ายสุดท้าย ซึ่งงานวิจัยในอนาคตจะมีการใช้ระบบขนส่งอัจฉริยะ นำไปสู่การสร้างระบบ SUT Smart Transit ในการส่งข้อมูลจากตัวรถไปยังเซิฟเวอร์ เพื่อคำนวณเวลาการเดินรถบนเวลาจริงให้ระบบขนส่งมวลชนของมหาวิทยาลัยเป็นระบบขนส่งอัจฉริยะและมุ่งเน้นความแม่นยำของการประมาณการเวลามาถึงป้ายของรถโดยสาร

## เอกสารอ้างอิง


[1] Ding, Ranran, and Qing-An Zeng. "A clustering-based multi-channel vehicle-to-vehicle (V2V) communication system." 2009 First International Conference on Ubiquitous and Future Networks. IEEE, 2009.

[2] Chen, Tzu-Ying, and Rong-Chang Jou. "Using HLM to investigate the relationship between traffic accident risk of private vehicles and public transportation." Transportation Research Part A: Policy and Practice 119 (2019): 148-161.

[3] Lam, Chan-Tong, Benjamin Ng, and Su Hou Leong. "Prediction of Bus Arrival Time Using Real-Time on-Line Bus Locations." 2019 IEEE 19th International Conference on Communication Technology (ICCT). IEEE, 2019.

[4] Jithendra. H. K and Naga Ravi Kanth Devarapalli "Predicting Bus Arrival Time based on Traffic Modelling and Real-time Delay", Vol. 4 Issue 06, June-2015

[5] Chen, Ying-Chih, Ping-Yen Chen, and Chih-Yu Wen. "Distributed bus information management for mobile weather monitoring." 2017 15th International Conference on ITS Telecommunications (ITST). IEEE, 2017.

[6] Billones, Robert Kerwin C., et al. "Vision-Based Passenger Activity Analysis System in Public Transport and Bus Stop Areas." 2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM). IEEE.

[7] Huo, Yueying, et al. "Modelling bus delay at bus stop." Transport 33.1 (2018): 12-21.

[8] Yang, Daiqin, et al. "A gps pseudorange based cooperative vehicular distance measurement technique." 2012 IEEE 75th Vehicular Technology Conference (VTC Spring). IEEE, 2012.

[9] Zaghal, Raid, Khalid Thabatah, and Saeed Salah. "Towards a smart intersection using traffic load balancing algorithm." 2017 Computing Conference. IEEE, 2017.

นายเชาวนันท์ เรืองสูรย์ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ.2560 ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาโท ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สาขาวิชาวิศกรรมโทรคมนาคม งานวิจัยที่สนใจเป็นงานที่เกี่ยวกับระบบขนส่งอัจฉริยะ Smart Transit

ผศ.ดร.เศรษฐวิทย์ ภูฉายา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี โท เอก จากสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี งานวิจัยที่สนใจ ระบบขนส่งอัจฉริยะ Smart Transit การสื่อสารไร้สายสำหรับรถยนต์ IoT การดูแลระบบคลังยาและเวชภัณฑ์

# ประวัติผู้เขียน

นายเชาวนันท์ เรืองสูรย์ เกิดเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2538 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากสุรธรรมพิทักษ์ จังหวัดนครราชสีมา และสำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จากนั้นศึกษาต่อในปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ระหว่างศึกษาได้นำเสนอบทความเข้าร่วมประชุมในงานประชุมนานาชาติ The SUT International Virtual Conference on Science and Technology (IVCST 2020) ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2563

การประชุมทางวิชาการระดับชาติในงาน The 43rd Electrical Engineering Conference หรือ EECON 43 ณ โรงแรมท็อปแลนด์ แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย ในวันที่ 28-30 ตุลาคม 2563

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี