



การศึกษาแบบจำลองสำหรับการคาดการณ์เวลาเดินทาง
กรณีศึกษาระบบรถบัสไฟฟ้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Study of Models for Travel Time Prediction:
A Case Study of PSU Electric Bus System

ศรายุทธ จุลแก้ว
Sarayut Julkaew

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Management of Information Technology
Prince of Songkla University

2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาแบบจำลองสำหรับการคาดการณ์เวลาเดินทาง กรณีศึกษาระบบรถบัสไฟฟ้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้เขียน	นายศรายุทธ จุลแก้ว
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

..... (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)ประธานกรรมการ (รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)
กรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม สุวรรณวร)
กรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ)
กรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สโรช บุญศิริพันธ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี
สารสนเทศ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มี
ส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเมศวร์ เหลือเทพ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นายศรายุทธ จุลแก้ว)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายศรายุทธ จุลแก้ว)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาแบบจำลองสำหรับการคาดการณ์เวลาเดินทาง กรณีศึกษาระบบรถบัสไฟฟ้ามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้เขียน	นายศรายุทธ จุลแก้ว
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

ระบบขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.) วิทยาเขตหาดใหญ่ หรือระบบรถบัส ม.อ. ให้บริการรับส่งนักศึกษาและบุคลากรระหว่างสถานที่ต่างๆ ภายในวิทยาเขตแบบไม่คิดค่าใช้จ่าย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้ยานพาหนะส่วนตัวและจัดระเบียบการจราจรภายในวิทยาเขต อย่างไรก็ตาม จำนวนผู้ใช้บริการระบบดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง สาเหตุหลักส่วนหนึ่งมาจากผู้ใช้บริการไม่ทราบตำแหน่งปัจจุบันและเวลาที่จะมาถึงของรถบัส ม.อ. งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบระบุตำแหน่งและคาดการณ์เวลาเดินทางของรถบัส ม.อ. ที่สามารถแจ้งข้อมูลการเดินทางให้กับผู้ใช้บริการ โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็น 3 ส่วนหลัก ส่วนแรกเป็นการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งปัจจุบันและคำนวณเวลาเดินทางของรถบัส ม.อ. โดยใช้เทคโนโลยี GPS บนสมาร์ตโฟนราคาประหยัด ซึ่งสามารถระบุตำแหน่งได้แม่นยำเทียบเท่าอุปกรณ์ระบุตำแหน่งที่มีราคาสูง ส่วนที่สองเป็นการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. และส่วนสุดท้ายเป็นการพัฒนาระบบติดต่อผู้ใช้งาน เพื่อแสดงข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันของรถบัส ม.อ. และเวลาที่จะมาถึง ให้แก่ผู้ใช้บริการได้ทราบอย่างสะดวกและรวดเร็วผ่านเว็บไซต์และแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ผลงานวิจัยนี้จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของการให้บริการระบบรถบัส ม.อ. และยังเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อยอดให้กับระบบขนส่งมวลชนในท้องถิ่นต่อไป

Thesis Title A Study of Models for Travel Time Prediction: A Case Study of PSU Electric Bus System
Author Mr. Sarayut Julkaew
Major Program Management of Information and Technology
Academic Year 2015

Abstract

The public transport system in Prince of Songkla University (PSU), Hat Yai campus, or called PSU Bus, is a free service provided for students and staff travelling inside the campus. The objective is to reduce personal vehicles and organize traffic in the campus. However, the number of PSU Bus passengers are declined steadily due to the uncertainty of the bus services. This research aims to develop the bus location identification and travel time prediction system. The research was divided into three parts. The first part is the development of the bus location identify and travel time calculation subsystem applying the GPS technology inside a low-cost smartphone, in which provides the location similarly to that from more expensive GPS devices. The second part is to study and develop travel time prediction models. The final part is to develop the user interfaces that can inform the current location of PSU buses and the estimated arrival time to any users easily and quickly via the website and application on a smartphone. The results from the research would be a tool to improve the reliability of the PSU Bus service and could be a prototype further applied to any public transport systems in local areas.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคล และหน่วยงานต่างๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหลือเทพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการทำวิจัยตลอดมา

คณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รศ. ดร.เกริกชัย ทองหนู ผศ. ดร.นิคม สุวรรณวร และผศ. ดร.สโรช บุญศิริพันธ์ ที่ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เถกิง วงศ์ศิริโชติ อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้คำแนะนำในการพัฒนางานวิจัยด้านการพัฒนาแบบจำลองการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

คุณประจักษ์ ปานเจิม อดีตหัวหน้างานยานยนต์ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลการให้บริการรถบัส ม.อ.

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท ปีการศึกษา 2558

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ สาขาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ และภาควิชาวิศวกรรมโยธา (ขนส่ง) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจด้วยดีมาตลอด

ขอกราบขอบพระคุณครูอาจารย์ทั้งในอดีต และปัจจุบันที่ได้ให้การอบรม สั่งสอน ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถประสบความสำเร็จในชีวิตได้ระดับหนึ่ง

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้ความรัก อบรมเลี้ยงดู ส่งเสริมการศึกษาและช่วยเหลือด้านต่างๆ จนประสบความสำเร็จเช่นวันนี้

ศรายุทธ จุลแก้ว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์	7
2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1.1 ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ.....	7
2.1.2 ระบบปฏิบัติการในสมาร์ตโฟน.....	8
2.1.3 โปรแกรมประยุกต์รองรับสมาร์ตโฟนหลายระบบปฏิบัติการ	10
2.1.4 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	11
2.1.5 ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก	13
2.1.6 การคำนวณระยะห่างของตำแหน่งบนพื้นโลก.....	16
2.1.7 การทำเหมืองข้อมูล.....	19
2.1.8 แบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถโดยสารสาธารณะ.....	20
2.1.9 การตรวจสอบความแม่นยำในการคาดการณ์ข้อมูล	26
2.1.10 การประมวลผลข้อมูล.....	27
2.1.11 เทคโนโลยีการบริการผ่านเว็บ	29
2.2 การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
2.2.1 การศึกษาระบบระบุตำแหน่งและแจ้งเวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะใน.. ต่างประเทศ	31
2.2.2 การศึกษาระบบระบุตำแหน่งและแจ้งเวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะใน.. ประเทศไทย.....	34
2.3 ระบบขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.....	36
2.4 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย	41
3.1 ภาพรวมการวิจัย	41
3.2 การศึกษาบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42
3.3 การศึกษาความต้องการของระบบ PSU BISy	42
3.4 การคัดเลือกเทคโนโลยีในการพัฒนาระบบ PSU BISy.....	43
3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนา	43
3.4.2 อุปกรณ์ในการระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.	44
3.5 การออกแบบระบบ PSU BISy.....	48
3.5.1 ระบบบันทึกตำแหน่งและเวลาเดินทางของรถบัส ม.อ.	48
3.5.2 ระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.	49
3.5.3 ระบบแจ้งข้อมูลรถบัส ม.อ.	52
3.6 การพัฒนาระบบ PSU BISy.....	54
3.6.1 การพัฒนาเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน	54
3.6.2 การพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.....	55
3.7 การติดตั้งและทดสอบระบบ PSU BISy.....	63
3.7.1 การติดตั้งระบบ PSU BISy.....	63
3.7.2 การทดสอบและประเมินผลระบบ PSU BISy	64
บทที่ 4 ผลการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.....	67
4.1 ผลการเปรียบเทียบระบบระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.	67
4.2 ผลการพัฒนาระบบระบุและแจ้งตำแหน่งรถบัส ม.อ.	73
4.3 ประสิทธิภาพโดยรวมของการระบุตำแหน่งด้วยระบบ PSU BISy.....	74
บทที่ 5 ผลการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.....	75
5.1 ผลการศึกษาป้ายหยุดรถบัส ม.อ.....	75
5.2 ผลการบันทึกข้อมูลเวลามาถึงของรถบัส ม.อ.	78
5.3 ผลการเตรียมข้อมูลก่อนนำไปเปรียบเทียบในแบบจำลอง.....	83
5.4 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.	84
5.4.1 แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น.....	84
5.4.2 แบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน	88
5.4.3 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	90
5.4.4 ผลการเปรียบเทียบการคาดการณ์เวลาจากทั้ง 3 แบบจำลอง	94

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.5 ผลการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงแบบปรับตัวได้.....	98
5.5.1 ผลการสร้างแบบจำลองสำหรับคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.	98
5.5.2 ผลการปรับปรุงแบบจำลองสำหรับคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.....	98
5.6 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากแบบจำลองแบบปรับตัวได้.....	100
5.6.1 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แยกตามเส้นทางการให้บริการ ..	100
5.6.2 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง	103
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	105
6.1 สรุปผลการศึกษา	105
6.1.1 การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.....	105
6.1.2 การพัฒนาแบบจำลองสำหรับคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.....	105
6.1.3 การพัฒนาเว็บไซต์และแอปพลิเคชันแจ้งตำแหน่งและเวลามาถึงของ รถบัส ม.อ.	106
6.2 ข้อเสนอแนะ	106
6.2.1 การประยุกต์ใช้งานวิจัย.....	106
6.2.2 การพัฒนางานวิจัยในอนาคต	107
บรรณานุกรม.....	109
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานระบบ PSU BISy.....	113
ภาคผนวก ข ตัวอย่างชุดคำสั่งระบบ PSU BISy	121
ภาคผนวก ค ตำแหน่งป้ายหยุดรถ และเวลาการเดินทางของรถบัส ม.อ.	129
ภาคผนวก ง บทความวิจัยที่นำเสนอและได้รับการตีพิมพ์	137
ประวัติผู้เขียน.....	163

รายการตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง GPS กับ A-GPS.....	16
ตารางที่ 2-2 ข้อดีและข้อเสียของแบบจำลองที่นิยมคาดการณ์เวลามาถึง	26
ตารางที่ 2-3 ผลการแบ่งเส้นทางการให้บริการรถโดยสารสาธารณะเป็นตัวเลข	32
ตารางที่ 3-1 ข้อดีและข้อเสียของอุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก.....	44
ตารางที่ 3-2 ต้นทุนของอุปกรณ์ระบุตำแหน่งในการพัฒนาระบบสำหรับเวลาใช้งาน 1 ปี	45
ตารางที่ 3-3 ต้นทุนของอุปกรณ์ระบุตำแหน่งในการพัฒนาระบบสำหรับเวลาใช้งาน 5 ปี	46
ตารางที่ 4-1 เวลา ตำแหน่ง และค่าความคลาดเคลื่อนของ GPS Tracking กับ สมาร์ทโฟน สายที่ 1	70
ตารางที่ 4-2 เวลา ตำแหน่ง และค่าความคลาดเคลื่อนของ GPS Tracking กับ สมาร์ทโฟน สายที่ 2	71
ตารางที่ 4-3 เวลา ตำแหน่ง และค่าความคลาดเคลื่อนของ GPS Tracking กับ สมาร์ทโฟน สายที่ 3	72
ตารางที่ 5-1 ป้ายหยุดรถของการให้บริการรถบัส ม.อ. ที่มีผู้ขึ้นลงบ่อยครั้ง.....	75
ตารางที่ 5-2 จุดเชื่อมต่อระหว่างป้ายหยุดรถของรถบัส ม.อ.....	76
ตารางที่ 5-3 ค่าความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น.....	87
ตารางที่ 5-4 ค่าความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน	90
ตารางที่ 5-5 ค่าความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	94

รายการภาพประกอบ

	หน้า
รูปที่ 1-1 จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คนที่จดทะเบียนในกรุงเทพมหานคร.....	1
รูปที่ 1-2 จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คนที่จดทะเบียนในสงขลา.....	2
รูปที่ 1-3 จำนวนผู้ใช้บริการรถบัส ม.อ. ระหว่างปีการศึกษา 2555-2556.....	3
รูปที่ 1-4 กรอบการวิจัย.....	5
รูปที่ 2-1 ขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Xamarin.....	10
รูปที่ 2-2 ขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Apache Codorva.....	11
รูปที่ 2-3 โครงสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	12
รูปที่ 2-4 โครงสร้างระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลกโดย GPS.....	14
รูปที่ 2-5 โครงสร้างระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลกโดย A-GPS.....	15
รูปที่ 2-6 การคำนวณด้วยวิธี Trilateration.....	17
รูปที่ 2-7 กระบวนการทำเหมืองข้อมูล.....	20
รูปที่ 2-8 ตัวอย่างแผนภาพกระจายตัวของข้อมูล.....	21
รูปที่ 2-9 กระบวนการเรียนรู้แบบซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน.....	23
รูปที่ 2-10 การแบ่งระดับชั้นของข้อมูลด้วยฟังก์ชันเคอร์เนล.....	23
รูปที่ 2-11 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม.....	24
รูปที่ 2-12 การประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียม.....	25
รูปที่ 2-13 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล.....	27
รูปที่ 2-14 รูปแบบการทำงานการบริการผ่านเว็บ.....	31
รูปที่ 2-15 การแบ่งเส้นทางการให้บริการรถโดยสารสาธารณะออกเป็นช่วง.....	32
รูปที่ 2-16 โครงสร้างระบบคาดการณ์ข้อมูลรถโดยสารสาธารณะ.....	33
รูปที่ 2-17 การติดตั้งอุปกรณ์ GPS ภายในรถสวัสดิการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.....	34
รูปที่ 2-18 แอปพลิเคชันและเว็บไซต์ของ KU Smart Bus.....	35
รูปที่ 2-19 จอแสดงผลที่ป้ายหยุดรถของ KU Smart Bus.....	35
รูปที่ 2-20 ลักษณะภายนอกของรถบัสภายใน ม.อ.....	37
รูปที่ 2-21 แผนผังเส้นทางการให้บริการรถบัส ม.อ. สายที่ 1.....	37
รูปที่ 2-22 แผนผังเส้นทางการให้บริการรถบัส ม.อ. สายที่ 2.....	38
รูปที่ 2-23 แผนผังเส้นทางการให้บริการรถบัส ม.อ. สายที่ 3.....	38
รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	41
รูปที่ 3-2 แนวคิดการทำงานของระบบ PSU BISy.....	43
รูปที่ 3-3 ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.....	48

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3-4 ขั้นตอนการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.	50
รูปที่ 3-5 ขั้นตอนการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.	52
รูปที่ 3-6 ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับผู้ให้บริการ.....	53
รูปที่ 3-7 เครื่องมือและขั้นตอนการพัฒนา ระบบ PSU BISy.....	54
รูปที่ 3-8 ข้อมูลดิบจากแอปพลิเคชันระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.	55
รูปที่ 3-9 ตัวอย่างรายงานตำแหน่งการให้บริการรถบัส ม.อ.	56
รูปที่ 3-10 ข้อมูลตำแหน่งรถบัส ม.อ. ที่ถูกจัดเรียงบน Google Maps	56
รูปที่ 3-11 ผลลัพธ์ของข้อมูลหลังจากการคัดกรอง.....	57
รูปที่ 3-12 จุดต้นทาง-ปลายทาง (Section) ระหว่างป้ายหยุดรถบัส ม.อ.	57
รูปที่ 3-13 ผลลัพธ์การคำนวณ ความเร็ว เวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ.....	58
รูปที่ 3-14 โครงสร้างไฟล์ .arff.....	59
รูปที่ 3-15 หน้าจอซอฟต์แวร์ Weka ในส่วน Weka Explorer	60
รูปที่ 3-16 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับบันทึกตำแหน่งรถบัส ม.อ.	61
รูปที่ 3-17 ต้นแบบแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนและเว็บไซต์สำหรับผู้ใช้งาน	62
รูปที่ 3-18 ตำแหน่งปัจจุบันของรถ และเวลามาถึงจากการคาดการณ์ของระบบ PSU BISy.....	62
รูปที่ 3-19 สมาร์ทโฟนและกล่องบรรจุสำหรับบันทึกข้อมูลตำแหน่งรถบัส ม.อ.	63
รูปที่ 3-20 การติดตั้งกล่องบรรจุสมาร์ทโฟนเพื่อบันทึกตำแหน่งรถบัส ม.อ. ขณะให้บริการ.....	63
รูปที่ 3-21 การเปรียบเทียบความแม่นยำของตำแหน่งรถบัส ม.อ.	64
รูปที่ 3-22 การบันทึกข้อมูลจุดรับ-ส่ง ผู้ให้บริการรถบัส ม.อ. ภาคสนาม	64
รูปที่ 3-23 แอปพลิเคชันระบุตำแหน่งและแจ้งข้อมูลรถบัส ม.อ.	65
รูปที่ 4-1 ตำแหน่งรถบัส ม.อ. จากระบบ PSU BISy (เส้นทางที่ 1).....	67
รูปที่ 4-2 ตำแหน่งรถบัส ม.อ. จากระบบ PSU BISy (เส้นทางที่ 2).....	68
รูปที่ 4-3 ตำแหน่งรถบัส ม.อ. จากระบบ PSU BISy (เส้นทางที่ 3).....	68
รูปที่ 4-4 เปรียบเทียบตำแหน่งของรถบัส ม.อ. จาก GPS Tracking กับ ระบบ PSU BISy.....	69
รูปที่ 4-5 หน้าจอการบันทึกตำแหน่งรถบัส ม.อ. จากสมาร์ทโฟน.....	73
รูปที่ 4-6 หน้าจอแสดงตำแหน่งรถบัส ม.อ. บนสมาร์ทโฟน.....	74
รูปที่ 5-1 จุดต้นทาง-ปลายทางในแต่ละช่วงของการให้บริการรถบัส ม.อ.....	77
รูปที่ 5-2 เวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ. ในแต่ละจุดต้นทาง-ปลายทาง (3 ช่วงเวลา).....	78
รูปที่ 5-3 เวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ. แต่ละจุดต้นทาง-ปลายทางในวันจันทร์	80
รูปที่ 5-4 เวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ. แต่ละจุดต้นทาง-ปลายทางในวันพุธ	81

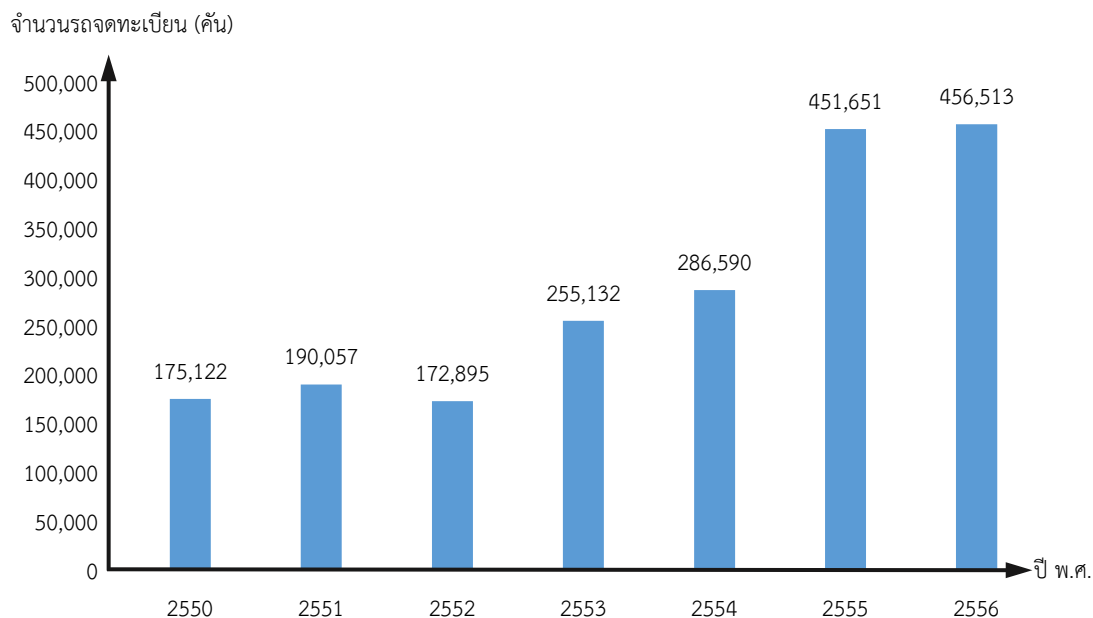
รายการภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5-5 เวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ. แต่ละจุดต้นทาง-ปลายทางในวันศุกร์	82
รูปที่ 5-6 ตัวอย่างไฟล์ .arff.....	83
รูปที่ 5-7 หน้าจอ Weka Explorer ในซอฟต์แวร์ Weka	84
รูปที่ 5-8 แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นในซอฟต์แวร์ Weka	85
รูปที่ 5-9 การตั้งค่าให้ซอฟต์แวร์ Weka แสดงผลการคาดการณ์ข้อมูล.....	86
รูปที่ 5-10 ผลการคาดการณ์จากแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น.....	86
รูปที่ 5-11 แบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนในซอฟต์แวร์ Weka	88
รูปที่ 5-12 ผลการคาดการณ์จากแบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน	89
รูปที่ 5-13 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในซอฟต์แวร์ Weka	91
รูปที่ 5-14 ผลการคาดการณ์จากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	92
รูปที่ 5-15 การตั้งค่าแสดงโครงสร้างการประมวลผลโครงข่ายประสาทเทียม.....	92
รูปที่ 5-16 โครงสร้างการคาดการณ์เวลาของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	93
รูปที่ 5-17 ค่าความคลาดเคลื่อนแบบ Mean Absolute Error (MAE)	96
รูปที่ 5-18 ค่าความคลาดเคลื่อนแบบ Root Mean Squared Error (RMSE).....	97
รูปที่ 5-19 ตัวอย่างไฟล์แบบจำลองแยกตามช่วงเวลาและจุดต้นทาง-ปลายทาง	98
รูปที่ 5-20 หน้าจอการปรับปรุงแบบจำลองโดยผู้ดูแลระบบ	99
รูปที่ 5-21 การตั้งค่าให้ระบบปรับปรุงแบบจำลองอัตโนมัติ.....	99
รูปที่ 5-22 เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์ เส้นทางที่ 1	100
รูปที่ 5-23 เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์ เส้นทางที่ 2	101
รูปที่ 5-24 เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์ เส้นทางที่ 3	101
รูปที่ 5-25 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. เส้นทางที่ 1.....	102
รูปที่ 5-26 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. เส้นทางที่ 2.....	102
รูปที่ 5-27 เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์ทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง	103
รูปที่ 5-28 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง	103

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

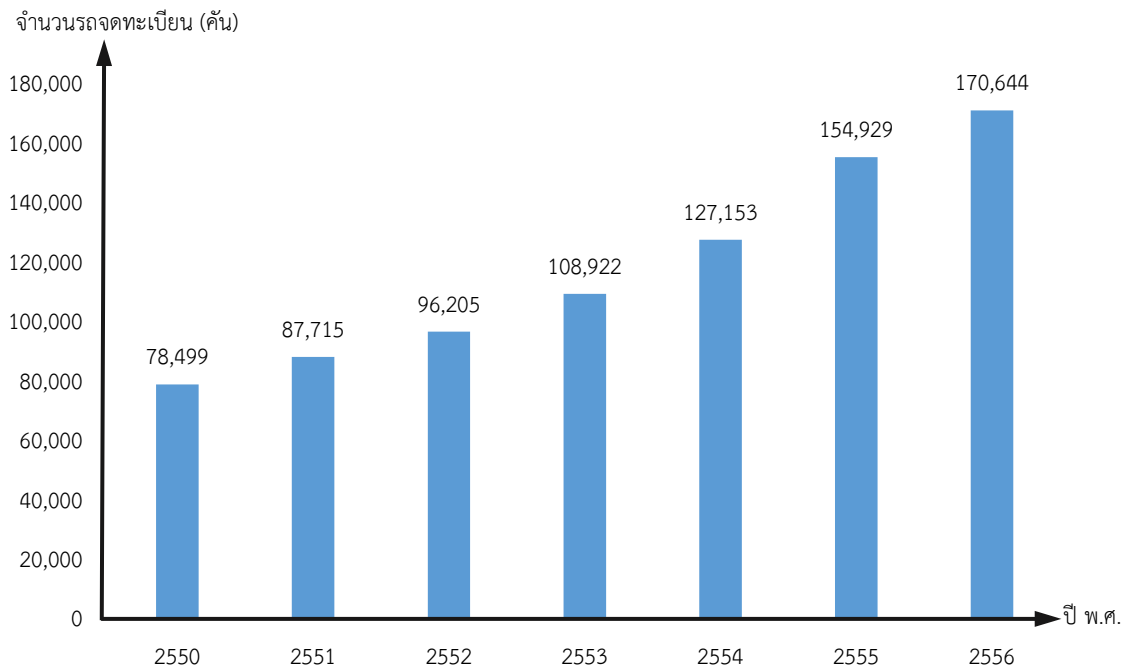
ประเทศไทยประสบกับปัญหาการจราจรติดขัดเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จากข้อมูลรายงานสถิติการขนส่งประจำปี ของกลุ่มสถิติการขนส่ง กรมการขนส่งทางบก (2556) (ดังรูปที่ 1-1) พบว่า จำนวนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ยกเว้นปี พ.ศ. 2552 ซึ่งอัตราส่วนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คนนั้น คิดเป็นร้อยละ 93 ของจำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลทั้งหมด ในทางกลับกันจากข้อมูลสถิติของกองนโยบายและแผนงาน สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร (2555) พบว่า จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการรถโดยสารขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546-2554 มีแนวโน้มลดลงทุกปี ซึ่งข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเลือกใช้นานพาหนะของประชาชนในกรุงเทพมหานคร โดยประชาชนส่วนใหญ่นิยมเลือกใช้นานพาหนะส่วนบุคคลมากกว่าการใช้บริการรถโดยสารสาธารณะ และอีกส่วนหนึ่งอาจหันไปใช้บริการขนส่งมวลชนของ บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ (BTS) หรือ บริษัท รถไฟฟ้ากรุงเทพ (MRT)



ที่มาข้อมูล: กรมการขนส่งทางบก (2556)

รูปที่ 1-1 จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คนที่จดทะเบียนในกรุงเทพมหานคร

ปัญหาข้างต้นยังได้ลุกลามไปยังเมืองภูมิภาคของประเทศไทย เช่น เชียงใหม่ ขอนแก่น สงขลา (หาดใหญ่) เป็นต้น ยกตัวอย่างกรณีจังหวัดสงขลา จากข้อมูลรายงานสถิติรถจดทะเบียนสะสมจังหวัดสงขลา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2556 (ดังแสดงในรูปที่ 1-2) พบว่า มีจำนวนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คนเพิ่มขึ้นทุกปี เมื่อประชาชนมียานพาหนะส่วนบุคคลมากกว่าความจุของถนน จึงทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดดังที่กล่าวมาข้างต้น

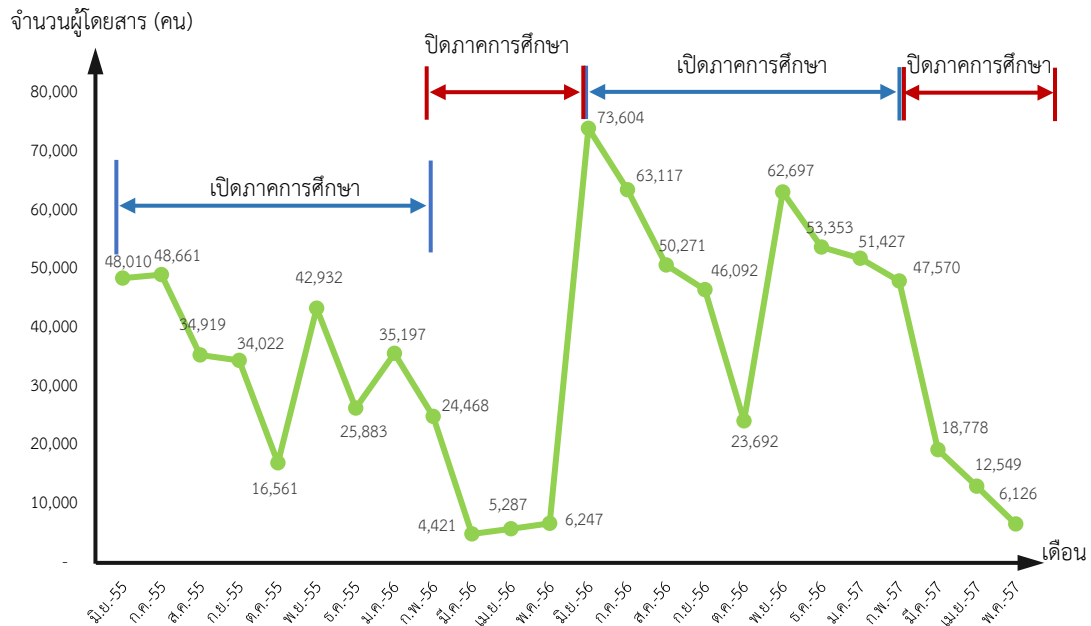


ที่มาข้อมูล: กรมการขนส่งทางบก (2556)

รูปที่ 1-2 จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คนที่จดทะเบียนในสงขลา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.) เป็นมหาวิทยาลัยหลักแห่งหนึ่งในภาคใต้ โดยวิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีจำนวนนักศึกษาและบุคลากรกว่า 30,000 คน เริ่มประสบกับปัญหาจำนวนยานพาหนะส่วนบุคคลมากกว่าความจุของถนนเช่นกัน โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น ทางมหาวิทยาลัยได้มีนโยบายแก้ไขปัญหาดังกล่าว คือ ลดจำนวนยานพาหนะส่วนบุคคลและจัดระเบียบการจราจรภายในมหาวิทยาลัยให้เหมาะสม โดยได้มีระบบขนส่งมวลชนภายในมหาวิทยาลัย ใช้ชื่อว่า “ระบบรถบัสพลังงานไฟฟ้า” โดยผู้วิจัยได้กำหนดชื่อเรียกรถดังกล่าวสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ว่า “รถบัส ม.อ.”

จากข้อมูลสถิติจำนวนผู้ใช้บริการรถบัส ม.อ. ของหน่วยงานยานยนต์ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2557) ดังรูปที่ 1-3 แสดงให้เห็นว่า ในช่วงเปิดภาคการศึกษาจนถึงก่อนปิดภาคการศึกษา รถบัส ม.อ. มีจำนวนผู้ใช้บริการลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในปีการศึกษา 2555 มีจำนวนผู้ใช้บริการลดลงถึง 23,542 คน (ลดลง 49.04%) และปีการศึกษา 2556 มีจำนวนผู้ใช้บริการลดลงถึง 26,034 (ลดลง 35.37%)



ที่มาข้อมูล: งานยานยนต์ กองอาคารสถานที่
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2557)

รูปที่ 1-3 จำนวนผู้ใช้บริการรถบัส ม.อ. ระหว่างปีการศึกษา 2555-2556

จากการลงพื้นที่สอบถามข้อมูลของผู้วิจัย ถึงปัญหาการให้บริการรถบัส ม.อ. จากผู้ใช้บริการพบว่ามีปัญหาหลักๆ ดังนี้

- 1) ผู้ใช้บริการไม่ทราบตำแหน่งปัจจุบันของรถบัส ม.อ.
- 2) ผู้ใช้บริการไม่ทราบเส้นทางการเดินรถในแต่ละสาย ทำให้ไม่มั่นใจที่จะขึ้นรถบัส ม.อ. คันที่จอดอยู่ที่ป้ายหยุดรถ
- 3) ผู้ใช้บริการไม่ทราบเวลาการมาถึงของรถบัส ม.อ. ทำให้ไม่สามารถประเมินเวลาในการเดินทางของตนเองได้

เมื่อพิจารณาถึงจำนวนผู้ใช้บริการและปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น พบว่าการให้บริการของระบบรถบัส ม.อ. ยังมีความน่าเชื่อถือในการให้บริการในระดับที่ค่อนข้างต่ำ ประเด็นเรื่องตำแหน่งและข้อมูลเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ถือเป็นสิ่งสำคัญในการเลือกใช้ระบบรถโดยสารสาธารณะของผู้ใช้บริการ เมื่อผู้ใช้บริการไม่สามารถทราบหรือคาดการณ์เวลาในการเดินทางที่แน่นอนได้ จะทำให้เกิดความรู้สึกไม่อยากใช้บริการระบบขนส่งนั้น ดังสามารถเห็นได้จากผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่ใช้บริการรถบัส ม.อ. (เขมินี ทองมาและภาสกร ชุมแก้ว, 2555) ที่ระบุว่า นักศึกษาที่ใช้บริการมีความพึงพอใจในการใช้บริการรถบัส ม.อ. ด้านการติดต่อสื่อสารอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งประเด็นเรื่องการประกาศแจ้งให้ทราบล่วงหน้าในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงการให้บริการยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ นอกจากนี้ ผู้ใช้บริการยังให้ข้อมูลในเรื่องของปัญหาการรถบัส ม.อ. มาไม่ตรงเวลาตามที่ได้แจ้งไว้ในตารางเวลาเดินรถเช่นกัน

การนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับบริการขนส่งมวลชน ถือเป็นหนึ่งวิธีที่จะช่วยดึงดูดให้นักศึกษา บุคลากรและบุคคลทั่วไปหันมาใช้บริการขนส่งมวลชนของมหาวิทยาลัยมากยิ่งขึ้น หากมีผู้ใช้บริการรถบัส ม.อ. มากขึ้น จะส่งผลให้มีจำนวนยานพาหนะส่วนบุคคลภายในมหาวิทยาลัยน้อยลงตามไปด้วย ดังจะเห็นได้จากโครงการปรับปรุงการให้บริการรถสวัสดิการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน (สโรช บุญศิริพันธ์, 2556) ซึ่งได้พัฒนาระบบรายงานการเดินทางเพื่อให้บริการแก่ผู้โดยสาร โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ระบุตำแหน่ง (GPS) บนรถสวัสดิการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำแหน่งของรถสวัสดิการจะถูกบันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และแสดงให้เห็นให้ผู้ใช้บริการที่กำลังรอได้ทราบในทันที โครงการดังกล่าวได้จัดทำผลสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้บริการก่อนและหลังใช้บริการรถสวัสดิการ พบว่ากว่าร้อยละ 98 ของผู้ใช้บริการทั้งหมด เห็นว่าระบบแจ้งข้อมูลการรอนั้นเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเดินทาง โดยที่ผู้ใช้บริการมีช่องทางการสื่อสารเพื่อรับข้อมูลกับผู้ใช้บริการรถสวัสดิการเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ ทางแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนและจอแสดงผลที่ป้ายโดยสารแต่ละจุด อย่างไรก็ตาม การนำอุปกรณ์ระบุตำแหน่งไปติดตั้งบนรถโดยสารสาธารณะนั้นยังมีต้นทุนในการดำเนินงานสูง เมื่อติดตั้งเสร็จแล้วยังจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างต่อเนื่อง หากมีรถที่ให้บริการเพิ่มมากขึ้น ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาจะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้น จึงควรมีการพัฒนากระบวนการให้ข้อมูลการเดินทางรถบัส ม.อ. ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการนำเทคโนโลยีของสมาร์ตโฟนซึ่งมีต้นทุนที่ถูก มาช่วยระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. ซึ่งผู้ใช้บริการสามารถตรวจสอบตำแหน่งและระยะเวลาการมาถึงของรถบัส ม.อ. ได้เทียบเท่ากับรถโดยสารสาธารณะที่ติดตั้งอุปกรณ์ระบุตำแหน่งที่มีราคาแพงเช่นเดียวกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีเป้าประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบตำแหน่งของรถบัส ม.อ. โดยใช้เทคโนโลยีระบุตำแหน่งจากสมาร์ตโฟน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของอุปกรณ์ระบุตำแหน่ง และพัฒนาแบบจำลองเพื่อคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แบบปรับตัวได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคาดการณ์ให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับเวลาจริงมากที่สุดแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ ไปแจ้งให้กับผู้ใช้บริการได้ทราบผ่านเว็บไซต์และแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน โดยระบบที่พัฒนาขึ้นมีชื่อว่า “PSU Bus Information System” หรือเรียกสั้นๆ ว่า “PSU BISy”

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

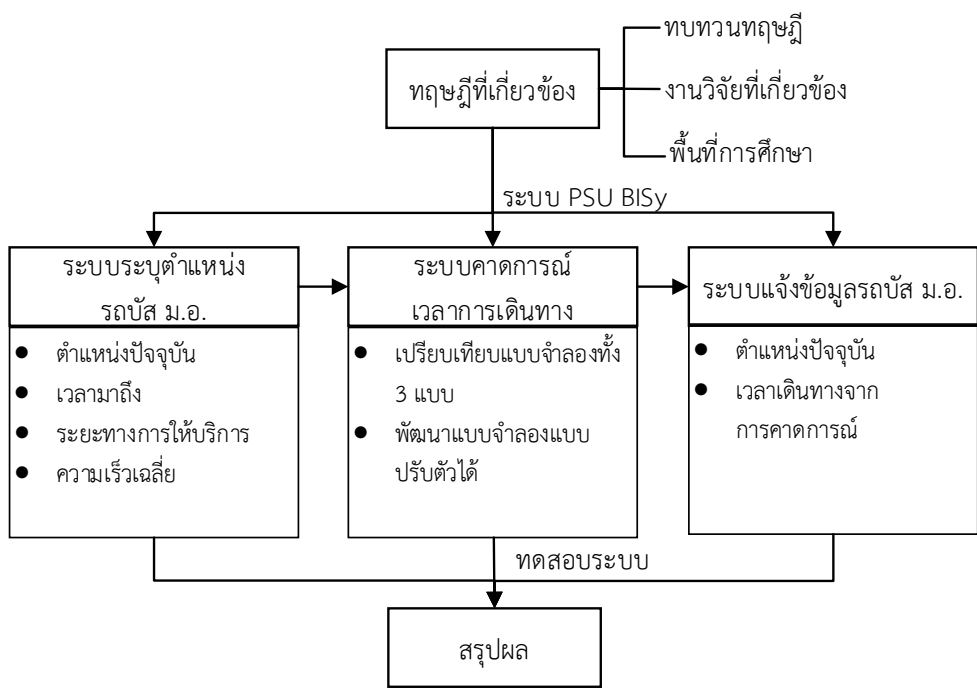
ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยไว้ ดังนี้

- 1) เพื่อศึกษาวิธีการบันทึกตำแหน่งและเวลามาถึงสำหรับรถบัส ม.อ.
- 2) เพื่อศึกษาแบบจำลองสำหรับคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.
- 3) เพื่อพัฒนาระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แบบปรับตัวได้
- 4) เพื่อพัฒนาระบบแจ้งข้อมูลรถบัส ม.อ. ให้กับผู้ใช้บริการ
- 5) เพื่อเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาสนับสนุนการให้บริการรถบัส ม.อ. ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ผู้วิจัยได้แบ่งขอบเขตของการศึกษาตามกรอบการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 1-4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) พื้นที่ศึกษา คือ เส้นทางให้บริการของระบบรถบัส ม.อ. ซึ่งครอบคลุมพื้นที่วิทยาเขตหาดใหญ่
- 2) การพัฒนาระบบบันทึกตำแหน่งของรถบัส ม.อ. โดยใช้สมาร์ตโฟนเป็นอุปกรณ์ในการระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.
- 3) การศึกษาและเปรียบเทียบแบบจำลองในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. พิจารณาจาก 3 แบบจำลองที่นิยมใช้แพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ ประกอบด้วย
 - การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis)
 - ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine)
 - โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)
- 4) แบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 3) จะถูกนำมาพัฒนาเป็นแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แบบปรับตัวได้
- 5) การพัฒนาเว็บไซต์และแอปพลิเคชันแจ้งตำแหน่งปัจจุบันและเวลาการมาถึงรถบัส ม.อ. ให้สามารถทำงานได้บนคอมพิวเตอร์ และสมาร์ตโฟนทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android



รูปที่ 1-4 กรอบการวิจัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผู้วิจัยได้นำงานวิจัยที่พัฒนาไปทดสอบกับระบบรถบัส ม.อ. โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลของงานวิจัยจะทำให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

- 1) ได้ระบบสำหรับบันทึกข้อมูลการให้บริการรถบัส ม.อ.
- 2) ได้แบบจำลองแบบปรับตัวได้ที่เหมาะสม สำหรับคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.
- 3) ผู้ใช้บริการสามารถทราบตำแหน่งปัจจุบันของรถบัส ม.อ. ผ่านทางแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ที่ชื่อ “PSU BISy”
- 4) ผู้ใช้บริการสามารถทราบเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์ของแบบจำลองผ่านทางแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ที่ชื่อ “PSU BISy”

บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และได้ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เพื่อนำไปพัฒนางานวิจัย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ

ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ หรือ Intelligent Transport Systems (ITS) หมายถึง ระบบที่มีการใช้เทคโนโลยีด้านการคำนวณเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาใช้ในการจัดการจราจรและการขนส่งที่สอดคล้องกับเวลาจริง (Real Time) มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มความปลอดภัยในการเดินทาง การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการจราจร เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการเดินทางและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะประกอบด้วย 6 ระบบที่สำคัญ (ไวพจน์ กุลาชัย, 2557) ดังนี้

1) **ระบบการจัดการจราจร** เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการจราจรและสัญญาณไฟจราจร โดยการนำเทคโนโลยีขั้นสูงทั้งในด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์มาใช้ในการควบคุมการจราจรและสัญญาณไฟจราจรให้เกิดประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังรวมถึงการจัดการอุบัติเหตุและอุบัติการณ์ต่างๆ โดยการใช้เซ็นเซอร์และเทคโนโลยีทางการสื่อสารเพื่อตรวจสอบการเกิดอุบัติเหตุ ที่สำคัญอย่างยิ่งคือระบบดังกล่าวจะมีการนำเทคโนโลยีด้านการตรวจสอบและคำนวณ เช่น การนำอุปกรณ์สำหรับตรวจนับจำนวนยานพาหนะมาใช้ เพื่อให้การคำนวณรอบสัญญาณไฟจราจรมีความสอดคล้องกับปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางของทางแยกและตรงกับเวลาจริงมากที่สุด

2) **ระบบการให้ข้อมูลข่าวสารการเดินทาง** เป็นการให้ข้อมูลข่าวสารก่อนการเดินทาง แนะนำเส้นทางให้กับอุปกรณ์ที่ติดตั้งในยานพาหนะ การให้ข้อมูลข่าวสารขณะเดินทางเกี่ยวกับอุบัติเหตุและอุบัติการณ์ต่างๆ ตลอดจนสภาพถนน สภาพการจราจรและสภาพแวดล้อม โดยใช้เทคโนโลยีด้านวิทยุสื่อสาร ป้ายไฟฟ้าแจ้งข้อความ อินเทอร์เน็ต การรายงานข่าวทางโทรทัศน์และการให้ข้อมูลส่วนบุคคล เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีระบบนำทางในยานพาหนะโดยอาศัยเทคโนโลยีการระบุตำแหน่งของยานพาหนะแบบอัตโนมัติ หรือ Automatic Vehicle Location (AVL) อีกด้วย

3) **ระบบความปลอดภัยในยานพาหนะและการจัดการเหตุฉุกเฉิน** เป็นเทคโนโลยีเกี่ยวกับยานพาหนะที่จะช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่ ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกสบายในการขับขี่อีกทางหนึ่ง มีการควบคุมความเร็วอัตโนมัติ การเตือนการชน การหลีกเลี่ยงการชน เครื่องมือป้องกันหรือเตือนกรณีผู้ขับขี่ซึ่งง่วงนอน ตลอดจนการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือ เป็นต้น ส่วนระบบการจัดการอุบัติเหตุหรือกรณีฉุกเฉินนั้น สามารถดำเนินการได้โดยการใช้เทคโนโลยีการระบุตำแหน่งยานพาหนะแบบอัตโนมัติเช่นกัน

4) **ระบบการบริหารจัดการรถสินค้า** เป็นระบบที่มีวัตถุประสงค์หลักในการเพิ่มผลผลิตและความปลอดภัยในอุตสาหกรรมและการขนส่งสินค้า โดยการปรับปรุงการจดทะเบียน การจัดเก็บภาษีและขั้นตอนของการขนส่งสินค้า ซึ่งมีการใช้เทคโนโลยีในการตรวจปล่อยรถแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Clearance) การจัดการและติดตามรถบรรทุก ตลอดจนการตรวจสอบความปลอดภัย ซึ่งระบบดังกล่าวไม่ได้เกี่ยวข้องโดยตรงต่อการแก้ไขปัญหาจราจร หากแต่เป็นระบบที่ส่งผลดีทางอ้อมต่อการจัดการจราจร

5) **ระบบการจัดการรถขนส่งสาธารณะ** เป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีในการระบุตำแหน่งของรถขนส่งสาธารณะแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อประชาชนเนื่องจากสามารถทราบตำแหน่งและเวลาในการรอรถขนส่งสาธารณะ ทำให้สามารถบริหารเวลาการเดินทางได้ดียิ่งขึ้น มีการให้สิทธิแก่รถขนส่งสาธารณะที่แยกสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

6) **ระบบชำระค่าโดยสารและค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ** เป็นระบบการชำระค่าบริการต่างๆ ผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น การชำระค่าโดยสารรถโดยสารสาธารณะ การชำระค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ เป็นต้น ปัจจุบันนิยมใช้บัตร Smart Card สำหรับการเก็บเงินไว้ในตัวบัตร และมีอุปกรณ์สำหรับหักค่าผ่านทางจากบัตรดังกล่าว โดยที่ผู้ขับขี่ยานพาหนะไม่ต้องจอดรถเพื่อชำระค่าบริการให้กับเจ้าหน้าที่เก็บเงิน

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการรถขนส่งสาธารณะเป็นหลัก โดยได้นำอุปกรณ์และเทคโนโลยีต่างๆ มาประยุกต์ใช้ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดในด้านอุปกรณ์และเทคโนโลยีจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

2.1.2 ระบบปฏิบัติการในสมาร์ทโฟน

สมาร์ทโฟน (Smart Phone) หมายถึง โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีความสามารถในการทำงานต่างๆ ได้นอกเหนือจากการโทรออกและการรับสาย เช่น การใช้อินเทอร์เน็ต การถ่ายรูป หรือการระบุตำแหน่งบนพื้นโลกจากตัวอุปกรณ์ เป็นต้น โดยสมาร์ทโฟนมีหลักการทำงานประกอบด้วย 2 ส่วน (Cassavoy, 2015) คือ

1) ระบบปฏิบัติการ (Operating System) คือ ซอฟต์แวร์ที่เป็นตัวกลางสื่อสารระหว่างฮาร์ดแวร์และแอปพลิเคชัน ทำหน้าที่จัดสรรทรัพยากรในสมาร์ทโฟน เพื่อให้บริการแก่แอปพลิเคชัน เช่น การส่งข้อมูลไปบันทึกหรืออ่านจากหน่วยความจำ การรับส่งข้อมูลในระบบเครือข่าย รวมทั้งทำหน้าที่จัดสรรเวลาการใช้หน่วยประมวลผลกลาง เป็นต้น

2) แอปพลิเคชัน (Application) คือ โปรแกรมประยุกต์ที่จะช่วยตอบสนองความต้องการของผู้ใช้สมาร์ทโฟน โดยจะมีส่วนที่เรียกว่า ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface, UI) เพื่อเป็นตัวกลางในการรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน ส่งคำสั่งไปยังระบบปฏิบัติการบนสมาร์ทโฟนเพื่อทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์กลับมายังผู้ใช้งาน

สมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Device) ที่ได้รับความนิยมจากผู้ใช้งานมากที่สุด โดยมีจำนวนผู้ใช้งานถึง 15 ล้านคน และมีแนวโน้มการใช้งานเติบโตขึ้นเรื่อยๆ (สุชาติ ภาลาชัยภิรมย์ศิริ, 2555) เนื่องจาก อุปกรณ์ดังกล่าวมีระบบปฏิบัติการที่เป็นซอฟต์แวร์ระบบ

(System Software) สามารถรองรับการใช้แอปพลิเคชันต่างๆ บนสมาร์ทโฟน ซึ่งตอบสนองผู้ใช้งานได้ทุกเพศทุกวัย โดยระบบปฏิบัติการสมาร์ทโฟนที่ได้รับความนิยมสูงสุด 2 อันดับ ได้แก่

ไอโอเอส (iOS) มีชื่อเดิมที่เรียกกันคือ ไอโฟนโอเอส (iPhone OS) เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับสมาร์ทโฟนของบริษัทแอปเปิล โดยพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในโทรศัพท์ไอโฟน (iPhone) ต่อมาได้มีการพัฒนาต่อยอดเพื่อให้สามารถใช้งานได้กับไอพอดทัช (iPod touch) และไอแพด (iPad) ระบบ iOS สามารถเชื่อมต่อไปยังแอสโตร ซึ่งเปรียบเสมือนศูนย์กลางสำหรับการเข้าถึงแอปพลิเคชันที่สามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการ iOS หรือที่เรียกกันว่า iOS แอปพลิเคชัน โดยในแอสโตรมีการแบ่งหมวดการใช้งานตามรูปแบบของอุปกรณ์ ทั้งไอโฟน ไอแพด และรวมถึงระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของแอปเปิล (OSX) ทั้งนี้ การแบ่งหมวดหมู่ดังกล่าว มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำแอปพลิเคชันมาใช้งานได้ตามความเหมาะสมของอุปกรณ์ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบปฏิบัติการ iOS และ iOS แอปพลิเคชันมาโดยตลอด เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน ส่งผลให้มีจำนวนแอปพลิเคชันจำนวนมากว่าล้านแอปพลิเคชัน (บริษัทโซโย โฮสติ้ง จำกัด, 2556)

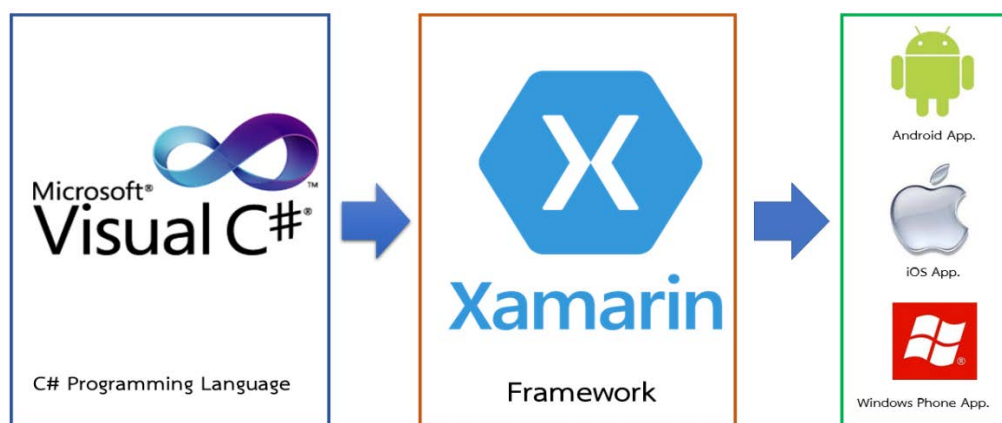
แอนดรอยด์ (Android) เป็นระบบปฏิบัติการแบบรหัสเปิด (Open Source) มีพื้นฐานมาจากระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) ผลิตโดยบริษัท กูเกิล ปัจจุบันเป็นระบบปฏิบัติการที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากผู้ผลิตและจำหน่ายสมาร์ทโฟนสามารถนำระบบปฏิบัติการดังกล่าวไปติดตั้งเป็นระบบปฏิบัติการบนอุปกรณ์ที่ตนเองผลิตได้แบบไม่เสียค่าใช้จ่าย ซึ่งส่งผลให้สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด มีหลากหลายยี่ห้อและราคาที่แตกต่างกันไป ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ดังกล่าวได้ตามต้องการ นอกจากนั้นแล้วระบบปฏิบัติการ Android ยังมีจุดเด่นที่สามารถเพิ่มจำนวนผู้ใช้งาน โดยการประยุกต์ใช้งานกับบริการอื่นๆ จากกูเกิลได้อย่างเต็มที่ เช่น Gmail, Google Maps และ Google Drive เป็นต้น ระบบปฏิบัติการดังกล่าว ยังเปิดเผยชุดคำสั่งต้นฉบับเป็นจำนวนมากสำหรับนักพัฒนาที่สนใจให้นำสามารถนำซอฟต์แวร์ต้นฉบับไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันของตนเองได้อย่างง่ายดาย (Cunningham, 2013)

การพัฒนาแอปพลิเคชันให้ใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการสมาร์ทโฟนแต่ละชนิดจะต้องพัฒนาด้วยโครงสร้างหลักของต้นกำเนิดภาษาที่ได้ออกแบบไว้โดยเฉพาะ เช่น ระบบปฏิบัติการ Android จะต้องใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า “Java” ซึ่งพัฒนาโดย Gosling, et al. (1991) และระบบปฏิบัติการ iOS จะต้องพัฒนาด้วยภาษา “Object-C” ซึ่งพัฒนาโดย Apple Inc. (2006) โดยเรียกแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาในรูปแบบนี้ว่า “Native Application” หากผู้พัฒนาแอปพลิเคชันต้องการให้แอปพลิเคชันตอบสนองความต้องการของผู้ใช้สมาร์ทโฟนได้มากที่สุด จำเป็นต้องพัฒนาแอปพลิเคชันที่รองรับกับระบบปฏิบัติการที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ทำให้เกิดปัญหาความซ้ำซ้อนในขั้นตอนการพัฒนา เนื่องจากต้องพัฒนาแอปพลิเคชันที่มีฟังก์ชันการทำงานเหมือนกัน แต่ต่างกันที่การใช้เครื่องมือหรือภาษาคอมพิวเตอร์ในการพัฒนา คำถามคือ ทำอย่างไรให้ผู้พัฒนาแอปพลิเคชันนั้นพัฒนาเพียงครั้งเดียวและให้สามารถรองรับการทำงานของสมาร์ทโฟนได้หลายระบบปฏิบัติการ ซึ่งขั้นตอนหรือเครื่องมือดังกล่าวนี้ จำเป็นต้องใช้ “โปรแกรมประยุกต์รองรับสมาร์ทโฟนหลายระบบปฏิบัติการ”

2.1.3 โปรแกรมประยุกต์รองรับสมาร์ตโฟนหลายระบบปฏิบัติการ

โปรแกรมประยุกต์รองรับสมาร์ตโฟนหลายระบบปฏิบัติการ หรือ Mobile Application Cross Platform เป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันให้สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการบนสมาร์ตโฟนมากกว่า 1 ระบบปฏิบัติการ โดยการพัฒนาแอปพลิเคชันเพียงครั้งเดียว ซึ่งแอปพลิเคชันที่ได้ เรียกว่า “Hybrid Application” โดยแอปพลิเคชันดังกล่าวถูกพัฒนาด้วยภาษาทางคอมพิวเตอร์ 4 ชนิด ได้แก่ 1) Hypertext Markup Language version 5 หรือ HTML5 2) Visual C# 3) Cascading Style Sheet หรือ CSS และ 4) Javascript ซึ่งการพัฒนาหรือเรียกใช้ฟังก์ชันจากสมาร์ตโฟน จะเรียกใช้ผ่านเครื่องมือ (Framework) ต่างๆ เมื่อแอปพลิเคชันถูกพัฒนาเสร็จเรียบร้อยแล้วผู้พัฒนาสามารถส่งออกแอปพลิเคชัน ให้สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการของสมาร์ตโฟนทุกระบบ เช่น iOS, Android และ Windows Phone เป็นต้น (Redda, 2012) โดย Framework ที่นิยมใช้ในการพัฒนา Mobile Application Cross Platform ได้แก่

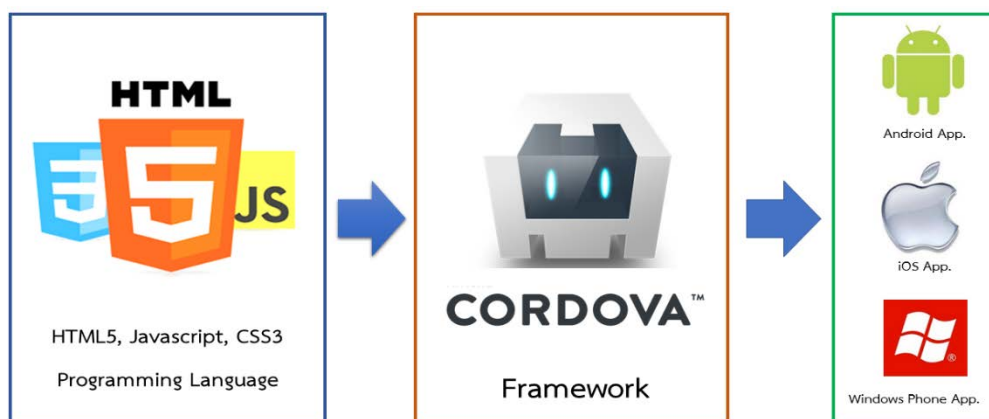
1) **Xamarin** เป็น Framework ที่ถูกพัฒนาโดย Xamarin Inc. (2015) นักพัฒนาสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนให้ทำงานได้บนระบบปฏิบัติการ Android และ iOS โดยการใช้ภาษา “Visual C#” ที่พัฒนาโดย Microsoft (2015) ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวมีการพัฒนามาจาก Framework ที่ชื่อ “Mono” และเปลี่ยนชื่อใหม่อย่างเป็นทางการว่า “Xamarin” ความสามารถของ Xamarin สามารถแปลงภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่เขียนด้วย Visual C# ให้ทำงานได้เหมือนกับการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยภาษา Java และ Object-C แล้วส่งออกเป็นแอปพลิเคชันในระบบปฏิบัติการต่างๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-1 แต่พื้นฐานการทำงานต่างๆ ยังต้องอาศัย Framework ทั้งของระบบปฏิบัติการ Android และ iOS



รูปที่ 2-1 ขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Xamarin

2) **Apache Cordova** เป็น Framework ที่ถูกพัฒนาโดย TASF (2014) มีโครงสร้างการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2-2 ซึ่งมีกระบวนการทำงานด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ HTML5, CSS3 และ Javascript โดยภาษา HTML5 ทำหน้าที่ในการแสดงผล CSS3 ทำหน้าที่ในการปรับแต่งส่วนติดต่อผู้ใช้ให้สวยงามน่าใช้งาน และ Javascript สำหรับเรียกใช้ฟังก์ชันต่างๆ จากสมาร์ตโฟน เมื่อพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยภาษาทั้ง 3 ชนิดเสร็จเรียบร้อยแล้ว Framework ของ Apache

Cordova จะสามารถรวมชุดคำสั่งทั้งหมด แล้วส่งออกเป็นแอปพลิเคชันที่สามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการสมาร์ตโฟนต่างๆ ได้ทันที



รูปที่ 2-2 ขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Apache Codorva

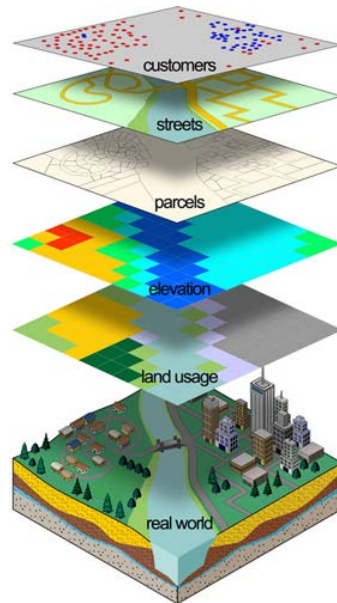
Pimpler (2015) ได้กล่าวไว้ว่า ข้อดีของการใช้หลักการ Mobile Application Cross Platform นอกจากจะลดกระบวนการพัฒนาระบบที่ซ้ำซ้อนและช่วยประหยัดเวลาในการพัฒนาระบบแล้ว หากเลือกใช้เครื่องมือที่พัฒนาบนพื้นฐานของเทคโนโลยีเว็บ (Web Technology) จะเพิ่มความสะดวกในการนำแอปพลิเคชันไปประยุกต์ใช้กับระบบเทคโนโลยีสารสนเทศต่างๆ ได้ เช่น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นต้น

2.1.4 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย (2556) ได้อธิบายความหมายของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System (GIS) ไว้ว่า เป็นกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดข้อมูลและสารสนเทศให้มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ ข้อมูลและแผนที่ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ จะอยู่ในรูปแบบของตารางข้อมูลและฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลายนั้น สามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปแสดงบนแผนที่จะสามารถแปลและสื่อความหมายได้ง่าย

นอกจากนี้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถนำมาแปลความหมายให้เชื่อมโยงกับสภาพภูมิศาสตร์อื่นๆ ได้ เช่น ข้อมูลสภาพพื้นที่ ความสัมพันธ์ของสัดส่วนระยะทางและพื้นที่จริงบนแผนที่ เป็นต้น โดยข้อมูลที่จัดเก็บในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงในรูปของภาพ (Graphic) แผนที่ (Map) ที่เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) หรือฐานข้อมูล (Database) การเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดเข้าด้วยกัน ทำให้ระบบสามารถแสดงข้อมูลได้พร้อมกัน จากรูปที่ 2-3 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างของโครงสร้างข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นชั้นตามประเภทของข้อมูล เช่น จำนวนประชากร เส้นทางคมนาคม สภาพภูมิประเทศ

และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมารวมกันจะทำให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละประเภทได้ง่าย และนำข้อมูลที่ได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ไปอ้างอิงกับข้อมูลบนพื้นที่จริงได้



ที่มา: Braun (2012)

รูปที่ 2-3 โครงสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Peng and Tsou (2013) ได้อธิบายถึง วิวัฒนาการของ GIS โดยใช้ช่วงเวลาของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเกณฑ์ในการอธิบายวิวัฒนาการ ซึ่งแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1) Mainframe GIS เป็นการติดตั้งและประมวลผลระบบ GIS โดยใช้คอมพิวเตอร์เมนเฟรม ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่และมีราคาสูง ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบ GIS จะถูกติดตั้งไว้ที่คอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกันทั้งหมด ผู้ใช้งานระบบสามารถเข้าถึงข้อมูล GIS และวิเคราะห์ข้อมูลได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่เป็นคอมพิวเตอร์เมนเฟรมผ่านระบบเครือข่าย ในอดีตคอมพิวเตอร์เมนเฟรมนิยมนำมาใช้ประมวลผลข้อมูลสารสนเทศ แต่ปัจจุบันคอมพิวเตอร์เมนเฟรมมีความนิยมในการใช้งานน้อยลง เนื่องจากคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กหรือไมโครคอมพิวเตอร์ มีประสิทธิภาพในการทำงานใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์เมนเฟรม ผู้พัฒนาระบบ GIS จึงพัฒนาระบบให้สามารถใช้งานได้กับไมโครคอมพิวเตอร์ จึงเป็นที่มาของระบบ “Desktop GIS”

2) Desktop GIS เป็นระบบ GIS ที่มีซอฟต์แวร์ใช้งานได้บนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กหรือคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ผู้ใช้งานระบบไม่จำเป็นต้องมีคอมพิวเตอร์เมนเฟรมในการใช้งานระบบ โดยระบบ Desktop GIS สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบเดี่ยว (Stand-Alone Desktop GIS) เป็นระบบที่ติดตั้งและให้บริการสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพียงเครื่องเดียว มีส่วนติดต่อผู้ใช้งานและข้อมูลอยู่ในคอมพิวเตอร์ทั้งหมด และไม่มีการนำข้อมูลของแต่ละเครื่องมาเชื่อมต่อกัน

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบเครือข่าย (LAN based Desktop GIS) เป็นการนำระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โครงสร้างของระบบจะประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (เครื่องลูกข่าย) ที่ติดตั้งซอฟต์แวร์ระบบ GIS สำหรับแสดงผลข้อมูล และเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ (เครื่องแม่ข่าย) สำหรับประมวลผลและบันทึกข้อมูล โดยข้อมูลที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจะมาจากหลายแหล่ง มาประกอบรวมกัน เช่น การตรวจสอบข้อมูลจากพื้นที่จริง การบันทึกข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศ เป็นต้น การเรียกคืนข้อมูลที่ถูกบันทึกมาใช้ ผู้ใช้งานระบบจะต้องส่งคำสั่งจากเครื่องลูกข่ายไปยังเครื่องแม่ข่าย เพื่อประมวลผลข้อมูลหลังจากนั้นจะนำผลลัพธ์ที่ได้ส่งกลับไปยังเครื่องลูกข่ายเพื่อการแสดงผลให้ผู้ใช้งานระบบได้ทราบ โดยปัญหาของระบบดังกล่าว คือ คอมพิวเตอร์ที่จะใช้งานระบบต้องทำการติดตั้งซอฟต์แวร์และระบบใช้งานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันเท่านั้น

3) Distributed GIS เป็นการพัฒนาระบบ GIS จากโครงสร้างของ LAN based Desktop GIS โดยนำเทคโนโลยีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาประยุกต์ใช้ ผู้ใช้งานระบบสามารถเรียกดูข้อมูลได้จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกเครื่องที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล สมาร์ทโฟน เป็นต้น โดยระบบ Distributed GIS แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Internet GIS และ Mobile GIS ทั้งสองประเภทมีความแตกต่างกันที่ Internet GIS จะใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการเชื่อมต่อกับระบบและออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานให้เหมาะสมกับคอมพิวเตอร์ แต่ Mobile GIS ใช้เครือข่ายโทรคมนาคมในการเชื่อมต่อระบบและออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานให้เหมาะสมกับโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือสมาร์ทโฟน

ปัจจุบันระบบ GIS ที่นิยมใช้ได้แก่ Google Maps Application Programming Interface หรือ Google Maps API (Google Inc., 2015) ซึ่งมีโครงสร้างของระบบเป็นแบบ Distributed GIS เครื่องลูกข่ายสามารถเรียกใช้ข้อมูล (Data) ความสามารถ (Method) ผ่านช่องทางที่ผู้ให้บริการได้กำหนดไว้ โดยที่ผู้ใช้งานระบบต้องทราบวิธีเรียกดูข้อมูล วิธีเรียกใช้บริการ วิธีสร้างการเชื่อมต่อ วิธีการรับส่งข้อมูล และผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นอย่างไร โดยระบบดังกล่าวสามารถใช้งานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน ซึ่ง Google Maps API เป็นบริการที่ผู้ใช้บริการสามารถนำข้อมูลของ Google Maps ไปใช้ในการพัฒนางานของตนเองต่อได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

2.1.5 ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก

ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก หรือ Global Positioning System (GPS) คือ ระบบแจ้งตำแหน่งบนผิวโลก โดยอาศัยพิกัดสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียม นำมาคำนวณหาตำแหน่งจากจุดที่ส่งค่าพิกัด ซึ่งแสดงผลลัพธ์เป็นค่าละติจูดกับลองจิจูด หลักการทำงานของระบบ GPS จะเริ่มจากดาวเทียมแต่ละดวงจะส่งสัญญาณออกมาเป็นจังหวะ ตามระยะเวลาการส่งมีหน่วยเป็นนาโนวินาที ซึ่งการส่งสัญญาณของดาวเทียมจะเป็นการส่งแบบกระจายโดยไม่สนใจผู้รับ ข้อมูลที่มากับสัญญาณจะมีสองประเภทคือ เวลาที่ส่ง (Time Stamp) และตำแหน่งโคจรของดาวเทียม ในส่วนของภาครับสัญญาณ เช่น อุปกรณ์ระบุตำแหน่ง (GPS Tracking) หรืออุปกรณ์นำทาง (GPS Navigator) มีหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียม จากนั้นจะตรวจสอบช่วงเวลาสัญญาณถูกส่งออกมาว่าเป็นช่วงเวลาใดและอุปกรณ์ได้รับในช่วงเวลาใด และตรวจสอบเวลาในการเดินทางของสัญญาณ หลังจาก

นั้นจะนำความเร็วแสงมาคำนวณ ทำให้ทราบระยะห่างระหว่างภาคีกับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณออกมา แต่เนื่องจากการส่งสัญญาณดาวเทียมเพียงแคดวงเดียว ทำให้ทราบเพียงแคระยะห่างระหว่างตำแหน่งและจุดที่ส่งสัญญาณ แต่ไม่ทราบทิศทางว่าห่างไปทางทิศใด จึงจำเป็นต้องอ้างอิงดาวเทียมดวงที่สอง สาม และสี่ เพื่อให้ภาคีรับสัญญาณบนพื้นโลกสามารถคำนวณเทียบหาความเปลี่ยนแปลงตำแหน่งปัจจุบันของอุปกรณ์ (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

Anton (2010) ได้แบ่งประเภทของระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลกออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

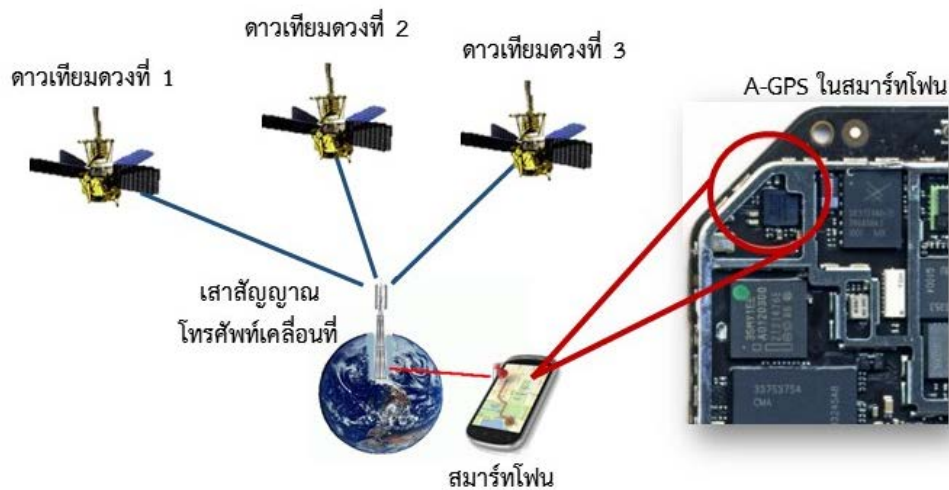
1) ระบบระบุตำแหน่งแบบพื้นฐาน (Standard GPS) เป็นระบบรับและส่งตำแหน่งบนพื้นโลกโดยอาศัยพิกัดสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมโดยตรง ไม่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่นๆ มีขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2-4 ดาวเทียมแต่ละดวงจะส่งสัญญาณออกมาเป็นจังหวะอย่างต่อเนื่อง โดยความแม่นยำในการระบุตำแหน่งบนพื้นโลกจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในช่วงเวลาที่รับและส่งสัญญาณ เช่น ท้องฟ้าเปิดโล่ง ไม่มีวัตถุบดบังอุปกรณ์รับและส่งสัญญาณ เป็นต้น นอกจากนี้ จำนวนของดาวเทียมที่อุปกรณ์ภาคีรับสัญญาณสามารถรับสัญญาณได้ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้การระบุตำแหน่งบนพื้นโลกมีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งอุปกรณ์ภาคีที่สามารถรับสัญญาณของดาวเทียมได้หลายดวงนั้นมักมีราคาค่อนข้างสูง อุปกรณ์ที่นิยมใช้เทคโนโลยีดังกล่าว ได้แก่ อุปกรณ์บันทึกการเคลื่อนที่ (GPS Tracking) อุปกรณ์นำทาง (GPS Navigator) เป็นต้น



ที่มา: ดัดแปลงจาก Griffin (2011)

รูปที่ 2-4 โครงสร้างระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลกโดย GPS

2) ระบบระบุตำแหน่งแบบสนับสนุน หรือ Assisted GPS System (A-GPS) เป็นระบบ GPS ที่มีการพัฒนามาจากพื้นฐานของระบบระบุตำแหน่งแบบพื้นฐาน โดยการสนับสนุนการรับและส่งข้อมูลตำแหน่งบนพื้นโลกผ่านระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งในปัจจุบันใช้มาตรฐานการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย 3G และ 4G แทนการรับส่งข้อมูลผ่านดาวเทียมดังแสดงในรูปที่ 2-5 ข้อมูลตำแหน่งบนพื้นโลกโดยประมาณ จะได้มาจากเสาส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ให้บริการที่มีการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนแล้ว ทำให้อุปกรณ์ภาครับ GPS ภายในสมาร์ทโฟน (Chip) สามารถระบุตำแหน่งบนพื้นโลกโดยประมาณได้ก่อนที่จะรับสัญญาณ GPS ที่แท้จริงจากดาวเทียม ส่งผลให้การประมวลผลหาตำแหน่งอย่างละเอียดทำได้เร็วมากขึ้น ซึ่งหลายบริษัทได้นำเทคโนโลยี A-GPS ไปประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งบนพื้นโลกให้กับสมาร์ทโฟนกันอย่างแพร่หลาย



ที่มา: ดัดแปลงจาก Kamakshi (2010)
รูปที่ 2-5 โครงสร้างระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลกโดย A-GPS

Diffen (2015) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ระหว่าง GPS และ A-GPS ดังแสดงในตารางที่ตารางที่ 2-1 สามารถสรุปได้ว่า A-GPS นั้นมีความรวดเร็วในการระบุตำแหน่งบนพื้นโลก แต่ GPS ให้ข้อมูลตำแหน่งที่มีความแม่นยำมากกว่า นอกจากนี้ A-GPS มีค่าใช้จ่ายในด้านการใช้เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ให้บริการรวมถึงค่าอุปกรณ์ แต่ GPS มีค่าอุปกรณ์เพียงส่วนเดียว ซึ่งในปัจจุบันทั้งราคาของอุปกรณ์ที่มี A-GPS อยู่ภายในตัว และค่าบริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ มีราคาถูกลงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เทคโนโลยี A-GPS เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

ตารางที่ 2-1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง GPS กับ A-GPS

ประสิทธิภาพ	A-GPS	GPS
การรับสัญญาณ	รับสัญญาณจากเสาส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่และดาวเทียม	รับสัญญาณจากดาวเทียมโดยตรงเพียงอย่างเดียว
ความเร็ว	รับสัญญาณได้เร็วกว่าเนื่องจากมีการรับตำแหน่งบนพื้นโลกจากเสาส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่	รับสัญญาณได้ช้ากว่าเนื่องจากต้องเชื่อมต่อกับดาวเทียมจำนวน 4 ดวงเป็นอย่างต่ำ
ความน่าเชื่อถือ	ตำแหน่งที่ได้มีความถูกต้องน้อยกว่า GPS	ตำแหน่งที่ได้มีความแม่นยำมากกว่า A-GPS
ต้นทุน/ค่าใช้จ่าย	มีค่าใช้จ่ายต่อเนื่องในส่วนของคุณค่าบริการ การใช้ทรัพยากรของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่	ไม่มีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการบริการ มีเพียงค่าใช้จ่ายในส่วนของคุณค่าอุปกรณ์
อุปกรณ์ที่นำไปใช้	โทรศัพท์เคลื่อนที่ สมาร์ทโฟน	รถยนต์ เรือ เครื่องบิน

ที่มา: Diffen (2015)

2.1.6 การคำนวณระยะห่างของตำแหน่งบนพื้นโลก

การคำนวณระยะห่างของตำแหน่งบนพื้นโลกระหว่างจุด 2 จุด ถือเป็นหนึ่งกระบวนการสำคัญของการประมวลผลภายในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ทฤษฎีทางตรีโกณมิติมาช่วยในการคำนวณ หัวข้อนี้กล่าวถึงทฤษฎีการคำนวณระยะห่างของพื้นโลกทั้งหมด 2 ทฤษฎี ได้แก่ Trilateration (T.V.T Marine, 2009) และ Haversine (Inman, 1835) โดยมีรายละเอียดและงานวิจัยที่ได้นำแต่ละทฤษฎีไปประยุกต์ใช้ ดังนี้

2.1.6.1 การหาตำแหน่งแบบอาศัยหลักการของโครงข่ายสามเหลี่ยม (Trilateration) เป็นวิธีการหาตำแหน่งของวัตถุโดยใช้รูปทรงสามเหลี่ยม ซึ่งใช้จุดอ้างอิงตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไปเพื่อวัดระยะห่างจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง หากต้องการความแม่นยำในระนาบ 2 มิติมากขึ้น ต้องใช้จุดอ้างอิงจุดที่ 3 จากรูปที่ 2-6 เป็นการหาค่าพิกัดจุด $X(x, y)$ โดยการคำนวณหาตำแหน่งจะต้องทราบพิกัดอ้างอิงอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง คือ $A(x_a, y_a)$, $B(x_b, y_b)$ และ $C(x_c, y_c)$ ซึ่งมีระยะรัศมีระหว่างจุดอ้างอิง A, B และ C กับจุดที่ต้องการทราบคือ r_a , r_b และ r_c ซึ่งการคำนวณหาตำแหน่งโดยใช้จุดอ้างอิง 3 จุด มีสมการในการคำนวณ ดังแสดงในสมการที่ 2-1 ถึง 2-5

$$x^2 + y^2 = r_a^2 \quad (2-1)$$

$$(x - x_b)^2 + y^2 = r_b^2 \quad (2-2)$$

$$(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 = r_c^2 \quad (2-3)$$

$$x = \frac{x_b^2 + r_a^2 - r_b^2}{2x_b} \quad (2-4)$$

$$y = \frac{x_c^2 + y_c^2 + r_a^2 - r_c^2 - 2xx_c}{2y_c} \quad (2-5)$$

โดยที่

x คือ พิกัด X ที่ต้องการทราบในแกน x

y คือ พิกัด X ที่ต้องการทราบในแกน y

x_a, y_a คือ พิกัดอ้างอิงของ A ในแนวแกน x และ y

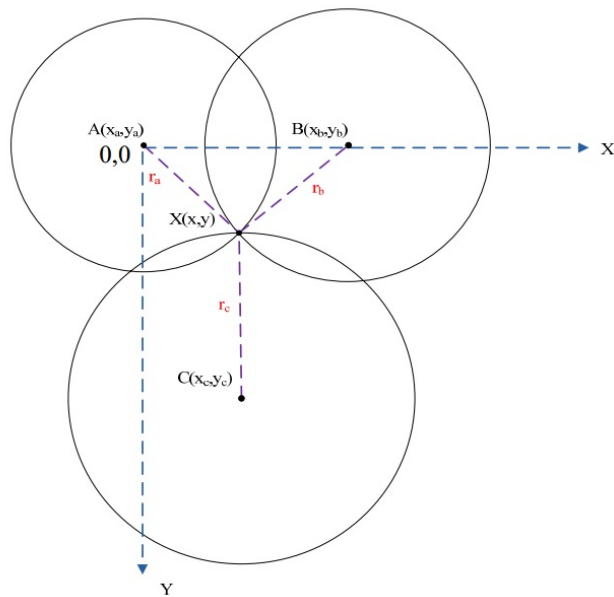
x_b, y_b คือ พิกัดอ้างอิงของ B ในแนวแกน x และ y

x_c, y_c คือ พิกัดอ้างอิงของ C ในแนวแกน x และ y

r_a คือ รัศมีของพิกัดอ้างอิงที่ 1 ถึงพิกัด X

r_b คือ รัศมีของพิกัดอ้างอิงที่ 2 ถึงพิกัด X

r_c คือ รัศมีของพิกัดอ้างอิงที่ 3 ถึงพิกัด X



ที่มา: เฉลิมพล (2555)

รูปที่ 2-6 การคำนวณด้วยวิธี Trilateration

เฉลิมพล โกมะลานนท์ (2554) ได้พัฒนาระบบติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะภายในโรงเก็บอากาศยาน โดยใช้ทฤษฎี Trilateration ในการคำนวณหาตำแหน่งยานพาหนะ ผลการพัฒนาระบบ พบว่า มีความคลาดเคลื่อนในการคำนวณตำแหน่งไม่เกิน ± 2.1 เมตร จากตำแหน่งจริงของยานพาหนะ โดยความเร็วของยานพาหนะในการทดสอบอยู่ที่ไม่เกิน 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เนื่องจากโลกเป็นทรงรี ไม่ได้มีลักษณะเป็นพื้นแบนราบ การคำนวณระยะทางจึงต้องมีการปรับปรุงสมการเพื่อให้มีความถูกต้องตามหลักภูมิศาสตร์ที่เป็นจริง ซึ่งทฤษฎีที่นำคาร์สมิแกน โลกมาใช้ในการคำนวณ ได้แก่ “กฎของ Haversine”

2.1.6.2 ทฤษฎีโดยกฎของ Haversine เป็นการหาค่าระยะห่างระหว่างจุด 2 จุดบนโลก ที่ได้จากอุปกรณ์ GPS ซึ่งค่าจากอุปกรณ์ที่นำมาใช้คำนวณมี 2 ค่า คือ

1) ละติจูด (Latitude) คือ เส้นแนวนอน มีทั้งหมด 180 เส้น โดยแบ่งออกเป็นซีกโลกบน 90 เส้น (90 องศา) และซีกโลกล่างอีก 90 เส้น (90 องศา) มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0 องศา และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 90 องศา ละติจูดที่ 0 องศา อยู่ที่เส้นศูนย์สูตร

2) ลองจิจูด (Longitude) คือ เส้นแนวตั้ง มีทั้งหมด 360 เส้น โดยแบ่งออกเป็นซีกโลกซ้าย 180 เส้น (180 องศา) และซีกโลกขวาอีก 180 เส้น (180 องศา) มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0 องศา และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 180 องศา

ทฤษฎีดังกล่าวเป็นที่นิยมแพร่หลายในการประยุกต์ใช้กับระบบ GIS ซึ่งในระบบแผนที่ของกูเกิ้ล (Google Maps) ก็ได้นำทฤษฎีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งห่างของตำแหน่งภายในระบบแผนที่เช่นกัน (Google Inc., 2015) โดยมีการคำนวณดังสมการที่ 2-6 ถึง 2-10

$$\Delta lat = lat_2 - lat_1 \quad (2-6)$$

$$\Delta long = long_2 - long_1 \quad (2-7)$$

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_1)\cos(lat_2)\sin^2\left(\frac{\Delta long}{2}\right) \quad (2-8)$$

$$c = 2a \tan 2\left(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}\right) \quad (2-9)$$

$$d = rc \quad (2-10)$$

โดยที่

lat_1 คือ ค่าละติจูดจากจุดที่ 1

lat_2 คือ ค่าละติจูดจากจุดที่ 2

$long_1$ คือ ค่าลองจิจูดจากจุดที่ 1

$long_2$ คือ ค่าลองจิจูดจากจุดที่ 2

- Δlat คือ ผลต่างระหว่างละติจูดที่ 2 กับ 1
 $\Delta long$ คือ ผลต่างระหว่างลองจิจูดที่ 2 กับ 1
 r คือ ความยาวรัศมีของโลก (6,371 กิโลเมตร)
 d คือ ค่าระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด (กิโลเมตร)

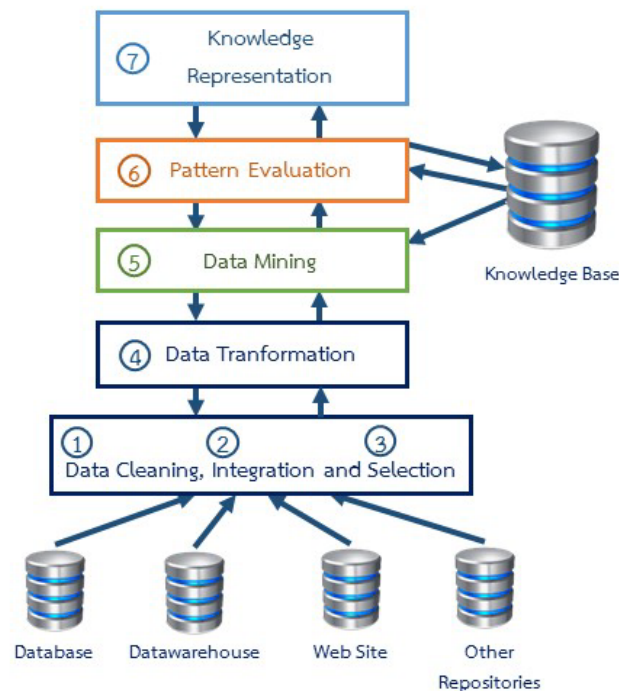
เมื่อมีการคำนวณข้อมูลตำแหน่งบนพื้นโลกและนำไปบันทึกลงในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เสร็จสิ้นแล้ว ในปัจจุบันได้มีวิธีการนำข้อมูลที่ถูกรับบันทึกอยู่เป็นจำนวนมากหรือจากข้อมูลสารสนเทศหลากหลายแหล่งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการคาดการณ์ข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตให้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด ซึ่งวิธีการดังกล่าว เรียกว่า “การทำเหมืองข้อมูล”

2.1.7 การทำเหมืองข้อมูล

การทำเหมืองข้อมูล หรือ Data Mining คือ กระบวนการค้นหารูปแบบหรือความสัมพันธ์ของสารสนเทศในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน เพื่อนำสารสนเทศที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยโครงสร้างของการทำเหมืองข้อมูลประกอบด้วยกระบวนการทางสถิติและการเรียนรู้ผ่านระบบคอมพิวเตอร์มาสร้างแบบจำลอง ซึ่งการทำเหมืองข้อมูลมีขั้นตอนที่อาศัยแบบจำลองต่างๆ ในการประมวลผลให้เหมาะสม โดยแบบจำลองส่วนใหญ่พัฒนามาจากศาสตร์ทางด้าน Artificial Intelligence หรือ AI (สุชาติดา กิระนันท์, 2545)

Han and Kamber (2006) ได้อธิบายถึงขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน (รูปที่ 2-7) มีรายละเอียด ดังนี้

- 1) Data Cleaning เป็นการคัดกรองข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออก เหลือไว้เพียงข้อมูลที่สำคัญ
- 2) Data Integration เป็นการรวมข้อมูลจากหลายแหล่งให้มีชุดข้อมูลเดียวกัน
- 3) Data Selection เป็นการเลือกข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์จากแหล่งที่บันทึกไว้
- 4) Data Transformation เป็นการแปลงข้อมูลให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- 5) Data Mining เป็นการค้นหารูปแบบที่เป็นประโยชน์จากข้อมูลที่มีอยู่
- 6) Pattern Evaluation เป็นการประเมินรูปแบบที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูล
- 7) Knowledge Representation เป็นการนำเสนอความรู้ที่ค้นพบ โดยใช้เทคนิคในการนำเสนอเพื่อให้เข้าใจ



ที่มา: ดัดแปลงจาก Akannsha (2012)

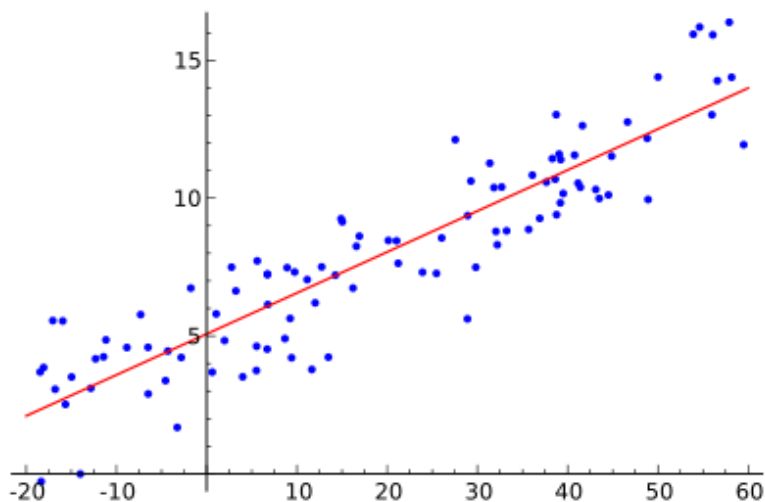
รูปที่ 2-7 กระบวนการทำเหมืองข้อมูล

2.1.8 แบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถโดยสารสาธารณะ

แบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถโดยสารสาธารณะ เป็นการนำข้อมูลสารสนเทศการให้บริการรถโดยสารสาธารณะที่มีอยู่ในอดีต มาใช้ในการประมวลผลข้อมูลเพื่อคาดการณ์เวลามาถึงของรถโดยสารสาธารณะที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งในขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลจะประยุกต์ใช้ทฤษฎีการทำเหมืองข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงแบบจำลองที่นิยมใช้ในการคาดการณ์เวลา ประกอบด้วย 3 แบบจำลอง ดังนี้

2.1.8.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น หรือ Linear Regression (LR) เป็นวิธีที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณตั้งแต่สองตัวขึ้นไป เพื่อใช้คาดการณ์ค่าของตัวแปรหนึ่งจากตัวแปรอื่นๆ โดยใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 2 แบบ คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) โดยตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรที่ทราบค่าและส่งผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและต้องการคาดการณ์ การวิเคราะห์การถดถอยเมื่อมีตัวแปรอิสระหนึ่งตัว เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) แต่หากมีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัว เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยพหุ (Multiple Linear Regression) (พรสิน สุภวาลย์, 2558)



ที่มา: Conway (2014)

รูปที่ 2-8 ตัวอย่างแผนภาพกระจายตัวของข้อมูล

วิธีการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรอย่างง่ายทำได้โดยการสร้างแผนภาพกระจาย (Scatter Diagram) ระหว่างตัวแปรทั้งสองเพื่อตรวจสอบว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันหรือไม่ ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2-8 กรณีที่ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรในรูปของฟังก์ชัน $Y = f(X)$ ดังแสดงในสมการที่ 2-11

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon \quad (2-11)$$

โดยที่

β_0 คือ จุดตัดแกน Y

β_1 คือ เป็นความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y เมื่อ X เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย

ϵ คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

β_0 และ β_1 เป็นค่าคงที่ซึ่งเรียกว่า พารามิเตอร์ (Parameter) จากการที่จุดทุกจุดไม่อยู่บนเส้นตรงในแผนภาพกระจาย เนื่องจากมีความแปรผันอย่างสุ่มหรือความคลาดเคลื่อน (Random Error) เกิดขึ้น ดังนั้น จึงต้องมีการเพิ่มพจน์ของ ϵ ขึ้น โดยที่ค่าความคลาดเคลื่อนนี้ถือเป็น ตัวแปรสุ่มที่เกิดขึ้นจากตัวแปรอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อตัวแปรตาม แต่นักวิจัยไม่ได้นำมาพิจารณาสมการดังกล่าวเรียกว่าสมการถดถอยเชิงเส้นหรือแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Model) หากมีตัวแปรอิสระ k ตัวแล้วแบบจำลองการถดถอยสามารถเขียนสมการ ได้ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon \quad (2-12)$$

โดยที่

β_1 คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y เมื่อตัวแปรอิสระ X_1 เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย

β_2 คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y เมื่อตัวแปรอิสระ X_2 เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย

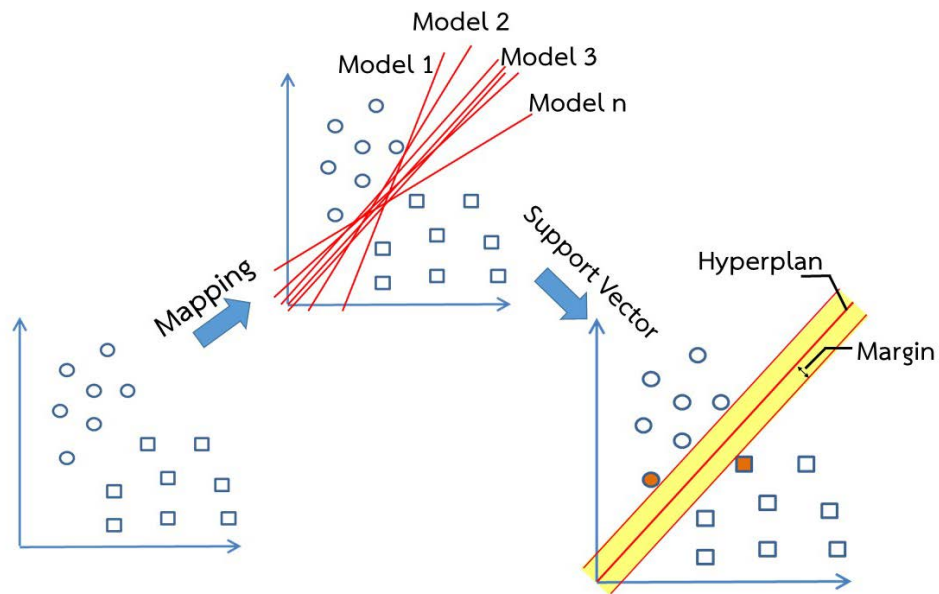
β_k คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y เมื่อตัวแปรอิสระ X_k เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย

แบบจำลองถดถอยข้างต้นเรียกว่า แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple Linear Regression Model) หากตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรงกัน จะเรียกว่าแบบจำลองการถดถอยที่ไม่ใช่เชิงเส้น (Nonlinear Regression Model)

Yu et al. (2009) ได้พัฒนาระบบคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะ โดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น และพัฒนาอัลกอริทึมแบบปรับตัวได้ตลอดเวลา เมื่อมีข้อมูลการเดินทางเข้ามาใหม่ ระบบดังกล่าวจะคาดการณ์ข้อมูลใหม่อัตโนมัติ ผลการพัฒนาระบบดังกล่าวทำให้การคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะมีความแม่นยำมากกว่าการใช้สมการของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงโดยทั่วไปมาคำนวณ

2.1.8.2 ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน

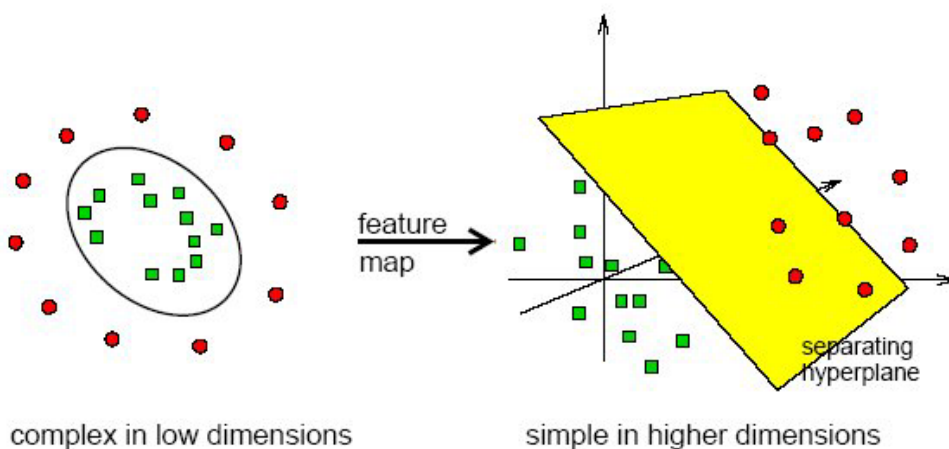
ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine หรือ SVM) เป็นกระบวนการที่ใช้ทฤษฎีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาการตัดสินใจ โดยมีขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2-9 ซึ่งเริ่มจากการแบ่งข้อมูลนำเข้า (Input Space) ออกเป็นกลุ่ม โดยปกติจะใช้สมการเส้นตรง (Linear Classifier) ในการแบ่งข้อมูล ทำให้เกิดสมการเส้นตรงหลากหลายสมการ แบบจำลองดังกล่าวจะคัดเลือกสมการที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากสมการเส้นตรงที่มีระยะห่าง (Margin) ระหว่างข้อมูลของแต่ละกลุ่มให้มากที่สุด เพื่อประสิทธิภาพในการแยกของชุดข้อมูลแต่ละประเภทออกจากกันอย่างชัดเจน ในกรณีที่ไม่สามารถแบ่งแยกข้อมูลนำเข้าได้ถูกต้องทั้งหมด จะมีการกำหนดตัวแปรเพื่อยอมรับความผิดพลาดของข้อมูลขึ้น และเลือกสมการที่มีค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่ต่ำสุด ซึ่งสมการเส้นตรงที่เหมาะสมที่สุดดังกล่าว เรียกว่า ระนาบแบ่งเขตข้อมูลที่เหมาะสม (The Optimal Separating Hyperplane)



ที่มา: ดัดแปลงจาก DTREG (2015)

รูปที่ 2-9 กระบวนการเรียนรู้แบบซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

นอกจากนี้ แบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนยังมีการสร้างฟังก์ชันการแบ่งกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะไม่เชิงเส้น (Nonlinear Dataset) ด้วยกระบวนการปรับรูปแบบข้อมูล (รูปที่ 2-10) จากข้อมูลที่มีมิติต่ำ (Low Dimension Dataset) บนพื้นที่ข้อมูลนำเข้า ให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลที่มีมิติสูง (High Dimension Dataset) ซึ่งเรียกว่า ข้อมูลคุณลักษณะ (Feature Space) โดยฟังก์ชันดังกล่าว เรียกว่า ฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) ซึ่งมีหลายประเภท เช่น Polynomial Kernel, Radial Basis Function Kernel หรือ Sigmoid Kernel เป็นต้น (นิเวศ จิระวิจิตชัย และคณะ, 2554)

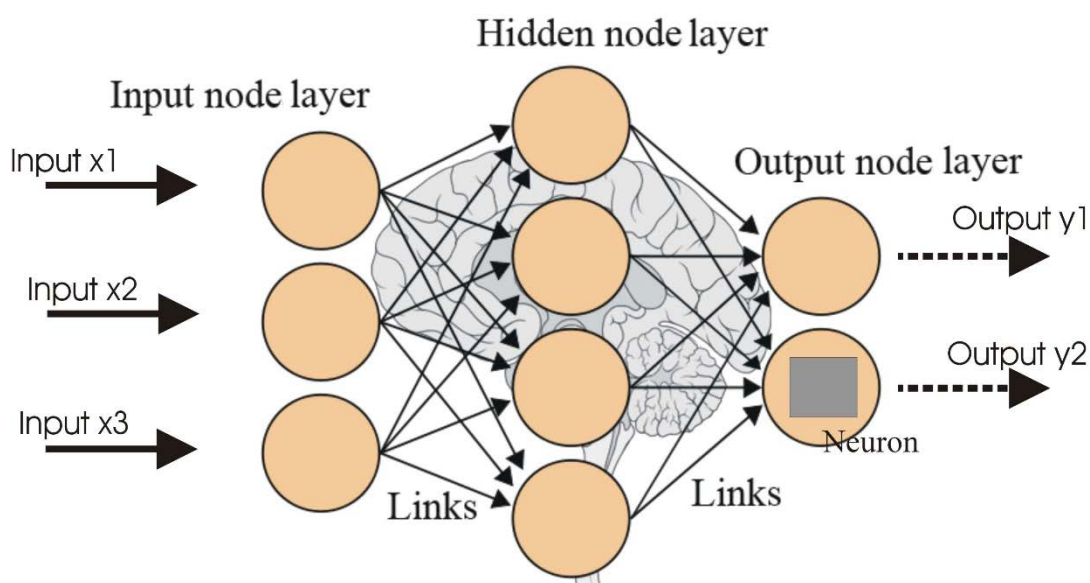


ที่มา: DTREG (2015)

รูปที่ 2-10 การแบ่งระดับชั้นของข้อมูลด้วยฟังก์ชันเคอร์เนล

2.1.8.3 โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม หรือ Artificial Neural Network (ANN) เป็นกระบวนการคำนวณที่มีรูปแบบคล้ายคลึงกับการทำงานของระบบสมองมนุษย์ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคำนวณแบบคอนเนกชันนิสต์ (Connectionist) ซึ่งจะทำให้เกิดเครื่องมือที่มีความสามารถในการเรียนรู้จัดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) การสร้างความรู้ใหม่ (Knowledge Extraction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในระบบสมองของมนุษย์ แนวคิดของแบบจำลองดังกล่าวได้เริ่มจากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพในสมอง ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาท (Neurons) และจุดประสานประสาท (Synapses) ในแต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับประสาท เรียกว่า เดนไดรต์ (Dendrite) และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า แอคซอน (Axon) เซลล์ทั้งหมดทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกกระแสประสาทสารทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่นิวเคลียส เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องกระตุ้นในเซลล์อื่นต่อหรือไม่ หากกระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสจะทำการกระตุ้นเซลล์ตัวอื่นต่อผ่านทางแอคซอน (Tadiou, 2015)

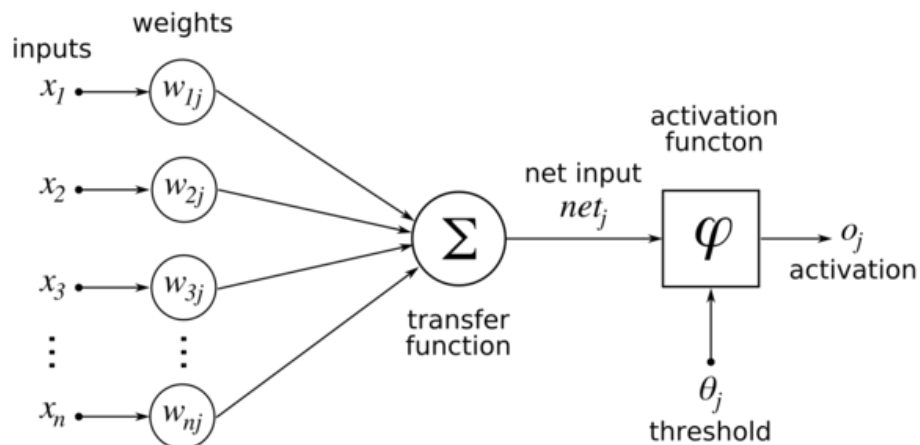


ที่มา : Tadiou (2015)

รูปที่ 2-11 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

รูปที่ 2-11 แสดงโครงสร้างการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีโครงสร้างมาตรฐานทั้งหมด 3 ชั้น ดังนี้ 1) ชั้นนำเข้าข้อมูล (Input Node Layer) 2) ชั้นซ่อน (Hidden Node Layer) และ 3) ชั้นแสดงผล (Output Node Layer) ซึ่งในแต่ละชั้นจะประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทหรือ Node ที่มีเส้นเชื่อมต่อกัน (Link) ในแต่ละ Node จะมีกระบวนการคำนวณดังแสดงรูปที่ 2-12 โดยเริ่มจากนำเข้า (Input) ข้อมูลมาในเครือข่ายประสาท

หลังจากนั้นข้อมูลนำเข้าจะถูกนำไปคำนวณกับค่าน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละเซลล์ประสาท ผลที่ได้จากการคำนวณทุกขา จะถูกนำมารวมกันใน Transfer Function แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ทำให้เกิดการตอบสนอง (Threshold) ที่ถูกกำหนดไว้ หากผลรวมมีค่ามากกว่าค่า Threshold เซลล์ประสาทจะส่งผลลัพธ์ออกไปยังเซลล์ประสาทตัวอื่นที่เชื่อมต่อกัน จนได้ผลลัพธ์สุดท้าย หากผลลัพธ์มีค่าน้อยกว่าค่า Threshold จะไม่เกิดการส่งต่อผลลัพธ์ไปยังเซลล์ประสาทตัวอื่น



ที่มา: Sadhu (2012)

รูปที่ 2-12 การประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียม

การตรวจสอบผลลัพธ์จากแบบจำลอง หากพบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายมากเกินไป สามารถปรับค่าน้ำหนักการเรียนรู้ใหม่เพื่อให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้รูปแบบการประมวลผลตามที่ต้องการ เรียกวิธีการนี้ว่า “วิธีแพร่กระจายย้อนกลับ (Back-Propagation)” ซึ่งเป็นการปรับน้ำหนักและค่า Threshold ในชั้นก่อนหน้า ย้อนกลับไปจนถึงชั้นนำเข้าข้อมูล หลังจากที่มีการปรับปรุงค่าต่างๆ แบบจำลองจะคำนวณผลลัพธ์ใหม่ และจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ เพื่อให้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด (เกียรติกศักดิ์ จันทร์แก้ว และ สุพจน์ นิตยส์วัฒน์, 2554)

Pan et al. (2012) ได้พัฒนาระบบคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะ โดยใช้ข้อมูลความเร็วและระยะห่างระหว่างป้ายหยุดรถมาคำนวณร่วมกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ผลจากการศึกษาพบว่า ข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการใช้แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

จากการศึกษาแบบจำลองการคาดการณ์ข้อมูลทั้ง 3 แบบจำลอง ผู้วิจัยได้ทำการนำข้อมูลทั้งหมดมาสรุปข้อดีและข้อเสียของแต่ละแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ข้อดีและข้อเสียของแบบจำลองที่นิยมคาดการณ์เวลามาถึง

แบบจำลอง	ข้อดี	ข้อเสีย
การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น	- ให้ผลคาดการณ์ที่แม่นยำ หากความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นแบบเชิงเส้น	- ไม่เหมาะกับการคาดการณ์ความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นแบบไม่เชิงเส้น
ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน	- สามารถปรับมิติของข้อมูลที่ต่ำกว่าให้มีมิติสูงขึ้นเพื่อให้การแบ่งข้อมูลมีประสิทธิภาพ	- ใช้เวลาในการประมวลผลนาน - ไม่เหมาะสำหรับคาดการณ์ข้อมูลที่ไม่มีรูปแบบแน่นอน
โครงข่ายประสาทเทียม	- มีความสามารถในการเรียนรู้เหมาะสำหรับการคาดการณ์ที่ความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นแบบไม่เชิงเส้นหรือไม่มีรูปแบบ	- ไม่มีหลักการชัดเจนในการกำหนดโครงสร้างของแบบจำลอง เช่น จำนวนชั้นซ่อน (Hidden Layer) จำนวน Node ในแต่ละชั้น และรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสม

ที่มา: สรุปโดยผู้วิจัย

จากตารางที่ 2-2 สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองทั้ง 3 แบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ทั้งนี้ความเหมาะสมในการเลือกใช้แบบจำลองนั้น ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูลนำเข้าที่ได้บันทึกหรือรวบรวมมา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลการให้บริการรถบัส ม.อ. ย้อนหลัง ไปทดสอบคาดการณ์ข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตกับทั้ง 3 แบบจำลอง เพื่อตรวจสอบค่าความแม่นยำของการคาดการณ์ในแต่ละแบบจำลองและนำแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยต่อไป

2.1.9 การตรวจสอบความแม่นยำในการคาดการณ์ข้อมูล

การตรวจสอบความแม่นยำในการคาดการณ์ข้อมูลของแบบจำลองในการคาดการณ์ข้อมูล นิยมใช้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error, MAE) และรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Squared Error, RMSE) โดยที่ค่า MAE เป็นการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสมบูรณ์ระหว่างค่าที่เกิดจากการคาดการณ์กับค่าจริง โดยคำนวณได้จากสมการที่ 2-13 ส่วนค่า RMSE เป็นการหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการคาดการณ์ โดยคำนวณได้จากสมการ 2-14 (Chai and Draxler, 2014)

$$MAE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |Y_t^a - Y_t^f| \quad (2-13)$$

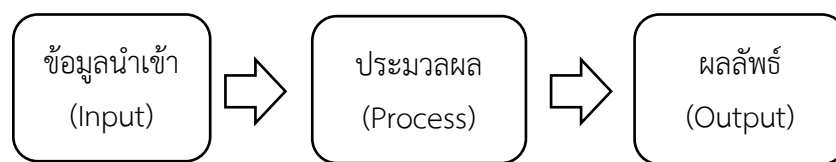
$$RMSE = \sqrt{\sum_{t=1}^T \frac{1}{T} (Y_t^f - Y_t^a)^2} \quad (2-14)$$

โดยที่

Y_t^f คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
 Y_t^a คือ ค่าที่แท้จริง
 t คือ ลำดับที่ของข้อมูล
 T คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.1.10 การประมวลผลข้อมูล

การประมวลผลข้อมูล (Data Processing) คือ การทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยมีข้อมูลนำเข้า (Input) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ เช่น การคำนวณ การเรียงลำดับ เป็นต้น โดยขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน (รูปที่ 2-13) โดยมีรายละเอียด ดังนี้



รูปที่ 2-13 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล

1) การเตรียมข้อมูลนำเข้า (Input) คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลจริงเพื่อการประมวลผล รวมถึงการแปลงสภาพข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม ประกอบด้วย

1.1 การลงรหัส (Coding) ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล ข้อมูลบางประเภทจะมีรูปแบบของข้อมูลเชิงพรรณนา ซึ่งการนำข้อมูลไปประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จะต้องมีการลงรหัสให้อยู่ในรูปของตัวเลข เช่น เพศชายใช้รหัสแทนด้วยเลข 1 และเพศหญิงใช้แทนรหัสด้วยเลข 2 เป็นต้น

1.2 การบรรณาธิกรณ (Editing) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และความเป็นไปได้ของข้อมูล

1.3 การบันทึกข้อมูลลงสื่อ เป็นขั้นตอนของการบันทึกข้อมูลที่ต้องการประมวลผลลงสื่อ เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2) การประมวลผล (Process) คือ วิธีการจัดการกับข้อมูล เช่น การคำนวณ การเรียงลำดับข้อมูล เป็นต้น

3) การนำเสนอผลลัพธ์ (Output) คือ การนำเอาผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลมาแสดงให้ผู้เกี่ยวข้องได้ทราบ เช่น การนำเสนอทางจอภาพ หรือนำเสนอในรูปแบบรายงาน เป็นต้น

นิพัทธ์ อินทอง และ อาจารย์ นาโค (2540) ได้แบ่งการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) **การประมวลผลด้วยมือ (Manual Data Processing)** เป็นการประมวลผลข้อมูลในอดีต โดยการใช้อุปกรณ์อย่างง่าย เช่น ลูกคิด เครื่องคิดเลข กระดาษ เป็นต้น ในปัจจุบันการประมวลผลด้วยประเภทดังกล่าวมีการใช้งานอยู่กับข้อมูลที่มีจำนวนไม่มากหรือไม่มีการประมวลผลที่ซับซ้อน

2) **การประมวลผลข้อมูลด้วยเครื่องจักร (Mechanical Data Processing)** เป็นการใช้แรงงานคนร่วมกับเครื่องจักร เช่น เครื่องเจาะบัตร เครื่องรวมบัตร และเครื่องเรียงบัตร เป็นต้น

3) **การประมวลผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (Electronic Data Processing, EDP)** คือ การประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถให้คำตอบในการประมวลผลที่ถูกต้อง ชัดเจน และใช้เวลาสั้นกว่าวิธีอื่นๆ

กฤษยา นิมสกุล (2534) ได้แบ่งประเภทของการประมวลผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ไว้ 6 ประเภท ดังนี้

1) **การประมวลผลแบบออฟไลน์ (Off-line Processing)** เป็นการทำงานในลักษณะการเตรียมการ เพื่อให้การประมวลผลในขั้นตอนต่อไปมีความสะดวก และถูกต้อง โดยเริ่มจากบันทึกข้อมูลลงบนสื่อข้อมูล แล้วจึงนำข้อมูลในสื่อข้อมูลส่งเข้าเครื่องอ่านข้อมูล เช่น การเจาะข้อมูลลงบัตรแล้วนำข้อมูลในบัตรเข้าเครื่องอ่านบัตร เป็นต้น

2) **การประมวลผลเชิงกลุ่ม (Batch Processing)** เป็นการประมวลผลตามเวลาที่ได้กำหนดไว้ เช่น ทุกสิ้นวัน สัปดาห์ เดือน หรือสิ้นปี เป็นต้น หรืออาจเป็นข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้แต่ยังไม่จำเป็นต้องประมวลผลในทันที ระบบจะทำการรวบรวมข้อมูลไว้จำนวนหนึ่ง แล้วจึงทำการประมวลผลข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น หากยังไม่ได้ทำการบันทึกลงระบบคอมพิวเตอร์ จะต้องทำการบันทึกลงในคอมพิวเตอร์ทั้งหมด เพื่อส่งเข้าประมวลผลพร้อมกัน การจัดเรียงข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลเชิงกลุ่มนี้ ควรเป็นแบบเรียงลำดับ เนื่องจากข้อมูลที่ถูกบันทึกจะมีเข้าใหม่อยู่อย่างต่อเนื่อง หากไม่มีการเรียงลำดับอาจทำให้เกิดการประมวลผลที่ผิดพลาด

3) **การประมวลผลแบบออนไลน์ (On-line Processing)** เป็นการป้อนข้อมูลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรงจากเครื่องใดก็ได้ ที่มีอุปกรณ์บันทึกและป้อนข้อมูล ระบบประมวลผลดังกล่าวเป็นการการติดต่อกับหน่วยประมวลผลโดยตรงผ่านเทอร์มินัล เมื่อข้อมูลผ่านเข้าสู่หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ระบบจะทำการประมวลผลและส่งผลลัพธ์กลับไปอย่างรวดเร็ว ระบบดังกล่าวเป็นที่นิยมในงานบริการ เช่น งานธนาคาร งานโรงแรม และงานธุรกิจสายการบิน เป็นต้น

4) **ระบบการประมวลผลแบบเวลาจริง (Real-time Processing)** มีการทำงานที่คล้ายกับการประมวลผลแบบออนไลน์ ต่างกันที่รูปแบบการส่งข้อมูล โดยการประมวลผลดังกล่าว ต้องการส่งข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงจากข้อมูลเดิมเข้าไปบันทึก แล้วต้องการทราบผลการประมวลผลใหม่ในทันที เพื่อนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปใช้ในการตัดสินใจปัญหาต่างๆ ได้ทันท่วงที เช่น ปัญหาการควบคุมเส้นทางของดาวเทียม หรือการบังคับยานอวกาศ ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่ต้องการการตัดสินใจและแก้ไขในทันที

5) ระบบการประมวลผลแบบแบ่งเวลา (Timesharing Processing) เป็นการประมวลผลข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถแบ่งการประมวลผลออกเป็นหลายๆ งาน เพื่อให้เกิดความเหมาะสมตามงานที่ผู้ใช้ต้องการประมวลผลในแต่ละคน การทำงานของระบบดังกล่าว จะมีเทอร์มินัลหลายตัว และแบ่งหน่วยความจำไว้ตามจำนวนเทอร์มินัล จึงทำให้คอมพิวเตอร์สามารถแบ่งเวลาให้กับผู้ใช้แต่ละคนได้ ผู้ใช้งานจึงสามารถใช้งานการประมวลผลได้พร้อมๆ กัน

6) ระบบการประมวลผลแบบหลายโปรแกรม (Multiprogramming Processing) เป็นโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้หลายๆ งานพร้อมกัน โดยใช้หน่วยประมวลผลหลักเพียงตัวเดียว และแบ่งหน่วยความจำออกเป็นส่วนๆ เรียกว่า “Partition” การประมวลผลหนึ่งงานจะถูกเก็บไว้ใน Partition หนึ่ง แต่ละ Partition จะมีขนาดไม่เท่ากัน การประมวลผลจะทำงานไปพร้อมกันในแต่ละ Partition ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการประมวลผลคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการประมวลผลข้อมูลคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้วยกันทั้งหมด 2 รูปแบบ คือ การประมวลผลแบบเวลาจริง และการประมวลผลเชิงกลุ่ม โดยการประมวลผลแบบเวลาจริง ได้นำไปประยุกต์ใช้กับการแจ้งตำแหน่งและเวลาปัจจุบันของรถบัส ม.อ. ให้กับผู้ใช้บริการได้ทราบ ซึ่งข้อมูลที่แจ้งจะต้องเป็นข้อมูลที่มีความทันสมัย เพื่อนำไปสนับสนุนการตัดสินใจให้กับผู้ใช้บริการในการเลือกใช้บริการรถบัส ม.อ.

ส่วนการประมวลผลแบบกลุ่ม ได้ประยุกต์ใช้กับการสร้างแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ให้มีการปรับตัวได้ตามเวลาที่กำหนดไว้ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นจะทำการปรับปรุงและสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่ทุกวันอาทิตย์ในแต่ละสัปดาห์ เมื่อได้ผลลัพธ์จากการประมวลผลทั้ง 2 รูปแบบ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบให้สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปแสดงผลลัพธ์ให้ผู้ใช้บริการได้ทราบผ่านทางเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน โดยใช้เทคโนโลยีการส่งข้อมูลที่เรียกว่า “เทคโนโลยีการบริการผ่านเว็บ”

2.1.11 เทคโนโลยีการบริการผ่านเว็บ

เทคโนโลยีการบริการผ่านเว็บ หรือ Web Services Technology คือ ระบบซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมา เพื่อสนับสนุนการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย โดยที่ภาษาที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ คือ “Extensible Markup Language หรือ XML” Web Services มีส่วนของการติดต่อสื่อสารที่ใช้อธิบายรูปแบบข้อมูลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลได้ ซึ่งลักษณะการให้บริการของ Web Services นั้น จะถูกเรียกใช้งานจาก แอปพลิเคชันอื่นๆ ในรูปแบบ Remote Procedure Call หรือ RPC โดยมีเอกสารที่อธิบายคุณสมบัติของบริการกำกับไว้ ทำให้สามารถเรียกใช้ Component หรือ Platform ต่างๆ ในระบบได้ บนมาตรฐานของเว็บไซต์หรืออินเทอร์เน็ต อันเป็นช่องทางที่ได้รับการยอมรับทั่วโลกในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างแอปพลิเคชันกับแอปพลิเคชัน

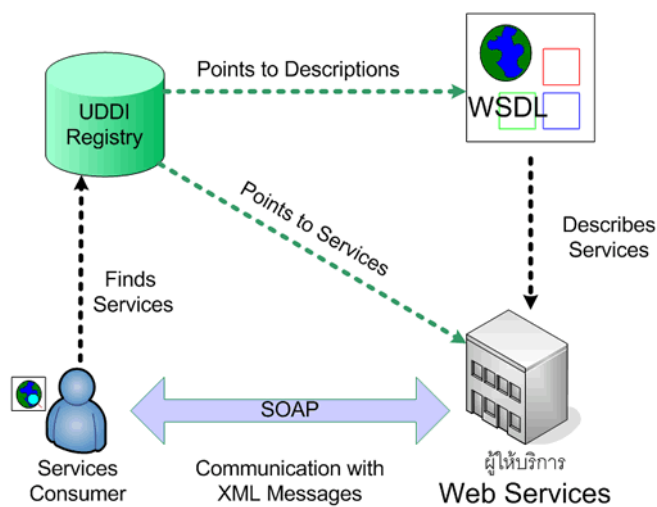
ทวิซ ว่องทวิ (2551) ได้อธิบายมาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเทคโนโลยี การบริการผ่านเว็บ ประกอบด้วย มาตรฐานหลัก 4 แบบ ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2-14 โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

1) **Simple Object Access Protocol หรือ SOAP** เป็นโพรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อของ Web Services โดยลักษณะข้อมูลของ SOAP อยู่ในรูปแบบของ SOAP Message หรือ XML Message ซึ่งจะถูกแนบไปกับโพรโตคอลสื่อสารอินเทอร์เน็ตที่ใช้งานในชั้นการสื่อสารระหว่างผู้ให้บริการ (Web Services) และผู้ร้องขอใช้บริการ (Services Consumer) เนื้อหาของข้อมูลที่ถูกจัดส่งจะอยู่ในรูปแบบภาษา XML แต่สามารถแนบข้อมูลชนิดอื่นมาพร้อมกับเอกสารได้ เช่น รูปภาพ โดยจะถูกแนบอยู่ในส่วนท้ายของข้อมูลที่เรียกว่า Attachments

2) **Web Services Description Language หรือ WSDL** เป็นข้อมูลในรูปแบบภาษา XML ที่ใช้อธิบาย Web Services เพื่อบอกให้ทราบถึงรายละเอียดของ Web Services เช่น มีจุดเชื่อมต่อเพื่อใช้งานได้ที่ไหน ข้อความที่ใช้ในการสื่อสารเป็นอย่างไร มีการเรียกใช้งานคำสั่งอย่างไร เป็นต้น ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้พัฒนาโปรแกรมเรียกใช้งาน และทำให้การสื่อสารระหว่างโปรแกรมประยุกต์สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลเอกสาร SOAP กันได้อย่างถูกต้องหรือทำได้โดยอัตโนมัติ

3) **Universal Description, Discovery, and Integration หรือ UDDI** เป็นมาตรฐานที่เกิดขึ้นเพื่อให้มีส่วนสนับสนุนสำหรับการจัดการทะเบียน และการสืบค้นบริการ Web Services ซึ่งจะช่วยให้ผู้พัฒนาหรือเจ้าของ Web Services สามารถเผยแพร่บริการของตนเองให้เป็นที่รู้จักแก่สาธารณชนได้ง่าย ในด้านผู้ใช้งานสามารถค้นหาบริการที่เหมาะสมกับงาน เพื่อนำไปใช้กับระบบของตัวเองได้

4) **Extensible Markup Language หรือ XML** เป็นมาตรฐานของรูปแบบเอกสารที่มีลักษณะการอธิบายข้อมูลด้วยการใช้แท็ก (Tag) เช่น <title>xml reference book </title> ซึ่งเป็นภาษาที่สามารถอ่านเข้าใจได้ง่ายอีกทั้งด้วยลักษณะที่ประกอบด้วยอักขระทั่วไป ทำให้สนับสนุนต่อการอ่านของเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงสามารถนำมาประยุกต์ให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลเอกสารได้ และไม่ขึ้นกับสถาปัตยกรรมหรือระบบใดๆ การนำ XML มาใช้เพื่อการสื่อสารจึงถือเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับ สามารถอำนวยความสะดวกต่อการทำงานได้ดี ซึ่งสถาปัตยกรรม Web Services ได้กำหนดให้ภาษา XML เป็นพื้นฐานสำหรับข้อมูลที่ใช้แลกเปลี่ยนระหว่างกัน และได้อาศัยเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำงานกับเอกสาร XML มาใช้เพื่อให้เกิดเป็นมาตรฐานสำหรับการจัดการ XML



ที่มา: สำนักงานปลัดกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2554)

รูปที่ 2-14 รูปแบบการทำงานการบริการผ่านเว็บ

2.2 การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (ITS) ร่วมกับการให้บริการรถโดยสารสาธารณะ เป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยให้ปัญหาการจราจรติดขัดนั้นลดลงและเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับการบริการ ในหัวข้อนี้ได้กล่าวถึงงานวิจัยหรือองค์การที่นำระบบขนส่งจราจรอัจฉริยะไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 การศึกษาระบบระบุตำแหน่งและแจ้งเวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะในต่างประเทศ

Zhou et al. (2014) ได้พัฒนาระบบคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะผ่านสมาร์ทโฟน บนพื้นฐานของหลักการ Participatory Sensing โดยเริ่มจากการบันทึกเส้นทางการเดินรถจากตำแหน่งของผู้โดยสารผ่านเสาส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้โดยสาร หลังจากนั้นนำเส้นทางการให้บริการมาแบ่งเป็นช่องมีลักษณะคล้ายรั้งฝั่งตั้งแสดงในรูปที่ 2-15 แล้วกำหนดตัวเลขให้แก่ช่อง โดยนำตัวเลขมาเรียงลำดับแล้วเปรียบเทียบกับเส้นทางการให้บริการรถโดยสารสาธารณะดังแสดงตารางที่ 2-3 หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลดังกล่าวไปคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะ เมื่อมีผู้ใช้บริการที่กำลังรอรถเปิดใช้งานระบบ สมาร์ทโฟนของผู้ใช้บริการจะทำการส่งตำแหน่งของผู้โดยสารไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยแจ้งสถานะว่ามีผู้รอรถโดยสารสาธารณะอยู่ ระบบจะทำการแจ้งเวลาการมาถึงจากการคาดการณ์ให้กับผู้ใช้บริการได้ทราบ และหลังจากที่ผู้ใช้บริการได้ขึ้นรถโดยสารสาธารณะแล้วระบบจะทำการบันทึกตำแหน่งของผู้ใช้บริการ โดยถือว่าเป็นตำแหน่งปัจจุบันของรถ ทำให้ระบบทราบได้ว่ารถโดยสารสาธารณะได้มาถึงป้ายแล้ว



ที่มา: Zhou et al. (2014)

รูปที่ 2-15 การแบ่งเส้นทางการให้บริการรถโดยสารสาธารณะออกเป็นช่วง

ตารางที่ 2-3 ผลการแบ่งเส้นทางการให้บริการรถโดยสารสาธารณะเป็นตัวเลข

Database seq.	1 2 4	<u>7</u> <u>8</u> <u>4</u> <u>5</u>	9 6
Uploaded seq.		<u>7</u> <u>8</u> <u>4</u> <u>5</u>	
Matched seq.		<u>7</u> <u>8</u> <u>4</u> <u>5</u>	

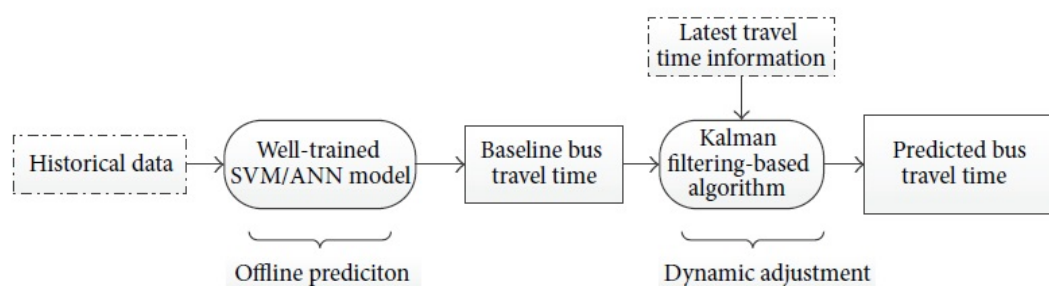
ที่มา: Zhou et al. (2014)

Wang et al. (2011) ได้พัฒนาแบบจำลองในการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรบนถนน โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล เทคนิคของคอมพิวเตอร์ และทฤษฎีในการตัดสินใจ โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลจราจรจากหลายแหล่งที่มา เช่น กล้อง CCTV สัญญาณไฟจราจร และการจัดการเส้นทางการเดินรถ เป็นต้น หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดบันทึกลงฐานข้อมูล (Database) เพื่อนำไปใช้เป็นคลังข้อมูล (Data Warehouse) แล้วนำเข้าสู่ขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตามทฤษฎีของการตัดสินใจ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้สามารถจัดการและแก้ปัญหาจราจรต่างๆ ได้ เช่น ลดการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน แก้ไขปัญหาการจราจรติดขัด และช่วยจัดการเส้นทางการจราจรให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น

Fanani et al. (2015) ได้พัฒนาแบบจำลองในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถโดยสารสาธารณะหมายเลข 243 ซึ่งให้บริการภายในนครไทเป โดยเริ่มจากการนำข้อมูลตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะจากอุปกรณ์ GPS ที่บริษัทผู้ให้บริการรถโดยสารสาธารณะได้ทำการติดตั้งไว้ในตัวรถ มาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการกระจายข้อมูลแบบปกติ (Normalize Distribution Method) ซึ่งในการพัฒนาแบบจำลองได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ช่วงเวลาเร่งด่วน และช่วงเวลาไม่เร่งด่วน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลดังกล่าวไปสร้างแบบจำลองเพื่อคาดการณ์เวลามาถึงของรถโดยสารสาธารณะ

โดยข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลเวลามาถึงจากระบบแจ้งเวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะที่มีอยู่เดิม ผลจากการพัฒนาแบบจำลอง พบว่า แบบจำลองสามารถคาดการณ์เวลามาถึงของรถโดยสารสาธารณะได้ดีกว่าระบบเดิม โดยร้อยละ 93 ของผู้ใช้บริการที่รับข้อมูลจากแบบจำลองสามารถมาใช้บริการได้ทันเวลารถโดยสารสาธารณะในช่วงเวลาเร่งด่วน และร้อยละ 85 ของผู้ใช้บริการสามารถมาใช้บริการได้ทันเวลารถโดยสารสาธารณะในช่วงเวลาปกติ

Bai et al. (2015) ได้พัฒนาระบบคาดการณ์เส้นทางและตำแหน่งป้ายหยุดรถถัดไปที่รถโดยสารสาธารณะกำลังไปถึง โดยได้ทดสอบกับระบบรถโดยสารสาธารณะในเมือง เซินเจิ้น ประเทศจีน ซึ่งเป็นเมืองที่มีการให้บริการรถโดยสารสาธารณะหลากหลายเส้นทาง งานวิจัยดังกล่าวได้ใช้พื้นฐานของแบบจำลอง ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน โครงข่ายประสาทเทียม และตัวกรองคาลมาน โดยใช้ข้อมูลการให้บริการรถโดยสารสาธารณะย้อนหลัง ร่วมกับแบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน หรือโครงข่ายประสาทเทียมในการคาดการณ์ข้อมูล หลังจากนั้นนำข้อมูลที่เข้ามาเข้าสู่การประมาณค่าด้วยเทคนิคตัวกรองคาลมานอีกครั้งเพื่อความแม่นยำในการคาดการณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2-16 แล้วนำผลสุดท้ายมาหาค่าความคลาดเคลื่อนของการคาดการณ์ทั้ง 3 ชนิด คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) โดยเปรียบเทียบกับการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองพื้นฐานอื่นๆ ทั้งหมด 5 แบบ คือ 1) โครงข่ายประสาทเทียม 2) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน 3) ตัวกรองคาลมาน 4) โครงข่ายประสาทเทียมและตัวกรองคาลมาน และ 5) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนกับตัวกรองคาลมาน ผลการเปรียบเทียบ พบว่า แบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนกับตัวกรองคาลมาน ให้ค่าความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 ค่าน้อยที่สุด



ที่มา: Bai et al. (2015)

รูปที่ 2-16 โครงสร้างระบบคาดการณ์ข้อมูลรถโดยสารสาธารณะ

2.2.2 การศึกษาระบบระบุตำแหน่งและแจ้งเวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะในประเทศไทย

สุรเชษฐ์ กานต์ประชา และ เศรษฐา ตั้งค้ำวานิช (2557) ได้พัฒนาระบบติดตามและประมาณเวลาการเดินทางรถไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยใช้สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นอุปกรณ์ระบุตำแหน่ง หลังจากนั้นนำข้อมูลตำแหน่งที่ได้ไปเข้าสู่กระบวนการ Fuzzy Logic เพื่อลดค่าความแปรปรวนของข้อมูล แล้วนำข้อมูลเวลาการเดินทางที่ผ่านกระบวนการข้างต้นไปแสดงให้กับผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าได้ทราบผ่านป้ายอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ติดตั้งไว้ที่ป้ายหยุดรถและแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน โดยแอปพลิเคชันดังกล่าวสามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เท่านั้น และยังไม่มีการนำเอาเทคนิคการคาดการณ์ข้อมูลเวลามาถึงมาประยุกต์ใช้

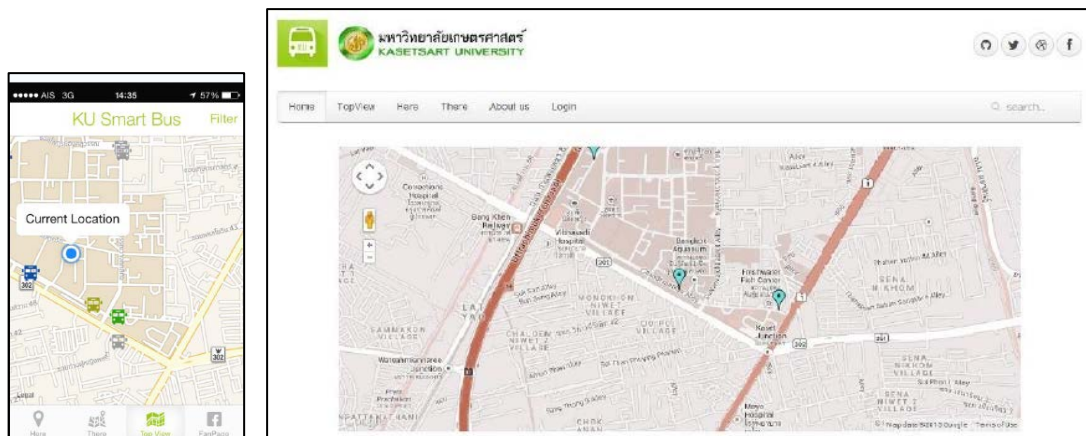
สโรช บุญศิริพันธ์ (2556) ได้พัฒนาระบบรายงานการให้บริการรถสวัสดิการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน (KU Smart Bus) เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้โดยสาร โดยการทำงานของระบบรายงานการเดินทางจะเริ่มจาก การติดตั้งอุปกรณ์ GPS ให้กับรถสวัสดิการดังแสดงในรูปที่ 2-17 จากนั้นอุปกรณ์ GPS จะส่งข้อมูลตำแหน่งของรถไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server)



ที่มา: สโรช บุญศิริพันธ์ (2556)

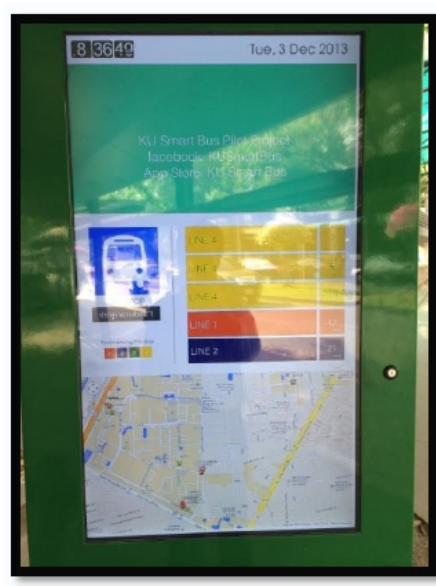
รูปที่ 2-17 การติดตั้งอุปกรณ์ GPS ภายในรถสวัสดิการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อข้อมูลถูกส่งมายังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจะทำการประมวลผลข้อมูลและคำนวณเวลาการเดินทางของรถสวัสดิการ หากผู้โดยสารต้องการทราบเวลาการมาถึงของรถสวัสดิการสามารถเรียกดูข้อมูลได้จาก 4 ช่องทาง ได้แก่ แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนและเว็บไซต์ (รูปที่ 2-18) จอแสดงผลที่ป้ายหยุดรถ (รูปที่ 2-19) และการส่งข้อความผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่



ที่มา: สโรช บุญศิริพันธ์ (2557)

รูปที่ 2-18 แอปพลิเคชันและเว็บไซต์ของ KU Smart Bus



ที่มา: สโรช บุญศิริพันธ์ (2557)

รูปที่ 2-19 จอแสดงผลที่ป้ายหยุดรถของ KU Smart Bus

ในปัจจุบันทางมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีการพัฒนาระบบรายงานตำแหน่งและเวลามาถึงของรถสวัสดิการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาและประยุกต์ใช้ระบบดังกล่าวนี้เป็นไปในทางที่ดี ลดปัญหาการจราจรติดขัดภายในมหาวิทยาลัยได้ในระดับหนึ่ง การให้บริการมีความน่าเชื่อถือ และส่งผลให้มีผู้มาใช้บริการรถสวัสดิการมากยิ่งขึ้น

2.3 ระบบขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.) เป็นมหาวิทยาลัยหลักแห่งหนึ่งในภาคใต้ โดยวิทยาเขตหาดใหญ่มีนักศึกษาและบุคลากรกว่า 30,000 คน และได้มีการให้บริการรถโดยสารสาธารณะภายในวิทยาเขต โดยใช้ชื่อว่า “รถโดยสารขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า” ได้เปิดให้บริการแก่นักศึกษาและบุคลากรมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดระเบียบการสัญจรให้เหมาะสมกับการเป็นสถานศึกษาและตัวอย่างที่ดีของชุมชนและลดปริมาณการใช้งานรถจักรยานยนต์และยานพาหนะอื่นๆ ของนักศึกษาและบุคลากร (งานยานยนต์ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2557) ปัจจุบันมีรถบัส ม.อ. ให้บริการโดยไม่เก็บค่าโดยสารอยู่ทั้งหมด 14 คัน เป็นรถบัสพลังงานไฟฟ้า (EBus) 12 คัน รถดีเซล 2 คัน ดังแสดงในรูปที่ 2-20 โดยมีหน่วยงานยานยนต์ กองอาคารสถานที่ สำนักงานอธิการบดีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เป็นผู้ดูแล ซึ่งให้บริการการเดินทางอยู่ 3 เส้นทาง ได้แก่

เส้นทางที่ 1 เริ่มจากบริเวณด้านหน้าของศูนย์อาหารโรงช้าง เลี้ยวขวาที่วงเวียนตึกกิจกรรม ผ่านคณะศิลปศาสตร์ เลี้ยวซ้ายที่วงเวียนคณะศิลปศาสตร์ผ่านหน้าลานพระบิดา แล้วเลี้ยวซ้ายที่วงเวียนคณะทันตแพทยศาสตร์ หลังจากนั้นเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนวิถีวิถี ผ่านอาคารพยาบาล 2 แล้วเลี้ยวซ้ายไปยังอาคารทรัพยากรการเรียนรู้ (LRC) เลี้ยวซ้ายที่วงเวียนอาคารปฏิบัติการรวมคณะวิทยาศาสตร์ (BSc) ผ่านวงเวียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ แล้วกลับมายังศูนย์อาหารอีกครั้ง

เส้นทางที่ 2 เริ่มจากบริเวณด้านหน้าของศูนย์อาหารโรงช้าง เลี้ยวซ้ายที่วงเวียนตึกกิจกรรม แล้วเลี้ยวขวาที่วงเวียนโรงยิมเนเซียม ผ่านตึกฟักทองคณะวิทยาศาสตร์ ไปยัง หน้าศูนย์คอมพิวเตอร์ เลี้ยวซ้ายวงเวียนคณะทันตแพทยศาสตร์ มายังหอพักนักศึกษาพยาบาล เลี้ยวขวาไปยังคณะเภสัชศาสตร์ เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ด้านหน้าของตลาดเกษตร ตรงไปคณะอุตสาหกรรมเกษตร เลี้ยววนกลับไปตึกคณะทรัพยากรธรรมชาติ ผ่านวงเวียนอาคารปฏิบัติการรวมคณะวิทยาศาสตร์ แล้วกลับมายังศูนย์อาหารโรงช้างอีกครั้ง

เส้นทางที่ 3 เริ่มจากบริเวณด้านหน้าของศูนย์อาหารโรงช้าง เลี้ยวซ้ายที่วงเวียนตึกกิจกรรม ผ่านวงเวียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ ผ่านวงเวียนอาคารปฏิบัติการรวมคณะวิทยาศาสตร์ ไปยังคณะทรัพยากรธรรมชาติ เลี้ยวขวาไปยังด้านหน้าของตลาดเกษตร หลังจากนั้นเลี้ยวขวาเข้าสู่คณะเภสัชศาสตร์ เลี้ยวซ้ายไปยังวงเวียนคณะทันตแพทยศาสตร์ ผ่านหน้าลานพระบิดา แล้วเลี้ยวขวาที่วงเวียนคณะศิลปศาสตร์ มุ่งหน้าเข้าสู่ศูนย์อาหารโรงช้างอีกครั้ง

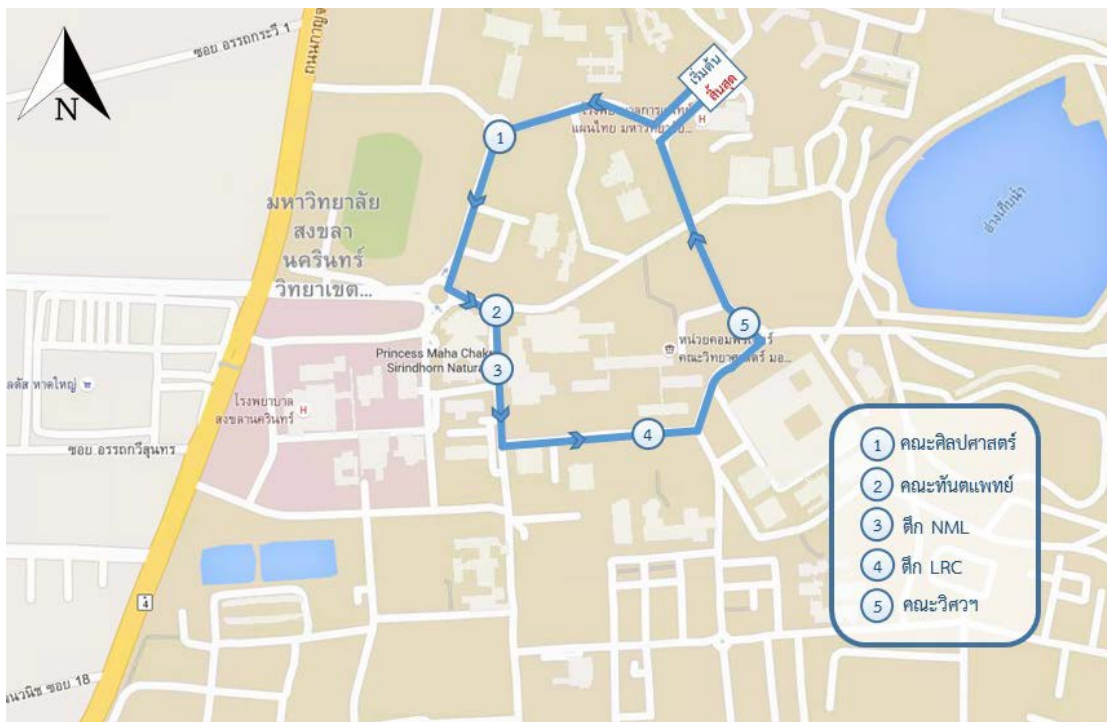
การจอดรับ-ส่งผู้โดยสารนั้น จะจอดตามจุดสำคัญต่างๆ รูปแบบการเดินทางแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การเดินทางในวันทำการปกติและวันหยุด การให้บริการรถในวันปกติจะเริ่มตั้งแต่เวลา 07:30 น. ถึง 17:30 น. ส่วนในวันหยุดราชการจะเริ่มตั้งแต่เวลา 07:55 น. ถึง 17:00 น. ความถี่ของการออกรถในแต่ละสายจะมีความห่างกันประมาณ 10 นาทีทั้ง 3 สาย



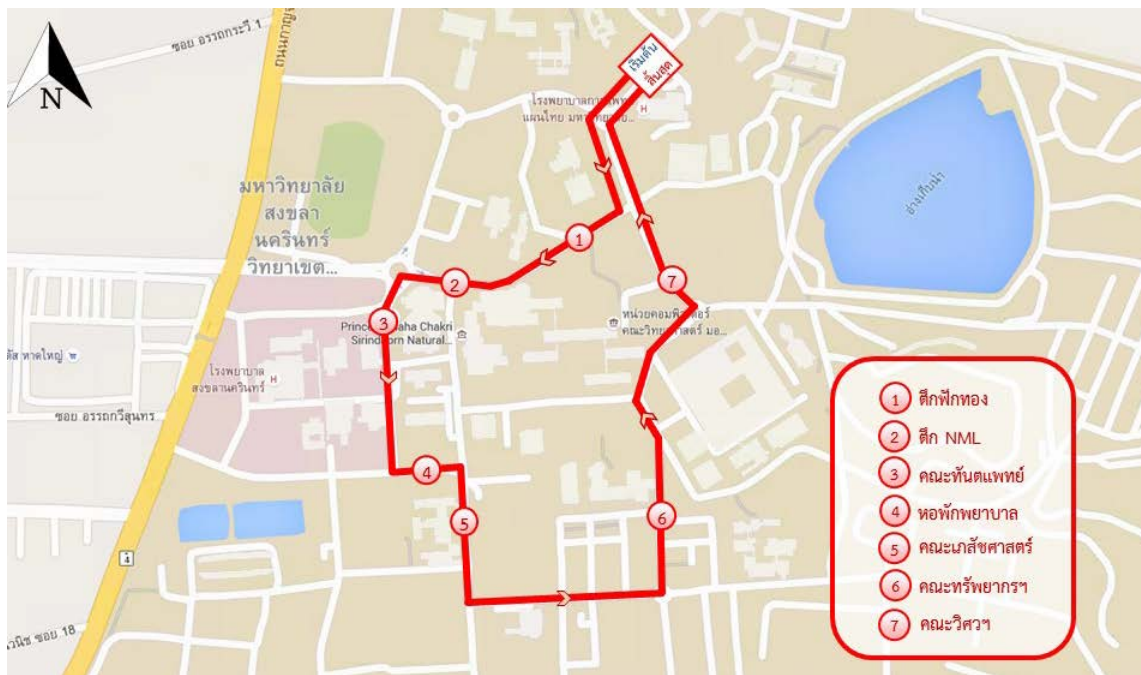
ก) รถดีเซล

ข) รถ EBus

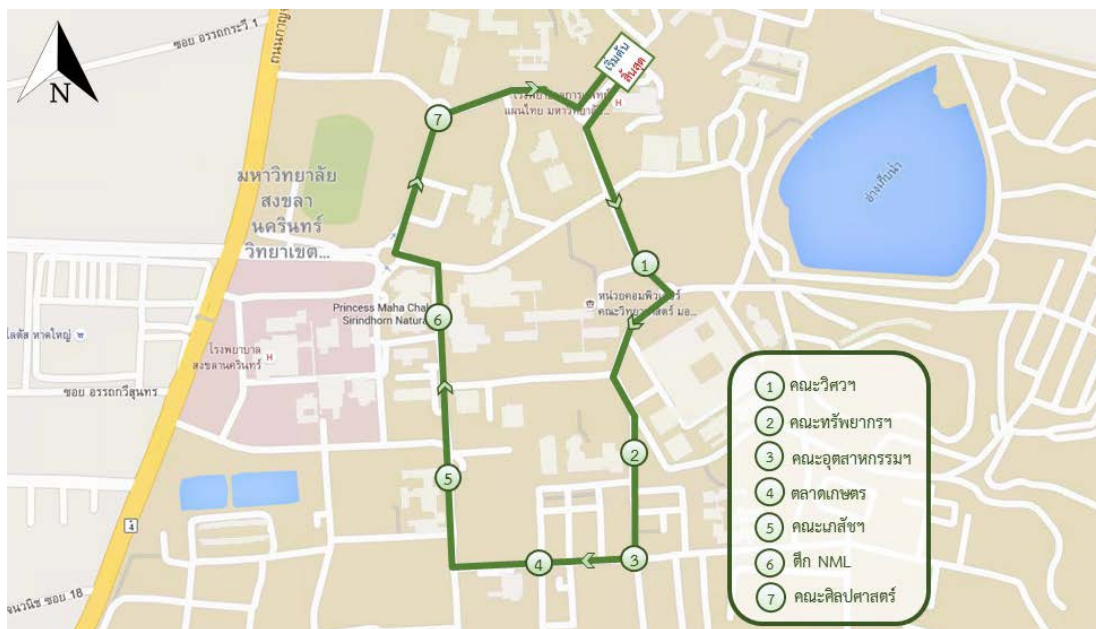
รูปที่ 2-20 ลักษณะภายนอกของรถบัสภายใน ม.อ.



รูปที่ 2-21 แผนผังเส้นทางการให้บริการรถบัส ม.อ. สายที่ 1



รูปที่ 2-22 แผนผังเส้นทางการให้บริการรถบัส ม.อ. สายที่ 2



รูปที่ 2-23 แผนผังเส้นทางการให้บริการรถบัส ม.อ. สายที่ 3

จากการลงพื้นที่ตรวจสอบการให้บริการรถบัส ม.อ. ของผู้วิจัย พบปัญหาหลัก ที่เกิดขึ้นในระหว่างการให้บริการ ดังนี้

- 1) รถบัส ม.อ. ให้บริการไม่ตรงตามเส้นทางที่ได้กำหนดไว้ในแผนที่เส้นทาง การเดินทาง 3 เส้นทาง
- 2) รถบัส ม.อ. ให้บริการไม่ตรงตามเวลาที่ได้กำหนดไว้ในป้ายประกาศเวลา การเดินทาง จากเดิมที่ระบุไว้ว่า ความถี่ในการออกรถคือ ทุก 10 นาที
- 3) รถบัส ม.อ. จอดรับ-ส่งผู้โดยสารไม่ตรงตามป้ายหยุดรถที่ได้กำหนดไว้

2.4 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตามที่ได้กล่าวมานั้น นับได้ว่าตามองค์กรหรือมหาวิทยาลัยต่างก็ให้ความสำคัญกับการให้บริการรถโดยสารสาธารณะเป็นอย่างมาก ทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย หากเปรียบเทียบประสิทธิภาพในด้านความน่าเชื่อถือของการให้บริการรถโดยสารสาธารณะในระดับมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นับได้ว่าเป็นมหาวิทยาลัยที่มีระบบรายงานการให้บริการรถโดยสารสาธารณะที่มีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับต้นของประเทศ โดยได้พัฒนาระบบระบุตำแหน่งและแจ้งเวลามาถึงของรถสวัสดิการขึ้น และมีการพัฒนาปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่อง เพิ่มความมั่นใจและความสะดวกสบายให้กับผู้ที่มาใช้บริการ ซึ่งในปัจจุบันระบบขนส่งมวลชนของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ยังไม่มีระบบรายงานการให้บริการดังที่กล่าวมา ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบระบุตำแหน่งและคาดการณ์เวลาเดินทางรถบัส ม.อ. ที่สามารถแจ้งข้อมูลการเดินทางให้กับผู้ใช้บริการได้ทราบ และเป็นแนวทางในการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับบริการ โดยการนำระบบสารสนเทศที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้และลดต้นทุนการพัฒนาระบบให้ได้มากที่สุด

บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย

3.1 ภาพรวมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เพื่อพัฒนาระบบการขนส่งมวลขนภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ให้มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น ในบทนี้จะขอกล่าวถึงขั้นตอนในการวิจัยและพัฒนา การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย การออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ การติดตั้งและทดสอบระบบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2 การศึกษาบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีและศึกษางานวิจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องหรือคล้ายคลึงกัน ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 โดยได้ศึกษาจากเอกสารดังต่อไปนี้

- 1) เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนา
- 2) เอกสารการจัดเส้นทางรถให้บริการรถบัส ม.อ.
- 3) เอกสารโครงการปรับปรุงการให้บริการรถสวัสดิการ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

4) คู่มือการใช้งานอุปกรณ์หรือระบบต่างๆ เช่น ซอฟต์แวร์ สมาร์ทโฟน อุปกรณ์ระบุตำแหน่ง เป็นต้น

3.3 การศึกษาความต้องการของระบบ PSU BISy

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. มีทั้งหมด 5 ชนิด คือ 1) ระยะทางการให้บริการ 2) ความเร็วเฉลี่ย 3) เวลาในการเดินทาง 4) จำนวนผู้โดยสาร และ 5) สภาพการจราจรแต่ละช่วงเวลา หลังจากนั้นได้ทำการออกแบบแนวคิดการทำงานของระบบ แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3-2 มีรายละเอียดได้ ดังนี้

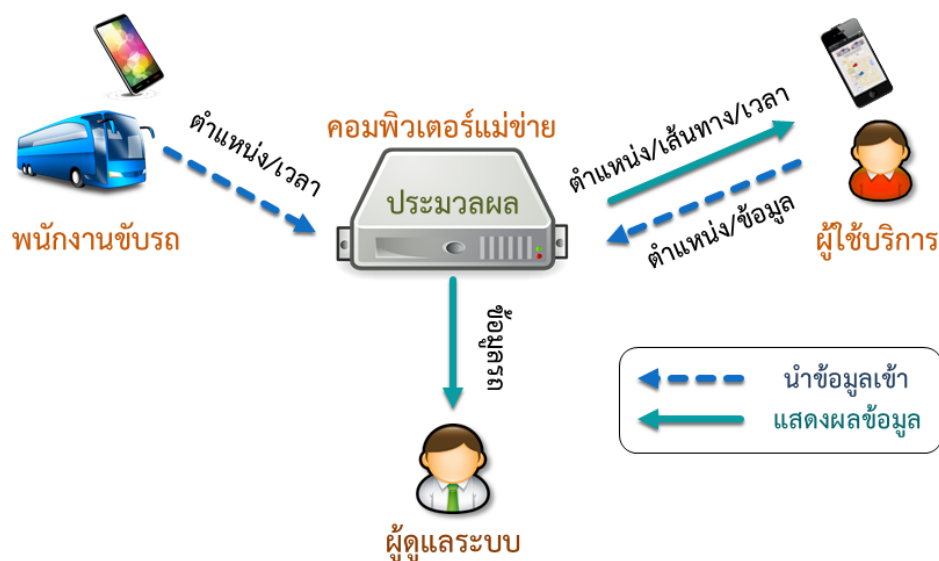
การนำข้อมูลเข้า ผู้วิจัยได้เลือกปัจจัยหลักที่นำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าทั้งหมด 3 ชนิด คือ ระยะทางการให้บริการ ความเร็วเฉลี่ย และเวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ. โดยภายในตัวรถ มีอุปกรณ์ที่สามารถส่งตำแหน่งและเวลามาถึงของรถที่กำลังให้บริการ โดยส่งมายังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เพื่อคำนวณหาค่าปัจจัยทั้งสามข้างต้น แล้วบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

การประมวลผลข้อมูล เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายบันทึกข้อมูลที่รับจากอุปกรณ์ระบุตำแหน่งภายในรถบัส ม.อ. แล้ว จะนำข้อมูลไปทำการประมวลผล โดยแบ่งการประมวลผลออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การประมวลผลเพื่อแสดงเส้นทางและตำแหน่งของรถบัส ม.อ. ให้กับผู้ให้บริการได้ทราบ และ 2) การประมวลผลเพื่อคาดการณ์เวลามาถึงในแต่ละป้ายหยุดรถ ในกรณีที่ผู้ให้บริการต้องการค้นหารายละเอียดต่างๆ ของรถบัส ม.อ. จะต้องส่งรายละเอียดข้อมูลที่ต้องการค้นหาไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย หลังจากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจะประมวลผลข้อมูล แล้วส่งผลลัพธ์กลับไปยังผู้ให้บริการ

การแสดงผลข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) การแสดงตำแหน่งและเส้นทางรถให้บริการรถบัส ม.อ. ในส่วนนี้ ผู้ให้บริการจะสามารถค้นหารายละเอียดเกี่ยวกับรถบัส ม.อ. ที่กำลังให้บริการอยู่ โดยระบบจะทำการค้นหาข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายมาค้นหาตามเงื่อนไขที่ผู้ให้บริการได้ระบุ

2) การแสดงเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ระบบ PSU BISy จะทำการแสดงเวลามาถึงจากการคาดการณ์ในแต่ละป้ายหยุดรถถัดไปจนถึงป้ายสุดท้ายของการให้บริการ ผ่านทางเว็บไซต์และแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนให้ผู้ให้บริการได้รับทราบ



รูปที่ 3-2 แนวคิดการทำงานของระบบ PSU BISy

3.4 การคัดเลือกเทคโนโลยีในการพัฒนาระบบ PSU BISy

ผู้วิจัยได้ศึกษาและคัดเลือกเทคโนโลยีเพื่อหาอุปกรณ์และเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบ PSU BISy โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพของอุปกรณ์และต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนางานวิจัย และ 2) อุปกรณ์ในการระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.4.1.1 ทรัพยากรด้านฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย
- 2) สมาร์ทโฟน ระบบปฏิบัติการ Android และ iOS
- 3) เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล




3.4.1.2 ทรัพยากรด้านซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย

- 1) Apache Cordova
- 2) Android and iOS Platform Components
- 3) Website Development Tool
- 4) Weka (Mark et al, 2009)

3.4.2 อุปกรณ์ในการระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.

ผู้วิจัยได้คัดเลือกอุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. ซึ่งมีทั้งหมด 3 ประเภท ประกอบด้วย 1) GPS Tracking 2) Radio-frequency Identification (RFID) และ 3) A-GPS บนสมาร์ตโฟน โดยมีข้อมูลการเปรียบเทียบเทคโนโลยีดังแสดงในตารางที่ 3-1 และประเมินต้นทุนในการพัฒนาระบบ PSU BISy กำหนดอายุการใช้งานเป็นระยะเวลา 1 ปี และ 5 ปี ดังแสดงในตารางที่ 3-2 และตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-1 ข้อดีและข้อเสียของอุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก

อุปกรณ์	ข้อดี	ข้อเสีย
	GPS Tracking	- มีความแม่นยำสูง - บำรุงรักษายาก
	RFID	- มีความแม่นยำสูง - ทนต่อสภาพแวดล้อม - ราคาแพง - ติดตั้งยาก
	A-GPS บนสมาร์ตโฟน	- ราคาถูก - หาซื้อได้ง่าย - ใช้กันแพร่หลาย - ชำรุดง่าย

จากตารางที่ 3-1 แสดงให้เห็นถึงข้อดีและข้อเสียของแต่ละอุปกรณ์ระบุตำแหน่ง หากนำเทคโนโลยี GPS มาประยุกต์ใช้ผ่านอุปกรณ์ GPS Tracking จะได้ค่าตำแหน่งรถบัส ม.อ. ที่มีความแม่นยำสูงในการระบุตำแหน่ง แต่มีราคาแพงและบำรุงรักษาได้ยาก หากอุปกรณ์มีปัญหาจะต้องติดต่อบริษัทผู้ให้บริการมาดำเนินการบำรุงรักษา ผู้ดูแลระบบไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ในทันที

ในส่วนของ RFID ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้การระบุตำแหน่งผ่านคลื่นวิทยุ เมื่อวัตถุที่ถูกติดป้าย (Tag) เคลื่อนที่ผ่านเครื่องอ่าน ระบบจะทำการบันทึกข้อมูลในทันที ทั้งนี้อุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาสูงเนื่องจาก ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถบัส ม.อ. ผ่านป้ายหยุดนั้นค่อนข้างสูง เพื่อให้สามารถอ่านข้อมูลได้รวดเร็วและแม่นยำ ตอบสนองได้ดีต่อจุดรับสัญญาณบนรถบัส ม.อ. จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องอ่าน RFID ที่มีความถี่สูงในการอ่านข้อมูล

สำหรับ A-GPS บนสมาร์ตโฟน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และมีราคาถูกกว่าอุปกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้น แต่สามารถระบุตำแหน่งของตัวอุปกรณ์ได้แม่นยำเทียบเท่าหรือมากกว่า หากผู้พัฒนาแอปพลิเคชันสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันให้สามารถเรียกใช้ฟังก์ชันระบุตำแหน่งของสมาร์ตโฟนได้เต็มประสิทธิภาพ โดยข้อเสียของอุปกรณ์ดังกล่าวคือวัสดุมีความบอบบางอาจชำรุดได้ง่าย

ตารางที่ 3-2 ต้นทุนของอุปกรณ์ระบุตำแหน่งในการพัฒนาระบบสำหรับเวลาใช้งาน 1 ปี

	GPS		RFID		สมาร์ตโฟน		
	ราคาต่อ 1 คัน (บาท)	ราคาทั้งระบบ 14 คัน* (บาท)	รายละเอียด	ราคาทั้งระบบ 18 เครื่อง** (บาท)	รายละเอียด	ราคาต่อ 1 คัน (บาท)	ราคาทั้งระบบ 14 คัน* (บาท)
ค่าอุปกรณ์ GPS	9,900	138,600	เครื่องอ่าน RFID (เครื่องละ 21,500 บาท)	387,000	ค่าอุปกรณ์สมาร์ตโฟน	3,000	42,000
(รวมคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและค่าติดตั้ง)							
ค่ารับ/ส่ง ข้อมูล	3,500	49,000	เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย	70,000	ค่ารับ/ส่ง ข้อมูลผ่านเครือข่าย 3G	2,400	33,600
			ป้ายอิเล็กทรอนิกส์ (Tag) 14 ชิ้น (ชิ้นละ 50 บาท)	700			
รวม	13,400	187,600	รวม	457,700	รวม	5,400	75,600

* GPS และสมาร์ตโฟน คำนวณจากจำนวนรถบัส ม.อ. ที่มีทั้งหมด 14 คัน

** RFID คำนวณจากจำนวนป้ายหยุดรถบัส ม.อ. ที่มีทั้งหมด 18 ป้าย

ตารางที่ 3-3 ต้นทุนของอุปกรณ์ระบุตำแหน่งในการพัฒนาระบบสำหรับเวลาใช้งาน 5 ปี

รายละเอียด	GPS			RFID			สมาร์ตโฟน		
	ราคาต่อ 1 คัน (บาท)	ราคาทั้งระบบ 14 คัน* (บาท)	รายละเอียด	ราคาทั้งระบบ 18 เครื่อง** (บาท)	รายละเอียด	ราคาต่อ 1 คัน (บาท)	ราคาทั้งระบบ 14 คัน* (บาท)	รายละเอียด	ราคาต่อ 1 คัน (บาท)
ค่าอุปกรณ์ GPS	9,900	138,600	เครื่องอ่าน RFID (เครื่องละ 21,500 บาท)	387,000	ค่าอุปกรณ์สมาร์ตโฟน	3,000	42,000		
(รวมคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและค่าติดตั้ง)									
ค่ารับ/ส่ง ข้อมูล	17,500	24,500	เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย	70,000	ค่ารับ/ส่ง ข้อมูลผ่านเครือข่าย 3G	2,400	33,600		
รวม	27,400	383,600		457,700	รวม	27,000	378,000		

* GPS และสมาร์ตโฟน คำนวณจากจำนวนรถ巴士 ม.อ. ที่มีทั้งหมด 14 คัน

** RFID คำนวณจากจำนวนป้ายหยุดรถ巴士 ม.อ. ที่มีทั้งหมด 18 ป้าย

ตารางที่ 3-2 และตารางที่ 3-3 แสดงค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบ PSU BISy หากนำเทคโนโลยี GPS มาประยุกต์ใช้ผ่านอุปกรณ์ GPS Tracking โดยค่าใช้จ่ายดังกล่าวประกอบด้วยค่าอุปกรณ์ GPS (รวมคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและค่าติดตั้ง) และค่ารับ/ส่งข้อมูล GPS รวมเป็นเงิน 13,400 บาท/เครื่อง/ปี หากคำนวณค่าใช้จ่ายในการพัฒนาทั้งระบบสำหรับรถบัส ม.อ. จำนวน 14 คัน กำหนดระยะเวลาการใช้งาน 1 ปี จะมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ประมาณ 187,600 บาท และระยะเวลาการใช้งาน 5 ปี จะมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ประมาณ 383,600 บาท ทั้งนี้ยังไม่รวมค่าซ่อมแซมในกรณีที่อุปกรณ์ GPS มีปัญหา

ส่วนต้นทุนการพัฒนาระบบ PSU BISy โดยใช้เทคโนโลยี RFID ซึ่งต้องใช้เครื่องอ่าน RFID (ติดตั้งบริเวณป้ายหยุดรถทั้งหมด 18 จุด) ที่มีคลื่นความถี่สูง โดยค่าใช้จ่ายดังกล่าวประกอบด้วยค่าเครื่องอ่าน RFID ค่าเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและค่าป้ายอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบุสัญญาณวิทยุ รวมเป็นเงินประมาณ 457,700 บาท ทั้งนี้ยังไม่รวมค่าใช้จ่ายในการติดตั้งป้ายหยุดรถเพิ่มเติม

สำหรับค่าใช้จ่ายของการพัฒนาระบบโดยใช้ A-GPS บนสมาร์ตโฟน ค่าใช้จ่ายดังกล่าวผู้วิจัยได้ประเมินราคา ในกรณีที่มีการเปลี่ยนสมาร์ตโฟนสำหรับการใช้งานทุก 1 ปี ซึ่งสมาร์ตโฟนที่จัดซื้อ มีระยะเวลาการประกันอุปกรณ์เป็นเวลา 1 ปี หากอุปกรณ์เกิดการชำรุด สามารถส่งให้ทางผู้ผลิตสมาร์ตโฟนดำเนินการแก้ไขโดยไม่มีค่าใช้จ่าย ส่งผลให้ไม่มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ เมื่อคำนวณต้นทุนในการพัฒนาทั้งระบบรวมเป็นเงิน 5,400 บาท/เครื่อง/ปี หากคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับรถบัส ม.อ. จำนวน 14 คัน กำหนดระยะเวลาการใช้งาน 1 ปี จะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 75,600 บาท และระยะเวลาการใช้งาน 5 ปี จะมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ประมาณ ประมาณ 378,000 บาท ในส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ทางศูนย์คอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้มีบริการให้ใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Server) สำหรับหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งไม่คิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

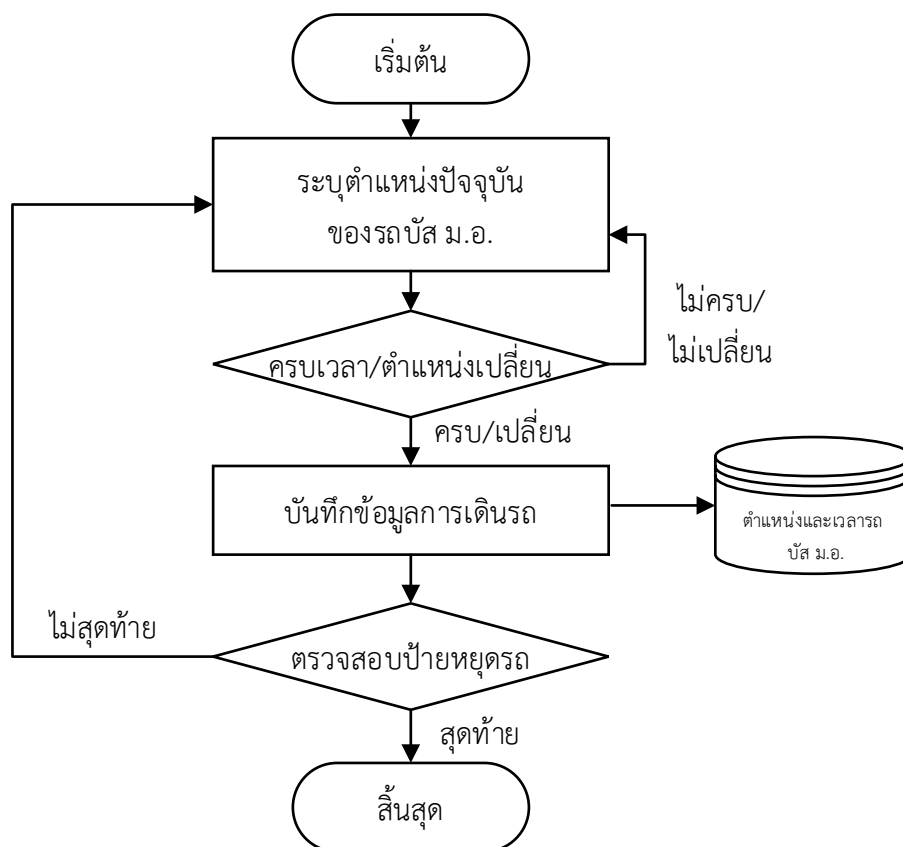
จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้เทคโนโลยี A-GPS บนสมาร์ตโฟนในการพัฒนาระบบ PSU BISy เนื่องจากมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการพัฒนาน้อยที่สุด อีกทั้งปัจจุบันมีผู้ใช้งานสมาร์ตโฟนอย่างแพร่หลาย การรับแจ้งข้อมูลตำแหน่งรถบัส ม.อ. ผ่านช่องทางนี้จึงมีความสะดวกรวดเร็ว และครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้งานซึ่งเป็นนักศึกษาและบุคลากรได้เหมาะสมที่สุด

3.5 การออกแบบระบบ PSU BISy

หลังจากได้คัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ PSU BISy ให้สามารถใช้งานได้กับ A-GPS บนสมาร์ทโฟน โดยผู้วิจัยได้แบ่งระบบออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) แอปพลิเคชันบันทึกตำแหน่งและเวลามาถึงรถบัส ม.อ. 2) ระบบคาดการณ์เวลามาถึงรถบัส ม.อ. และ 3) แอปพลิเคชันแจ้งข้อมูลรถบัส ม.อ. สำหรับผู้ใช้บริการ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.5.1 ระบบบันทึกตำแหน่งและเวลาเดินทางของรถบัส ม.อ.

ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชันบันทึกตำแหน่งรถบัส ม.อ. โดยเริ่มจากการระบุตำแหน่งปัจจุบันของรถ การบันทึกข้อมูลการเดินทาง และการตรวจสอบป้ายหยุดรถตามลำดับ โดยออกแบบเป็นผังงาน (Flow Chart) ดังแสดงในรูปที่ 3-3 สามารถอธิบายรายละเอียดขั้นตอนการทำงานได้ ดังนี้



รูปที่ 3-3 ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.

ขั้นตอนที่ 1 สมาร์ทโฟนที่อยู่ภายในรถบัส ม.อ. จะทำการระบุตำแหน่งปัจจุบันของรถโดยใช้ค่าตำแหน่งจาก A-GPS ในสมาร์ทโฟน

ขั้นตอนที่ 2 แอปพลิเคชันจะตรวจสอบตำแหน่งจากสมาร์ทโฟนทุกครั้ง ตามอัตราเวลาการรับส่งข้อมูล (Execution Time) ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ (5 วินาที/ครั้ง)

ขั้นตอนที่ 3 หากเวลารับส่งข้อมูลครบตามที่กำหนดหรือตำแหน่งของรถบัส ม.อ. มีการเปลี่ยนแปลง แอปพลิเคชันจะส่งตำแหน่งของรถขณะนั้นไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

ขั้นตอนที่ 4 เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายบันทึกตำแหน่งและเวลาที่ได้รับลงในฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการประมวลผลและแจ้งข้อมูลให้ผู้ใช้บริการต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 แอปพลิเคชันจะดำเนินการซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 จนกระทั่งรถบัส ม.อ. ให้บริการจนถึงปลายทางท้าย แอปพลิเคชันจึงหยุดการส่งตำแหน่งและเวลาไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

3.5.2 ระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

ผู้วิจัยได้แบ่งการพัฒนาาระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การเปรียบเทียบเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสม และ 2) การพัฒนาแบบจำลองเพื่อคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) การเปรียบเทียบเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสม มีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3-4 สามารถอธิบายรายละเอียดแต่ละขั้นตอนได้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการเตรียมข้อมูลดิบจากฐานข้อมูลที่แอปพลิเคชันระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. ได้บันทึกไว้ โดยมีข้อมูลทั้งหมด 4 ชนิด คือ ลำดับข้อมูล ตำแหน่งละติจูดและลองจิจูด และเวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

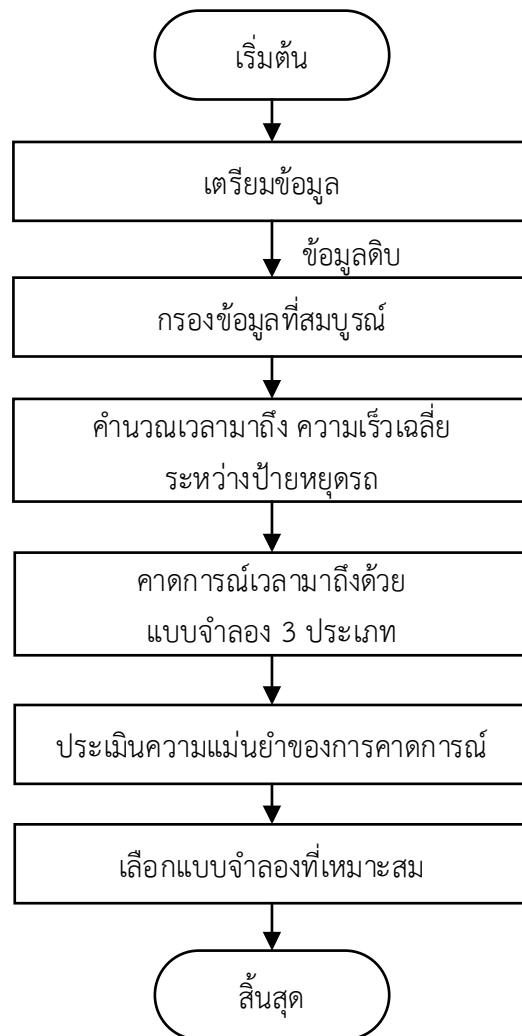
ขั้นตอนที่ 2 ระบบที่พัฒนาขึ้นจะคัดกรองข้อมูลดิบที่เหลือเพียงข้อมูลที่สำคัญและแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ เช่น วัน ช่วงเวลา เป็นต้น และประยุกต์ใช้ทฤษฎี Haversine Formula ในการค้นหาตำแหน่งของรถบัส ม.อ. ที่ใกล้ปลายทางหยุดรถมากที่สุดเพียงจุดเดียว ส่งผลให้เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสามารถประมวลผลข้อมูลได้เร็วมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 ระบบจะคำนวณเวลาการมาถึงและตำแหน่งของรถบัส ม.อ. ในแต่ละปลายทางหยุดรถ แล้วทำการบันทึกข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4 นำข้อมูลที่ได้คัดกรองไปทดสอบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ด้วยแบบจำลองทั้ง 3 แบบ คือ 1) แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 2) แบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และ 3) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อคาดการณ์ข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ขั้นตอนที่ 5 ระบบจะประเมินผลการคาดการณ์ของแต่ละแบบจำลอง โดยนำข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ในแต่ละแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง โดยใช้ทฤษฎีการหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error, MAE) และรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Squared Error, RMSE)

ขั้นตอนที่ 6 ผู้วิจัยเลือกแบบจำลองที่มีค่าความคลาดเคลื่อนในการคาดการณ์น้อยที่สุด นำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.



รูปที่ 3-4 ขั้นตอนการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

2) การออกแบบขั้นตอนการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. สามารถอธิบายขั้นตอนคาดการณ์เวลามาถึงของแบบจำลอง (รูปที่ 3-5) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ดูแลระบบเลือกช่วงเวลาของการให้บริการจากหน้าเว็บไซต์รายงานการให้บริการของรถบัส ม.อ. คือ วันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2558 เวลา 07:50-08:00 น.

ขั้นตอนที่ 2 ระบบทำการค้นหาตำแหน่งและเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ทั้งหมดในช่วงเวลาที่เลือก นำมาแสดงบนระบบแผนที่ของ Google Maps ให้ผู้ดูแลระบบได้ทราบ

ขั้นตอนที่ 3 ผู้ดูแลระบบเลือกเส้นทางการให้บริการที่มีรูปแบบการเดินทางคล้ายกับ ข้อมูลที่ได้แสดงใน ขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 4 ระบบค้นหาตำแหน่งของรถบัส ม.อ. ที่มีตำแหน่งใกล้เคียงกับป้ายหยุด รถมากที่สุดในทุกป้ายที่รถบัส ม.อ. เดินทางผ่าน หลังจากนั้นจะคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่สามารถ นำไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการคาดการณ์เวลามาถึง โดยมีด้วยกันทั้งหมด 4 ตัวแปร ดังนี้

- จุดต้นทาง-ปลายทาง (Section) เป็นค่าตัวแปรที่ผู้วิจัยได้กำหนดแทน เส้นทางเชื่อมต่อระหว่างป้ายหยุดรถหนึ่งไปยังป้ายหยุดรถถัดไป โดยใช้สัญลักษณ์ตัวอักษร ภาษาอังกฤษ แทนเส้นทางเชื่อมระหว่างป้าย เช่น ป้ายหยุดรถโรงช่างไปยังคณะศิลปศาสตร์ จะแทน ด้วย สัญลักษณ์ตัว A เป็นต้น

- ความเร็วของรถบัส ม.อ. เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณระยะทางกับเวลาที่ใช้ในการเดินทางในแต่ละช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง

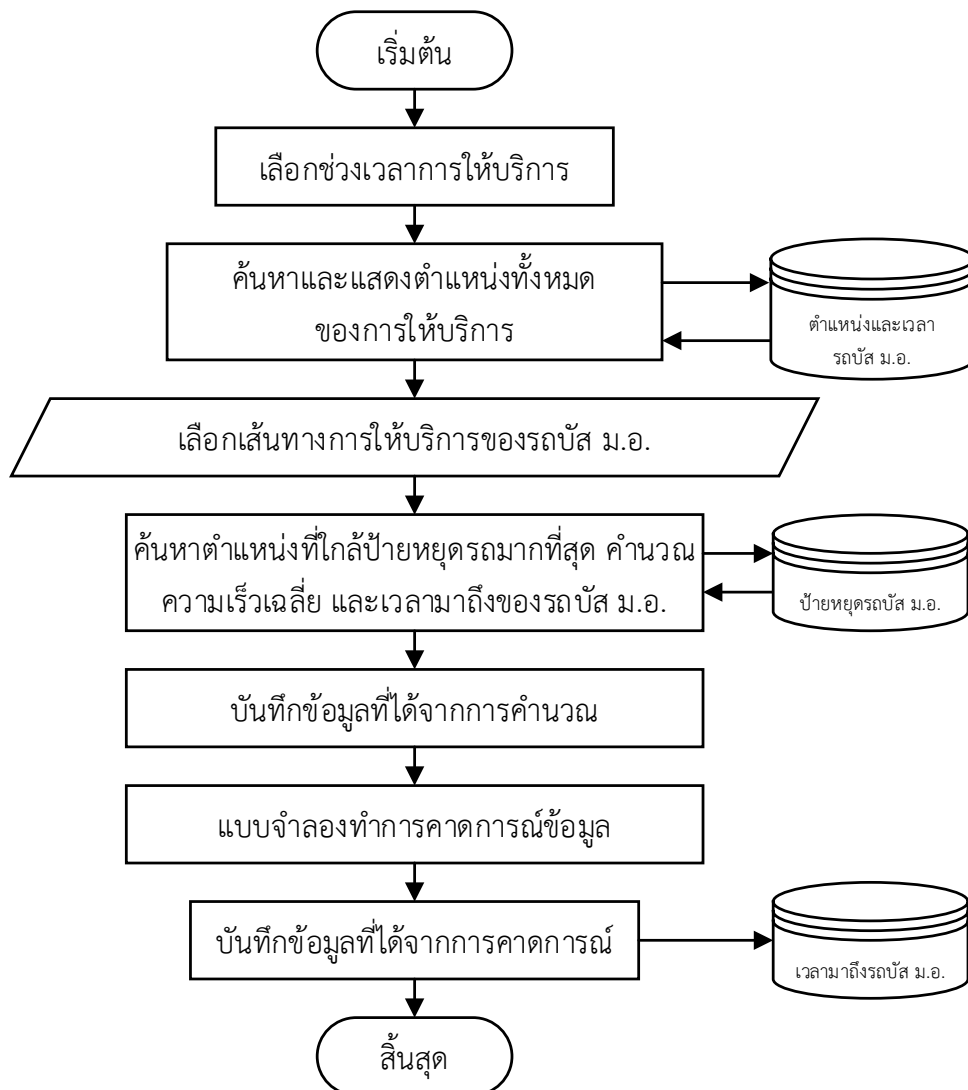
- เวลาที่ใช้ในการเดินทาง เป็นค่าตัวแปรที่ได้จากการนำค่าเวลาของตำแหน่ง จุดต้นทาง-ปลายทาง

- ช่วงเวลาของการให้บริการ เป็นค่าตัวแปรที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นโดยแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลาคือ เช้า เที่ยง และเย็น และในแต่ละช่วงจะมีการคำนวณว่าเป็นช่วงเวลาเร่งด่วนหรือ ช่วงเวลาปกติ

ขั้นตอนที่ 5 บันทึกข้อมูลที่ได้จากการคำนวณลงในไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำไปใช้ คาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ในอนาคต

ขั้นตอนที่ 6 แบบจำลองนำไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ไปใช้ในการคาดการณ์เวลามาถึงของ รถบัส ม.อ.

ขั้นตอนที่ 7 นำข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ในขั้นตอนที่ 6 ไปบันทึกลงฐานข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการแสดงผลให้กับผู้ใช้บริการได้รับทราบ



รูปที่ 3-5 ขั้นตอนการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

3.5.3 ระบบแจ้งข้อมูลรถบัส ม.อ.

ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบ PSU BISy ให้สามารถแสดงเวลามาถึง โดยการแสดงผลเวลามาถึงในทุกจุดต้นทาง-ปลายทาง มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้บริการเริ่มต้นเปิดใช้แอปพลิเคชัน

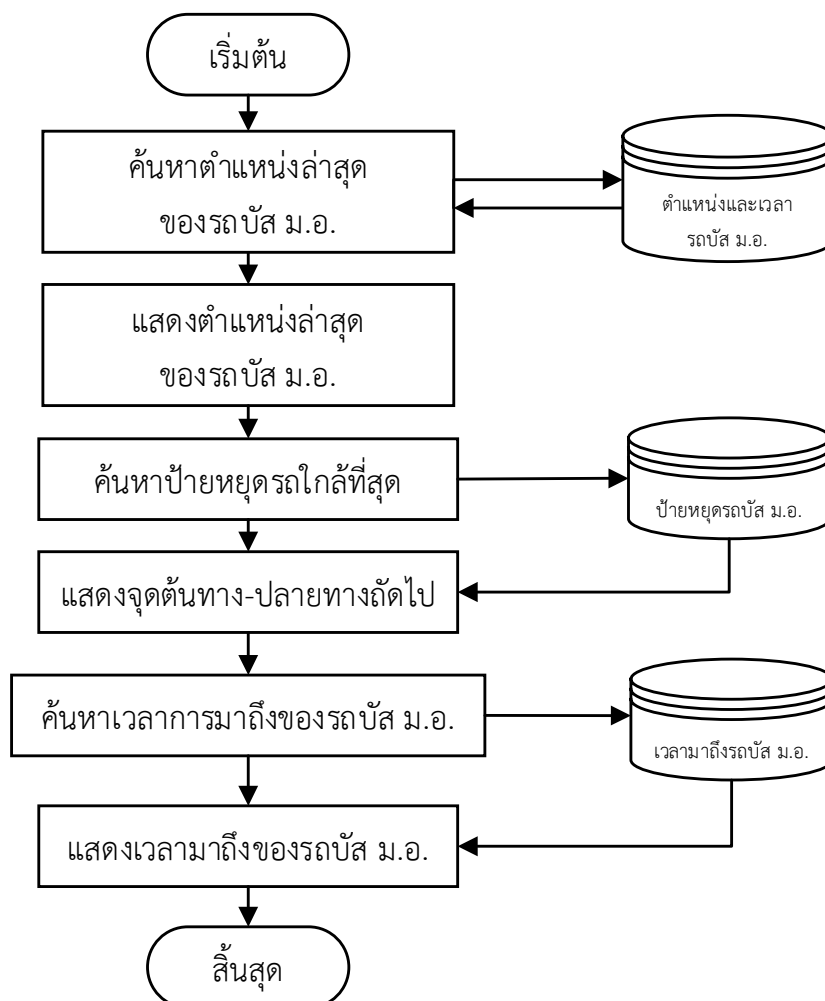
ขั้นตอนที่ 2 ระบบ PSU BISy จะค้นหาตำแหน่งล่าสุดของรถบัส ม.อ. จากฐานข้อมูลที่แอปพลิเคชันระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. ที่ได้บันทึกไว้

ขั้นตอนที่ 3 ระบบนำค่าตำแหน่งที่ได้ไปประมวลผลและแสดงให้ผู้ใช้บริการได้ทราบผ่านระบบแผนที่ของ Google Maps

ขั้นตอนที่ 4 ระบบ PSU BISy จะคำนวณระยะห่างระหว่างป้ายหยุดรถในทุกๆ ป้ายกับตำแหน่งปัจจุบันของรถ โดยใช้ทฤษฎี Haversine Formula แล้วเก็บค่าดังกล่าวลงในหน่วยความจำชั่วคราว (Index) เพื่อทำการเปรียบเทียบหาป้ายหยุดรถที่ใกล้กับรถบัส ม.อ. มากที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อได้ป้ายที่ใกล้เคียงที่สุด ระบบจะค้นหาจุดต้นทาง-ปลายทาง ถัดไปที่รถบัส ม.อ. กำลังจะไปถึงทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 6 ระบบจะค้นหาเวลาการมาถึงจากการคาดการณ์ในแต่ละจุดต้นทาง-ปลายทาง โดยเลือกเฉพาะข้อมูลจุดต้นทาง-ปลายทางที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 5 มาแสดงผล ให้ผู้ใช้บริการได้ทราบ



รูปที่ 3-6 ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้บริการ

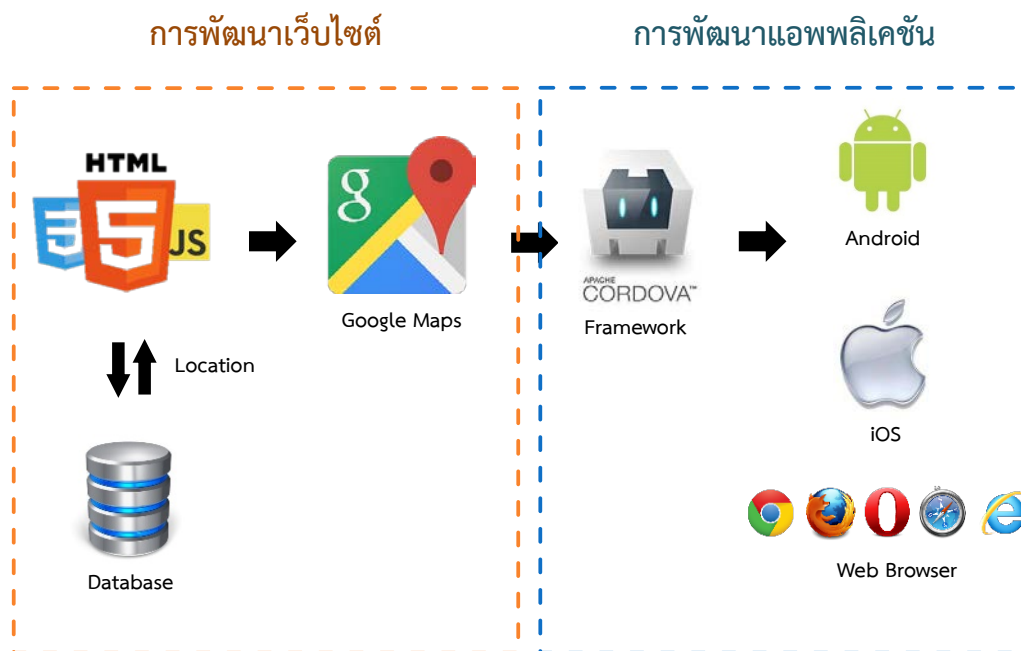
เมื่อออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ PSU BISy เสร็จสิ้นแล้ว ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำเทคโนโลยีและเครื่องมือที่ได้ทำการศึกษา มาพัฒนาระบบให้สามารถทำงานได้ตรงตามขั้นตอนที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้

3.6 การพัฒนาระบบ PSU BISy

ในขั้นตอนการพัฒนา ระบบ ผู้วิจัยได้กำหนดกระบวนการทำงานหลักของระบบไว้ 3 ส่วน คือ 1) การพัฒนาเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน 2) การพัฒนาระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. 3) การพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.6.1 การพัฒนาเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน

โครงสร้างของการพัฒนาระบบ PSU BISy (ดังรูปที่ 3-7) ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบด้วย ภาษา HTML5 ในการแสดงผลบนเว็บไซต์และบันทึกข้อมูลตำแหน่งของรถบัส ม.อ. ในส่วนของการแสดงผลตำแหน่งของรถบัส ม.อ. ได้ประยุกต์ใช้ระบบแผนที่จาก Google Maps เพื่อแสดงตำแหน่งที่ได้จากสมาร์ตโฟนลงบนแผนที่ หลังจากได้นั้นจึงได้นำโครงสร้างเว็บไซต์ที่พัฒนาทั้งหมด ไปประยุกต์ใช้กับซอฟต์แวร์ระบบเปิด (Open Source) ที่ชื่อว่า “Apache Cordova” ในการพัฒนาเป็นแอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และส่งออก (Export) แอปพลิเคชันให้สามารถทำงานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android



รูปที่ 3-7 เครื่องมือและขั้นตอนการพัฒนา ระบบ PSU BISy

3.6.2 การพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

ผู้วิจัยได้แบ่งการพัฒนากระบวนการออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง 2) การพัฒนาระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แบบปรับตัวได้ และ 3) การพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.6.2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ Weka ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ระบบเปิด ที่นิยมใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคาดการณ์ข้อมูล มาใช้ในการประมวลผลและเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยนำข้อมูลการให้บริการรถบัส ม.อ. ย้อนหลังมาใช้ในการประมวลผล ซึ่งจะต้องทำการจัดเรียงข้อมูลดังกล่าวให้มีรูปแบบของข้อมูลตามที่ซอฟต์แวร์กำหนด จึงจะสามารถนำไปประมวลผลได้ โดยขั้นตอนการจัดเรียงข้อมูลและการประมวลผลแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้

1) นำข้อมูลดิบที่ได้จากแอปพลิเคชันระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. (รูปที่ 3-8) มาทำการคัดกรองให้เป็นระเบียบมากขึ้น โดยมีประเภทของข้อมูลทั้งหมด 6 ประเภท ดังแสดงในรูปที่ 3-8 สามารถอธิบายรายละเอียด ดังนี้

no คือ ลำดับของข้อมูลที่บันทึกลงในฐานข้อมูล

latitude คือ ค่าตำแหน่งละติจูดของรถบัส ม.อ.

longitude คือ ค่าตำแหน่งลองจิจูดของรถบัส ม.อ.

daytime คือ วันที่และเวลาของการบันทึกตำแหน่งรถบัส ม.อ.

user คือ ชื่อของผู้บันทึกข้อมูล หรือ ชื่อพนักงานขับรถ

accuracy คือ ค่าความแม่นยำในการส่งตำแหน่งของสมาร์ตโฟน

no	latitude	longitude	daytime	user	accuracy
2752	6.0141291	101.9576511	2015-04-05 17:39:49	sarayut	27.3419990
2753	6.0141182	101.9576584	2015-04-05 17:39:58	sarayut	24.2169990
2754	6.0141182	101.9576584	2015-04-05 17:40:02	sarayut	24.2169990
2755	6.0140963	101.9576612	2015-04-05 17:40:06	sarayut	22.6119995
2756	6.0140963	101.9576612	2015-04-05 17:40:09	sarayut	22.6119995
2757	6.0140848	101.9576665	2015-04-05 17:40:15	sarayut	22.6019992
2758	6.0140848	101.9576665	2015-04-05 17:40:17	sarayut	22.6019992
2759	6.0140737	101.9576718	2015-04-05 17:40:25	sarayut	23.8020000

รูปที่ 3-8 ข้อมูลดิบจากแอปพลิเคชันระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.

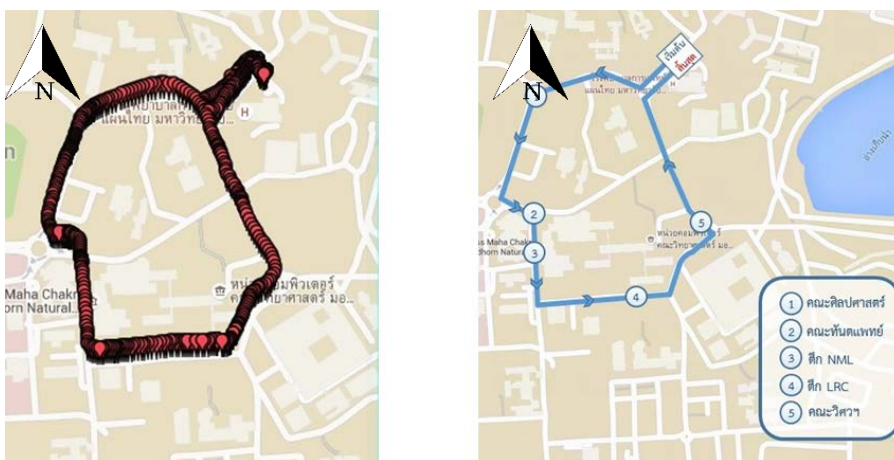
2) แบ่งข้อมูลดิบออกเป็นชุดตามวันที่และเวลาของการให้บริการรถบัส ม.อ. ในแต่ละรอบ เช่น วันที่ 7 สิงหาคม ค.ศ. 2015 ช่วงเวลาการให้บริการ 07:50 น. ถึง 08:00 น. และจัดทำหน้าเว็บไซต์ ดังแสดงในรูปที่ 3-9 เพื่อเพิ่มความสะดวกในการกลับมาดูข้อมูลการให้บริการรถบัส ม.อ. ย้อนหลังให้กับผู้ดูแลระบบ โดยหน้าจอแสดงผลดังกล่าว ผู้ดูแลระบบเท่านั้นจึงจะสามารถเข้ามาดูข้อมูลตำแหน่งและเวลาการให้บริการรถบัส ม.อ. ย้อนหลังได้

รายงานข้อมูลการให้บริการรถบัสไฟฟ้า
กรุณาเลือกช่วงเวลาที่ต้องการนำข้อมูลไปปรับปรุงแบบจำลอง

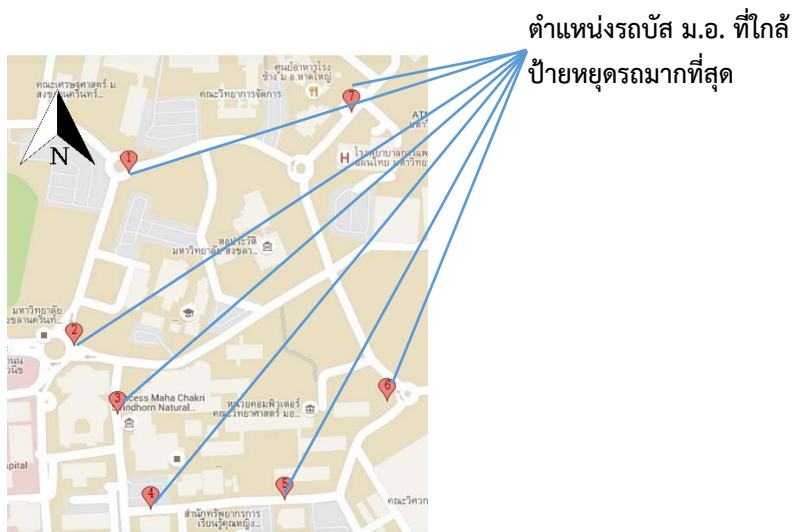
วันที่	เวลา
2015-08-07	07:50 08:00
2015-08-07	08:05 08:14
2015-08-07	08:33 08:45
2015-08-07	08:50 09:00
2015-08-07	09:05 09:16
2015-08-07	11:53 12:03

รูปที่ 3-9 ตัวอย่างรายงานตำแหน่งการให้บริการรถบัส ม.อ.

3) เมื่อผู้ดูแลระบบเลือกรอบของการให้บริการรถบัส ม.อ. ระบบจะนำข้อมูลที่ถูกจัดเรียง โดยใช้ค่าละติจูดและลองจิจูดในแต่ละตำแหน่ง ไปแปลงเป็นสัญลักษณ์ (Marker) เพื่อแสดงบนระบบแผนที่ของ Google Maps ดังแสดงในรูปที่ 3-10 และพัฒนากระบวนการคัดกรองข้อมูล โดยประยุกต์ใช้กฎของ Haversine ในการหาตำแหน่งที่ใกล้ป้ายหยุดรถมากที่สุด ทำให้ได้ตำแหน่งที่ใกล้เคียงมากที่สุดดังแสดงในรูปที่ 3-11 นอกจากนี้กระบวนการดังกล่าว ยังช่วยลดจำนวนของข้อมูลก่อนเข้าสู่การคาดการณ์เวลามาถึงเพื่อการประมวลผลที่มีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

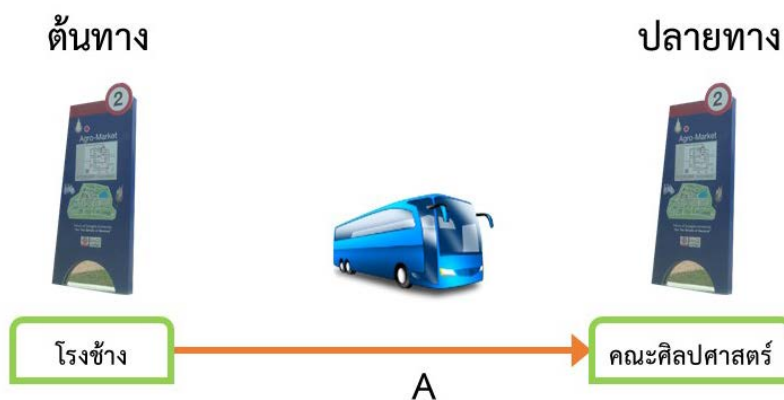


รูปที่ 3-10 ข้อมูลตำแหน่งรถบัส ม.อ. ที่ถูกจัดเรียงบน Google Maps



รูปที่ 3-11 ผลลัพธ์ของข้อมูลหลังจากการคัดกรอง

4) นำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการคัดกรองข้อมูล ไปทำการกำหนดจุดต้นทาง-ปลายทางของป้ายหยุดรถ ดังแสดงในรูปที่ 3-12 ซึ่งเป็นตัวอย่างการสร้างจุดต้นทาง-ปลายทางระหว่างป้ายหยุดรถศูนย์อาหาร (โรงช้าง) ไปยังคณะศิลปศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์แทนแต่ละจุดต้นทาง-ปลายทางด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ ซึ่งข้อมูลจุดต้นทาง-ปลายทางทั้งหมด ผู้วิจัยได้ออกแบบและแสดงไว้ในหัวข้อที่ 5.1 หลังจากนั้นทำการกำหนดระยะห่างหรือระยะทางให้แก่จุดต้นทาง-ปลายทาง โดยใช้ค่าระยะห่างจากระบบแผนที่ของ Google Maps ซึ่งเป็นค่าระยะห่างที่นิยมใช้เป็นมาตรฐานการวัดในปัจจุบัน



รูปที่ 3-12 จุดต้นทาง-ปลายทาง (Section) ระหว่างป้ายหยุดรถบัส ม.อ.

5) ระบบ PSU BISy คำนวณหาความเร็วเฉลี่ยและเวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ. ในแต่ละช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทางดังแสดงในรูปที่ 3-13 โดยคำนวณได้จากสมการที่ 3-1 ซึ่งในการประมวลผล ผู้วิจัยได้นำสมการดังกล่าวไปประยุกต์กับระบบภาษา PHP ในการประมวลผลบนเว็บไซต์

$$t = \frac{S}{v} \quad (3-1)$$

โดยที่

t คือ เวลาที่รถบัส ม.อ. วิ่งในแต่ละช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง (วินาที)

S คือ ระยะทางระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทาง (เมตร)

v คือ อัตราเร็วของรถบัส ม.อ. (เมตร/วินาที)

วันที่และเวลา	จุดต้นทาง-ปลายทาง		ลองจิจูด	ละติจูด	เวลาในการเดินทาง	ระยะทาง(เมตร)	ความเร็ว
evening	-	-	7.0113457	100.4998971	2016-03-28 16:22:00	-	-
evening	n	22 A	7.010606	100.4971908	2016-03-28 16:23:52	107	3.27
evening	n	22 E	7.0085034	100.496523	2016-03-28 16:24:41	52	5.58
evening	n	22 G	7.0076767	100.4970632	2016-03-28 16:25:30	47	3.40
evening	n	22 L	7.0053347	100.4973529	2016-03-28 16:26:44	73	3.56
evening	n	22 M	7.0050402	100.5000475	2016-03-28 16:29:04	140	4.29
evening	n	22 N	7.0077965	100.5003275	2016-03-28 16:30:17	73	4.79
evening	n	22 Q	7.0108761	100.4993648	2016-03-28 16:33:00	163	2.76

รูปที่ 3-13 ผลลัพธ์การคำนวณ ความเร็ว เวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ.

6) พัฒนาระบบให้สามารถคำนวณช่วงเวลาการให้บริการรถบัส ม.อ. โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ เร่งด่วน (Peak Hour) และไม่เร่งด่วน (Non-peak Hour) และบันทึกไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละช่วงจุดต้นทาง-ปลายทาง โดยบันทึกเป็นไฟล์นามสกุล "arff" ซึ่งเป็นประเภทไฟล์ที่ซอฟต์แวร์ Weka สามารถนำไปประมวลผลได้ทันที จากนั้นทำการจัดเรียงข้อมูลให้ตรงตามรูปแบบที่ซอฟต์แวร์กำหนดดังแสดงในรูปที่ 3-14 โดยในไฟล์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนแรกเป็นตัวแปรของข้อมูล (Attribute) มีทั้งหมด 5 ตัวแปร คือ 1) type_time คือ ช่วงเวลาของการให้บริการมีทั้งหมด 2 ช่วง (เร่งด่วนและไม่เร่งด่วน) 2) round_time คือ รอบของการให้บริการโดยผู้วิจัยได้กำหนดไว้ให้มีจำนวนรอบการให้บริการได้มากที่สุดถึง 25 รอบต่อวัน 3) s คือ ระยะทางของจุดต้นทาง-ปลายทาง 4) v คือ ความเร็วของรถบัส ม.อ.ในแต่ละช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง และ 5) t คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางของรถบัส ม.อ.

ส่วนที่สองเป็นส่วนของข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของระบบ PSU BISy ซึ่งเป็นค่าข้อมูลที่ตรงตามตัวแปรที่ได้กำหนดไว้ในส่วนแรก เมื่อระบบคำนวณเสร็จเรียบร้อยแล้วจะบันทึกข้อมูลลงในไฟล์ที่ละบรรทัดตามลำดับ

	1	2	3	4	5
1	@relation	BusTime			
2	@attribute	type_time	{p, n}		
3	@attribute	round_time	{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10}		
4	@attribute	s	real		
5	@attribute	v	real		
6	@attribute	t	real		
7	@data				
8					
9	p,1,350,2.93,149.778377				
10	p,2,350,5.76,43.53463				
11	n,3,350,4.73,97.524782				
12	n,4,350,3.7,54.24608				
13	p,5,350,7.43,35.20727				
14	n,6,350,2.08,67.130117				
15	n,7,350,6.25,36.914963				
16	n,8,350,4.33,61.812719				
17	p,9,350,6.9,67.613774				
18	p,10,350,3.19,67.609366				

รูปที่ 3-14 โครงสร้างไฟล์ .arff

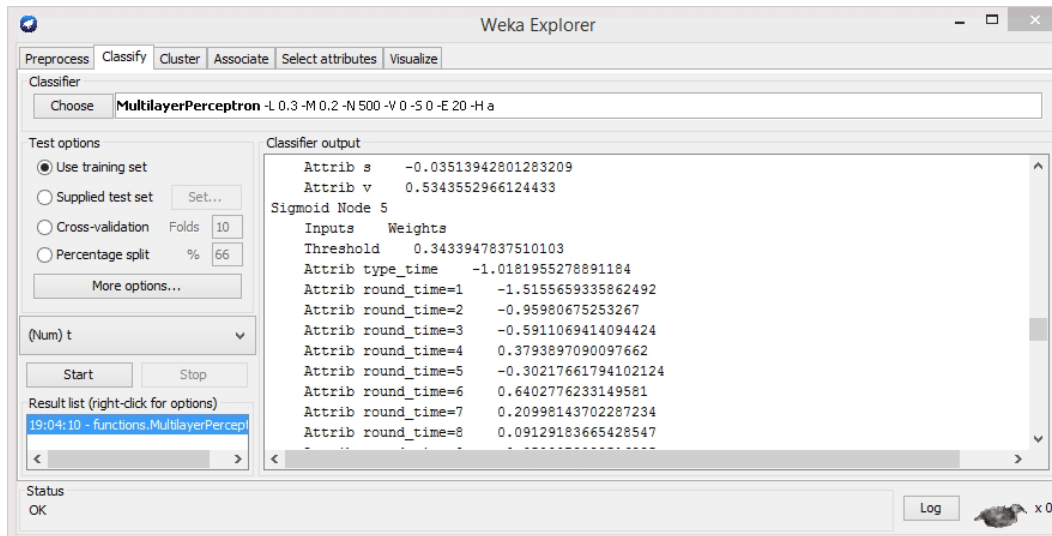
7) ผู้วิจัยได้แบ่งไฟล์ arff ตามช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง และช่วงเวลาของการให้บริการรถบัส ม.อ. โดยตั้งชื่อไฟล์ตามจุดต้นทาง-ปลายทาง เช่น A, B, C และ D เป็นต้น โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา คือ เช้า (Morning) เทียง (Midday) และเย็น (Evening) หลังจากนั้นนำไฟล์ดังกล่าวไปเข้าสู่กระบวนการคาดการณ์และทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจากการคาดการณ์ว่ามีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากน้อยเพียงใด

8) นำข้อมูลเข้าสู่การประมวลผลคาดการณ์ข้อมูล โดยนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลอง ตามที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ 3.5.2 เมื่อนำเข้าข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้วซอฟต์แวร์จะแสดงรายละเอียดของข้อมูลในหน้าจอ Weka Explorer ดังตัวอย่างในรูปที่ 3-15 โดยมีรายละเอียดการประมวลผลแต่ละแบบจำลอง ดังนี้

- สำหรับแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ซอฟต์แวร์ Weka จะหาความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวแปรที่ผู้วิจัยได้ระบุลงในไฟล์และสร้างสมการคำนวณข้อมูล จากนั้นจะประมวลผลจากสมการความสัมพันธ์ที่ได้ และคาดการณ์ข้อมูล พร้อมแสดงผลความคลาดเคลื่อน

- สำหรับแบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน ซอฟต์แวร์ Weka มีเครื่องมือชื่อว่า “SMOreg” ให้ใช้งาน โดยจะสร้างสมการที่เหมาะสม แล้วนำสมการที่ได้มาคำนวณโดยใช้ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ระบุ จากนั้นจะแสดงผลสมการและผลการคาดการณ์

- สำหรับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ซอฟต์แวร์ Weka มีเครื่องมือชื่อว่า MultilayerPerceptron (MLP) ให้ใช้งาน ซึ่งจะนำข้อมูลที่ผู้วิจัยได้กำหนดไปคำนวณในแต่ละ Node และสร้างสมการการประมวลผล



รูปที่ 3-15 หน้าจอซอฟต์แวร์ Weka ในส่วน Weka Explorer

9) เมื่อผู้วิจัยได้นำแบบจำลองทั้ง 3 แบบมาใช้คาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แล้ว ผู้วิจัยได้ใช้ฟังก์ชันการทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ของแบบจำลองจากซอฟต์แวร์ Weka เพื่อหาแบบจำลองที่มีค่าความคลาดเคลื่อนจากการคาดการณ์น้อยที่สุด หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำฟังก์ชันของแบบจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับระบบ PSU BISy โดยให้สามารถประมวลผลได้ทันทีหากผู้ดูแลระบบต้องการให้ระบบคาดการณ์เวลาใหม่ โดยผลของการคาดการณ์ในแต่ละแบบจำลองได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 5.4

3.6.2.2 การพัฒนาระบบคาดการณ์เวลามาถึงแบบปรับตัวได้

การพัฒนาระบบคาดการณ์แบบปรับตัวได้ เป็นการพัฒนาระบบให้สามารถสร้างแบบจำลองและคาดการณ์ข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้เอง ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) การสร้างแบบจำลองจากข้อมูล 2) การนำแบบจำลองไปใช้คาดการณ์เวลามาถึง และ 3) การพัฒนาแบบจำลองแบบปรับตัวได้อัตโนมัติ โดยรายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1) การสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยประยุกต์ใช้ภาษา PHP Hypertext Preprocessor ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้การประมวลผลฝั่งเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายในการพัฒนาระบบและเรียกใช้ฟังก์ชันการประมวลผลของซอฟต์แวร์ Weka ด้วยคำสั่งทางภาษา Java ซึ่งเป็นภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่ซอฟต์แวร์อนุญาตให้ใช้งานได้ โดยระบบจะสร้างแบบจำลองและบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ซึ่งมีนามสกุลของไฟล์ เป็น “.model” โดยใช้คำสั่ง ดังนี้

```
java -cp weka.jar weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron
-t name.arff -d name.model
```

2) การนำแบบจำลองไปใช้คาดการณ์เวลามาถึง เรียกใช้คำสั่งด้วยภาษา Java เพื่อให้ระบบทำการหาไฟล์นามสกุล .model ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1) มาคาดการณ์ข้อมูลที่จะเกิดขึ้นแล้วแสดงผลผ่านหน้าจอ โดยใช้คำสั่ง ดังนี้

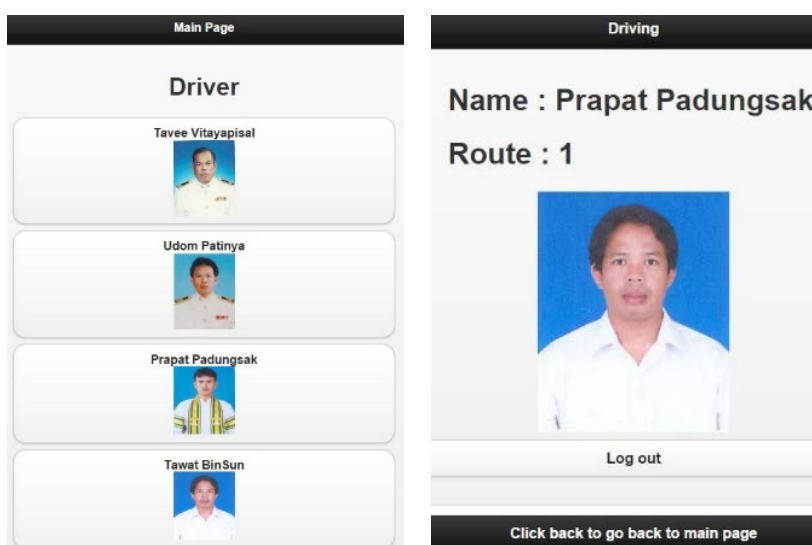
```
$cmd = "java -cp weka.jar weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron
-T name.arff -l name.model -p 0";
exec($cmd, $output);
```

3) การพัฒนาแบบจำลองแบบปรับตัวได้อัตโนมัติ ผู้วิจัยได้พัฒนาให้ระบบ PSU BISy สามารถปรับปรุงแบบจำลองในการคาดการณ์ข้อมูลได้ทันที โดยมีวิธีการปรับปรุงแบบจำลอง 2 แบบ คือ ผู้ดูแลระบบเข้าสู่ระบบเพื่อส่งคำสั่งปรับปรุงแบบจำลอง และระบบปรับปรุงแบบจำลองด้วยตัวเองตามเวลาที่ได้กำหนดไว้ ในส่วนของการปรับปรุงแบบจำลองด้วยตัวระบบเอง ผู้วิจัยได้เรียกใช้คำสั่งเดียวกับขั้นตอนที่ 2)

เมื่อระบบคาดการณ์เวลามาถึงเสร็จสิ้นแล้วระบบจะบันทึกข้อมูลดังกล่าวลงในฐานข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย จากนั้นหากผู้ใช้บริการต้องการทราบข้อมูล ระบบจะนำข้อมูลที่ต้องการไปแสดงให้กับผู้ใช้บริการได้รับทราบผ่านทาง “ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน”

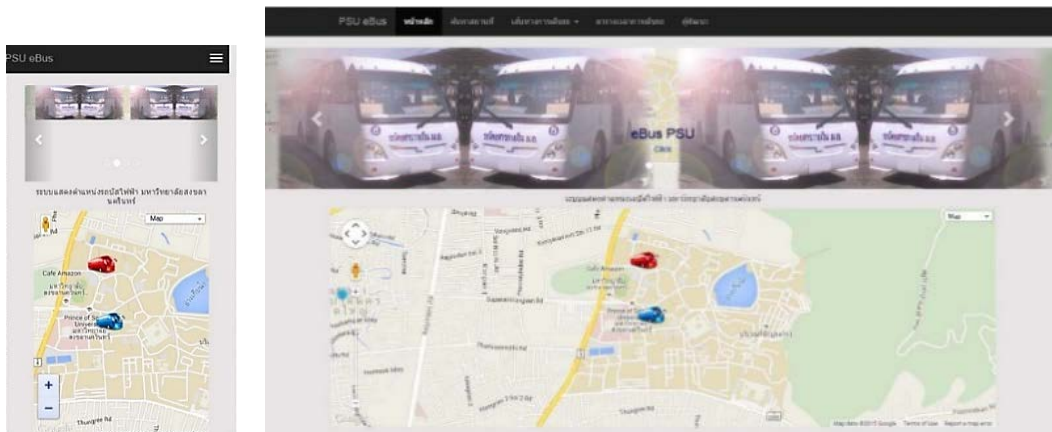
3.6.2.3 การพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface Design)

ผู้วิจัยได้พัฒนาหน้าจอติดต่อสำหรับพนักงานขับรถบัส ม.อ. โดยแสดงรายชื่อของพนักงานขับรถทั้งหมดในหน้าแรก พนักงานขับรถแต่ละคนต้องยืนยันตัวตนก่อนให้บริการ หลังจากนั้นแอปพลิเคชันระบุตำแหน่งของรถบัส ม.อ. จึงจะเริ่มทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3-16



รูปที่ 3-16 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับบันทึกตำแหน่งรถบัส ม.อ.

ส่วนรูปที่ 3-17 และ รูปที่ 3-18 เป็นตัวอย่างหน้าจอติดต่อผู้ใช้งานสำหรับผู้ให้บริการโดยผู้วิจัยได้ออกแบบให้สามารถแสดงผลได้ทั้งสมาร์ตโฟน แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพื่อให้ผู้ใช้บริการสามารถใช้งานระบบ PSU BISy ได้สะดวกและรวดเร็ว โดยหน้าจอจะแสดงตำแหน่งของรถบัส ม.อ. แต่ละสายตามสีที่แตกต่างกันไป หากผู้ใช้บริการเลือกดูข้อมูลเวลาการเดินทาง ระบบ PSU BISy จะทำการประมวลผล และแสดงเวลามาถึงจากการคาดการณ์ให้ผู้ใช้บริการได้ทราบ



รูปที่ 3-17 ต้นแบบแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนและเว็บไซต์สำหรับผู้ใช้งาน



รูปที่ 3-18 ตำแหน่งปัจจุบันของรถ และเวลามาถึงจากการคาดการณ์ของระบบ PSU BISy

3.7 การติดตั้งและทดสอบระบบ PSU BISy

หลังจากพัฒนาระบบ PSU BISy เสร็จสิ้นแล้วผู้วิจัยได้นำระบบ PSU BISy ไปติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

3.7.1 การติดตั้งระบบ PSU BISy

ผู้วิจัยได้นำระบบ PSU BISy ไปทดสอบใช้งานกับระบบขนส่งมวลขนของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ภายในวิทยาเขตหาดใหญ่ โดยนำกล่องที่มีการป้องกันการสูญหาย และบรรจุสมาร์ทโฟนยี่ห้อ ASUS รุ่น Phonepad 7 ที่มีระบบปฏิบัติการ Android และติดตั้งแอปพลิเคชันบันทึกตำแหน่งรถบัส ม.อ. เรียบร้อยแล้ว ไปติดตั้งไว้ที่บริเวณด้านหน้าภายในตัวรถดังแสดงในรูปที่ 3-19 และ รูปที่ 3-20 เพื่อให้สมาร์ทโฟนสามารถรับส่งสัญญาณ A-GPS ได้ชัดเจนที่สุด



รูปที่ 3-19 สมาร์ทโฟนและกล่องบรรจุสำหรับบันทึกข้อมูลตำแหน่งรถบัส ม.อ.



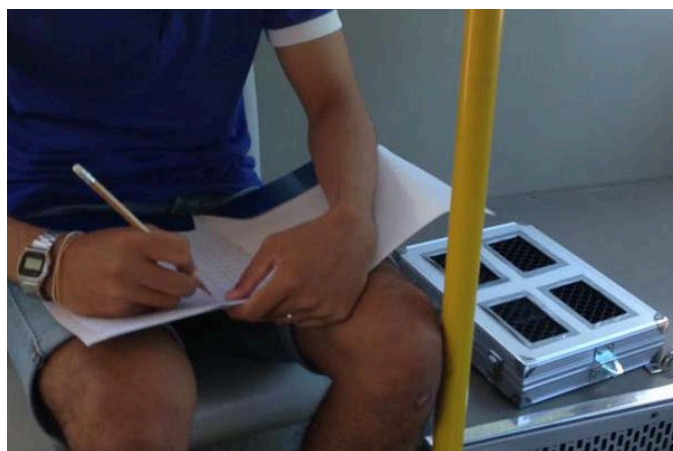
รูปที่ 3-20 การติดตั้งกล่องบรรจุสมาร์ทโฟนเพื่อบันทึกตำแหน่งรถบัส ม.อ. ขณะให้บริการ

3.7.2 การทดสอบและประเมินผลระบบ PSU BISy

ในขณะที่บันทึกข้อมูลด้วยระบบ PSU BISy ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งเครื่อง GPS Tracking ยี่ห้อ Garmin รุ่น GPSSMaps 60cxs ดังแสดงในรูปที่ 3-21 เพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งของรถที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสองประเภทพร้อมกัน โดยได้บันทึกตำแหน่งที่รถบัส ม.อ. จอดส่งผู้ให้บริการ (รูปที่ 3-22) เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับป้ายหยุดรถที่งานยานยนต์ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้แจ้งให้ผู้โดยสารได้ทราบผ่านทางป้ายประชาสัมพันธ์ ตามสถานที่ต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-21 การเปรียบเทียบความแม่นยำของตำแหน่งรถบัส ม.อ. ระหว่างระบบ PSU BISy และ GPS Tracking



รูปที่ 3-22 การบันทึกข้อมูลจุดรับ-ส่ง ผู้ใช้บริการรถบัส ม.อ. ภาคสนาม

ในส่วนของแอปพลิเคชันสำหรับผู้ให้บริการ ผู้วิจัยได้นำแอปพลิเคชันไปติดตั้งบนสมาร์ทโฟนทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android (รูปที่ 3-23) โดยได้รับความอนุเคราะห์ในการทดสอบแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนจากภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งเป็นสมาชิกในการพัฒนาแอปพลิเคชันของสมาร์ทโฟนทั้ง 2 ระบบปฏิบัติการอยู่แล้ว ส่งผลให้แอปพลิเคชันของระบบ PSU BISy สามารถใช้งานได้เฉพาะสมาร์ทโฟนที่ใช้ในงานวิจัยเท่านั้น



รูปที่ 3-23 แอปพลิเคชันระบุตำแหน่งและแจ้งข้อมูลรถบัส ม.อ.

ผู้วิจัยได้กำหนดประเภทของการทดสอบระบบเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) ความถูกต้องและแม่นยำของระบบ นำระบบที่พัฒนาได้ไปทดสอบในการใช้งานจริงพร้อมทั้งบันทึกข้อมูลตำแหน่งและเวลาการมาถึงของรถบัส ม.อ. แล้วนำมาเปรียบเทียบกับตำแหน่งปัจจุบันของรถว่ามีความใกล้เคียงกันหรือไม่ หากไม่ใกล้เคียงต้องทำการปรับปรุงแก้ไขระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2) ความเสถียรของระบบ ทดสอบการใช้งานของระบบโดยให้ระบบทำงานตั้งแต่พนักงานขับรถเริ่มขับรถจนสิ้นสุดการขับ แล้วติดตามว่าระบบสามารถทำงานได้ตลอดระยะเวลาการเดินทางหรือไม่ หากระบบมีการทำงานที่ล้มเหลวในช่วงเวลาหนึ่ง ต้องปรับแก้ไขให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น โดยผลของการพัฒนาและทดสอบระบบจะได้กล่าวถึงในบทถัดไป

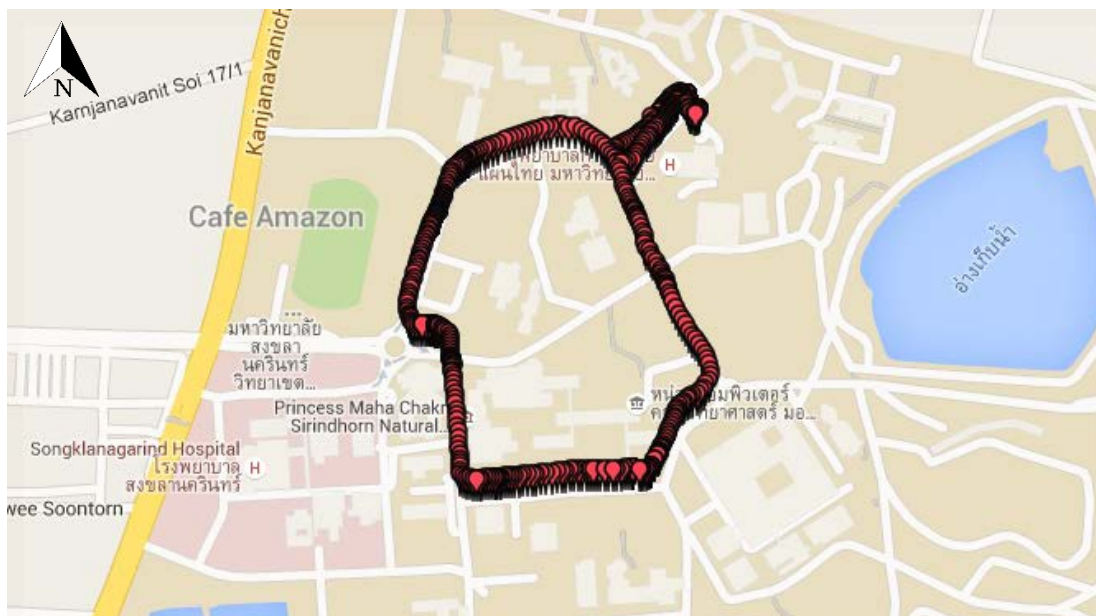
บทที่ 4

ผลการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.

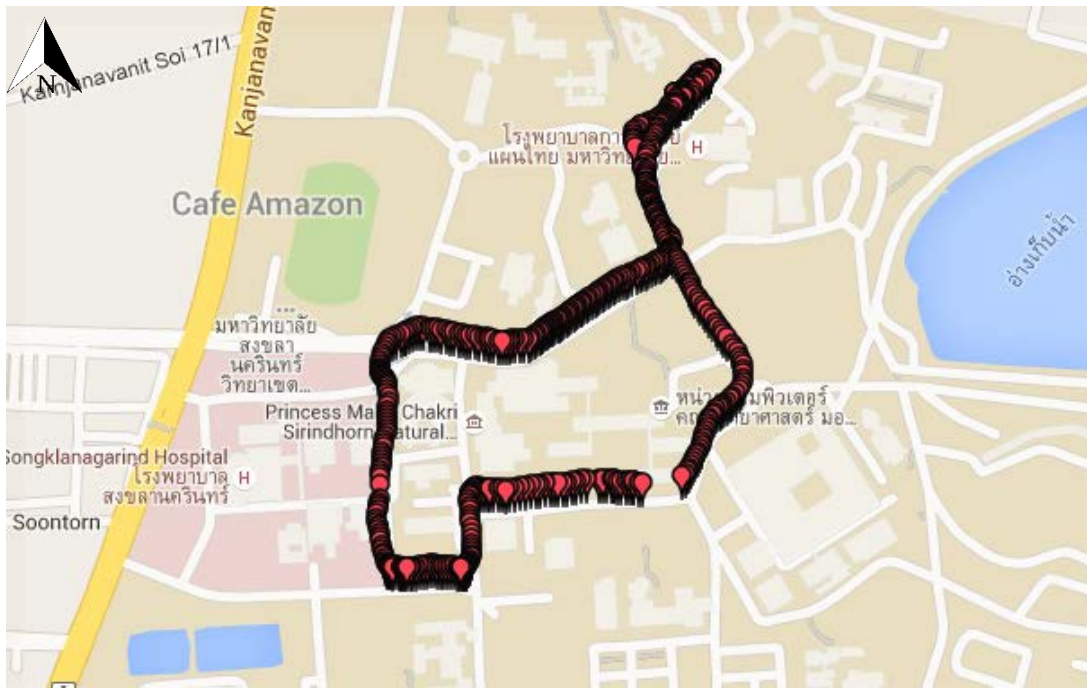
ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการพัฒนางานวิจัย ในส่วนของการเปรียบเทียบอุปกรณ์ระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. ผลการบันทึกและแจ้งตำแหน่งปัจจุบันของรถบัส ม.อ. ให้กับผู้ใช้บริการได้ทราบ และประสิทธิภาพโดยรวมของการระบุตำแหน่งด้วยระบบ PSU BISy โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบระบบระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ.

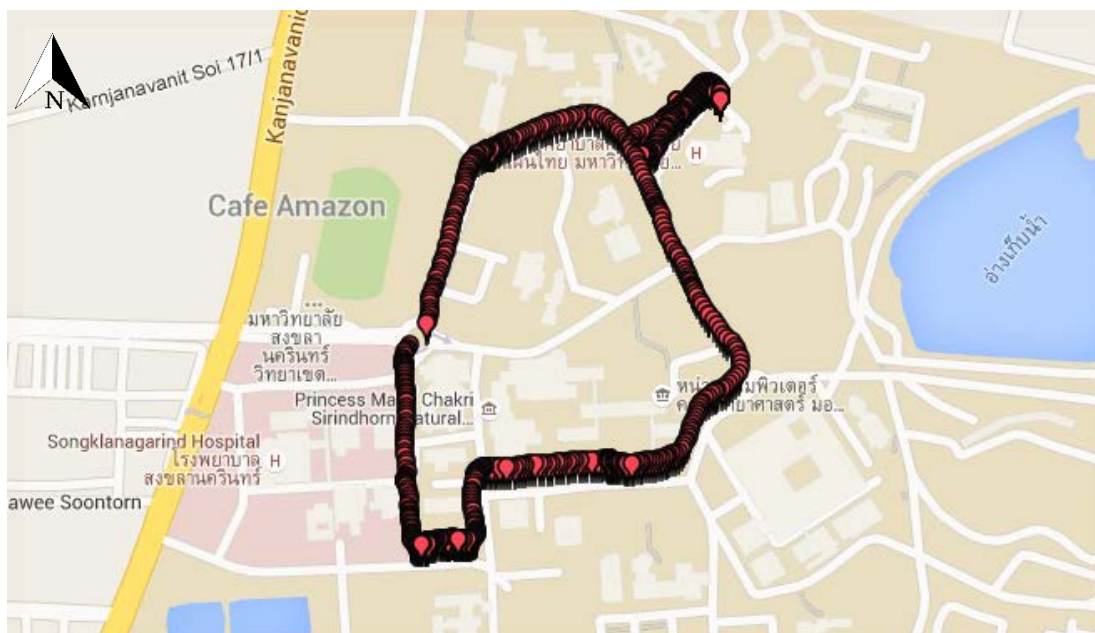
เนื่องจากเส้นทางการให้บริการรถบัส ม.อ. ในขณะที่ศึกษานั้นยังมีความไม่แน่นอน โดยสาเหตุเกิดจากพนักงานขับรถไม่ได้ขับรถตามเส้นทางที่กำหนดไว้ จึงทำให้เกิดเส้นทางการให้บริการที่หลากหลายเส้นทาง ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างข้อมูลตำแหน่งรถบัส ม.อ. จากแอปพลิเคชันระบุตำแหน่งรถ ที่มีเส้นทางการให้บริการใกล้เคียงกับรูปแบบเส้นทางการให้บริการตามที่ยานยนต์ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้กำหนดไว้ทั้งหมด 3 เส้นทาง มาแสดงในระบบแผนที่ Google Maps ดังแสดงในรูปที่ 4-1 ถึงรูปที่ 4-3 ซึ่งในระหว่างทำการเก็บข้อมูลของผู้วิจัย พบว่า เส้นทางการให้บริการในสายที่ 1 และ 2 ยังมีการให้บริการในเส้นทางเดิมอยู่เป็นบางครั้ง แต่เส้นทางที่ 3 ไม่มีรถบัส ม.อ. ให้บริการตามเส้นทางที่ได้แจ้งไว้



รูปที่ 4-1 ตำแหน่งรถบัส ม.อ. จากระบบ PSU BISy (เส้นทางที่ 1)



รูปที่ 4-2 ตำแหน่งรถบัส ม.อ. จากระบบ PSU BISSy (เส้นทางที่ 2)



รูปที่ 4-3 ตำแหน่งรถบัส ม.อ. จากระบบ PSU BISSy (เส้นทางที่ 3)

จากการเปรียบเทียบข้อมูลตำแหน่งของรถบัส ม.อ. ที่ได้จากอุปกรณ์ GPS Tracking โดยบันทึกค่าตำแหน่งทุกๆ 5 วินาที และจากระบบ PSU BISy โดยพิจารณาจากป้ายหยุดรถของการให้บริการรถบัส ม.อ. ในสายที่ 1 ทั้งหมด 8 จุดดังแสดงในตารางที่ 4-1 พบว่า ระบบ PSU BISy ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น สามารถระบุตำแหน่งของรถได้ดีกว่าการใช้ GPS Tracking ดังแสดงในรูปที่ 4-4 เนื่องจากผู้วิจัยได้กำหนดให้ระบบระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. ที่ถูกพัฒนาขึ้น สามารถเลือกบันทึกตำแหน่งทุกครั้งเมื่อรถมีการเคลื่อนที่ หรือบันทึกเมื่อถึงเวลาที่กำหนด (5 วินาที)



ก) ใช้ GPS Tracking



ข) ใช้ระบบ PSU BISy

รูปที่ 4-4 เปรียบเทียบตำแหน่งของรถบัส ม.อ. จาก GPS Tracking กับ ระบบ PSU BISy

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ระบุตำแหน่ง โดยนำข้อมูลตำแหน่งรถบัส ม.อ. มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนระหว่างระบบ GPS Tracking และระบบ PSU BISy แยกตามเส้นทางการให้บริการทั้ง 3 สาย ดังแสดงในตารางที่ 4-1 ถึงตารางที่ 4-3 ตามลำดับ จากผลการศึกษา พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งรถบัส ม.อ. ที่คำนวณได้จากทฤษฎีของ Haversine ระหว่าง GPS Tracking กับ ระบบ PSU BISy ในสายที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 11.13 เมตร สายที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 14.75 เมตร และสายที่ 3 มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 15.38 เมตร สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 เส้นทาง เท่ากับ 13.75 เมตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความคลาดเคลื่อนของ GPS Tracking ที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ คือ 10 เมตร (Garmin, 2012)

ตารางที่ 4-1 เวลา ตำแหน่ง และค่าความคลาดเคลื่อนของ GPS Tracking กับ สมาร์ทโฟน สายที่ 1

จุด จอดที่	ป้ายหยุดรถ	เวลาที่ถึง	GPS Tracking		PSU B1Sy		ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (เมตร)
			ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	
1	ศูนย์อาหาร	08:33:50	7.01128246	100.5002174	7.0112219	100.5001768	8.09
2	คณะศิลปศาสตร์	08:36:07	7.01077938	100.4974794	7.0106942	100.4974489	10.05
3	คณะทันตแพทย์	08:37:39	7.00802709	100.4960514	7.0079938	100.4961333	9.77
4	หอพักพยาบาล	08:39:19	7.00555125	100.4963665	7.0055690	100.4962384	14.27
5	ตึกพยาบาล 3	08:41:09	7.00649815	100.4972488	7.0065400	100.4971866	8.29
6	ตึก BSc	08:41:44	7.00659111	100.4987674	7.0066340	100.4987563	4.92
7	คณะวิศวะฯ	08:42:54	7.00786147	100.5004263	7.0076793	100.5003797	20.90
8	ศูนย์อาหาร	08:44:28	7.01145747	100.5000067	7.0113866	100.4999158	12.76
เฉลี่ยทั้งหมด							11.13

ตารางที่ 4-2 เวลา ตำแหน่ง และค่าความคลาดเคลื่อนของ GPS Tracking กับ สมาร์ทโฟน สายที่ 2

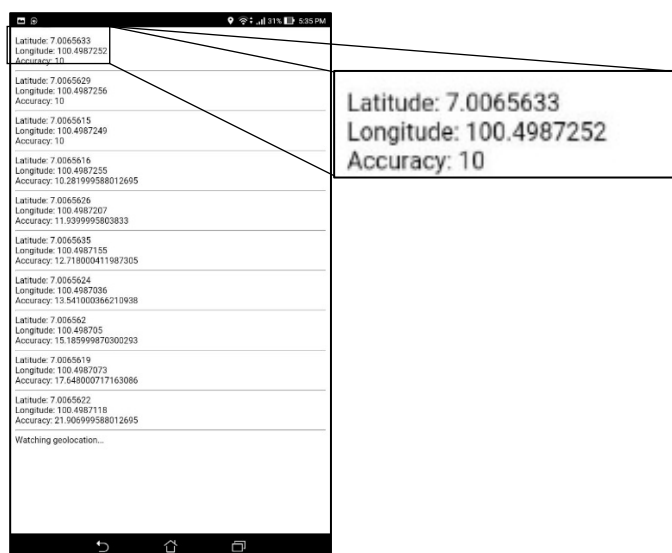
จุด จอดที่	ป้ายหยุดรถ	เวลาที่ถึง	GPS Tracking		PSU Bisy		ความคลาดเคลื่อน (เมตร)
			ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	
1	ศูนย์อาหาร	08:05:43	7.01128246	100.5002174	7.0112219	100.5001768	29.32
2	ตึกพักทอง	08:07:11	7.01077938	100.4974794	7.0106942	100.4974489	1.54
3	ตึกท. 1	08:07:50	7.00802709	100.4960514	7.0079938	100.4961333	3.77
4	คณะทันตแพทย์	08:08:18	7.00555125	100.4963665	7.0055690	100.4962384	5.20
5	หอพักพยาบาล	08:09:46	7.00649815	100.4972488	7.0065400	100.4971866	2.80
6	คณะเภสัช	08:10:06	7.00659111	100.4987674	7.0066340	100.4987563	30.57
7	ตึก BSc	08:11:34	7.00786147	100.5004263	7.0076793	100.5003797	39.03
8	คณะวิศวะฯ	08:12:17	7.00776200	100.5004670	7.0077500	100.5004233	5.00
9	ศูนย์อาหาร	08:44:28	7.01145747	100.5000067	7.0113866	100.4999158	15.53
เฉลี่ยทั้งหมด							14.75

ตารางที่ 4-3 เวลา ตำแหน่ง และค่าความคลาดเคลื่อนของ GPS Tracking กับ สมาร์ทโฟน สายที่ 3

จุด จอดที่	ป้ายหยุดรถ	เวลาที่ถึง	GPS Tracking		PSU Bisy		ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (เมตร)
			ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	
1	ศูนย์อาหาร	12:08:19	7.0113404	100.5001913	7.0111135	100.4999639	35.59
2	คณะวิศวะฯ	12:09:52	7.0078615	100.5004263	7.0077415	100.5005033	15.82
3	คณะทรัพย์ฯ	12:11:02	7.0049020	100.5001730	7.0049222	100.5000871	9.74
4	คณะเภสัชฯ	12:12:57	7.0053300	100.4972550	7.0053431	100.4971567	10.95
5	ตึก NML	12:15:36	7.0076710	100.4971140	7.0076715	100.4970003	12.55
7	ตึกฟักทอง	12:26:30	7.0089960	100.4989400	7.0090135	100.4989117	3.68
8	ศูนย์อาหาร	12:17:00	7.0113710	100.4999180	7.0114162	100.5000874	19.36
เฉลี่ยทั้งหมด							15.38

4.2 ผลการพัฒนาระบบระบุและแจ้งตำแหน่งรถบัส ม.อ.

ผู้วิจัยได้นำแอปพลิเคชันระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. ไปทดสอบภาคสนามในขณะที่รถบัส ม.อ. กำลังให้บริการ โดยติดตั้งแอปพลิเคชันบนที่กตำแหน่งรถบัส ม.อ. บนสมาร์ตโฟนยี่ห้อ ASUS รุ่น Phonepad 7 ที่มีระบบปฏิบัติการ Android และนำไปติดตั้งไว้ในส่วนหน้าของตัวรถบัส ม.อ. หลังจากนั้นให้แอปพลิเคชันทำการส่งข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ในระหว่างที่ส่งข้อมูลบนหน้าจอสมาาร์ทโฟนจะแสดงข้อมูลทั้งหมด 3 ส่วน คือ 1) ละติจูด (Latitude) 2) ลองจิจูด (Longitude) และ 3) ค่าความแม่นยำของการระบุตำแหน่ง (Accuracy) ดังแสดงในรูปที่ 4-5 นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบให้สามารถแจ้งเตือนผ่านหน้าจอสมาาร์ทโฟน ในกรณีที่แอปพลิเคชันระบุตำแหน่งไม่สามารถระบุตำแหน่งปัจจุบันของรถบัส ม.อ. ได้ ทำให้พนักงานขับรถสามารถทราบได้ทันทีว่าอุปกรณ์ดังกล่าวหยุดการทำงานแล้ว



รูปที่ 4-5 หน้าจอการบันทึกตำแหน่งรถบัส ม.อ. จากสมาร์ตโฟน

ในส่วนของแอปพลิเคชันแจ้งตำแหน่งรถบัส ม.อ. ระบบ PSU BISy จะค้นหาตำแหน่งล่าสุดของรถบัส ม.อ. จากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย แล้วแสดงบนหน้าจอของสมาร์ตโฟนให้ผู้ใช้บริการได้ทราบ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันของรถบัส ม.อ. จากแอปพลิเคชันแจ้งตำแหน่งรถ โดยขณะทำการตรวจสอบได้ทำการยื่นรอ ณ ป้ายหยุดรถจริง จากการทดสอบ พบว่า แอปพลิเคชันสามารถระบุตำแหน่งปัจจุบันของรถบัส ม.อ. ได้ดี โดยพิจารณาจากผลของค่าความคลื่อนเคลื่อนเฉลี่ยในหัวข้อที่ 4.1 ซึ่งอยู่ที่ 13.75 เมตร ถือว่าอยู่ในระยะทางที่สามารถมองเห็นรถบัส ม.อ. ได้ในระดับสายตา



รูปที่ 4-6 หน้าจอแสดงตำแหน่งรถบัส ม.อ. บนสมาร์ตโฟน

4.3 ประสิทธิภาพโดยรวมของการระบุตำแหน่งด้วยระบบ PSU BISy

ด้านความเสถียรของระบบ ผู้วิจัยได้นำระบบ PSU BISy ไปติดตั้งไว้บนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่เป็นระบบกลุ่มเมฆ (Cloud Server) จึงทำให้มีความเป็นไปได้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจะหยุดทำงาน และสมาร์ตโฟนที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลได้ใช้บริการอินเทอร์เน็ต 3G ในการบันทึกข้อมูล ซึ่งถือเป็นอินเทอร์เน็ตที่มีความเสถียรในปัจจุบัน ส่งผลให้ข้อมูลที่ได้รับความต่อเนื่องไม่ขาดหาย ในส่วนของการใช้พลังงานของสมาร์ตโฟน ผู้วิจัยได้ตั้งค่าอุปกรณ์ในการระบุตำแหน่ง จากสมาร์ตโฟนยี่ห้อ ASUS Phonepad 7 (ASUSTeK Computer Inc., 2013) ที่มีค่าความจุของแบตเตอรี่อยู่ที่ 3,950 mAh โดยตั้งค่า 2 รูปแบบ คือ 1) เปิดใช้งานเฉพาะ GPS และ 3G จากคู่มือการใช้งานระบุว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้ต่อเนื่องประมาณ 10 ชั่วโมง และ 2) เปิดการทำงานแบบเต็มประสิทธิภาพ โดยเปิดการทำงานหลายแอปพลิเคชันและเปิดความสว่างของหน้าจออุปกรณ์ให้มีค่ามากที่สุด จากรายงานของผู้ใช้งานบนอินเทอร์เน็ตระบุว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นผู้วิจัยได้หาค่าเฉลี่ยการให้บริการของรถบัส ม.อ. พบว่า ในหนึ่งรอบจะใช้เวลาการให้บริการประมาณ 10 นาที ดังนั้น ในการบันทึกตำแหน่งรถบัส ม.อ. หากตั้งค่าอุปกรณ์ให้ใช้งานเฉพาะ GPS และ 3G อัตราการลดลงของแบตเตอรี่จะอยู่ที่ร้อยละ 1.66 และการตั้งค่าให้อุปกรณ์ใช้ทำงานเต็มประสิทธิภาพ อัตราการลดลงของแบตเตอรี่จะอยู่ที่ร้อยละ 3.33 หากมีการติดตั้งระบบจ่ายไฟจากตัวรถบัส ม.อ. ให้กับสมาร์ตโฟนที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง จะทำให้ระบบสามารถทำงานได้ตลอดระยะเวลาการให้บริการของรถบัส ม.อ.

บทที่ 5

ผลการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

ในบทนี้ผู้วิจัยได้กล่าวถึงผลการสำรวจเส้นทาง ป้ายหยุดรถ และเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ในแต่ละป้ายหยุดรถจากการให้บริการจริง ผลการเปรียบเทียบการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากแบบจำลองทั้ง 3 แบบ ผลการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แบบปรับตัวได้ และผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น โดยผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ มีรายละเอียด ดังนี้

5.1 ผลการศึกษาป้ายหยุดรถบัส ม.อ.

ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจข้อมูลป้ายหยุดรถบัส ม.อ. จากการให้บริการจริง โดยพบว่ารถบัส ม.อ. ไม่ได้ให้บริการตามเส้นทางและป้ายหยุดรถที่ได้ระบุไว้ทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกป้ายหยุดรถบัส ม.อ. ใหม่ โดยพิจารณาจากตำแหน่งที่มีผู้ใช้บริการขึ้น-ลงบ่อยครั้ง ซึ่งมีทั้งหมด 12 จุด ดังแสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ป้ายหยุดรถของการให้บริการรถบัส ม.อ. ที่มีผู้ขึ้นลงบ่อยครั้ง

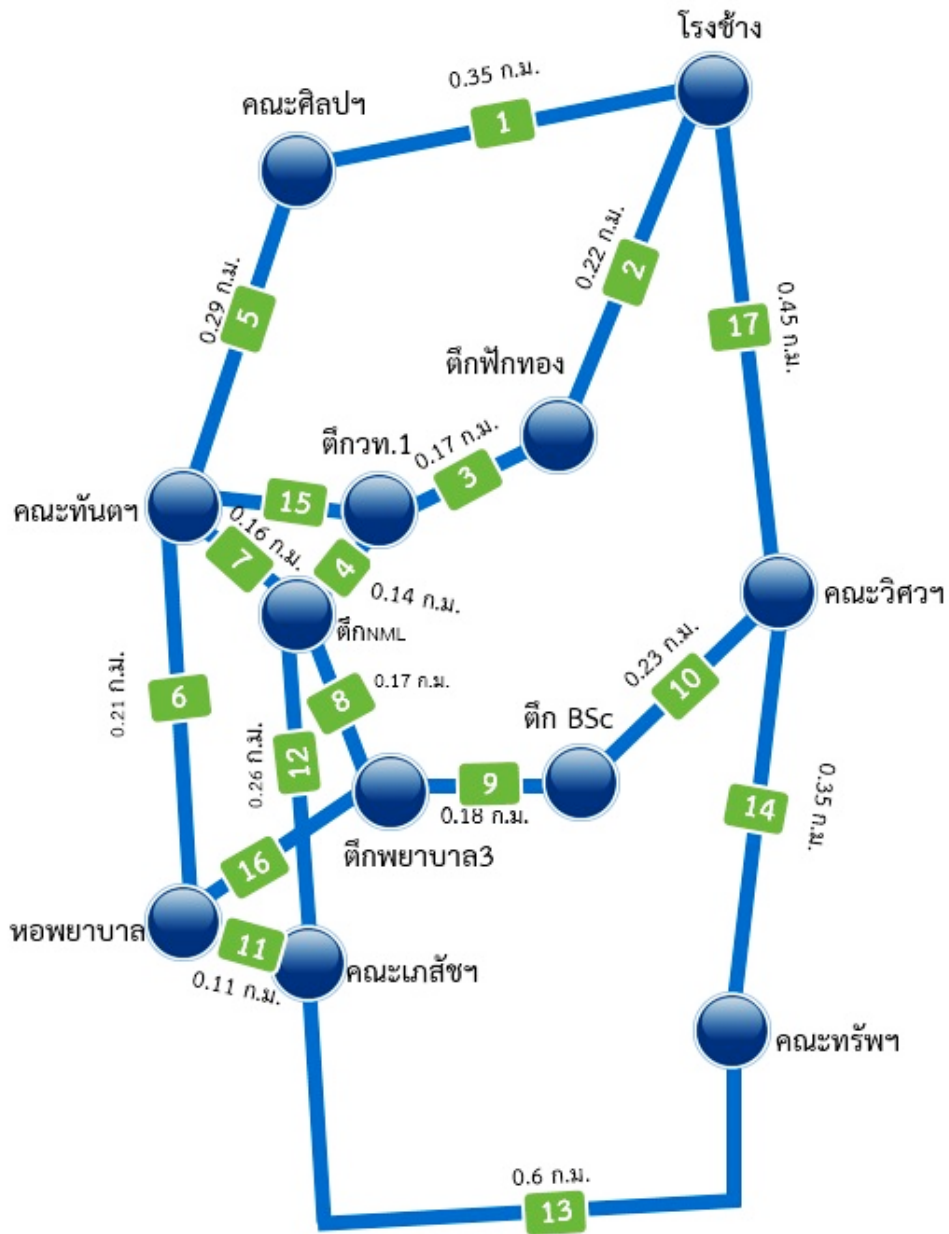
ลำดับ	ป้ายหยุดรถ
1	ศูนย์อาหาร (โรงช้าง)
2	คณะศิลปศาสตร์
3	ตึกฟักทอง
4	ตึกวท. 1
5	ตึก NML
6	คณะทันตแพทยศาสตร์
7	คณะเภสัชศาสตร์
8	หอพักพยาบาล
9	ตึกพยาบาล 3
10	ตึก BSc
11	คณะทรัพยากรธรรมชาติ
12	คณะวิศวกรรมศาสตร์

จากการสำรวจเส้นทางและระยะทางการให้บริการรถบัส ม.อ. ในแต่ละป้ายหยุดรถของผู้วิจัย พบว่า มีช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง (Section) ที่เชื่อมต่อกันทั้งหมด 17 ช่วง ดังแสดงในตารางที่ 5-2 โดยผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษในแต่ละช่วงตั้งแต่ A ถึง Q เพื่อเพิ่มความสะดวกในการประมวลผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวไปสร้างเส้นทางให้บริการรถบัส ม.อ. ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 5-1

ตารางที่ 5-2 จุดเชื่อมต่อระหว่างป้ายหยุดรถของรถบัส ม.อ.

ลำดับ	ช่วง	จุดต้นทาง-ปลายทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	A	ศูนย์อาหาร (โรงช้าง)-คณะศิลปศาสตร์	0.35
2	B	ศูนย์อาหาร (โรงช้าง)-ตึกฟักทอง	0.22
3	C	ตึกฟักทอง-ตึกวท.1	0.17
4	D	ตึกวท.1-ตึก NML	0.14
5	E	คณะศิลปศาสตร์-คณะทันตแพทยศาสตร์	0.29
6	F	คณะทันตแพทยศาสตร์-หอพักพยาบาล	0.35
7	G	คณะทันตแพทยศาสตร์-ตึก NML	0.16
8	H	ตึก NML-ตึกพยาบาล 3	0.17
9	I	ตึกพยาบาล 3-ตึก BSc	0.18
10	J	ตึก BSc-คณะวิศวกรรมศาสตร์	0.23
11	K	หอพักพยาบาล-คณะเภสัชศาสตร์	0.11
12	L	ตึก NML-คณะเภสัชศาสตร์	0.26
13	M	คณะเภสัชศาสตร์-คณะทรัพยากรฯ	0.60
14	N	คณะทรัพยากรฯ-คณะวิศวกรรมศาสตร์	0.35
15	O	ตึกวท.1-คณะทันตแพทยศาสตร์	0.15
16	P	หอพักพยาบาล-ตึกพยาบาล 3	0.23
17	Q	คณะวิศวกรรมศาสตร์-ศูนย์อาหาร (โรงช้าง)	0.45

จากรูปที่ 5-1 แสดงให้เห็นถึงเส้นทางให้บริการของรถบัส ม.อ. โดยมีจุดต้นเริ่มต้นการให้บริการที่ศูนย์อาหาร (โรงช้าง) เมื่อออกจากจุดให้บริการจะแยกเป็น 2 เส้นทาง คือ ไปยังคณะศิลปศาสตร์และตึกฟักทอง และจะพบจุดแยกเส้นทางอีกทั้งหมด 4 จุด คือ 1) ตึกวท.1 2) คณะทันตแพทยศาสตร์ 3) หอพักพยาบาล และ 4) ตึก NML หลังจากนั้นจะให้บริการกลับมารวมกันเป็น 2 เส้นทางและบรรจบกันที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ วนกลับมายังศูนย์อาหาร (โรงช้าง) ซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดการให้บริการในหนึ่งรอบ

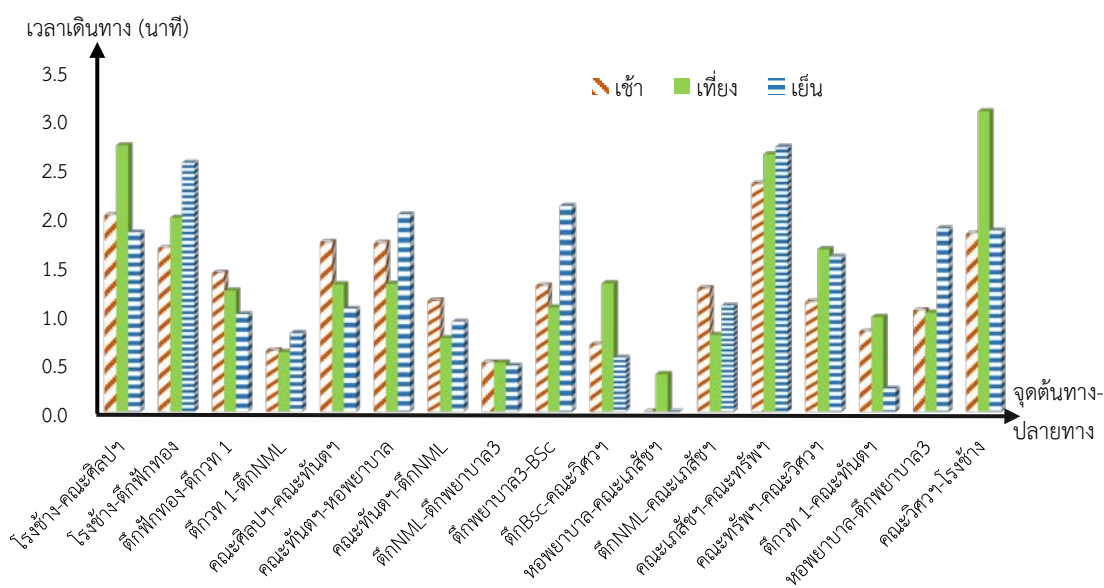


รูปที่ 5-1 จุดต้นทาง-ปลายทางในแต่ละช่วงของการให้บริการรถบัส ม.อ.

เมื่อกำหนดจุดต้นทาง-ปลายทางเสร็จสิ้นแล้ว ลำดับต่อไปผู้วิจัยได้ทำการบันทึกข้อมูลเวลาการเดินทางแยกตามจุดต้นทาง-ปลายทางที่ได้กำหนดไว้ โดยผลการบันทึกข้อมูลได้อธิบายไว้ในหัวข้อถัดไป

5.2 ผลการบันทึกข้อมูลเวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

จากการบันทึกข้อมูลตำแหน่งและเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ด้วยแอปพลิเคชันระบุตำแหน่ง ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลโดยเริ่มตั้งแต่รถบัส ม.อ. ให้บริการรอบแรกเวลา 07:30 น. จนถึงรอบสุดท้ายเวลา 17:30 น. โดยเก็บข้อมูลเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (วันจันทร์ พุธ และศุกร์) แบ่งช่วงเวลาในแต่ละวันเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเวลาเช้า (07:30 น. ถึง 09:30 น.) ช่วงเวลาเที่ยง (11:30 น. ถึง 13:30 น.) และ ช่วงเวลาเย็น (15:30 น. ถึง 17:30 น.)



รูปที่ 5-2 เวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ. ในแต่ละจุดต้นทาง-ปลายทาง (3 ช่วงเวลา)

จากรูปที่ 5-2 เป็นการนำข้อมูลเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. เมื่อวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2559 โดยแสดงเวลามาถึงเฉลี่ยของรถทั้ง 3 ช่วง แบ่งตามจุดต้นทาง-ปลายทาง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าในช่วงเวลาเช้ารถบัส ม.อ. ใช้เวลาในการเดินทางมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ จุดต้นทางคณะเภสัชศาสตร์ไปยังจุดปลายทางคณะทรัพยากรธรรมชาติ โดยใช้เวลาเดินทางประมาณ 2.5 นาที อันดับที่ 2 คือ จุดต้นทางศูนย์อาหาร (โรงช่าง) ไปยังจุดปลายทางคณะศิลปศาสตร์ โดยใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 2 นาที และอันดับที่ 3 คือ จุดต้นทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ไปยังจุดปลายทางศูนย์อาหาร (โรงช่าง) ใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 1.8 นาที

ในช่วงเวลาเที่ยงรถบัส ม.อ. ใช้เวลาในการเดินทางมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ จุดต้นทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ไปยังจุดปลายทางศูนย์อาหาร (โรงช่าง) ใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 3 นาที อันดับที่ 2 คือจุดต้นทางศูนย์อาหาร (โรงช่าง) ไปยังคณะศิลปศาสตร์ ใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 2.7 นาที และ อันดับที่ 3 คือ จุดต้นทางคณะเภสัชศาสตร์ไปยังคณะทรัพยากรธรรมชาติ ใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 2.7 นาที

ในช่วงเวลาเย็นรถบัส ม.อ. ใช้เวลาในการเดินทางมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ จุดต้นทางคณะเภสัชศาสตร์ไปยังคณะทรัพยากรธรรมชาติ ใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 2.7 นาที อันดับ ที่ 2 คือ จุดต้นทางศูนย์อาหาร (โรงช้าง) ไปยังจุดปลายทางตึกฟักทองใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 2.5 นาที และอันดับที่ 3 คือจุดต้นทางตึกพยาบาลไปยังจุดปลายทางตึก BSc ใช้เวลาในการเดินทาง ประมาณ 2.1 นาที

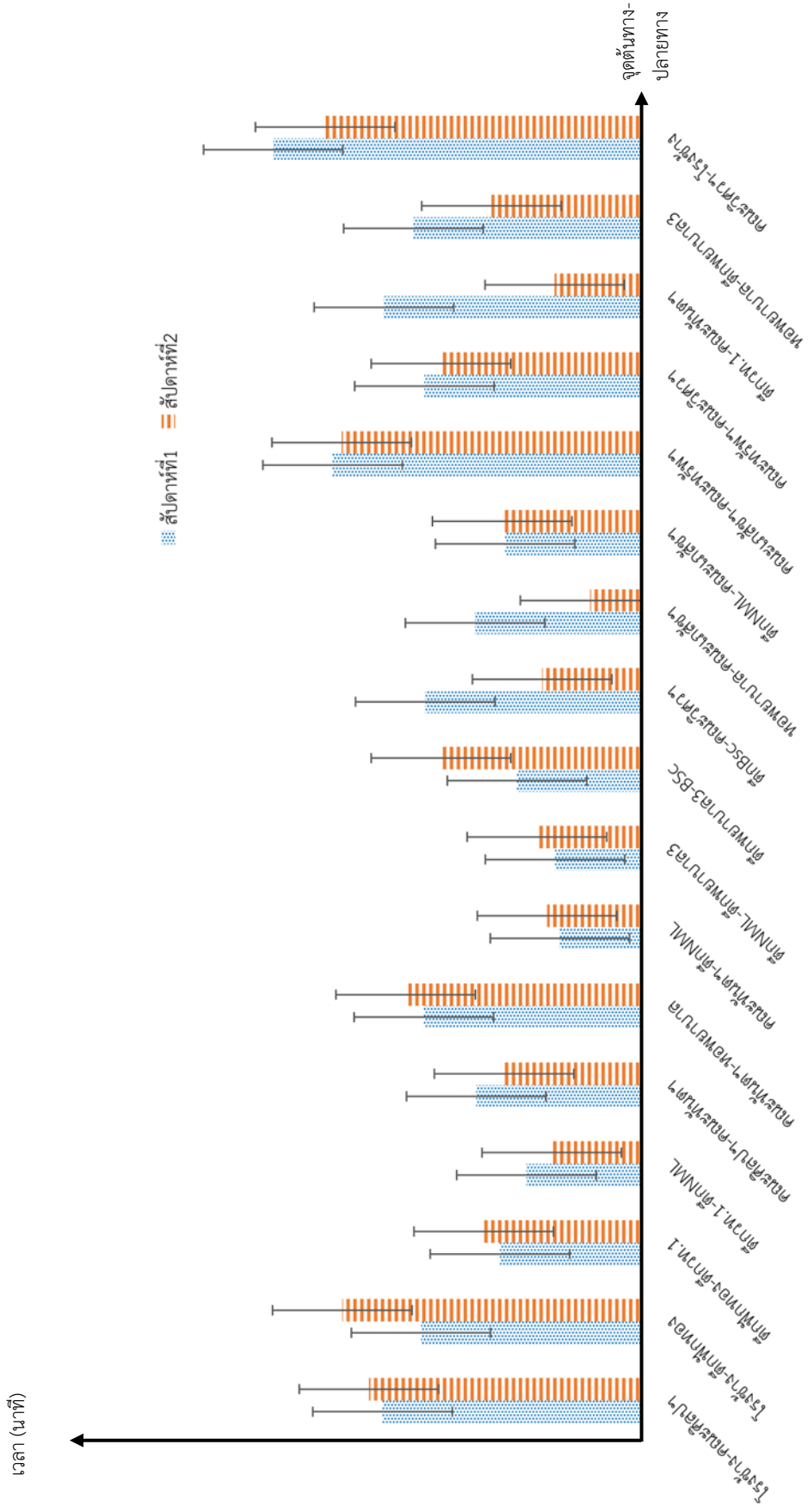
ผู้วิจัยได้นำข้อมูลเวลาการเดินทางของรถบัส ม.อ. ที่ได้บันทึกทั้ง 2 สัปดาห์มา วิเคราะห์ โดยแบ่งข้อมูลตามวันจันทร์ พุธ และศุกร์ ดังแสดงในรูปที่ 5-3 ถึงรูปที่ 5-5 ได้กำหนดค่า ความคลาดเคลื่อนของเวลาในแถบค่าคลาดเคลื่อน (Error Bars) ไว้ที่ 30 วินาที เพื่อตรวจสอบว่าเวลา การเดินทางของรถบัส ม.อ. ในแต่ละสัปดาห์มีค่าความคลาดเกิน 30 วินาทีหรือไม่ ซึ่งผลของการสรุป ข้อมูลสามารถอธิบายรายละเอียดได้ ดังนี้

1) วันจันทร์เวลาการเดินทางของรถบัส ม.อ. แต่ละช่วงของจุดต้นทาง- ปลายทางมีระยะเวลาการเดินทางใกล้เคียงกันในช่วง โดยในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 มีเวลาการ เดินทางเกินช่วงของค่าความคลาดเคลื่อน 30 วินาที ทั้งหมด 5 ช่วง คือ 1) ศูนย์อาหาร (โรงช้าง) ไป ยัง ตึกฟักทอง 2) ตึกพยาบาล 3 ไปยัง ตึก BSc 3) ตึก BSc ไปยัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ 4) หอพัก พยาบาล ไปยัง คณะเภสัชศาสตร์ 5) ตึกวท.1 ไปยัง คณะทันตแพทยศาสตร์

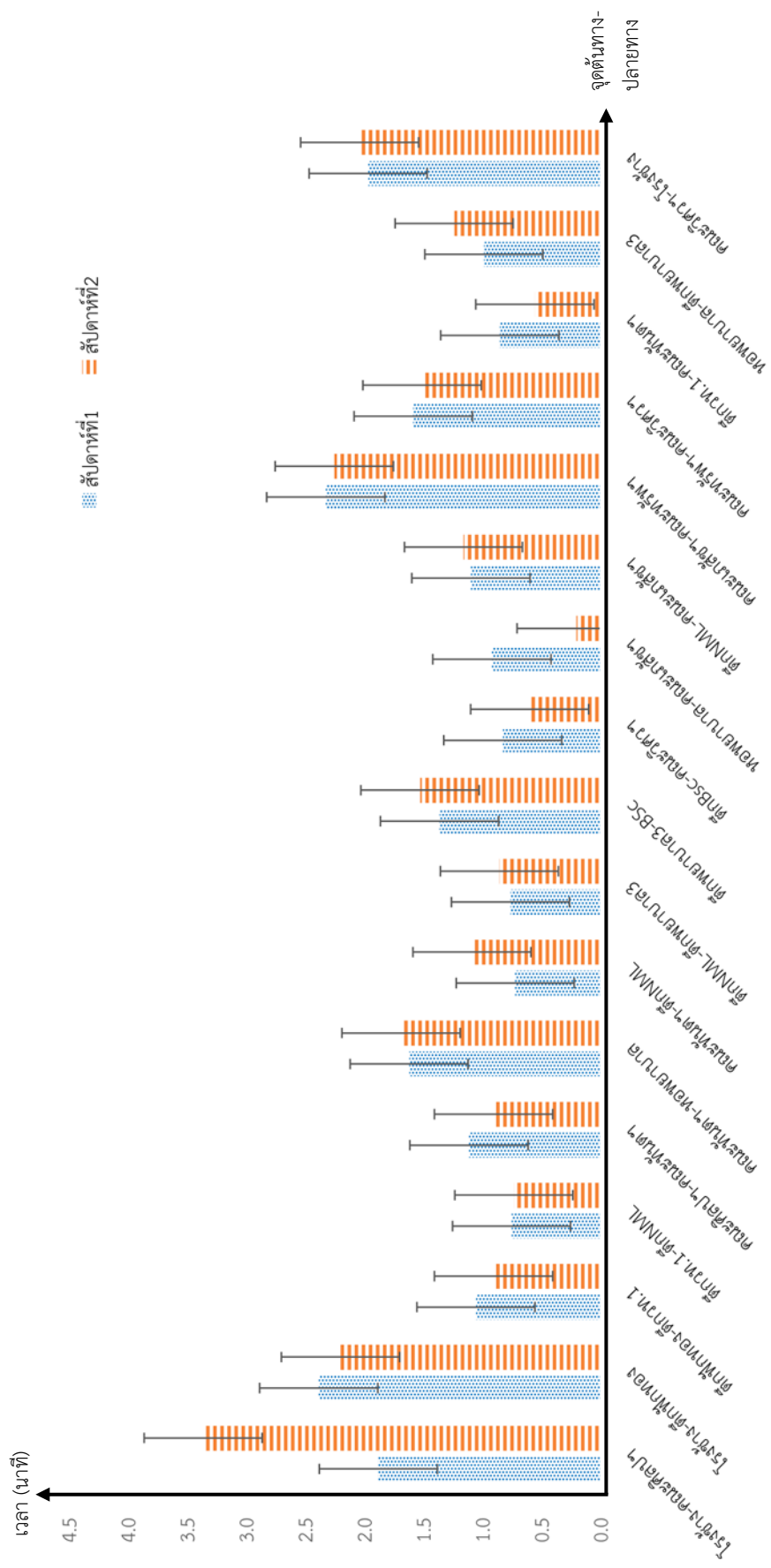
2) วันพุธมีระยะเวลาการเดินทางที่เกินค่าความคลาดเคลื่อน 30 วินาที ทั้งหมด 2 ช่วง คือ ศูนย์อาหาร (โรงช้าง) ไปยังคณะศิลปศาสตร์ และหอพักพยาบาล ไปยังคณะเภสัช- ศาสตร์

3) วันศุกร์มีระยะเวลาการเดินทางที่เกินค่าความคลาดเคลื่อน 30 วินาที ทั้งหมด 2 ช่วง คือ ศูนย์อาหาร (โรงช้าง) ไปยังคณะศิลปศาสตร์ และหอพักพยาบาลไปยังคณะเภสัช- ศาสตร์

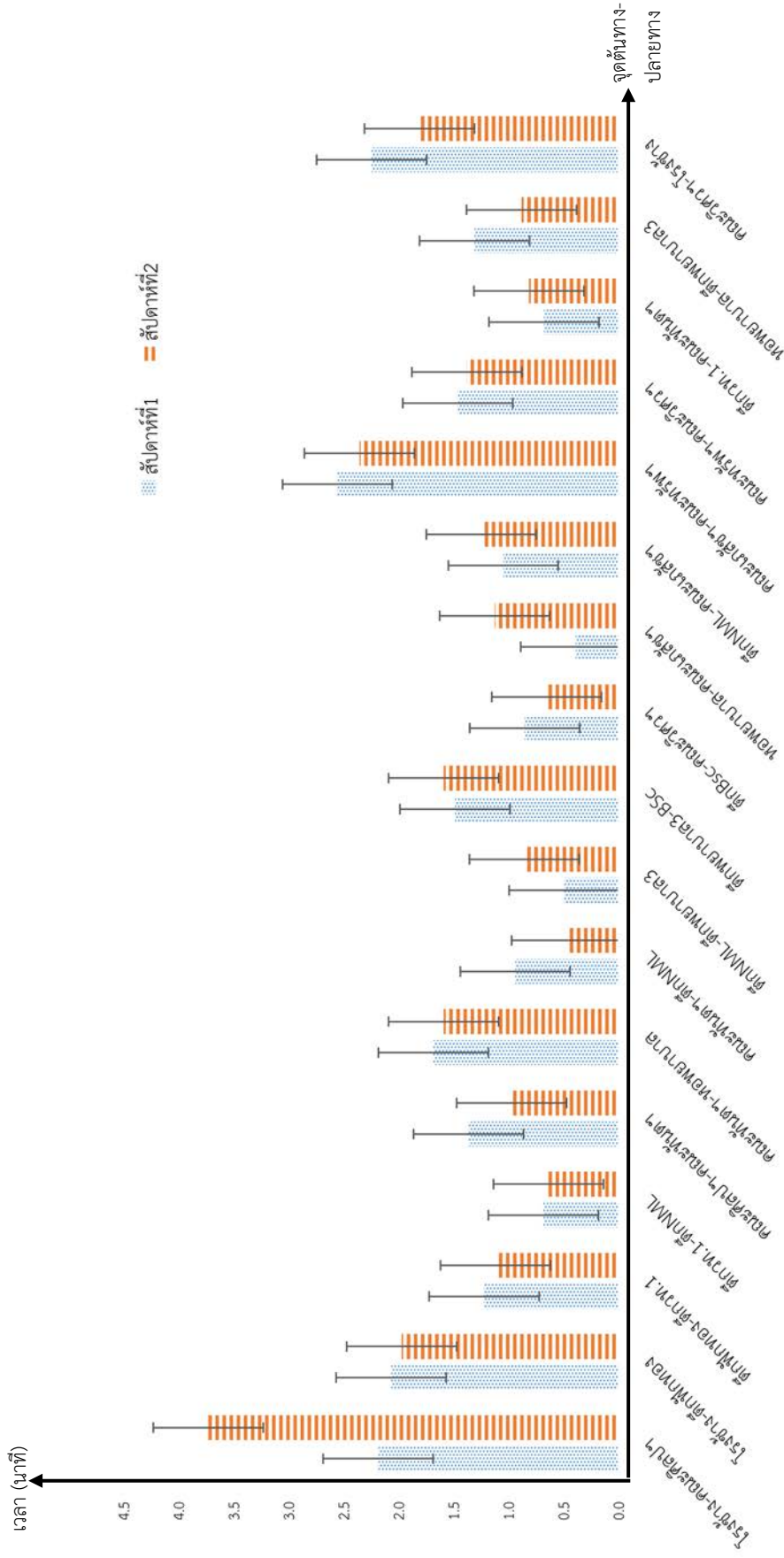
จากการสังเกตของผู้วิจัย พบว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดเวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ. เป็นเวลานานนั้น มีด้วยกัน 2 ปัจจัยหลัก คือ จำนวนผู้โดยสารขึ้น-ลงรถ และระยะทางระหว่างจุดต้น ทางไปยังจุดปลายทาง โดยศูนย์อาหาร (โรงช้าง) เป็นจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดการให้บริการรถบัส ม.อ. ซึ่ง เป็นจุดที่มีจำนวนผู้ใช้บริการมากที่สุด ส่งผลให้จุดต้นทาง-ปลายทางที่เชื่อมต่อระหว่างศูนย์อาหาร (โรงช้าง) มีเวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ. นานกว่าจุดอื่น ในส่วนของระยะทางของจุดต้นทาง- ปลายทางที่ไกลที่สุดคือจุดต้นทางคณะเภสัชศาสตร์ไปยังคณะทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับ เวลาการเดินทางที่มากที่สุดของช่วงดังกล่าว นอกจากนี้ ปริมาณจราจรภายในมหาวิทยาลัยอาจเป็น สาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระยะเวลาการเดินทางของรถบัส ม.อ. มีความคลาดเคลื่อน สังเกตได้จากในวัน จันทร์จะเป็นวันที่มีผู้เข้ามาติดต่อราชการภายในมหาวิทยาลัยเป็นจำนวนมาก ระยะเวลาในการ เดินทางของรถบัส ม.อ. จึงมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิน 30 วินาที ในหลายจุดต้นทาง-ปลายทาง



รูปที่ 5-3 เวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ. แต่ละจุดต้นทาง-ปลายทางในวันจันทร์



รูปที่ 5-4 เวลาในการเดินทางของรถบัส ม.อ. แต่ละจุดต้นทาง-ปลายทางในวันพุธ

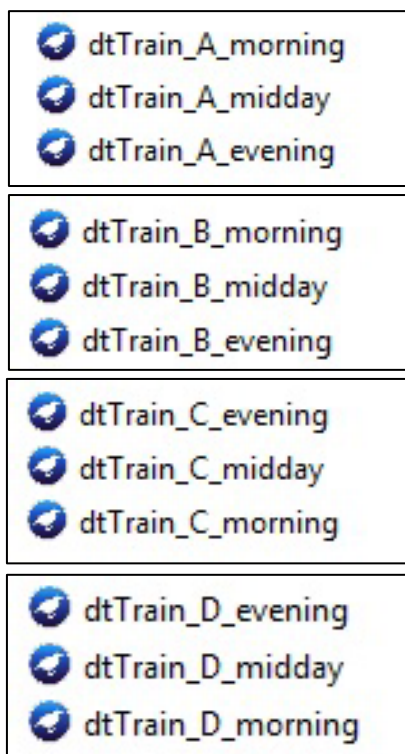


รูปที่ 5-5 เวลาในการเดินทางของรถบีดี ม.อ. แต่ละจุดต้นทาง-ปลายทางในวันศุกร์

5.3 ผลการเตรียมข้อมูลก่อนนำไปเปรียบเทียบในแบบจำลอง

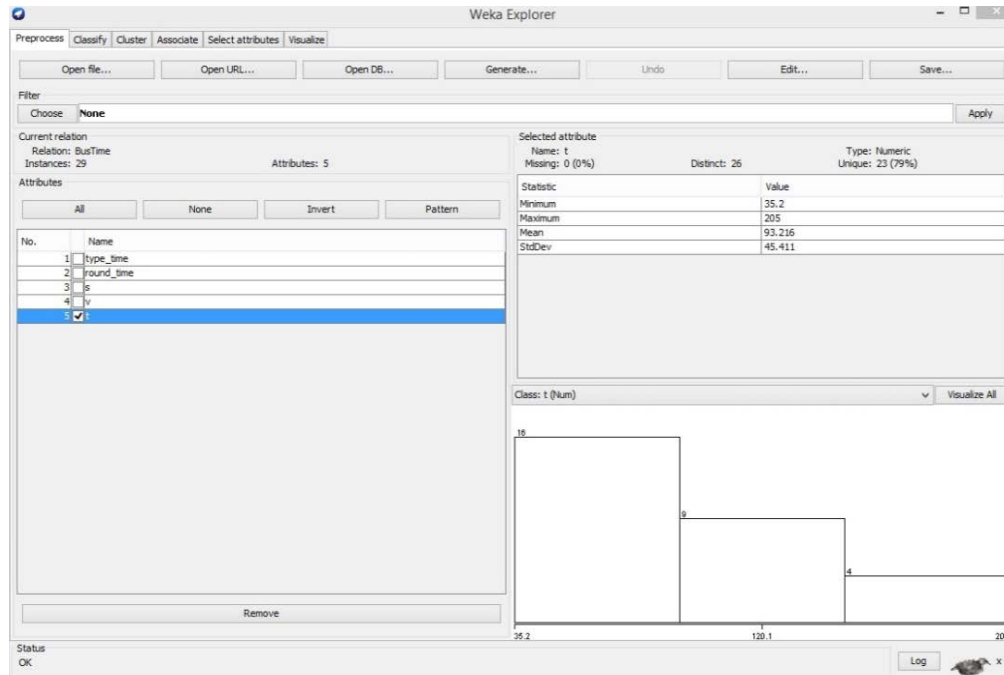
ก่อนการประมวลผลในแต่ละแบบจำลอง ผู้วิจัยได้จัดเรียงข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลของแบบจำลอง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบคำนวณเวลาการเดินทางในแต่ละช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง เมื่อระบบคำนวณข้อมูลเสร็จสิ้นแล้วจะทำการสร้างไฟล์นามสกุล arff แยกตามสัญลักษณ์ของจุดต้นทาง-ปลายทาง และแยกตามช่วงเวลา ดังแสดงในรูปที่ 5-6 ในกรณีที่ มีการเพิ่มเส้นทาง การให้บริการของรถบัส ม.อ. ขึ้นมาใหม่ ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มจุดต้นทาง-ปลายทางต่อจากข้อมูลเดิมได้ทันที หลังจากนั้นระบบจะสร้างไฟล์ข้อมูลของจุดต้นทาง-ปลายทางขึ้นมาใหม่ แล้วนำข้อมูลในไฟล์ ไปประมวลผลเพื่อคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ต่อไป



รูปที่ 5-6 ตัวอย่างไฟล์ .arff

2) นำข้อมูลเข้าสู่ซอฟต์แวร์ Weka จากรูปที่ 5-7 เป็นตัวอย่างหน้าจอในส่วน ของ Weka Explorer หลังจากที่ได้นำเข้าข้อมูลเสร็จสิ้นแล้ว โดยผู้วิจัยได้เลือกข้อมูลการให้บริการ ของรถบัส ม.อ. ระหว่างจุดต้นทางศูนย์อาหาร (โรงช้าง) ไปยังจุดปลายทางคณะศิลปศาสตร์มาใช้ในการทดสอบ เมื่อนำเข้าข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ซอฟต์แวร์ Weka จะแสดงรายละเอียดของข้อมูล ต่างๆ เช่น จำนวนตัวแปร จำนวนข้อมูล และช่วงชั้นของข้อมูล เป็นต้น



รูปที่ 5-7 หน้าจอ Weka Explorer ในซอฟต์แวร์ Weka

หลังจากการเตรียมข้อมูลเสร็จสิ้นแล้ว ลำดับต่อไปผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่การประมวลผลในแต่ละแบบจำลอง แล้วเปรียบเทียบความแม่นยำในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. โดยผลการประมวลผลได้อธิบายไว้ในหัวข้อถัดไป

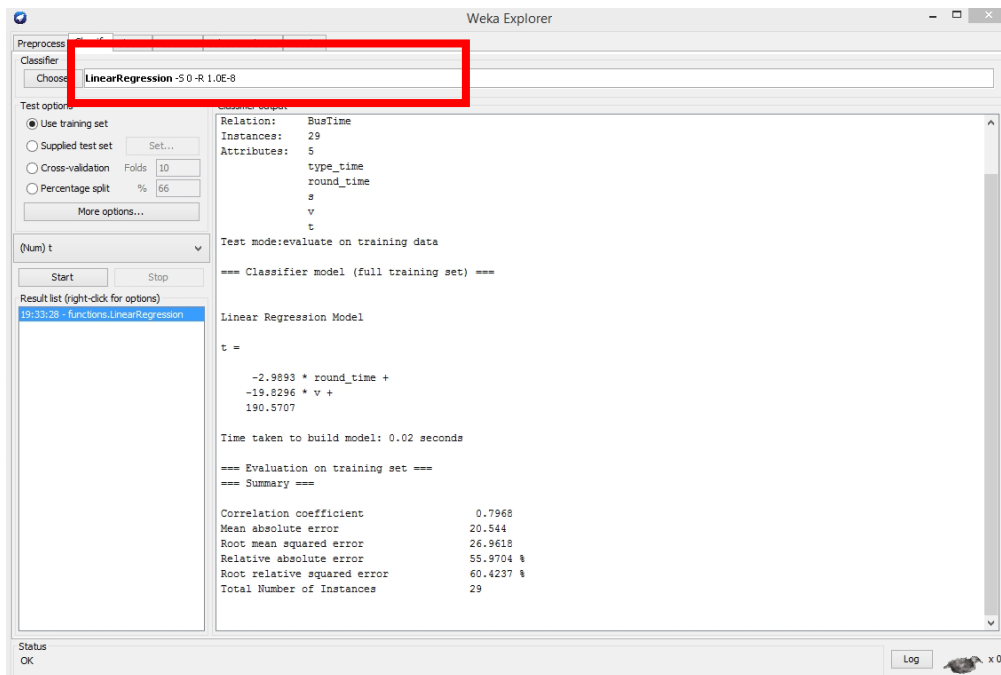
5.4 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากแบบจำลองทั้ง 3 แบบ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 2) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และ 3) โครงข่ายประสาทเทียม โดยได้นำตัวอย่างข้อมูลการให้บริการรถบัส ม.อ. ในวันที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ. 2558 ที่ถูกแบ่งออกตามช่วงจุดต้นทาง-ปลายทาง ทั้งหมด 17 ช่วง มาใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณ แล้วเปรียบเทียบหาผลของค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ซึ่งมีหน่วยเป็นชนิดเดียวกับข้อมูลที่ได้ทำการทดสอบ โดยขั้นตอนการประมวลผลและผลการทดสอบในแต่ละแบบจำลองสามารถอธิบายได้ ดังนี้

5.4.1 แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

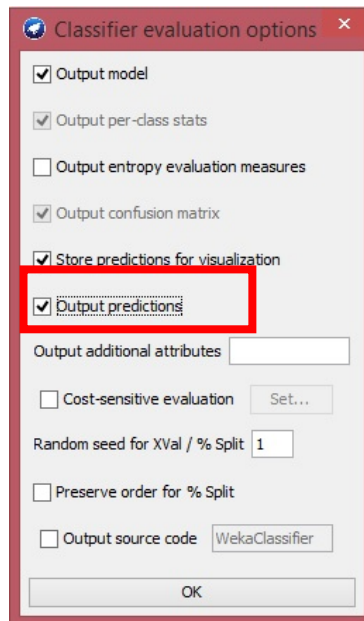
การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น หรือ Linear Regression มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยใช้ตัวแปรอิสระมาคำนวณและสร้างสมการเชิงเส้นเพื่อคาดการณ์ข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตให้มีความใกล้เคียงกับตัวแปรตาม โดยผู้วิจัยได้นำทฤษฎีดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้กับซอฟต์แวร์ Weka มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมข้อมูล มาคาดการณ์ด้วยแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ซึ่งเครื่องมือของแบบจำลองดังกล่าวในซอฟต์แวร์ Weka จะอยู่ที่แท็บ Classify ในเมนูชื่อ “Linear Regression” หลังจากนั้นทำการเลือกรูปแบบการทดสอบ (Test Options) เป็น Use Training Set ดังแสดงในรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-8 แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นในซอฟต์แวร์ Weka

2) หลังจากที่ผู้วิจัยทำการกดปุ่มเริ่มการประมวลผล (Start) แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นในซอฟต์แวร์ Weka จะคำนวณและสร้างสมการในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. (t) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ซอฟต์แวร์จะนำค่าดังกล่าวมาวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์และค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลจากการคาดการณ์และข้อมูลจริง โดยผู้วิจัยได้เลือกคำสั่ง More Option ในซอฟต์แวร์ Weka แล้วเลือกให้ซอฟต์แวร์คาดการณ์ผลลัพธ์จากการคาดการณ์ (Output Predictions) ดังแสดงในรูปที่ 5-9



รูปที่ 5-9 การตั้งค่าให้ซอฟต์แวร์ Weka แสดงผลการคาดการณ์ข้อมูล

3) ซอฟต์แวร์ Weka ทำการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ดังแสดงในรูปที่ 5-10 ซึ่งเป็นตัวอย่างผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ช่วงจุดต้นทางศูนย์อาหาร (โรงช้าง) ไปยังจุดปลายทางคณะศิลปศาสตร์ มีข้อมูลที่เกิดจากการคาดการณ์ทั้งหมด 10 แถว (Insta#) ตามลำดับ โดยแสดงผลทั้งหมดด้วยกัน 3 ค่า คือ 1) เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ที่เกิดขึ้นจริง (Actual) 2) เวลามาถึงจากการคาดการณ์โดยแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Predicted) และ 3) ผลต่างระหว่างข้อมูลเวลามาถึงที่เกิดขึ้นจริงและเวลามาถึงที่เกิดจากการคาดการณ์ (Error)

```

=== Predictions on training set ===

inst#,      actual, predicted, error
  1      149.77      129.481   -20.289
  2       43.53       70.374    26.844
  3       97.52       87.809    -9.711
  4       54.24      105.244    51.004
  5       35.2        28.29     -6.91
  6       67.13      131.389    64.259
  7       36.91       45.711     8.801
  8       61.81       80.794    18.984
  9       67.61       26.843   -40.767
 10       67.6        97.422    29.822

```

รูปที่ 5-10 ผลการคาดการณ์จากแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

4) ผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ทั้งหมด 17 ช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง ตามที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 5.1 โดยพิจารณาข้อมูลจากการประมวลผลมาใช้ในการเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดทั้งหมด 2 ชนิด คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ผลของค่าความคลาดเคลื่อนจากการคาดการณ์ของแบบจำลองดังกล่าวแสดงในตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 ค่าความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

จุดต้นทาง-ปลายทาง	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย	ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง
โรงช้าง-คณะศิลปศาสตร์	20.3386	26.8067
โรงช้าง-ตึกฟักทอง	27.0448	31.5874
ตึกฟักทอง-ตึกวท. 1	22.2057	32.2923
ตึกวท. 1-ตึก NML	9.9130	14.7926
คณะศิลปศาสตร์-คณะทันตฯ	34.9089	39.9899
คณะทันตฯ-หอพักพยาบาล	22.9371	29.2059
คณะทันตฯ-ตึก NML	6.5000	6.5000
ตึก NML-ตึกพยาบาล 3	4.2459	4.7383
ตึกพยาบาล 3-ตึก BSc	5.9233	8.2801
ตึก BSc-คณะวิศวกรรมฯ	7.1369	11.4250
หอพักพยาบาล-คณะเภสัชฯ	23.2952	33.0868
ตึก NML-คณะเภสัชฯ	20.5339	30.8783
คณะเภสัชฯ-คณะทรัพยากรฯ	25.7226	33.0580
คณะทรัพยากรฯ-คณะวิศวกรรมฯ	20.5987	30.9006
ตึกวท. 1-คณะทันตฯ	23.7778	29.3788
หอพักพยาบาล-ตึกพยาบาล 3	18.2741	20.3716
คณะวิศวกรรมฯ-โรงช้าง	16.7813	23.9158
เฉลี่ย	18.2434	23.9534

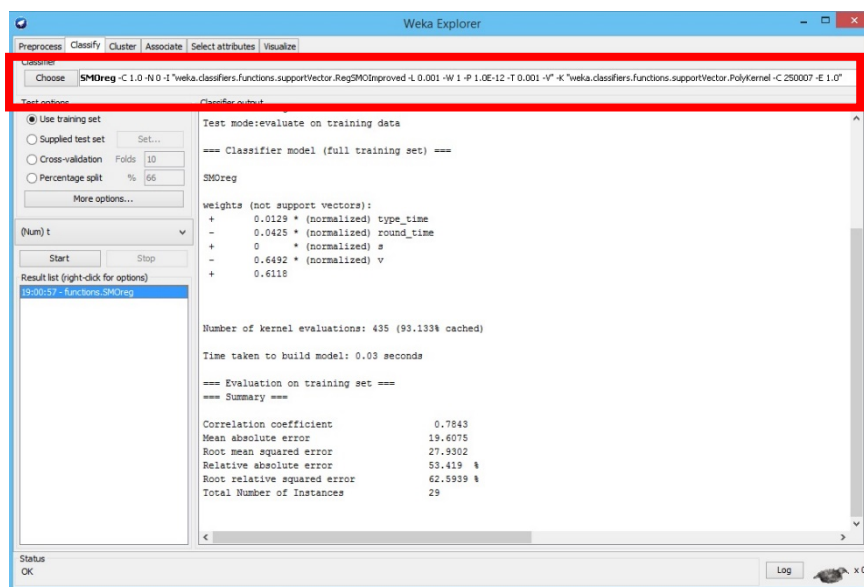
จากผลการประมวลผลของแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นในทุกช่วงของการให้บริการรถบัส ม.อ. สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองดังกล่าวให้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยทั้งหมด เท่ากับ 18.2434 ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เท่ากับ 23.9534 โดยผู้วิจัยได้นำค่าทั้งสองไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองอีกสองแบบที่เหลือ คือ แบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน และโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ต่อไป

5.4.2 แบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน

แบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน หรือ Support Vector Machine มีพื้นฐานการคาดการณ์ข้อมูลจากการนำทฤษฎีสมการเส้นตรง มาสร้างสมการที่มีระยะห่างของข้อมูลในแต่ละชุดมากที่สุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกแยะและนำไปคาดการณ์ข้อมูลให้มีความแม่นยำมากขึ้น ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้กับซอฟต์แวร์ Weka มีขั้นตอน ดังนี้

1) เตรียมข้อมูลก่อนเข้าสู่กระบวนการทดสอบ โดยใช้ข้อมูลนำเข้า (ไฟล์ arff) ซึ่งข้อมูลที่ใช้ทดสอบเป็นข้อมูลชุดเดียวกันกับแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

2) นำข้อมูลข้างต้น มาคาดการณ์ด้วยแบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน โดยใช้เมนูชื่อ “SMO Reg” หลังจากนั้นเลือกรูปแบบการทดสอบ (Test Options) เป็น Use Training Set ดังตัวอย่างรูปที่ 5-11 โดยผู้วิจัยนำข้อมูลเข้าสู่ซอฟต์แวร์ Weka ระหว่างจุดต้นทางศูนย์อาหาร (โรงช้าง) ไปยังจุดปลายทางคณะศิลปศาสตร์มาใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 5-11 แบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนในซอฟต์แวร์ Weka

3) หลังจากที่ถูกผู้วิจัยทำการกดปุ่มเริ่มการคำนวณ แบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนจะคำนวณและสร้างสมการในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. (t) ซอฟต์แวร์ Weka ได้ทำการสร้างสมการเพื่อคาดการณ์เวลามาถึงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต แล้วนำมาใช้ในการคำนวณร่วมกับค่าคงที่ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ซอฟต์แวร์จะนำค่าดังกล่าวมาวิเคราะห์หาค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลจากการคาดการณ์และข้อมูลจริง โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้คำสั่ง More Option ในซอฟต์แวร์ Weka แล้วเลือกให้ซอฟต์แวร์คาดการณ์ผลลัพธ์จากการคาดการณ์ (Output Predictions)

4) ซอฟต์แวร์ Weka จะคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ดังตัวอย่างในรูปแบบที่ 5-12 ซึ่งเป็นผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ระหว่างจุดต้นทางศูนย์อาหาร (โรงช้าง) ถึงจุดปลายคณะศิลปศาสตร์ มีข้อมูลที่เกิดจากการคาดการณ์ทั้งหมด 10 แถว (Insta#) ตามลำดับ โดยแสดงผลทั้งหมด 3 ค่า คือ 1) เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ที่เกิดขึ้นจริง (Actual) 2) เวลามาถึงจากการคาดการณ์โดยแบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Predicted) และ 3) ผลต่างระหว่างข้อมูลเวลามาถึงที่เกิดขึ้นจริงและเวลามาถึงที่เกิดจากการคาดการณ์ (Error)

```

=== Predictions on training set ===
inst#,      actual, predicted, error
  1      149.77      117.619    -32.151
  2       43.53       62.458     18.928
  3       97.52       79.36     -18.16
  4       54.24       98.453     44.213
  5       35.2        25.977     -9.223
  6       67.13      130.365     63.235
  7       36.91       49.426     12.516
  8       61.81       85.64      23.83
  9       67.61       35.48     -32.13
 10       67.6        103.937    36.337

```

รูปที่ 5-12 ผลการคาดการณ์จากแบบจำลองซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

5) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) นำมาเปรียบเทียบในแต่ละช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง ทั้งหมด 17 ช่วง โดยผลของค่าความคลาดเคลื่อนจากการคาดการณ์ของแบบจำลองดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 ค่าความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน

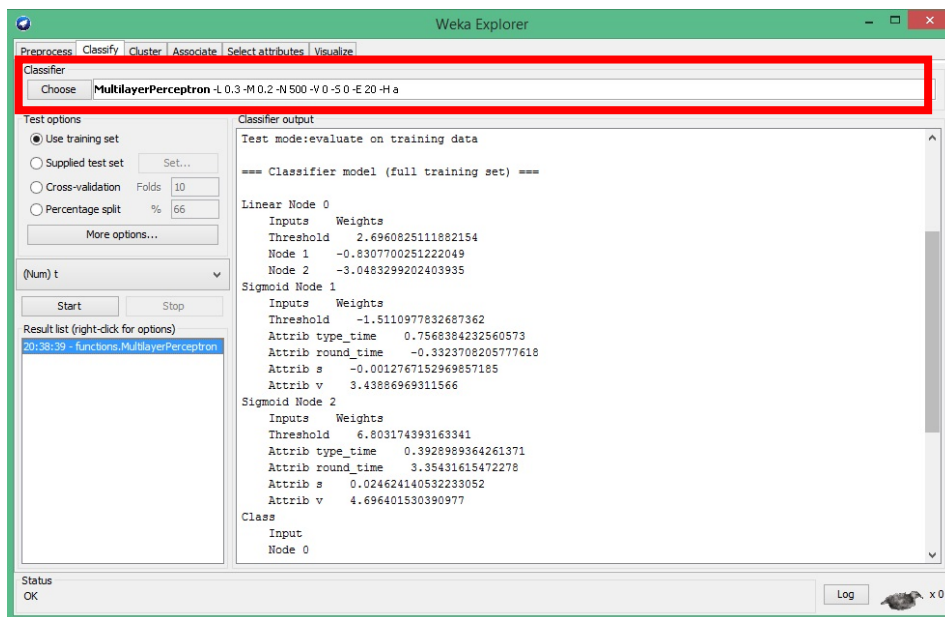
จุดต้นทาง-ปลายทาง	ค่าความคลาดเคลื่อน สัมบูรณ์เฉลี่ย	ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนกำลังสอง
โรงช้าง-คณะศิลปศาสตร์	18.643	28.5311
โรงช้าง-ตึกฟักทอง	11.3204	31.4543
ตึกฟักทอง-ตึกวท. 1	0.1537	0.1551
ตึกวท. 1-ตึก NML	0.1317	0.1417
คณะศิลปศาสตร์-คณะทันตฯ	12.5286	38.0336
คณะทันตฯ-หอพักพยาบาล	0.1333	0.1495
คณะทันตฯ-ตึก NML	0.5112	1.1262
ตึก NML-ตึกพยาบาล 3	0.1333	0.1495
ตึกพยาบาล 3-ตึก BSc	4.2178	8.6103
ตึก BSc-คณะวิศวกรรมฯ	3.4271	10.8914
หอพักพยาบาล-คณะเภสัชฯ	6.744	16.9784
ตึก NML-คณะเภสัชฯ	3.9951	12.9695
คณะเภสัชฯ-คณะทรัพยากรฯ	4.0621	10.5098
คณะทรัพยากรฯ-คณะวิศวกรรมฯ	2.0698	6.4824
ตึกวท. 1-คณะทันตฯ	5.5368	12.2892
หอพักพยาบาล-ตึกพยาบาล 3	11.6951	19.5383
คณะวิศวกรรมฯ-โรงช้าง	9.5378	26.8911
เฉลี่ย	5.5789	13.2295

จากผลการทดสอบการใช้งานแบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนในซอฟต์แวร์ Weka ในทุกช่วงของการให้บริการรถบัส ม.อ. สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองดังกล่าวให้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยทั้งหมด เท่ากับ 5.5789 และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เท่ากับ 13.2295 ซึ่งค่าทั้งสองน้อยกว่าแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้นำข้อมูลนำเข้าชุดเดียวกันไปทดสอบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยได้อธิบายขั้นตอนและผลลัพธ์จากการคาดการณ์ในหัวข้อถัดไป

5.4.3 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม หรือ Artificial Neural Network มีโครงสร้างการประมวลผลคล้ายกับระบบสมองของมนุษย์ ข้อมูลนำเข้าทั้งหมดจะถูกนำไปคำนวณในแต่ละ Node ในลักษณะของเครือข่าย ผลจากการคาดการณ์ข้อมูลจึงมีความแม่นยำสูง ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้กับซอฟต์แวร์ Weka โดยมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) เตรียมข้อมูลก่อนเข้าสู่กระบวนการทดสอบ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ทดสอบในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เป็นข้อมูลชุดเดียวกับกับแบบจำลองทั้ง 2 แบบข้างต้น
- 2) นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมข้อมูล มาคาดการณ์ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งเครื่องมือของแบบจำลองดังกล่าวในซอฟต์แวร์ Weka อยู่ที่แท็บ Classify ในเมนูชื่อ “MultilayerPerceptron” จากนั้นเลือกรูปแบบการทดสอบ (Test Options) เป็น “Use Training Set” ดังแสดงในรูปที่ 5-13



รูปที่ 5-13 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในซอฟต์แวร์ Weka

- 3) จากนั้นกดปุ่มเริ่มการคำนวณ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม จะคำนวณข้อมูลและสร้างสมการในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. (t) จากตัวแปรที่ผู้วิจัยได้ระบุลงในข้อมูลนำเข้า ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ซอฟต์แวร์จะนำค่าดังกล่าวมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์และค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลจากการคาดการณ์และข้อมูลจริง โดยเลือกคำสั่ง More Option ในซอฟต์แวร์ Weka แล้วเลือกให้ซอฟต์แวร์แสดงผลจากการคาดการณ์ (Output Predictions) ซอฟต์แวร์ Weka ทำการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ดังแสดงในรูปที่ 5-14 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า มีข้อมูลที่เกิดจากการคาดการณ์ทั้งหมด 10 แถว (Insta#) ตามลำดับ โดยแสดงผลทั้งหมด 3 ค่า คือ 1) เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ที่เกิดขึ้นจริง (Actual) 2) เวลามาถึงจากการคาดการณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Predicted) และ 3) ผลต่างระหว่างข้อมูลเวลามาถึงที่เกิดขึ้นจริงและเวลามาถึงที่เกิดจากการคาดการณ์ (Error)

```

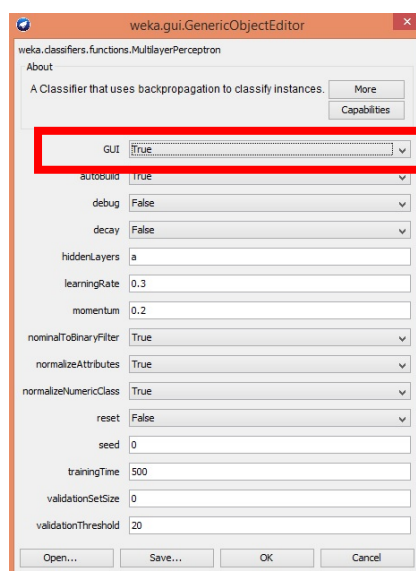
=== Predictions on training set ===

inst#,      actual, predicted, error
  1      149.77      145.935    -3.835
  2       43.53       39.789    -3.741
  3       97.52       83.186   -14.334
  4       54.24       93.912    39.672
  5       35.2        35.531     0.331
  6       67.13       99.471    32.341
  7       36.91       35.972    -0.938
  8       61.81       73.554    11.744
  9       67.61       29.254   -38.356
 10       67.6        89.413    21.813

```

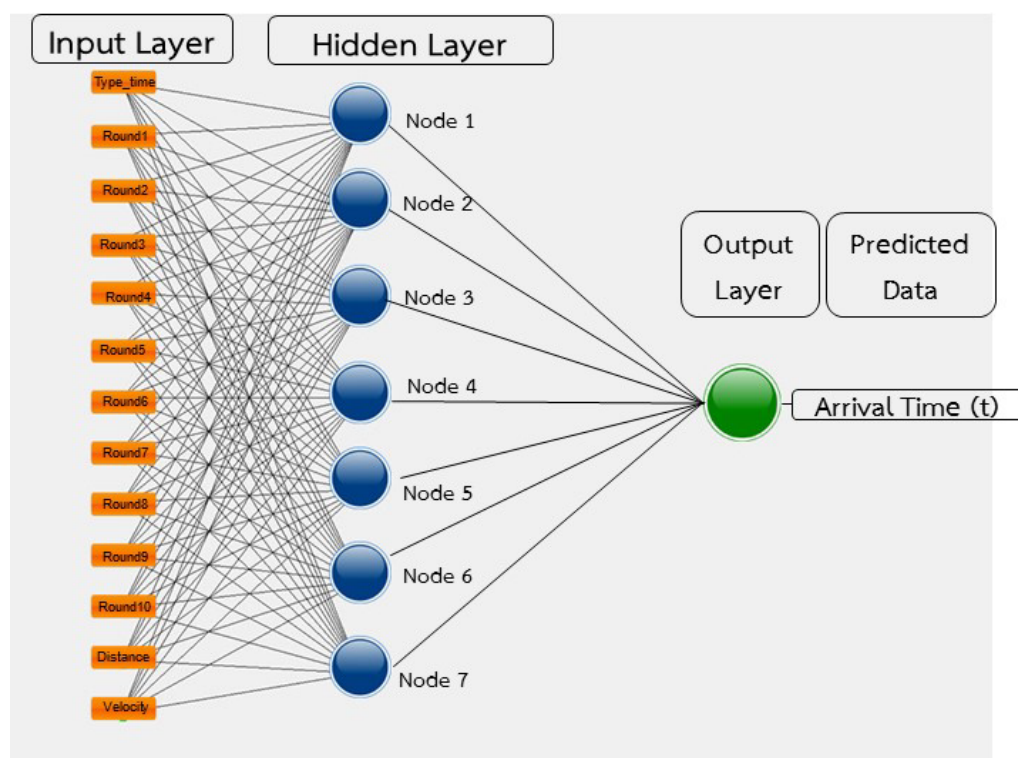
รูปที่ 5-14 ผลการคาดการณ์จากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

4) ผู้วิจัยได้เลือกประเภทข้อมูลจากการประมวลผลมาใช้ในการพิจารณาแบบจำลองที่ดีที่สุดทั้งหมด 2 ชนิด คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบกับข้อมูลนำเข้า นอกจากนี้เครื่องมือการคาดการณ์ข้อมูลแบบโครงข่ายประสาทเทียม ยังสามารถเลือกแสดงผลในรูปแบบเครือข่ายประสาทซึ่งอยู่ในเมนูชื่อว่า “GUI GenericObjectEditor” แล้วเลือกฟังก์ชัน GUI ให้มีค่าเป็น “True” ดังแสดงในรูปที่ 5-15



รูปที่ 5-15 การตั้งค่าแสดงโครงสร้างการประมวลผลโครงข่ายประสาทเทียม

หลังจากการประมวลผลของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในซอฟต์แวร์ Weka ซอฟต์แวร์จะสร้างเครือข่ายประสาทจำลองและนำข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ระบุทั้งหมดมาเป็นข้อมูลนำเข้า โดยกำหนดให้มีทั้งหมด 3 ชั้น (Input Layer, Hidden Layer และ Output Layer) ข้อมูลนำเข้าจะถูกนำเข้าสู่ชั้น Input Layer และนำไปคำนวณกับค่าน้ำหนักในแต่ละ Node ส่งผ่านไปคำนวณยังชั้น Hidden Layer โดยผู้วิจัยได้กำหนด Node ในชั้น Hidden Layer ซึ่งมีทั้งหมด 7 Node แล้วนำผลลัพธ์แต่ละ Node มาคำนวณอีกครั้งในชั้น Output Layer สุดท้ายจะแสดงผลค่าที่ได้จากการคาดการณ์ (Arrival time, t) ดังแสดงในรูปที่ 5-16



รูปที่ 5-16 โครงสร้างการคาดการณ์เวลาของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

ผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ทั้งหมด 17 ช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง โดยผลของค่าความคลาดเคลื่อนจากการคาดการณ์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5-5 จากผลการทดสอบการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในซอฟต์แวร์ Weka สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองดังกล่าว ให้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยทั้งหมด เท่ากับ 3.1836 ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง เท่ากับ 4.4467 ผู้วิจัยได้นำค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 แบบจำลอง มาเปรียบเทียบเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมไปใช้ในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. โดยผลของการเปรียบเทียบจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

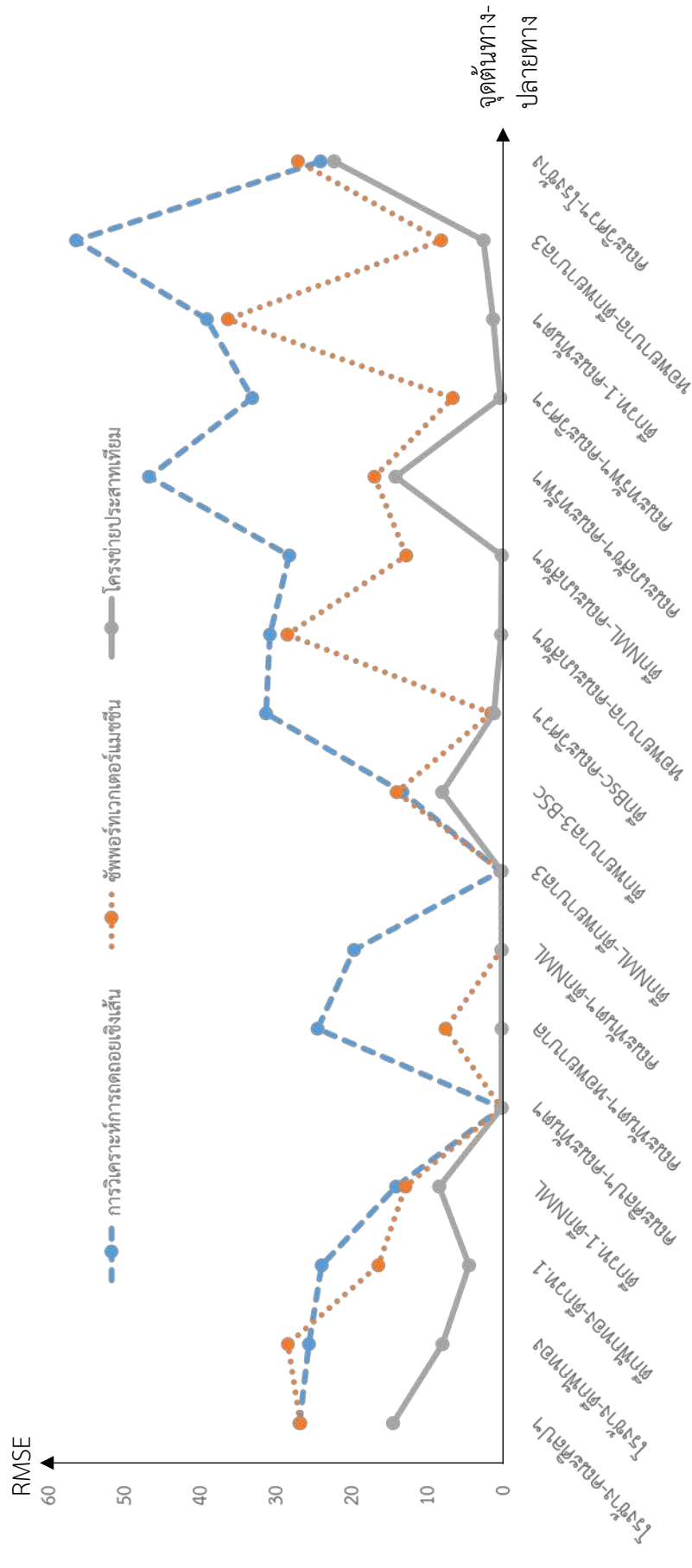
ตารางที่ 5-5 ค่าความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

ช่วง	ค่าความคลาดเคลื่อน สัมบูรณ์เฉลี่ย	ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนกำลังสอง
โรงช้าง-คณะศิลปศาสตร์	12.296	19.9242
โรงช้าง-ตึกฟักทอง	2.1226	3.0742
ตึกฟักทอง-ตึกวท. 1	0	0
ตึกวท. 1-ตึก NML	0	0
คณะศิลปศาสตร์-คณะทันตฯ	0	0
คณะทันตฯ-หอพักพยาบาล	0	0
คณะทันตฯ-ตึก NML	0.3988	0.4285
ตึก NML-ตึกพยาบาล 3	0	0
ตึกพยาบาล 3-ตึก BSc	1.9164	2.1322
ตึก BSc-คณะวิศวกรรมฯ	8.6756	11.5852
หอพักพยาบาล-คณะเภสัชฯ	0	0
ตึก NML-คณะเภสัชฯ	0	0
คณะเภสัชฯ-คณะทรัพยากรฯ	0.0395	0.051
คณะทรัพยากรฯ-คณะวิศวกรรมฯ	0	0
ตึกวท. 1-คณะทันตฯ	0	0
หอพักพยาบาล-ตึกพยาบาล 3	11.0354	16.2598
คณะวิศวกรรมฯ-โรงช้าง	17.6376	22.1391
เฉลี่ย	3.1836	4.4467

5.4.4 ผลการเปรียบเทียบการคาดการณ์เวลาจากทั้ง 3 แบบจำลอง

หลังจากที่ได้นำข้อมูลเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ย้อนหลัง มาใช้ในการคาดการณ์เวลาด้วยแบบจำลองทั้ง 3 แบบที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้นำค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ที่ได้จากการคาดการณ์ มาเปรียบเทียบในแต่ละจุดต้นทาง-ปลายทาง ดังแสดงในรูปที่ 5-17 และรูปที่ 5-18 ผลการเปรียบเทียบพบว่า แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ให้ค่า MAE เฉลี่ยเท่ากับ 19.47 และ RMSE เฉลี่ยเท่ากับ 25.59 แบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน ให้ค่าความคลาดเคลื่อน MAE เฉลี่ยเท่ากับ 3.92 และ ค่า RMSE เฉลี่ยเท่ากับ 14.22 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของ MAE เท่ากับ 3.92 ส่วนของ RMSE เท่ากับ 4.92 ซึ่งน้อยที่สุด ผลเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนข้างต้น อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยค่าความคลาดเคลื่อน MAE และ RMSE ที่มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงความแม่นยำในการคาดการณ์ของแบบจำลอง

ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลการให้บริการรถบัส ม.อ. มีรูปแบบที่ซับซ้อนจึงทำให้ค่าความคลาดเคลื่อน (MAE และ RMSE) ในแบบจำลองของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นในบางช่วงระหว่างจุดต้นทางและจุดปลายทางมีค่าสูงกว่าแบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนและโครงข่ายประสาทเทียมเป็นอย่างมาก เช่น จากจุดต้นทางคณะเภสัชศาสตร์ไปยังจุดปลายทางคณะทรัพยากรธรรมชาติ และ จุดต้นทางหอพักพยาบาลไปยังจุดปลายทางอาคารพยาบาล 3 เป็นต้น เนื่องจากแบบจำลองทั้ง 3 แบบ มีทฤษฎีและวิธีการคาดการณ์ข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป โดยแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นได้ใช้ทฤษฎีสมการเชิงเส้นในการคำนวณและคาดการณ์ข้อมูลทั้งหมด ซึ่งทฤษฎีดังกล่าวไม่เหมาะกับข้อมูลที่มีความซับซ้อน ส่วนแบบจำลองซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน มีวิธีการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มและแบ่งระดับชั้นของข้อมูลโดยใช้ Kernel Function ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้ Kernel Function แบบ “Radial Basis Function” ในการคาดการณ์ข้อมูล ส่งผลให้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ส่วนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีขั้นตอนการคำนวณโดยนำข้อมูลนำเข้าทั้งหมด ส่งเข้าไปคำนวณในชั้น Hidden Layer โดยผู้วิจัยได้กำหนด Node ในการคำนวณไว้ทั้งหมด 7 Node ในแต่ละ Node จะมีสมการในการคำนวณที่แตกต่างกันไป เมื่อผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ มีค่ามากกว่าค่า Threshold ข้อมูลจะถูกส่งต่อไปยัง Output Layer ทำให้ค่าผลลัพธ์ที่ต่ำกว่าค่า Threshold ไม่เกิดขึ้นในชั้น Output Layer เมื่อผู้วิจัยนำมาใช้กับข้อมูลการให้บริการรถบัส ม.อ. พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำในการคาดการณ์สูง ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมนำไปพัฒนาระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แบบปรับตัวได้ รายละเอียดของผลการพัฒนานำเสนอในหัวข้อถัดไป



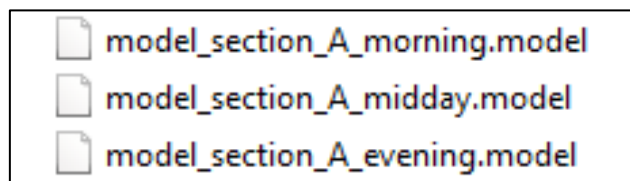
รูปที่ 5-18 ค่าความคลาดเคลื่อนแบบ Root Mean Squared Error (RMSE)

5.5 ผลการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงแบบปรับตัวได้

ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แบบปรับตัวได้ โดยผลการพัฒนาแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

5.5.1 ผลการสร้างแบบจำลองสำหรับคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

ตามขั้นตอนการพัฒนาที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ 3.6.2 ผู้วิจัยได้ใช้ชุดคำสั่งในภาคผนวก ข ชุดคำสั่งที่ T-3 ในการสร้างแบบจำลองสำหรับคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ผลจากการพัฒนาทำให้ระบบ PSU BISy สามารถสร้างแบบจำลองในการคาดการณ์เวลามาถึงได้ตามช่วงจุดต้นทาง-ปลายทางที่ผู้วิจัยได้แบ่งไว้ทั้งหมด 17 ช่วง และแบ่งตามช่วงเวลาทั้งหมด 3 ช่วง คือ เช้า เที่ยง และเย็น ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์นามสกุล model โดยกำหนดชื่อไฟล์ด้วยสัญลักษณ์ตัวอักษรภาษาอังกฤษให้แต่ละช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง ดังแสดงในภาคผนวก ค-4 จากรูปที่ 5-19 เป็นตัวอย่างของไฟล์แบบจำลองระหว่างจุดต้นทางศูนย์อาหาร (โรงช้าง) ไปยังจุดปลายทางคณะศิลปศาสตร์ โดยมีการตั้งชื่อแทนด้วยสัญลักษณ์ตัว A แล้วตามด้วยช่วงเวลาของผู้วิจัยได้กำหนดไว้

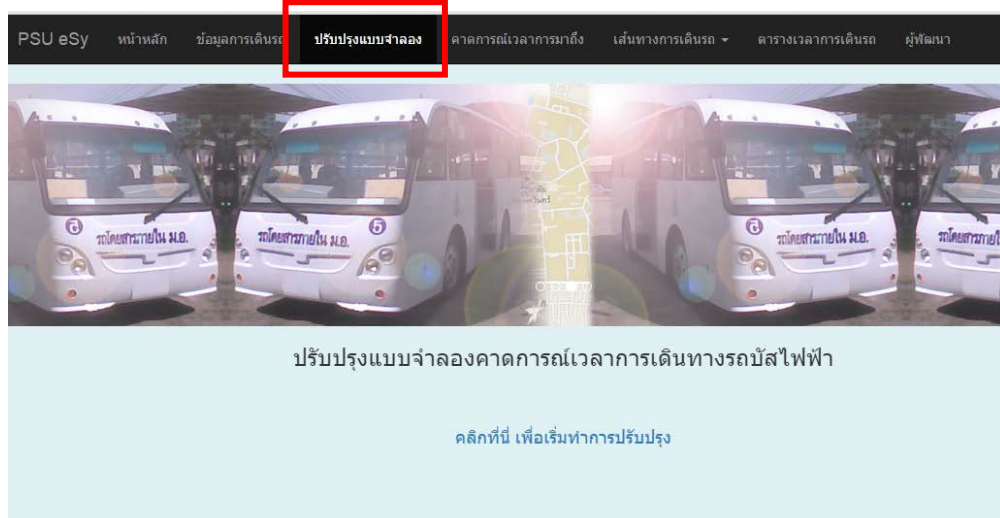


รูปที่ 5-19 ตัวอย่างไฟล์แบบจำลองแยกตามช่วงเวลาและจุดต้นทาง-ปลายทาง

5.5.2 ผลการปรับปรุงแบบจำลองสำหรับคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

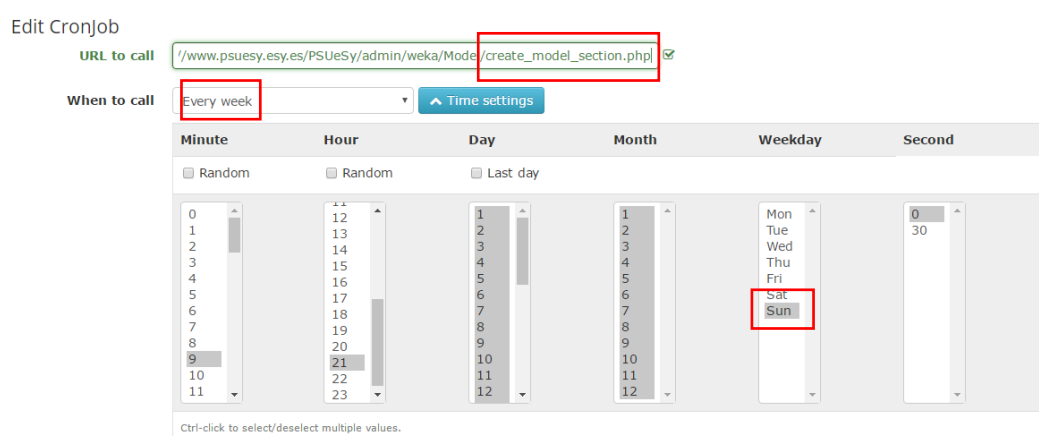
ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบ PSU BISy ให้สามารถปรับปรุงแบบจำลองได้ตลอดเวลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. โดยขั้นตอนการปรับปรุงแบบจำลองผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ 2 วิธี คือ

1) ผู้ดูแลระบบเป็นผู้ปรับปรุงแบบจำลองด้วยตนเอง โดยการเข้าไปที่หน้าจอผู้ดูแลระบบ PSU BISy แล้วเลือกเมนูปรับปรุงแบบจำลองดังแสดงรูปที่ 5-20 ระบบจะปรับปรุงแบบจำลองทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทางให้อัตโนมัติ เมื่อระบบปรับปรุงแบบจำลองเสร็จสิ้นจะมีการแจ้งเตือนให้ผู้ดูแลระบบได้ทราบ



รูปที่ 5-20 หน้าจอการปรับปรุงแบบจำลองโดยผู้ดูแลระบบ

2) ระบบปรับปรุงแบบจำลองอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ตั้งค่าให้ระบบปรับปรุงแบบจำลองอัตโนมัติทุกวันอาทิตย์ของสัปดาห์ โดยการตั้งค่า Cronjob ซึ่งเป็นฟังก์ชันการตั้งค่าให้ระบบทำงานโดยอัตโนมัติของระบบปฏิบัติการ Linux จากรูปที่ 5-21 เป็นขั้นตอนการตั้งค่าให้ระบบปรับปรุงแบบจำลองโดยผู้วิจัยได้เลือกไฟล์ที่ชื่อ “create_model_section.php” ซึ่งเป็นไฟล์สำหรับการสร้างแบบจำลองการคาดการณ์เวลามาถึง ในช่อง When to Call ได้เลือกเป็น “Every Week” เพื่อให้ระบบปรับปรุงอาทิตย์ละครั้ง แล้วเลือก Weekday เป็น “Sun” ซึ่งหมายถึงการให้ระบบนั้นปรับปรุงระบบในวันอาทิตย์ทุกสัปดาห์



รูปที่ 5-21 การตั้งค่าให้ระบบปรับปรุงแบบจำลองอัตโนมัติ

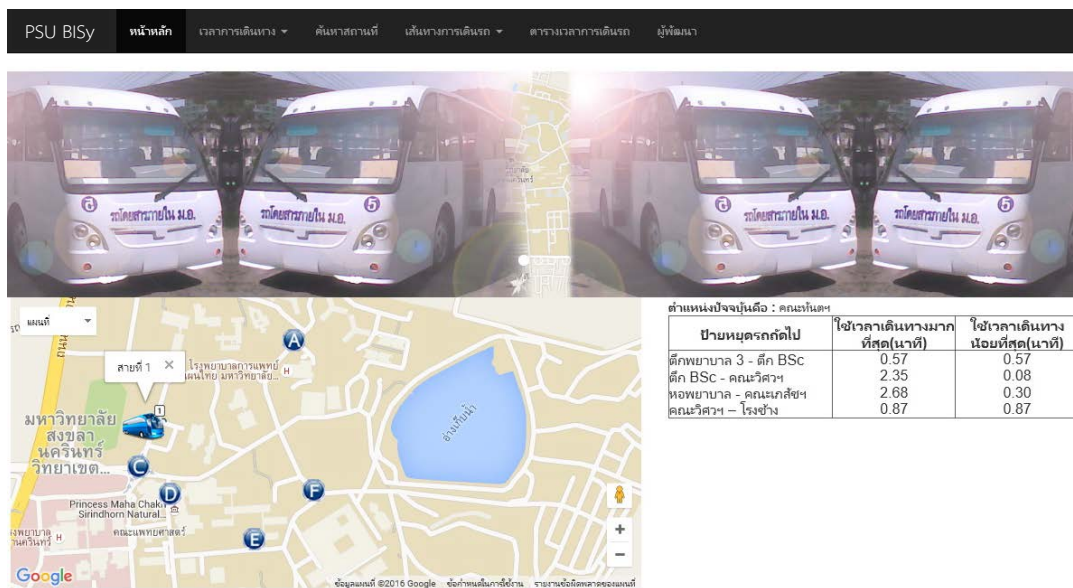
เมื่อพัฒนาแบบจำลองการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แบบปรับตัวได้เสร็จสิ้นแล้ว ลำดับต่อไปผู้วิจัยได้นำระบบที่ได้พัฒนาไปประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. โดยผลการคาดการณ์เวลามาถึงกล่าวในหัวข้อถัดไป

5.6 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากแบบจำลองแบบปรับตัวได้

การพัฒนาระบบแจ้งเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์ จะแบ่งการแสดงผลออกเป็น 2 ประเภท คือ การแสดงเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แยกตามเส้นทางการให้บริการ และการแสดงเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ในทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง สามารถอธิบายผลของการคาดการณ์เวลามาถึงในแต่ละประเภทได้ ดังนี้

5.6.1 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แยกตามเส้นทางการให้บริการ

ผลจากการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แบ่งตามเส้นทางการให้บริการที่งานยานยนต์ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ได้กำหนดไว้ แบ่งออกเป็น 3 เส้นทางแสดงดังรูปที่ 5-22 ถึงรูปที่ 5-24 ซึ่งเป็นหน้าจอของการแจ้งข้อมูลเวลามาถึงในแต่ละเส้นทาง โดยระบบจะแจ้งตำแหน่งปัจจุบันของรถบัส ม.อ. บนระบบแผนที่ของ Google Maps และแจ้งช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง ถัดไปที่รถกำลังจะไปถึงตามเส้นทางที่กำหนด พร้อมทั้งบอกเวลาในการเดินทาง โดยแสดงทั้งเวลาที่ใช้ในการเดินทางนานที่สุดและเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่เร็วที่สุด



รูปที่ 5-22 เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์ เส้นทางที่ 1

PSU BISy หน้าหลัก เวลาการเดินทาง ค้นหาสถานี เส้นทางการเดินทาง ตารางเวลาการเดินทาง ผู้พัฒนา

ตำแหน่งปัจจุบันคือ : สักกนาคอง

ป้ายหยุดรถถัดไป	ใช้เวลาเดินทางมากที่สุด (นาที)	ใช้เวลาเดินทางน้อยที่สุด (นาที)
ตึกฝึกหัด - ตึกท. 1	3.33	0.52
ตึกท. 1 - คณะทันต	1.32	0.93
คณะทันตฯ - หอพักพยาบาล	2.68	0.30
หอพยาบาล - คณะเภสัชฯ	0.88	0.88
คณะเภสัชฯ - คณะบริหารฯ	2.17	2.17
คณะบริหารฯ - คณะวิศวกรรม	1.13	1.13
คณะวิศวกรรม - โรงช่าง	0.87	0.87

รูปที่ 5-23 เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์ เส้นทางที่ 2

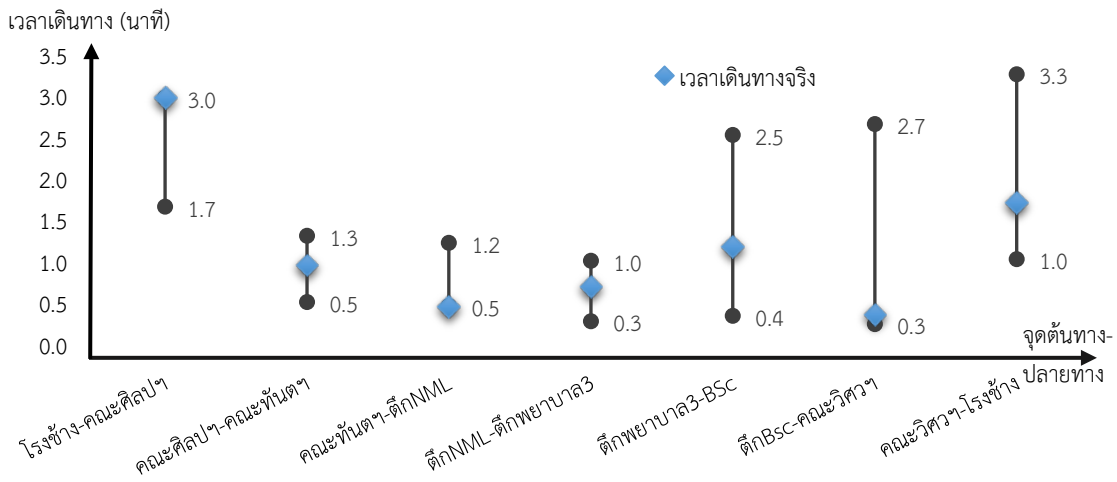
PSU BISy หน้าหลัก เวลาการเดินทาง ค้นหาสถานี เส้นทางการเดินทาง ตารางเวลาการเดินทาง ผู้พัฒนา

ตำแหน่งปัจจุบันคือ : สัก NML

ป้ายหยุดรถถัดไป	ใช้เวลาเดินทางมากที่สุด (นาที)	ใช้เวลาเดินทางน้อยที่สุด (นาที)
คณะเภสัชฯ - คณะบริหารฯ	0.88	0.88
คณะบริหารฯ - คณะวิศวกรรม	2.17	2.17
คณะวิศวกรรม - โรงช่าง	0.87	0.87

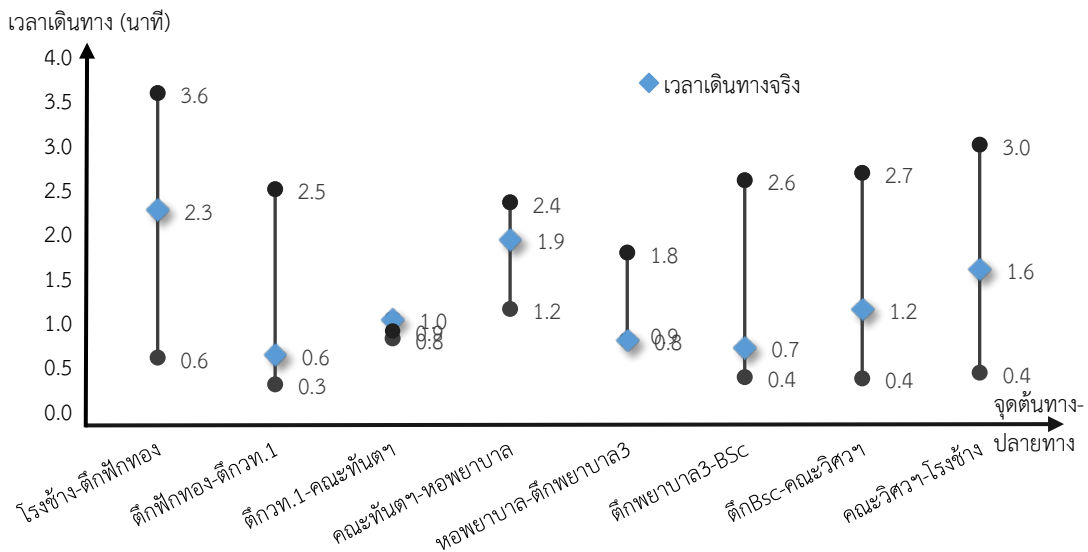
รูปที่ 5-24 เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์ เส้นทางที่ 3

รูปที่ 5-25 เป็นตัวอย่างข้อมูลเวลาการเดินทางของรถบัส ม.อ. ในเส้นทางที่ 1 วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2559 เวลา 16:52 น. ถึง 17:01 น. ซึ่งเป็นการให้บริการในช่วงเวลาเย็น โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ของระบบ PSU BISy มาเปรียบเทียบกับเวลาในการเดินทางจริงของรถบัส ม.อ. ผลจากการเปรียบเทียบในทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง พบว่า เวลาการเดินทางของรถบัส ม.อ. อยู่ในช่วงของเวลาที่ระบบ PSU BISy ได้คาดการณ์ไว้ นั่นคืออยู่ระหว่างช่วงเวลาเดินทางมากที่สุดและเวลาเดินทางน้อยที่สุด



รูปที่ 5-25 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. เส้นทางที่ 1

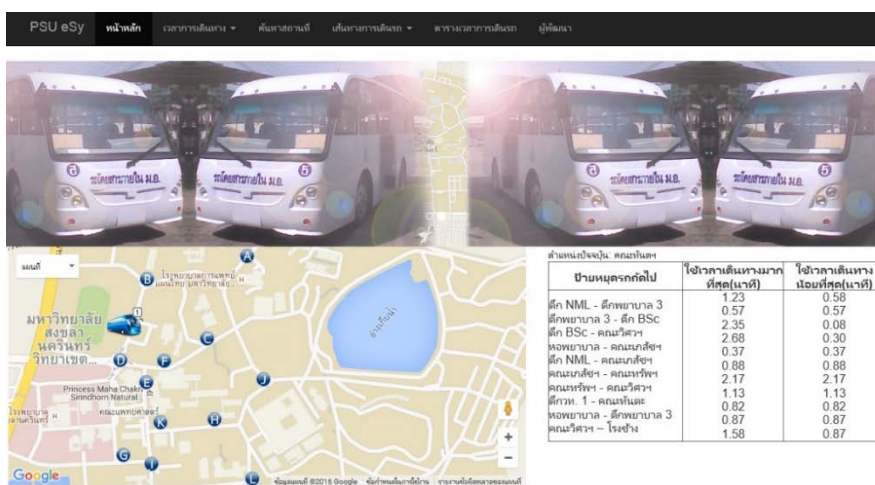
รูปที่ 5-26 เป็นตัวอย่างข้อมูลเวลาการเดินทางของรถบัส ม.อ. ในเส้นทางที่ 2 วันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2559 เวลา 09:16 น. ถึง 09:28 น. ซึ่งเป็นการให้บริการในช่วงเวลาเช้า โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ของระบบ PSU BISy เปรียบเทียบกับเวลาจริงของรถบัส ม.อ. ผลจากการเปรียบเทียบในทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง พบว่า เวลาการเดินทางของรถบัส ม.อ. อยู่ในช่วงของเวลาที่ระบบ PSU BISy ได้คาดการณ์ไว้ ยกเว้นในช่วงจุดระหว่างตึก วท. 1 ไปยังคณะทันตแพทยศาสตร์ ที่มีเวลาในการเดินทางจริงมากกว่าค่าเวลาเดินทางมากที่สุดประมาณ 4 วินาที ส่วนของเส้นทางที่ 3 พบว่า ไม่มีการให้บริการในเส้นทางดังกล่าวในระหว่างที่ผู้วิจัยกำลังเก็บข้อมูล จึงไม่สามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบได้ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบให้สามารถคาดการณ์เวลาการเดินทางทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง โดยได้อธิบายผลการคาดการณ์ไว้ในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 5-26 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. เส้นทางที่ 2

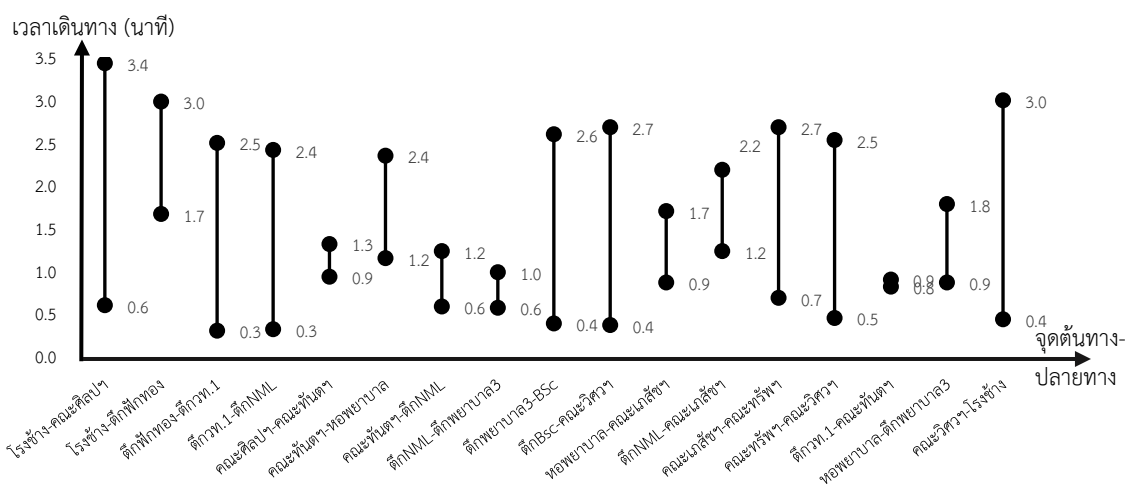
5.6.2 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง

ในกรณีที่รถบัส ม.อ. ให้บริการไม่ตรงตามเส้นทาง ระบบ PSU BISy สามารถคาดการณ์ป้ายหยุดรถถัดไปที่รถบัส ม.อ. จะไปถึงได้ โดยผู้ใช้บริการเลือกเมนู “ค้นหาทุกป้าย” ระบบจะคาดการณ์ป้ายหยุดรถถัดไปและเวลาในการเดินทางที่รถบัส ม.อ. สามารถไปถึงได้ทั้งหมดดังรูปที่ 5-27



รูปที่ 5-27 เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์ทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง

จากรูปที่ 5-28 เป็นข้อมูลผลการคาดการณ์เวลาในการเดินทางทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทางที่ได้จากการคาดการณ์ของระบบ PSU BISy ในวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2559 (เฉลี่ยทั้งวัน) พบว่า ระบบ PSU BISy สามารถคาดการณ์เวลามาถึงและป้ายหยุดรถถัดไปที่รถบัส ม.อ. กำลังเดินทางไปถึงได้ทุกจุดตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้



รูปที่ 5-28 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนากระบวนวิธีประจำตำแหน่งปัจจุบันและคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ภายในวิทยาเขตหาดใหญ่ (PSU BISy) โดยแบ่งการพัฒนาออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) การพัฒนาแอปพลิเคชันประจำตำแหน่งรถบัส ม.อ. 2) การพัฒนาระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. และ 3) การพัฒนาแอปพลิเคชันแจ้งตำแหน่งและเวลามาถึงจากการคาดการณ์ของรถบัส ม.อ. โดยสามารถสรุปผลของงานในแต่ละส่วนได้ ดังนี้

6.1.1 การพัฒนาระบบประจำตำแหน่งรถบัส ม.อ.

การพัฒนาระบบประจำตำแหน่งรถบัส ม.อ. ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยี A-GPS บนสมาร์ทโฟนมาใช้ในการพัฒนา โดยพิจารณาจากต้นทุนการดำเนินงานและความเหมาะสมของพื้นที่การให้บริการภายในวิทยาเขตหาดใหญ่ ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. ได้แม่นยำเทียบเท่ากับอุปกรณ์ระบุตำแหน่ง GPS ที่มีราคาสูงกว่า โดย A-GPS บนสมาร์ทโฟนให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งเฉลี่ยอยู่ที่ 13.75 เมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ทั้งนี้ ข้อมูลตำแหน่งและเวลาจาก A-GPS บนสมาร์ทโฟนยังสามารถนำไปแสดงให้กับผู้ใช้บริการได้ทราบผ่านเว็บไซต์และสมาร์ทโฟน และนำไปใช้คาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

6.1.2 การพัฒนาแบบจำลองสำหรับคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

การพัฒนาส่วนนี้เป็นการนำตำแหน่งและเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ในอดีตมาคาดการณ์เวลามาถึงในอนาคต โดยประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ Weka ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบการคาดการณ์จาก 3 แบบจำลอง คือ 1) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) 2) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) และ 3) โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) จากผลการศึกษา พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมให้ค่าการคาดการณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุด โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) เท่ากับ 3.92 และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) เท่ากับ 4.92 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ยอมรับได้ ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมาพัฒนาระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. แบบปรับตัวได้ โดยระบบสามารถปรับปรุงแบบจำลองในการคาดการณ์ได้ 2 วิธี คือ 1) ปรับปรุงแบบจำลองโดยผู้ดูแลระบบและ 2) ปรับปรุงโดยอัตโนมัติตามเวลาที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ในระบบ จากผลการพัฒนา พบว่า ระบบสามารถคาดการณ์เวลามาถึงได้ใกล้เคียงกับเวลาการเดินทางจริงของรถบัส ม.อ. และสามารถปรับปรุงแบบจำลองได้ตามเวลาที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้

6.1.3 การพัฒนาเว็บไซต์และแอปพลิเคชันแจ้งตำแหน่งและเวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

การพัฒนาเว็บไซต์และแอปพลิเคชันแจ้งตำแหน่งและเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์ ทำให้ผู้ใช้บริการสามารถทราบข้อมูลรถบัส ม.อ. ได้อย่างสะดวกและรวดเร็วผ่านคอมพิวเตอร์และสมาร์ตโฟนที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบ PSU BISy บนโครงสร้างของ Mobile Application Cross Platform ซึ่งสามารถใช้งานได้กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและสมาร์ตโฟนทั้งระบบปฏิบัติการ Android และ iOS โดยใช้การพัฒนาระบบเพียงครั้งเดียวส่งผลให้ลดขั้นตอนและระยะเวลาในการพัฒนาสำหรับนักพัฒนาระบบได้เป็นอย่างดี ระบบดังกล่าวสามารถแสดงข้อมูลเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ได้ทั้งเวลาที่รอนานที่สุดและเวลาที่มาถึงเร็วที่สุด ทำให้ผู้ใช้บริการสามารถประเมินเวลาในการเดินทางของตนเองได้

จากภาพรวมของการพัฒนางานวิจัยนี้ สามารถสรุปได้ว่า ระบบ PSU BISy สามารถระบุตำแหน่งและคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ให้กับผู้ใช้บริการได้ทราบ จากเดิมที่ผู้ใช้บริการทราบข้อมูลของรถบัส ม.อ. จากป้ายหยุดรถ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่มีการปรับปรุงทันที (Real Time) ระบบ PSU BISy สามารถแจ้งตำแหน่งและเวลามาถึงจากการคาดการณ์ได้ทันทีผ่านสมาร์ตโฟน โดยใช้ข้อมูลการคาดการณ์จากแบบจำลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สามารถปรับปรุงตัวเองได้โดยไม่ต้องพัฒนาระบบใหม่ เป็นส่วนช่วยให้การบริการรถโดยสารสาธารณะในมหาวิทยาลัยมีความน่าเชื่อถือ และส่งเสริมการใช้บริการรถโดยสารสาธารณะแทนการใช้รถส่วนตัวให้มากขึ้น

6.2 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้นำเสนอแนะแนวทางในการศึกษาและพัฒนางานวิจัยในอนาคต โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

6.2.1 การประยุกต์ใช้งานวิจัย

ผู้วิจัยได้นำเสนอแนะแนวทางในการนำงานวิจัยไปใช้กับระบบขนส่งสาธารณะ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีขั้นตอนการประยุกต์ใช้ ดังนี้

- 1) นำสมาร์ตโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชันระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. เรียบร้อยแล้ว ไปติดตั้งให้กับรถที่กำลังให้บริการทั้งหมด พร้อมติดตั้งระบบป้องกันอุปกรณ์สูญหาย
- 2) ติดตั้งระบบ PSU BISy ในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายของศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งจะมีเจ้าหน้าที่คอยดูแลเฝ้าระวังระบบอยู่ตลอด 24 ชั่วโมง ทำให้ผู้ดูแลระบบสามารถทราบข้อมูลได้ทันทีในกรณีที่ระบบมีปัญหา
- 3) ติดตั้งแอปพลิเคชันแจ้งตำแหน่งปัจจุบันและเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ลงในสมาร์ตโฟนของผู้ใช้บริการ

- 4) ทดสอบผลการพัฒนากับกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งาน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้
- ผู้ใช้บริการ นักศึกษา บุคลากรของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์หรือบุคคลภายนอกที่มาใช้บริการรถบัส ม.อ.
 - ผู้ดูแลระบบ ผู้ที่สามารถเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลต่างๆ ของรถบัส ม.อ. ลงไปในระบบได้ เช่น จดรับ-ส่งผู้โดยสาร เส้นทางบริการให้บริการจำนวนรอบหรือความถี่ของการให้บริการ เป็นต้น
 - พนักงานขับรถ เจ้าหน้าที่ที่ให้บริการขั้รถบัส ม.อ. ไปยังสถานที่ต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ตามจุดจอดที่ผู้ดูแลระบบได้กำหนดไว้

6.2.2 การพัฒนางานวิจัยในอนาคต

ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางการพัฒนางานวิจัยในอนาคต เพื่อต่อยอดจากงานวิจัยครั้งนี้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- 1) ควรพิจารณาปัจจัยอื่นๆ สามารถนำมาใช้ในการคาดการณ์ข้อมูลได้ เช่น สภาพการจราจร สภาพอากาศ จำนวนผู้โดยสาร เวลาในการจอดรับ-ส่งผู้โดยสาร เป็นต้น
- 2) ควรพัฒนาระบบให้สามารถแยกช่วงระยะเวลาการเดินทาง (Travel time) กับเวลาจอดรับ-ส่งผู้โดยสาร (Dwell Time) ออกจากกัน เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปกำหนดช่วงระยะเวลาการจอดรับ-ส่งผู้โดยสารที่เหมาะสมให้กับการบริการรถบัส ม.อ. ได้ในอนาคต
- 3) ควรพัฒนาและปรับปรุงระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และนำปัจจัยจากข้อ 1) มาประมวลผล เพื่อให้ระบบคาดการณ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- 4) ควรทดสอบความเหมาะสมระหว่างอัตราการส่งข้อมูลของอุปกรณ์ระบุตำแหน่ง (Update Rate) และความแม่นยำของตำแหน่งที่ได้ (Accuracy) เพื่อลดจำนวนของข้อมูลที่ส่งผ่านระบบ (Data Transfer)
- 5) ควรศึกษาเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมสมัยใหม่ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งรถบัส ม.อ. ได้
- 6) ควรนำโครงสร้างของงานวิจัยนี้ ไปประยุกต์ใช้กับระบบขนส่งสาธารณะในพื้นที่ต่างๆ เช่น เทศบาลนครหาดใหญ่ เพื่อลดปัญหาการจราจรติดขัดและเพิ่มจำนวนผู้บริการขนส่งสาธารณะให้ได้มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วท.). (2556). “จีพีเอส ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ www.most.go.th (วันที่ 15 สิงหาคม 2557).
- กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก. (2556). “สถิติจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์และกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก ปี พ.ศ. 2554.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ http://apps.dlt.go.th/statistics_web/vehicle.html. (วันที่ 15 สิงหาคม 2557).
- กองนโยบายและแผนงาน สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร. (2555). “ข้อมูลให้บริการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ <http://www.cpd.bangkok.go.th> (วันที่ 14 ตุลาคม 2557).
- กุลยา นิมสกุล. (2534). *ความรู้พื้นฐานทางคอมพิวเตอร์ (Fundamental Computer Concept)*, พิสิษฐ์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.
- เกียรติศักดิ์ จันทร์แก้ว และ สุพจน์ นิตยส์สุวรรณ. (2554). “การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์อนุกรมเวลาราคาปาล์มน้ำมัน โดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม.”, *เอกสารการประชุมวิชาการ The Graduate Research Conference ครั้งที่ 12*, ขอนแก่น: 12-13 กุมภาพันธ์ 2552.
- เขมฉวี ทองมา และ ภาสกร ชุมแก้ว. (2555). “การประเมินผลการดำเนินการโครงการขนส่งมวลชนภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.” *โครงการนันทศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*.
- งานยานยนต์ กองอาคารสถานที่ สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2557). “บริการยานพาหนะและขนส่งมวลชน.” <http://www.pps.psu.ac.th>.
- เฉลิมพล โกมลานนท์. (2555). “การติดตามเป้าหมายโรงเก็บอากาศยานด้วยระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.” *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*.
- ทวีช ว่องทวี. (2551). “การแลกเปลี่ยนความรู้สำหรับชุมชนปฏิบัติผ่านตัวกลางความรู้โดยอาศัยเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส.” *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*.
- นิพัทธ์ อินทอง และ อาจารย์ นาโค. (2540). *คอมพิวเตอร์และการประมวลผลข้อมูล*, งานส่งเสริมการผลิตตำรา มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.
- นิเวศ จิระวิชิตชัย ปริญญา สงวนสัตย์ และ พยุง มีสัจ. (2554). *การพัฒนาประสิทธิภาพการจัดการหมวดหมู่เอกสารภาษาไทยแบบอัตโนมัติ*. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บริษัทไชโย โฮสติ้ง จำกัด. (2556). “Application บนระบบปฏิบัติการ iOS.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ <http://www.chaiyohosting.com/ios-apps>. (วันที่ 5 พฤศจิกายน 2558).
- พรสิน สุภวาลย์. (2558). “การวิเคราะห์การถดถอย.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ www.watpon.com (วันที่ 15 กันยายน 2558).
- ไวพจน์ กุลาชัย. (2557). “ระบบการขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transport Systems).” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ www.trafficpolice.go.th (วันที่ 5 พฤศจิกายน 2558).

- สโรช บุญศิริพันธ์. (2556). “โครงการปรับปรุงการให้บริการรถสวัสดิการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน (KU Smart Bus).” ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานปลัดกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (2554). “เว็บเซอร์วิส (Web Services).” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ <http://skillsdevelop.mict.go.th> (วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2559).
- สุชาดา กิระนันท์. (2545). “การทำเหมืองข้อมูล.” *สัมมนาหนึ่งทศวรรษไอทีจุฬาฯ: การเพิ่มศักยภาพระบบการจัดการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ*. กรุงเทพฯ.
- สุชาดา พลาชัยภิรมย์ศิลป์. (2554). *แนวโน้มการใช้โมบายแอปพลิเคชัน*. วารสารนักบริหาร, กรุงเทพฯ.
- สุรเชษฐ์ กานต์ประชา และ เศรษฐา ตั้งคำวานิช. (2557). “โครงการวิจัย เรื่อง ระบบติดตามและประมาณเวลาการเดินทางไฟฟ้าด้วยสมาร์ตโฟนผ่านเครือข่าย 3G.” รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- Akannsha, A. (2013). “Datamining: Concepts and Techniques.” (Online) Available on <http://www.slideshare.net/akannshat/data-mining-15329899> (13 March 2015).
- Apple Inc. (2006). “About Objective-C.” (Online) Available on <https://developer.apple.com/library/mac/documentation/Cocoa/Conceptual/ProgrammingWithObjectiveC/Introduction/Introduction.html> (13 August 2014).
- Anton, J. (2010). “GPS vs A-GPS”. (Online) Available on <http://gps-vs-agps.articles.r-tt.com/> (13 March 2015).
- ASUSTeK Computer Inc. (2013). “ASUS Fonepad 7 (FE170CG).” (Online) Available on https://www.asus.com/Phone/ASUS_Fonepad_7_FE170CG/ (22 July 2015).
- Bai, C., Peng, Z., Lu, C., and Sun, J. (2015). *Dynamic Bus Travel Time Prediction Models on Road with Multiple Bus Routes*, Hindawi Publishing Corporation, New York, USA.
- Braun, C. (2012). “Advanced Geographic Information Systems (GIS).” (Online) Available on http://www.westfield.ma.edu/uploads/cbraun/syllspring2012_garp0344.pdf (20 February 2015).
- Cassavoy, L. (2015). “What Makes a Smartphone Smart?” (Online) Available on <http://www.cellphones.about.com/od/smartphonebasics/a/whatissmart> (22 August 2015).
- Chai, T. and Draxler, R. (2014). “Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature.” *Geosci Model Dev.*, no.7, 1247-1250.
- Conway, J. (2014). “General Principles – Linear Regression.” (Online) Available on <https://alpine.atlassian.net/wiki/pages/viewpage.action?pageId=8683787> (19 March 2015).

- Cunningham, A. (2013). "Android 4.3 Announced, Bringing Incremental Changes to Jelly Bean." (Online) Available on <http://www.wired.co.uk/news/archive> (10 August 2014).
- Diffen. (2015). "A-GPS vs GPS." (Online) Available on http://www.diffen.com/A-GPS_vs_GPS (13 March 2015).
- DTREG. (2015). "Introduction to Support Vector Machine (SVM) Models." (Online) Available on <https://www.dtreg.com/solution> (23 March 2015).
- Fanani, L., Basuki, A., and Liang, D. (2015). "Bus Arrival Prediction – to Ensure Users not to Miss the Bus." *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 333-339.
- Google Inc. (2015). "Finding Locations with MySQL. Google Maps." (Online) Available on <https://developers.google.com/maps> (13 March 2015).
- Garmin Ltd. (2012). "Garmin GPSMAP 60CSx." (Online) Available on <https://buy.garmin.com> (13 July 2015).
- Gosling, J., Joy, B., Steele, G., Bracha, G., and Buckley, A. (1991). "The Java® Language Specification." (Online) Available on <https://docs.oracle.com/> (10 August 2014).
- Griffin, D. (2011). "Global Position System (GPS)". (Online) Available on <http://www.pocketgpsworld.com/howgpsworks.php> (20 February 2015).
- Han, J. and Kamber, M. (2006). *Data Mining Concepts and Techniques*, Diane Cerra, U.S.A.
- Inman, J. (1835). "Haversine Formula." (Online) Available on www.ig.utexas.edu (19 March 2015).
- Kamakshi, S. (2010). "What is A-GPS? How Does it Work?." (Online) Available on <http://tech.firstpost.com/news-analysis/what-is-a-gps-how-does-it-work-13688.html> (13 March 2015).
- Mark, H., Eibe, F., Geoffrey, H., Bernhard, P., Peter, R., and Ian, H. (2009). "The WEKA Data Mining Software." (Online) Available on <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>.
- Microsoft. (2015). "Visual C#." (Online) Available on <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/kx37x362.aspx> (20 February 2015).
- Pan, J., Dai, X., Xu, X., and Li, Y. (2012). "Self-Learning Algorithm for Predicting Bus Arrival Time based on Historical Data Model." *Proceedings of IEEE CCIS*, Hangzhou, China: 30 October - 01 November, 2012.
- Peng, Z. and Tsou, M. (2013). *Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Network*, John Wiley & Sons, Inc., Canada.

- Pimpler, E. (2015). "Anatomy of a Hybrid Mobile GIS Application." (Online) Available on <http://www.geospatialtraining.com/anatomy-of-a-hybrid-mobile-gis-application/> (20 February 2015).
- Redda, Y. (2012). "Cross platform Mobile Applications Development" Master Thesis in Department of Computer and Information Science, Norwegian University of Science and Technology.
- Sadhu, T. (2012). "Introduction to the Artificial Neural Network." (Online) Available on <http://www.durofy.com/machine-learning-introduction-to-the-artificial-neural-network/> (25 February 2015).
- Tadiou, K. (2015). "Artificial Neural Networks." (Online) Available on <http://futurehumanevolution.com/artificial-intelligence-future-human-evolution/artificial-neural-networks/> (25 February 2015).
- The Apache Software Foundation [TASF]. (2015). "Apache Cordova." (Online) Available on www.cordova.apache.org/docs/en/latest/guide/overview/ (20 February 2015).
- T.V.T Marine. (2009). "Trilateration, Traverse, And Vertical Surveying-The GlobMaritime Network." (Online) Available on <http://www.globmaritime.com/technical-articles/marine-navigation/general-concepts/9622-trilateration-traverse-and-vertical-surveying.html> (19 March 2015).
- Xamarin Inc. (2015). "The Xamarin Story." (Online) Available on <https://xamarin.com/about> (19 March 2015).
- Yu, B., Lu, J., and Yang, Z. (2010). "An Adaptive Bus Arrival Time Prediction Model." *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Surabaya: 25 August 2010.
- Zhou, P., Zheng, Y., and Li, M. (2014). "How Long to Wait?: Predicting Bus Arrival Time with Mobile Phone based Participatory Sensing." *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 1228-1241.

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งานระบบ PSU Bisy

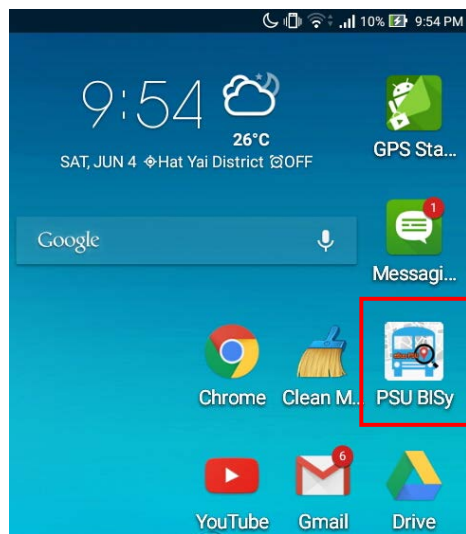
คู่มือการใช้งานสำหรับผู้ให้บริการ

การแสดงตำแหน่งและเส้นทางการให้บริการรถบัส ม.อ.

ผู้ให้บริการสามารถตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันและเส้นทางการให้บริการของรถบัส ม.อ. ได้ 2 วิธี ดังนี้

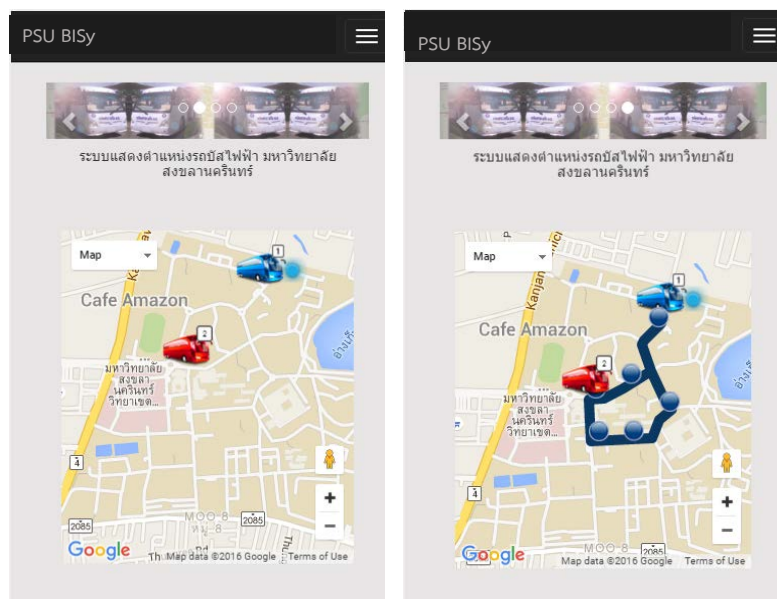
1. การเข้าใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน

1.1 เปิดแอปพลิเคชัน ชื่อ “PSU BISy”



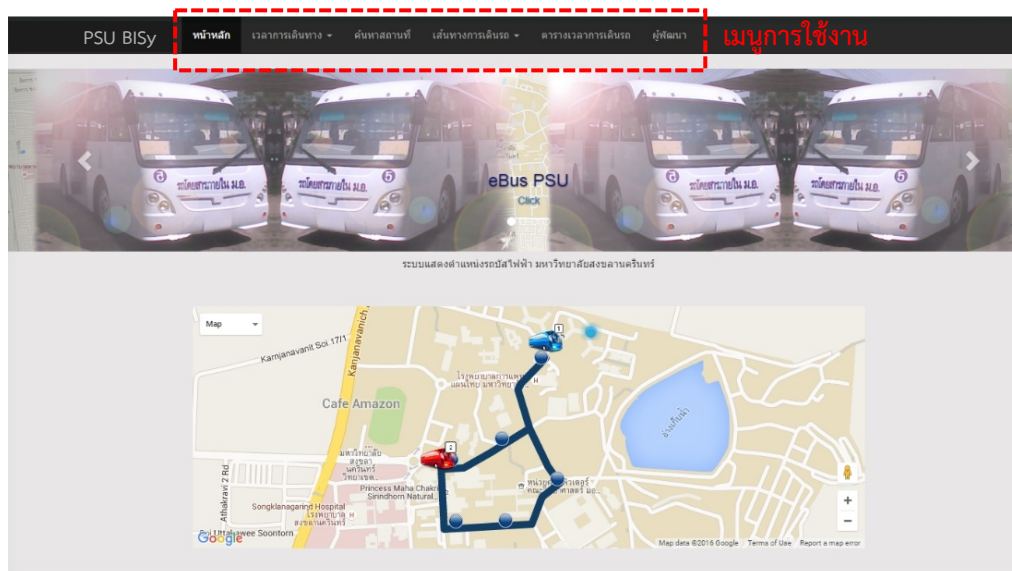
รูปที่ ก-1 แอปพลิเคชัน PSU BISy

1.2 เมื่อเข้าสู่แอปพลิเคชันเรียบร้อยแล้ว จะปรากฏหน้าจอแสดงตำแหน่งปัจจุบันของรถบัส ม.อ. ที่กำลังให้บริการ



รูปที่ ก-2 หน้าจอแอปพลิเคชัน PSU BISy

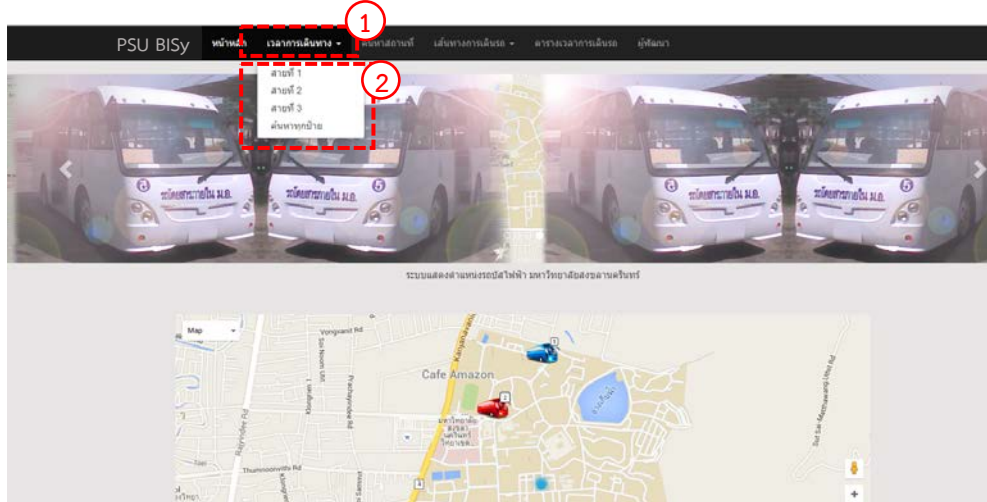
- 1.3 หากผู้ใช้บริการเลือกที่สัญลักษณ์ของรถบัส ม.อ. แอปพลิเคชันจะแสดงตำแหน่งป้ายหยุดรถและเส้นทางบริการให้ทราบ
2. การใช้งานผ่านเว็บไซต์
 - 2.1 เปิดเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) แล้วกรอก URL ชื่อ www.psubisy.com จะปรากฏหน้าจอตั้งรูปที่ ก-3
 - 2.2 เมื่อเข้าสู่เว็บไซต์ จะปรากฏหน้าจอแสดงตำแหน่งปัจจุบันของรถบัส ม.อ. และเมนูการใช้งานต่างๆ ในส่วนบนของเว็บไซต์
 - 2.3 หากคลิกที่สัญลักษณ์ของรถบัส ม.อ. ระบบจะแสดงตำแหน่งป้ายหยุดรถและเส้นทางบริการของรถบัส ม.อ. ในแต่ละสายให้ผู้ใช้บริการได้ทราบ



รูปที่ ก-3 เส้นทางบริการให้บริการรถบัส ม.อ. จากระบบ PSU BISy

การแสดงผลเวลาถึงของรถบัส ม.อ.

1. เลือกเมนู “เวลาการเดินทาง”



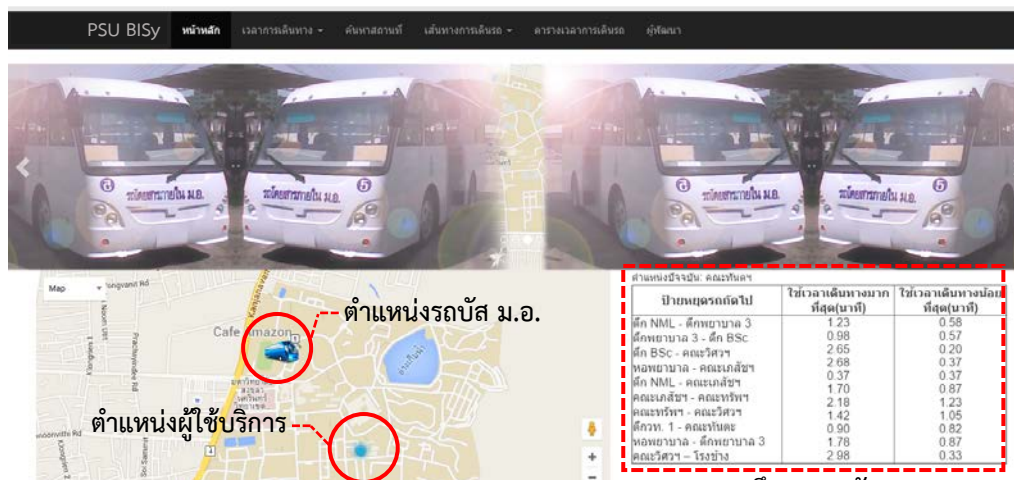
รูปที่ ก-4 เมนูการแสดงผลเวลาเดินทางของรถบัส ม.อ.

2. ระบบจะแสดงเมนูย่อยให้ผู้ให้บริการทราบ โดยมี 4 เมนูย่อย ดังนี้

- 2.1. เส้นทางกรให้บริการที่ 1
- 2.2. เส้นทางกรให้บริการที่ 2
- 2.3. เส้นทางกรให้บริการที่ 3
- 2.4. แสดงเส้นทางให้บริการทั้งหมด

3. เมื่อผู้ใช้บริการเลือกเมนูย่อยเสร็จสิ้นแล้ว ระบบจะแสดงข้อมูลทั้งหมด 2 ส่วน ดังนี้

- 3.1. ตำแหน่งปัจจุบันของรถบัส ม.อ. และตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้บริการ
- 3.2. เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ในแต่ละจุดต้นทาง-ปลายทาง โดยแสดงผลการเดินทางนานที่สุดและน้อยที่สุด



เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

รูปที่ ก-5 หน้าจอแสดงผลข้อมูลรถบัส ม.อ.

คู่มือการใช้งานสำหรับผู้ดูแลระบบ

การเข้าสู่ระบบ

1. เปิดเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) แล้วกรอก URL ชื่อ www.psubisy.com/admin จะปรากฏหน้าจอการยืนยันตัวตนสำหรับผู้ดูแลระบบ
2. ก่อนการเข้าใช้งานในฐานะผู้ดูแลระบบจะต้องทำการยืนยันตัวตน โดยการกรอก “Username” และ “Password” ของผู้ดูแลระบบ



รูปที่ ก-6 ส่วนติดต่อผู้ใช้ของผู้ดูแลระบบ PSU BISy

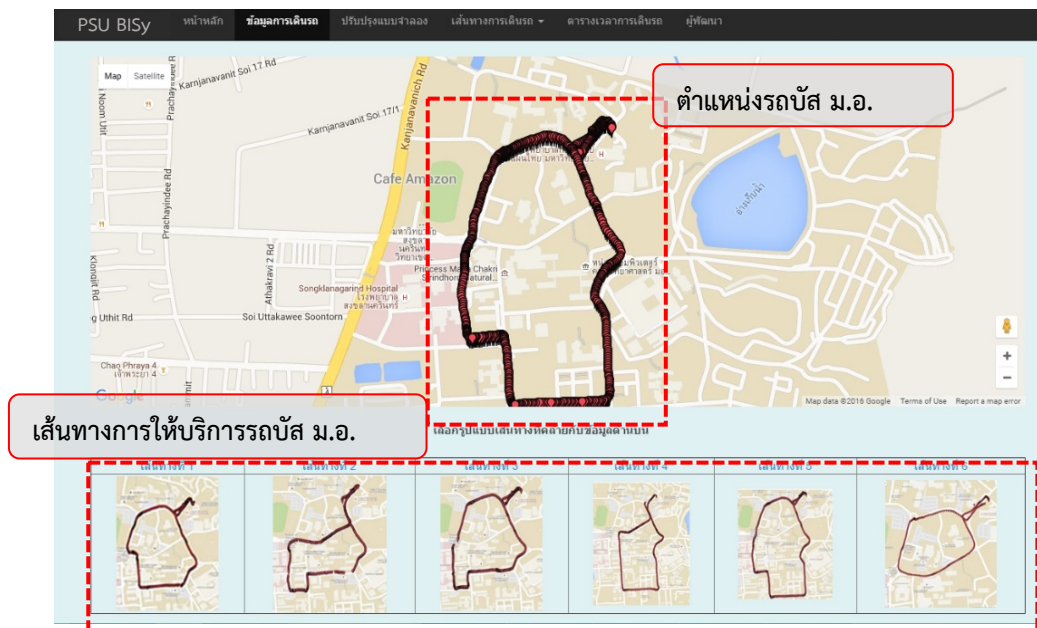
การแสดงผลข้อมูลตำแหน่งและเส้นทางการให้บริการของรถบัส ม.อ.

1. หลังจาก Log in เข้าสู่ระบบเสร็จสิ้นแล้ว จะปรากฏหน้าจอรายงานข้อมูลการให้บริการรถบัส ม.อ. ทั้งหมด โดยแยกตามวันที่และช่วงเวลา เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าไปตรวจสอบตำแหน่งการให้บริการรถบัส ม.อ. ย้อนหลังได้

วันที่	เวลา
2015-08-07	07-50 08-00 R5
2015-08-07	08-05 08-14 R2
2015-08-07	08-33 08-45 R3
2015-08-07	08-50 09-00 R2
2015-08-07	09-05 09-16 R1
2015-08-07	11-53 12-03 R3
2015-08-07	12-08 12-07 R4
2015-08-07	12-21 12-32 R3
2015-08-07	12-42 12-52 R2
2015-08-07	12-52 13-08 R6

รูปที่ ก-7 รายงานการให้บริการรถบัส ม.อ.

- เมื่อเลือกช่วงเวลาของการให้บริการรถบัส ม.อ. เสร็จสิ้นแล้ว ระบบจะแสดงตำแหน่งการให้บริการรถทั้งหมดในหน้าจอ หากผู้ดูแลระบบต้องการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการคาดการณ์เวลามาถึงจะต้องเปรียบเทียบข้อมูลดังกล่าวกับเส้นทางบริการที่ระบบแสดงว่ามีรูปแบบเส้นทางให้บริการเหมือนกับเส้นทางหมายเลขใด



รูปที่ ก-8 เตรียมข้อมูลการให้บริการรถบัส ม.อ.

- เมื่อเลือกเส้นทางบริการเสร็จสิ้นแล้วระบบจะคำนวณและคัดกรองข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

วันที่และเวลาของการให้บริการรถ PSU eBus : 2016-03-28 16:22:00

ช่วงเวลา	ประเภทเวลา	รอบที่	Section	ละติจูด	ลองจิจูด	เวลามาถึง	เวลาเดินทาง(วินาที)	ระยะทาง(เมตร)	ความเร็ว(เมตร/วินาที)
evening	-	-	-	7.0113457	100.4998971	2016-03-28 16:22:05	-	-	-
evening	n	22	A	7.010606	100.4971908	2016-03-28 16:23:52	107	350	3.27
evening	n	22	E	7.0085034	100.496523	2016-03-28 16:24:44	52	290	5.58
evening	n	22	G	7.0076767	100.4970632	2016-03-28 16:25:31	47	160	3.40
evening	n	22	L	7.0053347	100.4973529	2016-03-28 16:26:44	73	260	3.56
evening	n	22	M	7.0050402	100.5000475	2016-03-28 16:29:04	140	600	4.29
evening	n	22	N	7.0077965	100.5003275	2016-03-28 16:30:17	73	350	4.79
evening	n	22	Q	7.0108761	100.4993648	2016-03-28 16:33:00	163	450	2.76

การปรับปรุงแบบจำลองการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

1. เลือกเมนู “ปรับปรุงแบบจำลอง”
2. คลิกปุ่ม “เริ่มปรับปรุงแบบจำลอง”

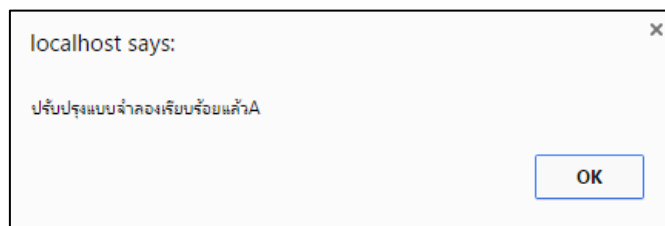


รูปที่ ก-9 ปรับปรุงแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

```

Linear Node 0
Inputs Weights
Threshold 1.1028984340891579
Node 1 -1.4596539971544302
Node 2 0.33029232242242845
Node 3 0.44947493935434324
Node 4 -0.2591590776915396
Node 5 -0.8376475764737559
Node 6 -0.14766572437129535
Node 7 -0.7006173265936717
Sigmoid Node 1
Inputs Weights
Threshold 0.25707032069769215
Attrib type_time -0.7790306240532564
Attrib round_time=1 -0.5984129186704783
Attrib round_time=2 -0.49330074212927805
Attrib round_time=3 -0.42516595701990695
Attrib round_time=4 0.0714503855729252
Attrib round_time=5 0.01685142229947489
Attrib round_time=6 0.42571120179117106
Attrib round_time=7 -0.10645252206963435
Attrib round_time=8 0.2839301768141078
Attrib round_time=9 -0.47936938552691216
Attrib round_time=10 -0.36235441092335335
Attrib s -1.0910095375044353
Attrib v 1.1949818980883744
Sigmoid Node 2
Inputs Weights
Threshold -0.17428596499995075
Attrib type_time 0.10941748250782395
Attrib round_time=1 0.015334979990983441
Attrib round_time=2 0.16085960056971915
Attrib round_time=3 0.173549710197805
Attrib round_time=4 0.05191109566216281
Attrib round_time=5 0.24533778881253375
Attrib round_time=6 0.1189379119064858
Attrib round_time=7 0.14767430610139773
Attrib round_time=8 0.018607309417819797
Attrib round_time=9 0.38512291832924794
Attrib round_time=10 0.21653064297357122
Attrib s 0.17351019974869172
Attrib v -0.011357054391947324
    
```

รูปที่ ก-10 การสร้างแบบจำลองแบบปรับตัวได้จากระบบ PSU BISy



รูปที่ ก-11 การแจ้งเตือนสถานะการสร้างและปรับปรุงแบบจำลอง

การคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

1. เลือกเมนู “คาดการณ์เวลามาถึง”
2. กดปุ่ม “คาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.”



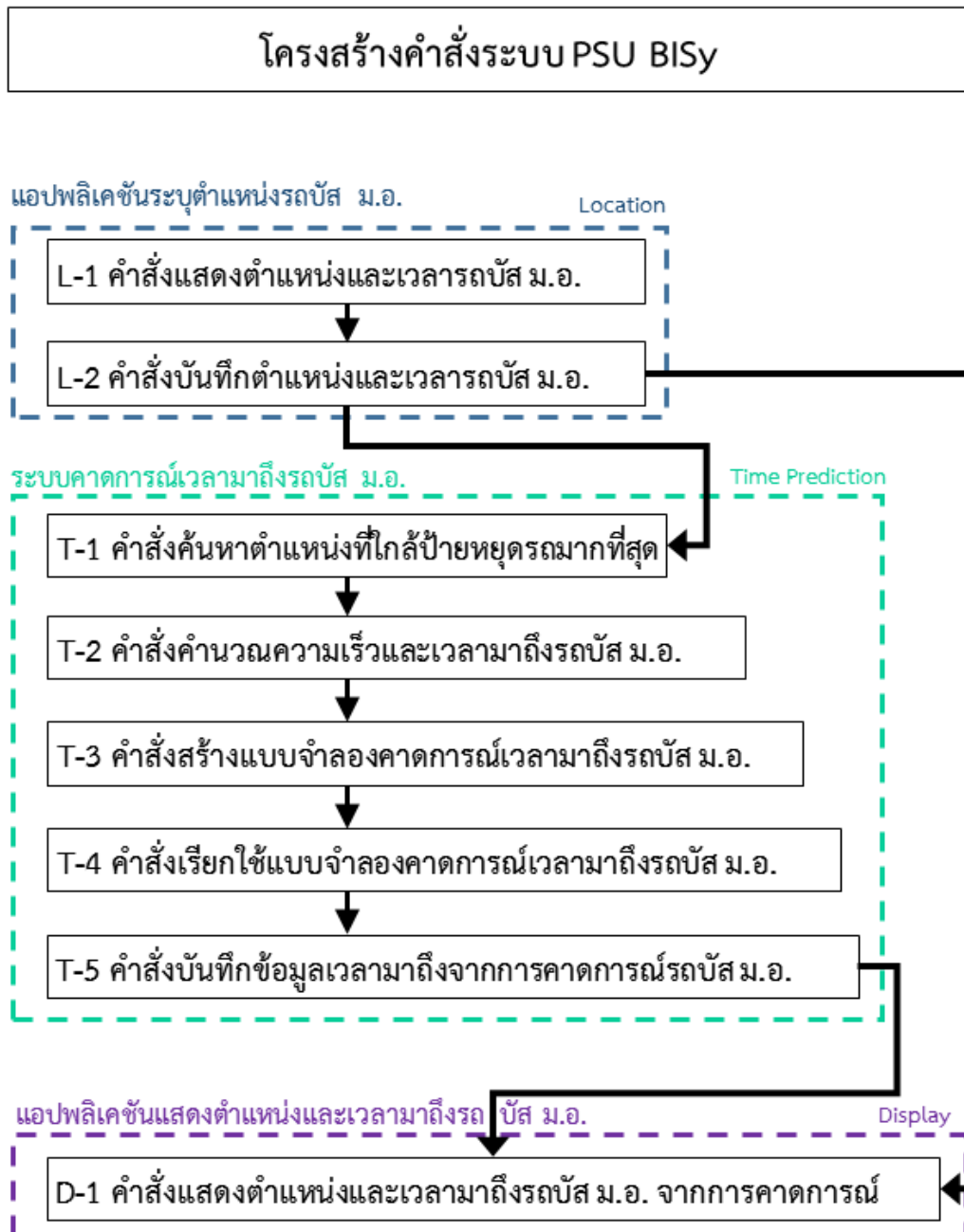
รูปที่ ก-12 การคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

3. ระบบทำการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. ในทุกจุดต้นทาง-ปลายทาง แล้วบันทึกลงฐานข้อมูล
4. เมื่อระบบคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ. เสร็จสิ้นแล้วจะทำการแจ้งเตือนว่า “คาดการณ์เวลามาถึงเสร็จสิ้นแล้ว”

Section: โรงช่าง-คณะศิลปศาสตร์ max_time morning is:206.23 min_time morning is:36.221 max_time midday is:201.601 min_time midday is:50.27 max_time evening is:179 min_time evening is:100	Section: คณะทันตฯ - หอพักพยาบาล max_time morning is:141.003 min_time morning is:68.999 max_time midday is:140.896 min_time midday is:68.979 max_time evening is:217.788 min_time evening is:68.998	Section: ดึก NML - คณะเภสัชฯ max_time morning is:102.169 min_time morning is:51.848 max_time midday is:84 min_time midday is:78 max_time evening is:73 min_time evening is:53
Section: โรงช่าง - ดึกฟักทอง max_time morning is:318.264 min_time morning is:47.989 max_time midday is:226.908 min_time midday is:35.471 max_time evening is:217.06 min_time evening is:32.561	Section: คณะทันตฯ - ดึก NML max_time morning is:74 min_time morning is:35 max_time midday is:74 min_time midday is:35 max_time evening is:74 min_time evening is:28	Section: คณะเภสัชฯ - คณะทรัพยากร max_time morning is:130.512 min_time morning is:74.398 max_time midday is:187 min_time midday is:127 max_time evening is:140 min_time evening is:130
Section: ดึกฟักทอง - ดึกท. 1 max_time morning is:153.206 min_time morning is:18.634 max_time midday is:149.804 min_time midday is:16.77 max_time evening is:151.966 min_time evening is:22.292	Section: ดึก NML - ดึกพยาบาล 3 max_time morning is:58.601 min_time morning is:33.957 max_time midday is:61 min_time midday is:17 max_time evening is:61 min_time evening is:17	Section: คณะทรัพยากร - คณะวิศวกรรมฯ max_time morning is:85.336 min_time morning is:63.303 max_time midday is:103 min_time midday is:80 max_time evening is:73 min_time evening is:68
Section: ดึกท. 1 - ดึก NML max_time morning is:142.802 min_time morning is:14.9 max_time midday is:149.808 min_time midday is:19.195 max_time evening is:161.822 min_time evening is:26.497	Section: ดึกพยาบาล 3 - ดึก BSc max_time morning is:153.972 min_time morning is:20.786 max_time midday is:148.241 min_time midday is:31.277 max_time evening is:140.599 min_time evening is:24.175	Section: ดึกท. 1 - คณะทันตฯ max_time morning is:54 min_time morning is:49 max_time midday is:54 min_time midday is:25 max_time evening is:28 min_time evening is:28

รูปที่ ก-13 ผลการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างชุดคำสั่งระบบ PSU BISy



L-1 คำสั่งแสดงตำแหน่งและเวลารถบัส ม.อ.

```
function onDeviceReady() {
  watchID = navigator.geolocation.watchPosition(onSuccess, onError, { frequency: 5000,
  timeout: 30000, enableHighAccuracy: true });
}
```

```
function onSuccess(position) {
  var element = document.getElementById('geolocation');
  element.innerHTML = 'Latitude: ' + position.coords.latitude + '<br />' +
    'Longitude: ' + position.coords.longitude + '<br />' +
    'TimeStamp: ' + position.timestamp + '<br />' +
    '<hr />' + element.innerHTML;
  addLocation(position.coords.latitude,position.coords.longitude,position.timestamp);
}
```

```
function addLocation(lat,lon,acc){
  var latlon = "data1="+lat+"&data2="+lon+"&data3="+acc;
  $.ajax({
    type: 'GET',
    url: 'http://psubisy.bisy.es/default.php',
    data: latlon,
    success: function(data){
      $('#result').html( data );
    }
  });
}
```

L-2 คำสั่งบันทึกตำแหน่งและเวลารถบัส ม.อ. ลงในฐานข้อมูล

```
$lat = $_POST['lat'];
$lon = $_POST['lon'];
$timedevise = $_POST['timedevise'];
$daytime = new DateTime;;
$daytime = $daytime->format("Y-m-d G:i:s e");
$sql1 = "insert into location values (NULL,'$lat','$lon','$daytime','$user','$timedevise)";
if ($conn->query($sql1) === TRUE) {
```

```

    echo "New record created successfully";
} else {
    echo "Error: " . $sql1 . "<br>" . $conn->error;
}

```

T-1 คำสั่งค้นหาตำแหน่งที่ใกล้ป้ายหยุดรถโดยใช้กฎของ Haversine

```

function haversineGreatCircleDistance(
    $latitudeFrom, $longitudeFrom, $latitudeTo, $longitudeTo, $earthRadius =
6371000){
    $latFrom = deg2rad($latitudeFrom);
    $lonFrom = deg2rad($longitudeFrom);
    $latTo = deg2rad($latitudeTo);
    $lonTo = deg2rad($longitudeTo);
    $latDelta = $latTo - $latFrom;
    $lonDelta = $lonTo - $lonFrom;
    $angle = 2 * asin(sqrt(pow(sin($latDelta / 2), 2) +
    cos($latFrom) * cos($latTo) * pow(sin($lonDelta / 2), 2)));
    return $angle * $earthRadius;
}
function Closest($distance){
    $lastt[$j]=$distance;
    echo $lastt[$j]."<br>";
    $j++;
}

```

T-2 คำสั่งคำนวณความเร็วและเวลามาถึงในแต่ละป้ายหยุดรถ

```
$arr_timecleanpoint[$k]=$lastdaytime;
$date1=$arr_timecleanpoint[$k-1];
$date2=$arr_timecleanpoint[$k];
$diff = number_format(abs(strtotime($date2) - strtotime($date1)),1);
$speed = number_format($s_bus_stop[$k]/$diff,1);
```

T-3 คำสั่งสร้างแบบจำลองคาดการณ์เวลามาถึงรถบัส ม.อ.

```
$section = array("A", "B", "C", "D", "E", "F", "G", "H", "I",
                "J", "K", "L", "M", "N", "O", "P", "Q");
$route = array(1,3,5);
$output;
foreach($route as $value_route){
    foreach($section as $value){
        $cmd = "java -cp weka.jar weka.classifiers.functions.
        MultilayerPerceptron -t ../Data/R1/Data_Train/" . $value_route . "/dtTrain
        R1_" . $value . ".arff -d R1/" . $value_route . "/model_route1_day_" . $value_route .
        "_" . $value . ".model";
        exec($cmd, $output);
    }
}
```

T-4 คำสั่งเรียกใช้แบบจำลองในการคาดการณ์เวลามาถึงของรถบัส ม.อ.

```
foreach($route as $value_route){
    echo $value_route . "<br>";
    foreach($section as $key => $value){
        echo "ป้ายหยุดรถที่ : " . $key . "<br>";
        $cmd = "java -cp weka.jar weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron -T
        ../Data/R1/Data_Test/" . $value_route . "/dtTest_R1_" . $value . ".arff -l
        ../Model/R1/" . $value_route . "/model_route1_day_" . $value_route . "_" . $value .
        ".model -p 0";
        unset($output);
        exec($cmd, $output);
    }
}
```

T-5 คำสั่งบันทึกข้อมูลเวลามาถึงจากการคาดการณ์รถบัส ม.อ.

```
for($i = 0; $i < sizeof($output); $i++)
{
    if($data[0]!=""){
        $data = explode("-", $data);
        echo "รอบที่ : ".$data[0].", actual : ".$data[1].", predict : ".$data[2]."<br>";
        $sql = "INSERT INTO route1 (busstop_id, round, time_predict)VALUES
            (". $key.", ". $data[0].", ". $data[2].")";
        if ($conn->query($sql) === TRUE) {
            echo "New record created successfully";
        } else {
            echo "Error: " . $sql . "<br>" . $conn->error;
        }
    }
}
```

D-1 คำสั่งแสดงตำแหน่งและเวลามาถึงของรถบัส ม.อ. จากการคาดการณ์

```
var radius = document.getElementById('radiusSelect').value;
var searchUrl = 'phpsqlsearch_genxml.php?lat=' + center.lat() + '&lng=' + center.lng();
    downloadUrl(searchUrl, function(data) {
var xml = parseXml(data);
var markerNodes = xml.documentElement.getElementsByTagName("marker");
var bounds = new google.maps.LatLngBounds();
    for (var i = 0; i < markerNodes.length; i++) {
        var name = markerNodes[i].getAttribute("name");
        var address = markerNodes[i].getAttribute("address");
        var distance = parseFloat(markerNodes[i].getAttribute("distance"));
        var latLng = new google.maps.LatLng(
            parseFloat(markerNodes[i].getAttribute("lat")),
            parseFloat(markerNodes[i].getAttribute("lng")));
        createOption(name, distance, i);
        createMarker(latLng, name, address);
        bounds.extend(latLng);
    }
locationSelect.onchange = function() {
    var markerNum = locationSelect.options[locationSelect.selectedIndex].value;
    google.maps.event.trigger(markers[markerNum], 'click');
};
```

```

});
    }}}
    $strSQL = "SELECT * FROM route1 where round=".$round_bus." order by
timestamp desc";
    $objQuery = mysql_query($strSQL) or die (mysql_error());
    $intNumField = mysql_num_fields($objQuery);
    $resultArray = array();
    while($objResult = mysql_fetch_array($objQuery))
    {
        $arrCol = array();
        for($i=0;$i<$intNumField;$i++)
        {
            $arrCol[mysql_field_name($objQuery,$i)] =
$objResult[$i];

            echo $arrCol[$i];
        }
        array_push($resultArray,$arrCol);
    }
    mysql_close($objConnect);
    echo json_encode($resultArray);

```


ภาคผนวก ค

ตำแหน่งป้ายหยุดรถ และเวลาการเดินทางของรถบัส ม.อ.

ค-1 ข้อมูลป้ายหยุดรถสายที่ 1

จุดจอดที่	ป้ายหยุดรถ	ตำแหน่ง	
		ละติจูด	ลองจิจูด
1	ศูนย์อาหาร	7.011363	100.500108
2	คณะศิลปศาสตร์	7.010636	100.497209
3	คณะทันตฯ	7.008292	100.496359
4	ตึก NML	7.007671	100.497114
5	ตึก LRC	7.006629	100.499127
6	คณะวิศวะฯ	7.007762	100.500467
7	ศูนย์อาหาร	7.011371	100.499918

ค-2 ข้อมูลป้ายหยุดรถสายที่ 2

จุดจอดที่	ป้ายหยุดรถ	ตำแหน่ง	
		ละติจูด	ลองจิจูด
1	ศูนย์อาหาร	7.011363	100.500108
2	ตึกฟักทอง	7.008996	100.498940
3	ตึกวท.1	7.008280	100.497632
4	คณะทันตแพทย์	7.008292	100.496359
5	หอพักพยาบาล	7.005577	100.496449
6	คณะเภสัชศาสตร์	7.005330	100.497255
7	ตลาดเกษตร	7.003793	100.498784
8	คณะทรัพยากรฯ	7.004902	100.500173
9	คณะวิศวะฯ	7.007762	100.500467

ค-3 ข้อมูลป้ายหยุดรถสายที่ 3

จุดจอดที่	ป้ายหยุดรถ	ตำแหน่ง	
		ละติจูด	ลองจิจูด
1	ศูนย์อาหาร (โรงช้าง)	7.011363	100.500108
2	คณะทรัพยากรธรรมชาติ	7.010636	100.497209
3	คณะอุตสาหกรรมเกษตร	7.008292	100.496359
4	ตลาดเกษตร	7.007671	100.497114
5	คณะเกษตรศาสตร์	7.006629	100.499127
6	คณะทันตแพทยศาสตร์	7.007762	100.500467
7	คณะศิลปศาสตร์	7.011371	100.499918
8	ศูนย์อาหาร (โรงช้าง)	7.011371	100.499918

ค-4 จุดต้นทาง-ปลายทางระหว่างป้ายหยุดรถของการให้บริการรถบัส ม.อ.

ลำดับ	Section	รายละเอียด	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	A	ศูนย์อาหาร-คณะศิลปฯ	0.35
2	B	ศูนย์อาหาร-ตึกฟักทอง	0.22
3	C	ตึกฟักทอง-ตึกวท. 1	0.17
4	D	ตึกวท. 1-ตึก NML	0.14
5	E	คณะศิลปฯ-คณะทันตฯ	0.29
6	F	คณะทันตฯ-หอพักพยาบาล	0.35
7	G	คณะทันตฯ-ตึก NML	0.16
8	H	ตึก NML-ตึกพยาบาล 3	0.17
9	I	ตึกพยาบาล 3- ตึก BSc	0.18
10	J	ตึก BSc-คณะวิศวะฯ	0.23
11	K	หอพักพยาบาล-คณะเกษตรฯ	0.11
12	L	ตึก NML-คณะเกษตรฯ	0.26
13	M	คณะเกษตรฯ-คณะทรัพยากรฯ	0.60
14	N	คณะทรัพยากรฯ-คณะวิศวะฯ	0.35
15	O	ตึกวท. 1-คณะทันตฯ	0.15
16	P	หอพักพยาบาล-ตึกพยาบาล 3	0.23
17	Q	คณะวิศวะฯ-ศูนย์อาหาร	0.45

ค-5 เวลาการเดินทางของรถบัส ม.อ. ในสัปดาห์ที่ 1

ช่วง	จุดต้นทาง-ปลายทาง	เวลาการเดินทาง (นาที)											
		สัปดาห์ที่ 1											
		เช้า			เที่ยง			เย็น			เฉลี่ย		
		จันทร์	พุธ	ศุกร์	จันทร์	พุธ	ศุกร์	จันทร์	พุธ	ศุกร์	จันทร์	พุธ	ศุกร์
A	โรงช้าง-คณะศิลปฯ	N/A	N/A	2.0	2.0	1.2	2.7	1.7	2.6	1.8	1.9	1.9	2.2
B	โรงช้าง-ตึกฟักทอง	1.3	1.8	1.7	1.7	2.4	2.0	1.7	2.9	2.5	1.6	2.4	2.1
C	ตึกฟักทอง-ตึกวท.1	0.8	1.0	1.4	1.1	1.3	1.2	1.2	0.8	1.0	1.0	1.0	1.2
D	ตึกวท.1-ตึกNML	1.0	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6	0.9	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7
E	คณะศิลปฯ-คณะทันตฯ	N/A	N/A	1.7	N/A	1.3	1.3	1.2	1.0	1.1	1.2	1.1	1.4
F	คณะทันตฯ-หอพยาบาล	1.6	1.5	1.7	N/A	1.3	1.3	N/A	2.1	2.0	1.6	1.6	1.7
G	คณะทันตฯ-ตึกNML	N/A	N/A	1.1	N/A	0.8	0.8	0.6	0.7	0.9	0.6	0.7	0.9
H	ตึกNML-ตึกพยาบาล3	0.6	0.8	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.9	0.5	0.6	0.8	0.5
I	ตึกพยาบาล3-BSc	1.0	1.1	1.3	1.1	1.3	1.1	0.5	1.6	2.1	0.9	1.4	1.5
J	ตึกBSc-คณะวิศวะฯ	1.1	0.8	0.7	1.9	1.1	1.3	1.7	0.5	0.6	1.5	0.8	0.8
K	หอพยาบาล-คณะเภสัชฯ	0.8	0.6	N/A	N/A	0.6	0.4	1.6	1.6	N/A	1.2	0.9	0.4
L	ตึกNML-คณะเภสัชฯ	N/A	1.1	1.3	1.3	1.2	0.8	0.7	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0
M	คณะเภสัชฯ-คณะทรัพยากรฯ	2.4	1.7	2.3	1.5	2.8	2.6	2.8	2.5	2.7	2.2	2.3	2.6
N	คณะทรัพยากรฯ-คณะวิศวะฯ	2.1	1.7	1.1	1.5	1.6	1.7	1.1	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5
O	ตึกวท.1-คณะทันตฯ	1.8	N/A	0.8	N/A	0.9	1.0	N/A	0.8	0.2	1.8	0.8	0.7
P	หอพยาบาล-ตึกพยาบาล3	1.6	N/A	1.0	N/A	1.0	1.0	N/A	1.0	1.9	1.6	1.0	1.3
Q	คณะวิศวะฯ-โรงช้าง	1.8	2.1	1.8	2.9	1.9	3.1	3.2	1.9	1.8	2.6	2.0	2.2

หมายเหตุ N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลในระหว่างที่ทำการบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย

ค-6 เวลาการเดินทางของรถบัส ม.อ. ในสัปดาห์ที่ 2

ช่วง	จุดต้นทาง-ปลายทาง	เวลาการเดินทาง (นาที)											
		สัปดาห์ที่ 2											
		เช้า			เที่ยง			เย็น			เฉลี่ย		
		จันทร์	พุธ	ศุกร์	จันทร์	พุธ	ศุกร์	จันทร์	พุธ	ศุกร์	จันทร์	พุธ	ศุกร์
A	โรงช้าง-คณะศิลปฯ	2.3	3.1	4.2	1.8	2.7	N/A	1.8	4.3	3.2	2.0	3.4	3.7
B	โรงช้าง-ตึกฟักทอง	2.2	1.7	1.8	2.4	2.2	1.9	1.8	2.7	2.2	2.1	2.2	2.0
C	ตึกฟักทอง-ตึกวท.1	1.1	1.1	1.1	1.0	0.8	1.2	1.3	0.8	1.0	1.1	0.9	1.1
D	ตึกวท.1-ตึกNML	0.6	0.8	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6
E	คณะศิลปฯ-คณะทันตฯ	N/A	N/A	N/A	1.1	N/A	N/A	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0
F	คณะทันตฯ-หอพยาบาล	N/A	N/A	1.3	1.8	1.7	1.7	1.6	N/A	1.7	1.7	1.7	1.6
G	คณะทันตฯ-ตึกNML	N/A	N/A	N/A	0.6	N/A	N/A	0.8	1.1	0.5	0.7	1.1	0.5
H	ตึกNML-ตึกพยาบาล3	1.0	1.1	0.9	0.5	0.8	1.0	0.8	0.6	0.7	0.7	0.9	0.9
I	ตึกพยาบาล3-BSc	1.2	1.2	1.5	1.2	1.8	2.3	1.9	1.5	0.9	1.4	1.5	1.6
J	ตึกBsc-คณะวิศวะฯ	0.7	0.7	0.6	0.9	0.4	0.6	0.6	0.6	0.8	0.7	0.6	0.6
K	หอพยาบาล-คณะเภสัชฯ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.5	0.4	0.2	1.8	0.4	0.2	1.1
L	ตึกNML-คณะเภสัชฯ	1.3	1.4	1.3	0.7	0.9	1.3	1.1	1.2	1.1	1.0	1.2	1.2
M	คณะเภสัชฯ-คณะทรัพยากรฯ	2.6	2.1	1.8	1.6	2.1	2.4	2.2	2.6	2.9	2.1	2.2	2.4
N	คณะทรัพยากรฯ-คณะวิศวะฯ	1.8	1.3	1.3	1.3	1.9	1.3	1.3	1.3	1.5	1.4	1.5	1.4
O	ตึกวท.1-คณะทันตฯ	N/A	N/A	0.8	0.6	0.6	0.8	N/A	N/A	0.8	0.6	0.6	0.8
P	หอพยาบาล-ตึกพยาบาล3	N/A	N/A	1.1	1.0	1.2	N/A	1.2	1.3	0.7	1.1	1.2	0.9
Q	คณะวิศวะฯ-โรงช้าง	2.1	1.7	1.7	2.5	2.8	2.2	2.2	1.6	1.5	2.3	2.0	1.8

หมายเหตุ N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูลในระหว่างที่ทำการบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย

ค-7 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย MAE ทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง

จุดต้นทาง-ปลายทาง	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE)		
	การวิเคราะห์การ ถดถอยเชิงเส้น	ซัพพอร์ตเวกเตอร์ แมชชีน	โครงข่ายประสาท เทียม
โรงช้าง-คณะศิลปฯ	12.3641	16.4231	11.6179
โรงช้าง-ตึกฟักทอง	17.3935	11.9124	6.5443
ตึกฟักทอง-ตึกวท.1	16.0457	5.896	2.5967
ตึกวท.1-ตึกNML	10.1834	6.2804	6.714
คณะศิลปฯ-คณะทันตฯ	0.0059	0.021	0
คณะทันตฯ-หออพยาบาล	21.68	3.1705	0
คณะทันตฯ-ตึกNML	19.5	0.039	0
ตึกNML-ตึกพยาบาล3	0.1526	0.0489	0.0013
ตึกพยาบาล3-BSc	9.2654	6.6288	6.2658
ตึกBsc-คณะวิศวะฯ	22.8166	0.6824	0.8119
หออพยาบาล-คณะเภสัชฯ	22.3977	12.5898	0.0575
ตึกNML-คณะเภสัชฯ	18.9601	3.2534	0.0014
คณะเภสัชฯ-คณะทรัพย์ฯ	39.3452	8.5461	11.3542
คณะทรัพย์ฯ-คณะวิศวะฯ	27.7373	1.8889	0.1431
ตึกวท.1-คณะทันตฯ	31.551	23.1972	0.892
หออพยาบาล-ตึกพยาบาล3	44.8056	2.9969	1.9236
คณะวิศวะฯ-โรงช้าง	16.7813	9.5378	17.6376
เฉลี่ย	19.47	6.65	3.92

ค-8 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย RMSE ทุกช่วงของจุดต้นทาง-ปลายทาง

จุดต้นทาง-ปลายทาง	ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE)		
	การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น	ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน	โครงข่ายประสาทเทียม
โรงช้าง-คณะศิลปฯ	26.6919	26.579	14.3554
โรงช้าง-ตึกฟักทอง	25.4383	28.2254	7.8123
ตึกฟักทอง-ตึกวท.1	23.7636	16.2826	4.3214
ตึกวท.1-ตึกNML	13.9565	12.7029	8.235
คณะศิลปฯ-คณะทันตฯ	0.0092	0.0223	0
คณะทันตฯ-หอพยาบาล	24.3082	7.4178	0
คณะทันตฯ-ตึกNML	19.5	0.039	0
ตึกNML-ตึกพยาบาล3	0.1452	0.0522	0.0016
ตึกพยาบาล3-BSc	13.1146	13.8764	7.8649
ตึกBsc-คณะวิศวะฯ	31.0886	1.3684	1.0193
หอพยาบาล-คณะเภสัชฯ	30.6004	28.2837	0.0714
ตึกNML-คณะเภสัชฯ	28.019	12.5954	0.0012
คณะเภสัชฯ-คณะทรัพย์ฯ	46.5553	16.7757	14.0266
คณะทรัพย์ฯ-คณะวิศวะฯ	32.9171	6.4676	0.1683
ตึกวท.1-คณะทันตฯ	38.9081	36.1556	1.1409
หอพยาบาล-ตึกพยาบาล3	56.1654	7.9858	2.4092
คณะวิศวะฯ-โรงช้าง	23.9158	26.8911	22.1391
เฉลี่ย	25.59	14.22	4.92

ภาคผนวก ง
บทความวิจัยที่นำเสนอและได้รับการตีพิมพ์


บทความงานวิจัยเรื่องที่ 1

ได้นำเสนอและตีพิมพ์บทความการประชุมวิชาการ ATRANS ครั้งที่ 8

**PROCEEDING OF 8TH ATRANS SYMPOSIUM:
YOUNG RESEARCHER'S FORUM 2015**

**Transportation for A Better Life:
"Harnessing Finance for Safety and Equity in
ASEAN Economic Community (AEC)"**

21 August 2015
Swissotel Nai Lert Park, Bangkok



Organized by ATRANS
Asian Transportation Research Society (ATRANS), 902/1, 9th Flr, Glas Haus Building, Soi Sukhumvit 25,
Klongtoey-nua, Wattana, Bangkok 10110 Tel (66) 02-661-6248, Fax (66) 02-661-6249,
www.atransociety.com, e-mail : yrf.atranssymposium@gmail.com

การพัฒนาาระบบระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
Development of Bus Location Identification System in Prince of Songkla University

หมายเลขบทความ: AYRF15-011TH

สรายุทธ จุลแก้ว¹, ปรมศวรรย์ เหลือเทพ²

Sarayut Julkaew, Paramet Luathep

¹โครงการจัดการศึกษาพิเศษ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์ 083-685-6889

E-mail: sarayut.j@psu.ac.th

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์ 074-287-125

E-mail: paramet.l@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งระบบขนส่งสาธารณะเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของการให้บริการเป็นที่นิยมนำมาใช้ในต่างประเทศและในประเทศไทย เทคโนโลยีที่นำมาใช้มีหลายรูปแบบ เช่น ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ระบบอินเทอร์เน็ทด้วยคลื่นวิทยุ (RFID) และ ระบบเครือข่ายไร้สาย (WLAN) เป็นต้น บทความนี้นำเสนอการพัฒนาาระบบการระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ ระบบถูกพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ใช้ A-GPS (Assisted Global Positioning System) บนสมาร์ตโฟนและสามารถใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android นอกจากนี้ ระบบที่พัฒนาขึ้นยังสามารถบันทึกตำแหน่งปัจจุบันของรถโดยสารสาธารณะและแจ้งข้อมูลดังกล่าวให้กับผู้ใช้บริการเพื่อตัดสินใจเลือกใช้บริการได้ทันที

คำสำคัญ: ระบบระบุตำแหน่ง, รถโดยสารสาธารณะ, สมาร์ตโฟน

Abstract

Applying technology to locate a public transport system to increase a reliability of its service has been widely implemented in international and national practices. Various forms of technology has been adapted, e.g., Global Positioning System (GPS), Radio Frequency Identification (RFID), and Wireless Local Area Network (WLAN). This paper presents the development of location identification system of the public bus system serviced in the Prince of Songkla University, Hat Yai campus. The system was developed by adapting the A-GPS (Assisted Global Positioning System) operated on a smartphone. The developed system is compatible with both iOS and Android smartphones. In addition, the system is able to record the current location of a bus and inform the data to users in order to decide a bus choice in real time.

Keyword: Location Identification System, Public Bus, Smartphone

1. บทนำ

การนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของการให้บริการระบบขนส่งสาธารณะเป็นที่นิยมในหลายเมืองของประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ประเทศออสเตรเลีย [1] และญี่ปุ่น [2] ได้ลงทุนติดตั้ง Global Positioning System (GPS) ไว้ในตัวรถโดยสารสาธารณะที่ให้บริการแก่ประชาชนในแต่ละคันนั้น เพื่อยืนยันตำแหน่งและนำข้อมูลมาแสดงให้กับผู้ใช้บริการได้รับทราบ มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 อีกทั้งข้อมูลดังกล่าวยังสามารถนำมาใช้วิเคราะห์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะคันที่ใกล้ที่สุดได้อีกด้วย

ส่วนในสิงคโปร์ [3] ซึ่งเป็นประเทศที่มีบทบาทสำคัญทางเศรษฐกิจในประชาคมอาเซียน มีผู้ใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะเป็นจำนวนมาก โดยมีผู้ใช้บริการระบบรถโดยสารสาธารณะเฉลี่ยวันละ 3,601 คนต่อเที่ยว อันเป็นผลมาจากความร่วมมือกันระหว่างรัฐบาลกับองค์กรเอกชนที่ได้พัฒนาระบบขนส่งสาธารณะไปพร้อมกับระบบการให้ข้อมูลการเดินทาง ทำให้ระบบขนส่งสาธารณะมีความน่าเชื่อถือจนเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบแจ้งเวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะในแต่ละป้ายเป็นแบบเวลาจริง (Real Time) ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนและได้นำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ร่วมกับจำนวนผู้ใช้บริการเพื่อบริหารจัดการตารางการให้บริการรถโดยสารสาธารณะให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

สำหรับประเทศไทย ได้มีการนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้กับการให้บริการระบบขนส่งสาธารณะเช่นกัน ดังตัวอย่างของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [4] ซึ่งได้นำเทคโนโลยี GPS มาติดตั้งบนรถโดยสารสาธารณะของมหาวิทยาลัยเพื่อระบุตำแหน่งปัจจุบันของรถและแจ้งข้อมูลตำแหน่งให้กับผู้ใช้บริการทราบผ่านแอปพลิเคชันที่ชื่อ “KU Smart Bus” บนสมาร์ตโฟน ระบบดังกล่าวสามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับบริการได้เป็นอย่างดี ทำให้ผู้ใช้บริการเพิ่มมากขึ้นและยังช่วยลดปัญหาการจราจรภายในมหาวิทยาลัยได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งโดยใช้ GPS นั้นยังคงมีต้นทุนในการติดตั้งและบำรุงรักษาที่สูง การใช้เทคโนโลยีที่ใกล้เคียงกับ GPS เช่น Assisted Global Positioning System (A-GPS) บนสมาร์ตโฟน ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งรถสาธารณะที่มีประสิทธิภาพในต้นทุนที่ลดลง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ได้จัดให้มีระบบรถโดยสารสาธารณะประจำทางภายในวิทยาเขตหาดใหญ่เพื่อให้บริการแก่นักศึกษาและบุคลากร และเพื่อเป็นการจัดระเบียบการจราจรภายในวิทยาเขตมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 อย่างไรก็ตาม การให้บริการดังกล่าวยังประสบปัญหาจำนวนผู้ใช้บริการน้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ จากการสำรวจข้อมูลและประเด็นปัญหาการให้บริการรถโดยสารสาธารณะ โดยคณะผู้วิจัย พบว่าผู้ใช้บริการส่วนใหญ่ไม่ทราบเส้นทางและตำแหน่งปัจจุบันของรถโดยสารสาธารณะ ทำให้ไม่มั่นใจในการรอใช้บริการรถโดยสาร

สาธารณะและไม่สามารถคาดการณ์เวลาในการเดินทางได้ ประเด็นดังกล่าวส่งผลอย่างยิ่งต่อการเลือกใช้ระบบรถโดยสารสาธารณะของนักศึกษาและบุคลากรในปัจจุบัน

จากที่กล่าวมาข้างต้น บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการพัฒนาาระบบระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะโดยประยุกต์ใช้ A-GPS บนสมาร์ตโฟน ระบบดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ข้อมูลตำแหน่งและเส้นทางของรถโดยสารสาธารณะแก่ผู้ใช้บริการรถโดยสารสาธารณะผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ซึ่งแอปพลิเคชันนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android

บทความนี้ประกอบด้วย 5 หัวข้อ ได้แก่ หัวข้อที่ 2 กล่าวถึง การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3 อธิบายการออกแบบระบบ หัวข้อที่ 4 นำเสนอผลการศึกษาและการพัฒนาระบบ และสุดท้ายเป็นการสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transport Systems, ITS) เป็นระบบที่มีการนำเทคโนโลยีด้านการคำนวณ เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารมาใช้กับการบริหารจัดการขนส่งและการจราจรให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากที่สุด โดยอาจมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น เพิ่มความสะดวกรวดเร็ว เพิ่มความปลอดภัยในการเดินทาง เพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบขนส่ง เป็นต้น ปัจจุบันมีการนิยมนำสมาร์ตโฟนมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้ผู้เดินทางสามารถเข้าถึงข้อมูลของ ITS ผ่านทางแอปพลิเคชันได้อย่างสะดวกสบายและรวดเร็ว [5]

แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน (Mobile Application) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้ในสมาร์ตโฟน โดยแอปพลิเคชันจะต้องทำงานบนระบบปฏิบัติการ (Operating System หรือ OS) ของสมาร์ตโฟน ซึ่งแต่ละยี่ห้อที่มีระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันไป International Data Corporation (IDC) [6] ซึ่งเป็นองค์กรนานาชาติที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านธุรกิจเกี่ยวกับระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งานสมาร์ตโฟนย้อนหลังจนถึงปัจจุบัน พบว่า ปริมาณการใช้งานสมาร์ตโฟนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยระบบปฏิบัติการบนสมาร์ตโฟนที่ได้รับความนิยมมากที่สุด 2 อันดับในปัจจุบัน ได้แก่ Android และ iOS สาเหตุหนึ่งมาจากแอปพลิเคชันที่พัฒนาบนสองระบบนี้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม การพัฒนาการแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนให้สามารถทำงานได้หลายระบบปฏิบัตินั้น เป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับนักพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนเพื่อรองรับการทำงานหลายระบบปฏิบัติการ (Mobile Application Cross Platform) เป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันให้สามารถทำงานบนสมาร์ตโฟนได้มากกว่า 1 ระบบปฏิบัติการ โดยใช้การพัฒนาแอปพลิเคชันเพียงครั้งเดียว ดังนั้น การพัฒนา Mobile Application Cross Platform จึงจำเป็นต้องใช้โครงสร้าง (Framework) ของซอฟต์แวร์ต่างๆ เช่น Adobe PhoneGap [7] Apache Cordova [8] และ Worklight [9] เป็นต้น เพื่อให้แอปพลิเคชันสามารถทำงานในแต่ละระบบปฏิบัติการของสมาร์ตโฟนได้ โดยซอฟต์แวร์ดังกล่าวได้ถูกพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของเทคโนโลยีเว็บ HTML5 CSS และ JavaScript ซึ่งในปัจจุบันนี้มีฟังก์ชันการทำงานหลากหลายรูปแบบ เช่น การแสดงข้อมูลรูปภาพ เสียง วิดีโอ หรือแม้แต่แผนที่ นอกจากนี้ ยังมีคำสั่งที่สามารถเรียกใช้งานการระบุตำแหน่งบนพื้นโลกที่แม่นยำผ่าน A-GPS บนสมาร์ตโฟนได้อีกด้วย

ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System, GPS) [10] เป็นระบบรับและส่งตำแหน่งบนพื้นโลกโดยอาศัยพิกัดสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียม ซึ่งดาวเทียมแต่ละดวงจะส่งสัญญาณออกมาเป็นจังหวะอย่างต่อเนื่อง โดยข้อมูลที่มาับสัญญาณจะมีสองประเภทคือ เวลาที่ส่งและตำแหน่งโคจรของดาวเทียม ในส่วนของอุปกรณ์ภาครับสัญญาณ เช่น GPS Tracking หรือสมาร์ตโฟน เมื่อได้รับสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียม อุปกรณ์ดังกล่าวจะตรวจสอบเวลาของสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากดาวเทียมและเวลาที่อุปกรณ์นั้นได้รับสัญญาณ แล้วนำมาคำนวณหาระยะเวลาเดินทางของสัญญาณและระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ภาครับสัญญาณกับดาวเทียมที่ส่งสัญญาณออกมา โดยความแม่นยำของการระบุตำแหน่งบนพื้นโลกนั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนของดาวเทียมที่อุปกรณ์ภาครับสามารถรับสัญญาณได้ หากอุปกรณ์ภาครับสามารถรับสัญญาณของดาวเทียมได้หลายดวง (มีปริมาตรสูง) จะยิ่งมีความแม่นยำของตำแหน่งบนพื้นโลกมากขึ้น

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบ GPS ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น โดยเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาต่อออกจากระบบ GPS มีชื่อว่า "A-GPS" หรือ Assisted Global Positioning System [11] เป็นระบบ GPS ที่มี การสนับสนุนข้อมูลผ่านระบบ GPRS (General Package Radio Service) ซึ่งเป็นการรับและส่งข้อมูลตำแหน่งบนพื้นโลกผ่านระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ แทนการรับส่งข้อมูลผ่านดาวเทียม ข้อมูลดังกล่าวจะได้ออกมาจากเสาส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ให้บริการต่างๆ ทำให้ อุปกรณ์ภาครับ GPS สามารถระบุตำแหน่งบนพื้นโลกโดยประมาณได้ ก่อนที่จะรับสัญญาณ GPS ที่แท้จริงจากดาวเทียม ส่งผลให้การประมวลผลตำแหน่งจะละเอียดทำได้เร็วมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันหลายบริษัทได้นำ A-GPS ไปประยุกต์ใช้ในการระบุตำแหน่งบนพื้นโลกให้กับสมาร์ตโฟนกันอย่างแพร่หลาย

"Transportation for A Better Life: Harnessing Finance for Safety and Equity in AEC

August 21, 2015, Bangkok, Thailand

การระบุตำแหน่งบนพื้นโลกจำเป็นต้องใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) [12] ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ข้อมูลเชิงลักษณะ (Attribute Data) โดยข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นใช้อุปกรณ์ GPS ช่วยในการระบุตำแหน่ง ส่วนข้อมูลเชิงลักษณะเป็นข้อมูลลักษณะต่างๆ ของพื้นที่ที่พิจารณา เช่น ลักษณะของพื้นดินหรือพื้นน้ำ

โดยทั่วไประบบ GIS มีการทำงานเป็นลำดับขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดหมวดหมู่และรูปแบบของข้อมูล การปรับปรุงแก้ไขข้อมูลเพื่อการใช้งาน ไปจนถึงขั้นตอนการบันทึกเป็นฐานข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ถูกรับที่ตกลงในระบบ GIS นั้นควรมีการปรับปรุงอยู่เสมอ เพื่อให้ง่ายต่อการสืบค้น (Retrieval) และสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ประมวลผล ตลอดจนแสดงผลในรูปแบบของรูปภาพ แผนที่ หรือตารางตัวเลข ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ [12]

การคำนวณระยะห่างของตำแหน่งบนพื้นโลกระหว่างจุด 2 จุดที่ได้จาก GPS หรือ A-GPS ถือเป็นหนึ่งกระบวนการสำคัญของกระบวนการประมวลผลภายในระบบ GIS ซึ่งจำเป็นต้องใช้ทฤษฎีทางตรีโกณมิติมาช่วยในการคำนวณ จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า กฎของ Haversine (Haversine Formula) [13] เป็นที่นิยมแพร่หลายในการประยุกต์ใช้กับระบบ GIS ซึ่งในระบบแผนที่ของกูเกิ้ล (Google Maps) ก็ได้นำทฤษฎีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหากระยะห่างของตำแหน่งภายในระบบแผนที่เช่นกัน [14] กฎดังกล่าวจะนำค่าละติจูด ลองจิจูด และรัศมีแกนโลกมาใช้ในการคำนวณ ดังสมการที่ (1) ถึง (5)

$$\Delta lat = lat_2 - lat_1 \quad (1)$$

$$\Delta long = long_2 - long_1 \quad (2)$$

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_1) \cos(lat_2) \sin^2\left(\frac{\Delta long}{2}\right) \quad (3)$$

$$c = 2 \operatorname{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (4)$$

$$d = Rc \quad (5)$$

โดยที่

lat_1	คือ ค่าละติจูดจากจุดที่ 1
lat_2	คือ ค่าละติจูดจากจุดที่ 2
$long_1$	คือ ค่าลองจิจูดจากจุดที่ 1
$long_2$	คือ ค่าลองจิจูดจากจุดที่ 2
R	คือ รัศมีโลก (6,371 กิโลเมตร)
d	คือ ค่าระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด (กิโลเมตร)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศโรช บุญศิริพันธ์ [15] ได้พัฒนาระบบรายงานการเดินทางโดยสาธารณะเพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้บริการ โดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ GPS ที่มีความแม่นยำสูงในการระบุตำแหน่ง มาติดตั้งบนรถสวัสดิการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หลังจากนั้นตำแหน่งของรถสวัสดิการจะถูกนำไปประมวลผลและแสดงผลให้ผู้ให้บริการที่ถั่งรถได้รับทราบในทันที โดยแสดงข้อมูลตำแหน่งปัจจุบัน เส้นทาง การให้บริการ และเวลาการมาถึงของรถสวัสดิการผ่านจอแสดงผลที่ติดตั้งอยู่ที่ป้ายหยุดรถ เว็บไซต์ และแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

สรินทร มั่งกรงาม และคณะ [16] ได้พัฒนาระบบติดตามยานพาหนะแบบเวลาจริงโดยใช้สมาร์ตโฟนเป็นอุปกรณ์ในการส่งค่าตำแหน่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ระบบดังกล่าวสามารถส่งข้อมูลได้ทุก ๆ 1 วินาที ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของผู้ให้บริการ โทรศัพท์เคลื่อนที่ และแสดงผลข้อมูลผ่านระบบแผนที่ Google Maps ซึ่งระบบยังไม่มีบริการนำทฤษฎีการพัฒนา Mobile Application Cross Platform มาประยุกต์ใช้ อย่างไรก็ตาม จากการพัฒนาระบบดังกล่าวทำให้เห็นถึงศักยภาพของการนำสมาร์ตโฟนมาใช้ระบุตำแหน่งของยานพาหนะได้อย่างแม่นยำ และความสะดวกในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ของระบบ

จากการทบทวนงานวิจัยข้างต้น พบว่า หลายงานวิจัยมีการนำอุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนพื้นโลกมาใช้เพื่อระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดที่ใช้มีราคาและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยต้องการพัฒนาระบบที่เรียกว่า PSU eBus ให้สามารถระบุตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะโดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่มีต้นทุนต่ำและสามารถจัดหาได้ง่าย และยังคงให้ประสิทธิภาพการทำงานใกล้เคียงกับอุปกรณ์ GPS ที่มีราคาสูง และเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาระบบ PSU eBus ให้สามารถใช้งานได้บนสมาร์ตโฟนหลากหลายระบบปฏิบัติการ โดยไม่ให้เกิดการซ้ำซ้อนและลดขั้นตอนในการพัฒนาระบบสำหรับผู้พัฒนาให้ได้มากที่สุด

3. การศึกษาและออกแบบระบบ PSU eBus

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาการให้บริการระบบรถโดยสารสาธารณะของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสม และพัฒนาระบบ PSU eBus โดยมีรายละเอียดดังนี้

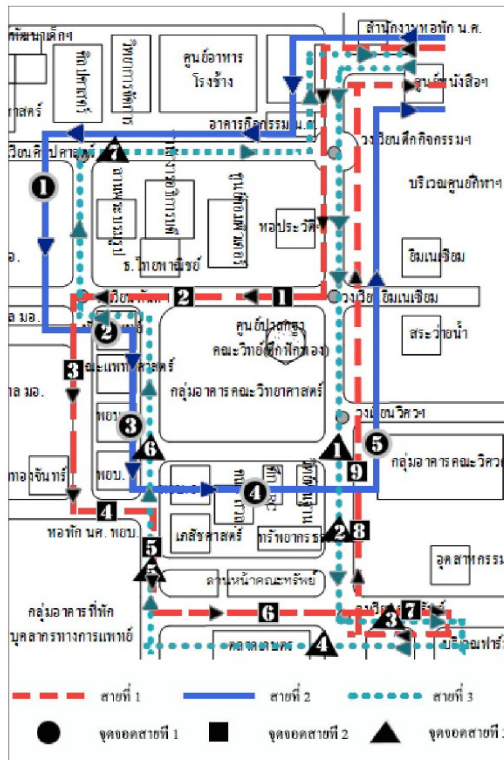
3.1 การให้บริการระบบรถโดยสารสาธารณะ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รถโดยสารสาธารณะมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นระบบขนส่งสาธารณะแบบประจำทาง ให้บริการแบบไม่คิดค่าใช้จ่ายแก่ผู้เดินทางภายในวิทยาเขตขนาดใหญ่ มี 3 เส้นทาง (ดังรูปที่ 1) ระยะทางการให้บริการต่อรอบ 2 กิโลเมตรโดยประมาณ มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดบริเวณหน้าศูนย์อาหารของมหาวิทยาลัยฯ เปิดให้บริการทุกวันจันทร์ -

ศุกร์ ตั้งแต่เวลา 07.30 น. - 17.30 น. มีความถี่ในการออกรถประมาณ 10 นาที รถโดยสารสาธารณะที่ให้บริการมีทั้งหมด 14 คัน โดย 12 คันเป็นรถพลังงานไฟฟ้า (Electric bus หรือเรียกสั้นๆ ว่า eBus) และมีรถเครื่องยนต์ดีเซล 2 คัน

สำหรับผู้ให้บริการ จากข้อมูลของงานยานยนต์ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่า ปัจจุบันมีผู้ใช้บริการรถโดยสารสาธารณะเฉลี่ย 33,046 คนต่อเดือน หรือประมาณ 135 คนต่อวัน ซึ่งค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับประชากรกว่าหนึ่งหมื่นคนภายในวิทยาเขต ซึ่งส่วนใหญ่ยังคงนิยมใช้รถจักรยานยนต์และรถยนต์ในการเดินทางแต่ละวัน



รูปที่ 1 เส้นทางให้บริการทั้ง 3 เส้นทาง
ที่มา : งานยานยนต์ กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

หลังจากที่ได้ศึกษาระบบการให้บริการรถโดยสารสาธารณะของมหาวิทยาลัยฯ แล้ว ในขั้นตอนถัดไปคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคัดเลือกเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาระบบ PSU eBus รายละเอียดของการคัดเลือกเทคโนโลยีกล่าวในหัวข้อถัดไป

3.2 การคัดเลือกเทคโนโลยีในการพัฒนาระบบ PSU eBus

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาการคัดเลือกเทคโนโลยีเพื่อหาเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะ (PSU eBus) โดยพิจารณาจากต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของเทคโนโลยี 3 ประเภท ประกอบด้วย GPS RFID และ A-GPS บนสมาร์ตโฟน ซึ่งสามารถสรุปต้นทุนในการพัฒนาระบบ PSU eBus (กำหนดอายุการใช้งาน 5 ปี) หากใช้เทคโนโลยีแต่ละประเภทได้ดังตารางที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ต้นทุนในการพัฒนาระบบ PSU eBus หากใช้ GPS

อุปกรณ์ที่ใช้	รายละเอียด	ค่าอุปกรณ์ 5 ปี (บาท/เครื่อง)
GPS Tracking	ค่าอุปกรณ์ GPS (รวมคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและค่าติดตั้ง)	9,900
	ค่ารับ/ส่ง ข้อมูล	17,500
รวม		27,400

ที่มาของราคาต่อหน่วย : บริษัท ซิน อินเตอร์ เทค จำกัด [17]

ตารางที่ 2 ต้นทุนในการพัฒนาระบบ PSU eBus หากใช้ RFID

อุปกรณ์ที่ใช้	รายละเอียด	ค่าอุปกรณ์ (บาท)
RFID	เครื่องอ่าน RFID 18 เครื่อง (เครื่องละ 21,500 บาท)	387,000
	เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย	70,000
	ป้ายอิเล็กทรอนิกส์ (Tag) 14 ชิ้น (ชิ้นละ 50 บาท)	700
รวม		457,700

ที่มาของราคาต่อหน่วย : บริษัท สมาร์ท ไอคอนทิฟาย จำกัด [18]

ตารางที่ 3 ต้นทุนในการพัฒนาระบบ PSU eBus หากใช้ A-GPS บนสมาร์ตโฟน

อุปกรณ์ที่ใช้	รายละเอียด	ค่าอุปกรณ์ 5 ปี (บาท/เครื่อง)
สมาร์ตโฟน	ค่าอุปกรณ์สมาร์ตโฟน (เครื่องละ 3,000 บาท)	15,000
	ค่ารับ/ส่ง ข้อมูลผ่านเครือข่าย 3G (เดือนละ 200 บาท/เครื่อง)	12,000
รวม		27,000

ตารางที่ 1 แสดงค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบ PSU eBus หากนำเทคโนโลยี GPS มาประยุกต์ใช้ผ่านอุปกรณ์ GPS Tracking ที่มีความแม่นยำสูงในการระบุตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะ โดยค่าใช้จ่ายดังกล่าวประกอบด้วยค่าอุปกรณ์ GPS (รวมคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและค่าติดตั้ง) และค่ารับ/ส่งข้อมูล GPS รวมเป็นเงิน 13,400 บาท/เครื่อง/ปี หากคำนวณค่าใช้จ่ายในการพัฒนาทั้งระบบสำหรับรถโดยสารสาธารณะจำนวน 14 คัน และกำหนดระยะเวลาการใช้งาน 5 ปี จะมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ประมาณ 383,600 บาท ทั้งนี้ยังไม่รวมค่าซ่อมแซมในกรณีที่อุปกรณ์ GPS มีปัญหา

ส่วนต้นทุนการพัฒนาระบบ PSU eBus โดยใช้เทคโนโลยี RFID (ตารางที่ 2) ซึ่งต้องใช้เครื่องอ่าน RFID (ติดตั้งบริเวณป้ายหยุดรถทั้งหมด 18 จุด) ที่มีคลื่นความถี่สูง เพื่อให้สามารถอ่านข้อมูลได้รวดเร็วตอบสนองได้ดีต่อจุดรับสัญญาณบนรถโดยสารสาธารณะซึ่งเคลื่อนที่ผ่านเครื่องอ่าน RFID ค่อนข้างเร็ว โดยค่าใช้จ่ายดังกล่าวประกอบด้วยค่าเครื่องอ่าน RFID ค่าเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและค่าป้ายอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบุสัญญาณวิทยุ รวมเป็นเงิน 457,700 บาท ทั้งนี้ยังไม่รวมค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีการติดตั้งป้ายหยุดรถเพิ่มเติม

สำหรับค่าใช้จ่ายของการพัฒนาระบบโดยใช้ A-GPS บนสมาร์ตโฟน (ตารางที่ 3) ค่าใช้จ่ายดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้ประเมินราคาในกรณีที่มีการเปลี่ยนสมาร์ตโฟนสำหรับการใช้งานทุก 1 ปี ซึ่งสมาร์ตโฟนที่จัดซื้อมีระยะเวลาการประกันอุปกรณ์เป็นเวลา 1 ปี หากอุปกรณ์เกิดการชำรุดสามารถส่งไปทางผู้ผลิตสมาร์ตโฟนดำเนินการแก้ไขโดยไม่มีค่าใช้จ่าย ส่งผลให้ไม่มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ เมื่อคำนวณต้นทุนในการพัฒนาทั้งระบบรวมเป็นเงิน 5,400 บาท/เครื่อง/ปี หากคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับรถโดยสารสาธารณะจำนวน 14 คัน และกำหนดระยะเวลาการใช้งาน 5 ปี จะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 378,000 บาท ในส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ทางศูนย์คอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้มีบริการให้ใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Server) [19] สำหรับหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งไม่คิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

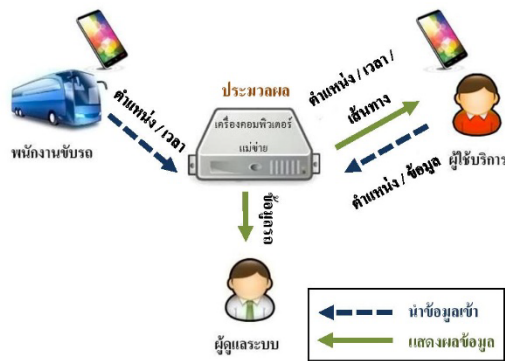
จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้เทคโนโลยี A-GPS บนสมาร์ตโฟนในการพัฒนาระบบ PSU eBus เนื่องจากมีค่าต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด อีกทั้งปัจจุบันมีผู้ใช้งานสมาร์ตโฟนอย่างแพร่หลาย การรับแจ้งข้อมูลตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะผ่านช่องทางนี้จึงมีความสะดวก รวดเร็ว และครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้งานซึ่งป็นนักศึกษาและบุคลากรได้ดีที่สุด

3.3 การออกแบบระบบ PSU eBus

หลังจากได้คัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการออกแบบภาพรวมโครงสร้างของระบบ PSU eBus ดังรูปที่ 2 คณะผู้วิจัยได้แบ่งระบบ PSU eBus ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1)

ระบบสำหรับรถโดยสารสาธารณะ และ 2) ระบบสำหรับผู้ให้บริการ โดยมีผู้ดูแลระบบเป็นศูนย์กลางในการดูแล ติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลระบบทั้งหมด (รายละเอียดของการพัฒนาระบบทั้ง 2 ส่วนนี้กล่าวในหัวข้อ 3.3.1) ซึ่งการทำงานของระบบ PSU eBus สามารถแบ่งได้ 3 กระบวนการ ได้แก่ 1) การนำข้อมูลเข้า 2) การประมวลผล และ 3) การแสดงผลข้อมูล โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังนี้

1) การนำข้อมูลเข้า แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ได้ถูกออกแบบให้สามารถส่งตำแหน่งปัจจุบันของรถโดยสารสาธารณะไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เพื่อบันทึกข้อมูลตำแหน่งและเวลาของรถโดยสารสาธารณะในแต่ละสาย



รูปที่ 2 โครงสร้างของระบบ PSU eBus

2) การประมวลผลข้อมูล เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายบันทึกข้อมูลจากข้อ 1) แล้ว ระบบ PSU eBus จะนำข้อมูลไปประมวลผลเพื่อแสดงตำแหน่งและเส้นทางของรถโดยสารสาธารณะให้กับผู้ใช้บริการได้ทราบ ในกรณีที่ผู้ใช้บริการต้องการค้นหารายละเอียดอื่นๆ ของรถโดยสารสาธารณะ เช่น เส้นทางที่ให้บริการหรือหมายเลขรถโดยสารสาธารณะ ผู้ให้บริการจะต้องส่งรายละเอียดข้อมูลที่ต้องการค้นหาไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย หลังจากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจะประมวลผลข้อมูลที่ต้องการ แล้วส่งกลับไปยังผู้ใช้บริการ

3) การแสดงผลข้อมูล ผู้ให้บริการสามารถเรียกดูข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับรถโดยสารสาธารณะ เช่น ตำแหน่ง เส้นทางของรถที่ให้บริการอยู่ได้ โดยระบบ PSU eBus จะดึงข้อมูลที่บันทึกไว้ผ่านการประมวลผลจากข้อ 2) มาแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนของผู้ให้บริการให้ได้รับทราบ

จากกระบวนการทำงานทั้งสามขั้นตอนข้างต้น คณะผู้วิจัยได้อธิบายการพัฒนา ระบบ การพัฒนาแอปพลิเคชัน และการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ในลำดับถัดไป

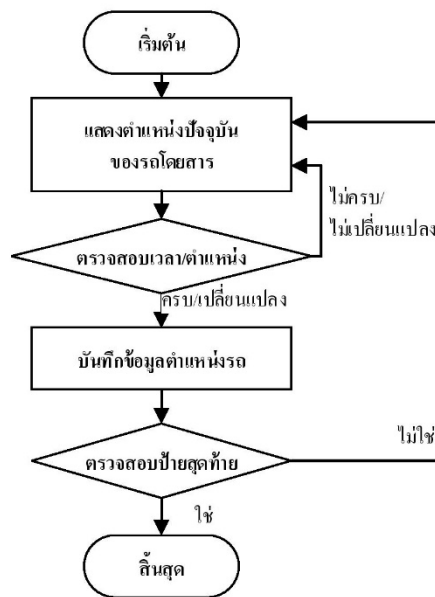
**“Transportation for A Better Life:
Harnessing Finance for Safety and Equity in AEC**

August 21, 2015, Bangkok, Thailand

3.3.1 การพัฒนาระบบ (Systems Development)

ระบบ PSU eBus ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยแบ่งแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนสำหรับบันทึกตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะ และ 2) ส่วนสำหรับผู้ให้บริการ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) แอปพลิเคชันสำหรับบันทึกตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะ มีหน้าที่หลักในการรับส่งข้อมูลตำแหน่งและเวลาของรถโดยสารสาธารณะให้บริการ โดยมีขั้นตอนการทำงาน (รูปที่ 3) ดังนี้



รูปที่ 3 การทำงานของระบบในการบันทึกตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะ

ขั้นตอนที่ 1 สมาร์ตโฟนที่ติดตั้งบนรถโดยสารสาธารณะจะทำการแสดงตำแหน่งปัจจุบันของรถจากระบบ A-GPS ในสมาร์ตโฟน

ขั้นตอนที่ 2 แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจะตรวจสอบตำแหน่งจากสมาร์ตโฟนทุกครั้ง ตามอัตราเวลาการรับส่งข้อมูล (Execution Time) ที่คณะผู้วิจัยได้กำหนดไว้ (5 วินาที/ครั้ง)

ขั้นตอนที่ 3 หากเวลารับส่งข้อมูลครบตามที่กำหนดหรือตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะมีการเปลี่ยนแปลง แอปพลิเคชันจะส่งตำแหน่งของรถขณะนั้นไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

ขั้นตอนที่ 4 เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายบันทึกตำแหน่งและเวลาที่ได้รับการส่งมาในฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการประมวลผลและแจ้งข้อมูลให้ผู้ใช้บริการต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 แอปพลิเคชันจะดำเนินการซ้ำขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 จนกระทั่งรถโดยสารสาธารณะให้บริการจนถึงปีสุดท้าย แอปพลิเคชันจึงหยุดการส่งตำแหน่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

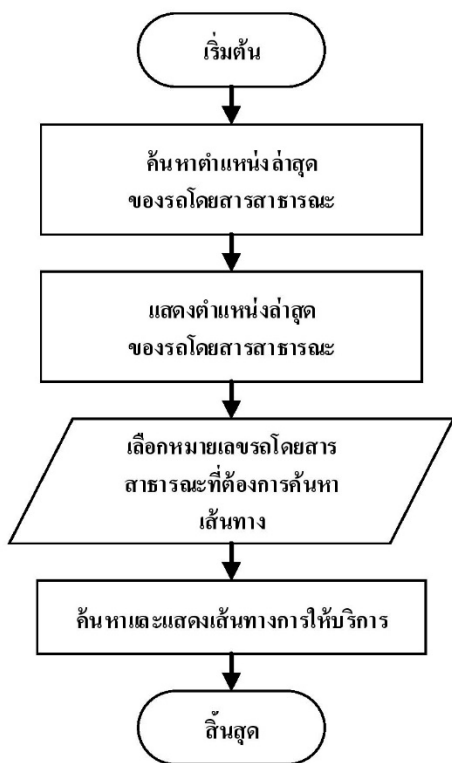
2) แอปพลิเคชันสำหรับผู้ให้บริการ มีหน้าการทำงานหลักอยู่ 2 ส่วน คือ การแสดงตำแหน่ง และการค้นหาเส้นทางของรถโดยสารสาธารณะในแต่ละสาย โดยมีขั้นตอนการทำงาน (รูปที่ 4) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ให้บริการเริ่มต้นเปิดใช้แอปพลิเคชัน

ขั้นตอนที่ 2 ระบบ PSU eBus จะทำการประมวลผลและแสดงตำแหน่งล่าสุดของรถโดยสารสาธารณะทุกสายให้ทราบ

ขั้นตอนที่ 3 ผู้ให้บริการเลือกหมายเลขรถโดยสารสาธารณะหรือจุดปลายทางที่ต้องการเดินทาง

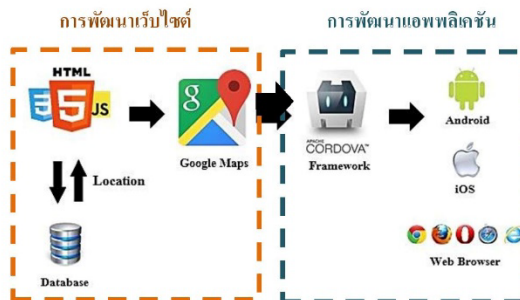
ขั้นตอนที่ 4 ระบบ PSU eBus จะค้นหาและแสดงเส้นทางและตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะ ตามที่ผู้ให้บริการได้ระบุไว้



รูปที่ 4 การทำงานของระบบสำหรับผู้ให้บริการ

3.3.2 การพัฒนาแอปพลิเคชัน (Application Development)

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาแอปพลิเคชันของระบบ PSU eBus ให้สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อที่ 3.3.1 โดยมีขั้นตอนการพัฒนาดังรูปที่ 5 ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้



รูปที่ 5 เครื่องมือและขั้นตอนในการพัฒนาระบบ PSU eBus

- 1) การพัฒนาเว็บไซต์ ได้พัฒนาเว็บไซต์บนโครงสร้างของภาษา HTML ในการแสดงผลบนเว็บไซต์และบันทึกข้อมูลตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะ ในส่วนของการแสดงผลตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะได้ประยุกต์ใช้ระบบแผนที่จาก Google Maps เพื่อแสดงตำแหน่งที่ได้จากสมาร์ตโฟนลงบนแผนที่
- 2) การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ได้ประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ระบบเปิด (Open Source) ชื่อว่า “Apache Cordova” ในการพัฒนาเป็นแอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

3.3.3 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface Design)

เมื่อคณะผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ PSU eBus เรียบร้อยแล้ว ในระหว่างขั้นตอนของการพัฒนาระบบ คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ไปพร้อมกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะและส่วนติดต่อผู้ใช้งานสำหรับผู้ให้บริการ ดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7



รูปที่ 6 ส่วนติดต่อผู้ใช้สำหรับบันทึกตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะ

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นภาพหน้าจอติดต่อสำหรับพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะ โดยแสดงรายชื่อของพนักงานขับรถทั้งหมดในหน้าแรก พนักงานขับรถทุกคนจำเป็นต้องยืนยันตัวตนก่อนให้บริการรถโดยสารสาธารณะและถือเป็นการเริ่มต้นการทำงานของระบบ PSU eBus ส่วนรูปที่ 7 เป็นตัวอย่างหน้าจอติดต่อผู้ใช้งานสำหรับผู้ให้บริการ โดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบให้สามารถแสดงผลได้ทั้งสมาร์ตโฟน แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพื่อให้ผู้ใช้บริการสามารถใช้งานระบบ PSU eBus ได้สะดวกและรวดเร็ว โดยหน้าจอจะแสดงตำแหน่งของรถโดยสารสาธารณะแต่ละสายตามสีที่แตกต่างกันไป หากผู้ใช้บริการเลือกจุดปลายทางที่ต้องการแล้ว ระบบ PSU eBus จะดึงข้อมูลตำแหน่งปัจจุบันของผู้ให้บริการและรถโดยสารสาธารณะสายที่ผ่านจุดปลายทาง มาประมวลผลและแสดงเส้นทางพร้อมทั้งป้ายหยุดรถให้กับผู้ใช้บริการได้รับทราบ ดังตัวอย่างในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ตัวอย่างการแสดงผลเส้นทางการเดินทางรถโดยสารสาธารณะ

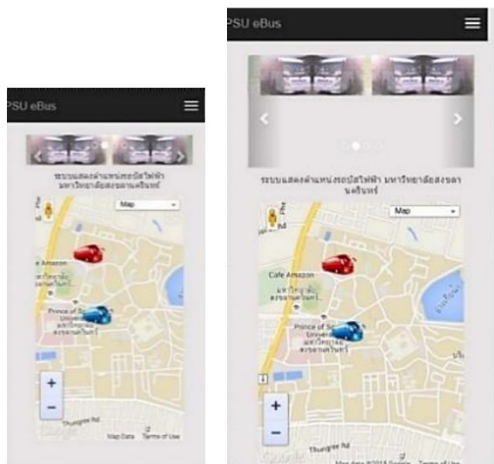
4. การติดตั้งและทดสอบระบบ PSU eBus

เมื่อพัฒนาระบบ PSU eBus เสร็จสิ้นแล้ว คณะผู้วิจัยได้นำระบบไปติดตั้งและทดสอบระบบ โดยอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

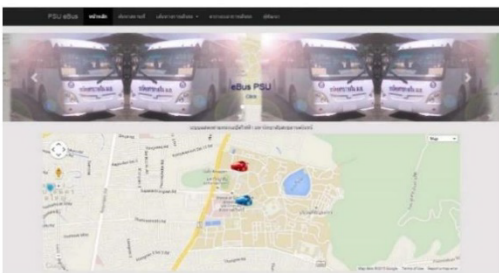
4.1 การติดตั้งระบบ

คณะผู้วิจัยได้นำระบบ PSU eBus มาทดสอบใช้งานกับระบบรถโดยสารสาธารณะของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยนำกล่องที่บรรจุสมาร์ตโฟนยี่ห้อ ASUS รุ่น Phonedpad 7 ระบบปฏิบัติการ Android และติดตั้งแอปพลิเคชันสำหรับบันทึกตำแหน่งรถเรียบร้อยแล้ว ไปติดตั้งไว้ที่บริเวณด้านหน้าภายในตัวรถ (ดังรูปที่ 9) เพื่อให้สมาร์ตโฟนสามารถรับส่งสัญญาณ A-GPS ได้ชัดเจนที่สุด ขณะเดียวกันคณะผู้วิจัยได้ติดตั้งเครื่อง GPS Tracking ยี่ห้อ Garmin รุ่น GPSMaps 60cx [20] เพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งของรถที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสองประเภท โดยผลการเปรียบเทียบจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

ในส่วนของแอปพลิเคชันสำหรับผู้ให้บริการ คณะผู้วิจัยได้นำแอปพลิเคชัน PSU eBus ไปติดตั้งบนสมาร์ตโฟนทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android โดยได้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนจากภาคีชนเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งเป็นสมาชิกในการพัฒนาแอปพลิเคชันของสมาร์ตโฟนทั้ง 2 ระบบปฏิบัติการอยู่แล้ว ส่งผลให้แอปพลิเคชัน PSU eBus สามารถใช้งานได้เฉพาะสมาร์ตโฟนที่ใช้ในงานวิจัยเท่านั้น เมื่อแอปพลิเคชัน PSU eBus สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ คณะผู้วิจัยจะเปิดให้ผู้ให้บริการสามารถดาวน์โหลดได้แบบสาธารณะต่อไป



ก) หน้าจอบนสมาร์ตโฟน ข) หน้าจอบนแท็บเล็ต



ค) หน้าจอบนเว็บเบราว์เซอร์

รูปที่ 7 ส่วนติดต่อผู้ใช้สำหรับผู้ให้บริการ



รูปที่ 9 การติดตั้งกล่องบรรจุสมาร์ตโฟนและ GPS Tracking

เมื่อพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะในแต่ละป้ายหยุดรถ (รูปที่ 11) พบว่า ข้อมูลตำแหน่งบางจุดมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง เช่น จุดจอดที่ 1 และ 9 ทั้งนี้อาจเนื่องจากปัจจัยในหลายๆ ด้าน เช่น ความถี่ในการรับส่งสัญญาณ A-GPS สภาพอากาศที่ไม่โปร่งใส อากาศหรือต้นไม้ที่บังสัญญาณโทรศัพท์ เป็นต้น

ด้านความเสถียรของระบบ คณะผู้วิจัยได้นำระบบ PSU eBus ไปติดตั้งไว้บนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่เป็นระบบกลุ่มเมฆ (Cloud Server) จึงทำให้มีความเป็นไปได้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจะหยุดทำงาน และสมาร์ตโฟนที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลได้ใช้บริการอินเทอร์เน็ต 3G ในการบันทึกข้อมูล ซึ่งถือเป็นอินเทอร์เน็ตที่มีความเสถียรในปัจจุบัน ส่งผลให้ข้อมูลที่ได้รับความต่อเนื่องไม่ขาดหาย ในส่วนของการใช้พลังงานของสมาร์ตโฟน คณะผู้วิจัยได้บันทึกค่าการใช้งานแบตเตอรี่ของสมาร์ตโฟนไว้ทั้งก่อนและหลังการทดสอบ พบว่า ในแต่ละรอบสายการเดินรถ สมาร์ตโฟนใช้พลังงานไปเพียงร้อยละ 2 ของความจุของแบตเตอรี่ทั้งหมด

ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน คณะผู้วิจัยได้สุ่มสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และ กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป พบว่า ผู้ใช้งานทั้งสองกลุ่มมีความพอใจในระดับหนึ่ง และมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงแอปพลิเคชันและหน้าจอการใช้งานให้ครอบคลุมและสะดวกต่อการใช้งานให้มากยิ่งขึ้น

5. สรุปผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้นำเสนอการพัฒนากระบวนการระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยนำเทคโนโลยี A-GPS บนสมาร์ตโฟนมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับบริการบริการรถโดยสารสาธารณะในมหาวิทยาลัย อันเป็นการส่งเสริมการใช้บริการรถโดยสารสาธารณะให้ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ ระบบได้พัฒนาบนโครงสร้างของ Mobile Application Cross Platform ซึ่งสามารถใช้งานได้กับสมาร์ตโฟนที่เป็นระบบปฏิบัติการ Android และ iOS ผลการทดสอบให้ค่าความคลาดเคลื่อนในระดับที่ใกล้เคียงกับค่าที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการพัฒนาความแม่นยำของระบบต่อไป รวมทั้งการพัฒนากระบวนการออกรายงานการให้บริการรถโดยสารสาธารณะเพื่อนำไปวิเคราะห์ในการกำหนดตารางเวลาและเส้นทางรถให้บริการรถโดยสารสาธารณะให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ควรมีการพัฒนาาระบบที่สามารถวิเคราะห์เส้นทางและทำนายเวลาการมาถึงได้ตามปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพการจราจร วันและเวลา เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย ปีการศึกษา 2557 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

เอกสารอ้างอิง

- [1] NSW Government. (2012) Real Time Bus Apps Available for Customers. www.transport.nsw.gov.au.
- [2] Hitachi Systems. (2014) Hyperdia. www.hyperdia.com.
- [3] LTA of Singapore. (2015) Taking a bus. www.lta.gov.sg.
- [4] Department of Civil Engineering, Kasetsart University. (2014) KU Smart Bus. www.ce.eng.ku.ac.th/ku-smart-bus.
- [5] ไทพจน์ กุลาชัย. (2557) ระบบการขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transport Systems). www.trafficpolice.go.th.
- [6] IDC Worldwide Quarterly Mobile Phone Tracker. (2015) Android and iOS Squeeze the Competition. www.idc.com.
- [7] Adobe Systems Inc. (2014) Phonegap. <http://phonegap.com/>.
- [8] The Apache Software Foundation. (2013) Apache Cordova. <https://cordova.apache.org>.
- [9] IBM. IBM Worklight. www.ibm.com/developerworks.
- [10] กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วท.). (2556) จีทีเอสระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก. www.most.go.th.
- [11] สำนักงานขนส่งจังหวัดลำพูน. (2557) AGPS คืออะไร. <http://lamphun.dlt.go.th>.
- [12] โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2555) ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. <http://kanchanapisek.or.th/kp6>.
- [13] The University of Texas Institute for Geophysics. (2012) Haversine Formula. www.ig.utexas.edu/googleearth0
- [14] Google. (2015) Haversine Formula Google Maps. <https://developers.google.com/maps>.
- [15] สโรช บุญศิริพันธ์. (2556) โครงการปรับปรุงการให้บริการรถสวัสดิการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน (KU Smart Bus). ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [16] สรินทร มังกรงม. (2556) ระบบติดตามยานพาหนะแบบเวลาจริงโดยใช้สมาร์ตโฟน. การประชุมวิชาการ ATRANS ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร.
- [17] บริษัท ชิน อินเตอร์ เทค จำกัด. (2556) ระบบ GPS ติดตามรถ. www.chintrack.com/en/pricelist.html.
- [18] บริษัท สมาร์ท ไอเด้นทีฟาย จำกัด. (2556) Product RFID. www.smartiden.com.
- [19] ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2554) บริการพื้นที่เว็บไซต์. <http://webhost.psu.ac.th/register>.
- [20] Garmin Ltd. (2012) Garmin GPSMAP 60CSx. <https://buy.garmin.com>.

Certificate of Participation

Presents to

Mr. Sarayut Julkaew

For making presentation entitled:

**ASIAN TRANSPORTATION RESEARCH SOCIETY
Development of Bus Location Identification System in Prince of Songkla University**

การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

at the 8th ATRANS SYMPOSIUM: Young Researcher's Forum 2015"

Given on the 21st day of August, 2015,

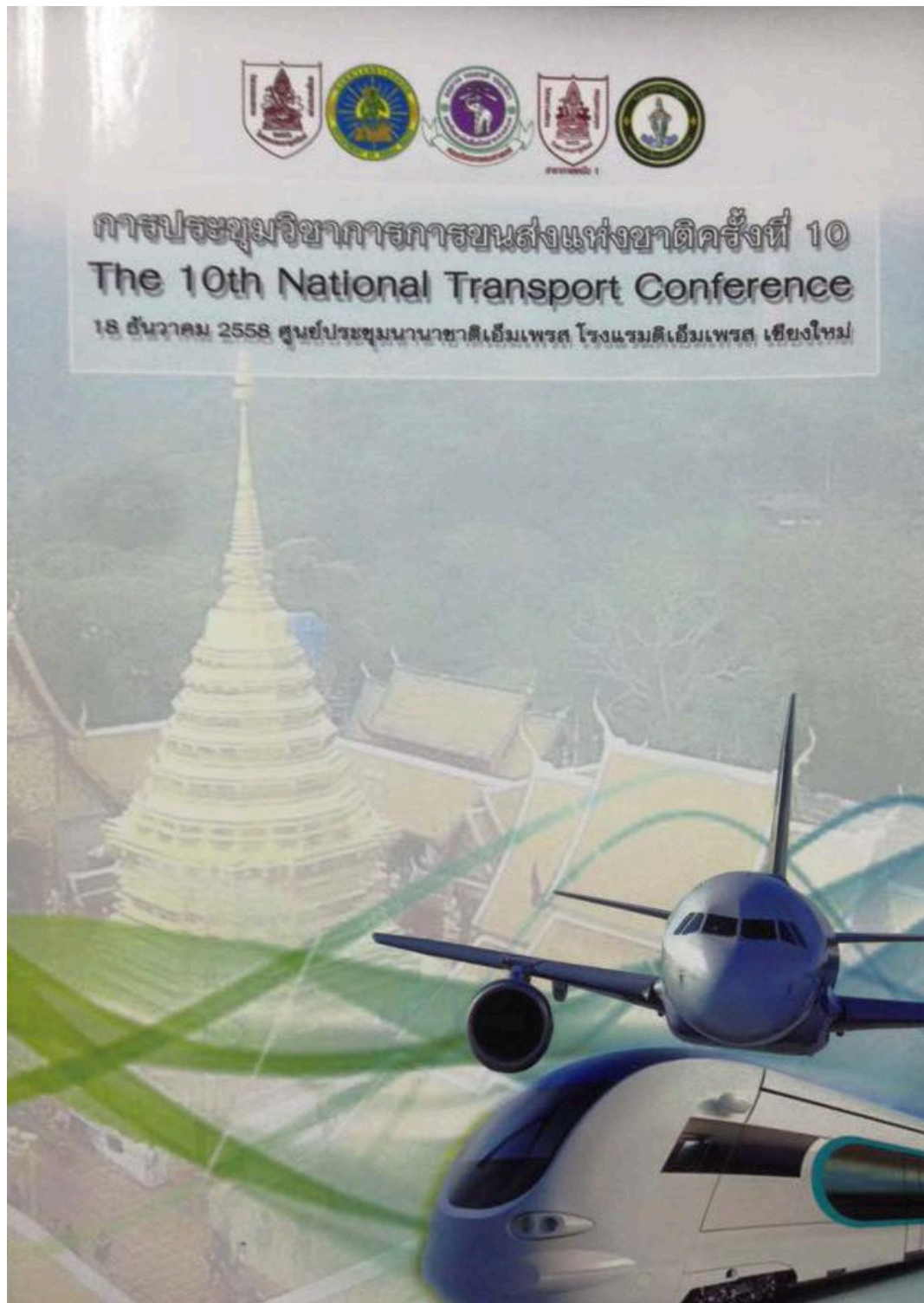

Prof. Dr. Wiroj Rujopakarn
ATRANS-Chairperson


Mr. Akira Hasegawa
LATSS, Managing Director


Dr. Tuenjai Fukuda
ATRANS Secretary – General

บทความงานวิจัยเรื่องที่ 2

ได้นำเสนอและตีพิมพ์บทความการประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10





การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
10th National Transport Conference
การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
(Safer ASEAN Connectivity)

วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรมดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

การศึกษาแบบจำลองการคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Study of Arrival Time Prediction Models of Public Bus System in Prince of Songkla University

ศราวุธ จุลแก้ว¹ ปรมศวรรี เหลือเทพ²

บทคัดย่อ

เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการอย่างมีนัยสำคัญแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้คาดการณ์เวลาคงตัวมีหลากหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และ โคจรข่ายประสาทเทียม บทความนี้นำเสนอผลการเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งสามข้างต้นในการคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งพบว่า วิธีโคจรข่ายประสาทเทียม มีความเหมาะสมที่สุดและได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนที่ได้พัฒนาขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้บริการรับทราบข้อมูลและสามารถวางแผนการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การคาดการณ์เวลาการมาถึง, รถโดยสารสาธารณะ, การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น, ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน, โคจรข่ายประสาทเทียม



การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
10th National Transport Conference
การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
(Safer ASEAN Connectivity)
วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรมดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

Abstract

Arrival time of public bus is a key factor which influences the use of bus service significantly. Various models have been developed for arrival time prediction such as Linear Regression, Support Vector Machine and Artificial Neural Network (ANN). This paper presents the results of the above three models for forecasting the arrival time of the public bus in Prince of Songkla University. The results show that the ANN model is the most suitable in this study. The model was then applied to the developed mobile application in which any bus user can acquire the arrival time of the bus and use the information for travel planning efficiently.

Keywords: Arrival Time Prediction, Public Bus, Linear Regression, Support Vector Machine, Artificial Neural Network

1* โครงการจัดการศึกษาพิเศษ หลักสูตรวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ E-mail: sorayut.j@psu.ac.th
2 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ E-mail: pgsam@ce.ajmmu.ac.th



การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
 10th National Transport Conference
การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
 (Safer ASEAN Connectivity)
 วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

การศึกษาแบบจำลองการคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 A Study of Arrival Time Prediction Models of Public Bus System in Prince of Songkla University

ศรายุทธ จุลแก้ว^{1*} ปรมศวร์ เหลือเทพ²

บทคัดย่อ

เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อความพึงพอใจในการใช้บริการอย่างมีนัยสำคัญ แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้คาดการณ์เวลาดังกล่าวมีหลากหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และ โครงข่ายประสาทเทียม บทความนี้นำเสนอผลการเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งสามข้างต้นในการคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งพบว่า วิธีโครงข่ายประสาทเทียมมีความเหมาะสมที่สุด และได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนที่ได้พัฒนาขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้บริการรับทราบข้อมูลและสามารถวางแผนการเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การคาดการณ์เวลาการมาถึง, รถโดยสารสาธารณะ, การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น, ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน, โครงข่ายประสาทเทียม

Abstract

Arrival time of public bus is a key factor which influences the use of bus service significantly. Various models have been developed for arrival time prediction such as Linear Regression, Support Vector Machine and Artificial Neural Network (ANN). This paper presents the results of the above three models for forecasting the arrival time of the public bus in Prince of Songkla University. The results show that the ANN model is the most suitable in this study. The model was then applied to the developed mobile application in which any bus user can acquire the arrival time of the bus and use the information for travel planning efficiently.

Keywords: Arrival Time Prediction, Public Bus, Linear Regression, Support Vector Machine, Artificial Neural Network

^{1*} โครงการจัดการศึกษาพิเศษ หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ E-mail: sarayut.j@psu.ac.th
² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ E-mail: paramet.l@psu.ac.th



การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
10th National Transport Conference
การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
(Safer ASEAN Connectivity)

วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

1. บทนำ

การให้ข้อมูลเวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะแก่ผู้ใช้บริการได้รับทราบ ถือเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการรถโดยสารสาธารณะอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้ใช้บริการคลายความกังวลต่อเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้

สิงคโปร์ [1] เป็นประเทศตัวอย่างที่ได้มีการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบขนส่งสาธารณะด้วยการนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ หนึ่งในระบบสารสนเทศดังกล่าว คือ การพัฒนาแบบจำลองเพื่อคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะและนำข้อมูลที่ได้แจ้งให้กับผู้ใช้บริการได้ทราบ จากการพัฒนาดังกล่าวทำให้ผู้ใช้บริการสามารถประเมินเวลาการเดินทางของตนได้และส่งผลให้มีผู้ใช้บริการรถโดยสารสาธารณะมากขึ้น

สำหรับประเทศไทย ได้มีการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัด และเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [2] เป็นตัวอย่างมหาวิทยาลัยที่มีการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์เวลาเดินทางของรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย และนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับระบบแจ้งตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะบนสมาร์ทโฟน (KU Smart Bus) ทำให้ผู้ใช้บริการรับทราบเวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะได้สะดวกและรวดเร็วผ่านสมาร์ทโฟนจากการใช้งานระบบดังกล่าว ทำให้ยอดผู้ใช้บริการรถโดยสารสาธารณะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.) เป็นมหาวิทยาลัยหลักแห่งหนึ่งในภาคใต้ โดยวิทยาเขตหาดใหญ่มีนักศึกษาและบุคลากรกว่า 30,000 คน และได้มีการให้บริการรถโดยสารสาธารณะภายในวิทยาเขต (PSU eBus) ซึ่งขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ไฟฟ้ามาเกือบทศวรรษ แต่ยังคงประสบปัญหาเรื่องการรับทราบข้อมูลเวลาการเดินทางและตำแหน่งของรถโดยสารประจำทางแบบทันที (Real Time) ศรายุทธ จุลแก้ว และปรเมศวร์ เหลือเทพ [3] ได้เริ่มพัฒนาระบบระบุและแจ้งตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายใน ม.อ. บนแอปพลิเคชันที่ชื่อ PSU eSy (PSU eBus System) โดยสามารถเรียกดูตำแหน่งและเส้นทางของรถโดยสารสาธารณะที่กำลังให้บริการได้ผ่านสมาร์ทโฟนทั้งระบบ iOS และ Android แต่แอปพลิเคชันดังกล่าวยังอยู่ระหว่างการทดสอบ และยังคงขาดข้อมูลเวลาการเดินทางและเวลาที่รถจะมาถึง

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีเป้าหมายเพื่อต่อยอดการพัฒนาแอปพลิเคชัน PSU eSy ให้สามารถคาดการณ์เวลาการเดินทางและเวลาที่รถจะมาถึงแต่ละป้ายหยุดรถได้ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองที่นิยมใช้คาดการณ์เวลามาถึงของรถโดยสารสาธารณะ ประกอบด้วย การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression, LR) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine, SVM) และ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network, ANN) และ เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองที่เหมาะสมคาดการณ์เวลามาถึง และเวลาเดินทางของรถ PSU eBus



การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
10th National Transport Conference
การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
(Safer ASEAN Connectivity)
วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

บทความนี้ประกอบด้วย 5 หัวข้อ ในหัวข้อที่ 2 กล่าวถึงการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่วนหัวข้อที่ 3 อธิบายการออกแบบและพัฒนาระบบ หัวข้อที่ 4 นำเสนอผลการศึกษา และสุดท้ายหัวข้อที่ 5 เป็นการสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transport Systems, ITS) [4] เป็นระบบที่มีการนำเทคโนโลยีด้านการคำนวณ เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารมาใช้ในการบริหารจัดการขนส่งและการจราจรให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากที่สุด ปัจจุบันได้มีการพัฒนา ITS ให้สามารถประมวลผลข้อมูลจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่หรือจากหลากหลายแหล่งที่มา เพื่อคาดการณ์ข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตให้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining)

การทำเหมืองข้อมูล [5] คือกระบวนการค้นหา รูปแบบหรือความสัมพันธ์ของสารสนเทศในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน เพื่อนำสารสนเทศที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป โครงสร้างของการทำเหมืองข้อมูลประกอบด้วยการนำกระบวนการทางสถิติและการเรียนรู้ผ่านระบบคอมพิวเตอร์ มาสร้างแบบจำลอง การทำเหมืองข้อมูลมีขั้นตอนที่อาศัยแบบจำลองต่างๆ ในการประมวลผลให้เหมาะสม ซึ่งแบบจำลองส่วนใหญ่พัฒนามาจากศาสตร์ทางด้าน Artificial Intelligence (AI) โดยแบบจำลองที่นิยมใช้คาดการณ์เวลามี 3 วิธี ได้แก่ Linear Regression (LR), Support Vector

Machine (SVM) และ Artificial Neural Network (ANN) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression, LR) [6] เป็นวิธีที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณตั้งแต่สองตัวขึ้นไป เพื่อใช้คาดการณ์ค่าของตัวแปรหนึ่งจากตัวแปรอื่นๆ โดยใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 2 แบบ คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) โดยตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรที่ทราบค่าและส่งผลกระทบต่อตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและต้องการคาดการณ์

การวิเคราะห์การถดถอยเมื่อมีตัวแปรอิสระหนึ่งตัว เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) แต่หากมีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัว เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยพหุ (Multiple Linear Regression)

Yu และคณะ [7] ได้พัฒนาระบบคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะโดยใช้ LR และพัฒนาอัลกอริทึมแบบปรับปรุงได้ตลอดเวลา เมื่อมีข้อมูลการเดินทางเข้ามาใหม่ ระบบดังกล่าวจะคาดการณ์ข้อมูลใหม่อัตโนมัติ ผลการพัฒนาระบบดังกล่าวทำให้การคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะมีความแม่นยำมากกว่าการใช้สมการของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงมาคำนวณ

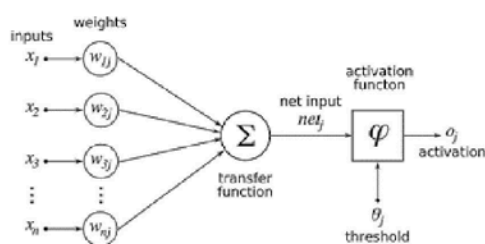
2) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine, SVM) [8] เป็นกระบวนการค้นหาหระนาบการตัดสินใจในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน โดยใช้สมการเส้นตรงในการแบ่งข้อมูลให้มีระยะห่างระหว่างข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมากที่สุด และสร้างฟังก์ชัน



การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
10th National Transport Conference
การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
(Safer ASEAN Connectivity)
วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

วัดความคล้ายที่เรียกว่า ฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) มาปรับมิติของข้อมูลให้สูงขึ้น

3) โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network, ANN) [9] เป็นกระบวนการคำนวณที่มีรูปแบบคล้ายคลึงกับการทำงานของระบบสมองมนุษย์ นิยมใช้ในการคาดการณ์จากข้อมูลที่มีอยู่



รูปที่ 1 โครงข่ายประสาทเทียม [9]

รูปที่ 1 เป็นกระบวนการทำงานของ ANN โดยเริ่มจากมีข้อมูลนำเข้า (Input) สู่อุปกรณ์ข่ายประสาท (Network) และนำข้อมูลนำเข้าคูณกับค่าน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละเซลล์ประสาท (Neuron) แล้วนำผลที่ได้มารวมกันด้วย Transfer function จากนั้นเปรียบเทียบผลที่ได้กับระดับการกระตุ้นต่ำสุดด้วย Activation function ที่ทำให้เกิดการตอบสนอง (Threshold) ถ้าผลรวมมีค่ามากกว่าค่า Threshold จะส่งผลลัพธ์ (Output) ต่อไปยังข้อมูลนำเข้าของ Neuron ถัดไปใน Network จนได้ผลลัพธ์สุดท้าย

การตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ หากพบว่าความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายมีค่ามากเกินไป จะต้องนำค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวไปปรับน้ำหนักการเรียนรู้ใหม่ โดยใช้วิธีแพร่กระจายย้อนกลับ (Back-Propagation) ซึ่งเป็นการปรับน้ำหนักความ

คลาดเคลื่อนจากชั้นผลลัพธ์ที่ได้ไปยังชั้นก่อนหน้า และปรับน้ำหนักย้อนกลับไปจนถึงชั้นรับข้อมูล

Pan และคณะ [10] ได้พัฒนาระบบคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะ ด้วย ANN โดยใช้ข้อมูลความเร็วและระยะห่างระหว่างป้ายหยุดรถมาคำนวณในระบบ ผลจากการศึกษาพบว่า ข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง ANN มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการใช้ LR

Maiti และคณะ [11] ได้เปรียบเทียบการคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะ ด้วย ANN และ SVM โดยใช้ข้อมูล ตำแหน่งและเวลาการมาถึงของรถในแต่ละป้ายหยุดรถ ซึ่งพบว่า ANN มีความแม่นยำในการคาดการณ์มากกว่า SVM

จากการทบทวนข้างต้น พบว่า วิธีการและขั้นตอนการประมวลผลมีความแตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบความแม่นยำในการคาดการณ์ข้อมูลของแบบจำลอง ต่างนิยมใช้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error, MAE) และรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Squared Error, RMSE)

ค่า MAE เป็นการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าพยากรณ์และค่าจริง โดยคำนวณได้จากสมการที่ (1) ส่วนค่า RMSE เป็นการหาค่าความคลาดเคลื่อนที่จากการคาดการณ์ โดยคำนวณได้จากสมการ (2) [12]

$$MAE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |Y_t^a - Y_t^f| \quad (1)$$



การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
 10th National Transport Conference
การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
 (Safer ASEAN Connectivity)
 วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

$$RMSE = \sqrt{\sum_{t=1}^T \frac{1}{T} (Y_t^f - Y_t^a)^2} \quad (2)$$

โดยที่ Y_t^f = ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
 Y_t^a = ค่าที่แท้จริง
 T = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

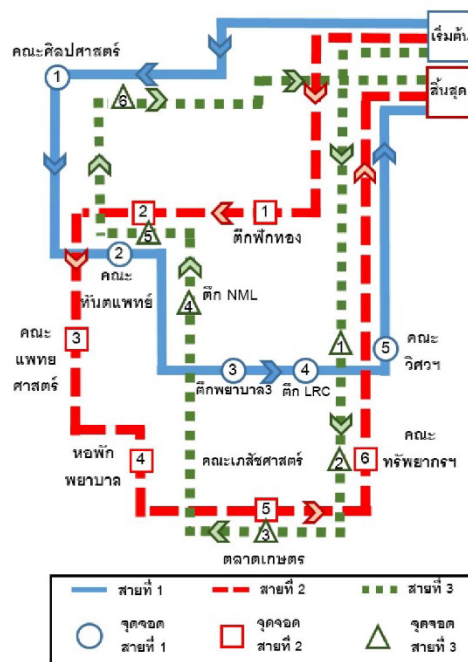
จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า มีการนำแบบจำลองต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย ด้านการคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะ ซึ่งปัจจัยหรือข้อมูลการให้บริการรถโดยสารสาธารณะในแต่ละงานวิจัยนั้นมีรูปแบบที่ต่างกันออกไป งานวิจัยนี้ต้องการหาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำมาคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถ PSU eBus โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังของการให้บริการที่มีอยู่อย่างจำกัด และนำข้อมูลที่ได้แจ้งผู้ให้บริการต่อไป

3. ระเบียบวิธีวิจัย

คณะผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

3.1 การให้บริการรถโดยสารสาธารณะมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (PSU eBus)

ม.อ. ได้พัฒนาระบบขนส่งสาธารณะตั้งแต่ พ.ศ.2547 โดยให้บริการแบบไม่คิดค่าใช้จ่ายแก่ผู้เดินทางภายในวิทยาเขตขนาดใหญ่ มี 3 เส้นทาง (ดังรูปที่ 2) ระยะทางการให้บริการประมาณ 2 กิโลเมตร ต่อบรรยากาศ และมีความถี่ในการออกรถประมาณ 15 นาที

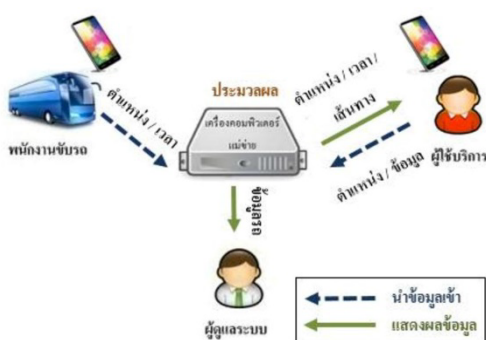


รูปที่ 2 เส้นทางให้บริการทั้ง 3 เส้นทาง

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชัน PSU eSy [3] ที่ระบุและแจ้งตำแหน่งรถ PSU eBus ผ่านสมาร์ตโฟน (อยู่ระหว่างทดสอบระบบ) ข้อมูลสำคัญของระบบ PSU eSy ที่ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูล มี 5 ชนิด คือ ลำดับข้อมูล หมายเลขสาย ตำแหน่งละติจูดและลองจิจูด เวลา และประเภทช่วงเวลา (เร่งด่วน/ไม่เร่งด่วน) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวถูกบันทึกลงฐานข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยโครงสร้างของระบบ PSU eSy ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ระบบครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้งาน 3 ส่วนคือ ผู้ใช้บริการ พนักงานขับรถ และ ผู้ดูแลระบบ



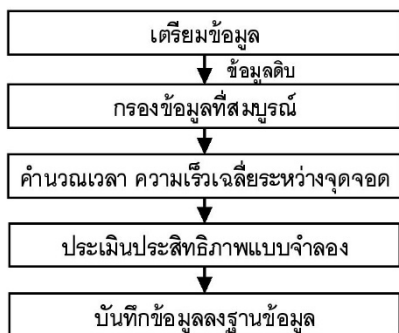
การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
 10th National Transport Conference
การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
 (Safer ASEAN Connectivity)
 วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 3 โครงสร้างระบบ PSU eSy

3.2 การพัฒนาระบบคาดการณ์เวลามาถึง

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาระบบคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถ PSU eBus โดยมี 5 ขั้นตอน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขั้นตอนการคาดการณ์เวลาการมาถึง

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการเตรียมข้อมูลดิบจากฐานข้อมูลระบบ PSU eSy

ขั้นตอนที่ 2 ระบบที่พัฒนาขึ้นจะคัดกรองข้อมูลดิบให้เหลือเพียงข้อมูลที่สำคัญและแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดตามที่คณะผู้วิจัยได้กำหนดไว้ เช่น วันช่วงเวลา จุดจอด เป็นต้น และประยุกต์ใช้ Haversine

Formula [13] ในการค้นหาตำแหน่งของรถ PSU eBus ที่ใกล้ป้ายหยุดรถมากที่สุดเพียงจุดเดียว

ขั้นตอนที่ 3 ระบบจะคำนวณเวลาการมาถึงและความเร็วเฉลี่ยของรถในแต่ละป้ายหยุดรถโดยใช้แบบจำลองในการคาดการณ์ 3 วิธี (LR, SVM, ANN)

ขั้นตอนที่ 4 ระบบจะประเมินผลการคาดการณ์ของแต่ละแบบจำลองจากความคลาดเคลื่อนในการคาดการณ์เทียบกับข้อมูลจริงในเวลาก่อนหน้า

ขั้นตอนที่ 5 ระบบจะบันทึกข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ โดยเลือกข้อมูลจากแบบจำลองที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

จากขั้นตอนข้างต้น ลำดับถัดไปเป็นการอธิบายวิธีการประมวลผลของแต่ละแบบจำลอง

3.3 การประมวลผลของแบบจำลอง

คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ Weka [14] ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ระบบเปิด (Open Source) ที่นิยมใช้ในงานวิจัย มาประมวลผลแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดการประมวลผลแบบจำลอง มีดังนี้

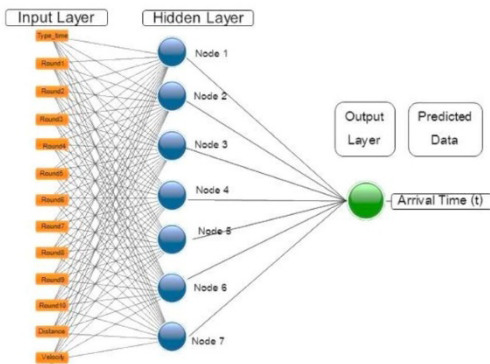
3.3.1 สำหรับแบบจำลอง LR ซอฟต์แวร์จะหาความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวแปรที่คณะผู้วิจัยได้ระบุลงไปและสร้างสมการคำนวณข้อมูล จากนั้นจะประมวลผลจากสมการความสัมพันธ์ที่ได้ และคาดการณ์ข้อมูล พร้อมแสดงผลความคลาดเคลื่อน

3.3.2 สำหรับแบบจำลอง SVM ซอฟต์แวร์จะสร้างสมการที่เหมาะสมตามทฤษฎีที่อธิบายในข้อ 2 แล้วนำสมการที่ได้มาคำนวณ โดยใช้ข้อมูลที่คณะผู้วิจัยได้ระบุ จากนั้นจะแสดงผลการคาดการณ์



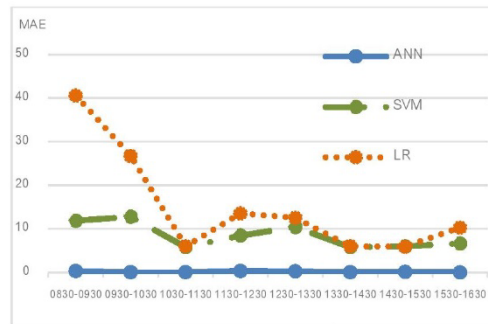
การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
 10th National Transport Conference
การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
 (Safer ASEAN Connectivity)
 วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

3.3.3 สำหรับแบบจำลอง ANN ซอฟต์แวร์ มี เครื่องมือ Multilayer Perceptron (MLP) ให้ใช้งาน โดยซอฟต์แวร์จะสร้างเครือข่ายประสาทและนำ ข้อมูลที่คณะผู้วิจัยได้ระบุทั้งหมดมาเป็นข้อมูล นำเข้า และนำไปคำนวณกับค่าน้ำหนักในแต่ละ Node (รูปที่ 5) โดยแบบจำลองได้กำหนดไว้ในชั้น Hidden Layer แล้วนำผลลัพธ์แต่ละ Node มา คำนวณอีกครั้งในชั้น Output Layer สุดท้ายจะ แสดงผลค่าที่ได้จากการคาดการณ์ (Arrival time, t)



รูปที่ 5 โครงสร้างแบบจำลอง ANN

ANN ให้ค่าเฉลี่ยของ MAE เท่ากับ 0.12 ส่วนของ RMSE เท่ากับ 0.2 ซึ่งน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ แบบจำลอง LR (MAE เท่ากับ 15.18 และ RMSE เท่ากับ 21.50) และ SVM (MAE เท่ากับ 8.44 และ RMSE เท่ากับ 17.29) นอกจากนี้ ผลเฉลี่ยของค่า ความคลาดเคลื่อนข้างต้น อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (MAE และ RMSE ที่มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงความ แม่นยำในการคาดการณ์ของแบบจำลอง) [15] ดังนั้นแบบจำลอง ANN จึงมีความแม่นยำในการ คาดการณ์สูง



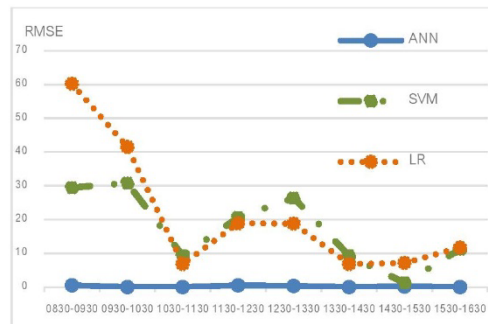
รูปที่ 6 ค่าความคลาดเคลื่อน MAE

4. ผลการศึกษา

4.1 ประสิทธิภาพของแบบจำลอง

คณะผู้วิจัยได้ทดสอบความแม่นยำในการ คาดการณ์ของแบบจำลองทั้ง 3 แบบ จากข้อมูลการ ให้บริการรถ PSU eBus เนื่องด้วยข้อจำกัดของ จำนวนหน้าในบทความ คณะผู้วิจัยจึงนำเสนอ ตัวอย่างข้อมูลในวันที่ 8 กรกฎาคม 2558 เท่านั้น

จากผลของค่าความคลาดเคลื่อน MAE (รูปที่ 6) และ RMSE (รูปที่ 7) ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนทั้งสองวิธีไม่มีหน่วย (unitless) พบว่า แบบจำลอง



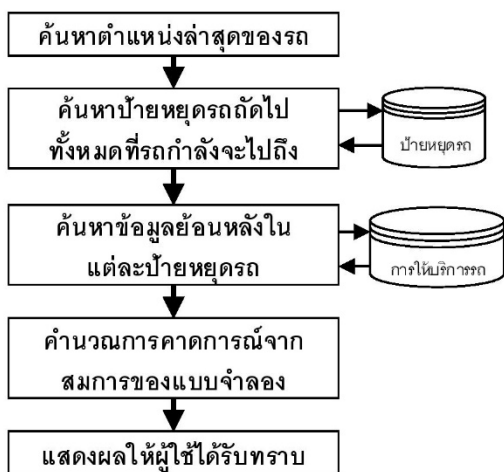
รูปที่ 7 ค่าความคลาดเคลื่อน RMSE



การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
 10th National Transport Conference
 การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
 (Safer ASEAN Connectivity)
 วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

4.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

คณะผู้วิจัยได้นำแบบจำลอง ANN มาประยุกต์ใช้กับระบบ PSU eSy โดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 8 และสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานได้ ดังนี้



รูปที่ 8 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 1 ระบบ PSU eSy จะค้นหาตำแหน่งล่าสุดของรถ PSU eBus

ขั้นตอนที่ 2 ระบบจะนำตำแหน่งที่ได้ ไปค้นหาป้ายหยุดรถถัดไปที่เป็นไปได้

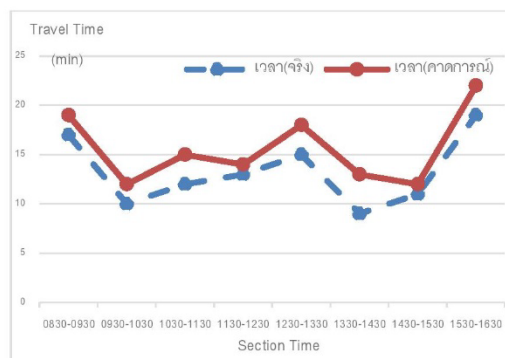
ขั้นตอนที่ 3 ระบบจะคำนวณเวลาการมาถึงของรถแต่ละป้ายที่ได้จากการคาดการณ์ของแบบจำลอง ANN

ขั้นตอนที่ 4 เวลาการมาถึงของรถ จะแสดงบนระบบ PSU eSy ผ่านสมาร์ทโฟน ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แจ้งเวลาการมาถึงในระบบ PSU eSy

คณะผู้วิจัยได้เปรียบเทียบข้อมูลเวลาในการเดินทางของรถ PSU eBus ในแต่ละรอบ จากข้อมูลจริงและข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ ผลดังรูปที่ 10 ซึ่งพบว่า ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างเวลาเดินทางจริงและเวลาคาดการณ์ อยู่ที่ 2.5 นาที ระยะเวลาการเดินทางทั้งหมด 14 นาทีที่ต่อรอบ (เฉลี่ยทั้งวัน) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ แต่ยังเป็นความท้าทายให้กับคณะผู้วิจัยต้องปรับปรุงและพัฒนากระบวนการคาดการณ์ต่อไปในอนาคต



รูปที่ 10 เวลาจริงและเวลาจากการคาดการณ์



การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
10th National Transport Conference
การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
(Safer ASEAN Connectivity)
วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

บทความนี้ได้นำเสนอการเปรียบเทียบการคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถ PSU eBus จากแบบจำลอง LR SVM และ ANN จากผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง ANN ให้ค่าการคาดการณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุด จากนั้น คณะผู้วิจัยจึงนำแบบจำลอง ANN มาประยุกต์ใช้กับระบบ PSU eSy บนสมาร์ตโฟน เพื่อคาดการณ์เวลาการเดินทางพบว่า มีความน่าพอใจ แต่ยังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างที่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงระบบในอนาคต

นอกจากนี้ ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ยังมีจำนวนจำกัดและยังมีอีกหลายปัจจัยที่สามารถนำมาใช้ในการคาดการณ์ข้อมูลได้ เช่น สภาพการจราจร สภาพอากาศ จำนวนผู้โดยสาร เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงระบบการคาดการณ์เวลาการถึงของรถ PSU eBus จากฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และนำปัจจัยข้างต้นมาประมวลผล เพื่อให้ระบบการคาดการณ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

7. บรรณานุกรม

- [1] Land Transport Authority (LTA) Singapore, *Taking a bus*, www.lta.gov.sg, 2015.
- [2] สุราษฎร์ ส่งแสง, สโรช บุญศิริพันธ์, *แบบจำลองประมาณระยะเวลาเดินทางสำหรับรถโดยสารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน,*

การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 9, 20-21 พฤศจิกายน 2557.

- [3] ศราวุธ จุลแก้ว, ปรมศวรรี เหลือเทพ, *การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*, การประชุมวิชาการ ATRANS ครั้งที่ 8, 21 สิงหาคม 2558.
- [4] ไฉพจน์ กุลลาชัย, *ระบบการขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transport Systems)*, www.trafficpolice.go.th, 2557.
- [5] สุชาติ กิระนันท์, *การทำเหมืองข้อมูล*, สัมมนาหนึ่งทศวรรษไอทีจุฬาฯ : การเพิ่มศักยภาพระบบการจัดการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ, 2545.
- [6] พรสิน สุภวาลย์, *การวิเคราะห์การถดถอย*, www.watpon.com, 2558.
- [7] Yu, B., Lu, J., Yang, Z., *An Adaptive Bus Arrival Time Prediction Model*, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.7, 2009.
- [8] นิเวศ จิระวิจิตรชัย, ปริญญา สงวนสัตย์, พงษ์ มีสัจ, *การพัฒนาประสิทธิภาพการจัดหมวดหมู่เอกสารภาษาไทยแบบอัตโนมัติ*, วารสารพัฒนบริหารศาสตร์, 2554; ฉบับที่ 3.
- [9] เกียรติศักดิ์ จันทร์แก้ว, สุพจน์ นิตยสุวัฒน์, *การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์อนุกรมเวลาราคาปาล์มน้ำมัน โดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม*, The Graduate Research Conference ครั้งที่ 12, 2554.



การประชุมวิชาการการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10
 10th National Transport Conference
 การเชื่อมโยงการขนส่งอย่างปลอดภัยในอาเซียน
 (Safer ASEAN Connectivity)

วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

- [10] Pan, J., Dai, X., Xu, X., Li, Y., *Self-Learning Algorithm for Predicting Bus Arrival Time based on Historical Data Model*, Proceedings of IEEE CCIS, 2012.
- [11] Maiti, S., Pal, A., Pal, A., Chattopadhyay, T., and Mukherjee, A., *Historical Data based Real Time Prediction of Vehicle Arrival Time*, IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), China, 2014.
- [12] Bai, C., Peng, Z., Lu, C., Sun, J., *Dynamic Bus Travel Time Prediction Models on Road with Multiple Bus Routes*, Hindawi Publishing Corporation, 2015.
- [13] Inman, J., *Haversine Formula*. www.ig.utexas.edu, 1835.
- [14] Mark, H., Eibe, F., Geoffrey, H., Bernhard, P., Peter, R., Ian, H., *The WEKA Data Mining Software*, 2009.
- [15] Brooks, C., Tsolacos, S., *Forecast Tests*, Real Estate Modelling and Forecasting, 2010.



การประชุมวิชาการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10

The 10th National Transport Conference

ขอขอบเกียรติบัตรฉบับนี้ไว้เพื่อแสดงว่า

ศรายุทธ จุลแก้ว, ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การศึกษาแบบจำลองการคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะภายใน

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ในการประชุมวิชาการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10

วันที่ 18 ธันวาคม 2558

ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติเอ็มเพรส โรงแรมเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่


(นายอรรถวิท เอมะจุฑา)

ประธานคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมจราจรและขนส่ง
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์



(นายศักดิ์ จิตวิริยะวาทิน)

อธิบดี

กรมทางหลวงชนบท



ผู้อำนวยการสาขาวิชา ดร.ณัฐ วรรณ

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นาย ศรายุทธ จุลแก้ว
 รหัสประจำตัวนักศึกษา 5610121062
 วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2553

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)
 ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2558

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

พ.ศ. 2554-2555

โปรแกรมเมอร์ บริษัท ซีเอสไอ จำกัด กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2555-ปัจจุบัน

นักวิชาการคอมพิวเตอร์ ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาการเรียนรู้อำนวยการบดี
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

- 1) ศรายุทธ จุลแก้ว และปรเมศวร์ เหลือเทพ “การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์” การประชุมวิชาการ ATRANS ครั้งที่ 8 วันที่ 21 สิงหาคม 2558 ณ โรงแรมสวิสโซเทล นายเลิศ พาร์ค. จังหวัดกรุงเทพมหานคร.
- 2) ศรายุทธ จุลแก้ว และปรเมศวร์ เหลือเทพ “การศึกษาแบบจำลองการคาดการณ์เวลาการมาถึงของรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์” การประชุมวิชาการ การขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 10 วันที่ 18 ธันวาคม 2558 ณ โรงแรมดิเอ็มเพรส. จังหวัดเชียงใหม่