วัฏจักรการขับขี่รถยนต์นั่งในเขตกรุงเทพมหานครชั้นในภายใต้สถานการณ์โควิด-19

A DRIVING CYCLE FOR PASSENGER CAR IN THE INNER PART OF BANGKOK UNDER COVID-19 SITUATION

นายณภัทร ประดับญาติ

นายธนกร ดาวเรือง

นายธนเลิศ พรรณหาญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีการศึกษา 2564

วัฏจักรการขับขี่รถยนต์นั่งในเขตกรุงเทพมหานครชั้นในภายใต้สถานการณ์โควิด-19

A DRIVING CYCLE FOR PASSENGER CAR IN THE INNER PART OF BANGKOK UNDER COVID-19 SITUATION

นายณภัทร ประดับญาติ

นายธนกร ดาวเรือง

นายธนเลิศ พรรณหาญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีการศึกษา 2564

วัฏจักรการขับขี่รถยนต์นั่งในเขตกรุงเทพมหานครชั้นในภายใต้สถานการณ์โควิค-19

นายณภัทร ประดับญาติ

นายธนกร ดาวเรือง

นายธนเลิศ พรรณหาญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีการศึกษา 2564

A DRIVING CYCLE FOR PASSENGER CAR IN THE INNER PART OF BANGKOK UNDER COVID-19 SITUATION

Mr.Napat Pradabyat

Mr.Thanakorn Dowruang

Mr.Thanalert Panharn

The Project Report Submitted in Partial Fulfillment of

The Requirement for Degree of Bachelor of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

2021

หัวข้อปริญญานิพนธ์ วัฏจักรการขับขี่รถยนต์นั่งในเขตกรุงเทพมหานครชั้นในภายใต้สถานการณ์โควิด-19

โดย นายณภัทร ประดับญาติ นายธนกร ดาวเรือง และนายธนเลิศ พรรณหาญ

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2564

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่เรือตรี ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่นำรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน ขนาดความจุกระบอกสูบไม่เกิน 1,500 CC การใช้งานในเขตกรุงเทพมหานครมากที่สุดซึ่งเป็นยานพาหนะที่มีความนิยม จึงเลือกยานพาหนะประเภทนี้นำมาจัดเก็บข้อมูล เพื่อศึกษาพฤติกรรมและสร้างวัฏจักรการขับขี่ ส่วนการเลือกเส้นทางการเก็บข้อมูล ได้แก่ ถนนรัชดาภิเษก – พระรามที่ 4 ถนนพหลโยธิน และถนนพระรามที่ 3 – นราธิวาส เป็นต้น ซึ่งถนนดังกล่าวอยู่ในย่านธุรกิจ และมีปริมาณการจราจรหนาแน่น ในปัจจุบันมีการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา (COVID-19) รัฐบาลจึงมีมาตรการ “การปิดพื้นที่” ส่งผลต่อสภาพการจราจรเป็นอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปกติ จึงดำเนินการจัดเก็บข้อมูลแบบทันทีทันใดตลอดเส้นทาง และทำการจัดกลุ่มของอนุกรมเวลา ในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้จัดเก็บข้อมูล ได้แก่ อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแบบทันทีทันใด ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลที่มีความแม่นยำสูง โดยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แสดงพิกัดตำแหน่งทางดาวเทียม และเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แบบพกพา

ผลการเก็บข้อมูลในการสร้างวัฏจักรการขับขี่ 3 เส้นทางการขับขี่ทั้งช่วงเช้าและช่วงเย็น พบว่ารูปแบบของความเร็วที่นำมาใช้ในการสร้างวัฏจักรการขับขี่ส่วนมากเป็นรูปแบบของความเร็วต่ำมีความถี่ของช่วงความเร็วใกล้เคียงกับการขับขี่จริง และช่วงของความเร็วที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 0 - 10 km/h ทำให้ทราบว่าสภาพการจราจรทั้ง 3 เส้นทางมีความหนาแน่นเป็นอย่างมาก แต่การขับขี่ในบางช่วงสามารถใช้ความเร็วได้และมีรูปแบบการเคลื่อนที่ดังนี้ ความเร่ง ความหน่วง ความเร็วคงที่ การหยุดนิ่ง ในแต่ละเส้นทางมีค่าที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: รถยนต์นั่งส่วนบุคคล พฤติกรรมการขับขี่ วัฏจักรการขับขี่ สถานการณ์โควิด-19

Project title A Driving Cycle for Passenger Car in the Inner Part of Bangkok under Covid-19 Situation

By Mr.Napat Pradabyat, Mr.Thanakorn Dowruang and Mr.Thanalert Panharn

Department Mechanical Engineering

Academic year 2021

Project advisor Asst. Prof. Acting Sub Lt. Dr. Songwut Mongkonlerdmanee

Abstract

Thailand is a country where passenger cars up to 7 people, the specified cylinder capacity does not exceed 1500 CC. Most used in Bangkok, which is a popular vehicle. Therefore, this type of vehicle was chosen to collect data to study behavior and create a driving cycle the selection of the data collection route includes: Ratchadaphisek Road - Rama IV Road Phaholyothin Road and Rama III Road - Narathiwat Road, etc. Which the road is in the business district which has a heavy traffic volume. At present, there is an epidemic of Covid-19 the government therefore has measures to lockdown. It affects the traffic conditions greatly compared to the normal situation. Therefore, data collection was performed on-board measurement. and grouping the time series clustering. In the part of the equipment used to store data, including : KYOWA Model EDX-200A, It is a highly accurate data storage device. by connecting to Global Positioning System: GPS sensor and connect to notebook

The results of the data collection to create a driving cycle of 3 routes in the morning and evening (Peak time). It was found that most of the speed patterns used to create driving cycles were low speed patterns. The frequency of the speed range is close to the real driving and the speed range is in the range of 0-10 km/h. Which show that the traffic conditions on 3 routes are very dense. but driving in some parts can use speed and have the following movement patterns including : acceleration, deceleration,constant speed, stationary. Each route has different values.

Keyword: Passenger car Driving behavior Driving cycle Covid-19 Situation

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งมากจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ว่าที่เรือตรี ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ซึ่งให้คำแนะนำในการถ่ายทอดความรู้ตลอดจนควบคุมการจัดทำเล่มปริญญานิพนธ์จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้งคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ที่มีความกรุณาตรวจสอบความถูกต้องของปริญญานิพนธ์ บุคคลที่ปรากฏตามการอ้างอิง ที่คณะผู้จัดโครงงานได้อ้างอิง และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้อำนวยความสะดวก ตลอดระยะเวลาในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ทางสถาบันวิจัยและพัฒนา ณ โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ซึ่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนเพื่อการวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้ความสะดวกต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำโครงงาน

ขอขอบคุณบุคลากรทุก ๆ ท่านที่ได้ให้ความรู้และข้อมูลต่าง ๆ ในการปรึกษาข้อมูลเพิ่มเติมและเอื้ออำนวยความสะดวก ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ให้ประสบผลสำเร็จไปได้ด้วยดีอีกทั้งประโยชน์ และคุณค่าอันพึงประสงค์มีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำโครงงานขอมอบให้เป็นกตัญญูตาบูชาแด่ บิดามารดา ครูบาอาจารย์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวมา ณ ที่นี้

นายณภัทร ประดับญาติ
นายธนกร ดาวเรือง
นายธนเลิศ พรรณหาญ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	3
1.6 งบประมาณของโครงการ	4
2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนาในประเทศไทย	5
2.2 ภาพรวมวัฏจักรการขับขี่ (Overview driving cycle)	6
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	14
3. ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและการสร้างวัฏจักรการขับขี่	
3.1 ขั้นตอนการสร้างวัฏจักรการขับขี่	17
3.2 การเลือกเส้นทางและการรวบรวมข้อมูล	18
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูล	20
3.4 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล	22
3.5 การกำหนดตัวแปรเป้าหมายในการสร้างวัฏจักรการขับขี่	25
3.6 ขั้นตอนการจำแนกความถี่ของช่วงความเร็ว	27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

3.7 การเลือกรูปแบบความเร็วและช่วงเวลาที่เหมาะสม 32
3.8 การสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ (Representative driving cycle) 39
3.9 ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ (Representative driving cycle) 40

4. ผลการสร้างวัฏจักรการขับขี่และวิจารณ์ผล
4.1 ผลการทดสอบพฤติกรรมการขับขี่จริงของ 3 เส้นทาง 42
4.2 ผลการคำนวณเวลาที่ใช้ในการเป็นสมมุติฐานทั้งต้นทั้ง 3 เส้นทาง 46
4.3 ผลการพิจารณาช่วงของความเร็วที่ใช้ในการเลือกรูปแบบของความเร็ว ทั้ง 3 เส้นทาง 47
4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติทั้ง 3 เส้นทาง 49
4.5 สรุปข้อมูลที่เลือกใช้สำหรับการสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ทั้ง 3 เส้นทาง 51
4.6 รูปแบบการเคลื่อนที่ของวัฏจักรการขับขี่ 72

5. สรุปผลโครงงาน
5.1 สรุปผลการสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ 73
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 74
5.3 ข้อเสนอแนะ 74

บรรณานุกรม 75
ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ 78

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	3
1.2	งบประมาณของโครงการ	4
2.1	การเปรียบเทียบลักษณะสำคัญของวัฏจักรการขับขี่ของประเทศสหรัฐอเมริกา	10
3.1	ตัวอย่างข้อมูลการขับขี่จริงแต่ละช่วงความเร็ว	31
3.2	การคำนวณหาช่วงของเวลา	33
3.3	การเลือกรูปแบบของความเร็วจากความถี่ของช่วงความเร็วที่กำหนด	38
3.4	ตัวอย่างการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกรูปแบบความเร็วที่เหมาะสมที่สุด	39
3.5	สรุปข้อมูลการสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่	40
4.1	ข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่จริง	42
4.2	ผลของการคำนวณหาเวลาตั้งต้น	46
4.3	ผลการหารูปแบบความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 1	47
4.4	ผลการหารูปแบบความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 2	47
4.5	ผลการหารูปแบบความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 3	48
4.6	ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติของเส้นทางการขับขี่ที่ 1	49
4.7	ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติของเส้นทางการขับขี่ที่ 2	49
4.8	ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติของเส้นทางการขับขี่ที่ 3	50
4.9	สรุปผลการเลือกช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กันทั้ง 3 เส้นทาง	50
4.10	สรุปข้อมูลตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของทั้ง 3 เส้นทางการขับขี่	51
4.11	รูปแบบการเคลื่อนที่ของวัฏจักรการขับขี่ทั้ง 3 เส้นทางการขับขี่	72

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การทดสอบแบบ Real-time PCR ในห้องทดลอง	5
2.2	คณะผู้วิจัยเกี่ยวกับผู้ป่วย COVID-19	6
2.3	วัฏจักรการขับขี่ของประเทศในสหภาพยุโรป (NEDC)	7
2.4	วัฏจักรการขับขี่ของประเทศญี่ปุ่น (10-15 mode)	8
2.5	วัฏจักรการขับขี่ในประเทศสหรัฐอเมริกา (FTP-75 cycle)	9
2.6	วัฏจักรการขับขี่ในประเทศสหรัฐอเมริกา (HWFET)	9
2.7	คุณลักษณะของการจัดกลุ่มเวลาด้วยวิธี Time series clustering	15
3.1	แผนการดำเนินงานการสร้างวัฏจักรการขับขี่	17
3.2	เส้นทางการเก็บข้อมูลที่ 1 ถนนรัชดาภิเษก -พระรามที่ 4	18
3.3	เส้นทางการเก็บข้อมูลที่ 2 ถนนพหลโยธิน	19
3.4	เส้นทางในการเก็บข้อมูลที่ 3 ถนนพระรามที่ 3 - นราธิวาส	19
3.5	รถยนต์ Toyota yaris 1,500 CC	20
3.6	อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแบบทันทีทันใด KYOWA รุ่น EDX-200A	21
3.7	อุปกรณ์แสดงพิกัดตำแหน่งทางดาวเทียม (GPS Sensor)	21
3.8	คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook)	21
3.9	แบตเตอรี่สำรอง (Power bank)	22
3.10	การเชื่อมต่ออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลและสายสัญญาณ	22
3.11	เปิดโปรแกรม DCS-100A เลือก EDX-200A และกด Select	23
3.12	กด Connect โปรแกรมกับ EDX-200A	23
3.13	ตั้งค่าในโปรแกรมก่อนการเก็บข้อมูล โดยไปที่ CH Condition เลือกที่ CH 01	23
3.14	เลือกความถี่การเก็บข้อมูลที่ 5 Hz	24
3.15	เริ่มการเก็บข้อมูลโดยกด Balance และ Record	24
3.16	กด Stop เพื่อหยุดการบันทึกข้อมูล	24
3.17	เลือกที่เมนู File และเลือกไปที่ Collect data file form EDX-200A	25
3.18	เลือกไฟล์ข้อมูลที่ต้องการ และกด Collect เพื่อนำข้อมูลไปใช้งานต่อไป	25
3.19	ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรเป้าหมายสำหรับการสร้างวัฏจักรการขับขี่	26
3.20	ความเร็วของเวลาตลอดเส้นทาง	27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.21	คัดกรองข้อมูลที่เป็นจำนวนเต็ม	28
3.22	ใช้คำสั่ง Vlookup เลือกข้อมูล	28
3.23	แปลงหน่วยจาก LATITUDE LONGITUDE เป็นระยะทาง	29
3.24	ใช้คำสั่ง Pivoe table สร้างตารางข้อมูล	29
3.25	ตั้งค่าตารางการวิเคราะห์	30
3.26	การจัดกลุ่มของช่วงความเร็ว	30
3.27	ขั้นตอนการกำหนดช่วงเวลาและสร้างกราฟการกระจายความถี่ของช่วงความเร็ว	31
3.28	การกระจายความถี่ของช่วงความเร็ว	32
3.29	ตัวอย่างการกำหนดช่วงของเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน 5 ช่วง	34
3.30	ใช้คำสั่ง Pivoe table สร้างตารางข้อมูล	34
3.31	ตั้งค่าตารางการวิเคราะห์	35
3.32	การจัดกลุ่มของช่วงความเร็ว	35
3.33	เลือกข้อมูลของความเร็วทั้งหมดของช่วงเวลา	36
3.34	เลือกข้อมูลของความเร็ว	36
3.35	ตั้งค่าตารางการวิเคราะห์	37
3.36	การจัดกลุ่มของช่วงความเร็ว	37
3.37	คำนวณหาความถี่ของช่วงความเร็วในช่วงเวลาที่กำหนด	38
3.38	การเปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่	40
3.39	พัฒนาวัฏจักรการขับขี่ใหม่โดยเลือกการจัดกลุ่มเวลา	41
4.1	ความถี่ของช่วงความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 1	43
4.2	ความถี่ของช่วงความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 2	44
4.3	ความถี่ของช่วงความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 3	45
4.4	วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเช้า	52
4.5	วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเย็น	53
4.6	วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเช้า - ช่วงเย็น	54
4.7	วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 2 ช่วงเช้า	56
4.8	วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 2 ช่วงเย็น	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.9	วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 2 ช่วงเช้า - ช่วงเย็น	58
4.10	วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเช้า	60
4.11	วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเย็น	61
4.12	วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเช้า - ช่วงเย็น	63
4.13	ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเช้า	65
4.14	ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเย็น	66
4.15	ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 2 ช่วงเช้า	67
4.16	ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 2 ช่วงเย็น	68
4.17	ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเช้า	69
4.18	ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเย็น	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน

รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน (Passenger car) ถือเป็นรถที่มีความนิยมที่มาใช้งานในประเทศไทย เพื่อตอบสนองความต้องการในหลากหลายด้าน เช่น ด้านธุรกิจ ด้านครอบครัว และด้านการเดินทางไปสถานที่ต่าง ๆ ทั้งนี้รถยนต์นั่งส่วนบุคคลถูกนำมาใช้งานในเขตกรุงเทพมหานครมากที่สุด สอดคล้องกับข้อมูลสถิติการใช้รถ บนถนนลาดพร้าว รามคำแหง ศรีนครินทร์ รามอินทรา-แจ้งวัฒนะ และติวานนท์ [1] อันเหตุผลเนื่องมาจากถนนดังกล่าวอยู่ในย่านธุรกิจ นอกเหนือจากนี้ยังเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของจำนวนประชากรคิดเป็นร้อยละ 20 ของประชากรที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร [2] หากพิจารณาถึงความเชื่อมโยงระหว่างปริมาณการใช้รถและปริมาณอุบัติเหตุของประเทศไทยพบว่า รายงานผลจากองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ในปี พ.ศ. 2561 เปิดเผยให้เห็นว่ารถจักรยานยนต์และรถยนต์มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุจำนวน 40,420 และ 29,728 คัน โดยคิดเป็นร้อยละ 74 และ 12.3 [3]

สำหรับองค์ประกอบที่สำคัญต่อการเกิดอุบัติเหตุ ประกอบด้วย 3 ตัวปัจจัย คือ บุคคล รถ และถนน หากพิจารณาถึงปัจจัยด้านบุคคล ประกอบไปด้วย ผู้ขับขี่ คนเดินถนน และผู้ใช้รถใช้ถนน ส่วนกรณีของรถอาจเกิดจากคุณภาพและอุปกรณ์ส่วนควบ และปัจจัยด้านถนนที่มีความแตกต่างด้านรูปแบบของถนน ข้อจำกัดด้านการออกแบบถนน และสภาพภูมิอากาศ ภายใต้การแก้ปัญหาที่มีความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 3 ที่กล่าวมานั้น การใช้วัฏจักรการขับขี่ (Driving cycle) ถือเป็นเครื่องมือที่มีความนิยมทั้งในระดับงานวิจัยและการจัดทำมาตราฐานการทดลองคุณลักษณะของรถทุกประเภทตามมาตราฐานสากลเช่น มาตรฐานยุโรป (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) และมาตรฐาน ISO (International Organization for Standardization, ISO) เนื่องจากสามารถสะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมการขับขี่ (Driving behaviors) และรูปแบบการขับขี่ (Driving pattern) ทั้งนี้ องค์ประกอบของวัฏจักรการขับขี่มีข้อมูล 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ความเร็วและเวลา (Speed-time profiles) นอกเหนือจากนี้สำหรับการสร้างวัฏจักรการขับขี่ในประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (Bangkok driving cycle) ได้มีการศึกษาและจัดทำไว้เบื้องต้นแล้ว อย่างไรก็ตาม ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)

ภายใต้สถานการณ์ปัจจุบันด้วย“ฐานวิถีชีวิตใหม่” (New normal) จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 อาจมีผลทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุลดลงด้วยมาตรการของรัฐบาล Lockdown “การปิดพื้นที่” มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับการเปิดเผยจาก กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ร่วมกับภาคีเครือข่าย เปิดเวทีเสวนาวิชาการกรมควบคุมโรค (Department of Disease Control, DDC) เรื่อง อุบัติเหตุทางถนน “ยุคฐานวิถีชีวิตใหม่” (New normal) [4] ในยุคของการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันกับปีที่ผ่านมา ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 - เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 มีจำนวนผู้เสียชีวิตลดลง 90 คน [5]

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากคณะผู้จัดทำได้มีการศึกษาองค์ประกอบการเกิดอุบัติเหตุจาก องค์ประกอบที่สำคัญตามที่กล่าวมาและปัจจุบันอยู่ในช่วงสถานการณ์โควิด-19 คณะผู้จัดทำโครงงานจึงมีแนวคิดที่จะทำการสร้างวัฏจักรการขับขี่รถยนต์นั่งส่วนบุคคลภายใต้สถานการณ์โควิด-19 โดยเริ่มต้นจากเขตกรุงเทพชั้นใน สำหรับการศึกษาด้วยการจัดเก็บข้อมูลสถิติพฤติกรรมการขับขี่ (Driving behaviors) และรูปแบบการขับขี่ (Driving pattern) ด้วยการใช้วิธีจัดเก็บวัฏจักรการขับขี่ (Driving cycle) ถือได้ว่าเป็นวิธีที่มีความน่าสนใจ เนื่องจากสามารถจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์ยิ่งต่อการนำไปพัฒนาด้านต่าง ๆ เช่น พฤติกรรม การตอบสนองของบุคคล คุณภาพของถนน คุณภาพของรถ และการประเมินประสิทธิภาพหรือ ความสามารถของรถ เช่น การประเมินมลพิษและการบริโภคเชื้อเพลิง การประเมินระบบห้ามล้อ และ การประเมินเครื่องยนต์ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ด้านความปลอดภัยสำหรับการใช้รถใช้ถนนของประเทศ ทั้งนี้รถจักรยานยนต์ในเขตกรุงเทพมหานครถือเป็นเป้าหมายในระดับเริ่มต้นของการจัดทำโครงงาน เนื่องจากมีผลกระทบมากที่สุดในด้านความปลอดภัยของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการขับขี่รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คนในเขตกรุงเทพมหานครชั้นใน ภายใต้สถานการณ์โควิด-19

1.2.2 เพื่อสร้างวัฏจักรการขับขี่ภายใต้สถานการณ์โควิด-19

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ใช้รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน ขนาดความจุกระบอกสูบรวมไม่เกิน 1,500 ซีซี

1.3.2 เส้นทางในการเก็บข้อมูลได้แก่ 3 เส้นทาง ดังนี้

1) เริ่มต้นจากมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมสิ้นสุดศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (ระยะทางประมาณ 11.4 กม.)

2) เริ่มต้นจากสวนจตุจักรสิ้นสุดจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ระยะทางประมาณ 12.1 กม.)

3) เริ่มต้นแยกบุคคโลสิ้นสุดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ (ระยะทางประมาณ 12.1 กม.)

1.3.3 ช่วงเวลาที่ใช้จัดเก็บข้อมูล แบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่

1) ช่วงเช้า (ตั้งแต่ 07.00-09.00 น.)

2) ช่วงเย็น (ตั้งแต่ 17.00-19.00 น.)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำข้อมูลรูปแบบพฤติกรรมการขับขี่มาเป็นเครื่องมือในการทดสอบบน Dynamometer เพื่อประยุกต์ใช้ในงานด้านการพัฒนาคุณภาพของยานยนต์ เช่น การออกแบบผ้าเบรค การพิจารณาปริมาณการเกิดไอเสีย และคิดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

1.4.2 ได้รูปแบบพฤติกรรมการขับขี่ภายใต้เส้นทางและเงื่อนไขที่กำหนด

1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

สำหรับขั้นตอนการดำเนินโครงงานแสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

กิจกรรม	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
กำหนดหัวข้อโครงงาน	■											
ศึกษาข้อมูล		■	■									
สอบหัวข้อโครงงาน				■								
ออกแบบการทดลอง					■	■						
ทดลองการขับขี่						■	■	■				
วิเคราะห์ผลการทดลอง									■	■		
สรุปผลการทดลอง											■	
สอบป้องกันปริญญานิพนธ์												■

1.6 งบประมาณของโครงการ

งบประมาณในการดำเนินโครงงานคือค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงงานที่เป็นค่าใช้สอยทั่วไป ค่าน้ำมันของยานพาหนะและการใช้จ่ายในการเดินทางไปทดสอบในสถานที่ต่างๆโดยสามารถอธิบายได้จากตาราง 1.2

ตารางที่ 1.2 งบประมาณของโครงการ

รายละเอียดงบประมาณ	**งบประมาณ (บาท)**
1. ค่าเช่าอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแบบทันทีทันใด (Realtime)	6,000
2. ค่าเช่าอุปกรณ์เก็บผลทางกายภาพ	3,000
3. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงทดลอง	3,400
4. ค่าปริ้นเอกสาร	1,600
5. ค่าเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	1,000
งบประมาณรวม	**15,000**

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาวางแผนการดำเนินการโครงงานนี้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนาในประเทศไทย [6]

สำหรับประเทศไทยคณะผู้วิจัยเกี่ยวกับผู้ป่วยที่ติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) ได้ถอดลำดับพันธุกรรมของของไวรัสโคโรนานี้ ซึ่งมีข้อสังเกตว่ามีความคล้ายมากกับไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ที่พบในค้างคาวเกือกม้าในจีน และตัวอย่างได้ถูกส่งไปยังห้องทดลองอีกสองแห่งที่ศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพและสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และสาธารณสุข ห้องทดลองทั้งสองแห่งทำการทดสอบพร้อมกันโดยใช้วิธีต่างกันเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำที่สุด การตรวจหาไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ในประเทศไทยนั้น มีการดำเนินการตามแนวปฏิบัติขององค์การอนามัยโลก หรือ Coronavirus disease (COVID-19) technical guidance: Laboratory testing for Covid-19

รูปที่ 2.1 การทดสอบแบบ Real-time PCR ในห้องทดลอง [6]

อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กระทรวงสาธารณสุขได้ระบุนโยบายว่า ประเทศไทยกำหนดให้มีห้องทดลองอย่างน้อย 1 ห้องต่อจังหวัดทั่วประเทศ เพื่อตรวจไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ ในเวลาอันรวดเร็วด้วยวิธีการตรวจผ่านวิธี Real-time PCR ทำให้สามารถระบุแหล่งที่เป็นพื้นที่เสี่ยง

จากการวิเคราะห์โดยคณะผู้วิจัยเกี่ยวกับผู้ป่วย COVID-19 ยืนยันพบเชื้อไวรัสโคโรนาด้วยการทดสอบแบบ Real-time PCR ตามรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นวิธีที่องค์การอนามัยโลกแนะนำและประเทศไทยพร้อมใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งนำสายพันธุกรรม (RNA – Ribonucleic Acid, RNA) ของไวรัสโคโรนาสำหรับการตรวจด้วยวิธีนี้มีข้อดี คือ รวดเร็วมีและมีความแม่นยำสูง สามารถทราบผลภายใน 3 ถึง 5 ชั่วโมง นอกจากนี้สามารถตรวจพบเชื้อไวรัสโคโรนาในปริมาณน้อย

การตรวจเชื้อไวรัสโคโรนาเชิงรุกนั้นเมื่อพบว่ามีผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนาจึงนำตัวไปรักษาที่สถาบันบำราศนราดูรทันที ด้วยการเก็บตัวอย่างใช้ส่วนหลังของโพรงจมูก โดยคณะผู้วิจัยจากศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพโรคอุบัติใหม่ สภากาชาดไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตามรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นศูนย์ความร่วมมือระหว่างองค์การอนามัยโลกเพื่อการวิจัยและฝึกอบรมเกี่ยวกับโรคติดต่อจากสัตว์สู่คนที่เกิดจากเชื้อไวรัส ยิ่งไปกว่านั้น ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2562 การระบาดของไวรัสโคโรนาในช่วงเริ่มต้น ทำให้รัฐบาลไทยประกาศสถานการณ์ฉุกเฉินในช่วงเวลากลางคืนและมีการสั่งปิดสถานที่ต่าง ๆ รวมถึงการเดินทางข้ามจังหวัด ต้องผ่านการคัดกรองและกักตัวอย่างเข้มงวด เพื่อช่วยควบคุมการระบาดของไวรัสโคโรนาได้

รูปที่ 2.2 คณะผู้วิจัยเกี่ยวกับผู้ป่วย COVID-19 [6]

2.2 ภาพรวมวัฏจักรการขับขี่ (Overview driving cycle)

วัฏจักรขับขี่ คือ รูปแบบการขับขี่มาตรฐานที่จำลองรูปแบบการเคลื่อนที่ของยานยนต์เสมือนจริง โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา ประกอบด้วยพฤติกรรมทางกายภาพของรถยนต์ เช่น อัตราการเร่ง การชะลอและการหยุดที่มีความแตกต่างกัน เพื่อประยุกต์ใช้ในงานรูปแบบต่าง ๆ เช่น การประเมินปริมาณการใช้เชื้อเพลิง การปล่อยมลพิษของยานพาหนะด้วยวิธีปกติ และการบริหารจัดการระบบจราจร เป็นต้น สำหรับการทดสอบหรือประเมินปริมาณการใช้เชื้อเพลิง การปล่อยมลพิษของยานพาหนะ กระทำโดยนำยานยนต์หรือพาหนะขึ้นไปทดสอบบนเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าแบบแชสซีส (Chassis dynamometer) โดยการวัดหรือประเมิน

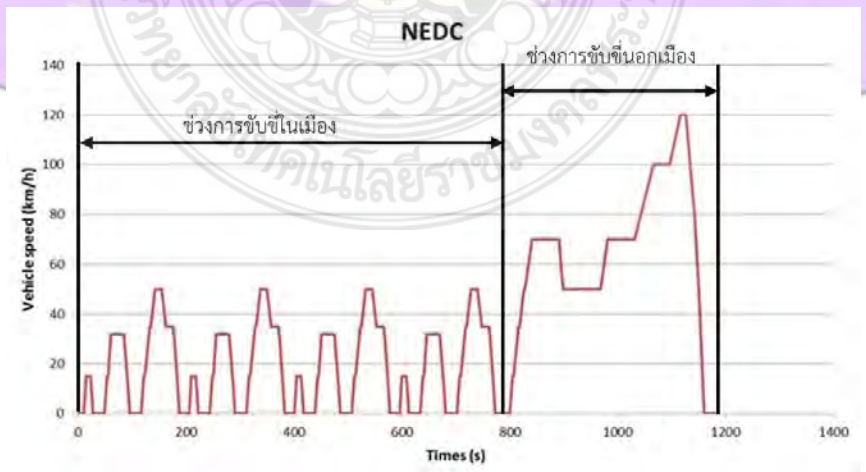
การใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยมลพิษ พาหนะหรือยานยนต์จะถูกสร้างความเร็วตามข้อกำหนดของเวลาที่เป็นไปตามวัฏจักรการขับขี่ สำหรับวัฏจักรการขับขี่สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ วัฏจักรการขับขี่แบบมาตรฐาน (Standard driving cycle) และวัฏจักรการขับขี่จริง (Realistic driving cycle) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 วัฏจักรการขับขี่แบบมาตรฐาน

สำหรับวัฏจักรการขับขี่แบบมาตรฐานถูกใช้มาเพื่อรับรองการปลดปล่อยมลพิษของยานยนต์ ตลอดจนการทดสอบการประหยัดเชื้อเพลิง (Fuel economy testing) ทั้งนี้วัฏจักรการขับขี่ดังกล่าวส่วนใหญ่ถูกสร้างจากหน่วยงานของรัฐ รวมไปถึงหน่วยงานในระดับภูมิภาค ยกตัวอย่างเช่น วัฏจักรการขับขี่ของประเทศในสหภาพยุโรป (New European Driving Cycle, NEDC) วัฏจักรการขับขี่ของประเทศญี่ปุ่น (Japanese 10-15 mode) และวัฏจักรการขับขี่ในประเทศสหรัฐอเมริกา (Federal Test Procedure, FTP-75 cycle) [8] โดยทั้ง 3 วัฏจักรการขับขี่มีรายละเอียด ดังนี้

1) วัฏจักรการขับขี่ของประเทศในสหภาพยุโรป

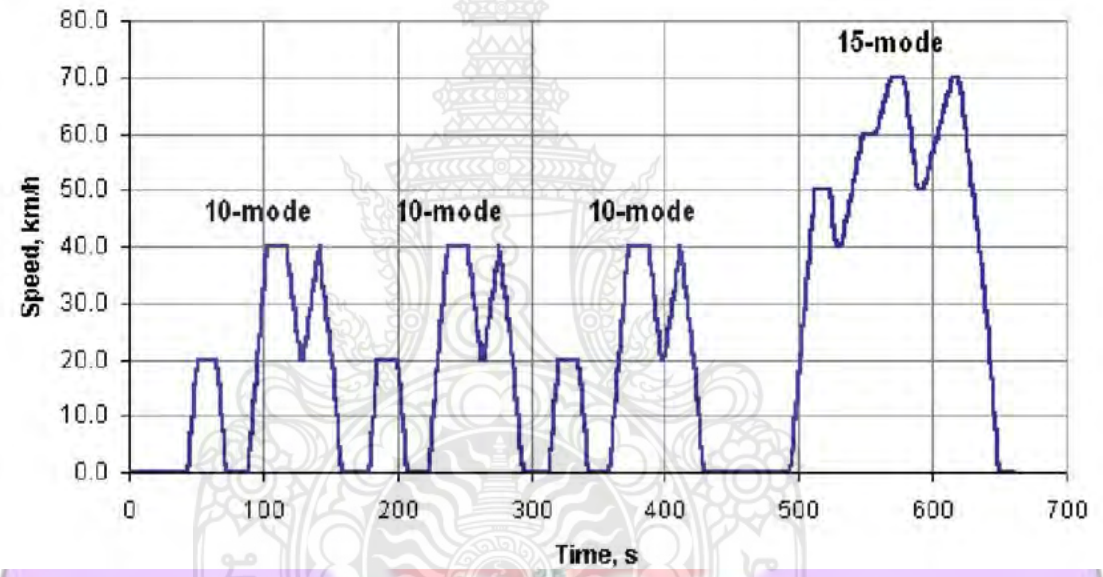
สำหรับวัฏจักรการขับขี่นี้ถูกสร้างและนำมาใช้งานร่วมกันของประเทศที่เป็นสมาชิกในสหภาพยุโรป เช่น ฝรั่งเศส สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี และประเทศในเครือสหราชอาณาจักร เป็นต้น ซึ่งวัฏจักรการขับขี่นี้ใช้ประเมินคุณภาพไอเสียสำหรับรถยนต์ขนาดเล็ก โดยวัฏจักรดังกล่าวถูกบรรจุลงในมาตราฐานการทดสอบของสหภาพยุโรป (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) No.15 ซึ่งรูปแบบการขับขี่ที่ใช้ในการทดสอบถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการขับขี่ในเมือง (Urban Driving Cycle, UDC) และช่วงการขับขี่นอกเมือง (Extra-Urban Driving Cycle, EUDC) ซึ่งทั้ง 2 ช่วงมีระยะเวลาการทดสอบ 780 และ 400 วินาทีตามรูปที่ 2.3 [9]



รูปที่ 2.3 วัฏจักรการขับขี่ของประเทศในสหภาพยุโรป (NEDC) [7]

2) วัฏจักรการขับขี่ของประเทศญี่ปุ่น

สำหรับวัฏจักรการขับขี่ของประเทศญี่ปุ่น ถูกสร้างเพื่อนำมาใช้ในการประเมินปริมาณมลพิษของรถยนต์ขนาดเล็กภายใต้การขับขี่ในเมืองรูปแบบต่าง ๆ (Urban driving conditions) ทั้งนี้วัฏจักรดังกล่าวถูกปรับปรุงจากการทดสอบแบบ 10 การทำงาน (mode) เป็น 15 การทำงาน ตามรูปที่ 2.4 ซึ่งมีการเพิ่มระยะเวลาการทดสอบจากเดิม 135 เป็น 660 วินาที นอกจากนี้วัฏจักรดังกล่าวได้ถูกปรับปรุงอีกครั้งให้กลายเป็นวัฏจักร JC08 ซึ่งรูปแบบการทดสอบและความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและระยะเวลามีความคล้ายคลึงกับวัฏจักรการขับขี่ของประเทศในสหภาพยุโรปที่ใช้เป็นมาตราฐานสากลตาม UNECE R15 อีกด้วย [9]

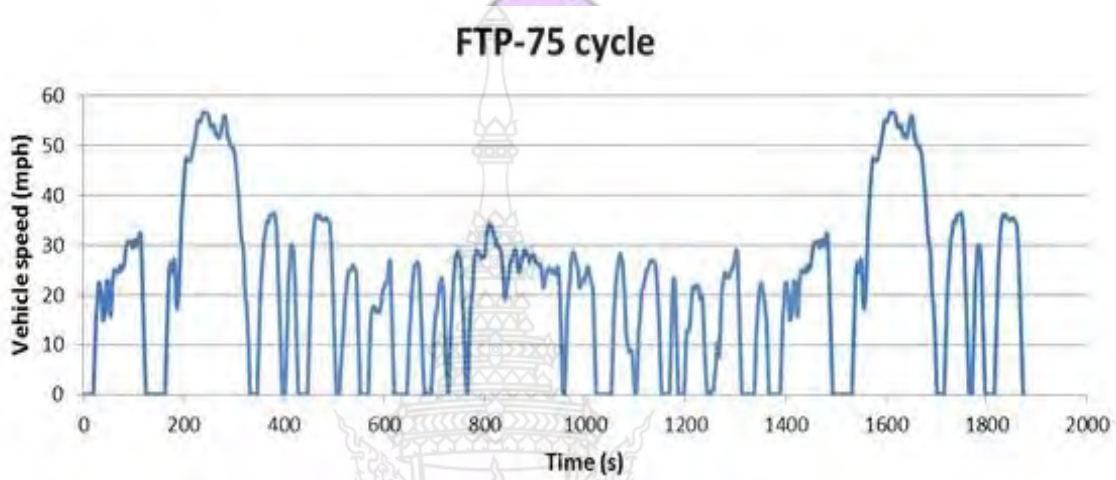


รูปที่ 2.4 วัฏจักรการขับขี่ของประเทศญี่ปุ่น (10-15 mode) [7]

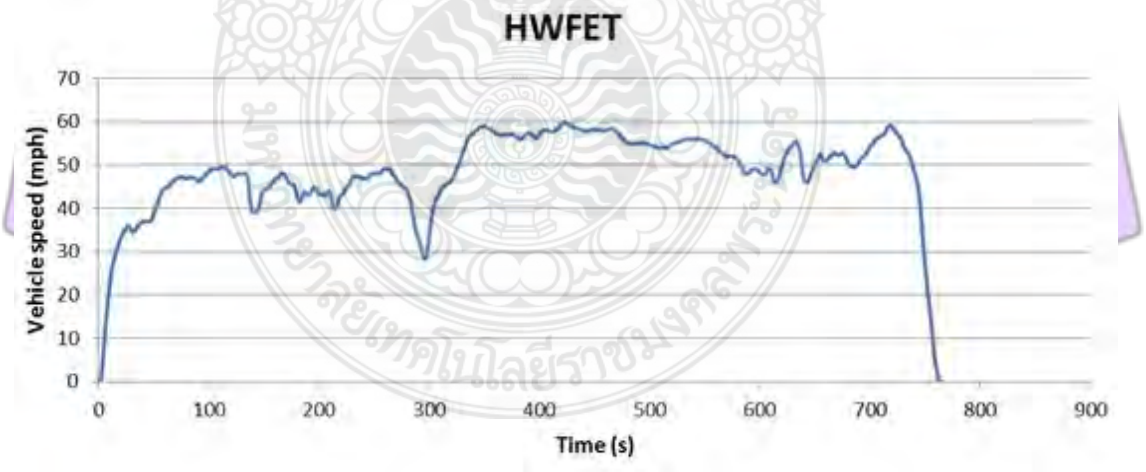
3) วัฏจักรการขับขี่ในประเทศสหรัฐอเมริกา

ใน ค.ศ.1970 วัฏจักรการขับขี่ที่จัดตั้งโดยหน่วยงานรัฐบาลกลางของประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีชื่อเรียกว่า (FTP-75 cycle) ตามรูปที่ 2.5 ถูกสร้างจากรัฐแคลิฟอร์เนียจากหน่วยงานร่วมระหว่าง (US Environmental Protection Agency, USEPA) และหน่วยงาน (California Air Resources Board, CARB) ที่ทำการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ที่ใช้กับการทดสอบในเมืองบนเครื่องทดสอบแชสซีสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer) ที่เรียกว่า (Urban Dynamometer Driving Schedule, UDDS) ในปี ค.ศ.2008 การทดสอบต่าง ๆ ถูกปรับปรุงอีกครั้งด้วยการใช้วัฏจักร (FTP-75) สำหรับการทดสอบบนทางหลวง (Highway) ที่มีความสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นด้วยการเพิ่มการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดเงื่อนไขของระบบปรับอากาศขณะทดสอบ

โดยมุ่งเน้นไปที่การทดสอบปริมาณมลพิษของยานยนต์ขนาดเล็ก นอกจากนี้วัฏจักรการขับขี่ที่ใช้กับการทดสอบบนทางหลวงระหว่างเมือง (Highway Fuel Economy Test, HWFET) ตามรูปที่ 2.6 ที่มีวัตถุประสงค์ในการนำมาใช้สำหรับการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง [10] ทั้งนี้ลักษณะสำคัญของวัฏจักรทั้ง 2 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.5 วัฏจักรการขับขี่ในประเทศสหรัฐอเมริกา (FTP-75 cycle) [7]



รูปที่ 2.6 วัฏจักรการขับขี่ในประเทศสหรัฐอเมริกา (HWFET) [7]

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบลักษณะสำคัญของวัฏจักรการขับขี่ของประเทศสหรัฐอเมริกา [7]

ลักษณะสำคัญของวัฏจักร	วัฏจักรการขับขี่ในเมือง (FTP-75)	วัฏจักรการขับขี่บนทางหลวง (HWFET)
ระยะทาง	17.77 กม.	16.45 กม.
ระยะเวลา	1874 วินาที	765 วินาที
ความเร็วเฉลี่ย	34.1 กม./ชม.	77.7 กม./ชม.

2.2.2 วัฏจักรการขับขี่จริง

สำหรับวัฏจักรการขับขี่จริง คือ การก็บข้อมูลด้วยการขับขี่เฉพาะเส้นทางพื้นที่ที่กำหนดเท่านั้น จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับพฤติกรรมและวัฏจักรการขับขี่แบบอื่นได้

1) วัฏจักรการขับขี่ของเมือง ATHENS ประเทศกรีซ

ในปี ค.ศ. 2002 เรียกว่า (ATHENS Driving Cycle, ADC, 2002) ด้วยข้อมูลการขับขี่ในพื้นที่เมือง Attica basin ของรถยนต์นั่งขนาดเล็กที่มีความจุกระบอกแตกต่างกัน 3 ขนาด ระยะเวลา โดยการจัดเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 06.00-12.00 น. ใน 1 สัปดาห์ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูล คือ (Global Positioning System, GPS) และอุปกรณ์ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล (On Board Diagnosis, OBD) สำหรับการทดสอบมีระยะทางรวมทั้งสิ้น 6.512 กิโลเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยความยาวของเส้นทางทั้งหมดที่อยู่ในพื้นที่ภายในเมืองของกรุงเอเธนส์ โดยตัวแปรที่สำคัญที่ต้องพิจารณาและเวลามีความใกล้เคียงกับวัฏจักรการขับขี่ของประเทศในสหภาพยุโรป (NEDC) [11]

2) วัฏจักรการขับขี่ของเขตบริหารพิเศษฮ่องกงแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน

กรณีวัฏจักรการขับขี่ของเขตบริหารพิเศษฮ่องกงแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีนถูกพัฒนาขึ้นมาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1999 มีชื่อเรียกว่า (Hongkong Driving Cycle, HDC, 1999) ข้อมูลการขับขี่ถูกพิจารณาไปในพื้นที่เมืองหลวง การจัดเก็บข้อมูลใช้ 2 วิธี คือ ข้อมูลจัดเก็บด้วยเครื่องมือวัดผลทางกายภาพแบบทันทีทันใดตลอดเส้นทาง (On-Board measurement) และการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการขับรถตามไป (Car chasing method) ในช่วงการจราจรเร่งด่วนตอนเช้า (Morning peak) ผลลัพธ์ของวัฏจักรที่สร้างขึ้นมาถูกเลือกจากการใช้สถิติโดยพิจารณาผลรวมค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Sum average absolute percent error) [12]

ในปี ค.ศ. 2007 วัฏจักรการขับขี่ของฮ่องกงได้ปรับปรุงแก้ไขให้มีความทันสมัยยิ่งขึ้น (HDC, 2007) โดยให้ความสนใจในการปรับปรุงใน 2 ส่วนหลัก คือ 1) ระยะทางต้องมีความสมเหตุสมผลกับข้อมูลที่ทำการจัดเก็บ 2) การเลือกเส้นทางที่จะใช้เป็นตัวแทน

วัฏจักรการขับขี่ต้องมีความแม่นยำครอบคลุมกับเกณฑ์การคัดเลือก สำหรับตัวแปรที่เลือกมาประเมินความเหมาะสมของ วัฏจักรใหม่มีความคล้ายคลึงกับวัฏจักรการขับขี่เดิม (HDC, 1999) ในวัฏจักรการขับขี่ใหม่นี้มีการเลือกใช้เส้นทางในการทดสอบที่หลากหลายมากขึ้นโดยมีการเลือกการขับขี่ในเมือง ชานเมือง และถนนหลวง ซึ่งเก็บข้อมูลในตอนเช้าเท่านั้น อย่างไรก็ตาม การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่นี้ได้มีการใช้เครื่องมือทางสถิติที่สำคัญ ได้แก่ ผลรวมความแตกต่างกำลังสอง ความถี่ของการกระจายตัวของความเร่ง และความน่าจะเป็นของการกระจายตัวของความเร็วและความเร่ง ทั้งนี้ วัฏจักรการขับขี่ที่พัฒนาแล้วถูกนำไปเปรียบเทียบกับวัฏจักรการขับขี่แบบมาตราฐาน [13]

3) วัฏจักรการขับขี่ของประเทศสิงคโปร์

ในประเทศสิงคโปร์ ได้นำวัฏจักรการขับขี่ของประเทศในสหภาพยุโรป (NEDC) มาใช้ในห้องทดลองเพื่อทดสอบทำวัฏจักรการขับขี่การปลดปล่อยมลพิษ อย่างไรก็ตาม วัฏจักรการขับขี่นี้ไม่เหมาะสมกับรูปแบบพื้นที่ซึ่งมีลักษณะเป็นเกาะเป็นที่ราบสูง และมีพื้นที่เล็กมากเพียง 790 ตารางกิโลเมตร แบบประเทศสิงคโปร์ ดังนั้น ในปี ค.ศ. 2014 ประเทศสิงคโปร์จึงสร้างวัฏจักรการขับขี่ของตัวเองขึ้นภายใต้ชื่อ (Singapore Driving Cycle, SDC, 2014) ที่มุ่งเน้นการสร้างวัฏจักรการขับขี่ภายใต้ความเหมาะสมของรูปแบบการขับขี่และเครือข่ายถนนจริงในประเทศ สำหรับวิธีการเก็บข้อมูลใช้เครื่องมือวัดผลทางกายภาพแบบทันทีทันใดตลอดเส้นทางอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลที่มีปริมาณมาก (Data logger) และเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล (On Board Diagnosis II, OBD II) ด้วยความถี่การเก็บข้อมูล 1 วินาที ระยะเวลาการเดินทาง 2,344 วินาที และระยะทางรวม 21.5 กิโลเมตร กรณีเส้นทางที่เลือกใช้ในการทดสอบได้แก่ ศูนย์กลางในย่านธุรกิจ ถนนวงแหวนรอบนอก และถนนวงแหวนด้านในโดยตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการเลือกสำหรับการวิเคราะห์ความเหมาะสม คือ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์จากเงื่อนไขความเร็วต่าง ๆ ในการทดสอบ ความเร่ง และความหน่วงทั้งหมดของการขับขี่ [14]

4) วัฏจักรการขับขี่ของประเทศไทย

สำหรับการสร้างวัฏจักรการขับขี่ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2546 ที่ถูกเรียกว่า (Bangkok Driving Cycle, BDC, 2003) ซึ่งเป็นวัฏจักรการขับขี่ที่มุ่งเป้าไปที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ปริมณฑล การสร้างวัฏจักรการขับขี่นี้เกิดขึ้นจากกระทรวงที่ดิน โครงสร้างพื้นฐานและการขนส่งของประเทศญี่ปุ่น ภายใต้ความร่วมมือจากสมาคมการขนส่งของญี่ปุ่นมีวัตถุประสงค์การสร้างวัฏจักรมีขึ้นเพื่อส่งเสริมและพัฒนาสิ่งแวดล้อมและอากาศที่สะอาดที่ดีของประเทศไทย (Clean Development Mechanism, CDM) ในภาคขนส่งและแก้ไขปัญหาโลกร้อนและปัญหาสิ่งแวดล้อมในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทั้ง 3 จังหวัด คือ สมุทรปราการ ปทุมธานี และนนทบุรี ในการจัดเก็บข้อมูล

รูปแบบการขับขี่ได้มาจากเครื่องมือประเมินผลจากยานพาหนะ 3 ประเภท คือ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถกระบะและรถโดยสาร วัฏจักรการขับขี่ถูกแบ่งออกตามรถแต่ละประเภทและความเร็วที่แตกต่างกัน สำหรับเงื่อนไขการทดสอบมีดังนี้ คือ ระยะทางและเวลาเดินทางประมาณ 2 กิโลเมตร และ 600 วินาที ตามลำดับ ตัวแปรที่สำคัญที่ต้องการจัดเก็บซึ่งเป็นตัวแทนรูปแบบการขับขี่จริง (Actual driving pattern) ได้แก่ อัตราส่วนเวลา (Time ratio) จำนวนของการเดินทางที่มีระยะสั้น (Number of short trips) ความเร่งเฉลี่ย (Average acceleration) และการกระจายตัวของความเร่ง (Distribution of acceleration) [15]

วัฏจักรการขับขี่ของกรุงเทพมหานครล่าสุดถูกสร้างในปี พ.ศ. 2551 สำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ในปี พ.ศ. ที่ใช้ในเขตการจราจรในเขตเมือง อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลที่มีปริมาณมาก (Data logger) หรือเครื่องมือวัดผลทางกายภาพแบบทันทีทันใดตลอดเส้นทาง ถูกใช้เป็นเครื่องมือหลักในการจัดเก็บข้อมูลรูปแบบการขับขี่ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า (06.00-09.00 น.) โดยมีระยะเวลา 1,160 วินาที และระยะทาง รวมทั้งหมด 5.71 กิโลเมตร ทั้งนี้รูปแบบพฤติกรรมสภาพการจราจร (Traffic flow model) การแบ่งเส้นทางและการเลือกสุ่มเส้นทาง ข้อมูลดังกล่าวถูกจัดเตรียมมาเพื่อใช้ในการคัดเลือกเส้นทางที่เป็นตัวแทนเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครือข่ายการจราจรของกรุงเทพมหานคร กรณีการเลือกรอบการขับขี่ที่ดีที่สุดเพื่อเป็นตัวแทนวัฏจักรการขับขี่จากข้อมูลเส้นทางทั้งสิ้น 10 ข้อมูล ด้วยการใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ คือ ร้อยละของความแตกต่าง (Percentage of difference) และผลรวมของความคลาดเคลื่อนจากความเร็วเฉลี่ย (Sum of the error) การเฉลี่ยความเร็วในการทดสอบเวลาในการเร่งและในการลดความเร็ว ความเร็วรอบเดินเบา จำนวนจุดหยุดต่อกิโลเมตรและพลังงานจลน์ สำหรับการวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ใช้สำหรับพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ดังกล่าว ประกอบด้วย ข้อมูลช่วงของความเร็ว (Range of travel speed) ความถี่ของการกระจายข้อมูล (frequency distribution) และ ความถี่ของการกระจายตัวของความเร่ง (Speed Acceleration Frequency Distribution, SAFD) [16]

5) วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์

วัฏจักรการขับขี่ที่มีความนิยมใช้กัน 2 แบบคือ วัฏจักรการขับขี่ในประเทศสหรัฐอเมริกา (FTP-75 cycle) และวัฏจักรการขับขี่ของประเทศในสหภาพยุโรป (NEDC) ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการพัฒนาจากวัฏจักรการขับขี่ 2 แบบข้างต้นและนำเสนอวัฏจักรการขับขี่รถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินให้กับเมืองไคโร ประเทศอียิปต์ เพื่อทำการทดสอบการประเมินปริมาณมลพิษและอัตราการบริโภคเชื้อเพลิงของรถยนต์ เนื่องจากยานพาหนะส่วนใหญ่ที่ขับขี่ในเมืองไคโรได้ทดสอบใช้วัฏจักรการขับขี่ไม่ตรงกับลักษณะการขับขี่ที่ต้องการส่งผลให้

ข้อมูลการทดสอบมีความคลาดเคลื่อนในการเก็บข้อมูลจะใช้รถยนต์จำนวน 87 คัน การเลือกพื้นที่ที่ใช้มี 10 แห่งในเมืองไคโร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ เครื่องมือวัดทางกายภาพแบบทันทีทันใดตลอดเส้นทาง ซึ่งการเก็บข้อมูลในแต่ละจะมีความแม่นยำสูง โดยวัฏจักรการขับขี่ที่ใช้ทดสอบได้รับการพัฒนาบนพื้นฐานของ K-means และการจัดกลุ่มของ K-medoids มีการรวบรวมข้อมูลตัวอย่างได้มากขึ้น ได้แก่ กลุ่มเวลาของความเร็ว 1500 วินาที ตลอดจนระยะทาง 5.4 กิโลเมตร ด้วยความเร็วเฉลี่ย 12.480 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยที่ร้อยละ 16.3 ของระยะเวลาทั้งหมด รวมถึงขณะเครื่องยนต์อยู่ในรอบเดินเบา [17]

วัฏจักรการขับขี่นี้เป็นแนวคิดที่สำคัญในการวัดปริมาณการปล่อยมลพิษของรถยนต์ และสามารถแสดงรูปแบบการขับขี่จริงเพื่อให้ได้ข้อมูลในการประเมินปริมาณการปล่อยมลพิษของรถยนต์ได้อย่างแม่นยำ ในข้อมูลดังกล่าวนี้ใช้ วัฏจักรการขับขี่ในท้องถิ่น (Local Driving Cycle, LDC) สำหรับยานพาหนะที่ใช้ คือ รถยนต์ส่วนนั่งบุคคลขนาดเล็กในเมืองหนานจิง สาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งการเลือกข้อมูลอาศัยหลักการทางสถิติ เช่น วิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูลที่สำคัญ (Principle component analysis) และวิธีการวิเคราะห์การจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering analysis method) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับวัฏจักรการขับขี่ที่มีอยู่ของเมืองอื่น ๆ ในสาธารณรัฐประชาชนจีน จากการสังเกตความแตกต่างที่สำคัญระหว่างวัฏจักรการขับขี่แบบ LDC กับวัฏจักรการขับขี่ในเมืองอื่น ๆ พบว่าการทดสอบการขับขี่แบบ LDC ได้ถูกทดสอบบนแชสซีไดนาโมมิเตอร์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนำมาวิเคราะห์ผลกระทบของความเร็วและความเร่งของอัตราการปล่อยมลพิษต่าง ๆ โดยตัวแปรที่เป็นตัวแปรที่สำคัญที่ต้องการจัดเก็บซึ่งเป็นตัวแทนรูปแบบการขับขี่ดังนี้ การเร่ง การชะลอ การเดินรถ รอบเดินเบา ซึ่งสรุปข้อมูลที่ได้ว่าวัฏจักรการขับขี่แบบ LDC เหมาะสำหรับการประเมินปริมาณการปล่อยมลพิษของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดเล็กในเมืองหนานจิงได้แม่นยำกว่าวัฏจักรการขับขี่แบบมาตราฐาน (Standard driving cycle) นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแสดงให้เห็นสภาพการจราจรได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพื่อสามารถนำไปประเมินประสิทธิภาพพฤติกรรมการขับขี่ในเมืองที่มีสถานการณ์ด้านการจราจรคล้ายกับเมืองหนานจิงได้อย่างแม่นยำ [18]

กรณีศึกษาการใช้วัฏจักรการขับขี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในเมืองปักกิ่ง สาธารณรัฐประชาชนจีนโดยใช้วิธี Markov Chain และ Monte Carlo เป็นการทดสอบการขับขี่จริงบนถนนเพื่อประเมินอัตราสิ้นเปลืองพลังงาน และการปล่อยมลพิษ ภายใต้เงื่อนไขการขับขี่ในการทดสอบความเร่ง และความหน่วงจากการเบรก อย่างไรก็ตาม วัฏจักรการขับขี่ที่มีอยู่ส่วนใหญ่สร้างขึ้นจากรถยนต์แบบดั้งเดิมและได้รับการพิสูจน์แล้วว่าไม่เหมาะสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

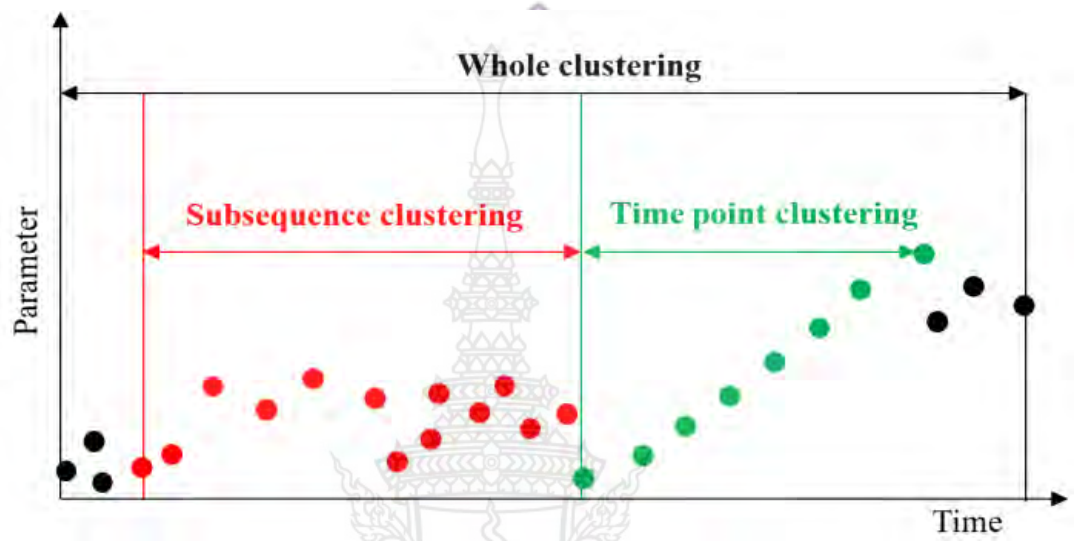
ในการเก็บข้อมูลการทดสอบนี้ใช้รถยนต์แท็กซี่ไฟฟ้าจำนวน 40 คัน ระยะเวลาทดสอบ 6 เดือน ในเขตเมืองปักกิ่งที่เหมาะสมกับการสร้างวัฏจักรการขับขี่เพื่อประเมินรถยนต์ไฟฟ้าได้ ข้อมูลของถนนที่ใช้ในการทดสอบขับขี่จริงได้คัดเลือกด้วยวิธีการของ Markov Chain จะแบ่งตัวแปรที่สำคัญออกเป็น 12 ตัว ซึ่งอธิบายลักษณะเฉพาะของวัฏจักรการขับขี่ โดยแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างข้อมูลวัฏจักรการขับขี่ของประเทศในสหภาพยุโรป (NEDC) และวัฏจักรการขับขี่จริง ผลการทดสอบการขับขี่จริงในเขตเมืองปักกิ่งปรากฏว่าวัฏจักรการขับขี่นี้ ให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวัฏจักรการขับขี่แบบ (NEDC) [19]

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.3.1) Time series clustering technique

การจัดกลุ่มเวลา มีรูปแบบเป็นประเภทของข้อมูล ซึ่งได้รับความนิยมอย่างมาก ตั้งแต่ ค.ศ. 2010 มีการนำมาประยุกต์ใช้มากมายในการจัดกลุ่มอนุกรมเวลา การจัดกลุ่ม คือ ส่วนของข้อมูลเพื่อส่งไปยังกลุ่มที่คล้ายหรือเกี่ยวข้องกับกลุ่มของข้อมูล โดยส่วนมากขั้นตอนแรก ในการวิเคราะห์การทำข้อมูลและระบุกลุ่มของข้อมูล เพื่อบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องเป็นความสัมพันธ์ ของการจัดกลุ่มเวลา การจัดกลุ่มเวลาเป็นหนึ่งในแนวคิดที่สำคัญของการรวบรวมข้อมูล ที่ใช้ในการทำความเข้าใจเพื่อสร้างอนุกรมเวลาและคาดเดาผลของการจัดกลุ่มเวลาในหมวดหมู่ต่าง ๆ แบ่งออกได้ตั้งแต่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ธุรกิจ การเงินและเศรษฐศาสตร์ เมื่อเร็ว ๆ นี้การวิจัยเกี่ยวกับโซลูชันที่ไม่ได้รับการดูแล เช่น อัลกอริทึมได้รับการเพิ่มเพื่อแยกออก ซึ่งความรู้เกี่ยวกับการค้นพบรูปแบบจะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีคุณค่าจากข้อมูลที่ซับซ้อน และมีขนาดใหญ่ จึงมีการวิจัยหลายประเภทและการดำเนินโครงการโดยมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น การจับคู่ การตรวจจับความผิดปกติ การค้นพบ การจัดทำดัชนี การจำแนกประเภทข้อมูล และการแบ่งส่วนรูปแบบการวิเคราะห์ ก่อนหน้านี้การพัฒนากระบวนการจัดกลุ่มเวลา ถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ แบบอิงข้อมูลดิบ อิงตามคุณลักษณะและตามขอบเขต วิธีการที่ใช้ข้อมูลดิบเน้นไปที่ข้อมูลดิบในเวลาหรือความถี่ของขอบเขต โดยปกติการเปรียบเทียบ การจัดกลุ่มเวลา มีการจัดทำ 2 ครั้ง โดยข้อมูลมีการสุ่มเลือกในช่วงเวลาเดียวกัน แต่ความยาวหรือจำนวนจุดนับของเวลาอาจจะเท่าหรืออาจจะไม่เท่ากัน หมวดหมู่สามารถ ใช้ขั้นตอนการจัดกลุ่มได้หลายแบบรวมถึง K-mean และ Fuzzy c หมายถึง ขั้นตอนการจัดกลุ่ม โดยการใช้ข้อมูลดิบในการสุ่มตัวอย่างที่รวดเร็ว แต่ก็ยังไม่เป็นที่ยอมรับกับการเก็บข้อมูลที่มีความถี่สูง อย่างไรก็ตาม การจัดเรียงข้อมูลหรือจัดกลุ่มข้อมูลอาจมีความคลาดเคลื่อนหรือยากต่อการจัดกลุ่ม

ดังนั้น วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลตามเวลาหรือเรียกว่า (Time series clustering technique) ด้วยวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลและเวลาภายใต้คุณลักษณะแบบต่าง ๆ ตามรูปที่ 2.7 ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณมากสามารถกระทำได้อย่างแม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 2.7 คุณลักษณะของการจัดกลุ่มเวลาด้วยวิธี Time series clustering [20]

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Time series clustering technique ตามรูปที่ 2.7 สามารถแยกออกมาได้เป็น 3 ส่วน คือ 1) Whole time series clustering 2) Subsequence time series clustering และ 3) Time point clustering สำหรับ Whole time series clustering เป็นการพิจารณาการจัดกลุ่มของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งข้อมูลมีความหลากหลายของคุณลักษณะหรือเคลื่อนที่แบบที่ไม่สามารถกำหนดรูปแบบหรือทิศทางของข้อมูลได้ ซึ่งมีความยากในการนำมาวิเคราะห์ ในขณะที่ Subsequence time series clustering คือ การพิจารณาเฉพาะส่วนใดส่วนหนึ่งของข้อมูลที่สนใจในช่วงเวลาใด ๆ ของข้อมูลทั้งหมด เท่านั้น ซึ่งรวมถึงรูปแบบความต่อเนื่อง และช่วงเวลาบางส่วนของข้อมมูล นอกจากนี้อยังสามาถใช้อธิบายโครงสร้างของข้อมูลได้อีกด้วย สำหรับ Time point clustering คือ การพิจารณาการรวมของข้อมูลที่มีความใกล้เคียงที่สามารถแสดงค่าไปในแนวโน้มทางเดียวกัน [20]

2.3.2) สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าทางสถิติเพื่อใช้สร้างวัฏจักรการขับขี่ แสดงดังสมการที่ 2.1 – 2.5

1) การคำนวณหาความเร็วของการขับขี่

$$V = \frac{S}{T} \tag{2.1}$$

เมื่อ V คือ ความเร็ว m/s)

S คือ ระยะทาง (m)

T คือ เวลาที่ใช้ในการขับขี่ (s)

2) การคำนวณเวลาที่ใช้เป็นตัวแทนในการสร้างวัฏจักรการขับขี่

$$T_V = \frac{S \times 3.6}{V_{avg}} \tag{2.2}$$

$$T_{int} = |T_V - T| \tag{2.3}$$

เมื่อ T คือ เวลาทั้งหมดในเส้นทาง (s)

S คือ ระยะทาง (m)

T_V คือ เวลาที่ใช้จริงในเส้นทาง (s)

T_{int} คือ เวลาที่ใช้ในการสร้างวัฏจักรการขับขี่ (s)

V_{avg} คือ ค่าความเร็วเฉลี่ย (km/h)

3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และ ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสมบูรณ์ (MAD)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{2.4}$$

$$MAD = \sum_{i=0}^{n} \left| \frac{x_i - \bar{x}}{n} \right| \tag{2.5}$$

เมื่อ x_i คือ จำนวนของช่วงเวลาและจำนวนของความเร็ว

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาหรือความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่ง

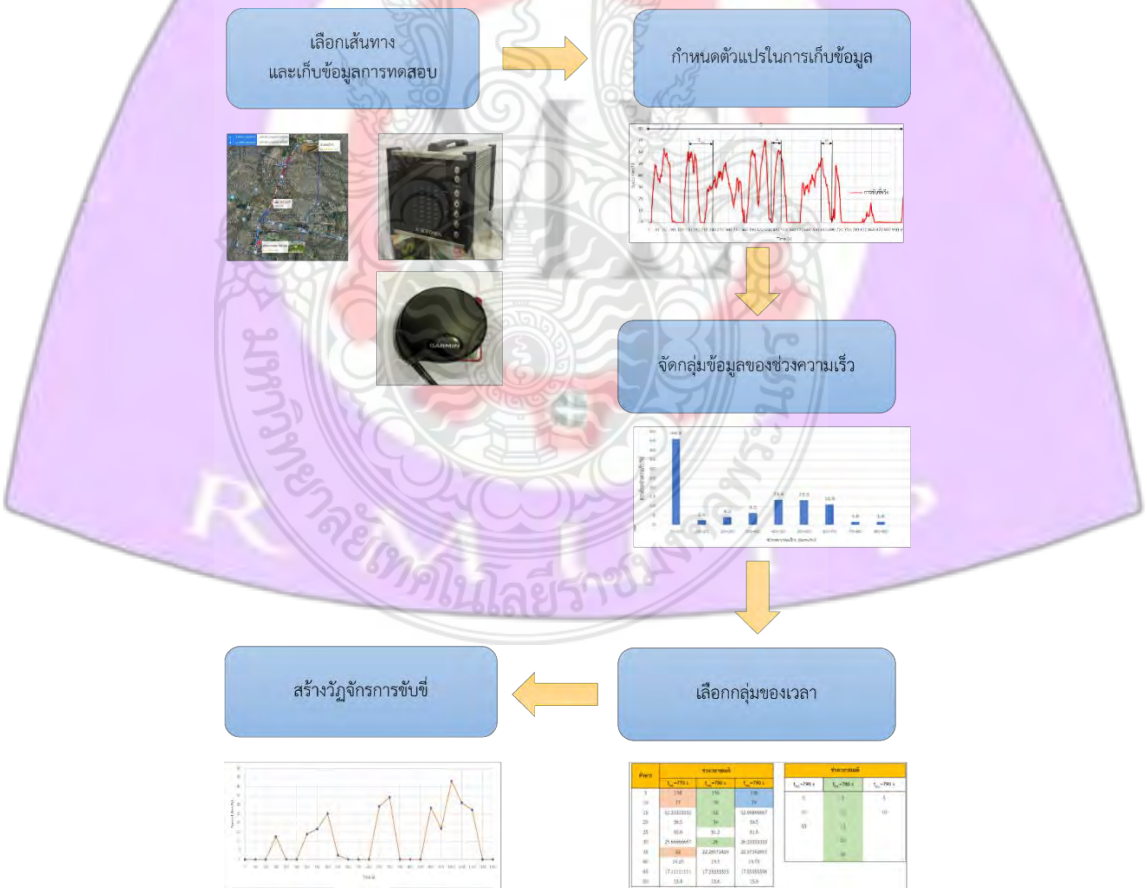
n คือ จำนวนข้อมูล

บทที่ 3

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและการสร้างวัฏจักรการขับขี่

3.1 ขั้นตอนการสร้างวัฏจักรการขับขี่

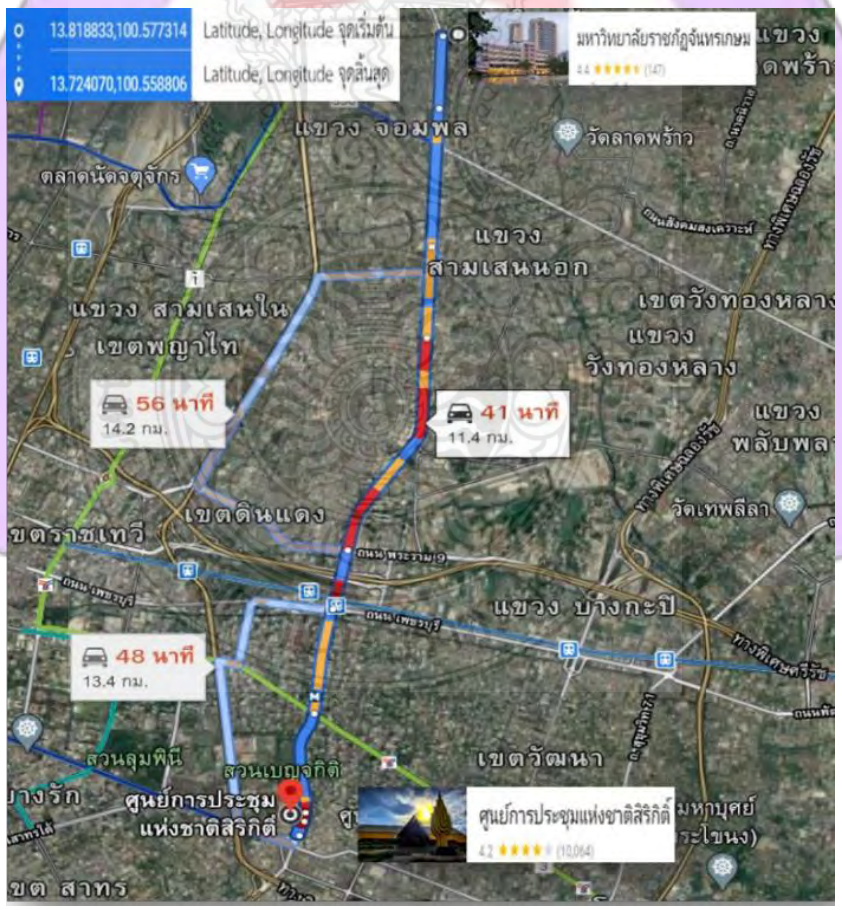
การสร้างวัฏจักรการขับขี่ เริ่มต้นด้วยจากการเลือกเส้นทางที่ต้องการ จากนั้นกำหนดตัวแปรเป้าหมายในการสร้างวัฏจักรการขับขี่ ต่อมาเก็บข้อมูลการเก็บข้อมูลการขับขี่และนำข้อมูลการขับขี่จริงมาพิจารณาเลือกช่วงความถี่ของความเร็วที่และคำนวณหาช่วงของเวลาที่เหมาะสม จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกช่วงเวลาและความเร็วที่เหมาะสมที่สุดมาสร้างเป็นตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ สำหรับขั้นตอนการสร้างวัฏจักรการขับขี่แสดงได้ตามรูปที่ 3.1



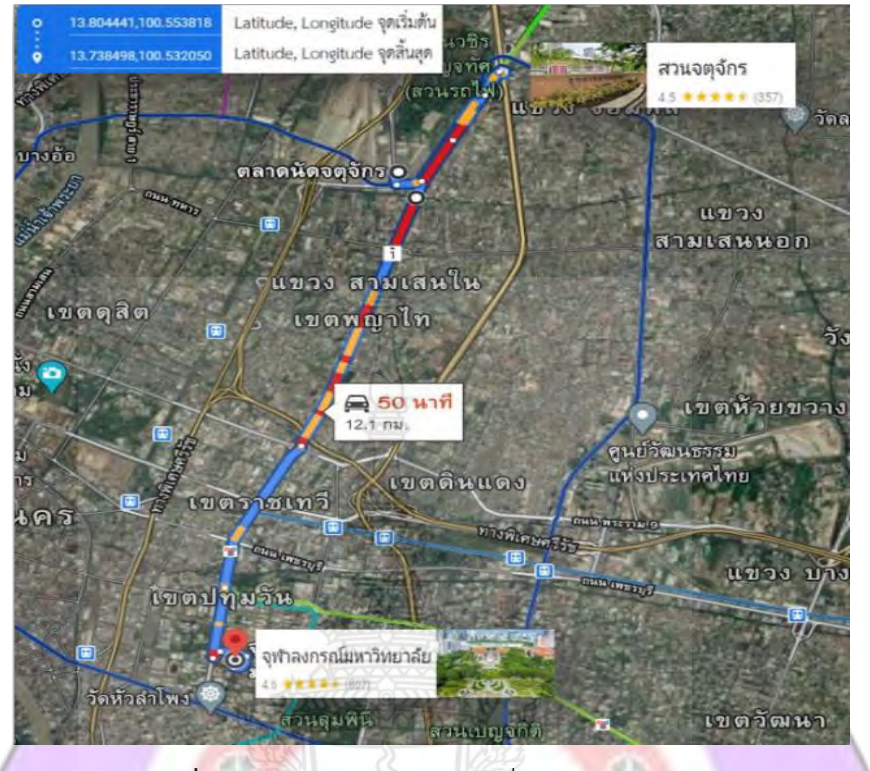
รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินงานการสร้างวัฏจักรการขับขี่

3.2 การเลือกเส้นทางและการรวบรวมข้อมูล

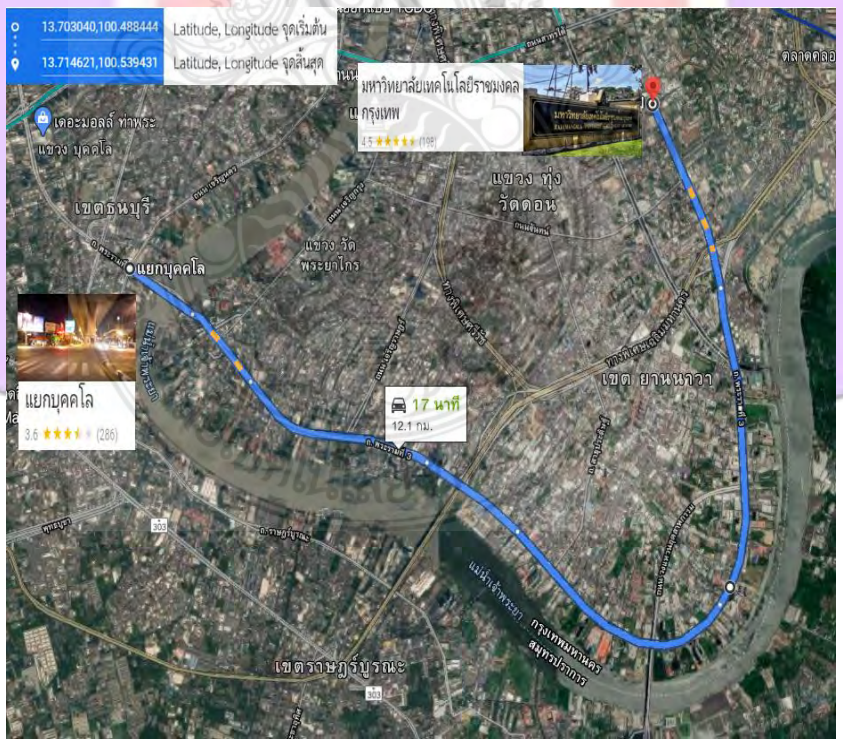
การเลือกเส้นทางและช่วงเวลาการเก็บข้อมูลสามารถเลือกเส้นทางและช่วงเวลาใดก็ได้ขึ้นอยู่กับที่ผู้จัดทำสนใจ และเส้นทางที่ถูกเลือกนำมาสร้างวัฏจักรการขับขี่ คือ เขตกรุงเทพมหานครชั้นในโดยมีจำนวน 3 เส้นทาง ภายใต้เหตุผลการเลือกดังต่อไปนี้ คือ ถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น มีสถานที่ราชการมาก เช่น สถานศึกษา โรงพยาบาล และสถานีตำรวจ เป็นเขตชุมชนหรือสถานที่การตั้งของห้างสรรพสินค้า ซึ่งเป็นเส้นทางเชื่อมต่อไปยังถนนเส้นหลักต่าง ๆ และมีทิศของเส้นทางที่แตกต่างกัน เป็นต้น โดยเส้นทางที่ถูกเลือกแสดงตามรูปที่ 3.2 ถึง 3.4 ตามลำดับ โดยช่วงเวลาที่สนใจในการจัดเก็บข้อมูลแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาเช้า เริ่มต้นระหว่างเวลา 07.00 น. ถึง 09.00 น. และช่วงเวลาเย็น เริ่มต้นระหว่างเวลา 17.00 น. ถึง 19.00 น. เพราะ ในช่วงเวลาที่สนใจเป็นช่วงเวลาเร่งด่วน (Peak time) สำหรับการเก็บข้อมูลมีการดำเนินการภายใต้การปฏิบัติตามกฎหมายจราจรอย่างเคร่งครัดตลอดจนการเก็บข้อมูลถูกเริ่มต้นด้วยช่วงเวลาเดียวกันตลอดทุกเส้นทาง



รูปที่ 3.2 เส้นทางการเก็บข้อมูลที่ 1 ถนนรัชดาภิเษก -พระรามที่ 4



รูปที่ 3.3 เส้นทางการเก็บข้อมูลที่ 2 ถนนพหลโยธิน



รูปที่ 3.4 เส้นทางในการเก็บข้อมูลที่ 3 ถนนพระรามที่ 3 - นราธิวาส

หมายเหตุ

เส้นทางที่ 1 ตั้งอยู่ทางหลวงหมายเลข 350 ระยะทาง 11.4 km เริ่มต้นจากมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม (13.818833, 100.577) ถึง ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (13.724070, 100.558)
เส้นทางที่ 2 ตั้งอยู่ทางหลวงหมายเลข 1 ระยะทาง 12.1 km เริ่มต้มจากสวนจตุจักร(13.804441, 100.553) ถึง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (13.738498, 100.532)
เส้นทางที่ 3 อยู่ในเขตการดูแลของกรุงเทพมหานคร ระยะทาง 12.1 km เริ่มต้มจากแยกบุคคโล (13.703040, 100.488) ถึง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ (13.714621, 100.539)

3.3 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลใช้รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน ขนาดความจุกระบอกสูบไม่เกิน 1,500 CC ตามรูปที่ 3.5 เนื่องจากเป็นรถยนต์ที่ได้รับความนิยมมากในกรุงเทพมหานคร โดยมีอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแบบทันทีทันใดยี่ห้อ KYOWA รุ่น EDX-200A ตามรูปที่ 3.6 เป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่มีความแม่นยำค่อนข้างสูงมีความสามารถในการเก็บข้อมูลได้ตั้งแต่ความถี่ 5 ถึง 50Hz มี 8 ช่องเก็บข้อมูล (Chanel) โดยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แสดงพิกัดตำแหน่งทางดาวเทียม (Global Positioning System, GPS sensor) ตามรูปที่ 3.7 ได้ติดตั้งไว้บริเวณด้านบนของหลังคาของรถยนต์ และเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook) ตามรูปที่ 3.8 เพื่อตั้งค่าก่อนเริ่มต้นจัดเก็บข้อมูลและแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการจัดเก็บ นอกจากนี้ อุปกรณ์สำรองไฟ (Power bank) ตามรูปที่ 3.9 ถูกนำมาใช้ในการสำรองกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ต่าง ๆ

รูปที่ 3.5 รถยนต์ Toyota yaris 1,500 CC

รูปที่ 3.6 อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแบบทันทีทันใด KYOWA รุ่น EDX-200A

รูปที่ 3.7 อุปกรณ์แสดงพิกัดตำแหน่งทางดาวเทียม (GPS Sensor)

รูปที่ 3.8 คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook)

รูปที่ 3.9 แบตเตอรี่สำรอง (Power bank)

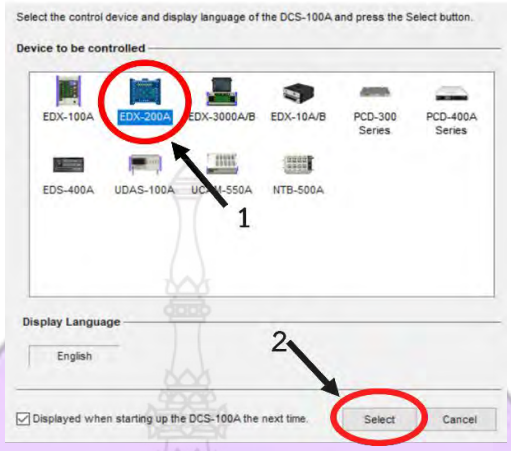
3.4 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

3.4.1 การเชื่อมต่อสัญญาณ

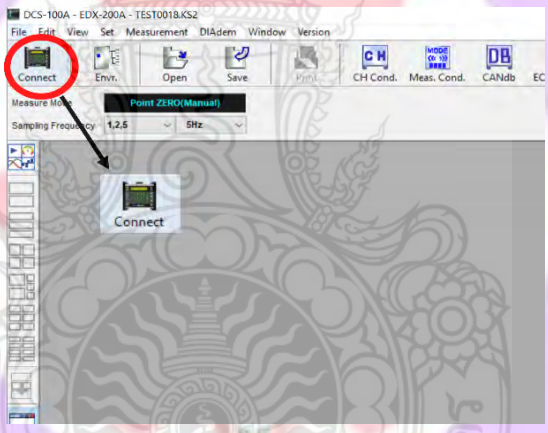
การเชื่อมต่อสัญญาณเริ่มต้นตรวจสอบการเชื่อมต่อของสายสัญญาณและอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลทุกตัว จากนั้นตรวจสอบสถานะความพร้อมของอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลเมื่อตรวจสอบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเรียบร้อย ตามรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่ออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลและสายสัญญาณ

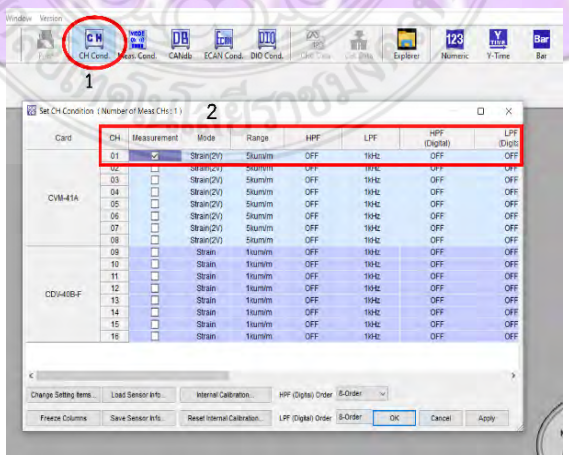
3.4.2 การจัดเก็บข้อมูลการขับขี่ มีขั้นตอนดังนี้



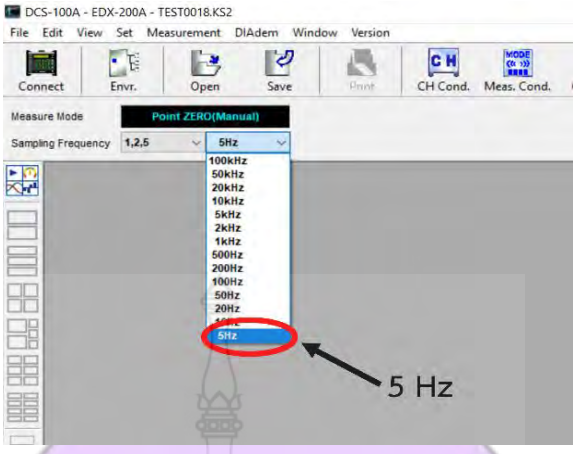
รูปที่ 3.11 เปิดโปรแกรม DCS-100A เลือก EDX-200A และกด Select



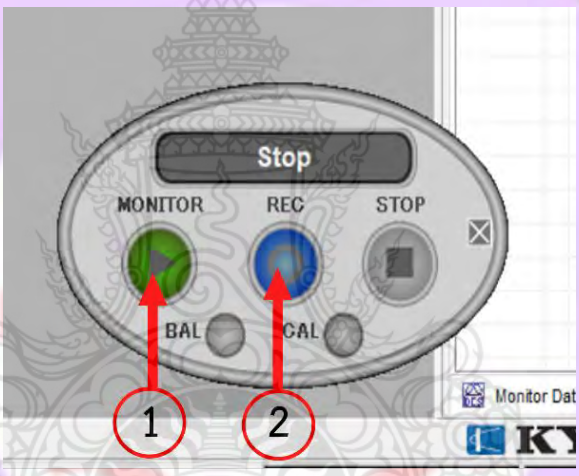
รูปที่ 3.12 กด Connect โปรแกรมกับ EDX-200A



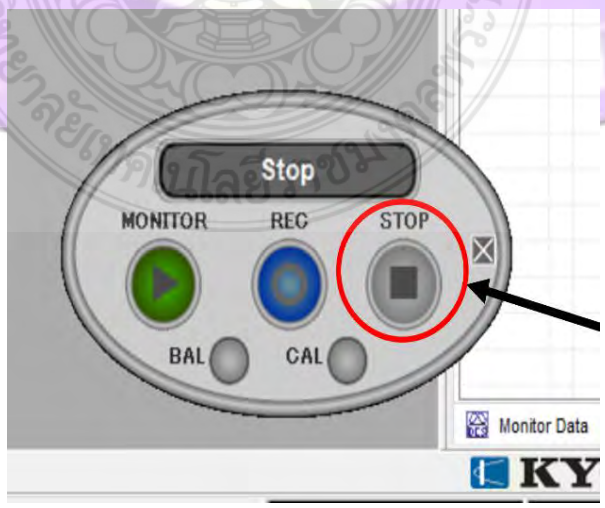
รูปที่ 3.13 ตั้งค่าในโปรแกรมก่อนการเก็บข้อมูล โดยไปที่ CH Condition เลือกที่ CH 01



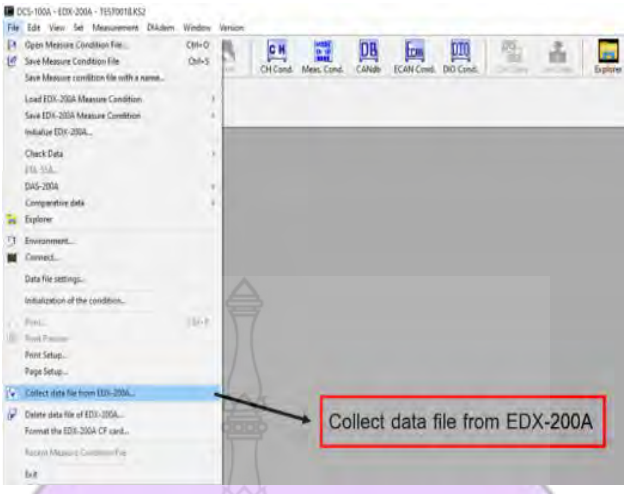
รูปที่ 3.14 เลือกความถี่การเก็บข้อมูลที่ 5 Hz



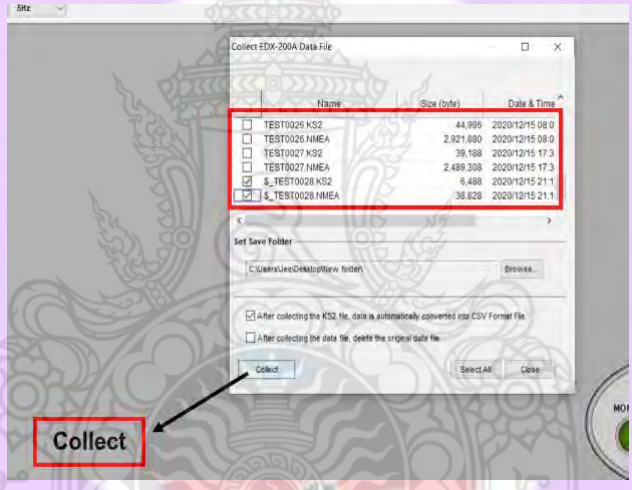
รูปที่ 3.15 เริ่มการเก็บข้อมูลโดยกด Balance และ Record



รูปที่ 3.16 กด Stop เพื่อหยุดการบันทึกข้อมูล



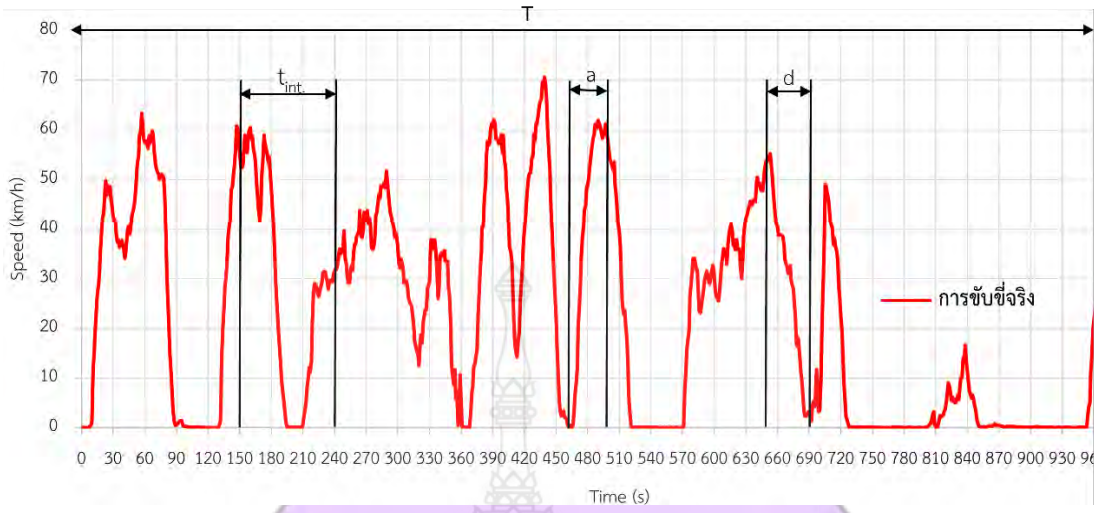
รูปที่ 3.17 เลือกที่เมนู File และเลือกไปที่ Collect data file form EDX-200A



รูปที่ 3.18 เลือกไฟล์ข้อมูลที่ต้องการ และกด Collect เพื่อนำข้อมูลไปใช้งานต่อไป

3.5 การกำหนดตัวแปรเป้าหมายในการสร้างวัฏจักรการขับขี่

ตัวแปรสำหรับการสร้างวัฏจักรการขับขี่พิจารณาจากพฤติกรรมการขับขี่ตามความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและเวลา ในการศึกษานี้ใช้วิธีการสร้างวัฏจักรการขับขี่แบบการจัดกลุ่มอนุกรมเวลา (Time series clustering technique) ประกอบด้วยตัวแปรที่สำคัญคือ เวลารวมการขับขี่ทั้งหมด (T) ช่วงของเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน ($t_{int.}$) อัตราเร่ง (a) และอัตราหน่วงจากการเบรก (d) ตัวอย่างการจัดกลุ่มของข้อมูลแสดงตามรูปที่ 3.19



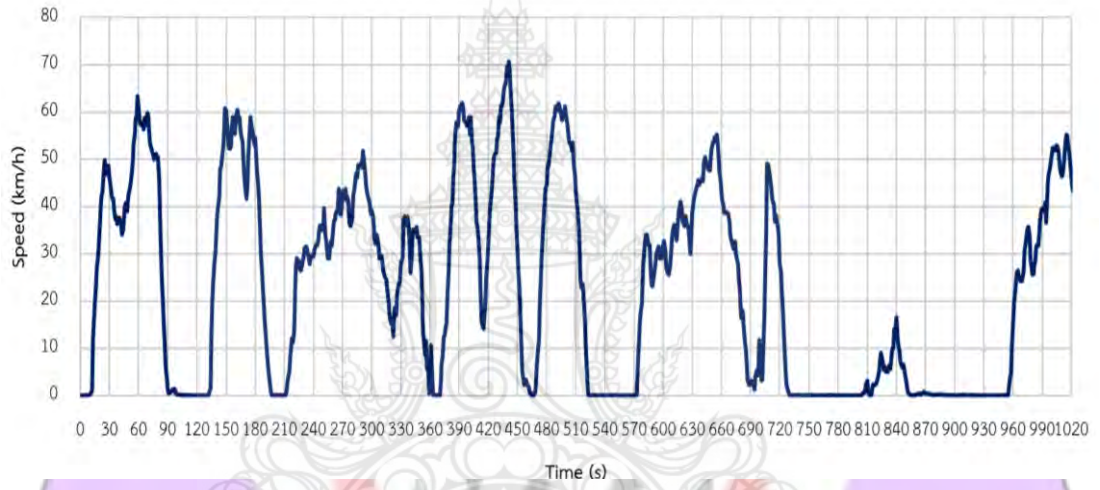
รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรเป้าหมายสำหรับการสร้างวัฏจักรการขับขี่

ตัวแปรที่สำคัญที่ในการสร้างวัฏจักรการขับขี่ความหมายและหน่วย มีดังนี้

- ระยะทางรวมตลอดเส้นทาง (S) – ระยะทางรวมทั้งหมดในเส้นทางจากการขับขี่จริง (s)
- เวลารวมทั้งหมด (T) – เวลารวมทั้งหมดในการขับขี่ (s)
- เวลาทั้งหมดของความเร็วเฉลี่ย (T_v) – การคำนวณจากระยะทางทั้งหมดของการขับขี่และความเร็วเฉลี่ยของการขับขี่ทั้งหมด (s)
- ช่วงของเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน ($t_{int.}$) – ช่วงของเวลาที่แบ่งเท่า ๆ ทั้งหมดที่เกิดจากการคำนวณระหว่างเวลารวมทั้งหมดและเวลาทั้งหมดของความเร็วเฉลี่ย (s)
- ความถี่ของช่วงความเร็ว (Fr) – การกระจายตัวของความเร็วในแต่ละช่วง (%)
- ตัวแทนความถี่ของช่วงความเร็ว ($Fr_{int.}$) – การกระจายตัวของความเร็วในแต่ละช่วง (%)
- ความเร็วสูงสุด (V_{max}) - ช่วงความเร็วสูงสุดของการขับขี่ทั้งหมด (km/h)
- ความเร็วต่ำสุด (V_{min}) – ช่วงความเร็วต่ำสุดของการขับขี่ทั้งหมด (km/h)
- ความเร็วเฉลี่ย (V_{avg}) – ความเร็วเฉลี่ยของการขับขี่ทั้งหมด (km/h)
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) – จำนวนของการแปรผันหรือความคลาดเคลื่อนจากกลุ่มค่าของข้อมูล (-)
- ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ (MAD) – การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงน้อยที่สุดจะมีความแม่นยำมากที่สุด (-)

3.6 ขั้นตอนการจำแนกความถี่ของช่วงความเร็ว

3.6.1 การสร้างรูปแบบความเร็วและเวลาจริงตลอดเส้นทางการขับขี่ ในรูปที่ 3.13 แสดงลักษณะการขับขี่จริงของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในเส้นทางที่กำหนดสามารถแสดงความเร็วของเวลาตลอดการเดินทางทั้งหมดออกมาเป็นรูปแบบกราฟเส้น และความถี่ของช่วงความเร็วสามารถอธิบายสัดส่วนของความเร็วในแต่ละช่วงได้โดยจะแสดงผลข้อมูลการขับขี่จริงได้อย่างชัดเจน ดังนั้น การสร้างวัฏจักรการขับขี่ควรกำหนดจากความถี่ของช่วงความเร็วสูงสุด เพราะ จะสะท้อนถึงข้อมูลการขับขี่ได้อย่างชัดเจน โดยความถี่ของช่วงความเร็วสามารถคำนวณจากข้อมูลการขับขี่จริงได้ดังตารางที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ความเร็วของเวลาตลอดเส้นทาง

3.6.2 กำหนดช่วงความเร็ว โดยช่วงความเร็วที่มีความถี่สูงที่สุดถูกนำไปใช้ในการสร้างวัฏจักรการขับขี่ เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ คณะผู้จัดทำโครงงานจึงนำเสนอตัวอย่างการกำหนดช่วงความเร็วและอธิบายขั้นตอนตามรูปที่ 3.14 ดังนี้

1) กรองข้อมูลของ Elapsed time (s) จากข้อมูลจริงทั้งหมดโดยจะเลือกที่เป็นจำนวนเต็มเท่านั้น และนำไปกำหนดเวลาใหม่ เพื่อพิจารณาในขั้นตอนต่อไป ตามรูปที่ 3.21

DATE	TIME	ELAPSEDTIME[sec]	LATITUDE	N/S	LONGITUDE	E/W	SPEED[km/h	ALTITUDE[m]	NSAT	VALIDITY		
10/12/63	7:30:06	0	13.805397	N	100.5555493	E	0	3.5	6	VALID		Time
10/12/63	7:30:06	0.2	13									0
10/12/63	7:30:06	0.4	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	6	VALID		1
10/12/63	7:30:07	0.6	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	7	VALID		2
10/12/63	7:30:07	0.8	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	8	VALID		3
10/12/63	7:30:07	1	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	8	VALID		4
10/12/63	7:30:07	1.2	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	7	VALID		5
10/12/63	7:30:07	1.4	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	7	VALID		6
10/12/63	7:30:08	1.6	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	8	VALID		7
10/12/63	7:30:08	1.8	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	8	VALID		8
10/12/63	7:30:08	2	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	6	VALID		9
10/12/63	7:30:08	2.2	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	6	VALID		10
10/12/63	7:30:08	2.4	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	6	VALID		11
10/12/63	7:30:09	2.6	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	7	VALID		12
10/12/63	7:30:09	2.8	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	6	VALID		13
10/12/63	7:30:09	3	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	6	VALID		14
10/12/63	7:30:09	3.2	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	7	VALID		15
10/12/63	7:30:09	3.4	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	8	VALID		16
10/12/63	7:30:10	3.6	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	8	VALID		17

รูปที่ 3.21 คัดกรองข้อมูลที่เป็นจำนวนเต็ม

2) ใช้คำสั่ง Vlookup กรองข้อมูลเฉพาะที่สนใจ ได้แก่ LATITUDE LONGITUDE Speed (km/h) เป็นต้น และทำการตรวจสอบตำแหน่งของข้อมูลที่เลือกมาทั้งหมดว่าตรงกับข้อมูลจริงหรือไม่ ตามรูปที่ 3.22

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
IME	ELAPSEDTIME[sec]	LATITUDE	N/S	LONGITUDE	E/W	SPEED[km/h	ALTITUDE[m]	NSAT	VALIDITY		Vlookup			
7:30:06	0	13.805397	N	100.5555493	E	0	3.5	6	VALID		Time	Lat	Long	Speed
7:30:06	0.2	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	6	VALID		0	=VLOOKUP(N3,D2:I5683,2)		
7:30:06	0.4	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	6	VALID		1	13.805397	100.55555	0.0185
7:30:07	0.6	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	7	VALID		2	13.805397	100.55555	0
7:30:07	0.8	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	8	VALID		3	13.805397	100.55555	0
7:30:07	1	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	8	VALID		4	13.805397	100.55555	0
7:30:07	1.2	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	7	VALID		5	13.805397	100.55555	0
7:30:07	1.4	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	7	VALID		6	13.805397	100.55555	0
7:30:08	1.6	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	8	VALID		7	13.805397	100.55555	0.074
7:30:08	1.8	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	8	VALID		8	13.805397	100.55555	0.2592
7:30:08	2	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	6	VALID		9	13.805397	100.55555	0.537
7:30:08	2.2	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	6	VALID		10	13.805396	100.55555	1.0926
7:30:08	2.4	13.805397	N	100.5555495	E	0.0185	3.5	6	VALID		11	13.805372	100.55553	11.815
7:30:09	2.6	13.805397	N	100.5555495	E	0	3.5	7	VALID		12	13.805342	100.55551	15.297

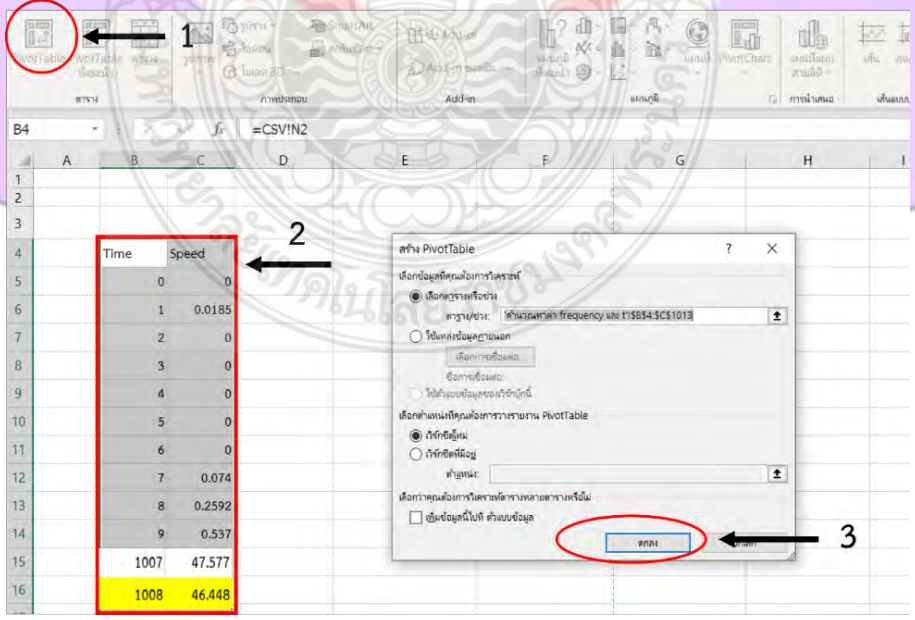
รูปที่ 3.22 ใช้คำสั่ง Vlookup เลือกข้อมูล

3) นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอน Vlookup มาทำการแปลงหน่วย LATITUDE LONGITUDE ให้เป็นหน่วยเมตร (m) เพื่อหาระยะทางที่กำหนดในตัวแปร ตามรูปที่ 3.23

สูตรคำนวณหาระยะทางแต่ละจุด							ตำแหน่งที่เคลื่อนที่แต่ละจุด				
PI()/180	ACOS(sin(Lat1*PI()/180))	sin(Lat2*PI()/180)	cos(Lat1*PI()/180)	cos(Lat2*PI()/180)	cos(Long2*PI()/180)	Long1*PI()/180	ค่าสุดท้ายจากสูตร	แปลงติดลบ	distance	mile to m	dis total
0.017453293	1.329846695	0.238624933	0.971111807	0.971111807	-0.183188727	1.755025416	-8413.137512	8413.1375	0.00000	0	0
0.017453293	1.329846695	0.238624933	0.971111807	0.971111807	-0.183188727	1.75502542	-8413.137527	8413.1375	0.00002	0.0243792	0.02437921
0.017453293	1.329846695	0.238624933	0.971111807	0.971111807	-0.183188727	1.75502542	-8413.137527	8413.1375	0.00000	0	0.02437921
0.017453293	1.329846695	0.238624936	0.971111807	0.971111806	-0.183188727	1.75502542	-8413.137552	8413.1376	0.00002	0.0397281	0.06410731
0.017453293	1.329846691	0.238624936	0.971111806	0.971111806	-0.18318873	1.75502542	-8413.137555	8413.1376	0.00000	0.006333	0.0704403
0.017453293	1.329846691	0.238624936	0.971111806	0.971111806	-0.18318873	1.755025423	-8413.137571	8413.1376	0.00002	0.0243792	0.09481951
0.017453293	1.329846691	0.238624936	0.971111806	0.971111806	-0.18318873	1.755025423	-8413.137571	8413.1376	0.00000	0	0.09481951
0.017453293	1.329846691	0.238624933	0.971111806	0.971111807	-0.18318873	1.755025423	-8413.137546	8413.1375	-0.00002	-0.0397281	0.05509141
0.017453293	1.329846695	0.23862493	0.971111807	0.971111808	-0.183188723	1.755025423	-8413.137502	8413.1375	-0.00004	-0.0700278	-0.0149363
0.017453293	1.329846698	0.238624913	0.971111808	0.971111812	-0.183188713	1.755025416	-8413.137315	8413.1373	-0.00019	-0.3016652	-0.3166016
0.017453293	1.329846716	0.238624509	0.971111812	0.971111911	-0.183188354	1.755025406	-8413.132829	8413.1328	-0.00449	-7.2171293	-7.5337308
0.017453293	1.329847131	0.238624004	0.971111911	0.971112035	-0.183188044	1.755025041	-8413.127523	8413.1275	-0.00531	-8.5376968	-16.071428
0.017453293	1.329847651	0.237676631	0.971112035	0.971344336	-0.182772694	1.755024725	-8404.422596	8404.4226	-8.70493	-14006.227	-14022.299
0.017453293	1.330823089	0.237674624	0.971344336	0.971344827	-0.182772072	1.754602242	-8405.625293	8405.6253	-0.01278	-20.569383	-12087.16
0.017453293	1.330825156	0.237672615	0.971344827	0.971345319	-0.182771746	1.75460161	-8405.612945	8405.6129	-0.01235	-19.868236	-12107.028

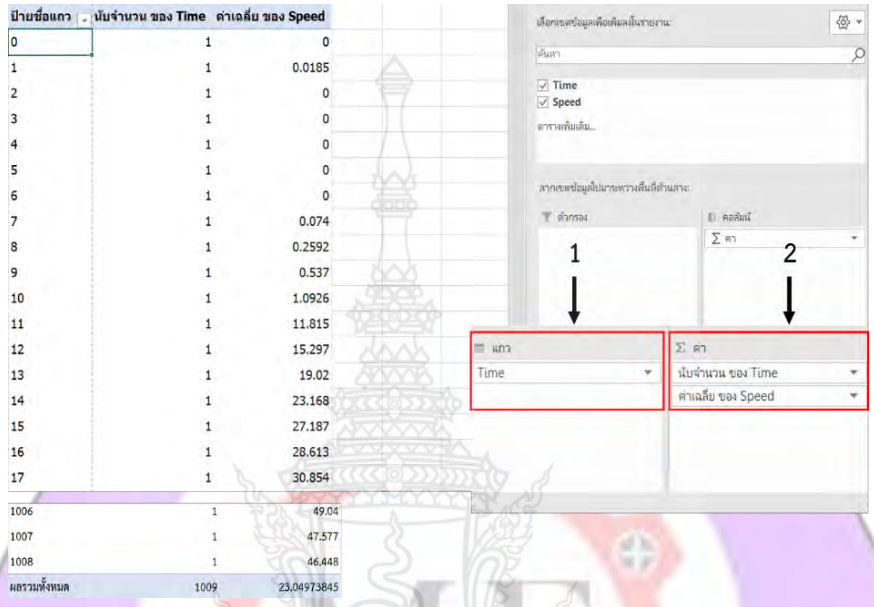
รูปที่ 3.23 แปลงหน่วยจาก LATITUDE LONGITUDE เป็นระยะทาง

4) ใช้คำสั่ง Pivoe table สร้างตารางข้อมูลการขับขี่ โดยจะเลือกข้อมูลของ Time และ Speed ตามรูปที่ 3.24



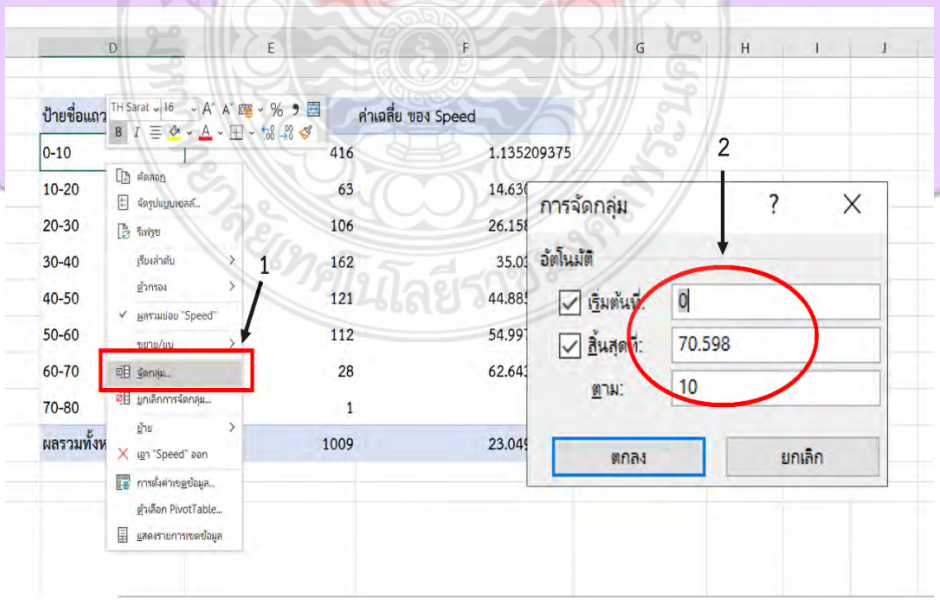
รูปที่ 3.24 ใช้คำสั่ง Pivoe table สร้างตารางข้อมูล

5) ตั้งค่าตารางโดยเลือกที่ Time กับ Speed แล้วดึง Time มาไว้ที่เขตข้อมูลของแถว (Row) หลังจากนั้นดึง Time และ Speed มาไว้ที่เขตข้อมูลของค่า (Values) แล้วทำการตั้งค่า Time เป็นจำนวนนับ (Count) ตั้งค่า Speed เป็นความเร็วเฉลี่ย (Average of Speed) ตามรูปที่ 3.25



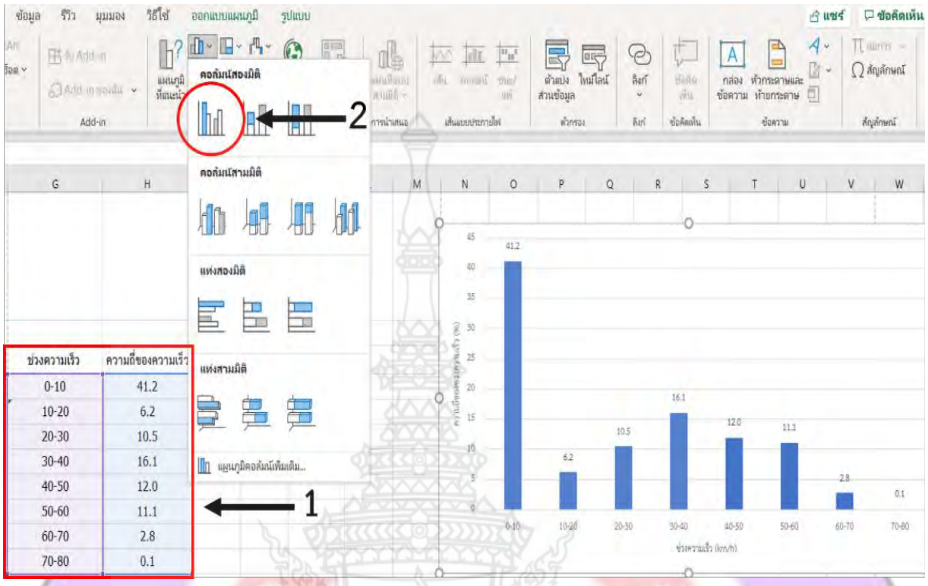
รูปที่ 3.25 ตั้งค่าตารางการวิเคราะห์

6) จัดกลุ่มของช่วงความเร็ว เป็นช่วงละ 10 ตามรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 การจัดกลุ่มของช่วงความเร็ว

7) เลือกของช่วงความเร็วและความถี่ของช่วงความเร็วที่คำนวณจากตารางที่ 3.2 แล้วแทรกกราฟแผนภูมิแท่งตามรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 ขั้นตอนการกำหนดช่วงเวลาและสร้างกราฟการกระจายความถี่ของช่วงความเร็ว

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างข้อมูลการขับขี่จริงแต่ละช่วงความเร็ว

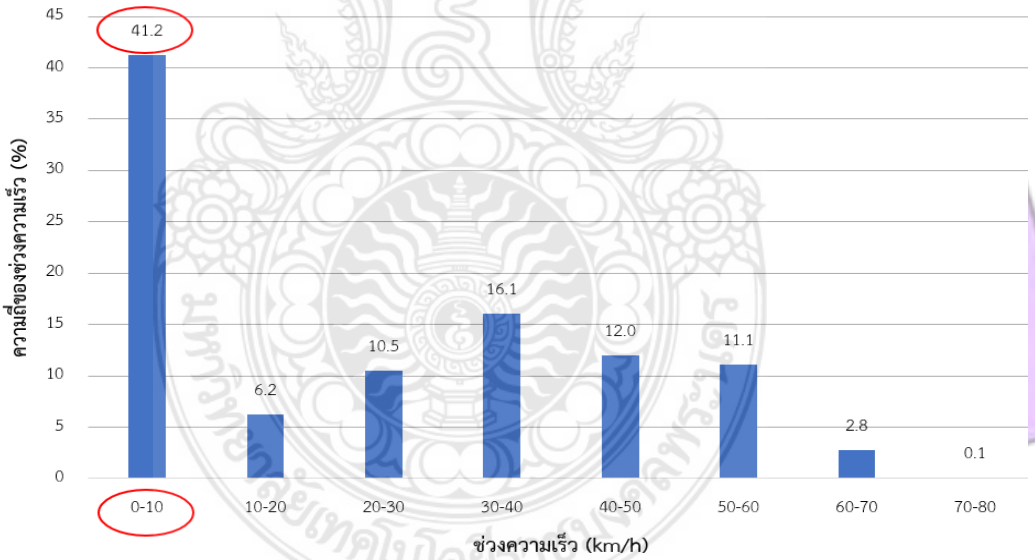
จำนวน : i	ช่วงความเร็ว (km/h)	ความถี่ของช่วงความเร็ว : n	ความถี่ของความเร็ว : Fr (%) $\frac{n*100}{\sum_{i=1-8}^{n}}$
1	0-10	416	41.2
2	10-20	63	6.2
3	20-30	106	10.5
4	30-40	162	16.1
5	40-50	121	12.0
6	50-60	112	11.1
7	60-70	28	2.8
8	70-80	1	0.1
		$\sum_{i=1-8}^{n}$ = 1009	**100**

3.7 การเลือกรูปแบบความเร็วและช่วงเวลาที่เหมาะสม

การเลือกรูปแบบความเร็วและช่วงของเวลาที่เหมาะสมถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการสร้างวัฏจักรการขับขี่ เนื่องจากความเร็วจริงในการขับขี่มีรูปแบบที่หลากหลาย และช่วงเวลาเท่า ๆ กันในแต่ละช่วง (T_{int}) มีผลกระทบต่อการนำไปใช้งาน สำหรับการเลือกรูปแบบความเร็วได้นำหลักการทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับรูปแบบของความเร็วถูกกำหนดเป็น 3 รูปแบบ คือ ความเร็วสูงสุด (V_{max}) ความเร็วต่ำสุด (V_{min}) และความเร็วเฉลี่ย (V_{avg}) เนื่องจากในแต่ละพฤติกรรมของความเร็วมีจำนวนความถี่ของข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนั้น การเลือกรูปแบบของความเร็วที่เหมาะสมทำให้วัฏจักรการขับขี่มีความแม่นยำและสะท้อนรูปแบบการขับขี่จริงมากที่สุด ในการเลือกรูปแบบความเร็วและช่วงของเวลาที่เหมาะสม

3.7.1 ขั้นตอนและการอธิบายประกอบตัวอย่างในการเลือกรูปแบบความเร็วและช่วงของเวลาที่เหมาะสมดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกใช้ความถี่ของช่วงความเร็วสูงสุด (Fr) คิดเป็น 41.2 % ที่ช่วงความเร็ว 0-10 (km/h) จากข้อมูลในตารางที่ 3.2 และตามรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 การกระจายความถี่ของช่วงความเร็ว

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณความเร็วเฉลี่ยตลอดเส้นทาง (V) และเวลาทั้งหมดของความเร็วเฉลี่ย (T_v)

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณช่วงของเวลา ($t_{int.}$) จากความสัมพันธ์ของเวลาทั้งหมดของความเร็วเฉลี่ย (Tv) และเวลารวมทั้งหมดของการขับขี่จริงตลอดเส้นทาง (T) โดยผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 การคำนวณหาช่วงของเวลา

ช่วงความเร็ว (km/h)	ความถี่ของช่วงความเร็ว (%)	เวลารวมทั้งหมด : T (s)	ระยะทางรวมทั้งหมด : s (m)	ความเร็วเฉลี่ย : V (km/h)	เวลารวมของความเร็วเฉลี่ย : T_V (s)	ช่วงของเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน : t_{int} (s)
0-10	41.2	1,009	12,100	24.33	1790.41	781.41
10-20	6.2					
20-30	10.5					
30-40	16.1					
40-50	12.0					
50-60	11.1					
60-70	2.8					
70-80	0.1					

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดช่วงของเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน (t_{int}) ให้เหมาะสม การสร้างวัฏจักรการขับขี่ไม่นิยมแบ่งช่วงของเวลาให้มีค่ามากกว่า 50 s เนื่องจากระยะเวลาที่มากกว่า 50 s มีปริมาณมากจนเกินไปสำหรับการนำไปใช้งาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการตัดทอนช่วงของเวลาลงโดยการนำค่าที่คำนวณได้จากตารางที่ 3.3 (781.41) มาทำให้เป็นจำนวนเต็มสิบ เช่น 770 780 และ 790 s ตามลำดับ กำหนดตัวหารแบ่งเป็นความถี่ตั้งแต่ 5 10 15....50 จากนั้นนำค่าเวลาที่ได้หารด้วยตัวแบ่งความถี่ที่กำหนดไว้ตามรูปที่ 3.29 โดยพิจารณาเวลาที่สามารถหารได้ลงตัวมากที่สุด เช่น ตัวอย่างค่าเวลา 780 วินาที สามารถหารได้ลงตัวมากที่สุด ที่ความถี่เวลา (5 10 15 20 และ 30) จากนั้นนำตัวหารที่หารลงตัวของเวลา 780 วินาที มากำหนดเป็นช่วงเวลาสมมติที่แบ่งเท่า ๆ กัน จำนวน 5 ช่วง ดังนั้นช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน มีค่าดังนี้ ($t_{int.}$ = 5 s) ($t_{int.}$ =10 s) ($t_{int.}$ = 15 s) ($t_{int.}$ = 20 s) และ ($t_{int.}$ = 30 s) ตามลำดับ

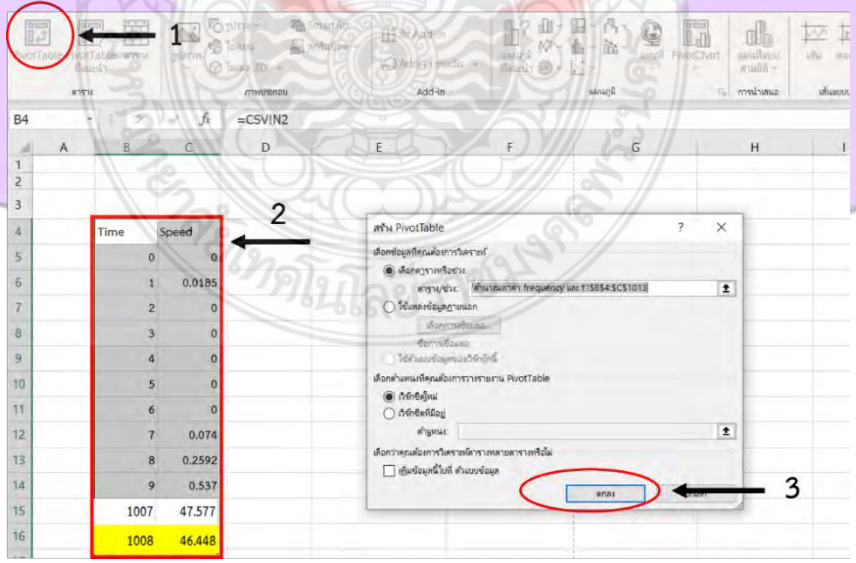
ตัวหาร	ช่วงเวลาสมมติ		
	$t_{int.}$=770 s	$t_{int.}$=780 s	$t_{int.}$=790 s
5	154	156	158
10	77	78	79
15	51.33333333	52	52.66666667
20	38.5	39	39.5
25	30.8	31.2	31.6
30	25.66666667	26	26.33333333
35	22	22.28571429	22.57142857
40	19.25	19.5	19.75
45	17.11111111	17.33333333	17.55555556
50	15.4	15.6	15.8

ช่วงเวลาสมมติ		
$t_{int.}$=790 s	$t_{int.}$=780 s	$t_{int.}$=790 s
5	5	5
10	10	10
35	15	
	20	
	30	

รูปที่ 3.29 ตัวอย่างการกำหนดช่วงของเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน 5 ช่วง

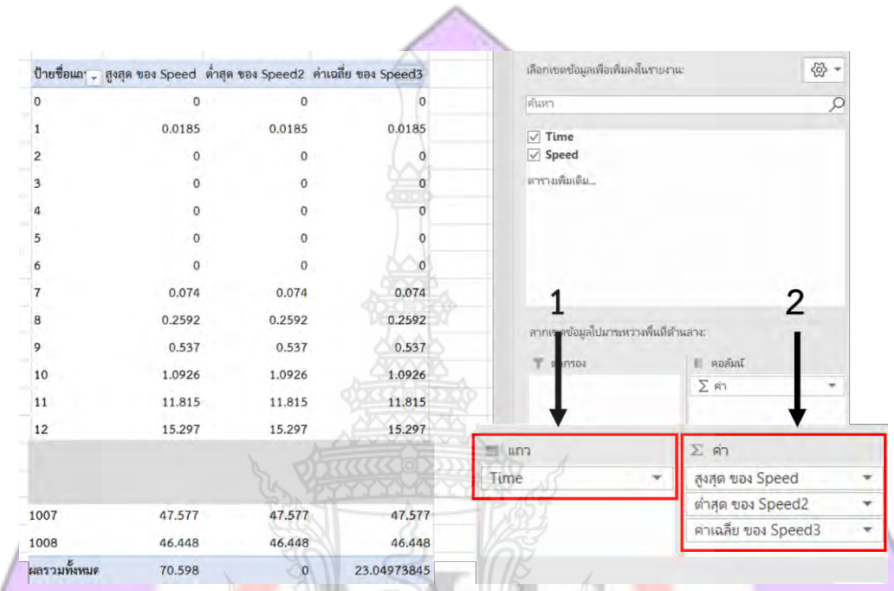
ขั้นตอนที่ 5 พิจารณาเลือกปริมาณการกระจายของความเร็วระหว่างความเร็วสูงสุด ความเร็วต่ำสุด และความเร็วเฉลี่ย เกณฑ์ในการเลือกช่วงความเร็วและการกระจายของช่วงความเร็วควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับช่วงของเวลาการขับขี่จริง ($Fr_{int.} \geq Fr$) ผู้จัดทำจึงยกตัวอย่างอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลของความเร็วที่ช่วงเวลา ($t_{int.}$ = 5 s) ตามรูปที่ 3.30 ถึง รูปที่ 3.36 ดังนี้

1) ใช้คำสั่ง Pivoe table สร้างตารางข้อมูลการขับขี่ โดยจะเลือกข้อมูลของ Time และ Speed ตามรูปที่ 3.30



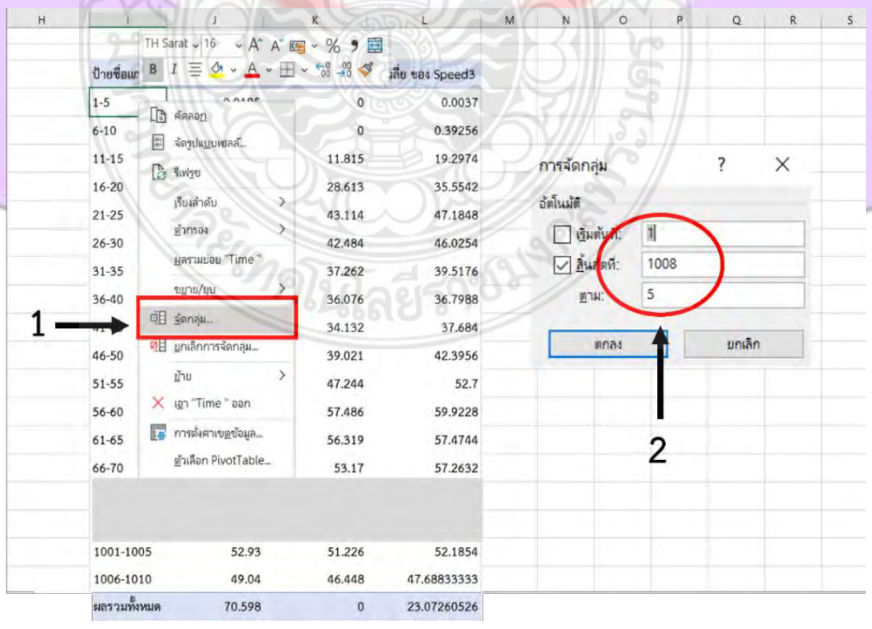
รูปที่ 3.30 ใช้คำสั่ง Pivoe table สร้างตารางข้อมูล

2) ตั้งค่าตารางโดยเลือกที่ Time กับ Speed แล้วดึง Time มาไว้ที่เขตข้อมูลของแถว (Row) หลังจากนั้นดึง Speed มาไว้ที่เขตข้อมูลของค่า (Values) จำนวน 3 ค่า แล้วทำการตั้งค่าแต่ละค่าเป็นความเร็วสูงสุด (Max of speed) ความเร็วต่ำสุด (Min of speed) และความเร็วเฉลี่ย (Average of speed) ตามรูปที่ 3.31



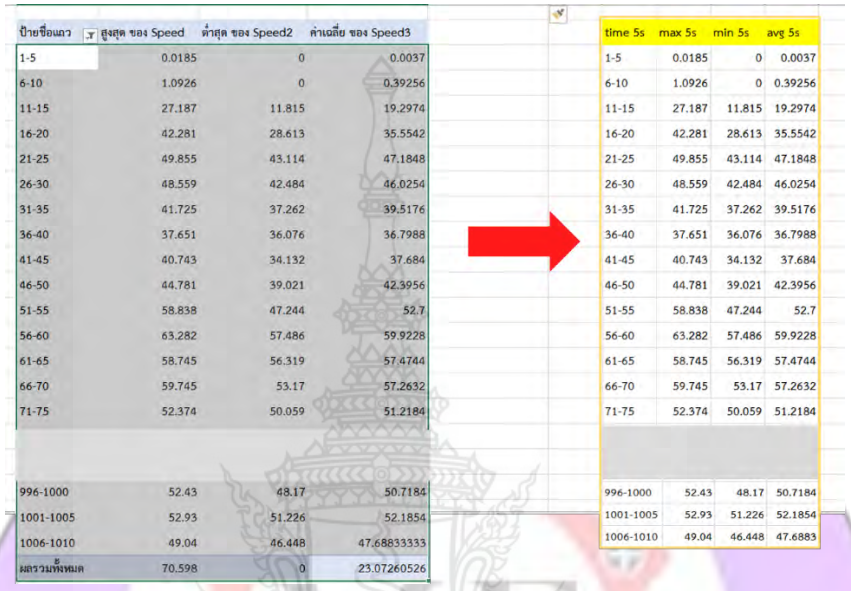
รูปที่ 3.31 ตั้งค่าตารางการวิเคราะห์

3) จัดกลุ่มของช่วงเวลา ($t_{int.}$) เป็นช่วงละ 5 s ตามรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 การจัดกลุ่มของช่วงความเร็ว

4) เลือกข้อมูลของทั้งหมดของช่วงเวลา ($t_{int.}$ = 5 s) ความเร็วสูงสุด (Max of speed) ความเร็วต่ำสุด (Min of speed) และความเร็วเฉลี่ย (Average of speed) ที่ ($t_{int.}$ = 5 s) ในตาราง Pivoe table มาสร้างตารางใหม่เพื่อวิเคราะห์ต่อไปตามรูปที่ 3.33

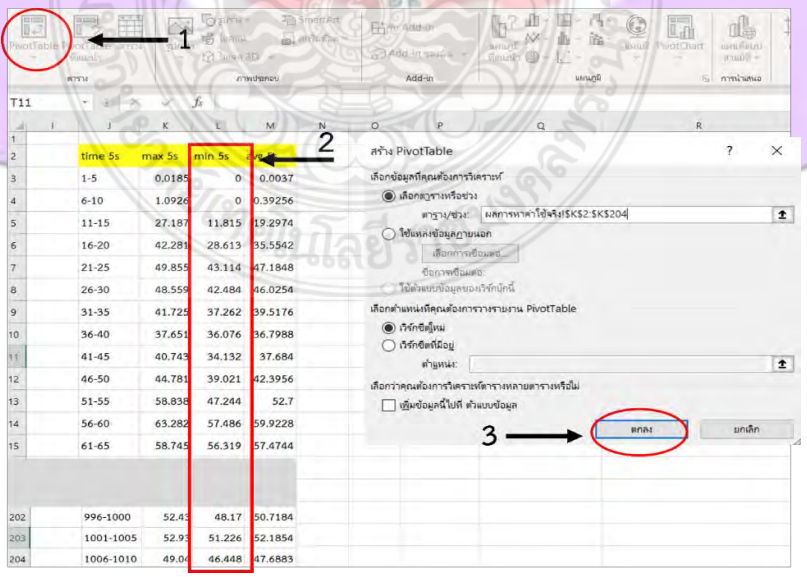


ป้ายชื่อแถว	สูงสุด ของ Speed	ต่ำสุด ของ Speed2	ค่าเฉลี่ย ของ Speed3
1-5	0.0185	0	0.0037
6-10	1.0926	0	0.39256
11-15	27.187	11.815	19.2974
16-20	42.281	28.613	35.5542
21-25	49.855	43.114	47.1848
26-30	48.559	42.484	46.0254
31-35	41.725	37.262	39.5176
36-40	37.651	36.076	36.7988
41-45	40.743	34.132	37.684
46-50	44.781	39.021	42.3956
51-55	58.838	47.244	52.7
56-60	63.282	57.486	59.9228
61-65	58.745	56.319	57.4744
66-70	59.745	53.17	57.2632
71-75	52.374	50.059	51.2184
996-1000	52.43	48.17	50.7184
1001-1005	52.93	51.226	52.1854
1006-1010	49.04	46.448	47.68833333
ผลรวมทั้งหมด	70.598	0	23.07260526

time 5s	max 5s	min 5s	avg 5s
1-5	0.0185	0	0.0037
6-10	1.0926	0	0.39256
11-15	27.187	11.815	19.2974
16-20	42.281	28.613	35.5542
21-25	49.855	43.114	47.1848
26-30	48.559	42.484	46.0254
31-35	41.725	37.262	39.5176
36-40	37.651	36.076	36.7988
41-45	40.743	34.132	37.684
46-50	44.781	39.021	42.3956
51-55	58.838	47.244	52.7
56-60	63.282	57.486	59.9228
61-65	58.745	56.319	57.4744
66-70	59.745	53.17	57.2632
71-75	52.374	50.059	51.2184
996-1000	52.43	48.17	50.7184
1001-1005	52.93	51.226	52.1854
1006-1010	49.04	46.448	47.6883

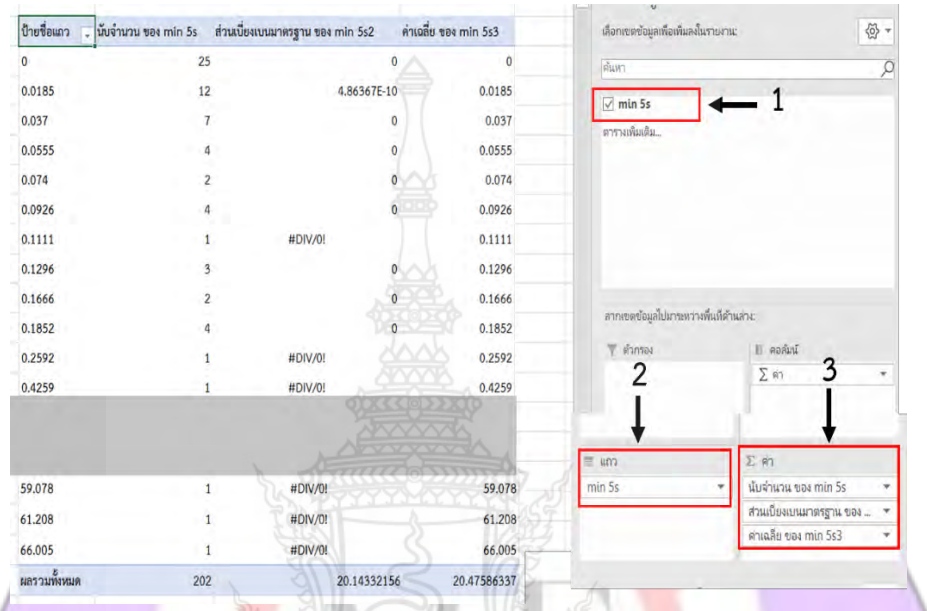
รูปที่ 3.33 เลือกข้อมูลของความเร็วทั้งหมดของช่วงเวลา

5) ใช้คำสั่ง Pivoe table แล้วเลือกข้อมูลความเร็วต่ำสุด (Min of speed) ที่ช่วงเวลา ($t_{int.}$ = 5 s) ตามรูปที่ 3.34



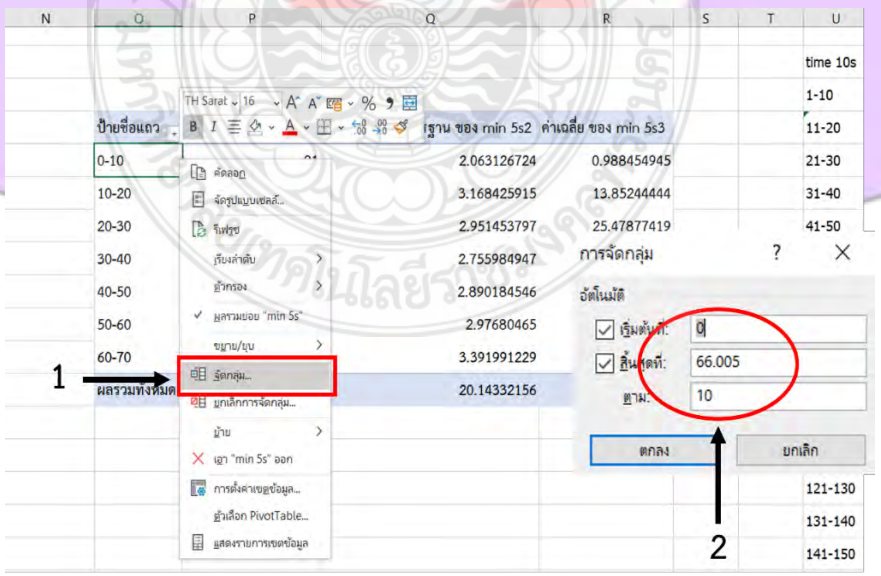
รูปที่ 3.34 เลือกข้อมูลของความเร็ว

6) ตั้งค่าตารางโดยเลือกที่ Min 5 s แล้วดึง Min 5 s มาไว้ที่เขตข้อมูลของแถว (Row) หลังจากนั้นดึง Min 5 s มาไว้ที่ช่องค่า (Values) จำนวน 3 จำนวน แล้วทำการตั้งค่าเป็น จำนวนนับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ย ตามรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 ตั้งค่าตารางการวิเคราะห์

7) จัดกลุ่มของช่วงความเร็ว เป็นช่วงละ 10 ตามรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 การจัดกลุ่มของช่วงความเร็ว

8) คำนวณหาความถี่ของช่วงความเร็ว ($Fr_{int.}$) ที่ช่วงความเร็ว 0–10 km/h ตามรูปที่ 3.37 ในส่วนของความเร็วสูงสุด (Max of Speed) ความเร็วเฉลี่ย(Average of Speed) ใช้วิธีการวิเคราะห์เดียวกันตามรูปที่ 3.30 ถึง รูปที่ 3.36 ตามลำดับ จากนำมาพิจารณาเลือกตัวแทนของเวลาสำหรับวัฏจักรการขับขี่ต่อไป

รูปแบบของความเร็วต่ำสุด ($V_{min,int}$)

ป้ายชื่อแถว	นับจำนวน ของ min 5s	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของ min 5s2	ค่าเฉลี่ย ของ min 5s3	$Fr_{int.}$ = n*100/N
0-10	91	2.063126724	0.988454945	45.0
10-20	9	3.168425915	13.85244444	
20-30	31	2.951453797	25.47877419	
30-40	27	2.755984947	35.26088889	
40-50	22	2.890184546	44.04595455	
50-60	20	2.97680465	54.16965	
60-70	2	3.391991229	63.6065	
ผลรวมทั้งหมด	202	20.14332156	20.47586337	

รูปที่ 3.37 คำนวณหาความถี่ของช่วงความเร็วในช่วงเวลาที่กำหนด

จากขั้นตอนการวิเคราะห์รูปแบบของความเร็วที่ถูกเลือกนำมาใช้สร้างวัฏจักรการขับขี่ คือ รูปแบบของความเร็วที่มีค่าความถี่ของช่วงความเร็ว ($Fr_{int.}$) มากกว่ารูปแบบการขับขี่อื่นในทุก ๆ ค่าช่วงของเวลา ($t_{int.}$) แสดงดังตารางที่ 3.4 ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับเกณฑ์ในการเลือกข้างต้นด้วย

ตารางที่ 3.3 การเลือกรูปแบบของความเร็วจากความถี่ของช่วงความเร็วที่กำหนด

รูปแบบของความเร็ว	**($Fr_{int.}$) ของความถี่ที่เกิดขึ้นที่ช่วงความเร็ว 0 – 10 km/h**				
	ช่วงเวลาสมมุติ 1 $t_{int.}$= 5 s	**ช่วงเวลาสมมุติ 2 $t_{int.}$= 10 s**	**ช่วงเวลาสมมุติ 3 $t_{int.}$= 15 s**	**ช่วงเวลาสมมุติ 4 $t_{int.}$= 20 s**	**ช่วงเวลาสมมุติ 5 $t_{int.}$= 30 s**
$V_{max,int.}$	37.1	33.7	27.9	23.5	20.6
$V_{min,int}$	45.0	49.5	51.5	54.9	64.7
$V_{avg,int}$	41.1	20.3	38.2	37.3	35.3

ขั้นตอนที่ 6 เลือกข้อมูลช่วงของเวลาทั้งหมดจากรูปแบบของความเร็วต่ำสุด (V_{min}) นำมาวิเคราะห์ หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ให้เลือกใช้ค่าที่น้อยที่สุด และค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ (MAD) ให้เลือกใช้ค่าที่มากที่สุด เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการสร้างวัฏจักรการขับขี่ ตัวอย่างการเลือกรูปแบบความเร็วแสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกรูปแบบความเร็วที่เหมาะสมที่สุด

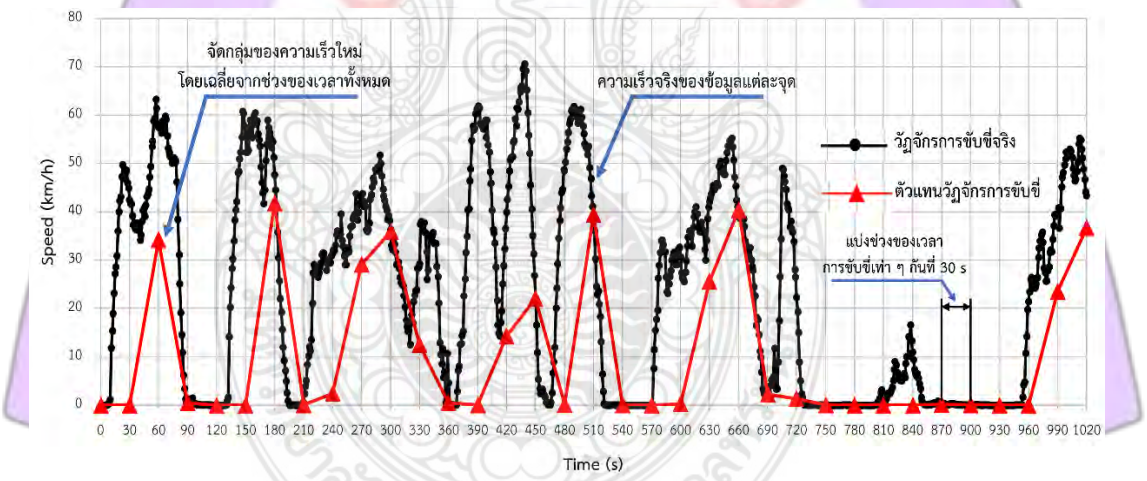
รูปแบบของความเร็ว	ช่วงเวลาสมมุติ (s)	การวิเคราะห์ทางสถิติ	
		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ (MAD)
$V_{min,int.}$	($t_{int.}$= 5 s)	2.06	0.03
	($t_{int.}$= 10 s)	2.29	0.07
	($t_{int.}$= 15 s)	0.98	0.11
	($t_{int.}$= 20 s)	1.93	0.10
	($t_{int.}$= 30 s)	0.70	0.14

3.8 การสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ (Representative driving cycle)

จากการดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างวัฏจักรการขับขี่ในหัวข้อ 3.5 และ 3.7 ได้คำนวณช่วงความเร็วและช่วงของเวลาของวัฏจักรการขับขี่ เพื่อสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ขึ้นมาใหม่ โดยการใช้วิธีการจัดกลุ่มความเร็วโดยเฉลี่ยเวลาแต่ละช่วง ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลในการสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่และเปรียบเทียบระหว่างวัฏจักรการขับขี่จริงได้ดังตารางที่ 3.6 ดังนั้น นำข้อมูลทั้ง 2 รูปแบบการขับขี่มาสร้างเป็นกราฟเส้นในการเปรียบเทียบพฤติกรรมการขับขี่ได้ตามรูปที่ 3.38

ตารางที่ 3.5 สรุปข้อมูลการสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่

ตัวเลือก	รูปแบบการขับขี่	
	วัฏจักรการขับขี่จริง	ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่
ช่วงความเร็ว (km/h)	0 - 10	0 - 10
ความถี่ของช่วงความเร็ว (%)	41.2	64.7
ช่วงของเวลา (s)	781.41	780
รูปแบบของความเร็ว	ไม่สามารถกำหนดได้	ความเร็วต่ำสุด
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	-	0.70
ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์	-	0.14
สัดส่วนของความเร่ง (s)	-	360
สัดส่วนของความหน่วง (s)	-	330
สัดส่วนของความเร็วคงที่ (s)	-	0
สัดส่วนของการหยุดนิ่ง (s)	-	330

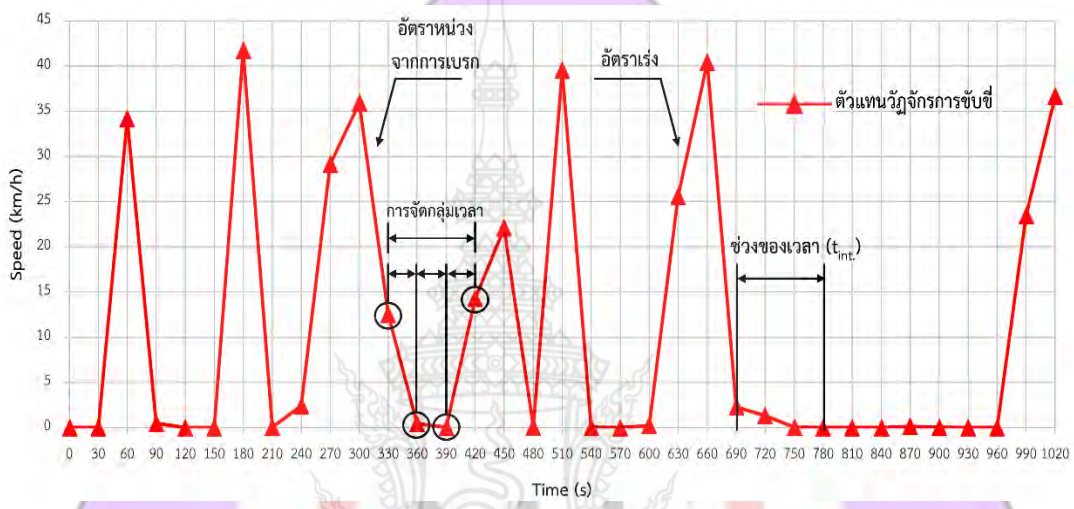


รูปที่ 3.38 การเปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่

3.9 ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ (Representative driving cycle)

นำข้อมูลของการขับขี่ที่ถูกเลือกเป็นตัวแทนมาสร้างกราฟตามรูปที่ 3.39 ซึ่งลักษณะของพฤติกรรมการขับขี่ที่เป็นตัวแทนจะมีความคล้ายกับพฤติกรรมการขับขี่จริงมากที่สุด โดยการจัดกลุ่มของเวลา (time point clustering) ซึ่งในการแบ่งช่วงของเวลาที่เท่า ๆ กัน สามารถเลือกทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการอื่นได้ เช่น K-means, K-medoids และ Fuzzy c เป็นต้น แต่ในหลักการวิเคราะห์ที่กล่าวมานี้มีวิธีการที่ยุ่งยากและซับซ้อน โดยระยะเวลาแต่ละช่วงระหว่าง

จุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดที่จัดกลุ่มของเวลาถูกกำหนดแบ่งช่วงของเวลาเป็นช่วงละ (t_d) 30 วินาที และในแต่ละช่วงของเวลามีพฤติกรรมการขับขี่ที่แตกต่างกัน จากการนับจุดของเวลาพบว่าลักษณะการขับขี่แต่ละรูปแบบมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเส้นทาง ดังนั้นสามารถบอกได้อย่างชัดเวนว่าเส้นทางนี้มีการจราจรเป็นอย่างไรและสามารถนำตัวแทนวัฏจักรการขับขี่นี้ไปต่อไปยอดเพื่อทำการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ที่ใช้กับการทดสอบในเมืองบนเครื่องทดสอบแซสซีสไดนาโมมิเตอร์



รูปที่ 3.39 พัฒนาวัฏจักรการขับขี่ใหม่โดยเลือกการจัดกลุ่มเวลา

บทที่ 4

ผลการสร้างวัฏจักรการขับขี่และวิจารณ์ผล

4.1 ผลการทดสอบพฤติกรรมการขับขี่จริงของ 3 เส้นทาง

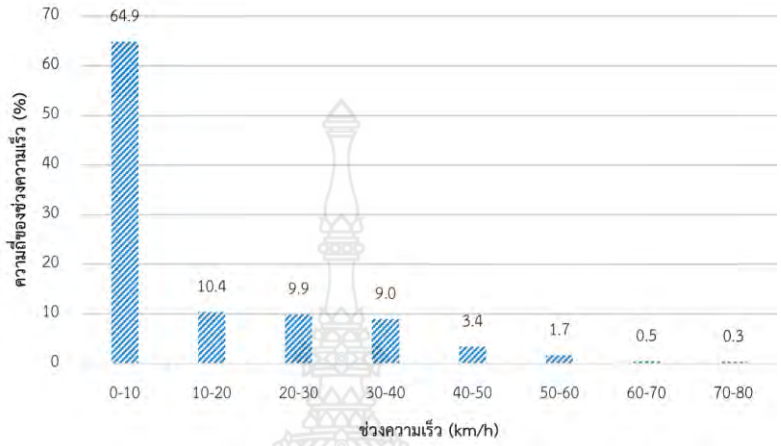
พฤติกรรมการขับขี่จริงของ 3 เส้นทาง ดังนี้ เส้นทางการขับขี่ที่ 1 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ถึง ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ เส้นทางการขับขี่ที่ 2 จากสวนจตุจักรถึงจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเส้นทางการขับขี่ที่ 3 จากแยกบุคคโลถึงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ เป็นต้น ซึ่งพฤติกรรมการขับขี่ดังกล่าวประกอบด้วย ช่วงเวลาการขับขี่ ช่วงความเร็วความถี่ของช่วงความเร็ว ความเร็วเฉลี่ย เวลารวมของความเร็วเฉลี่ย และระยะทางรวมตลอดเส้นทาง ข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่จริงของทั้ง 3 เส้นทางแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่จริง

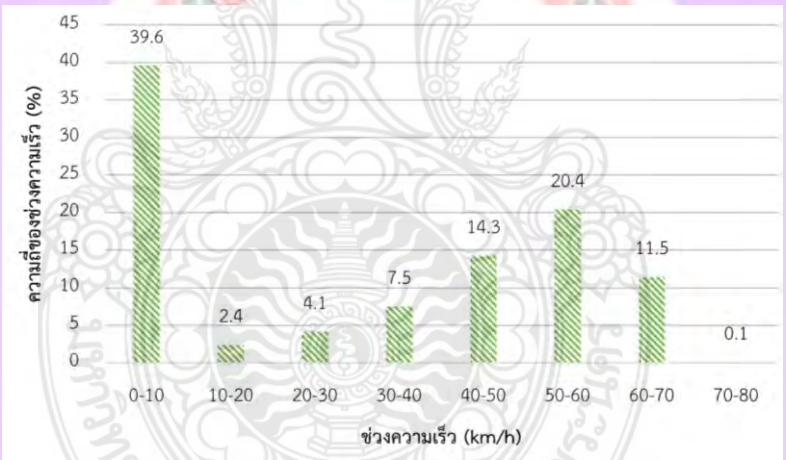
เส้นทางการขับขี่	ช่วงเวลา	ช่วงความเร็ว (km/h)	ความถี่ของช่วงความเร็ว (%)	ความเร็วเฉลี่ย (km/h)	เวลารวมของความเร็วเฉลี่ย (s)	ระยะทางรวมตลอดเส้นทาง (S)
1	เช้า	0 - 10	64.9	10.65	3,853.28	11,400
	เย็น	0 - 10	39.6	26.45	1,551.36	11,400
2	เช้า	0 - 10	41.2	24.32	1,790.41	12,100
	เย็น	0 - 10	56.2	13.28	3,278.14	12,100
3	เช้า	0 - 10	33.0	25.76	1,690.97	12,100
	เย็น	0 - 10	41.4	25.47	1,709.84	12,100

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเส้นทางการขับขี่ทั้ง 3 เส้นทางมีช่วงความเร็วที่ 0 – 10 km/h เท่ากันทั้งช่วงเวลาเช้าและช่วงเวลาเย็น สามารถบ่งบอกได้ว่าทั้ง 3 เส้นทางเก็บข้อมูลนี้มีการหยุดนิ่งและชะลอตัวของยานพาหนะเป็นส่วนใหญ่ และที่สังเกตได้อย่างชัดเจนว่าเส้นทางนั้นมีสภาพการจราจรติดหนาแน่นมากคือ เส้นทางการขับขี่ที่ 1 ช่วงเวลาเช้า ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 10.65 km/h มีเวลารวมของความเร็วเฉลี่ยที่ 3,853.28 s และเส้นทางการขับขี่ที่ 2 ช่วงเวลาเย็น ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 13.28 km/h เวลารวมของความเร็วเฉลี่ยที่ 3,278.14 s

แต่ช่วงเวลาที่เหลือของเส้นทางการขับขี่ทั้งหมดมีความเร็วเฉลี่ยและเวลารวมของความเร็วเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งความถี่ของช่วงความเร็วทั้ง 3 เส้นทางการขับขี่แสดงตามดังรูป 4.1 ถึง 4.3 ตามลำดับ



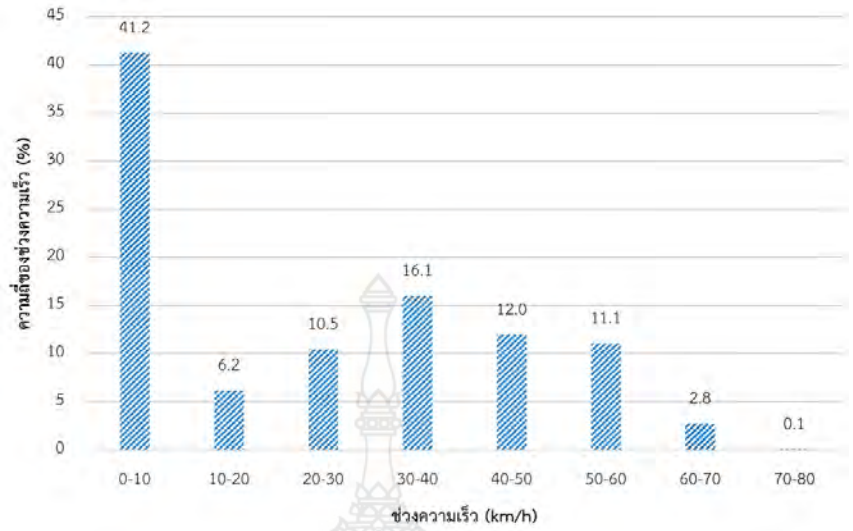
(ก) ช่วงเช้า



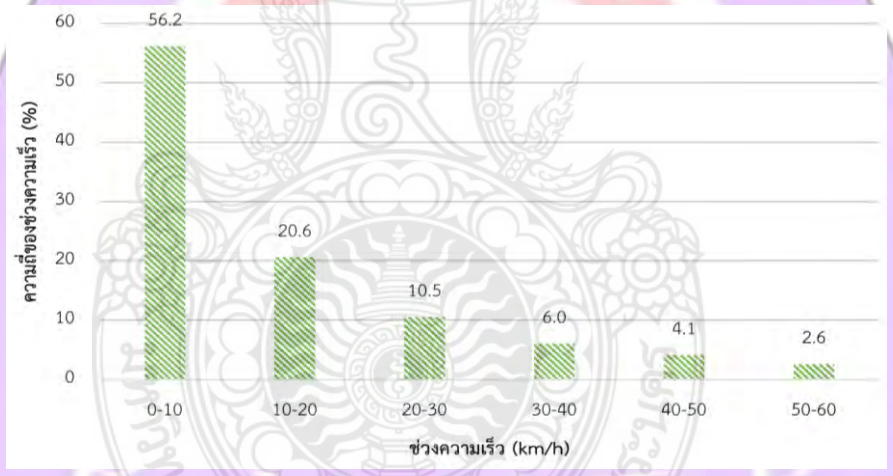
(ข) ช่วงเย็น

รูปที่ 4.1 ความถี่ของช่วงความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 1

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าเส้นทางการขับขี่ที่ 1 ความถี่ของช่วงความเร็วสูงที่สุดที่ช่วงความเร็ว 0 – 10 km/h ในช่วงเช้ามีค่าร้อยละ 64.9 และช่วงเย็นมีค่าร้อยละ 39.6 ซึ่งในช่วงเช้ามีค่าร้อยละมากกว่าช่วงเย็นสามารถบอกได้ว่าช่วงเช้ามีการหยุดนิ่ง ชะลอตัวของยานพาหนะและมีสภาพการจราจรหนาแน่นมากกว่าช่วงเย็น เมื่อพิจารณาที่ช่วงความเร็ว 70 – 80 km/h ทำให้ทราบได้ว่าในช่วงเช้ามีโอกาสใช้ความเร็วในช่วงนี้ได้มากกว่าช่วงเย็น เนื่องจากในช่วงเช้ามีความถี่ของช่วงความเร็วมีค่าร้อยละ 0.3 ช่วงเย็นมีค่าร้อยละ 0.1 เท่านั้น



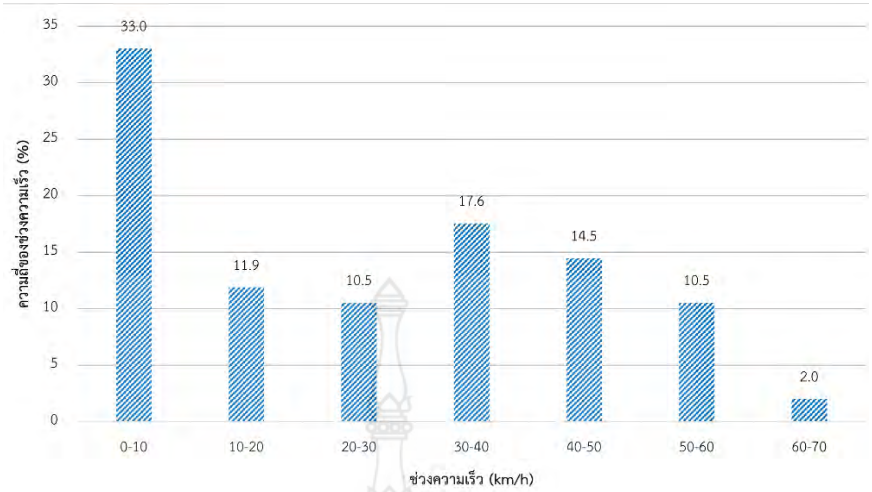
(ก) ช่วงเช้า



(ข) ช่วงเย็น

รูปที่ 4.2 ความถี่ของช่วงความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 2

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าเส้นทางการขับขี่ที่ 1 ความถี่ของช่วงความเร็วสูงที่สุดที่ช่วงความเร็ว 0 – 10 km/h ในช่วงเช้ามีค่าร้อยละ 41.2 และช่วงเย็นมีค่าร้อยละ 56.2 ซึ่งในช่วงเย็นมีค่าร้อยละมากกว่าช่วงเช้าสามารถบอกได้ว่าช่วงเย็นมีการหยุดนิ่ง ชะลอตัวของยานพาหนะและมีสภาพการจราจรหนาแน่นมากกว่าช่วงเช้า เมื่อพิจารณาที่ช่วงความเร็ว 70 – 80 km/h ทำให้ทราบได้ว่าในช่วงเย็นมีโอกาสใช้ความเร็วในช่วงนี้ได้มากกว่าช่วงเช้า เนื่องจากในช่วงเย็นมีความถี่ของช่วงความเร็วมีค่าร้อยละ 2.6 ช่วงเช้ามีค่าร้อยละ 0.1 เท่านั้น



(ก) ช่วงเช้า

(ข) ช่วงเย็น

รูปที่ 4.3 ความถี่ของช่วงความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 3

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าเส้นทางการขับขี่ที่ 1 ความถี่ของช่วงความเร็วสูงที่สุดที่ช่วงความเร็ว0 – 10 km/h ในช่วงเช้ามีค่าร้อยละ 33.0 และช่วงเย็นมีค่าร้อยละ 41.4 ซึ่งในช่วงเย็นมีค่าร้อยละมากกว่าช่วงเช้าสามารถบอกได้ว่าช่วงเย็นมีการหยุดนิ่ง ชะลอตัวของยานพาหนะและมีสภาพการจราจรหนาแน่นมากกว่าช่วงเช้า เมื่อพิจารณาที่ช่วงความเร็ว 70 – 80 km/h ทำให้ทราบได้ว่าในช่วงเช้ามีโอกาสใช้ความเร็วช่วงนี้ได้มากกว่าช่วงเย็น เนื่องจากในช่วงเช้ามีความถี่ของช่วงความเร็วมีค่าร้อยละ 2.0 ช่วงเย็นมีค่าร้อยละ 1.5 เท่านั้น

4.2 ผลการคำนวณเวลาที่ใช้ในการเป็นสมมติฐานตั้งต้นทั้ง 3 เส้นทาง

เวลาที่ใช้ในการเป็นสมมติฐานตั้งต้นทั้ง 3 เส้นทาง ซึ่งเป็นพฤติกรรมการขับขี่ดังกล่าว จำเป็นต้องหาเวลาตั้งต้นในการสร้างวัฏจักรการขับขี่จากที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 3.1.4 ซึ่งผลการคำนวณเวลาที่ใช้ในการเป็นสมมติฐานตั้งต้นทั้ง 3 เส้นทางตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลของการคำนวณหาเวลาตั้งต้น

เส้นทางการขับขี่	ช่วงเวลา	เวลาที่คำนวณได้ (s)	ช่วงเวลาตั้งต้น (s)	ช่วงเวลาสมมุติที่แบ่งเท่าๆ กัน (s)
1	เช้า	989.28	980	5, 10, 20, 30
	เย็น	515.36	520	5, 10, 20, 40
2	เช้า	781.41	780	5, 10, 15, 20
	เย็น	1403.14	1,410	5, 10, 15, 30
3	เช้า	494.97	500	5, 10, 20, 25
	เย็น	417.83	420	5, 10, 15, 20

จากตารางที่ 4.2 หากพิจารณาเวลาที่ตั้งต้นที่ได้จากการคำนวณทั้ง 3 เส้นทาง พบว่าเวลาตั้งต้นของเส้นทางการขับขี่ที่ 2 ในช่วงเย็นมีค่ามากที่สุดคือ 1,410 s แต่ช่วงเวลาตั้งต้นของเส้นทางการขับขี่ที่ 3 ในช่วงเวลาเย็นมีค่าน้อยที่สุดคือ 420 s ที่สามารถหารลงตัวตามขั้นตอนที่ 4 ในบทที่ 3 หัวข้อ 3.7 การเลือกรูปแบบความเร็วและช่วงเวลาที่เหมาะสม

4.3 ผลการพิจารณาช่วงของความเร็วที่ใช้ในการเลือกรูปแบบของความเร็วทั้ง 3 เส้นทาง

ผลการพิจารณารูปแบบของความเร็วแสดงดังตารางที่ 4.3 ถึง 4.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ผลการหารูปแบบความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 1

เส้นทางการขับขี่	ช่วงเวลา	รูปแบบของความเร็ว	ความถี่ของช่วงความเร็ว ($Fr_{int.}$) ภายใต้ช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน ($t_{int.}$)			
			5	10	20	35
1	เช้า	ความเร็วสูงสุด	60.7	57.5	52.1	43.9
		ความเร็วต่ำสุด	69.6	73.9	79.9	87.8
		ความเร็วเฉลี่ย	64.0	63.8	61.1	62.2
			ความถี่ของช่วงความเร็ว ($Fr_{int.}$) ภายใต้ช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน ($t_{int.}$)			
			5	10	20	40
	เย็น	ความเร็วสูงสุด	38.2	34.6	30.8	23.1
		ความเร็วต่ำสุด	41.5	43.3	48.1	53.8
		ความเร็วเฉลี่ย	38.6	39.4	36.5	26.9

ตารางที่ 4.4 ผลการหารูปแบบความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 2

เส้นทางการขับขี่	ช่วงเวลา	รูปแบบของความเร็ว	ความถี่ของช่วงความเร็ว ($Fr_{int.}$) ภายใต้ช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน ($t_{int.}$)			
			5	10	15	20
2	เช้า	ความเร็วสูงสุด	37.1	33.7	27.9	23.5
		ความเร็วต่ำสุด	45.0	49.5	51.5	54.9
		ความเร็วเฉลี่ย	41.1	20.3	38.2	37.3
			ความถี่ของช่วงความเร็ว ($Fr_{int.}$) ภายใต้ช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน ($t_{int.}$)			
			5	10	15	30
	เย็น	ความเร็วสูงสุด	48.3	38.3	36	36.1
		ความเร็วต่ำสุด	63.7	68.6	76	82.5
		ความเร็วเฉลี่ย	56.3	58.5	54.4	55.6

ตารางที่ 4.5 ผลการหารูปแบบความเร็วของเส้นทางการขับขี่ที่ 3

เส้นทางการขับขี่	ช่วงเวลา	รูปแบบของความเร็ว	ความถี่ของช่วงความเร็ว ($Fr_{int.}$) ภายใต้ช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน ($t_{int.}$)			
			5	10	20	25
3	เช้า	ความเร็วสูงสุด	29.7	25.8	18.3	16.7
		ความเร็วต่ำสุด	36.0	39.2	45	47.9
		ความเร็วเฉลี่ย	33.1	31.7	31.7	31.3
			ความถี่ของช่วงความเร็ว ($Fr_{int.}$) ภายใต้ช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน ($t_{int.}$)			
			5	10	15	20
	เย็น	ความเร็วสูงสุด	37.6	34.1	32.6	27.7
		ความเร็วต่ำสุด	45.0	48.8	52.3	55.4
		ความเร็วเฉลี่ย	42.2	40.3	39.5	38.5

จากตารางที่ 4.3 ถึง 4.5 ตามลำดับ จากการพิจารณาเลือกรูปแบบการขับขี่ทั้ง 3 เส้นทางนี้ใช้รูปแบบการขับขี่ความเร็วต่ำสุด (V_{min}) เหมือนกันทุกช่วงเวลาของทั้ง 3 เส้นทาง ซึ่งสังเกตได้จากความถี่ของช่วงความเร็ว ($Fr_{int.}$) มีค่ามากกว่ารูปแบบความเร็วสูงสุด (V_{max}) และรูปแบบความเร็วเฉลี่ย (V_{avg}) และทั้งนี้ยังสอดคล้องกับเกณฑ์ในการเลือกด้วย คือ การกระจายของช่วงความเร็วควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับช่วงของเวลาการขับขี่จริง ($Fr_{int.} \geq Fr$) ดังนั้นทั้ง 3 เส้นทางนี้สามารถใช้รูปแบบการขับขี่ต่ำสุด (V_{min}) ในการสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ได้

4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติทั้ง 3 เส้นทาง

ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติที่จะใช้เป็นการกำหนดระยะห่างของเวลาที่จะนำมาสร้างวัฏจักรการขับขี่จริงแสดงดังตารางที่ 4.6 ถึง 4.8 ตามลำดับ และตารางสรุปผลการเลือกช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน ($t_{int.}$) ทั้ง 3 เส้นทางสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติของเส้นทางการขับขี่ที่ 1

เส้นทางการขับขี่	ช่วงเวลา	ช่วงเวลาสมมุติ (s)	การวิเคราะห์ทางสถิติ	
			(SD)	(MAD)
1	เช้า	($t_{int.}$= 5 s)	2.46	0.01
		($t_{int.}$= 10 s)	2.37	0.02
		($t_{int.}$= 20 s)	2.28	0.03
		($t_{int.}$= 35 s)	2.33	0.05
	เย็น	($t_{int.}$= 5 s)	1.59	0.03
		($t_{int.}$= 10 s)	1.83	0.06
		($t_{int.}$= 20 s)	2.044	0.12
		($t_{int.}$= 40 s)	0.01	0.23

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติของเส้นทางการขับขี่ที่ 2

เส้นทางการขับขี่	ช่วงเวลา	ช่วงเวลาสมมุติ (s)	การวิเคราะห์ทางสถิติ	
			(SD)	(MAD)
2	เช้า	($t_{int.}$= 5 s)	2.06	0.03
		($t_{int.}$= 10 s)	2.29	0.07
		($t_{int.}$= 15 s)	0.98	0.11
		($t_{int.}$= 20 s)	1.93	0.10
	เย็น	($t_{int.}$= 5 s)	3.16	0.01
		($t_{int.}$= 10 s)	2.92	0.02
		($t_{int.}$= 15 s)	2.93	0.02
		($t_{int.}$= 30 s)	2.41	0.06

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติของเส้นทางการขับขี่ที่ 3

เส้นทางการขับขี่	ช่วงเวลา	ช่วงเวลาสมมุติ (s)	การวิเคราะห์ทางสถิติ	
			(SD)	(MAD)
3	เช้า	($t_{int.}$= 5 s)	2.39	0.03
		($t_{int.}$= 10 s)	2.38	0.04
		($t_{int.}$= 20 s)	2.40	0.08
		($t_{int.}$= 25 s)	1.91	0.11
	เย็น	($t_{int.}$= 5 s)	2.11	0.02
		($t_{int.}$= 10 s)	2.16	0.04
		($t_{int.}$= 15 s)	2.23	0.06
		($t_{int.}$= 20 s)	2.49	0.06

ตารางที่ 4.9 สรุปผลการเลือกช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กันทั้ง 3 เส้นทาง

เส้นทางการขับขี่	ช่วงเวลา	ช่วงเวลาสมมุติ (s) ที่เลือก
1	เช้า	($t_{int.}$= 20 s)
	เย็น	($t_{int.}$= 40 s)
2	เช้า	($t_{int.}$= 15 s)
	เย็น	($t_{int.}$= 30 s)
3	เช้า	($t_{int.}$= 25 s)
	เย็น	($t_{int.}$= 5 s)

ผลจากการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติทั้ง 3 เส้นทางนี้ ได้ดังตารางที่ 4.6 ถึง 4.9 ตามลำดับ สามารถนำมาสรุปการเลือกช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน ($t_{int.}$) ทั้ง 3 เส้นทางได้ โดยคัดกรองจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานลและค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ ซึ่งจากการสังเกตพบว่าในแต่ละเส้นทางการขับขี่ในช่วงเวลาเช้าและเย็นมีค่าช่วงเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน ($t_{int.}$) ที่แตกต่าง ทั้งนี้ความแตกต่างของช่วงของเวลาที่เลือกสามารถบ่งบอกได้ว่าในแต่ละเส้นทางและแต่ละช่วงเวลาต่างมีลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมการขับขี่ไม่เหมือนกันถึงแม้ว่าจะเป็นเส้นทางเดียวกันก็ตาม

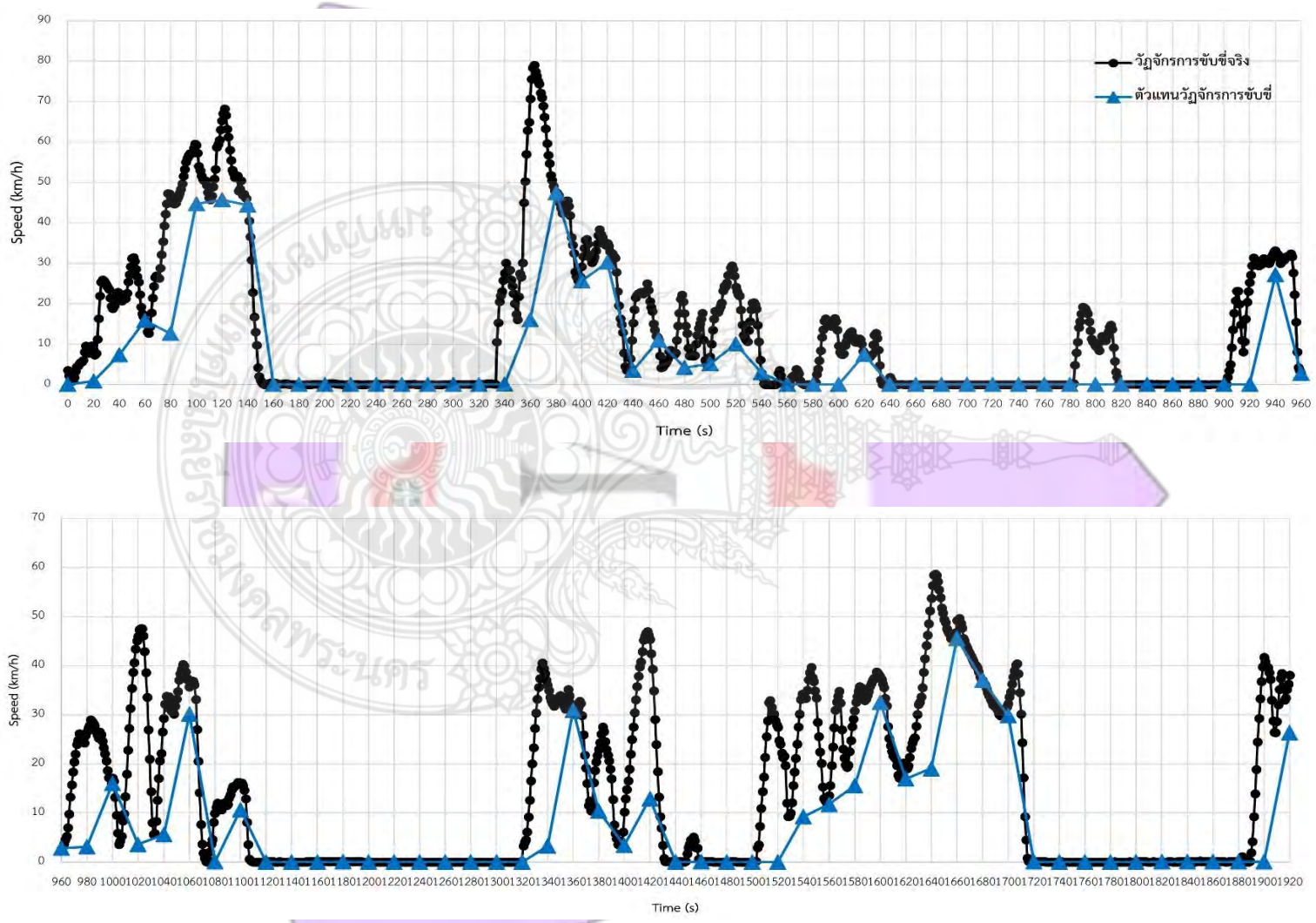
4.5 สรุปข้อมูลที่เลือกใช้สำหรับการสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ทั้ง 3 เส้นทาง

เพื่อง่ายต่อความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลที่เลือกใช้สำหรับตัวแทนในการสร้างวัฏจักรการขับขี่ทั้ง 3 เส้นทาง ดังนั้นจึงขอนำเสนอการสรุปแสดงดังตารางที่ 4.10 นอกเหนือจากนี้มีการเปรียบเทียบพฤติกรรมการขับขี่จริงและตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ที่สร้างขึ้นใหม่ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น คณะผู้จัดทำโครงงานจึงได้ทำการเปรียบเทียบทั้ง 3 เส้นทางระหว่างวัฏจักรการขับขี่จริงกับตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ตามรูปที่ 4.4 ถึง 4.6 ตามลำดับ

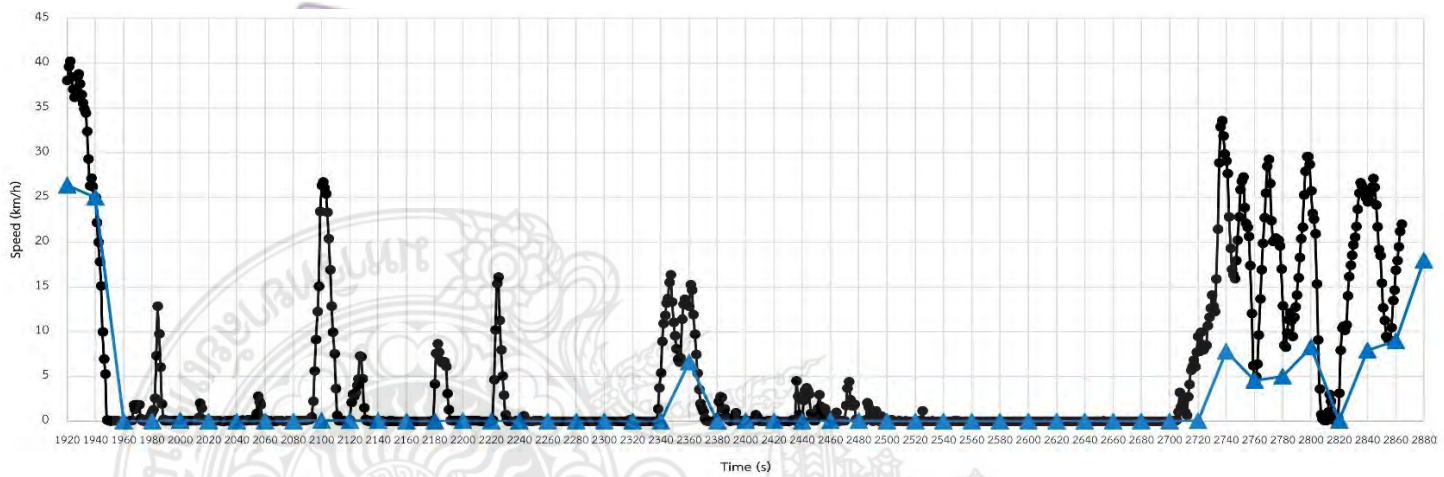
ตารางที่ 4.10 สรุปข้อมูลตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของทั้ง 3 เส้นทางการขับขี่

เส้นทางการขับขี่	ช่วงเวลา	ช่วงความเร็ว (km/h)	Fr (%)	$t_{int.}$ (s)	รูปแบบของความเร็ว	SD	MAD
1	เช้า	0 - 10	79.9	20	ความเร็วต่ำสุด	2.28	0.03
	เย็น	0 - 10	53.8	40	ความเร็วต่ำสุด	0.01	0.23
2	เช้า	0 - 10	64.7	15	ความเร็วต่ำสุด	0.70	0.11
	เย็น	0 - 10	82.5	30	ความเร็วต่ำสุด	2.41	0.06
3	เช้า	0 - 10	54.2	25	ความเร็วต่ำสุด	0.63	0.11
	เย็น	0 - 10	62.2	5	ความเร็วต่ำสุด	1.66	0.02

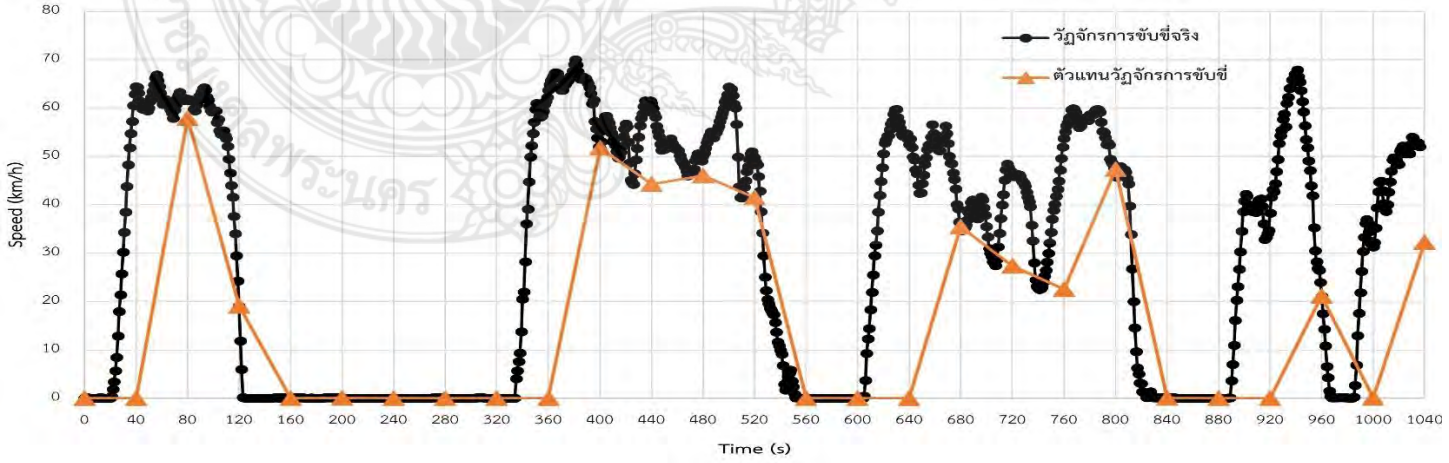
จากตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นได้ว่า 3 เส้นทางการขับขี่ทั้งในช่วงเช้าและช่วงเย็นมีช่วงความเร็วอยู่ที่ 0 – 10 km/h และเลือกใช้รูปแบบของความเร็วต่ำสุดทั้งหมด จึงสามารถบ่งบอกได้ว่าทั้ง 3 เส้นทางการขับขี่ในกรุงเทพมหานครชั้นในที่ถูกเลือกนำมาสำหรับสร้างวัฏจักรการขับขี่มีสภาพการจราจรหนาแน่นเป็นอย่างมาก ซึ่งไม่ได้สามารถใช้ความเร็วในการขับขี่ได้ทั้งในช่วงเช้าและช่วงเย็น



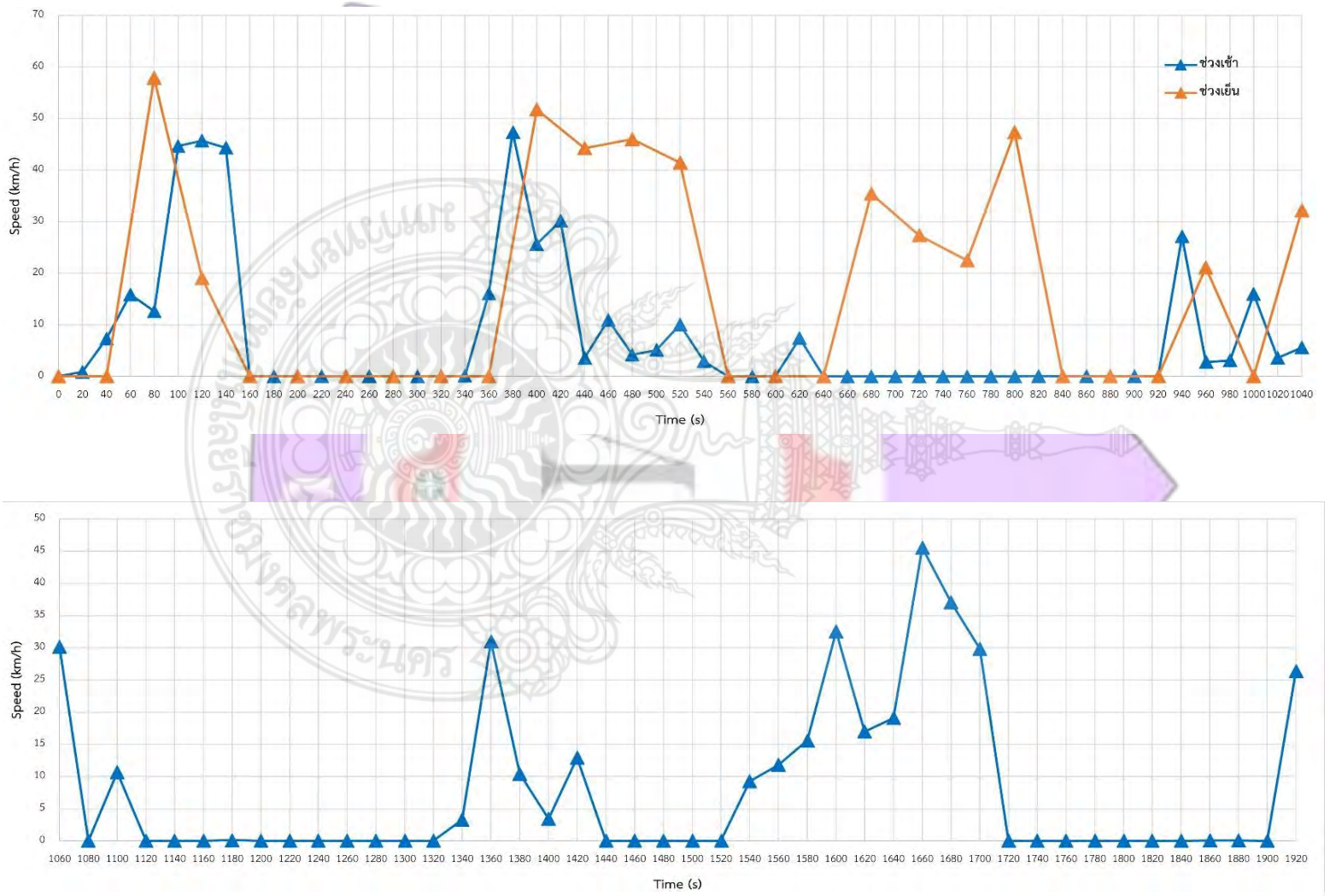
รูปที่ 4.4 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเช้า



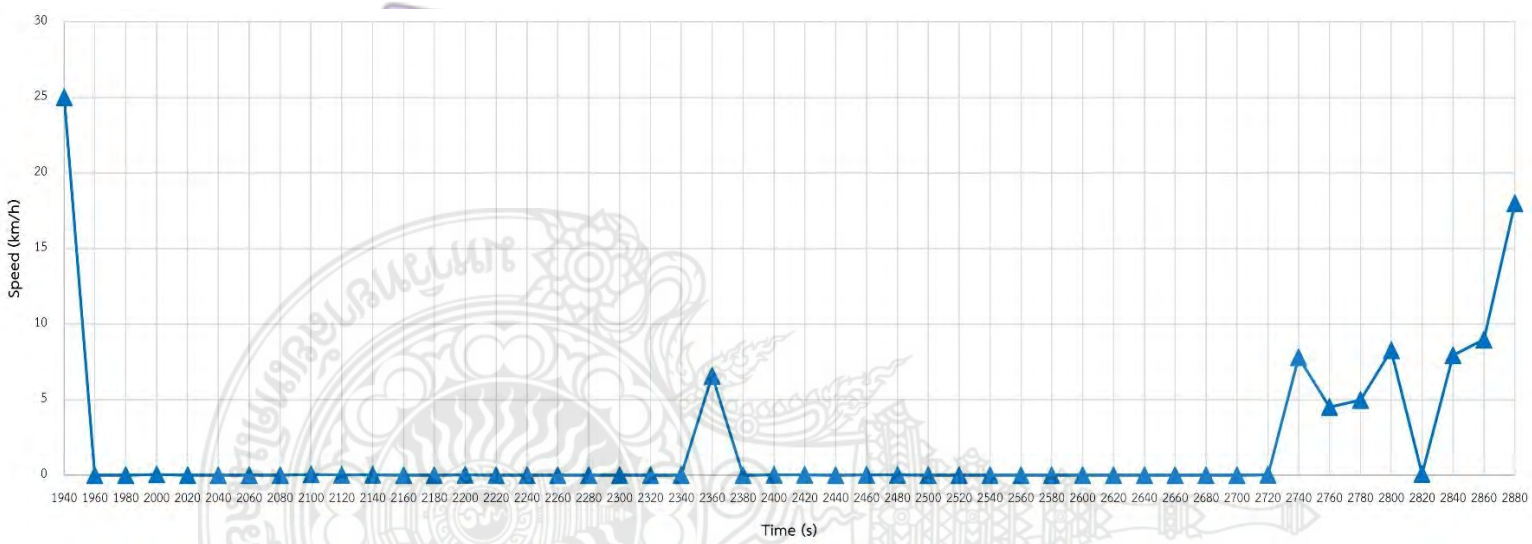
รูปที่ 4.4 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเช้า (ต่อ)



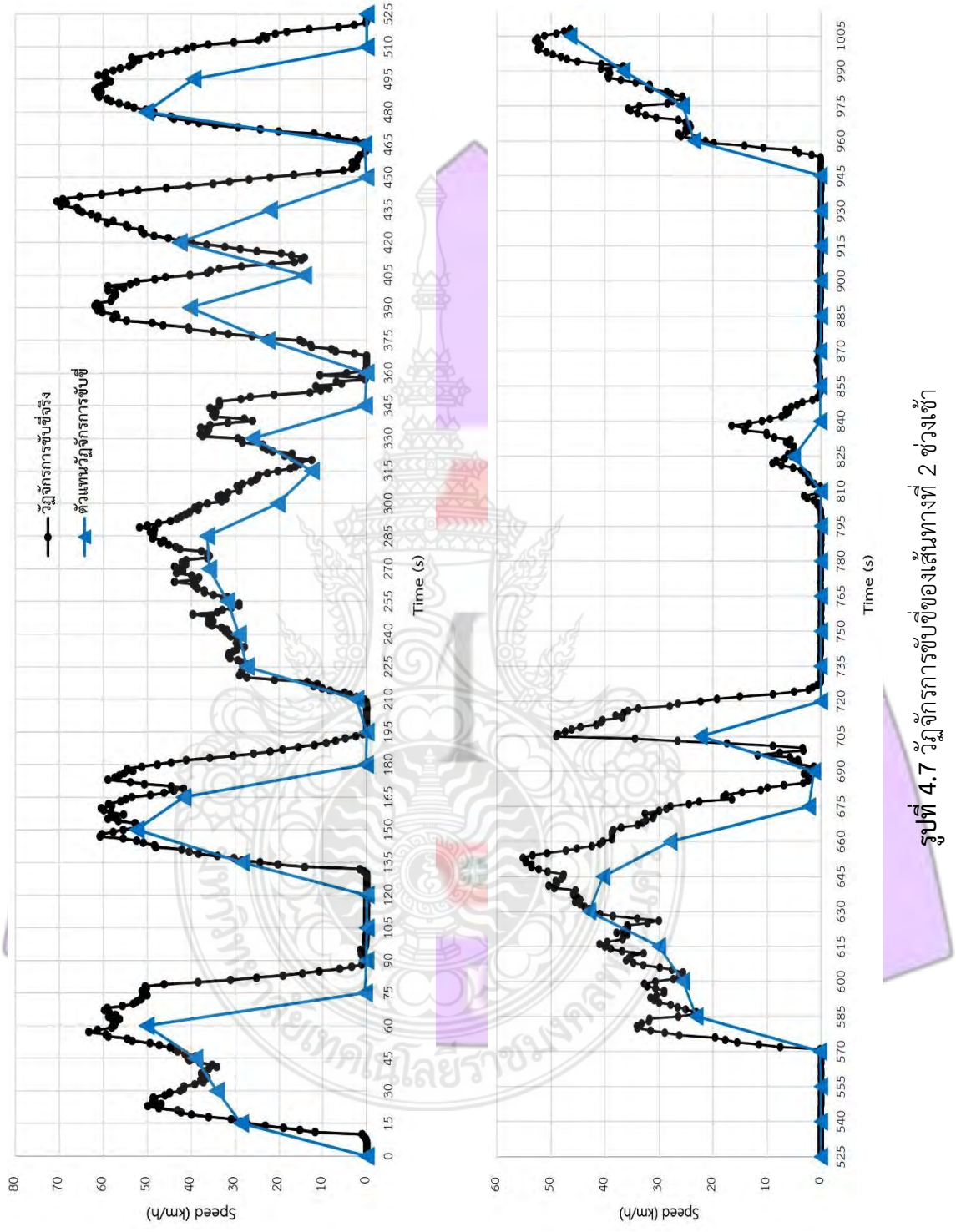
รูปที่ 4.5 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเย็น



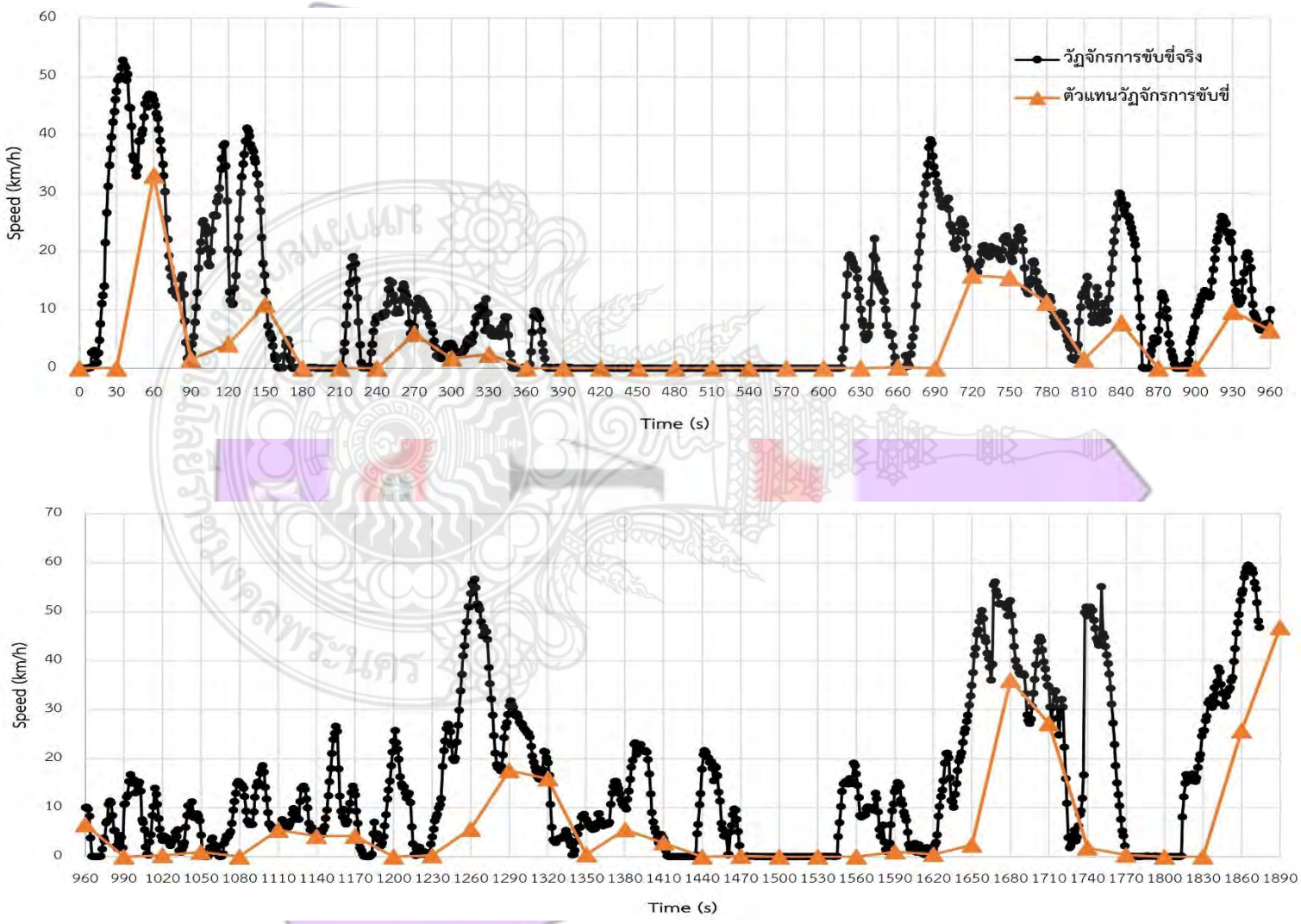
รูปที่ 4.6 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเช้า - ช่วงเย็น



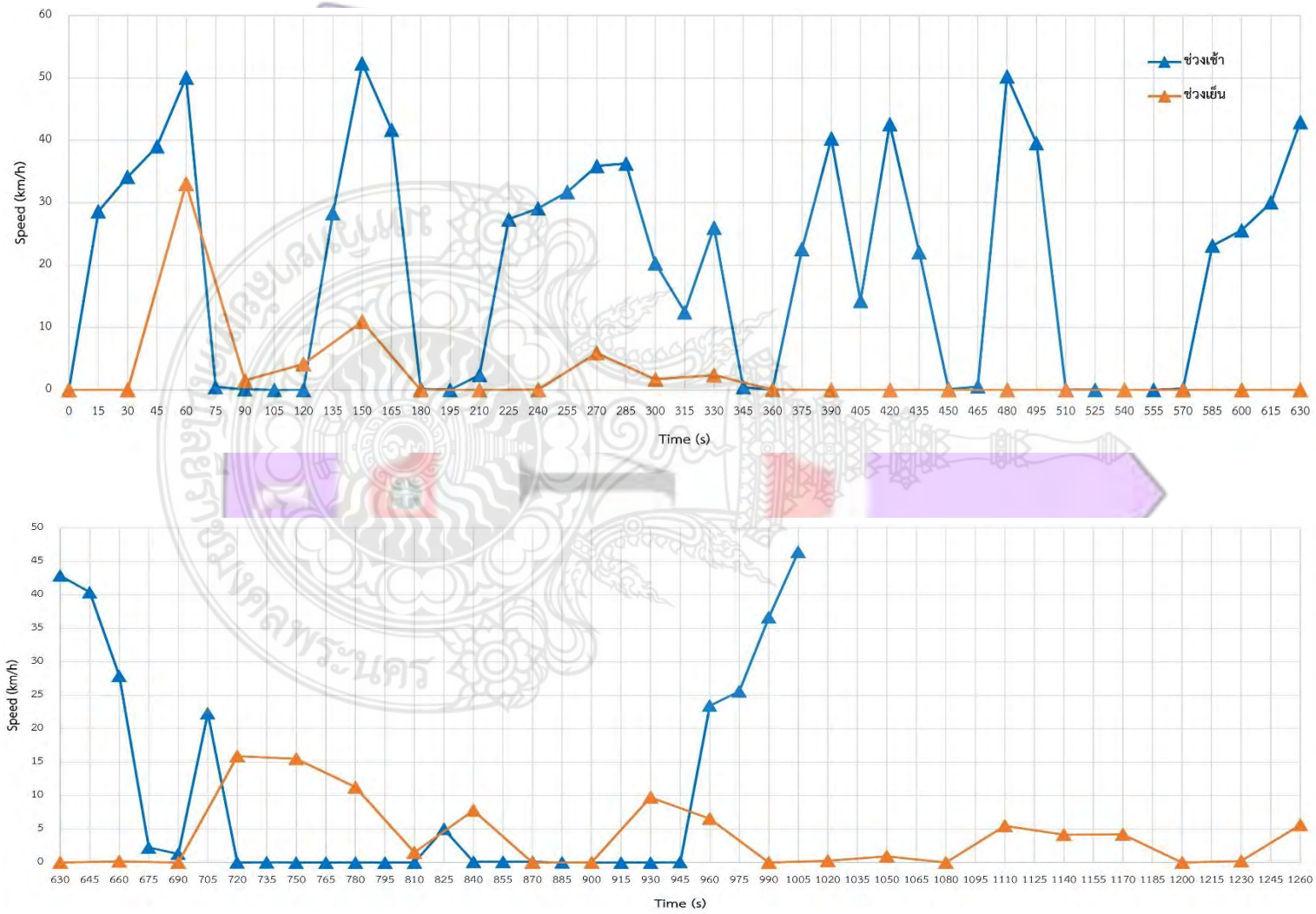
รูปที่ 4.6 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเช้า – ช่วงเย็น (ต่อ)



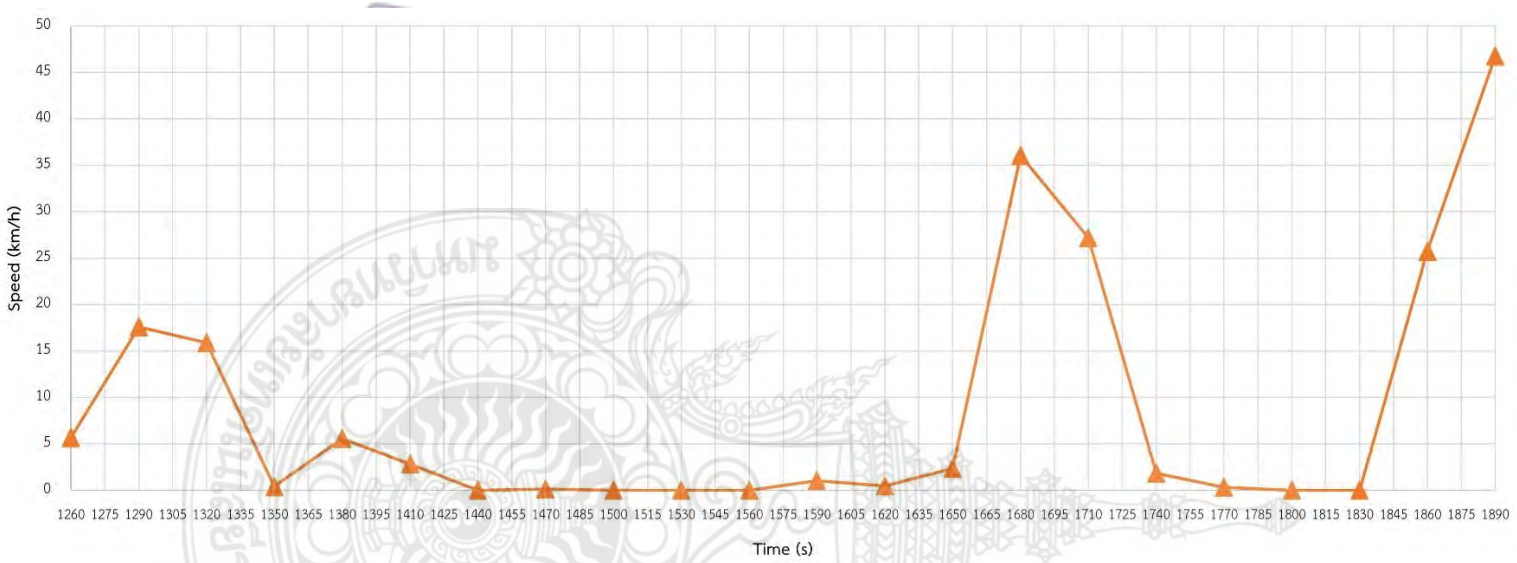
รูปที่ 4.7 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 2 ช่วงเช้า



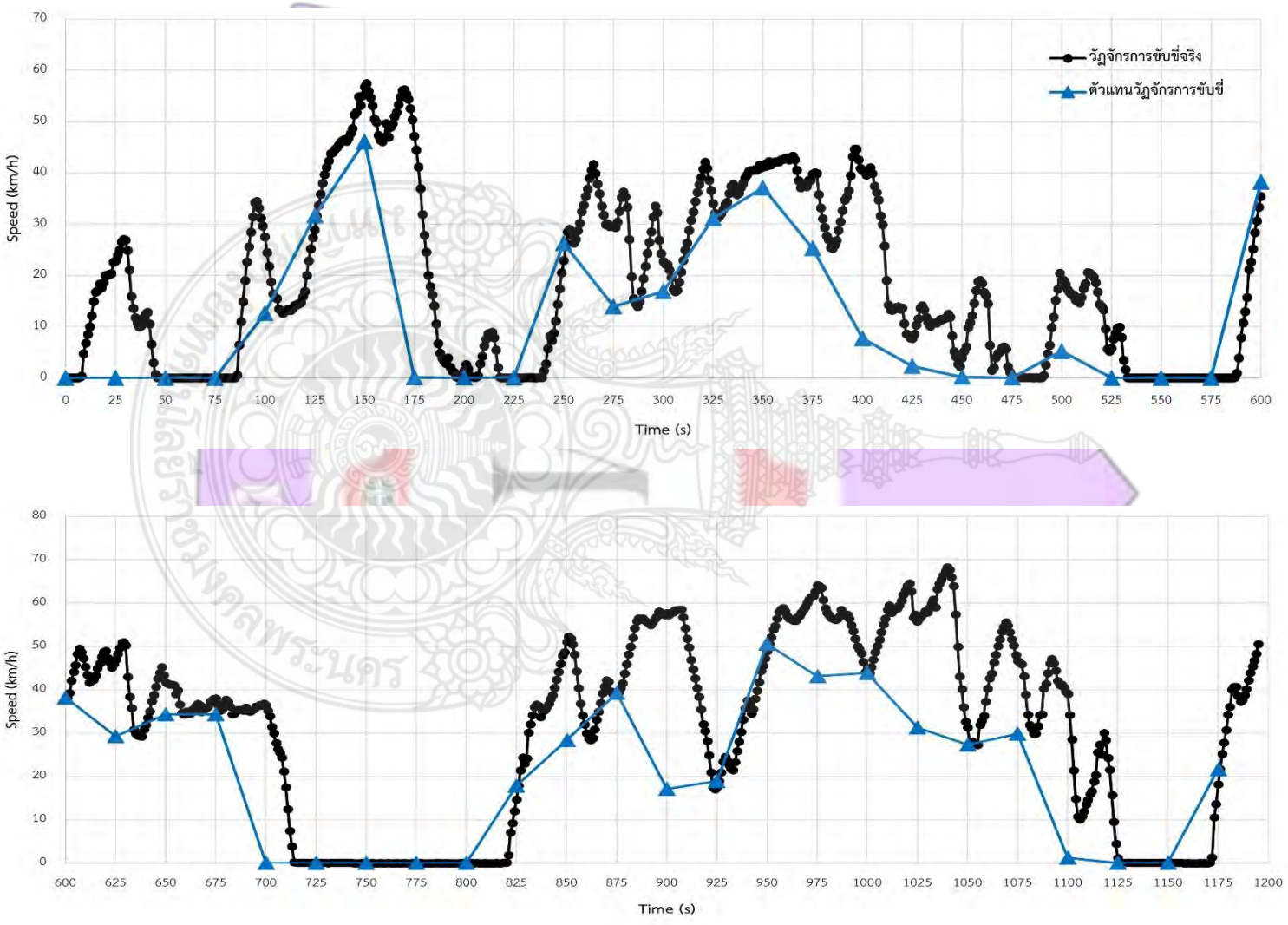
รูปที่ 4.8 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 2 ช่วงเย็น



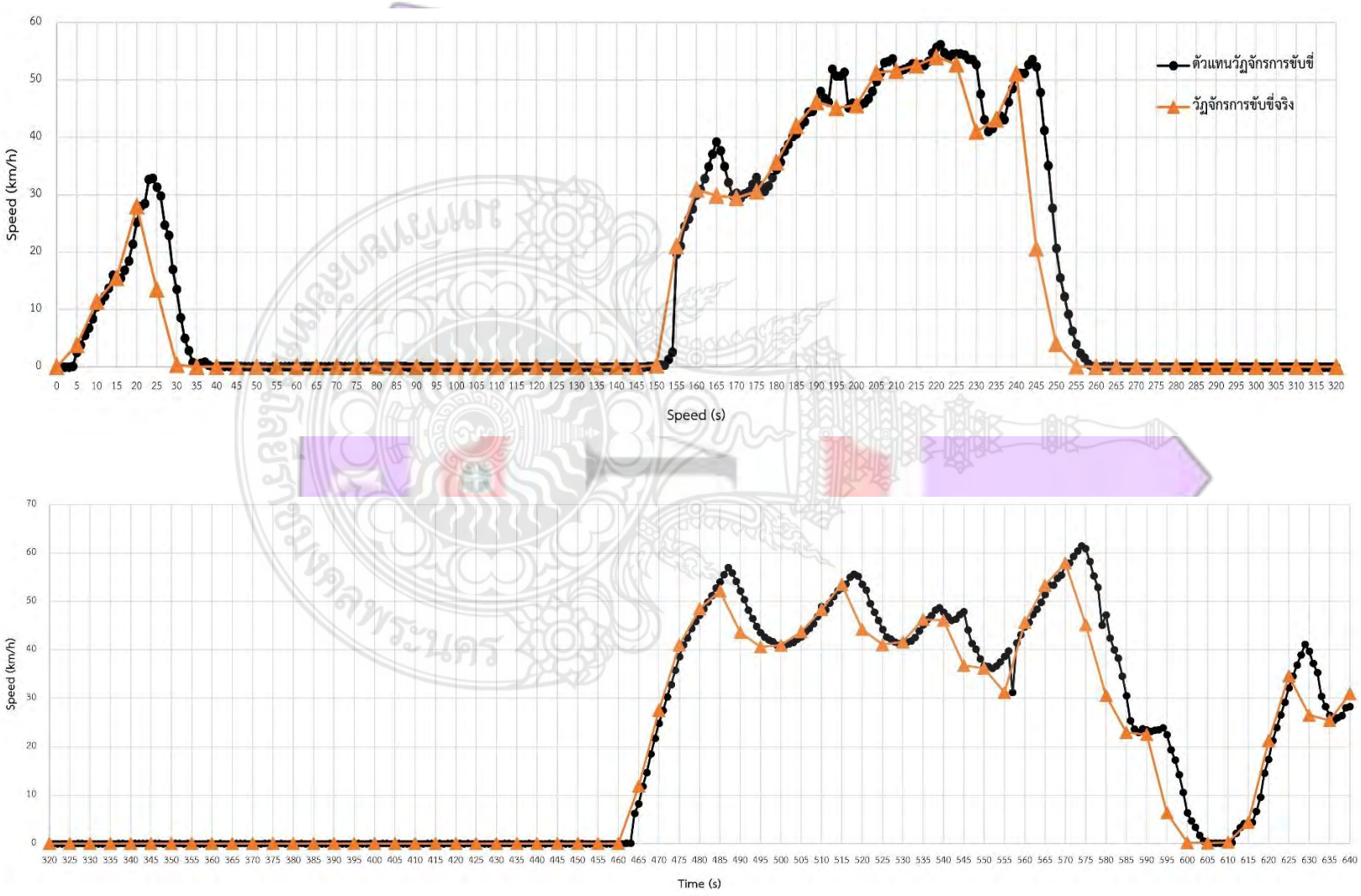
รูปที่ 4.9 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 2 ช่วงเช้า - ช่วงเย็น



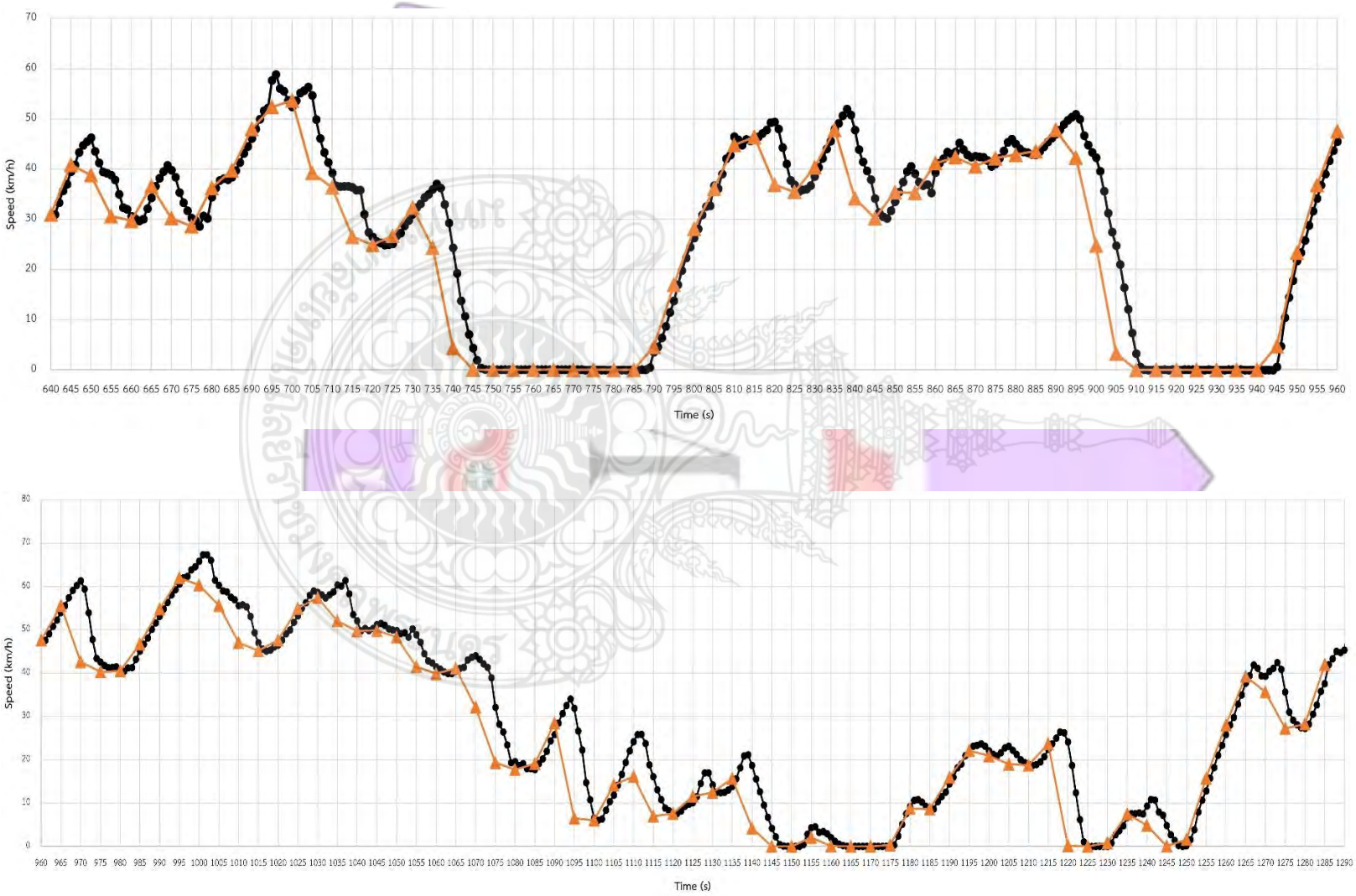
รูปที่ 4.9 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 2 ช่วงเช้า – ช่วงเย็น (ต่อ)



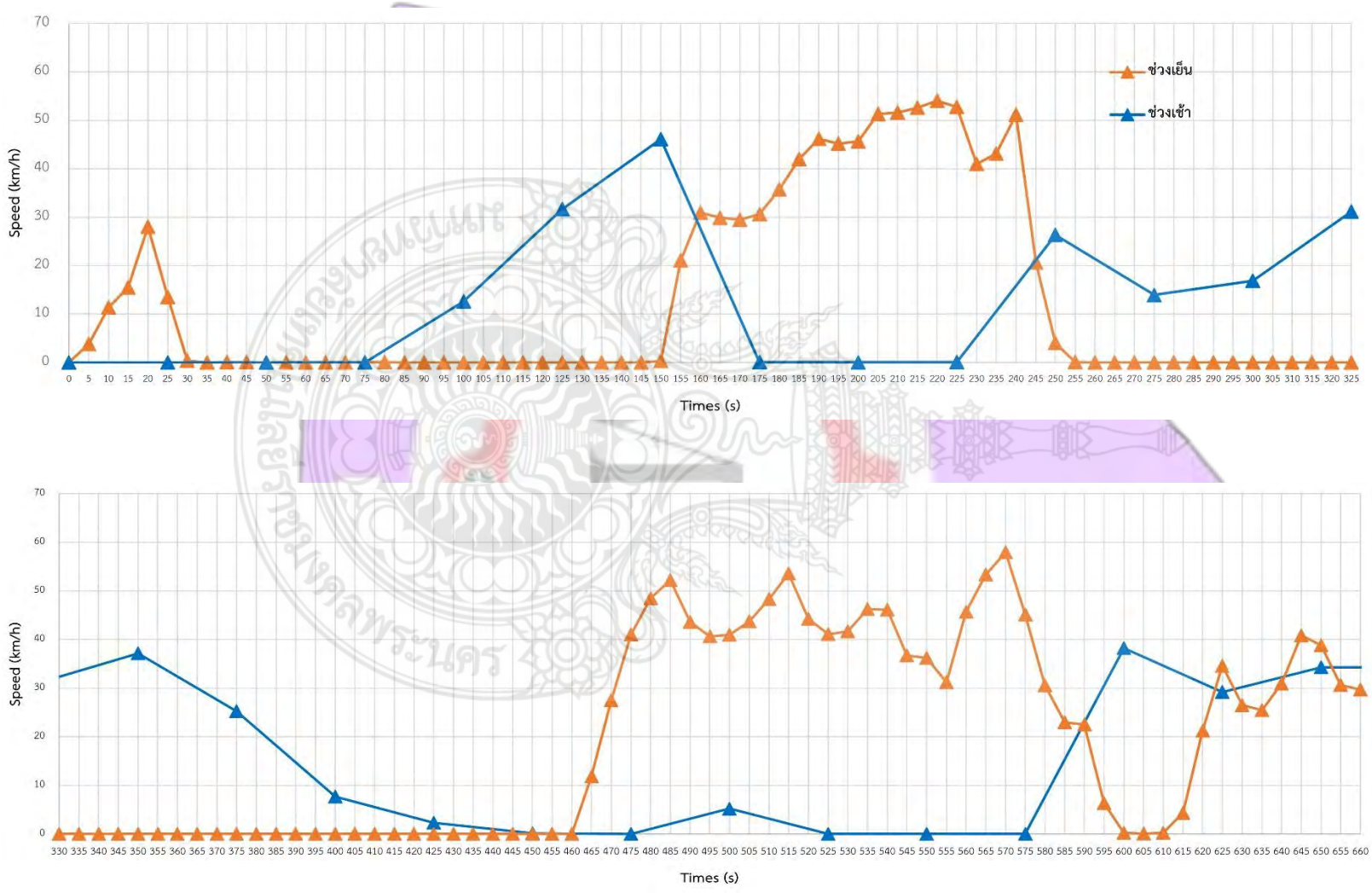
รูปที่ 4.10 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเช้า



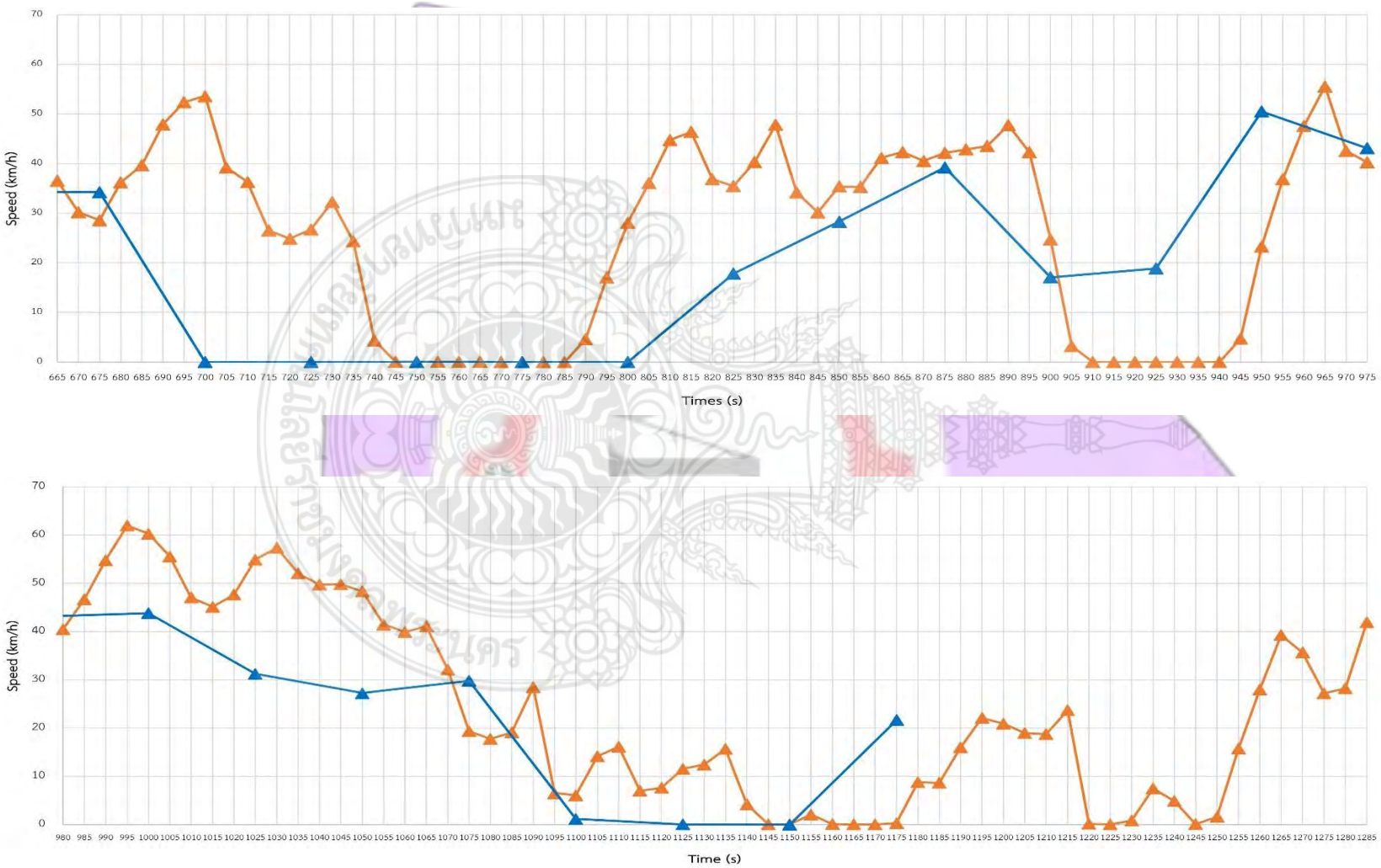
รูปที่ 4.11 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเย็น



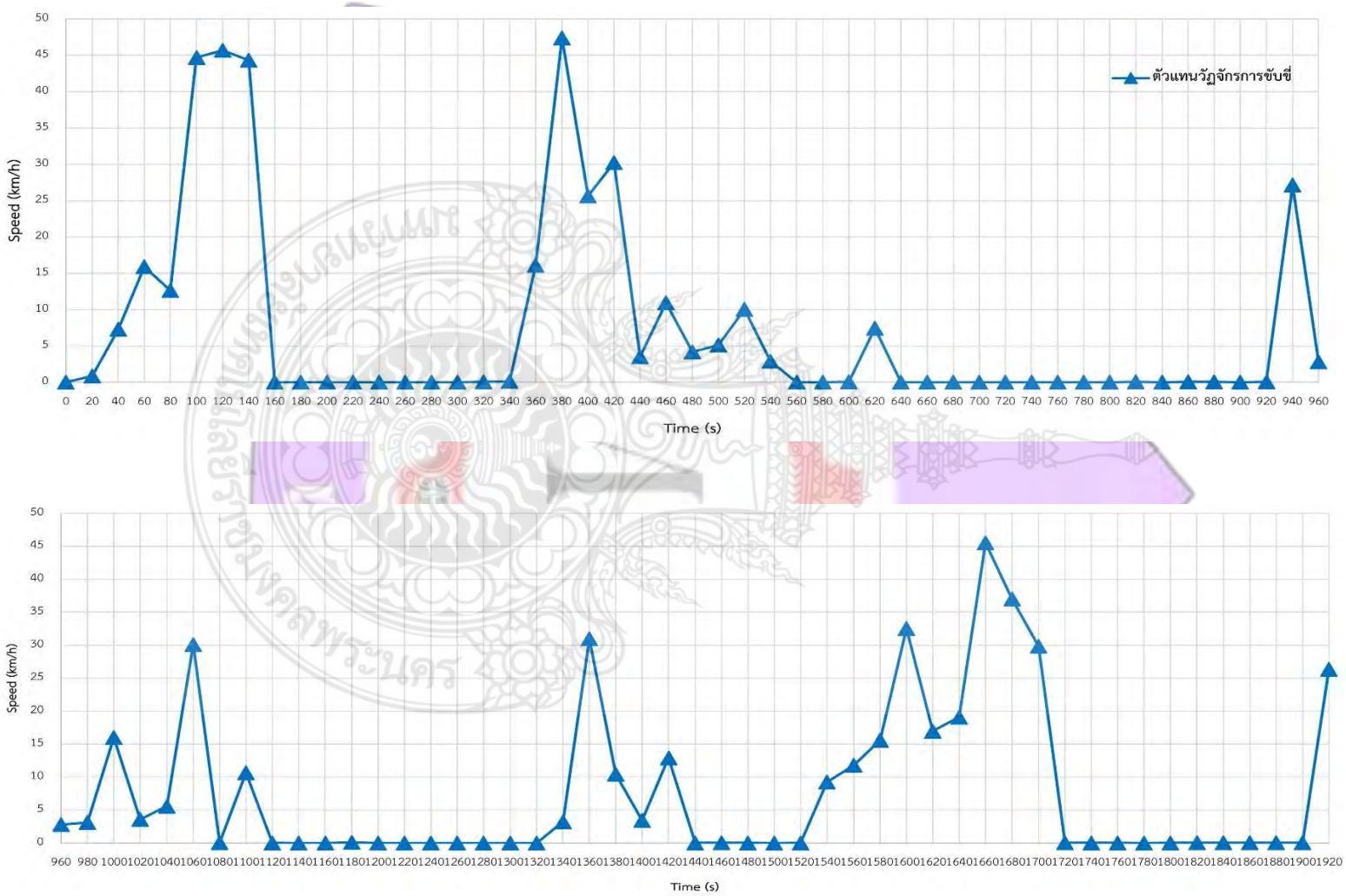
รูปที่ 4.11 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเย็น (ต่อ)



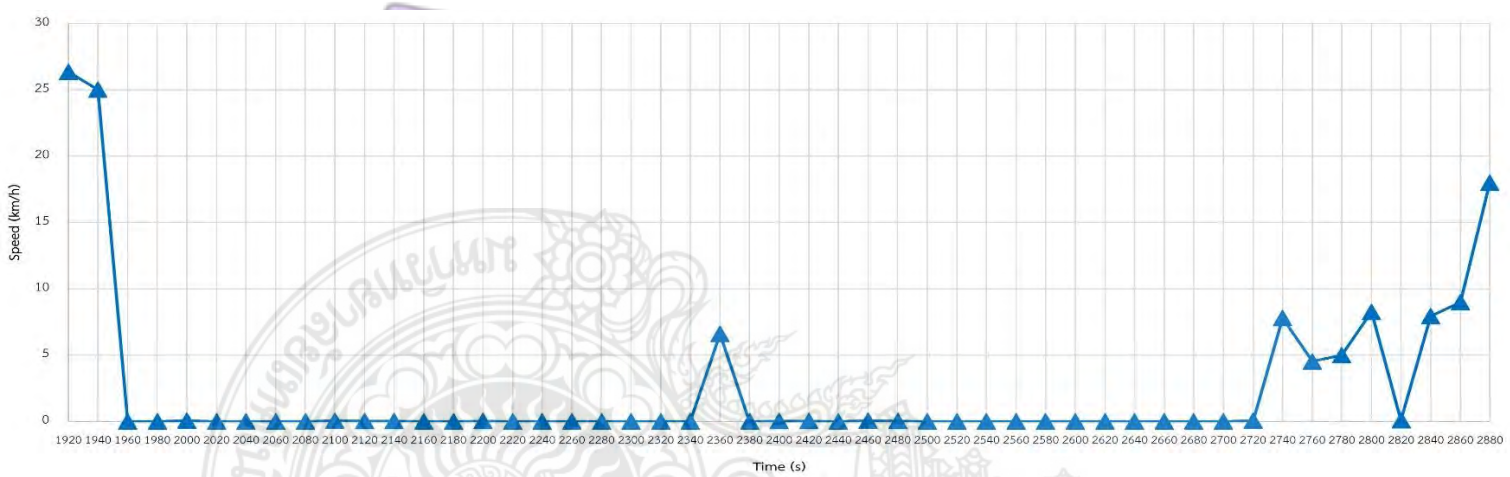
รูปที่ 4.12 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเช้า – ช่วงเย็น



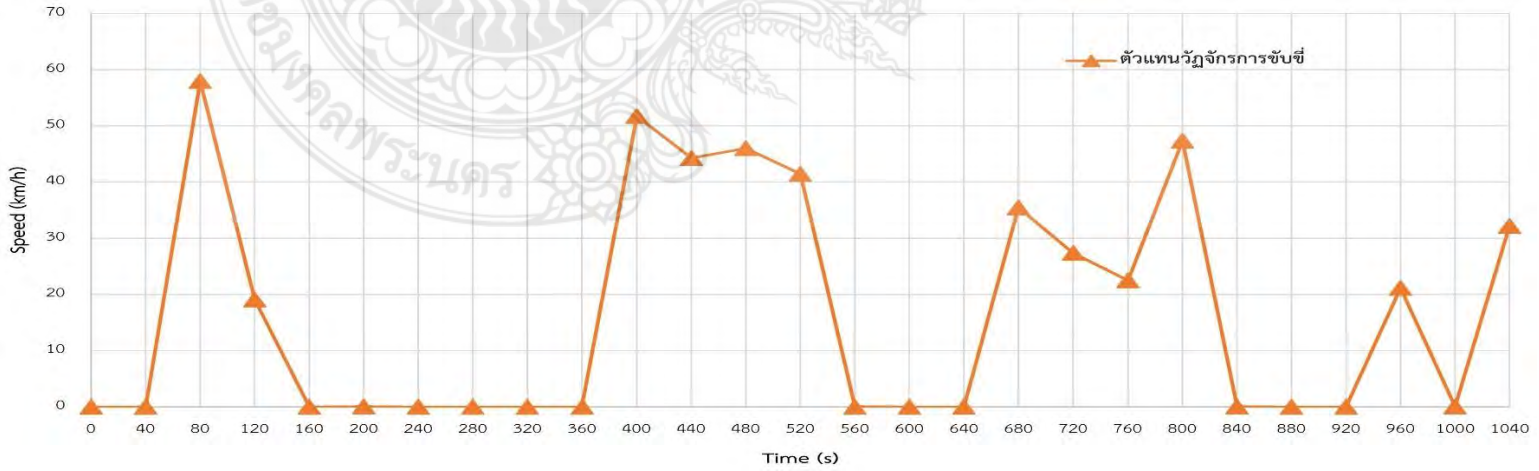
รูปที่ 4.12 วัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเช้า – ช่วงเย็น (ต่อ)



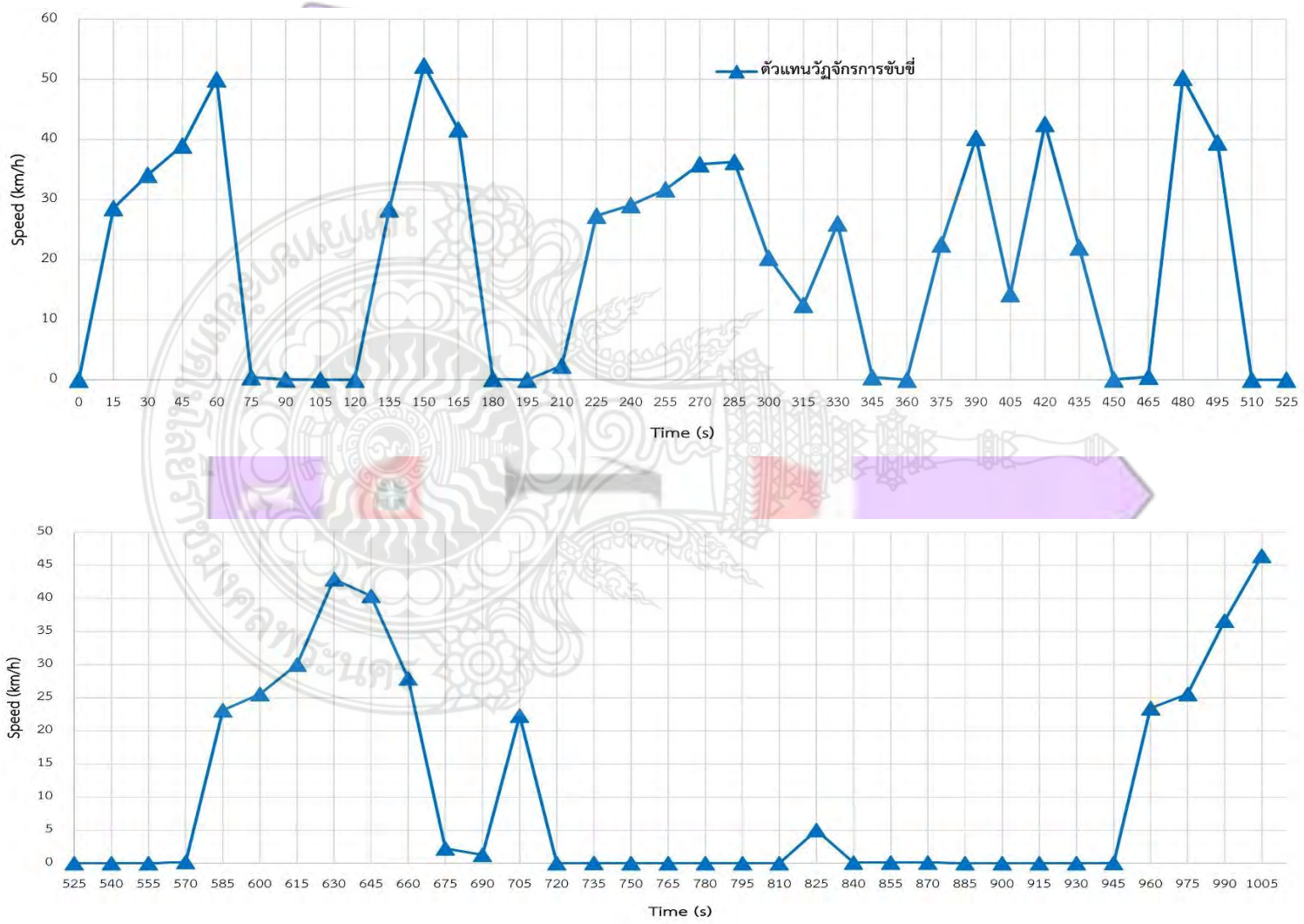
รูปที่ 4.13 ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเช้า



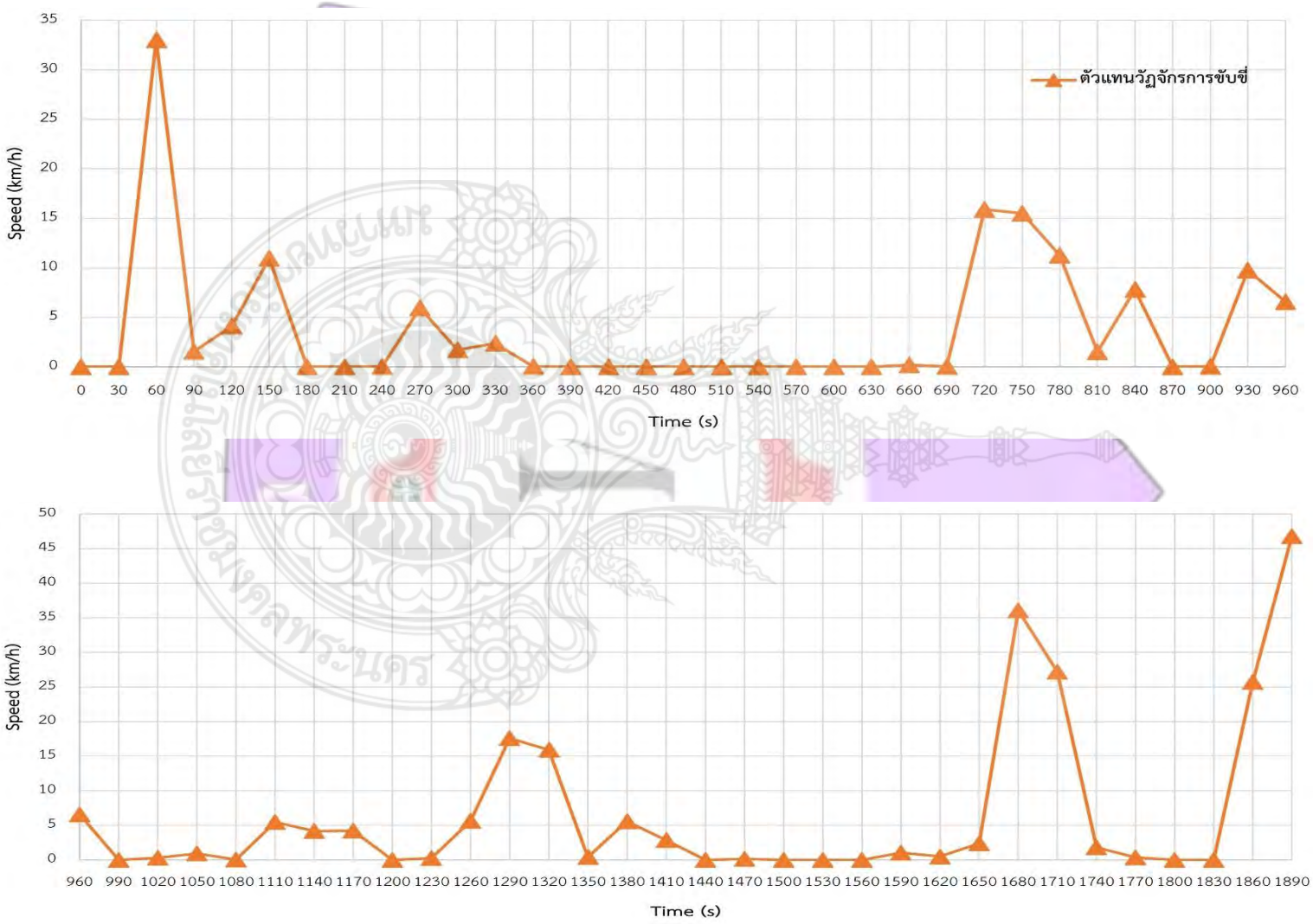
รูปที่ 4.13 ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเช้า (ต่อ)



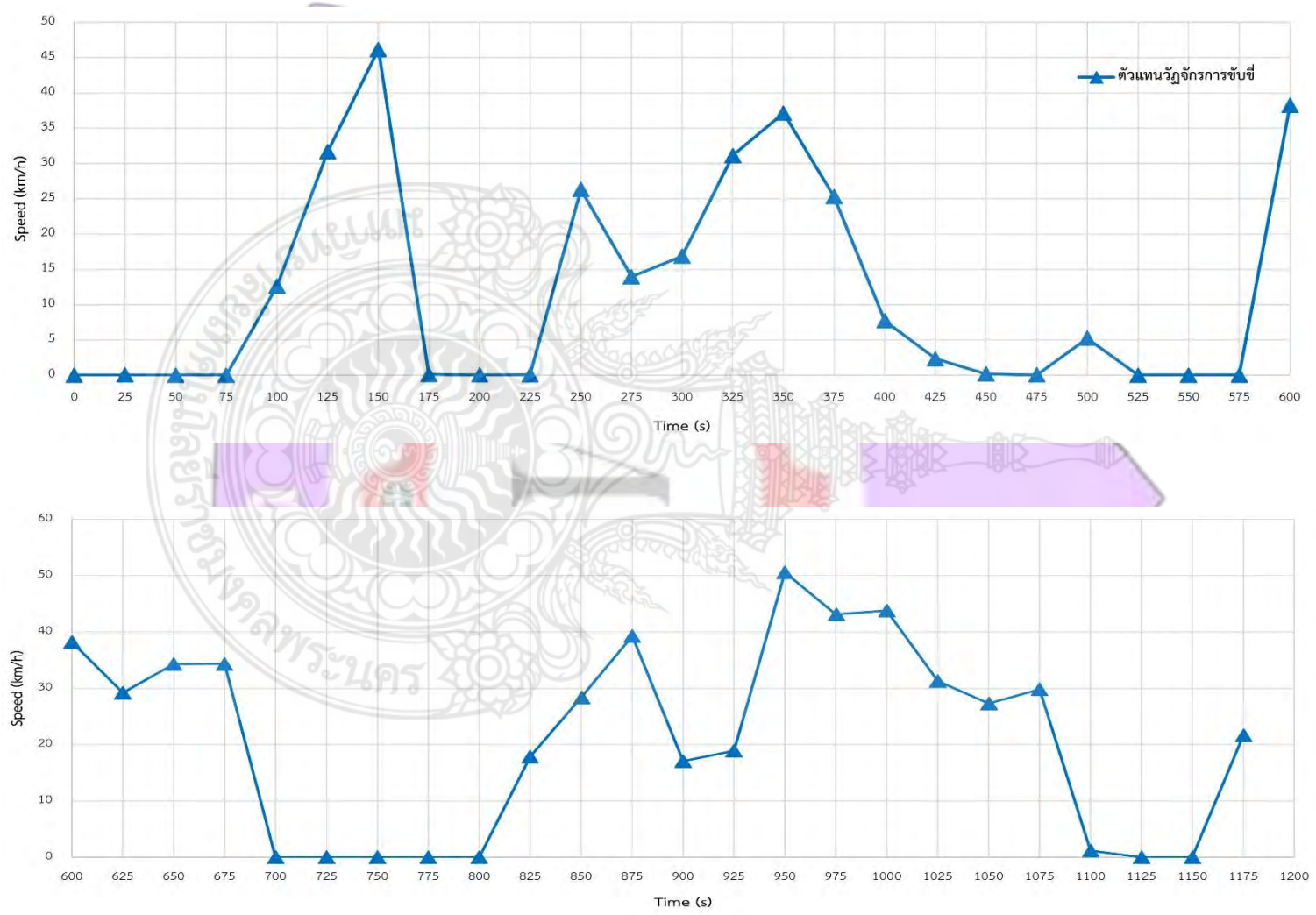
รูปที่ 4.14 ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 1 ช่วงเย็น



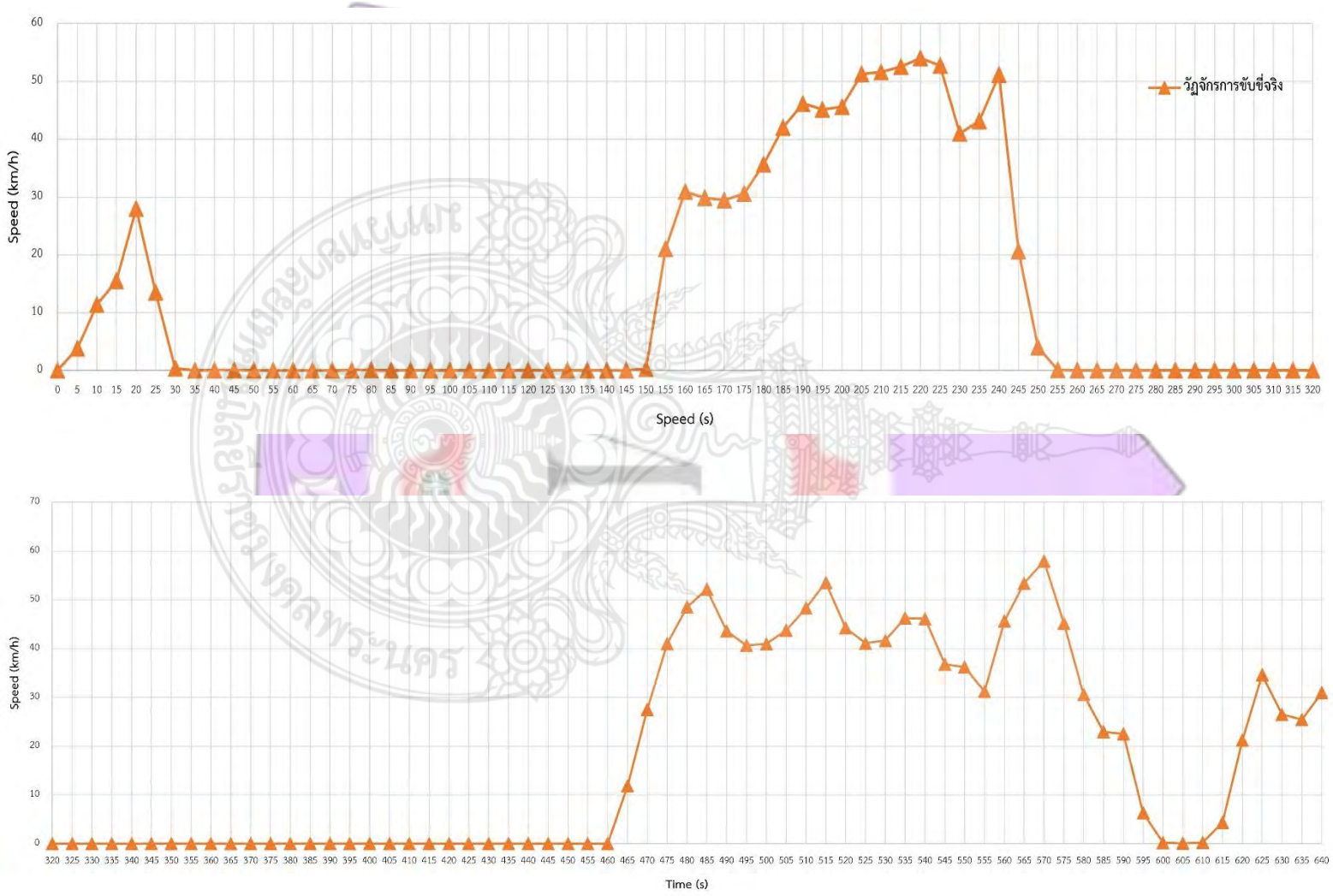
รูปที่ 4.15 ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 2 ช่วงเช้า



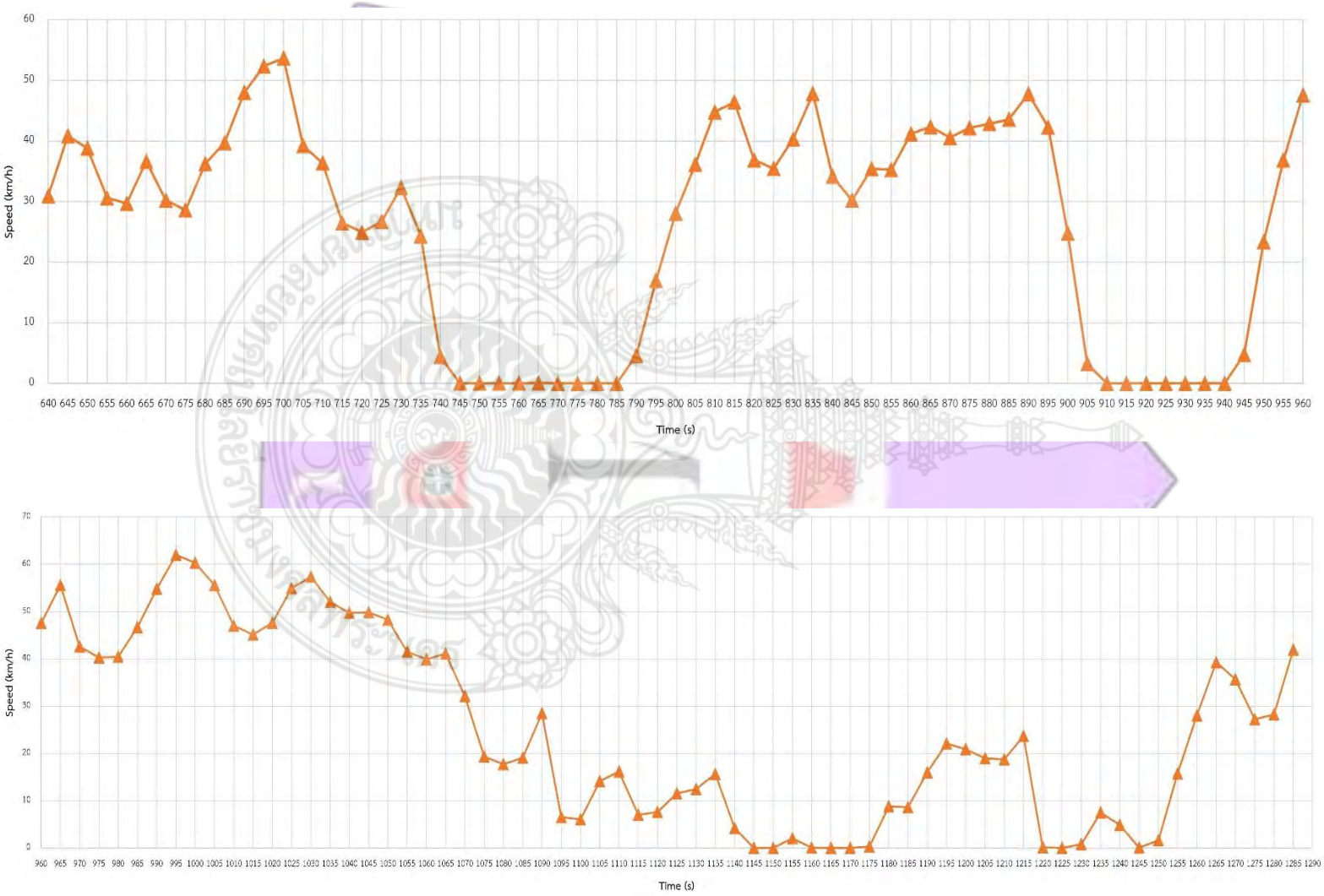
รูปที่ 4.16 ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 2 ช่วงเย็น



รูปที่ 4.17 ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเช้า



รูปที่ 4.18 ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเย็น



รูปที่ 4.18 ตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางที่ 3 ช่วงเย็น (ต่อ)

4.6 รูปแบบการเคลื่อนที่ของวัฏจักรการขับขี่

นำข้อมูลของการขับขี่ที่ถูกเลือกเป็นตัวแทนของวัฏจักรการขับขี่แสดงดังตารางที่ 4.11 ซึ่งจะแสดงพฤติกรรมการขับขี่ที่เป็นตัวแทนจะมีความคล้ายกับพฤติกรรมการขับขี่จริงมากที่สุด ดังรูปที่ 4.4 ถึง 4.6 โดยแสดงพฤติกรรมการขับขี่ออกมาในรูปแบบ ความเร่ง ความหน่วง ความเร็วคงที่ และการหยุดนิ่ง ซึ่งพฤติกรรมการขับขี่ทั้ง 4 รูปแบบสามารถบ่งบอกได้ถึงพฤติกรรมการขับขี่ของแต่ละเส้นทางว่ามีสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.11 รูปแบบการเคลื่อนที่ของวัฏจักรการขับขี่ทั้ง 3 เส้นทางการขับขี่

เส้นทางการขับขี่	ช่วงเวลา	ความเร่ง (s)		ความหน่วง (s)		ความเร็วคงที่ (s)		การหยุดนิ่ง (s)	
		เวลา (s)	ร้อยละ (%)	เวลา (s)	ร้อยละ (%)	เวลา (s)	ร้อยละ (%)	เวลา (s)	ร้อยละ (%)
1	เช้า	700	24.3	500	17.4	0	0	1680	58.3
	เย็น	280	26.9	360	34.6	0	0	400	38.5
2	เช้า	360	41.8	330	28.4	0	0	330	29.9
	เย็น	570	30.2	720	38.1	0	0	600	31.7
3	เช้า	400	40.4	400	34.0	0	0	400	25.5
	เย็น	350	35.4	420	30.0	0	0	525	34.6

จากตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ทั้ง 3 เส้นทางแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการขับขี่และสภาพการจราจร เส้นทางที่ 1 (ช่วงเช้า) การหยุดนิ่งใช้เวลามากที่สุดเมื่อเทียบกับทั้ง 2 เส้นทาง ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่ามีสภาพการจราจรหนาแน่นและเจอในช่วงสัญญาณไฟจราจร (ไฟแดง) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเย็นมีการจราจรคล่องตัวและใช้ช่วงเวลาในการขับขี่รวดเร็วกว่า ต่อมาเส้นทางที่ 2 (ช่วงเช้า) สามารถบอกได้ว่ามีการสภาพการจราจรเบาบางกว่าช่วงเย็น เพราะการหยุดนิ่งใช้เวลาน้อย ส่วนของความเร่งก็ใช้เวลาในน้อยเช่นกัน จึงทำให้ช่วงเวลาการขับขี่ในช่วงเช้ามีความรวดเร็วกว่าช่วงเย็น และในส่วนของเส้นทางที่ 3 สภาพการจราจรเบาบางและการเคลื่อนตัวของยานพาหนะคล่องตัวเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 2 เส้นทาง จึงสามารถอธิบายได้ว่าทั้ง 3 เส้นทางนี้ในแต่ละช่วงเวลาดังกล่าวสภาพการจราจรมีความหน่วง (เบรก) และหยุดนิ่งเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแสดงพฤติกรรมการขับขี่ตามรูปที่ 4.7 ถึง 4.9 ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

บทที่ 5

สรุปผลโครงงาน

5.1 สรุปผลการสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่

5.1.1 ผลจากการเก็บข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่พบว่าเส้นทางการขับขี่ทั้ง 3 เส้นทาง มีช่วงความเร็วที่ 0 – 10 km/h เท่ากันทั้งช่วงเวลาเช้า ช่วงเวลาเย็น และมีระยะทางรวมตลอดเส้นทาง 11,400 s 12,100 s ตามลำดับ ส่วนความถี่ของช่วงความเร็วมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องมาจากแต่ละช่วงเวลาของทั้ง 3 เส้นทางมีสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน เพราะฉะนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าทั้ง 3 เส้นทางเก็บข้อมูล มีการหยุดนิ่งและชะลอตัวเป็นส่วนใหญ่และสังเกตได้อย่างชัดเจนว่าเส้นทางนั้นมีสภาพการจราจรหนาแน่นเป็นอย่างมาก คือ เส้นทางการขับขี่ที่ 1 ช่วงเวลาเช้า ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 10.65 km/h มีเวลารวมของความเร็วเฉลี่ยที่ 3,853.28 s เส้นทางการขับขี่ที่ 2 ช่วงเวลาเย็น ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 13.28 km/h เวลารวมของความเร็วเฉลี่ยที่ 3,278.14 s และเส้นทางที่การขับขี่ที่ 3 ช่วงเวลาเย็น ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 25.47 km/h เวลารวมของความเร็วเฉลี่ยที่ 1,709 s

5.1.2 ผลการสร้างวัฏจักรการขับขี่ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา จึงพบว่ารูปแบบของกราฟที่ได้จากการสร้างวัฏจักรการขับขี่ของเส้นทางการขับขี่ 3 เส้นทางทั้งช่วงเช้าและเย็น สรุปได้ว่าช่วงเวลาเช้าของทั้ง 3 เส้นทาง มีค่าความถี่ของช่วงความเร็วร้อยละ 79.9 64.7 และ 54.2 ตามลำดับ ช่วงของเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กันมีดังนี้ 20 15 และ 25 วินาที ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าดังนี้ 2.28 0.70 และ 0.63 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์มีค่าดังนี้ 0.03 0.11 และ 0.11 ตามลำดับ ในส่วนของช่วงเวลาเย็นของทั้ง 3 เส้นทาง มีค่าความถี่ของช่วงความเร็วร้อยละ 53.8 82.5 และ 62.2 ตามลำดับ ช่วงของเวลาที่แบ่งเท่า ๆ กัน มีดังนี้ 40 30 และ 5 วินาที ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าดังนี้ 0.01 2.41 และ 1.66 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์มีค่าดังนี้ 0.23 0.06 และ 0.02 ตามลำดับ จากรูปแบบการเคลื่อนที่ของวัฏจักรการขับขี่เส้นทางที่ 1 (ช่วงเช้า) การหยุดนิ่งใช้เวลามากที่สุด เมื่อเทียบกับทั้ง 2 เส้นทาง ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่ามีสภาพการจราจรหนาแน่นเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเย็นมีการจราจรคล่องตัวและใช้ช่วงเวลาในการขับขี่รวดเร็วกว่า ต่อมาเส้นทางที่ 2 (ช่วงเช้า) สามารถบอกได้ว่ามีการสภาพการจราจรเบาบางกว่าช่วงเย็น เพราะการหยุดนิ่งใช้เวลาน้อย ส่วนของความเร่งก็ใช้เวลาในน้อยเช่นกัน จึงทำให้ช่วงเวลาการขับขี่ในช่วงเช้ามีความรวดเร็วกว่าช่วงเย็นและในส่วนของเส้นทางที่ 3 สภาพการจราจรเบาบางกว่าเส้นทางที่ 1 และ 2

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ในการเก็บข้อมูลมีอุปสรรค คือ เมื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลเข้ากับช่องจ่ายไฟฟ้าของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลมีผลทำให้อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลดับระหว่างทาง เพราะ การผลิตกระแสไฟฟ้าของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลผลิตตามรอบเครื่องยนต์ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่เสถียร จึงต้องมีอุปกรณ์สำรองไฟและเชื่อมต่อแทนช่องจ่ายไฟฟ้าของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ส่วนของอุปกรณ์แสดงพิกัดตำแหน่งดาวเทียมเมื่ออยู่ในพื้นที่อับสัญญาณ หรือ พื้นที่คับแคบส่งผลให้ข้อมูลผิดพลาดจึงต้องดำเนินการเก็บข้อมูลซ้ำในเส้นทางเดิม

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรสำรวจเส้นทางทั้งหมดที่กำหนดไว้ ก่อนดำเนินการจัดเก็บข้อมูลเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ทำการตั้งไว้

5.3.2 การศึกษาวัฏจักรการขับขี่ในช่วงสถานการณ์โควิค-19 สามารถนำไปต่อยอดได้โดยการศึกษาวัฏจักรการขับขี่ภายใต้สถานการณ์โควิค-19 ในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 สามารถนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างกันได้จะทำให้เข้าใจพฤติกรรมการขับขี่มากขึ้น

5.3.3 สามารถสร้างวัฏจักรการขับขี่ในช่วงเวลา และในสถานการณ์อื่นได้นอกเหนือจากช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อนำรูปแบบพฤติกรรมการขับขี่มาเปรียบเทียบความแตกต่างกับวัฏจักรการขับขี่ภายใต้สถานการณ์โควิค-19

บรรณานุกรม

[1] กรุงเทพธุรกิจ, 2562, **เปิด 5 อันดับถนน “รถติดที่สุด” ในกรุงเทพมหานคร** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/846327. [09/08/2563]

[2] สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553, **จำนวนประชากรและบ้าน จำแนกเป็นรายอำเภอและรายตำบล กรุงเทพมหานคร** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/01.aspx. [09/08/2563]

[3] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจรกลุ่มพัฒนาความปลอดภัย สำนักแผนความปลอดภัย, 2562, **สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนน,รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2561**, กรุงเทพฯ.

[4] กรุงเทพธุรกิจ, 2563, **New Normal คืออะไร? เมื่อโควิด-19 ผลักเราสู่ชีวิตปกติวิถีใหม่** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/882508. [09/08/2563]

[5] สำนักงานเครือข่ายลดอุบัติเหตุ, 2563, **รายงานสถิติการเกิดอุบัติเหตุจราจร เทศกาลปีใหม่ - สงกรานต์** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.accident.or.th/index.php/2017-12-04-07-32-28/229-2563. [09/08/2563]

[6] World Health Organization,2563,**งานวิจัยค้างคาวและความพร้อมของห้องปฏิบัติการหนุนเสริมการรับมือกับไวรัสของไทย** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.who.int/thailand/news/feature-stories/detail/bat-research-and-lab-readiness-boost-thai-s-campaign-against-the-novel-coronavirus-TH. [12/09/2563]

[7] Romain Nicolas, 2562, **The different driving cycles** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.car engineer.com/the-different-driving-cycles. [31/08/2563]

[8] D. Ilmars and P. Vilnis, 2009, **Development of driving cycles for dynamometer control software coresponding to peculilarities of Latvia**, in Proceedings of the 15th International Scientific Conference, Jelgava, Latvia.

[9] Mr. Songwut Mongkonlerdmanee, 2019, **Development of Brake Test Protocol for Double Deck Bus under the Road Conditions in Thailand**, DOCTORAL DISSERTATION, Automotive Safety and Assessment Engineering, MECHANICAL ENGINEERING THE SIRINDHORN INTERNATIONAL THAI-GERMAN GRADUATESCHOOL OF ENGINEERING, KING MONGKUT’S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK.

บรรณนุกรม (ต่อ)

[10] T. Sukanya, C. Surachart and A. Surat, 2006, **Development of Automobile Bangkok Driving Cycle for Emissions and Fuel Consumption Assessment**, in The 2nd Joint International Conference on (Sustainable Energy and Environment, SEE 2006) Thailand.

[11] E. Tzirakis, K. Pitsas, F. Zannikos and S. Stournas, 2006, **Vehicle emissions and driving cycle: comparison of the Athens Driving Cycle (ADC) with ECE-15 and European Driving Cycle (EDC)**, Global NEST Journal, vol. 8, no. 3, pp. 282-290.

[12] H. Tong, W. Hung and C. Cheung, **Development of a driving cycle for Hong Kong**, Atmospheric Environment, vol. 33, no. 15, pp. 232-233, 1999.

[13] W. Hung, H. Tong, C. Lee and L. Pao, **Development of a practical driving cycle construction methodology: A case study in Hong Kong**, Transportation Research Part D: Transportation and Environment, vol. 12, no. 2, pp. 115-128.

[14] H. Sze, D. Yiik and W. Victor, **Developing Singapore Driving Cycle for passenger cars to estimate fuel consumption and vehicular emissions**, Atmospheric Environment, vol. 97, pp. 353-362, 2014.

[15] Ministry of land, 2004, **Study to promote CDM project in transport sector in order to resolve global environment problem (Bangkok metropolitan area case)**, Japanese Transport Cooperation Association, Thailand.

[16] S. Tamasanya, S. Chungpibulpatana and B. Limmeechokchai,2009, **Development of a driving cycle for the measurement of fuel consumption and exhaust emission of automobiles in Bangkok during peak periods**, vol. 1, no. 10, pp. 251-264.

[17] Sciencedirect, 2021, **A representative urban driving cycle for passenger vehicles to estimate fuel consumption and emission rates under real-world driving conditions** [อ อ น ไ ล น์], แ ห ล่ ง ที่ ม า : https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095521000407?fbclid=IwAR0A1Q_qDQ3dRC_6k__CFm3n0SdXfvRVl d0SW6u1ENJ9RZt408er7vXwUW8. [06/07/2564]

บรรณานุกรม (ต่อ)

[18] Sciencedirect, 2019, **Development and emissions performance analysis of local driving cycle for small-sized passenger cars in Nanjing China** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii. [06/072564]

[19] Sciencedirect, 2019, **Driving Cycle Construction for Electric Vehicles Based on Markov Chain and Monte Carlo Method: A Case Study in Beijing** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S18766102193040. [06/07/2564]

[20] A. Saeed, S. Ali and Y. Teh, 2015, **Time-series clustering – A decade review**, Information Systems, vol. 53, pp. 16-38.

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล นายณภัทร ประดับญาติ
ที่อยู่ 23 มอเตอร์เวย์9 เขต สะพานสูง แขวง สะพานสูง
กรุงเทพมหานคร 10250
โทรศัพท์ 084-702-7378
E-mail address napat-pra@rmutp.ac.th

ประวัติการศึกษา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ช่างยนต์
โรงเรียนจิตรลดา (สายวิชาชีพ) ปีการศึกษา 2559

ปริญญาตรี วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)
มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีการศึกษา 2564

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล นายธนกร ดาวเรือง
ที่อยู่ 102 หมู่ 2 ตำบลดอนเจดีย์ อำเภอดอนเจดีย์
จังหวัดสุพรรณบุรี 72170
โทรศัพท์ 098-579-3671
E-mail address thanakorn-do@rmutp.ac.th

ประวัติการศึกษา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ช่างกลโรงงาน
วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี ปีการศึกษา 2560

ปริญญาตรี วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)
มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีการศึกษา 2564

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล นายธนเลิศ พรรณหาญ
ที่อยู่ 1 ซ.สะแกงาม 13 แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน
กรุงเทพมหานคร 10150
โทรศัพท์ 099-506-2436
E-mail address thanalert-p@rmutp.ac.th

ประวัติการศึกษา

มัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์
โรงเรียนทวีธาภิเศก บางขุนเทียน ปีการศึกษา 2560

ปริญญาตรี วศ.บ (วิศวกรรมเครื่องกล)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีการศึกษา 2564