การประเมินการปล่อยสารมลพิษอากาศของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาด้วยวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะที่จำเพาะกับพื้นที่

นางสาวนพภัสสร ม่วงนาค

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชามลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2560

ESTIMATING VEHICLE EMISSION IN NAKORN RATCHASIMA MUNICIPALITY WITH LOCALLY DEVELOPED DRIVING CYCLES

Noppatsorn Muangnak

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Pollution and Safety

Suranaree University of Technology

Academic Year 2017

การประเมินการปล่อยสารมลพิษอากาศของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมาด้วยวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะที่จำเพาะกับพื้นที่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ดร. ณัฐชนก พาละเอ็น)
ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. นเรศ เชื้อสุวรรณ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดจิต ครุจิต)
กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. สันติ แม้นศิริ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(อาจารย์ ดร. ชลาลัย หาญเจนลักษณ์)
คณบดีสำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นพภัสสร ม่วงนาค : การประเมินการปล่อยสารมลพิษอากาศของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาด้วยวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะที่จำเพาะกับพื้นที่ (ESTIMATING VEHICLE EMISSION IN NAKORN RATCHASIMA MUNICIPALITY WITH LOCALLY DEVELOPED DRIVING CYCLES) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. นเรศ เชื้อสุวรรณ, 309 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะบนถนนสายหลักและทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาด้วยวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะที่จำเพาะกับพื้นที่ แอพพลิเคชัน SafeMate บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้เก็บข้อมูลความเร็วรถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปและรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานและวันหยุด ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติและพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของยานพาหนะแต่ละประเภทบนถนนที่ศึกษา จากนั้นประมาณค่าปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะ โดยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษและแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 ภายใต้ข้อมูลการขับขี่ที่จำเพาะกับพื้นที่

ผลการศึกษาพบว่า วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะบนถนนสายหลักและทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีลักษณะต่างกัน การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปใช้ความเร็วเฉลี่ยในช่วงประมาณ 10-70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่รถจักรยานยนต์ใช้ความเร็วเฉลี่ยในช่วงประมาณ 20-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การขับขี่ยานพาหนะทุกประเภทมีค่าความเร่งเฉลี่ย (Acc) และความหน่วงเฉลี่ย (Dec) อยู่ในช่วงประมาณ 0.1-0.6 และ 0.1-1.1 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ โดยรถยนต์บรรทุก 4 ล้อและรถยนต์ส่วนบุคคลมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยสูงกว่ายานพาหนะประเภทอื่น ช่วงของวันและเวลามีผลอย่างมากต่อรูปแบบการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อและรถยนต์ส่วนบุคคล เนื่องจากสภาพการจราจรที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงของวันและเวลา วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปมีค่าความเร็วเฉลี่ยไม่เกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปมีค่าความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 20-45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะบนถนนสายหลักมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำ และมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำกว่าถนนทางหลวง ขณะที่วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะในช่วงวันหยุดใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูง และมีความผันผวนของความเร็วยานพาหนะต่ำกว่าช่วงวันทำงาน ซึ่งช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดเป็นช่วงที่มีสภาพการจราจรคล่องตัวสูงสุดในพื้นที่ศึกษา ในปี พ.ศ. 2558 การใช้

ยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมีปริมาณการปล่อย HC, CO, NO_x และ PM ที่ประเมินจากวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ อยู่ในช่วง 41-60, 450-679, 254-406 และ 19,080-26,908 ตันต่อปี ตามลำดับ และมีปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 50,653-75,492 ตันต่อปี โดยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษให้ค่าประมาณ HC และ CO ต่ำแต่ให้ค่าประมาณ NO_x สูงกว่าวิธีการใช้แบบจำลอง MOVES2014 ขณะที่ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของทั้งสองวิธีการมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชามลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

NOPPATSORN MUANGNAK : ESTIMATING VEHICLE EMISSION IN NAKORN RATCHASIMA MUNICIPALITY WITH LOCALLY DEVELOPED DRIVING CYCLES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. NARES CHUERSUWAN, Ph.D., 309 PP.

DRIVING CYCLES/ VEHICLE EMISSION/ EMISSION FACTORS/ MOBILE APPLICATION/ VEHICLE MODEL/ MOVES2014

This study aims to estimate vehicle emissions on main roads and highways in Nakorn Ratchasima Municipality (NRM) with recently developed driving cycles. A mobile phone application (SafeMate) was used to collect speed-time data of motorcycle, passenger car, pick up truck, heavy bus and heavy truck in peak hour and off-peak hour during weekdays and weekend. Speed-time data was analyzed and developed driving cycles on each road study. Estimating vehicle emissions with emission factor method and MOVES2014 model based on NRM driving cycles.

The results showed that the driving cycles on highways and main roads in NRM were different. The average speed of pick up truck, passenger car, heavy bus, and heavy truck was ranged from 10 to 70 km/h, while the average speed of motorcycle was ranged from 20 to 50 km/h. The acceleration (Acc) and deceleration (Dec) of all vehicles were ranged from 0.1 to 0.3 and 0.2 to 0.6 m/s^2, respectively. Which Acc and Dec of pick up truck and passenger car were higher than other vehicle types. Days of week and times of day were strongly affected the driving pattern of these vehicles due to the traffic density. The driving cycle of motorcycle and pick up had the average speed lower than 30 km/h, while the average speed of passenger car,

pick up truck and heavy bus was ranged from 20 to 45 km/h. The driving cycles on main roads had lower average speed and higher fluctuation than highways. The average speed on weekend was higher than the weekday, with low fluctuation. Morning peak hour on weekend had smooth traffic flow. In 2015, the vehicles in NRM emitted HC, CO, NO_x and PM about 41-64, 450-679, 254-406 and 19,080-26,908 tons/year, respectively. The total carbon dioxide (CO_2) was estimated about 50,653-75,492 tons/year. The emission factor method had lower estimated HC and CO emission, but higher NO_x emissions than MOVES2014 model. While MOVES2014 model had emitted CO_2 in range of emission factor method.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Environmental Pollution and Safety Student's Signature _____

Academic year 2017 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ประสบผลสำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และความร่วมมือจากหน่วยงานภาครัฐบาล นักวิชาการ อาจารย์ นักศึกษา และประชาชนในพื้นที่ ดังนี้

รองศาสตราจารย์ ดร. นเรศ เชื้อสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสในการศึกษาเรียนรู้ ให้คำปรึกษาแนะนำ และสนับสนุนทุนทรัพย์ในการดำเนินงานวิจัยมาโดยตลอด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดจิต ครุจิต และ ดร.ณัฐชนก พาละเอ็น คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และสนับสนุนข้อมูลวิชาการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ขอขอบคุณ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลวิชาการ และถ่ายทอดความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนการศึกษาและสนับสนุนเครื่องมือในการทำวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ แขวงการทางนครราชสีมาที่ 1 แขวงการทางนครราชสีมาที่ 2 และแขวงการทางนครราชสีมาที่ 3 ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลทางวิชาการมาอย่างต่อเนื่อง

ขอขอบคุณ สถานจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาที่ให้ความอนุเคราะห์สถาน และให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

ขอขอบคุณ สถานีตำรวจในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่และไฟฟ้าในการเก็บข้อมูลวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อน ที่ให้การส่งเสริม ช่วยเหลือ และให้กำลังใจมาโดยตลอด จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ

นพภัสสร ม่วงนาค

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฏ
สารบัญรูป ..... ถ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฝ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 3
1.3 ขอบเขตการศึกษา 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ปัญหามลพิษอากาศ 5
2.1.1 ปริมาณการใช้ยานพาหนะ 5
2.1.2 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 8
2.2 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา 8
2.2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต 8
2.2.2 สภาพโดยทั่วไป 11
2.2.2.1 ประชากร 11
2.2.2.2 ด้านเศรษฐกิจ 11
2.2.2.3 การคมนาคมและจราจร 11

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.3 ปริมาณยานพาหนะ 12
2.2.4 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 16
2.2.5 สถานการณ์คุณภาพอากาศ 17
2.3 สารมลพิษอากาศจากยานพาหนะ 19
2.3.1 ที่มาของสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะ 19
2.3.2 ผลกระทบจากสารมลพิษอากาศ 21
2.3.2.1 ผลกระทบต่อสุขภาพ 21
2.3.2.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 24
2.4 การประมาณมลพิษอากาศจากยานพาหนะ 26
2.4.1 การใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ 27
2.4.2 การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ 38
2.4.2.1 แบบจำลอง CALINE4 39
2.4.2.2 แบบจำลอง HIWAY2 39
2.4.2.3 แบบจำลอง MOBILE 40
2.4.2.4 แบบจำลอง MOVES2014 40
2.4.2.5 แบบจำลอง MOBILEV 41
2.5 วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ 44
2.5.1 ความหมายของวัฏจักรการขับขี่ 45
2.5.2 ขั้นตอนการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของยานพาหนะ 46
2.5.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ 51
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 53

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย 57
3.1 การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 58
3.1.1 การสำรวจพื้นที่ศึกษา 58
3.1.1.1 สภาพเศรษฐกิจและสังคม 58
3.1.1.2 สภาพภูมิศาสตร์ 58
3.1.1.3 ประเภทของถนนและโครงข่ายถนน 59
3.1.1.4 สภาพจราจร 59
3.1.1.5 ลักษณะการขับขี่ยานพาหนะ 60
3.1.1.6 ประเภทยานพาหนะ 60
3.1.2 การกำหนดเส้นทางจราจรที่ศึกษา 61
3.1.3 การกำหนดประเภทยานพาหนะที่ศึกษา 63
3.1.4 การศึกษารูปแบบการขับขี่ยานพาหนะในพื้นที่ศึกษา 65
3.1.5 การกำหนดประเภทของสารมลพิษที่ศึกษา 74
3.2 การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 75
3.2.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ 75
3.2.1.1 ข้อมูลยานพาหนะ 75
3.2.1.2 ข้อมูลถนน 79
3.2.2 การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะโดยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ 80
3.2.3 การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะโดยวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 82
3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 84

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล 88
4.1 การทดสอบวิธีตรวจวัดความเร็วยานพาหนะด้วยแอพพลิเคชัน 88
4.2 ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 93
4.2.1 รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ (Pick Up) 94
4.2.2 รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) 107
4.2.3 รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) 118
4.2.4 รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป (Medium and heavy truck) 128
4.2.5 รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป (Medium and Large bus) 131
4.3 การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 134
4.3.1 รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ 134
4.3.2 รถยนต์ส่วนบุคคล 139
4.3.3 รถจักรยานยนต์ 145
4.3.4 รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป 150
4.3.5 รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป 154
4.4 ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ 157
4.4.1 ข้อมูลประเภทยานพาหนะ 157
4.4.2 ข้อมูลเทคโนโลยียานพาหนะ 159
4.4.3 ข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะ 160
4.4.4 ข้อมูลปริมาณยานพาหนะ 161
4.5 การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะโดยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ 165
4.6 การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะโดยวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 180
4.7 การเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับพื้นที่อื่น 185

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 187
5.1 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ในการเก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ ... 187
5.2 รูปแบบการขับขี่ยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 187
5.2.1 ถนนกลุ่มที่หนึ่ง 187
5.2.2 ถนนกลุ่มที่สอง 188
5.2.3 ถนนกลุ่มที่สาม 188
5.2.4 ถนนกลุ่มที่สี่ 189
5.2.5 ถนนกลุ่มที่ห้า 189
5.3 วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 189
5.4 ข้อมูลนำเข้าพื้นฐานสำหรับการประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 190
5.4.1 ประเภทยานพาหนะ 190
5.4.2 เทคโนโลยียานพาหนะ 191
5.4.3 ประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะ 191
5.4.4 ปริมาณยานพาหนะ 191
5.5 การประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 192
5.5.1 การใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factors) 192
5.5.2 การใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ (MOVES2014) 193
5.5.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณสารมลพิษอากาศจากวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษกับวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 193
5.6 ข้อเสนอแนะ 193
รายการอ้างอิง 195

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลยานพาหนะ 204

ภาคผนวก ข ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 212

ภาคผนวก ค การคำนวณปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ 215

ภาคผนวก ง ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ 217

ภาคผนวก จ ค่าปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 243

ภาคผนวก ฉ รูปกราฟวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ 269

ภาคผนวก ช รูปที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย 298

งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ 303

ประวัติผู้เขียน 309

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ข้อมูลรถจดทะเบียนสะสมของประเทศไทย ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2556 7

2.2 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในภาคการขนส่งของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 ถึง พ.ศ. 2557 8

2.3 ปริมาณยานพาหนะบนถนนทางหลวง (Highways) เฉลี่ยต่อวันในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2556 13

2.4 ปริมาณยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์และรถยนต์เบนซินเฉลี่ยต่อวันบนถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 14

2.5 ปริมาณยานพาหนะประเภทรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กและรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่เฉลี่ยต่อวันบนถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 15

2.6 ปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงจากสถานีจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในเทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2552 16

2.7 ปริมาณสารมลพิษอากาศและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 18

2.8 ผลกระทบของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อมนุษย์ 22

2.9 อาการตอบสนองต่อระดับคาร์บอกซีฮีโมโกบินอิ่มตัวในเลือด 23

2.10 ผลกระทบต่อพืชจากการได้รับสารมลพิษอากาศแต่ละชนิด 25

2.11 สารมลพิษอากาศกับผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อวัสดุ 26

2.12 แหล่งข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (Emission factors) 28

2.13 ตารางเปรียบเทียบค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ 31

2.14 ข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ 43

2.15 ตัวอย่างความเข้มข้นของสารมลพิษที่ปล่อยจากเครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์ดีเซลในแต่ละโหมดการขับขี่ยานพาหนะ 45

2.16 วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะมาตรฐานของแต่ละเมือง 50

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

2.17 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะ 51
2.18 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการพิจารณาลักษณะการขับขี่ยานพาหนะ 52
3.1 ถนนในเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 59
3.2 เส้นทางการจราจรที่ศึกษาบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 62
3.3 รายละเอียดของเส้นทางศึกษาที่กำหนดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 71
3.4 ความหมายของพารามิเตอร์ที่สำคัญในการพัฒนารูปแบบการขับขี่ยานพาหนะ 74
3.5 การจำแนกเทคโนโลยียานพาหนะสำหรับประเทศไทย 77
3.6 การอ้างอิงข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันบนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี 2558 79
3.7 ข้อมูลถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 80
3.8 ข้อมูลการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาโดยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ 82
3.9 การกำหนดขอบเขตการศึกษาในแบบจำลอง MOVES2014 86
3.10 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการประมาณสารมลพิษอากาศในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี 2558 87
4.1 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยของเครื่องมือตรวจวัดความเร็วยานพาหนะ 89
4.2 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนชุมพล 95
4.3 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนราชดำเนิน 96
4.4 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนมนัส 97
4.5 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนพลล้าน 98
4.6 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนมุขมนตรี 100
4.7 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสุรนารี 101
4.8 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนอัษฎางค์ 102

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.9 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนพลแสน....103
4.10 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 2 (ทล. 2)....105
4.11 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 224 (ทล. 224)....106
4.12 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนราชดำเนิน....108
4.13 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนมนัส....109
4.14 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนจอมสุรางยาตร์ 111
4.15 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสุรนารี 112
4.16 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนมหาดไทย 113
4.17 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนอัษฎางค์....114
4.18 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 2 (ทล. 2)....116
4.19 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 224 (ทล. 224) 117
4.20 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนราชดำเนิน....119
4.21 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนมนัส....120
4.22 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนสุรนารี....121
4.23 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนมหาดไทย....123
4.24 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนจอมพล....124
4.25 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 2 (ทล. 2)....125
4.26 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 224 (ทล. 224)....126

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.27 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2) 129
4.28 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224) 130
4.29 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224) 132
4.30 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2) 133
4.31 ค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 135
4.32 เปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น 139
4.33 ค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 140
4.34 เปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น 144
4.35 ค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่รถจักรยานยนต์บนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 146
4.36 เปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถจักรยานยนต์ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น 150
4.37 ค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 151
4.38 เปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น 153

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.39 ค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 154
4.40 เปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น 156
4.41 สัดส่วนมาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 160
4.42 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 161
4.43 ร้อยละความแตกต่างของปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมงบนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 กับ พ.ศ. 2558 163
4.44 ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมงบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 164
4.45 ปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 ด้วยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ 172
4.46 ปริมาณการปล่อยแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่ระยะทางศึกษาจริงกับระยะทาง 1 กิโลเมตรของปี พ.ศ. 2558 175
4.47 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ระยะทางศึกษาจริงกับระยะทาง 1 กิโลเมตรของปี พ.ศ. 2558 176
4.48 ปริมาณการปล่อยแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนที่ระยะทางศึกษาจริงกับระยะทาง 1 กิโลเมตรของปี พ.ศ. 2558 177
4.49 ปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยที่ระยะทางศึกษาจริงกับระยะทาง 1 กิโลเมตรของปี พ.ศ. 2558 178
4.50 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระยะทางศึกษาจริงกับระยะทาง 1 กิโลเมตรของปี พ.ศ. 2558 179

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.51 ปริมาณสารมลพิษและแก๊สเรือนกระจกจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 โดยใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 180
4.52 ปริมาณสารมลพิษอากาศและแก๊สเรือนกระจกจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 185
4.53 ปริมาณสารมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่บนถนน (Road transport) ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น 186
ก.1 เปรียบเทียบปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยของช่วงวันทำงานกับวันหยุดบนถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ปี 2558 205
ก.2 ข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมงบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี 2558 206
ก.3 ข้อมูลระยะการเดินทางของยานพาหนะเฉลี่ยต่อปี (Vehicle Kilometers of Travel, VKT) ..209
ก.4 ข้อมูลปริมาณรถจดทะเบียนสะสมแยกตามอายุยานพาหนะของจังหวัดนครราชสีมา ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2558.....210
ข.1 ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์รายชั่วโมงของแต่ละเดือนปี 2558 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง ณ สถานีสูบน้ำเสีย เทศบาลนครนครราชสีมา (47T) 213
ข.2 ข้อมูลอุณหภูมิรายชั่วโมงของแต่ละเดือนปี 2558 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง ณ สถานีสูบน้ำเสีย เทศบาลนครนครราชสีมา (47T) 214
ง.1 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา).....218
ง.2 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 225
ง.3 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 232

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ง.4 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 239
ง.5 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 241
จ.1 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 244
จ.2 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 249
จ.3 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 254
จ.4 ค่าปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 259
จ.5 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 264

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ปริมาณรถจดทะเบียนสะสมรายจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี พ.ศ. 2556 6

2.2 ขอบเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ตำบลในเมือง จังหวัดนครราชสีมา 10

2.3 โครงข่ายถนนทางหลวงและถนนสายหลักในเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 12

2.4 ปริมาณแก๊สโอโซนเฉลี่ย 8 ชั่วโมงจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง ณ สถานีสูบน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2556 18

2.5 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง ณ สถานีสูบน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2556 19

2.6 การเปรียบเทียบวิธีการประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศ 27

2.7 การเปลี่ยนแปลงโหมดความเร็วของยานพาหนะในการขับขี่ 45

3.1 กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย 57

3.2 ตัวอย่างรูปแบบการขับขี่ของรถยนต์โดยสารขนาดเล็ก (Light Bus) ในช่วงเวลาปกติของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 60

3.3 โครงข่ายถนนและเส้นทางศึกษาทั้งหมดในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 61

3.4 ประเภทของยานพาหนะที่ศึกษาของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 64

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วของยานพาหนะ 66

3.6 วิธีการเปลี่ยนรูปกราฟข้อมูลการขับขี่เป็นข้อมูลตัวเลข 68

3.7 กระบวนการเลือกชุดข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะบนถนนแต่ละสายที่ศึกษา 69

3.8 การใช้สถิติเชิงอ้างอิงในการเลือกตัวแทนชุดข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ 70

3.9 เส้นทางที่ใช้ในการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 72

3.10 เส้นทางที่ใช้ในการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์ส่วนบุคคลในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 72

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.11 เส้นทางที่ใช้พัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะประเภทรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป และรถยนต์โดยสารขนาดกลางขึ้นไป 73
3.12 จุดเก็บข้อมูลยานพาหนะในเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 76
3.13 จุดเก็บข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะในเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 78
3.14 ขั้นตอนการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 85
4.1 ความเร็วเฉลี่ยของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (SafeMate application) กับเครื่องมือระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ ดังนี้ (ก) Safemate (IOS) กับ Safemate (Andriod), (ข) Safemate (IOS) กับ GPS และ (ค) Safemate (Andriod) กับ GPS 90
4.2 ความเร็วเฉลี่ยของแอพลิเคชัน SafeMate (IOS) กับแอพลิเคชัน Speedometer Pro ดังนี้ (ก) Safemate (IOS) กับ Speedometer Pro, (ข) Safemate (IOS) กับ GPS และ (ค) Speedometer Pro กับ GPS 91
4.3 ความเร็วเฉลี่ยของฟังก์ชันผู้โดยสารยานพาหนะกับฟังก์ชันผู้ขับขี่ยานพาหนะของแอพพลิเคชัน SafeMate ดังนี้ (ก) I am public transport กับ I am driver, (ข) I am public transport กับ GPS และ (ค) I am driver กับ GPS 92
4.4 การแบ่งกลุ่มถนนตามลักษณะทางกายภาพของถนน 94
4.5 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนชุมพล 95
4.6 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนราชดำเนิน 96
4.7 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนมนัส 98
4.8 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนพลล้าน 99
4.9 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนมุขมนตรี 100
4.10 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสุรนารี 101
4.11 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนอัษฎางค์ 103
4.12 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนพลแสน 104

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.13 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 2 105
4.14 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 224 106
4.15 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนราชดำเนิน 109
4.16 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนมนัส 110
4.17 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนจอมสุรางยาตร์ 111
4.18 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสุรนารี 112
4.19 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนมหาดไทย 114
4.20 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนอัษฎางค์ 115
4.21 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 2 116
4.22 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 224 117
4.23 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนราชดำเนิน 119
4.24 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนมนัส 120
4.25 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนสุรนารี 122
4.26 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนมหาดไทย 123
4.27 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนจอมพล 124
4.28 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 2 126
4.29 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 224 127

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.30 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวง แผ่นดินหมายเลข 2 129
4.31 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวง แผ่นดินหมายเลข 224 130
4.32 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนน ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 132
4.33 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนน ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 133
4.34 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในช่วงวันทำงานบนถนนทางหลวง 136
4.35 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในช่วงวันหยุดบนถนนทางหลวง 136
4.36 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในช่วงวันทำงานบนถนนสายหลัก 137
4.37 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในช่วงวันหยุดบนถนนสายหลัก 137
4.38 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงวันทำงานบนถนนทางหลวง 141
4.39 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงวันหยุดบนถนนทางหลวง 141
4.40 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงวันทำงานบนถนนสายหลัก 142
4.41 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงวันหยุดบนถนนสายหลัก 142
4.42 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์จักรยานยนต์ในช่วงวันทำงานบนถนนทางหลวง 147
4.43 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์จักรยานยนต์ในช่วงวันหยุดบนถนนทางหลวง 147
4.44 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์จักรยานยนต์ในช่วงวันทำงานบนถนนสายหลัก 148
4.45 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์จักรยานยนต์ในช่วงวันหยุดบนถนนสายหลัก 148
4.46 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปในช่วงวันทำงานบนถนนทางหลวง 152
4.47 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปในช่วงวันหยุดบนถนนทางหลวง 152
4.48 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปในช่วงวันทำงานบนถนน ทางหลวง 155

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.49 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปในช่วงวันหยุดบนถนนทางหลวง ..155
4.50 สัดส่วนของยานพาหนะบนถนนทางหลวง (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2) ในพื้นที่ เทศบาลนครนครราชสีมา 158
4.51 สัดส่วนของยานพาหนะบนถนนสายหลัก (ชุมพล) ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 158
4.52 ปริมาณการปล่อยแก๊สไฮโดรคาร์บอนบนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมา 167
4.53 ปริมาณการปล่อยแก๊สไฮโดรคาร์บอนบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมา 167
4.54 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์บนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมา 168
4.55 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์บนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมา 168
4.56 ปริมาณการปล่อยแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนบนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมา 169
4.57 ปริมาณการปล่อยแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมา 169
4.58 ปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยบนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมา 170
4.59 ปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมา 170
4.60 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมา 171
4.61 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมา 171

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.62 สัดส่วนปริมาณสารมลพิษอากาศและแก๊สเรือนกระจกจากยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 173
4.63 ปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนจากวิธีการประมาณโดยใช้แบบจำลอง MOVES2014 กับวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factor) 182
4.64 ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากวิธีการประมาณโดยใช้แบบจำลอง MOVES2014 กับวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factor) 182
4.65 ปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจากวิธีการประมาณโดยใช้แบบจำลอง MOVES2014 กับวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factor) 183
4.66 ปริมาณอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$ และ PM_{10}) จากวิธีการประมาณโดยใช้แบบจำลองMOVES2014 183
4.67 ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากวิธีการประมาณโดยใช้แบบจำลอง MOVES2014 กับวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factor) 184
ฉ.1 วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 270
ฉ.2 วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 276
ฉ.3 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 278
ฉ.4 วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 284
ฉ.5 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 286
ฉ.6 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 292
ฉ.7 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 294
ฉ.8 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 296

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ช.1 การทดสอบเครื่องมือ (SafeMate application) ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ 299
ช.2 การเก็บข้อมูลการขับขี่ของยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์โดยใช้วิธี In-vehicle method 299
ช.3 การเก็บข้อมูลการขับขี่ของยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลและรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ โดยใช้วิธี In-vehicle method 300
ช.4 การเก็บข้อมูลการขับขี่ของยานพาหนะประเภทรถยนต์บรรทุกขนาดกลางและขนาดใหญ่โดยใช้วิธี Chase-car method 300
ช.5 จุดเก็บข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 ของสถานีจำหน่ายเชื้อเพลิง บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด พงษ์กิต 301
ช.6 จุดเก็บข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะบนถนนยมราชของสถานีจำหน่ายเชื้อเพลิง บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด มหานครรุ่งเรืองเซอร์วิส 301
ช.7 จุดเก็บข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ณ ป้อมตำรวจ บริเวณสามแยกบิ๊กซี นครราชสีมา 302
ช.8 จุดเก็บข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะบนถนนชุมพล ณ ป้อมตำรวจ บริเวณห้าแยกไอที ซิตี้ นครราชสีมา 302

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Acc	=	ความเร่งเฉลี่ย
ADT	=	ปริมาณยานพาหนะบนถนนเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
C^o	=	องศาเซลเซียส
CH_4	=	มีเทน
C_xH_y	=	สารประกอบกลุ่มไฮโดรคาร์บอน
Cl	=	คลอรีน
CNG	=	ก๊าซธรรมชาติที่ถูกบีบอัด
CO	=	คาร์บอนมอนอกไซด์
CO_2	=	คาร์บอนไดออกไซด์
COHb	=	คาร์บอกซีฮีโมโกบิล
Dec	=	ความหน่วงเฉลี่ย
DEM	=	แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข
EF	=	ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ หรือตัวคูณอัตราการปลดปล่อยมลพิษ
Ep	=	ค่าตัวคูณปริมาณยานพาหนะ
F^o	=	ฟาเรนไฮต์
HC	=	ไฮโดรคาร์บอน
HF	=	กรดโดรฟลูออริก
H_2O	=	น้ำ
H_2S	=	ไฮโดรเจนซัลไฟด์
km	=	กิโลเมตร
km/h	=	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
LPG	=	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว
mg/m^3	=	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
mph	=	ไมล์ต่อชั่วโมง
m/s^2	=	เมตรต่อวินาที^{2}
MSL	=	ระดับน้ำทะเลปานกลาง
N, N_2	=	ไนโตรเจน และก๊าซไนโตรเจน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

NH_3	=	แอมโมเนีย
N_2O	=	ไนตรัสออกไซด์
NMHC	=	ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ใช่มีเทน
NMVOC	=	สารประกอบอินทรีย์ระเหยได้ที่ไม่รวมมีเทน
NO	=	ไนตริกออกไซด์
NO_x	=	ออกไซด์ของไนโตรเจน
NGV	=	ก๊าซธรรมชาติสำหรับยาพาหนะ
Psi	=	ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
O, O_2	=	ออกซิเจน และก๊าซออกซิเจน
O_3	=	โอโซน
Pb	=	ตะกั่ว
PM_{10}	=	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน
$PM_{2.5}$	=	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน
ppb	=	พีพีบี หรือ หน่วยส่วนในพันล้านส่วน
ppm	=	พีพีเอ็ม หรือ หน่วยส่วนในล้านส่วน
SD	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SF_6	=	ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์
SiF_4	=	ซิลิกอนเตตระฟลูออไรด์
sig	=	ระดับนัยสำคัญ
SO_2	=	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
SO_3	=	ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์
SO_4	=	ซัลเฟต
T_{acc}	=	ร้อยละของระยะเวลาขณะรถเร่งความเร็ว
T_{cruise}	=	ร้อยละของระยะเวลาขณะรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่
T_{dec}	=	ร้อยละของระยะเวลาขณะรถชะลอความเร็ว
T_{idle}	=	ร้อยละของระยะเวลาขณะรถหยุดนิ่ง
TSP	=	ฝุ่นละอองรวม หรือฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน
V_{avg}	=	ความเร็วเฉลี่ยขณะรถวิ่งและรถหยุดนิ่ง)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

V_{avg1}	=	ความเร็วเฉลี่ยขณะรถวิ่งอย่างเดียว
VKT, VMT	=	ระยะการเดินทางรวมของยานพาหนะในหน่วยกิโลเมตร หรือไมล์
VOC	=	สารอินทรีย์ระเหยง่าย
WD-EP	=	ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงาน
WD-MP	=	ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันทำงาน
WD-OP	=	ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงาน
WD-EP	=	ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำหยุด
WD-MP	=	ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันทำหยุด
WD-EP	=	ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำหยุด
$\overline{X}$	=	ค่าเฉลี่ย
กม.	=	กิโลเมตร
กลางวัน	=	ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน
เช้า	=	ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า
ชม.	=	ชั่วโมง
ทล.	=	ถนนทางหลวงแผ่นดิน
เย็น	=	ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น
วันทำงาน	=	ช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์
วันหยุด	=	ช่วงวันเสาร์ถึงอาทิตย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหามลพิษอากาศจากการจราจรมีความสำคัญต่อพื้นที่เมืองขนาดใหญ่ของประเทศไทย รายงานคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในประเทศไทยปี พ.ศ. 2554 พบว่า หลายจังหวัดในภาคเหนือและภาคกลางมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และแก๊สโอโซน (O_3) ในบางวันสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป โดยสาเหตุหลักของปัญหาฝุ่นละอองในพื้นที่เขตเมืองของกรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรปราการมาจากการจราจรที่หนาแน่นในพื้นที่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ข้อมูลบัญชีการปล่อยสารมลพิษอากาศของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 พบว่า แหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่บนถนน (On-road Source) มีปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศหลักสูงกว่าแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่ไม่วิ่งบนถนน (Non-road Sources) แหล่งกำเนิดแบบจุด (Point source) และแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area source) อย่างชัดเจน (Chuersuwan, 2013) และพบเช่นเดียวกันนี้ในต่างประเทศ เช่น ข้อมูลบัญชีการปล่อยสารมลพิษอากาศของรัฐนิวเจอร์ซีย์ประเทศสหรัฐอเมริกา (New Jersey Department of Environmental Protection [NJDEP], 2011) จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่ได้บนถนนมีความสำคัญอย่างมากต่อการเกิดปัญหามลพิษอากาศในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่เมืองขนาดใหญ่และเมืองเศรษฐกิจที่สำคัญ (Hung et al., 2007)

จังหวัดนครราชสีมาเป็นเมืองขนาดใหญ่ที่เป็นแหล่งศูนย์กลางทางเศรษฐกิจสำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่งผลให้มีปริมาณยานพาหนะในพื้นที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และนำไปสู่การเกิดปัญหาการจราจรหนาแน่นในพื้นที่เขตเมือง โดยถนนสายสำคัญที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่นของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ได้แก่ ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 ตัดกับถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 ถนนมิตรภาพตัดกับถนนทางหลวงหมายเลข 224 ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ตัดกับถนนสำโรงจันทร์ ถนนจอมพลตัดกับถนนทล. 224 ถนนราชดำเนินตัดกับถนนราชนุกูล ห้าแยกหัวรถไฟ และห้าแยกประตูไชยณรงค์ (ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล, 2550) ซึ่งค่าปริมาณสารมลพิษอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2555 ถึง 2557 พบว่า เทศบาลนครนครราชสีมาเริ่มมีค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ไม่เกิน 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และแก๊สโอโซนเฉลี่ย 8 ชั่วโมงในบางเดือนของช่วงฤดูแล้ง สูงเกินกว่าระดับที่มาตรฐานฯ กำหนด (กรมควบคุมมลพิษ, 2557) และการประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะโดยใช้ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (Emission factors) ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 พบว่า ชนิดสารมลพิษอากาศที่สำคัญของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา คือ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน และไฮโดรคาร์บอน โดยมีปริมาณการปล่อยสารมลพิษประมาณ 13,429 8,215 และ 2,737 ตันต่อปี ตามลำดับ (สฤษดิ์ โคตุละ, 2553) ซึ่งหากค่าปริมาณสารมลพิษอากาศในพื้นที่สูงมาก อาจทำให้เกิดผลกระทบทั้งต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ค่าประมาณสารมลพิษอากาศที่ได้จากการใช้ข้อมูลปริมาณจราจรกับค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษเฉลี่ยของยานพาหนะในการคำนวณ โดยมิได้ใช้วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาเข้ามาพิจารณา อาจทำให้ค่าการประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะมีความคลาดเคลื่อนสูง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความถูกต้องมากขึ้น จึงควรให้ความสำคัญกับการประเมินการปล่อยมลพิษอากาศที่ปรับปรุงขึ้นจากวิธีการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะที่จำเพาะกับพื้นที่ (Tamsanya and Chungpaibulpatana, 2009)

วัฏจักรการขับขี่หรือรูปแบบการขับขี่ (Driving cycles) เป็นตัวแทนลักษณะการขับขี่ยานพาหนะที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วยานพาหนะกับระยะเวลาในการเดินทาง และถูกนำมาใช้พัฒนาขึ้นเป็นวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะที่เหมาะสมของแต่ละพื้นที่ (Wang et al., 2008; Nesamani and Subramanian, 2011) วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Hung et al, 2007; Wang et al., 2008; Tamsanya and Chungpaibulpatana, 2009) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะจะส่งผลต่อปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ โดยการขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วต่ำ และมีลักษณะการหยุดของยานพาหนะบ่อยครั้งก่อให้เกิดความผันผวนของความเร็วแบบฉับพลัน ทำให้มีปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะสูง และมีปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย (Haan et al, 2000; Tamsanya and Chungpaibulpatana, 2009) ดังนั้น การประมาณการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้ยานพาหนะในพื้นที่เมืองให้ถูกต้องมากขึ้น จำเป็นต้องพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะที่เหมาะสมกับพื้นที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลการประมาณสารมลพิษที่ดีสำหรับนำไปใช้ในการวางแผนจัดการคุณภาพอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

1.2.2 เพื่อประมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาภายใต้วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะที่จำเพาะกับพื้นที่ด้วยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาจากวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษกับวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 พื้นที่ศึกษา คือ เทศบาลนครนครราชสีมา

1.3.2 ประเภทยานพาหนะที่ศึกษามี 5 ประเภท ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป

1.3.3 เส้นทางจราจรที่ศึกษา คือ ถนนสายสำคัญที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่นในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาทั้งหมด 21 สาย ประกอบด้วย ถนนทางหลวง 4 สาย และถนนสายหลัก 17 สาย

1.3.4 ใช้แอพลิเคชัน SafeMate บนโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ

1.3.5 การเก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ คือ เก็บข้อมูลในวันจันทร์ถึงวันอาทิตย์ใน 3 ช่วงเวลา ประกอบด้วย ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (เวลา 7.00-9.00 น.) ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน (เวลา 9.00-15.30 น.) และช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (เวลา 15.30-18.30 น.) เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีการจำกัดการเดินรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา โดยเก็บข้อมูลการขับขี่ทั้งในการเดินทางไปและกลับ ครอบคลุมข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะทั้งสองทิศทางของถนน

1.3.6 การศึกษาข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา และพัฒนาเป็นวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของเส้นทางศึกษาที่กำหนด

1.3.7 ประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะโดยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ และวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศจากยานพาหนะ MOVES2014

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาของยานพาหนะ 5 ประเภท ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป

1.4.2 ทราบถึงปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

1.4.3 ทราบว่าวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะมีผลต่อปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะมากน้อยเพียงใด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะโดยใช้วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา มีการทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

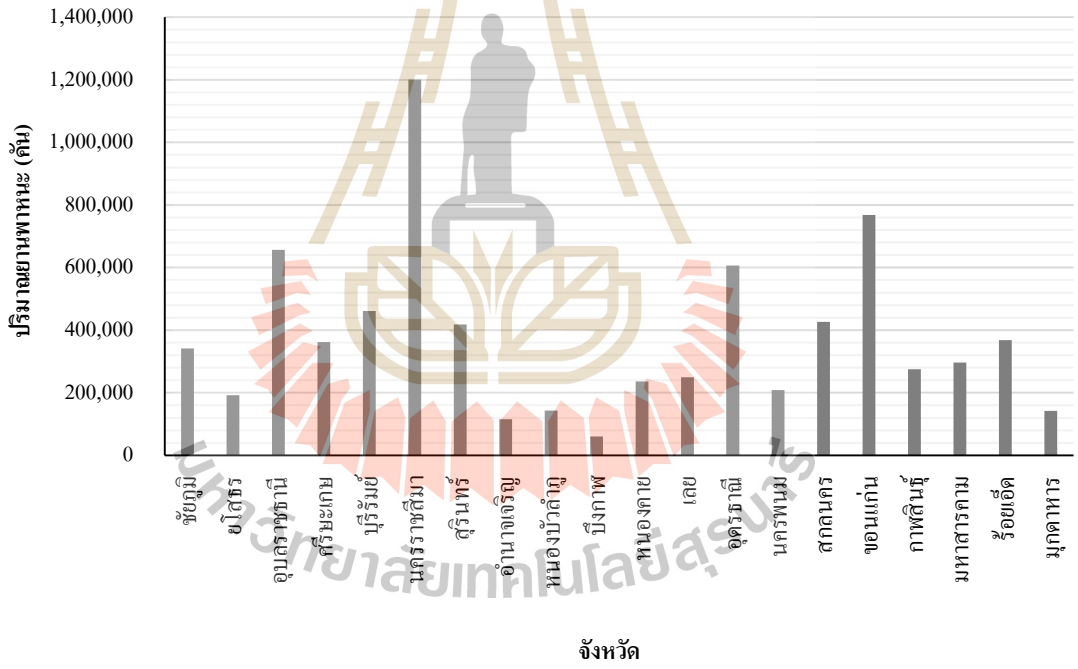
2.1 ปัญหามลพิษอากาศ

การพัฒนาประเทศในด้านอุตสาหกรรม เศรษฐกิจ และการคมนาคม ทำให้เกิดกิจกรรมการใช้ยานพาหนะบนถนนที่เพิ่มสูงขึ้น และนำมาสู่ปัญหาการจราจรหนาแน่นในหลายพื้นที่ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของจำนวนยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อคุณภาพอากาศในพื้นที่ (Avetisyan et at., 2014) โดยเฉพาะพื้นที่เมืองขนาดใหญ่ที่กำลังพัฒนาจะมีปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศสูงอย่างมีนัยสำคัญ (Ban-Weiss et al., 2008) ข้อมูลการประมาณอัตราการปล่อยสารมลพิษอากาศในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2553 พบว่า แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่บนถนน (On-road source) มีค่าปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศเกือบทุกประเภทสูงมากกว่าแหล่งกำเนิดประเภทอื่นอย่างชัดเจน โดยแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่บนถนนมีสัดส่วนการปล่อยแก๊สคาร์บอน-มอนอกไซด์ (CO, สารประกอบอินทรีย์ระเหยได้ที่ไม่รวมมีเทน (NMVOC) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) สูงประมาณร้อยละ 98, 95 และ 94 ตามลำดับ อีกทั้ง ยังเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (Chuersuwan, 2013) ซึ่งปริมาณการใช้ยานพาหนะบนถนนที่มากจะส่งผลให้มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงยานพาหนะสูง และมีปริมาณสารมลพิษสู่บรรยากาศอากาศที่สูงตามไปด้วย (Zhang et al., 2008) ปริมาณสารมลพิษอากาศแต่ละชนิดที่เกิดจากยานพาหนะในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะ ได้แก่ ปริมาณยานพาหนะ ประเภทยานพาหนะ เชื้อเพลิงยานพาหนะ และเทคโนโลยียานพาหนะ เป็นต้น

2.1.1 ปริมาณการใช้ยานพาหนะ

ปัญหาจราจรแออัดมีสาเหตุหลักมาจากปริมาณการใช้ยานพาหนะที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งข้อมูลปริมาณการใช้ยานพาหนะบนถนนแต่ละประเภทในประเทศไทยมีการรายงานโดยกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท แต่ยังคงไม่ครอบคลุมถนนบางสาย การเก็บข้อมูลจราจรมีในบางพื้นที่มีความรุนแรงของปัญหาการจราจรมาก เช่น กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ และเมืองสำคัญอื่น

ปริมาณยานพาหนะและประเภทยานพาหนะในแต่ละภูมิภาคมีความแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ จังหวัดที่มีปริมาณการเดินทางของยานพาหนะสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ จังหวัดนครราชสีมา มีค่าประมาณ 9,269,635,219 พีซียูต่อกิโลเมตร (กรมทางหลวง, 2556 ก) เมื่อพิจารณาข้อมูลสถิติจำนวนรถจดทะเบียนสะสมของแต่ละจังหวัดในภาตะวันออกเฉียงเหนือปี พ.ศ. 2556 (รูปที่ 2.1) พบว่า จังหวัดที่เป็นเมืองขนาดใหญ่และแหล่งเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศมีจำนวนรถจดทะเบียนสูงกว่าจังหวัดอื่น โดยจังหวัดนครราชสีมามีจำนวนรถจดทะเบียนสะสมสูงสุดในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เท่ากับ 1,200,679 คัน และรองลงมา คือ จังหวัดขอนแก่น มีจำนวนรถจดทะเบียนแบบสะสมเท่ากับ 768,248 คัน (กรมการขนส่งทางบก, 2557) โดยประเภทยานพาหนะที่มีการจดทะเบียนสะสมของประเทศไทยสูง 3 ลำดับแรก ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน และรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล ตามลำดับ (ตารางที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 ปริมาณรถจดทะเบียนสะสมรายจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี พ.ศ. 2556 (กรมการขนส่งทางบก, 2557)

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลรถจดทะเบียนสะสมของประเทศไทย ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2556 (กรมการขนส่งทางบก, 2557)

ประเภทรถ	ปริมาณยานพาหนะ (คัน)		
	ทั่วประเทศ	ส่วนกลาง	ส่วนภูมิภาค
ก. รถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์	34,681,811	8,476,590	26,205,221
รย. 1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	7,284,259	3,592,212	3,692,047
รย. 2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน	433,128	217,717	215,411
รย. 3 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	5,954,226	1,200,273	4,753,953
รย. 4 รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล	1,611	824	878
รย. 5 รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด	3	-	3
รย. 6 รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน	112,682	109,422	3,260
รย. 7 รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง	3,087	2,574	513
รย. 8 รถยนต์รับจ้างสามล้อ	20,436	8,983	11,453
รย. 9 รถยนต์บริการธุรกิจ	3,411	703	2,708
รย. 10 รถยนต์บริการทัศนาจร	2,924	1,194	1,730
รย. 11 รถยนต์บริการให้เช่า	64	61	3
รย. 12 รถจักรยานยนต์	20,141,213	3,168,496	16,972,717
รย. 13 รถแทรกเตอร์	446,507	80,453	366,054
รย. 14 รถบดถนน	11,637	3,320	8,317
รย. 15 รถใช้งานเกษตรกรรม	98,873	4	98,869
รย. 16 รถพ่วง	3,255	1,881	1,374
รย. 17 รถจักรยานยนต์สาธารณะ	164,495	88,473	76,022
ข. รวมรถตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบกบก	1,153,369	174,582	978,787
ข1. รวมรถยนต์โดยสารสาธารณะ	144,773	40,616	104,157
- ประจำทาง	86,441	24,227	62,214
- ไม่ประจำทาง	46,536	13,263	33,273
- ส่วนบุคคล	11,796	3,126	8,670
ข2. รวมรถยนต์บรรทุก	1,007,576	133,966	873,610
- ไม่ประจำทาง	244,494	69,781	174,713
- ส่วนบุคคล	763,082	64,185	698,897
ข3. รถยนต์โดยสารขนาดเล็กในพื้นที่นอกเมือง	1,020	-	1,020
รวมทั้งสิ้น	35,835,180	8,651,172	27,184,008

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.1.2 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

ปริมาณการใช้ยานพาหนะมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในพื้นที่ โดยประเภทเชื้อเพลิงรถยนต์ที่มีจำหน่ายภายในประเทศไทย ได้แก่ แก๊สปิโตเลียมเหลว น้ำมันเบนซิน 91น้ำมันเบนซิน 95 แก๊สโซฮอล์ 91 แก๊สโซฮอล์ 95 แก๊สโซฮอล์ E20 แก๊สโซฮอล์ E85 ดีเซลหมุนเร็ว และไบโอดีเซล (B5) จากข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในภาคการขนส่งของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552 ถึง พ.ศ. 2557 พบว่า ประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะที่สำคัญของประเทศไทย คือ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว แก๊สปิโตรเลียมเหลว แก๊สโซฮอล์ 91 และแก๊สโซฮอล์ 95 ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในภาคการขนส่งของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 ถึง พ.ศ. 2557 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558)

ประเภทเชื้อเพลิง	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (ล้านลิตร)					
	2552	**2553**	**2554**	**2555**	**2556**	**2557**
แก๊สปิโตเลียมเหลว	6,450	7194	7936	8,727	8,843	8,784
น้ำมันเบนซิน 91	2,877	2957	3077	3,208	147	62
น้ำมันเบนซิน 95	177	77	41	42	616	498
แก๊สโซฮอล์ 91	1,415	1552	1860	2,121	3,337	3,594
แก๊สโซฮอล์ 95	2,972	2691	2122	1,931	3,029	2,735
แก๊สโซฮอล์ E20	83	137	222	367	962	1,344
แก๊สโซฮอล์ E85	-	2	9	36	141	334
ดีเซลหมุนเร็ว	10,293	11443	18516	20,579	20,900	21,078
ดีเซลหมุนเร็ว (B5)	8,156	7053	690	-	-	-
รวม	32,423	33106	34473	37,011	37,975	38,429

2.2 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

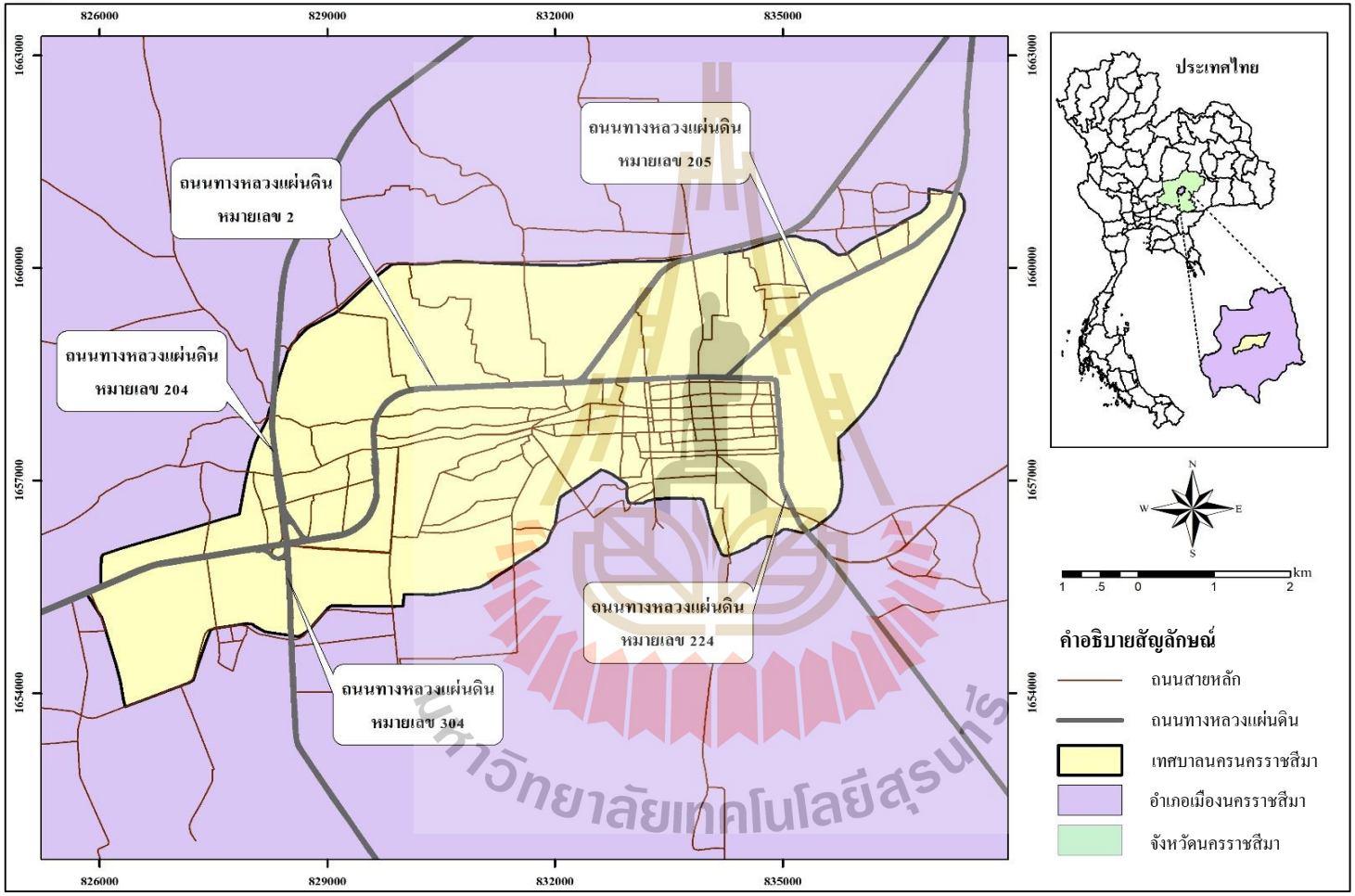
2.2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดนครราชสีมาตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมีขนาดพื้นที่ใหญ่เป็นอันดับหนึ่งของประเทศ โดยมีพื้นที่ประมาณ 20,493.96 ตารางกิโลเมตร แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 32 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองนครราชสีมา อำเภอครบุรี อำเภอเสิงสาง อำเภอคง อำเภอบ้านเหลื่อม อำเภอจักราช อำเภอโชคชัย อำเภอด่านขุนทด อำเภอโนนไทย อำเภอโนนสูง อำเภอ

ขามสะแกแสง อำเภอบัวใหญ่ อำเภอประทาย อำเภอปักธงชัย อำเภอพิมาย อำเภอห้วยแถลง อำเภอชุมพวง อำเภอสูงเนิน อำเภอขามทะเลสอ อำเภอสีคิ้ว อำเภอปากช่อง อำเภอหนองบุนนาก อำเภอแก้งสนามนาง อำเภอโนนแดง อำเภอวังน้ำเขียว อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอเทพารักษ์ อำเภอเมืองยาง อำเภอพระทองคำ อำเภอลำทะเมนชัย อำเภอบัวลาย และอำเภอสีดา (สำนักงานจังหวัดนครราชสีมา, 2555) ตามทะเบียนราษฎรจังหวัดนครราชสีมามีจำนวนประชากรมากเป็นอันดับสองรองจากกรุงเทพมหานคร โดยมีประชากรประมาณ 2,610,164 คน (กรมการปกครอง, 2557) อำเภอเมืองนครราชสีมาเป็นเมืองที่มีขนาดใหญ่ที่แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 25 ตำบล ได้แก่ ตำบลในเมือง ตำบลหนองไผ่ล้อม ตำบลหนองจะบก ตำบลบ้านโพธิ์ ตำบลหนองไข่น้ำ ตำบลโคกสูง ตำบลหมื่นไวย ตำบลโพธิ์กลาง ตำบลหัวทะเล ตำบลบ้านเกาะ ตำบลหนองระเวียง ตำบลหนองบัว-ศาลา ตำบลจอหอ ตำบลตลาด ตำบลพะเนา ตำบลพุดซา ตำบลพลกรัง ตำบลหนองกระทุ่ม ตำบลสี่มุม ตำบลปรุใหญ่ ตำบลบ้านใหม่ ตำบลโคกกรวด ตำบลสุรนารี ตำบลไชยมงคล และตำบลมะเริง (รูปที่ 2.2) พื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาตั้งอยู่ในเขตตำบลในเมือง และมีพื้นที่ประมาณ 37.50 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 0.18 ของพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา (สำนักงานเทศบาลนครนครนครราชสีมา, 2554) โดยมีอาณาเขตติดต่อกัน ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับเทศบาลตำบลบ้านใหม่ และเทศบาลตำบลปรุใหญ่
ทิศใต้	ติดต่อกับเทศบาลตำบลปรุใหญ่ เทศบาลตำบลหนองไผ่ล้อม และเทศบาลตำบลโพธิ์กลาง
ทิศตะวันออก	ติดต่อเทศบาลตำบลหัวทะเล
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับเทศบาลตำบลบ้านใหม่ และเทศบาลตำบลสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.2 ขอบเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ตำบลในเมือง จังหวัดนครราชสีมา

2.2.2 สภาพโดยทั่วไป

2.2.2.1 ประชากร

ข้อมูลทะเบียนท้องถิ่นเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2557 มีจำนวนประชากรในพื้นที่ 134,440 คน แบ่งเป็นเพศหญิง 71,251 คน และเพศชาย 63,189 คน (สำนักงานเทศบาลนครนครราชสีมา, 2557) คาดว่าสภาพความเป็นจริงมีประชากรที่อาศัยในเขตพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมามีประมาณ 450,000 ถึง 500,000 คน และมีประชากรแฝงที่เข้ามาใช้บริการในเขตเมืองในเวลากลางวันแล้วอพยพออกไปในเวลากลางคืนประมาณ 200,000 ถึง 400,000 คนต่อวัน

2.2.2.2 ด้านเศรษฐกิจ

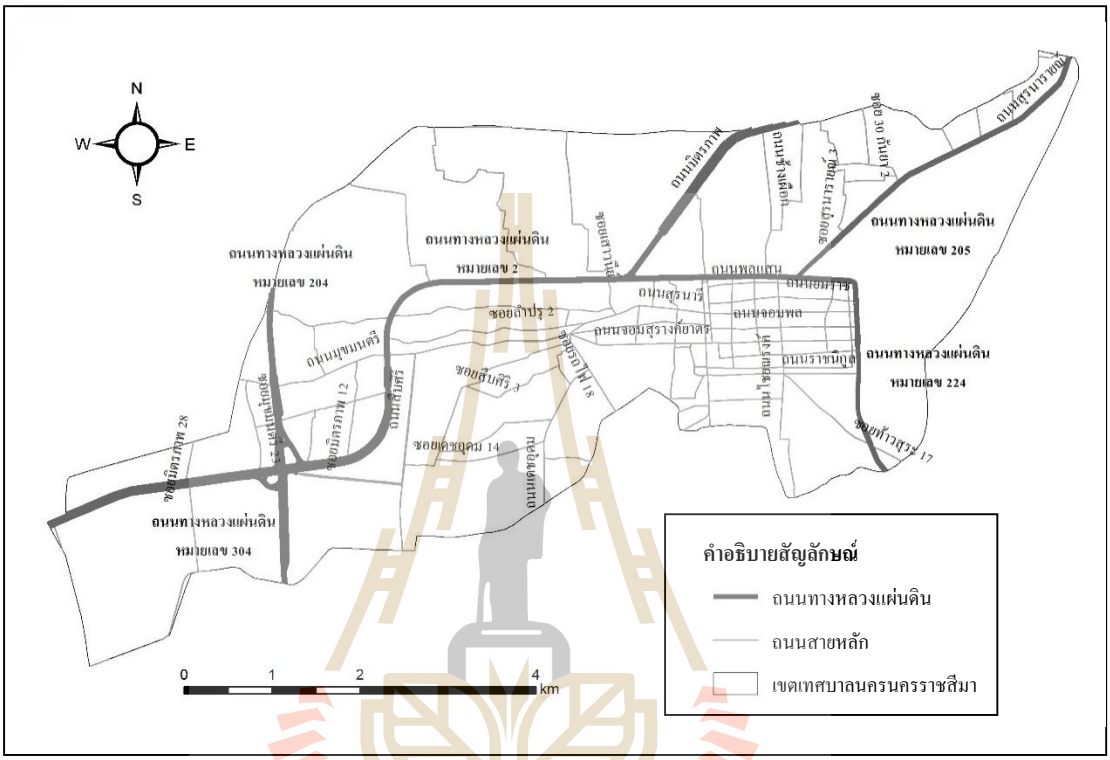
จังหวัดนครราชสีมามีมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจาก 2 ส่วนหลัก คือ ภาคเกษตรกรรม และภาคนอกเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 12.78 และ 87.22 ตามลำดับ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558) จังหวัดนครนครราชสีมามีพื้นที่เกษตรคิดเป็นร้อยละ 67.97 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ทำการปลูกข้าวและมันสำปะหลัง พื้นที่การเกษตรบริเวณเขตเทศบาลนครนครราชสีมาหลายส่วนได้ถูกเปลี่ยนสภาพเป็นที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรม สำหรับภาคอุตสาหกรรมถือเป็นหนึ่งในเมืองศูนย์กลางอุตสาหกรรมของภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากมีความพร้อมในด้านโครงสร้างพื้นฐาน ทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมในการการเป็นศูนย์กลางกระจายสินค้า และมีประชากรวัยแรงงานสูงถึงร้อยละ 72 ของประชากรทั้งหมดในจังหวัด โดยมีโรงงานที่การจดทะเบียนประกอบกิจการ ณ วันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2554 จำนวน 2,402 แห่ง ซึ่งอุตสาหกรรมที่มีการลงทุนสูง 3 อันดับแรก คือ อุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิค อุตสาหกรรมโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้า และอุตสาหกรรมการทำน้ำตาลทรายดิบ ตามลำดับ (สำนักงานจังหวัดนครราชสีมา, 2555)

2.2.2.3 การคมนาคมและจราจร

เทศบาลนครนครราชสีมาเป็นชุมชนเมืองที่ตั้งอยู่บริเวณจุดผ่านเข้าและออกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือไปยังภูมิภาคอื่นในประเทศไทย ถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาประกอบด้วยถนนทางหลวงและถนนสายหลัก ซึ่งถนนสายหลักได้จำแนกออกเป็นถนนสายประธานและสายกระจาย โครงข่ายถนนสายประธานมีลักษณะเป็นตารางอยู่ภายในบริเวณคูเมืองของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ได้แก่ ถนนอัษฎางค์ ถนนราชนิกูล ถนนกำแหงสงคราม ถนนสรรพสิทธิ์ ถนนช้างเผือก ถนนราชดำเนิน ถนนเบญจรงค์ ถนนประจักษ์ และถนนกุดั่น เป็นต้น ขณะที่ถนนสายกระจายจะเชื่อมต่อไปยังถนนบริเวณคูเมืองเก่า ได้แก่ ถนนมุขมนตรี ถนนสืบศิริ ถนนสุรนารี ถนนโพธิ์กลาง ถนนจอมสุรางค์ยาตร์ สำหรับโครงข่ายถนนที่มีการขยายออกไปทาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทิศตะวันตกของตัวเมืองเก่าจะเป็นถนนทางหลวง ได้แก่ ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2) ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (ทล. 205) ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224) และถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 (ทล. 304) (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 โครงข่ายถนนทางหลวงและถนนสายหลักในเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

2.2.3 ปริมาณยานพาหนะ

จังหวัดนครราชสีมามีปริมาณการใช้ยานพาหนะและปริมาณรถจดทะเบียนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ซึ่งพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีปริมาณยานพาหนะหนาแน่นสูงกว่าพื้นที่อื่นในจังหวัดนครนครราชสีมา จากข้อมูลปริมาณการจราจรบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาทั้งหมด 5 สาย ได้แก่ ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ถนนมิตรภาพ) ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (ถนนสุรนารายณ์) ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 (ถนนนครราชสีมา-ปักธงชัย) ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ถนนนครราชสีมา-โชคชัย) และถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 204 (ถนนเลี่ยงเมืองนครราชสีมา) พบว่า ประเภทยานพาหนะที่สำคัญบนถนนทางหลวงของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา คือ รถยนต์ส่วนบุคคล และรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ โดยถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 มีปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยสูงกว่าถนนสายอื่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อย่างชัดเจน เนื่องจากเป็นเส้นทางหลักที่ใช้ในการเดินทางเข้าสู่พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเป็นเส้นทางหลักที่เชื่อมต่อไปยังถนนสายสำคัญของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ตารางที่ 2.3) (กรมทางหลวง, 2556) และข้อมูลปริมาณยานพาหนะบนถนนสายหลักและถนนซอยในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 พบว่า ปริมาณยานพาหนะบนถนนแต่ละสายที่ศึกษามีค่าแตกต่างกันตามลักษณะทางกายภาพของถนนและสภาพการจราจร โดยถนนสายหลัก (Main roads) มีปริมาณยานพาหนะสูงกว่าถนนซอย (Side roads) ซึ่งประเภทยานพาหนะที่สำคัญบนถนนสายหลักและถนนซอย ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถบรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์นั่งส่วนบุคคล โดยมีปริมาณยานพาหนะคิดเป็นร้อยละ 52, 22 และ 21 ของปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยทั้งหมดต่อวันตามลำดับ (ตารางที่ 2.4 และ 2.5) (สฤษดิ์ โคตุละ, 2553) จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาเป็นเมืองที่มีปริมาณการใช้ยานพาหนะบนถนนสูง โดยเฉพาะบนถนนทางหลวงและแยกการจราจรที่สำคัญของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล, 2550)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณยานพาหนะบนถนนทางหลวง (Highways) เฉลี่ยต่อวันในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2556 (กรมทางหลวง, 2556 ข)

ถนน	ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย (คันต่อวัน)				
	รถยนต์ส่วนบุคคล	รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ	รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป	รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป	รถจักรยานยนต์ และรถสามล้อเครื่อง
ถนนมิตรภาพ (ทล. 2) กม. 146+072	26,737	18,516	2,537	2,225	12,022
ทางเลี่ยงเมืองนครราชสีมา (ทล. 204) กม. 2+500	4,906	3,264	2,241	404	4,299
ถนนสุรนารายณ์ (ทล. 205) กม. 232+502	18,993	399	755	382	9,131
นครราชสีมา - โชคชัย (ทล. 224) กม. 2+535	9,334	2,906	3,171	1,631	6,287
นครราชสีมา - ปักธงชัย (ทล. 304) กม. 283+515	6,719	8,383	5,939	2,097	4,244
รวม	66,689	33,468	14,643	6,739	35,983

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 ปริมาณยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์และรถยนต์เบนซินเฉลี่ยต่อวันบนถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 (สฤษดิ์ โคตุละ, 2553)

ชื่อถนน	ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย (คันต่อวัน)			
	รถจักรยานยนต์	รถสามล้อเครื่อง	รถยนต์ส่วนบุคคล	รถยนต์โดยสารขนาดเล็กและรถตู้โดยสาร
สืบศิริ	15,984	508	11,554	994
มุขมนตรี	18,599	661	10,272	1,323
เดชอุดม	15,310	376	6,336	383
โพธิ์กลาง	11,123	637	4,888	725
ชุมพล	13,389	898	7,223	2,905
จอมพล	7,880	443	3,160	911
ไชยณรงค์	13,159	295	5,591	496
ช้างเผือก	15,250	634	8,173	455
จันทร์	6,203	340	3,284	174
เบญจรงค์	15,600	364	2,999	451
เดชอุดมซอย 6	11,205	209	3,439	326
กีฬากลาง	11,736	198	2,591	344
ตรอกสมอราย	8,692	150	2,081	321
ตรอกกิ่งสวายเรียง	10,024	148	2,245	488
สืบสิริ ซอย 30/1	2,700	17	755	44
เดชอุดม ซอย 14	2,805	56	878	225
มิตรภาพ ซอย 13	815	5	399	21
มุขมนตรี ซอย 20	2,609	25	331	31
สามสิบกันยา	12,108	134	1,636	33
ท้าวสุระ ซอย 3	4,579	31	330	277
รวม	199,770	6,129	78,165	10,927

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.5 ปริมาณยานพาหนะประเภทรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กและรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่เฉลี่ยต่อวันบนถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 (สฤษดิ์ โคตุละ, 2553)

ชื่อถนน	ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย (คันต่อวัน)				
	รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป	รถบรรทุก 4 ล้อ	รถบรรทุก 6 ล้อ	รถบรรทุก 10 ล้อ	รถเทรเลอร์และรถพ่วง
สืบศิริ	68	9,297	303	102	8
มุขมนตรี	60	10,784	202	65	13
เดชอุดม	44	5,747	92	20	0
โพธิ์กลาง	19	4,976	69	29	0
ชุมพล	198	8,782	138	43	1
จอมพล	8	4,688	49	39	1
ไชยณรงค์	25	5,079	63	27	0
ช้างเผือก	43	7,504	97	39	1
จันทร์	21	4,066	59	49	0
เบญจรงค์	15	4,894	210	80	9
เดชอุดมซอย 6	8	4,217	261	43	4
กีฬากลาง	28	2,663	47	11	0
ตรอกสมอราย	16	2,453	36	16	0
ตรอกกิ่งสวายเรียง	11	2,523	31	13	0
สืบสิรี ซอย 30/1	3	898	15	1	0
เดชอุดม ซอย 14	0	923	28	3	0
มิตรภาพ ซอย 13	3	391	3	1	0
มุขมนตรี ซอย 20	8	434	15	1	0
สามสิบกันยา	4	1,541	35	1	0
ท้าวสุระ ซอย 3	0	583	13	0	0
รวม	582	82,443	1,766	583	37

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.4 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงส่วนใหญ่ในจังหวัดนครราชสีมาเกิดจากภาคขนส่งและอุตสาหกรรม ข้อมูลการจำหน่ายน้ำมันของสถานีจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2552 พบว่า สถานีจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละแห่งมีปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณยานพาหนะ และทำเลที่ตั้งของสถานีจำหน่ายน้ำมัน ประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะที่มีปริมาณการใช้ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาสูงสุดและต่ำสุด คือ น้ำมันดีเซล และแก๊สโซฮอล์ E20 ตามลำดับ (ตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.6 ปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงจากสถานีจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในเทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2552 (สำนักงานพลังงานจังหวัดนครราชสีมา, 2553)

ชื่อบริษัทจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	เบนซิน 91	แก๊สโซฮอล์ 91	แก๊สโซฮอล์ 95	แก๊สโซฮอล์ E20	ดีเซล	ดีเซล B5
บริษัท บางจากกรีนเนท จำกัด	-	1,800	720	576	792	900
หจก. ราชสีมาไตรมิตรปิโตรเลียม	384	432	528	-	1,056	-
หจก. ที เอส 2000 ดี 1	576	227	251	-	528	1,305
หจก. โคราชกว้างไพศาล	219	-	146	-	438	-
หจก. 7 ก้าวจำกัด	429	737	360	-	750	575
หจก. โคราช วี เอส กรุ๊ป	-	900	396	-	684	540
หจก. มหานครรุ่งเรืองเซอร์วิส	-	960	840	-	-	1,080
หจก. โคราชดาวเจริญ	550	393	338	-	1,756	1,898
ปตท. บริหารธุรกิจค้าปลีก 1	897	-	1,239	-	2,786	861
บริษัท ไทยสงวนบริการ	624	480	432	-	1,776	1,872
ปตท. บริหารธุรกิจค้าปลีก 2	897	-	1,238	-	2,786	861
หจก. ที เอส 2000ดี 2	701	454	250	-	1,584	-
หจก. พงษ์กิต	539	443	655	-	3,578	1,084
ขาวแดงออยล์ 1	147	62	-	-	512	-
ขาวแดงออยล์ 2	54	-	-	-	90	-
รวม	6,019	6,887	7,392	576	19,117	10,978

หมายเหตุ สัญลักษณ์ - หมายถึง ไม่มีการจำหน่ายเชื้อเพลิง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

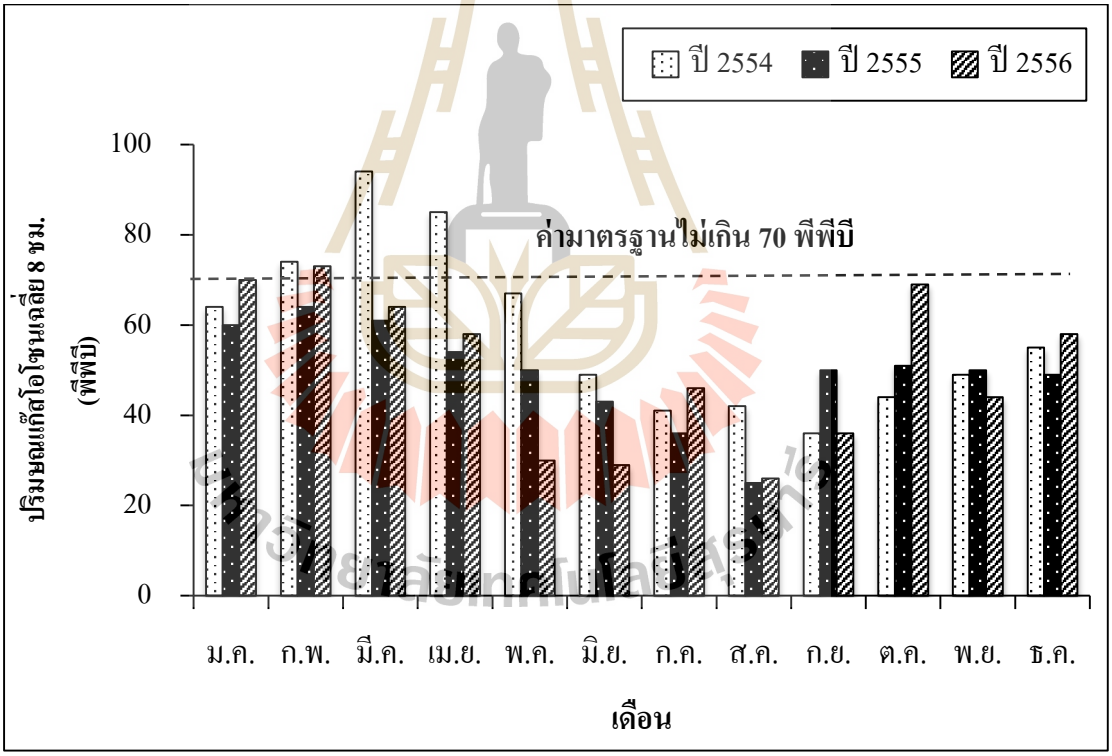
2.2.5 สถานการณ์คุณภาพอากาศ

ปัญหาการจราจรหนาแน่นเป็นสาเหตุสำคัญต่อการเกิดปัญหามลพิษอากาศบริเวณพื้นที่ริมถนน การประมาณการระบายสารมลพิษอากาศในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาโดยใช้แบบจำลอง MOBILEV (Chuersuwan, 2013) พบว่า อัตราการระบายสารมลพิษเกือบทุกประเภทจากยานพาหนะบนถนน (Road source) มีปริมาณสูงกว่าแหล่งกำเนิดประเภทอื่นอย่างชัดเจน ปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะบนทางหลวง (Highways) ถนนสายหลัก (Main roads) และถนนซอยย่อย (Side road) มีค่าแตกต่างกัน โดยสารมลพิษอากาศที่สำคัญบนทางหลวง คือ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอย (PM) เนื่องจากทางหลวงมีปริมาณรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อ และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางที่สูง และเป็นแหล่งกำเนิดหลักของสารมลพิษดังกล่าว ขณะที่ถนนซอยย่อยมีปริมาณรถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคลสูง ทำให้มีปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่รวมมีเทน (NMVOC) สูงกว่าถนนประเภทอื่น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นสารมลพิษอากาศที่มีสัดส่วนการปล่อยสู่บรรยากาศสูงสุดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาประมาณ 14,146 ตันต่อปี และมีปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 310,781 ตันต่อปี (ตารางที่ 2.7) และจากข้อมูลการประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาโดยใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (สฤษดิ์ โคตุละ, 2553) พบว่า ทางหลวงมีสัดส่วนปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศสูงกว่าถนนสายหลักและถนนซอย ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์และรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่เป็นแหล่งกำเนิดสารมลพิษที่สำคัญของพื้นที่ ซึ่งแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีสัดส่วนการปล่อยสารมลพิษสู่บรรยายสูงสุดประมาณร้อยละ 53.36 ของปริมาณสารมลพิษทั้งหมด และมีสัดส่วนปริมาณการปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด คิดเป็นร้อยละ 0.85 (รูปที่ 2.4 และ 2.5)

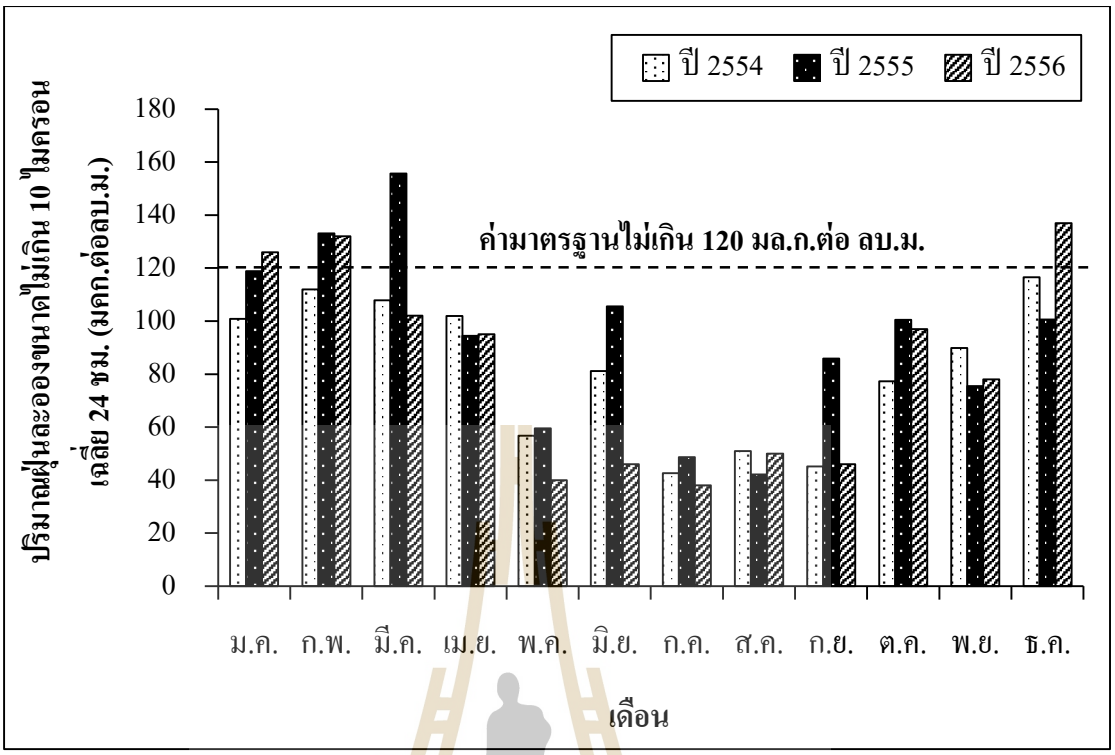
ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยทั่วไปในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2554 ถึง 2556 พบว่า สารมลพิษอากาศส่วนใหญ่ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามเวลา โดยแก๊สโอโซนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมีค่าปริมาณสารมลพิษเฉลี่ยบางเดือนสูงเกินกว่าระดับที่มาตรฐานฯ กำหนด ซึ่งจะเห็นได้ชัดในช่วงที่มีสภาพอากาศแห้งระหว่างเดือนธันวาคมถึงมีนาคม (รูปที่ 2.4 และ 2.5) (กรมควบคุมมลพิษ, 2557) ซึ่งค่าความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศที่สูงอาจจะทำให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้เห็นว่าพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะสูง และเป็นเมืองสำคัญแห่งหนึ่งที่กำลังมีปัญหามลพิษอากาศ

ตารางที่ 2.7 ปริมาณสารมลพิษอากาศและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 (Chuersuwan, 2013)

แหล่งกำเนิด	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (ตันต่อปี)					
	PM	NO_x	CO	SO_2	NMVOC	CO_2
ถนนทางหลวง	43.20	1451.49	6190.16	0.93	1066.19	184446.97
ถนนสายหลัก	12.31	129.87	2611.84	0.21	570.51	38333.20
ถนนซอยย่อย	25.26	244.08	7332.04	0.47	1659.18	88001.70
สถานีขนส่ง	2.19	47.22	12.43	0.01	2.36	4542.20
รวม	82.96	1872.66	16146.47	1.622	3298.24	315324.1



รูปที่ 2.4 ปริมาณแก๊สโอโซนเฉลี่ย 8 ชั่วโมงจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง ณ สถานีสูบน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2556 (กรมควบคุมมลพิษ, 2557)



รูปที่ 2.5 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง ณ สถานีสูบน้ำเสียเทศบาลนครราชสีมาปี พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2556 (กรมควบคุมมลพิษ, 2557)

2.3 สารมลพิษอากาศจากยานพาหนะ

ปริมาณสารมลพิษอากาศที่ปล่อยสู่บรรยากาศในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งประเภทแหล่งกำเนิดสารมลพิษและลักษณะกิจกรรมการเกิดสารมลพิษจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณและชนิดของสารมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ปริมาณสารมลพิษอากาศในบรรยากาศสูงจะทำให้เกิดผลกระทบทั้งต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

2.3.1 ที่มาของสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะ

สารมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจากการขับขี่ยานพาหนะบนถนนมาจาก 2 ส่วนหลัก คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ และการระเหยของเชื้อเพลิง

1) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ (Exhaust emission)

การขับเคลื่อนของยานพาหนะเกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion engine, ICE) กระบวนการสันดาประหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศในเครื่องยนต์จะเกิดการปลดปล่อยพลังงานเคมีออกมา การเผาไหม้ที่สมบูรณ์

พอดีหรือการเผาไหม้ทางทฤษฎี (Theoretical combustion) จะทำให้ออกซิเจนและไฮโดรเจนถูกออกซิไดซ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำได้ทั้งหมด (สมการที่ 1) แต่โดยทั่วไปการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะเกิดสารมลพิษอากาศหลายชนิดระบายออกสู่บรรยากาศ ได้แก่ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x), แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), ไฮโดรคาร์บอน (HC) และอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอย (PM) เป็นต้น (สมการที่ 2)

สมการการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ stoichiometry (สมรัฐ เกิดสุวรรณ, 2549)

$$C_xH_y + a(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow xCO_2 + \left(\frac{y}{2}\right)H_2O + 3.76aN_2 \quad (1)$$

สมการการเผาไหม้ชื้อเพลิงทั่วไป

$$\underset{\text{(HC)}}{\text{เชื้อเพลิง}} + \underset{\text{(O และ N)}}{\text{อากาศ}} \longrightarrow CO_2 + H_2O + \underset{\text{(CO, } SO_2\text{, } NO_x\text{, HC และสารอื่น)}}{\text{สารมลพิษอากาศ}} \quad (2)$$

2) การระเหยของเชื้อเพลิง (Evaporative emission)

สารกลุ่มไฮโดรคาร์บอนสามารถเกิดการระเหยออกสู่บรรยากาศได้ ซึ่งจุดที่เกิดการระเหยของเชื้อเพลิงจากยานพาหนะ คือ ถังน้ำมัน และเครื่องยนต์ การระเหยของสารไฮโดรคาร์บอนจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ คุณสมบัติการระเหยของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบรรยากาศ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระบบเชื้อเพลิงขณะขับขี่ยาพนาหนะ โดยทั่วไปการระเหยของเชื้อเพลิงจากยานพาหนะมี 4 ประเภท ดังนี้ (ศิริมา หนูทิม, 2551)

- Diurnal คือ เมื่ออุณหภูมิระหว่างวันเพิ่มสูงขึ้น จะส่งผลให้อุณหภูมิภายในถังบรรจุเชื้อเพลิงสูง และเกิดการระเหยของเชื้อเพลิง

- Running losses คือ การระเหยของเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นขณะที่รถวิ่ง

- Hot soak คือ การระเหยของเชื้อเพลิงขณะที่เครื่องยนต์ยังคงร้อนอยู่หลังจากที่เพิ่งดับเครื่องยนต์ไม่นาน

- Refueling คือ การระเหยขณะเติมเชื้อเพลิงลงถังเชื้อเพลิงยานพาหนะ โดยส่วนที่เป็นไอจะถูกแทนที่โดยเชื้อเพลิง และเกิดการระบายออกสู่บรรยากาศ

2.3.2 ผลกระทบจากสารมลพิษอากาศ

สารมลพิษอากาศที่มีอยู่ในบรรยากาศจะก่อให้เกิดทั้งผลกระทบโดยตรงและโดยอ้อม สารมลพิษอากาศสำคัญที่มีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย ได้แก่ SO_2, NO_2, CO, $PM_{2.5}$, PM_{10}, TSP, O_3 และ Pb ซึ่งสารมลพิษแต่ละชนิดจะมีผลกระทบที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติทางเคมีของสารมลพิษ ปริมาณสารมลพิษ และระยะเวลาการรับสัมผัสสารมลพิษอากาศ นอกจากนี้ สารมลพิษอากาศบางชนิดอาจมีผลที่เสริมฤทธิ์กันหรือมีผลหักล้างกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับความเป็นพิษที่เพิ่มสูงขึ้นหรือลดลง โดยผลกระทบที่เกิดจากปัญหามลพิษทางอากาศมีทั้งต่อสุขภาพ พืช สัตว์ และวัสดุ

2.3.2.1 ผลกระทบต่อสุขภาพ

ก) แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีคุณลักษณะไม่มีสี ไม่ไวไฟ เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจะเกิดซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และรวมตัวกับไอน้ำเป็นกรดซัลฟูริก การรับสัมผัสแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และละอองกรดซัลฟูริกผ่านทางการหายใจอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง เป็นต้น และหากแก๊สซัลเฟอร์ไตรออกไซด์รวมกับฝุ่นละอองจะเกิดเป็นฝุ่นละอองซัลเฟสที่มีความอันตรายมากต่อระบบทางเดินหายใจ เพราะจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในระบบทางเดินหายใจ (นพภาพร พาณิช และคณะ, 2550) ทั้งนี้ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นในระดับที่สูงกว่า 20 พีพีเอ็ม จะส่งผลกระทบเฉียบพลันต่อสุขภาพ (ปราณี พันธุมสินชัย และคณะ, 2550)

ข) ฝุ่นละออง เกิดขึ้นจากการรวมกันของอนุภาคของแข็งและละอองของเหลวที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ ลักษณะของฝุ่นละอองมีทั้งแบบอนุภาคขนาดใหญ่ที่มองเห็นเป็นลักษณะเขม่าควัน และแบบอนุภาคขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ซึ่งฝุ่นละอองตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปจำแนกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ (Total Suspended Particulate, TSP) ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) โดยฝุ่นละอองขนาดเล็กมากจะมีอันตรายต่อสุขภาพสูงกว่าฝุ่นละอองขนาดใหญ่ (นพภาพร พาณิช และคณะ, 2550; U.S. EPA, 2014 a) กลุ่มเด็กและผู้สูงอายุที่เป็นโรคหัวใจและโรคปอดจะมีโอกาสเสียชีวิตจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองสูง เนื่องจากเกิดภาวะหัวใจวาย การเต้นของหัวใจผิดปกติ โรคหอบหืดกำเริบ ประสิทธิภาพการทำงานของปอดลดลง เกิดการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ และการหายใจลำบาก

ค) แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์และเป็นองค์ประกอบหลักของออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ เมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจจะทำให้เกิดผลกระทบต่อส่วนล่างของระบบทางเดินหายใจ รวมไปถึงหลอดลมเล็กและถุงลมของปอด

จนทำให้เกิดการอักเสบภายในของปอด อาการแสดงเมื่อมีการรับสัมผัสแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์แตกต่างกันตามปริมาณการได้รับสัมผัสและความไวของแต่ละบุคคล (ตารางที่ 2.8) แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์สามารถเกิดปฏิกิริยาโฟโตลิซีส (Photolysis) ที่ซึ่งอะตอมของออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจนทำให้เกิดแก๊สโอโซน และเมื่อโอโซนทำปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์จะเกิดแก๊สไนโตรเจน

ตารางที่ 2.8 ผลกระทบของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อมนุษย์ (ทัศนวรรณ ธีระเวชชวงศ์, 2546)

ค่าความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	**ระยะเวลาสัมผัส**	**ผลกระทบต่อมนุษย์**
300	-	เสียชีวิตอย่างเฉียบพลัน
150	-	เสียชีวิตภายใน 2-3 สัปดาห์ด้วยโรคหลอดลมฝอยอุดตัน
50	-	หลอดลมทำงานผิดปกติ, เป็นโรคหลอดลมฝอยอักเสบ
10	-	ความสามารถในการรับรู้กลิ่นไนโตรเจนไดออกไซด์ลดลง
5	15 นาที	ความสามารถในการลำเลียงแก๊สระหว่างเม็ดเลือดและปอดในผู้ใหญ่ ณ ภาวะร่างกายปกติลดลง
2.5	2 ชั่วโมง	เพิ่มความต้านทานของทางเดินหายใจในผู้ใหญ่ที่สุขภาพแข็งแรง
1	15 นาที	เพิ่มความต้านทานของทางเดินหายใจในหลอดลม
0.1	1 ชั่วโมง	เพิ่มความต้านทานของทางเดินอากาศและเพิ่มความตึบตันของทางเดินหายใจของผู้ป่วยหอบหืด
0.12	-	เริ่มรับรู้กลิ่นไนโตรเจนไดออกไซด์

ง) แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มีคุณลักษณะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส การหายใจเอาแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าสู่ภายในร่างกาย จะทำให้แก๊สดังกล่าวเข้าไปแย่งแก๊สออกซิเจนในการจับกับฮีโมโกลบิน และเกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (COHb)โดยปริมาณการเกิดคาร์บอกซีฮีโมโกลบินในเลือดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้รับทางการหายใจ และระยะเวลาการรับสัมผัสสาร (นพภาพร พาณิช และคณะ, 2550) แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 1000 พีพีเอ็ม อาจทำให้เสียชีวิตได้ เพราะจะทำให้ร่างกายและสมองขาดแก๊สออกซิเจน การรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เข้มข้น 35 พีพีเอ็ม

เป็นระยะเวลานาน 1 ชั่วโมง หรือการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ 9 พีพีเอ็ม เป็นระยะเวลานาน 8 ชั่วโมง จะส่งผลให้เกิดคาร์บอกซีฮีโมโกลบินในเลือดถึงร้อยละ 1.3 (ตารางที่ 2.9)

ตารางที่ 2.9 อาการตอบสนองต่อระดับคาร์บอกซีฮีโมโกบินอิ่มตัวในเลือด (นพภาพร พาณิช และคณะ, 2550; Krupa, 1997)

ร้อยละ COHb	อาการตอบสนอง	
	คนปกติ (ผู้ใหญ่)	**ผู้ป่วยโรคหัวใจ**
0.3-0.7	ยังไม่ปรากฏอาการ	-
1-5	กระตุ้นหัวใจให้สูบฉีดเลือดไปเลี้ยงอวัยวะสำคัญบางส่วนเพิ่มขึ้น	หัวใจไม่สามารถสูบฉีดเลือดชดเชยได้ และความสามารถในการออกกำลังกายของผู้ป่วยด้วยโรคหัวใจตีบลดลง
5-9	การมองเห็นต้องใช้แสงเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ	การออกกำลังกายเพียงเล็กน้อย จะทำให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบเกิดอาการผิดปกติ เช่น เจ็บหน้าอก
16-20	ปวดศีรษะ การมองเห็นพร่ามัว	อาจเป็นอันตรายถึงตายได้
20-30	ปวดศีรษะ คลื่นไส้ ลดความสามารถในการทำงานประณีต	-
30-40	ปวดศีรษะรุนแรง คลื่นไส้ และอาเจียน อ่อนแรง เป็นลม หมดสติ	-
50	หมดสติ และชัก	-
60-70	อาจเสียชีวิตหากไม่ได้รับการรักษาทันที	-

(จ) แก๊สโอโซน เป็นสารมลพิษอากาศชนิดทุติยภูมิที่เกิดขึ้นจากทำปฏิกิริยาระหว่างแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์กับไฮโดรคาร์บอนโดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ประชากรกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายจากแก๊สโอโซน ได้แก่ เด็ก คนชรา ผู้ป่วยเป็นโรคปอดหรือหลอดลม เช่น โรคหอบหืด และผู้ที่ทำงานหรือออกกำลังกายภายนอกบ้านการรับสัมผัสแก๊สโอโซนเป็นระยะเวลานาน จะทำให้เนื้อเยื่อปอดถูกทำลาย และส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของปอดลดลง จากรายงานผลกระทบต่อสุขภาพต่อปริมาณการรับสัมผัสแก๊สโอโซนขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ปี ค.ศ. 1978 ระบุว่าการรับสัมผัสโอโซน 0.10-

0.25 พีพีเอ็ม จะส่งผลต่อปอดของเด็ก ระบบทางเดินหายใจ การระคายเคืองตา และถ้าการรับสัมผัสโอโซน 0.10 ถึง 0.15 พีพีเอ็ม จะลดความสามารถในการออกกำลังกาย และลดประสิทธิภาพการทำงานปอดของผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจเรื้อรัง (นพภาพร พาณิช และคณะ, 2550) และการรับสัมผัสแก๊สโอโซนที่ความเข้มข้น 0.10-0.40 พีพีเอ็ม เป็นระยะเวลา 1-2 ชั่วโมง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของปอดคนและสัตว์อย่างมีนัยสำคัญ (Krupa, 1997)

ฉ) ตะกั่ว ละอองตะกั่วมีการกระจายอยู่ในบรรยากาศทั่วไป การรับสัมผัสสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ โรคเลือดจาง เม็ดเลือดแดงอายุสั้นลง ความผิดปกติของทารกในครรภ์ ความผิดปกติของระบบประสาท เช่น อาการชัก หมดสติ และยังเป็นอันตรายต่อไต ทางเดินอาหาร ตับ หัวใจ ระบบสืบพันธุ์ได้ โดยช่วงหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยมีการยกเลิกใช้สารตะกั่วเป็นส่วนผสมในน้ำมันเชื้อพลิง ส่งผลให้ปริมาณตะกั่วในบรรยากาศลดลงอย่างต่อเนื่อง

2.3.2.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สารมลพิษอากาศหลายชนิดทำให้เกิดผลกระทบต่อสัตว์ พืช และวัสดุอื่น เช่น สารออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SO_2, SO_3) ละอองกรดซัลฟูริก สารประกอบฟลูออไรด์ (HF, SiF_4) สารโฟโตเคมิคัลออกซิแดนท์ (O_3, PAN) คลอรีน ไฮโดรเจนคลอไรด์ แอมโมเนีย ฟอร์มาลดีไฮด์ ซัลไฟด์ ไฮโดรเจน ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ เขม่า และฝุ่นละออง เป็นต้น โดยสารมลพิษอากาศแต่ละชนิดจะก่อให้เกิดผลกระทบที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติของสารนั้น

ก) ผลกระทบต่อสัตว์

การรับสัมผัสสารมลพิษอากาศของสัตว์ทำให้เกิดความผิดปกติของเซลล์ในสิ่งมีชีวิตและอาจถึงตายได้ ตัวอย่างเช่น หนอนไหมกินใบหม่อนที่ปนเปื้อนสารประกอบฟลูออไรด์ที่สูงกว่า 30 พีพีเอ็ม จะทำให้หนอนไหมไม่มีการพัฒนาเป็นดักแด้ และถ้าหนอนไหมกินใบหม่อนที่ปนเปื้อนกำมะถันสูงกว่าร้อยละ 0.3 จะทำให้หนอนไหมไม่อยากอาหาร ทำกิจกรรมน้อยลง และมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ สำหรับวัวกินหญ้าที่มีการปนเปื้อนฟลูออรีนประมาณ 30-50 พีพีเอ็ม เป็นระยะเวลานานจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระดูกและฟันของวัว

ข) ผลกระทบต่อพืช

สารมลพิษอากาศสามารถแทรกซึมเข้าสู่ต้นพืชได้ทั้งทางปากใบและทางราก และส่งผลให้เกิดการทำลายเซลล์ภายในของพืชแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2.10) โดยจะเห็นว่าพืชส่วนใหญ่จะมีลักษณะลำต้น ใบ และรากที่ไม่สมบรูณ์ มีจุดด่างซีด ไม่มีการเจริญเติบโต และร่วงตาย เมื่อได้รับสารมลพิษเข้าสู่ต้นพืช

ตารางที่ 2.10 ผลกระทบต่อพืชจากการได้รับสารมลพิษอากาศแต่ละชนิด (นพภาพร พาณิช และคณะ, 2550)

สารมลพิษอากาศ	ความเข้มข้น	ระยะเวลาการรับสัมผัส	ผลกระทบต่อพืช
O_3	0.03 พีพีเอ็ม	4 ชั่วโมง	บริเวณเนื้อเยื่อที่เป็นริ้วของพืชจะมีจุดด่างซีด เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโต และใบร่วงเร็ว
PAN	0.01 พีพีเอ็ม	6 ชั่วโมง	บริเวณเนื้อเยื่อพืชจะมีลักษณะเป็นฟองน้ำ จะมีความมันวาวสีโลหะขึ้นที่หลังใบ
NO_2	2.5 พีพีเอ็ม	4 ชั่วโมง	บริเวณเนื้อพืชจะสีขาวและสีน้ำตาลระหว่างเส้นใบ และมีจุดด่างที่รูปร่างไม่แน่นอน
SO_2	0.3 พีพีเอ็ม	8 ชั่วโมง	บริเวณเนื้อใบจะมีจุดด่างที่รูปร่างไม่แน่นอนระหว่างเส้นใบเหลืองซีด หยุดการเจริญเติบโต ใบร่วงเร็ว
HF	0.1 พีพีบี	5 สัปดาห์	บริเวณส่วนผิวและเนื้อใบจะมีลักษณะของปลายและขอบใบแห้งเหี่ยว ใบเหลืองซีด และใบร่วง
Cl	0.1 พีพีเอ็ม	2 ชั่วโมง	บริเวณส่วนผิวและเนื้อใบจะมีจุดด่างขาวระหว่างเส้นใบร่วง

ค) ผลกระทบต่อระบบนิเวศ

สารมลพิษอากาศสำคัญที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดฝนกรด คือ ออกไซด์ของไนโตรเจน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อสารดังกล่าวทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีอยู่ในเมฆหรือหมอก จะทำให้เกิดกรดซัลฟูริกและกรดไนตริกตกลงสู่สิ่งแวดล้อมได้ทั้งในรูปของฝน หิมะ หมอก และอนุภาค และนำไปสู่การเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต เช่น พืชและสัตว์น้ำ ซึ่งผลกระทบต่อพืชจากฝนกรด เช่น พืชเกิดการสังเคราะห์แสงได้ลดลง การสูญเสียธาตุอาหารที่เป็นแคทไอออนเบสที่มีผลต่อการขนส่งลำเลียงน้ำของพืช เกิดการละลายของธาตุอะลูมิเนียมสูง การดูดน้ำและการเจริญเติบโตของพืชลดลง

ง) ผลกระทบต่อวัสดุ

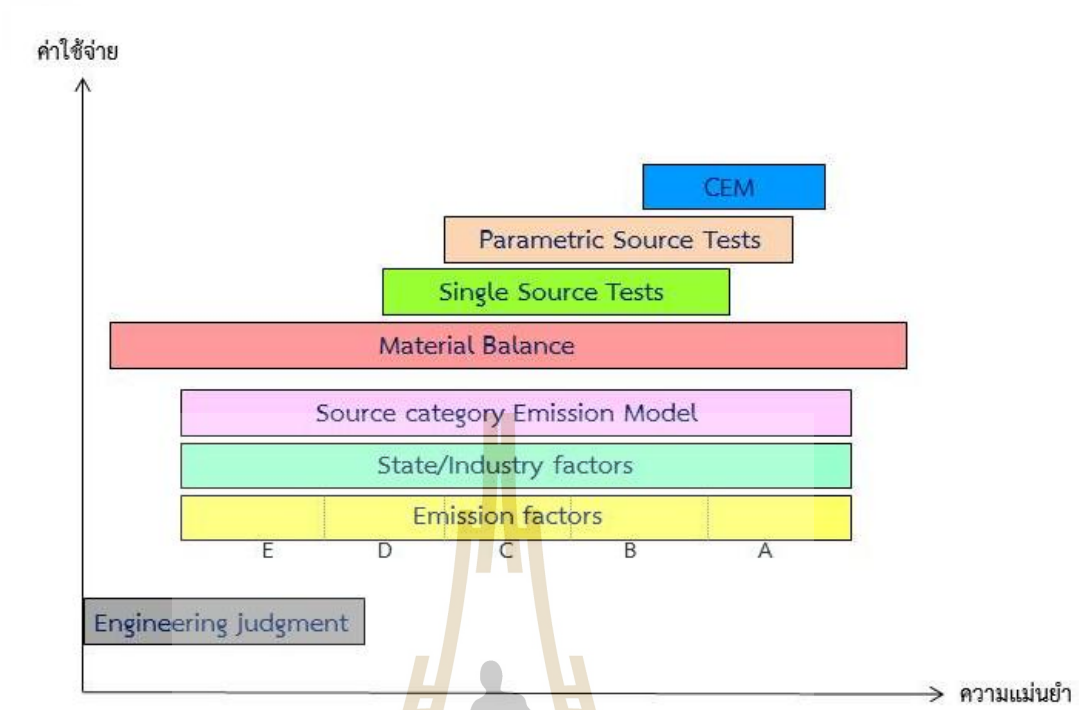
สารมลพิษอากาศบางชนิดสามารถทำปฏิกิริยากับวัสดุบางประเภท และทำให้เกิดความเสียหายของวัสดุได้ เช่น สารประกอบซัลเฟอร์สามารถกัดกร่อนวัสดุและสิ่งก่อสร้าง สามารถเป็นตัวเร่งให้เกิดการกัดกร่อนของโลหะ หินปูน หินอ่อน หินชนวน กระเบื้องหลังคา และปูนซิเมนต์ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการกัดกร่อนวัสดุจะเกิดสารละลายแคลเซียมซัลเฟต นอกจากนี้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และกรดซัลฟูริคยังลดความแข็งแรงของเชือกไนลอน (ตารางที่ 2.11)

ตารางที่ 2.11 สารมลพิษอากาศกับผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อวัสดุ (นพภาพร พาณิช และคณะ, 2550)

ประเภทวัสดุ	สารมลพิษ	ผลกระทบต่อวัสดุ
อาคารและสิ่งก่อสร้าง	SO_2, O_3, H_2S และ NO_2	ทำให้อาคารมีสีซีดลงหรือมีสีเขม่าดำ เกิดการสึกกร่อน
โลหะ	NO_2 และ SO_2	ทำให้โลหะเป็นสนิม สึกและผุกร่อน
ยาง	O_3	ทำให้เกิดการเปราะ และแตกหักง่ายของยาง
เส้นใยและสีย้อม	SO_2, O_3 และ NO_2	ทำให้เสื้อผ้าเสียหาย เกิดการเปื่อยขาดและเปรอะเปื้อน
แก้วและเซรามิค	HF	ทำให้ผิวแก้วและเซรามิคมีผิวด้านและลดความมันเงา

2.4 การประมาณมลพิษอากาศจากยานพาหนะ

การประมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น วัตถุประสงค์ของการใช้งาน เครื่องมือและอุปกรณ์ในการศึกษา ความแม่นยำที่ต้องการ ระยะเวลาในการศึกษา และค่าใช้จ่าย เป็นต้น วิธีการประมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศที่มีโดยทั่วไป ได้แก่ State factor, Emission model, Material balance, Single source test, Parametric source test และการตรวจวัดจากแหล่งกำเนิดอย่างต่อเนื่อง (CEM) เป็นต้น (รูปที่ 2.6) โดยวิธีการประมาณโดยใช้ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษสามารถแบ่งออกเป็นระดับตั้งแต่ A ถึง E เมื่อ A (ดีมาก), B (ดี), C (ปานกลาง), D (น้อย) และ E (น้อยที่สุด) เรียกว่า Emission factor ratings จะช่วยบอกถึงระดับความน่าเชื่อถือของค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษที่ใช้ สำหรับการประมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Source) สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ การทำสมดุลมวล การตรวจวัดมลพิษ เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ผู้ศึกษาวิจัยจึงต้องทำการพิจารณาให้เหมาะสมกับการศึกษา



รูปที่ 2.6 การเปรียบเทียบวิธีการประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศ (U.S. EPA, 1995)

2.4.1 การใช้ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ

เป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการประมาณการปล่อยสารมลพิษในหลายพื้นที่ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำ ทำได้ง่าย โดยผู้ใช้จะต้องทราบขีดจำกัดด้านความถูกต้องของวิธีการนี้ ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (Emission factors) เป็นค่าตัวแทนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยมลพิษกับกิจกรรมในรูปของน้ำหนักสารมลพิษต่อหน่วย (น้ำหนัก ปริมาตร ระยะทาง หรือเวลา) ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษนิยมใช้ในการจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษ (Emission inventory) จากแหล่งกำเนิดในพื้นที่สนใจ และใช้ในการจำลองการแพร่กระจายของสารมลพิษ ปัจจุบันหน่วยงานทั้งในประเทศและองค์กรระหว่างประเทศได้มีการพัฒนาค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษให้ครอบคลุมทุกประเภทแหล่งกำเนิด และมีการจัดพิมพ์เอกสารแสดงค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษเผยแพร่สู่สาธารณะ (ตารางที่ 2.12)

ตารางที่ 2.12 แหล่งข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (Emission factors) (นพภาพร พาณิช และคณะ, 2550; กรมควบคุมมลพิษ, 2556)

ที่มาของข้อมูล	รายละเอียด
World Health Organization (WHO)	จัดทำคู่มือเพื่อใช้ในการประมาณปริมาณมลพิษอย่างง่าย ทำได้รวดเร็ว (Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution) และครอบคลุมแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ น้ำเสีย และขยะมูลฝอย
United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA)	จัดทำเอกสารค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษอากาศที่ครอบคลุมแต่ละประเภทแหล่งกำเนิด และมีรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะของแหล่งกำเนิดที่มีผลต่อการปล่อยสารมลพิษอากาศ เพื่อให้ผู้ใช้พิจารณาค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษที่มีความเหมาะสมกับสภาพแหล่งกำเนิดจริง
European Environmental Agency (EEA)	จัดทำคู่มือเพื่อใช้ในการประมาณปริมาณสารมลพิษอากาศที่ก่อให้เกิดปัญหาฝนกรด แก๊สโอโซน และภาวะโลกร้อน สำหรับประเทศสมาชิกในยุโรป
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	จัดทำบัญชีแก๊สเรือนกระจกแห่งชาติ เพื่อใช้ศึกษาผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน
กรมควบคุมมลพิษ	จัดทำคู่มือการประมาณการปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะและพัฒนาค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในประเทศไทย

คู่มือบัญชีการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะขององค์การสิ่งแวดล้อมยุโรป (European Environment Agency, EEA) ได้แสดงค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษในประเทศกลุ่มยุโรปของยานพาหนะทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car), รถบรรทุก 4 ล้อ (Light–duty vehicles), รถบรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป (Heavy-duty vehicles), รถโดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป (Bus) และรถจักรยานยนต์ (Moped and Motorcycle) โดยค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษของยานพาหนะแต่ละประเภทจะถูกจำแนกออกตามประเภทเชื้อเพลิง ภาระบรรทุก และประเภทเครื่องยนต์ ชนิดสารมลพิษอากาศที่ศึกษามีหลายชนิด ได้แก่ CO, NMVOC, NO_x, N_2O, NH_3, Pb, CO_2, $PM_{2.5}$, SO_2 และธาตุโลหะหนัก แต่สำหรับค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะในประเทศไทยที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยกรมควบคุมมลพิษ ได้มีการแสดงค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษจาก

ยานพาหนะทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ รถจักรยานยนต์ (Motorcycle), รถสามล้อเครื่อง (Tuk Tuk), รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ (Pick up), รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car), รถยนต์รับจ้างส่วนบุคคล (Taxi), รถตู้โดยสาร (Van), รถโดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป (Bus) และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป (Truck) ที่ซึ่งค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษที่ได้จะถูกพิจารณาถึงประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ ชนิดสารมลพิษอากาศที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน แก๊สไฮโดรคาร์บอน และฝุ่นละออง ทั้งนี้ ยังได้มีการศึกษาไปถึงค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากเป็นแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญ และมีสัดส่วนการปล่อยจากแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่ได้สูง

เมื่อเปรียบเทียบค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษของกรมควบคุมมลพิษกับหน่วยงานสิ่งแวดล้อมยุโรป (ตารางที่ 2.13) พบว่า การพัฒนาค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษของทั้งสองหน่วยงานมีรูปแบบที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์และความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ กรมควบคุมมลพิษมีการพัฒนาค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษของสารมลพิษหลัก 4 ชนิด ขณะที่หน่วยงานสิ่งแวดล้อมยุโรปได้พัฒนาค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษของสารมลพิษและธาตุโลหะหนักหลายชนิด โดยมีการจำแนกค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษของยานพาหนะตามประเภทยานพาหนะ ประเภทเทคโนโลยียานพาหนะ ประเภทเชื้อเพลิง รวมไปถึงขนาดของเครื่องยนต์ ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ ได้แก่ ประเภทของยานพาหนะ อายุของยานพาหนะ วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ ชนิดของเชื้อเพลิง และเทคโนโลยียานพาหนะ โดยข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะโดยตรง (กรมควบคุมมลพิษ, 2556) การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ (Driving cycles) เป็นวิธีการศึกษารูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ซึ่งหากนำวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะมาใช้ในการพัฒนาค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ จะทำให้ผู้ศึกษาได้ค่าการประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น ทั้งนี้ ข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษควรได้รับการปรับปรุงให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อให้ค่าการประมาณมลพิษจากยานพาหนะถูกต้องมากขึ้น

การประมาณอัตราการระบายสารมลพิษจากการทำกิจกรรมหนึ่ง คำนวณได้จากการคูณค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factors) กับอัตราการทำกิจกรรมหนึ่ง และคูณร้อยละประสิทธิภาพการควบคุมดังสมการที่ 3 และการประมาณมลพิษจากกิจกรรมการใช้ยานพาหนะบนถนนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4 โดยการคูณค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษของยานพาหนะคูณกับระยะทางที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ และคูณค่าปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย จากนั้นจะได้อัตราการปล่อยสารมลพิษเฉลี่ยของยานพาหนะ

สมการการประมาณการปล่อยสารมลพิษทั่วไป (U.S. EPA, 2014 b)

$$E = A \times EF\left(\frac{1-ER}{100}\right) \quad (3)$$

เมื่อ E คือ ปริมาณการปล่อยมลพิษ (มวลต่อระยะเวลา)

A คือ อัตราการทำกิจกรรม (หน่วยของกิจกรรมต่อเวลา)

EF คือ ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ สำหรับกิจกรรมที่ไม่มีการควบคุมมลพิษ (มวลต่อหน่วยของกิจกรรม)

ER คือ ประสิทธิภาพการควบคุมมลพิษ (%)

สมการการประมาณการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

$$E_{ij} = N_j \times EF_{ij} \times D \quad (4)$$

เมื่อ E_{ij} คือ อัตราการระบายสารมลพิษ i จากรถประเภท j (กรัมต่อวัน)

N_j คือ ปริมาณยานพาหนะของยานพาหนะประเภท j (คันต่อวัน)

EF_{ij} คือ ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ i จากรถประเภท j (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)

D คือ ระยะทางที่รถวิ่ง (กิโลเมตร)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.13 ตารางเปรียบเทียบค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ (กรมควบคุมมลพิษ, 2556; EEA, 2009)

เทคโนโลยียานพาหนะ	เชื้อเพลิงยานพาหนะ	ปริมาณการระบายสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)						หมายเหตุ
		HC	CO	NO_x	CO_2	PM	$PM_{2.5}$	
Buses (1) และ Coaches (2)								
EURO I (Pre-2000)	ดีเซล	0.819	11.203	8.816	758.630	969.110	-	คพ. (2556)
EURO II (2001-2004)	ดีเซล	0.732	5.604	7.308	802.778	893.667	-	
EURO I (Pre-2000)	ซีเอ็นจี	5.979	10.398	31.498	1056.250	-	-	
EURO II (2001-2004)	ซีเอ็นจี	3.906	0.882	12.364	1069.900	-	-	
EURO I – 91/542/EEC I[(1)]	ดีเซล	-	2.710	10.100	-	-	0.479	EEA (2009)
EURO II – 91/542/EEC II[(1)]	ดีเซล	-	2.440	10.700	-	-	0.220	
EURO I – 91/542/EEC I[(2)]	ดีเซล	-	1.850	8.100	-	-	0.362	
EURO II – 91/542/EEC II[(2)]	ดีเซล	-	1.600	8.950	-	-	0.165	
EURO I – 91/542/EEC I[(1)]	ซีเอ็นจี	-	8.400	16.500	-	-	0.020	
EURO II – 91/542/EEC II[(1)]	ซีเอ็นจี	-	2.700	15.000	-	-	0.010	
Truck or Heavy-duty vehicle (3)								
EURO I (Pre-2000)	ดีเซล	0.837	5.813	8.299	810.778	1030.222	-	คพ. (2556)
EURO II (2001-2004)	ดีเซล	0.410	2.702	7.499	779.667	386.778	-	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.13 ตารางเปรียบเทียบค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ (ต่อ)

เทคโนโลยียานพาหนะ	เชื้อเพลิงยานพาหนะ	ปริมาณการระบายสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)						หมายเหตุ
		HC	CO	NO_x	CO_2	PM	$PM_{2.5}$	
EURO I - 91/542/EEC I	ดีเซล ภาระบรรทุก ≤ 7.5 ตัน	-	0.657	3.37	-	-	0.129	EEA (2009)
EURO II – 91/542/EEC II	ดีเซล ภาระบรรทุก ≤ 7.5 ตัน	-	0.537	3.49	-	-	0.061	
EURO I – 91/542/EEC I	ดีเซล ภาระบรรทุก 12-14 ตัน	-	1.020	5.310	-	-	0.201	
EURO II – 91/542/EEC II	ดีเซล ภาระบรรทุก 12-14 ตัน	-	0.902	5.500	-	-	0.104	
EURO I – 91/542/EEC I	ดีเซล ภาระบรรทุก 20-26 ตัน	-	1.550	7.520	-	-	0.297	
EURO II – 91/542/EEC II	ดีเซล ภาระบรรทุก 20-26 ตัน	-	1.380	7.910	-	-	0.155	
EURO I – 91/542/EEC I	ดีเซล ภาระบรรทุก > 32 ตัน	-	1.900	9.040	-	-	0.258	
EURO II – 91/542/EEC II	ดีเซล ภาระบรรทุก > 32 ตัน	-	1.690	9.360	-	-	0.194	
Pick up or Light-dust vehicle (4)								
EURO I (Pre-2000)	ดีเซล B3	0.108	0.683	2.617	245.863	0.149	-	คพ. (2556)
EURO II (2001-2004)	ดีเซล B3	0.046	0.243	0.707	206.741	0.038	-	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.13 ตารางเปรียบเทียบค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (ต่อ)

เทคโนโลยียานพาหนะ	เชื้อเพลิงยานพาหนะ	ปริมาณการระบายสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)						หมายเหตุ
		HC	CO	NO_x	CO_2	PM	$PM_{2.5}$	
EURO III (2005-2011)	ดีเซล B3	0.071	0.567	0.732	197.520	0.059	-	คพ. (2556)
EURO I (Pre-2000)	ดีเซล B5	0.250	0.894	1.345	211.213	0.099	-	
EURO II (2001-2004)	ดีเซล B5	0.053	0.459	0.625	193.214	0.146	-	
EURO III (2005-2011)	ดีเซล B5	0.100	0.562	0.664	185.677	0.057	-	
EURO III (2005-2011)	ซีเอ็นจี	0.140	0.056	0.503	192.413	-	-	
EURO I - 93/59/EEC	เบนซินภาระบรรทุก <3.5 ตัน	-	8.82	0.563	-	-	0.0023	EEA (2009)
EURO II - 96/69/EEC	เบนซินภาระบรรทุก <3.5 ตัน	-	5.89	0.23	-	-	0.0023	
EURO III - 98/69/ECI	เบนซินภาระบรรทุก <3.5 ตัน	-	5.05	0.129	-	-	0.0011	
EURO I - 93/59/EEC2	ดีเซลภาระบรรทุก <3.5 ตัน	-	0.577	1.22	-	-	0.117	
EURO II - 96/69/EEC	ดีเซลภาระบรรทุก <3.5 ตัน	-	0.577	1.22	-	-	0.117	
EURO III - 98/69/ECI	ดีเซลภาระบรรทุก <3.5 ตัน	-	0.473	1.03	-	-	0.0783	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.13 ตารางเปรียบเทียบค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (ต่อ)

เทคโนโลยียานพาหนะ	เชื้อเพลิงยานพาหนะ	ปริมาณการระบายสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)						หมายเหตุ
		HC	CO	NO_x	CO_2	PM	$PM_{2.5}$	
Passenger car (5) and Taxi (6)								
EURO I (Pre-2000)[5]	เบนซิน 91	0.238	1.752	0.634	158.728	-	-	คพ. (2556)
EURO II (2001-2004)[5]	เบนซิน 91	0.053	0.572	0.217	165.152	-	-	
EURO II (2001-2004)[5]	แก๊สโซฮอล์ 91	0.153	2.459	0.553	145.301	-	-	
EURO III (2005-2011)[5]	แก๊สโซฮอล์ 91	0.012	0.240	0.016	145.153	-	-	
EURO I (Pre-2000)[5]	แก๊สโซฮอล์ 95	2.081	13.902	1.668	143.680	-	-	
EURO II (2001-2004)[5]	แก๊สโซฮอล์ 95	0.034	0.931	0.287	173.201	-	-	
EURO III (2005-2011)[5]	แก๊สโซฮอล์ 95	0.006	0.090	0.035	145.049	-	-	
EURO I (Pre-2000)[5]	แก๊สโซฮอล์ E20	0.018	0.101	0.252	232.176	-	-	
EURO II (2001-2004)[5]	แก๊สโซฮอล์ E20	0.042	3.348	0.178	183.569	-	-	
EURO III (2005-2011)[5]	แก๊สโซฮอล์ E20	0.009	0.064	0.022	143.933	-	-	
EURO I (Pre-2000)[5]	แอลพีจี	0.739	3.427	1.441	155.369	-	-	
EURO II (2001-2004)[5]	แอลพีจี	0.179	0.820	3.167	172.270	-	-	
EURO III (2005-2011)[5]	ซีเอ็นจี	0.101	0.058	0.335	161.610	-	-	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.13 ตารางเปรียบเทียบค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (ต่อ)

เทคโนโลยียานพาหนะ	เชื้อเพลิงยานพาหนะ	ปริมาณการระบายสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)						หมายเหตุ
		HC	CO	NO_x	CO_2	PM	$PM_{2.5}$	
EURO III (2005-2011)[6]	แอลพีจี	0.510	0.324	2.514	153.770	-	-	EEA (2009)
EURO III (2005-2011)[6]	ซีเอ็นจี	0.295	0.607	0.184	135.070	-	-	
EURO I - 91/441/EEC[6]	เบนซินภาระบรรทุก < 1.4 I	-	4.230	0.441	-	-	0.0024	
EURO II - 94/12/EEC[6]	เบนซินภาระบรรทุก < 1.4 I	-	2.390	0.242	-	-	0.0024	
EURO III – 98/69/ECI[6]	เบนซินภาระบรรทุก < 1.4 I	-	2.140	0.098	-	-	0.0011	
EURO I – 91/441/EEC[6]	เบนซินภาระบรรทุก 1.41- 2.0 I	-	3.930	0.441	-	-	0.0024	
EURO II – 94/12/EEC[6]	เบนซินภาระบรรทุก 1.41- 2.0 I	-	2.180	0.243	-	-	0.0024	
EURO III – 98/69/ECI[6]	เบนซินภาระบรรทุก 1.41- 2.0 I	-	1.960	0.098	-	-	0.0011	
EURO I – 91/441/EEC[6]	เบนซินภาระบรรทุก > 2.0 I	-	3.330	0.419	-	-	0.0024	
EURO II – 94/12/EEC[6]	เบนซินภาระบรรทุก > 2.0 I	-	1.740	0.226	-	-	0.0024	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.13 ตารางเปรียบเทียบค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (ต่อ)

เทคโนโลยียานพาหนะ	เชื้อเพลิงยานพาหนะ	ปริมาณการระบายสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)						หมายเหตุ
		HC	CO	NO_x	CO_2	PM	$PM_{2.5}$	
EURO III – 98/69/ECI[6]	เบนซิน ภาระบรรทุก > 2.0 I	-	1.580	0.091	-	-	0.0011	EEA (2009)
EURO I – 91/441/EEC[6]	ดีเซล ภาระบรรทุก < 2.0 I	-	0.449	0.691	-	-	0.0877	
EURO II – 94/12/EEC[6]	ดีเซล ภาระบรรทุก < 2.0 I	-	0.333	0.726	-	-	0.0594	
EURO III – 98/69/ECI[6]	ดีเซล ภาระบรรทุก < 2.0 I	-	0.097	0.780	-	-	0.0412	
EURO I – 91/441/EEC[6]	ดีเซล ภาระบรรทุก > 2.0 I	-	0.449	0.691	-	-	0.0877	
EURO II – 94/12/EEC[6]	ดีเซล ภาระบรรทุก > 2.0 I	-	0.999	0.726	-	-	0.0594	
EURO III – 98/69/ECI[6]	ดีเซล ภาระบรรทุก > 2.0 I	-	0.097	0.780	-	-	0.0412	
EURO I – 91/441/EEC[6]	แอลพีจี	-	3.800	0.444	-	-	n.a.	
EURO II – 94/12/EEC[6]	แอลพีจี	-	2.650	0.199	-	-	n.a.	
EURO III – 98/69/ECI[6]	แอลพีจี	-	2.220	0.115	-	-	n.a.	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.13 ตารางเปรียบเทียบค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (ต่อ)

เทคโนโลยียานพาหนะ	เชื้อเพลิงยานพาหนะ	ปริมาณการระบายสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)						หมายเหตุ
		HC	CO	NO_x	CO_2	PM	$PM_{2.5}$	
Motorcycle or Moped (7)								
Pre – 2008	เบนซิน 91	1.985	10.294	0.108	40.307	-	-	คพ. (2556)
EURO III (2009 - 2011)	เบนซิน 91	0.175	2.86	0.144	40.373	-	-	
Pre – 2008[1]	เบนซิน 95	0.638	9.405	0.322	34.106	-	-	
EURO I	เครื่องยนต์ < 50 ลบ.ซม.	-	5.6	0.02	-	-	0.0755	EEA (2009)
EURO II	เครื่องยนต์ < 50 ลบ.ซม.	-	1.3	0.26	-	-	0.0376	
EURO III	เครื่องยนต์ < 50 ลบ.ซม.	-	1.0	0.26	-	-	0.0114	
EURO I	เครื่องยนต์ 2 จังหวะ > 50 ลบ.ซม.	-	16.3	0.28	-	-	0.064	
EURO II	เครื่องยนต์ 2 จังหวะ > 50 ลบ.ซม.	-	11.2	0.14	-	-	0.032	
EURO III	เครื่องยนต์ 2 จังหวะ > 50 ลบ.ซม.	-	2.73	0.28	-	-	0.0096	
EURO I	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ < 250 ลบ.ซม.	-	13.6	0.445	-	-	0.014	
EURO II	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ < 250 ลบ.ซม.	-	7.17	0.317	-	-	0.0035	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.13 ตารางเปรียบเทียบค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (ต่อ)

เทคโนโลยียานพาหนะ	เชื้อเพลิงยานพาหนะ	ปริมาณการระบายสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)						หมายเหตุ
		HC	CO	NO_x	CO_2	PM	$PM_{2.5}$	
EURO III	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ < 250 ลบ.ซม.	-	3.03	0.194	-	-	0.0035	EEA (2009)
EURO I	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ 250-750 ลบ.ซม.	-	13.8	0.477	-	-	0.0014	
EURO II	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ 250-750 ลบ.ซม.	-	7.17	0.317	-	-	0.0035	
EURO III	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ 250-750 ลบ.ซม.	-	3.03	0.194	-	-	0.0035	
EURO I[1]	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ >750 ลบ.ซม.	-	10.1	0.579	-	-	0.0014	
EURO II[1]	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ >750 ลบ.ซม.	-	7.17	0.317	-	-	0.0035	
EURO III[1]	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ >750 ลบ.ซม.	-	3.03	0.194	-	-	0.0035	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4.2 การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

การประมาณการปล่อยมลพิษอากาศโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะมีค่าใช้จ่ายต่ำ รวดเร็ว และสามารถใช้คาดการณ์เหตุการณ์ล่วงหน้าถึงปริมาณการปล่อยสารมลพิษในบรรยากาศอากาศได้ แบบจำลองการประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะมีหลายชนิด ได้แก่ CALINE4, HIWAYS, MOVES, MOBILEV เป็นต้น

2.4.2.1 แบบจำลอง CALINE4

เป็นแบบจำลองคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดแบบเส้น (Line source) โดยถูกพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 โดย California Department of Transportation (Caltrans) แบบจำลองดังกล่าวจะใช้หลักการแพร่กระจายของ Gaussian และระยะการผสม (Mixing zone) เพื่อคาดการณ์ปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศบนถนน บริเวณพื้นที่ใกล้แยกจราจร พื้นที่ลานจอดรถ และถนนที่มีอาคารสูงล้อมรอบ โดยส่วนใหญ่แบบจำลอง CALINE4 จะนิยมนำมาใช้สำหรับคาดการณ์ความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศบริเวณริมทางด่วนและถนนทางหลวง หรือใช้ประเมินคุณภาพอากาศในระดับเล็ก (Greenway, 2003) รวมถึงนำมาใช้ประมาณการปล่อยสารมลพิษในระยะห่างจากถนนภายในรัศมี 500 เมตร ซึ่งชนิดสารมลพิษอากาศที่สามารถประมาณค่าได้มีหลายชนิด ได้แก่ CO, NO_2, $PM_{2.5}$ และ SF_6 เป็นต้น (California Department of Transportation [Caltrans] , 1989) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการประมาณมลพิษจากยานพาหนะ ได้แก่ ข้อมูลถนน ข้อมูลปริมาณยานพาหนะ ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และตำแหน่งของผู้ได้รับผลกระทบ เป็นต้น (ธนศักดิ์ วิศรี, 2547) CALINE4 เป็นที่ยอมรับขององค์กรด้านสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา ทำให้มีการนำแบบจำลองดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประเมินสิ่งแวดล้อมทั้งสหรัฐอเมริกาและในประเทศอื่นกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งข้อจำกัดที่สำคัญของการใช้แบบจำลอง CALINE4 มี 2 ข้อ คือ การเปรียบเทียบค่าที่สังเกตได้กับค่าการประมาณโดยแบบจำลอง CALINE4 ทำได้ยาก เนื่องจากต้องการข้อมูลที่ละเอียดในการวิเคราะห์ และใช้ระยะเวลามาก โดยเฉพาะในพื้นที่ศึกษาขนาดใหญ่และมีจำนวนผู้รับผลกระทบมาก (Goyal et al., 2010) และแบบจำลองนี้จะทำการรันได้ต่อเมื่อมีข้อมูลการเชื่อมโยงของถนนอย่างน้อย 20 สาย และมีจุดรับผลกระทบอย่างน้อย 20 จุดขึ้นไป ทั้งนี้ข้อกำจัดดังกล่าวสามารถปรับปรุงให้เหมาะสมกับการดำเนินงานได้ แต่ค่าการประมาณที่ได้จะมีความถูกต้องต่ำ (Lao, 2010) ดังนั้น จึงควรพิจารณาถึงขนาดของพื้นที่ศึกษาให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนด

2.4.2.2 แบบจำลอง HIWAY2

เป็นแบบจำลองการปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบเส้น (Line source) ที่ถูกพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 โดยองค์กรด้านสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา หรือ US EPA แบบจำลอง HIWAY2 สร้างบนพื้นฐานของสมการการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบเส้น และสามารถพิจารณาถึงขอบเขตที่จำกัดของแหล่งกำเนิดแบบเส้นในแต่ละทิศทางของกระแสลมได้ (U.S. EPA, 1980) โดยแบบจำลองนี้เหมาะสมสำหรับใช้ประมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศชนิด Non-reactive gases จากถนนทางด่วนในระดับพื้นดินที่ระยะห่างจากถนนประมาณ 10-1000 เมตร

2.4.2.3 แบบจำลอง MOBILE

องค์กรด้านสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาแบบจำลอง MOBILE1 ถึง MOBILE6.2 ในช่วงปี ค.ศ. 1978 ถึง ค.ศ. 2001 เพื่อใช้ประมาณสารมลพิษอากาศจากสภาพการจราจรที่เป็นจริงของแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่บนถนน (on-road vehicles) โดยปัจจัยนำเข้าที่เกี่ยวข้องกับการประมาณมลพิษของแบบจำลอง MOBILE6 ได้แก่ ปริมาณยานพาหนะประเภทยานพาหนะ ระยะการเดินทาง อายุของยานพาหนะ ข้อมูลภูมิศาสตร์ ข้อมูลถนน ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลเชื้อเพลิงยานพาหนะ และข้อมูลยานพาหนะ ซึ่งค่าที่ได้จากการประมาณมลพิษจากการขับขี่ยานพาหนะจะรายงานในรูปของน้ำหนัก (กรัม) ต่อระยะทาง หรือน้ำหนัก (กรัม) ต่อระยะเวลา แบบจำลอง MOBILE6 ได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนมาถึง MOBILE6.2 แบบจำลองนี้สามารถประมาณสารมลพิษอากาศได้ครอบคลุมประเภทยานพาหนะ ประเภทเชื้อเพลิง และเทคโนโลยียานพาหนะในพื้นที่ศึกษาได้กว้างขึ้น แบบจำลอง MOBILE6.2 ได้มีการนำข้อมูลวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ (Driving cycles) มาใช้ประกอบการคำนวณปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะ ซึ่งชนิดสารมลพิษอากาศที่ประมาณได้มีทั้งหมด 21 ชนิด ได้แก่ HC, CO, NO_x, CO_2, SO_2, NH_3, เมธิล เทอร์เทียรี บิวทิล (Methyl t-Butyl Ether), 1,3-บิวทาไดอีน (1,3-Butadiene) ฟอร์มอร์ดีไฮด์ (Formaldehyde) เอทานอล(Acetaldehyde), แอโครลีน (Acrolein), เบนซิน (Benzene) และฝุ่นละออง (SO_4, OCARBON, ECARBON, GASMP, Pb, Break, Tire) (U.S. EPA, 2003; U.S. EPA, 2013 b)

2.4.2.4 แบบจำลอง MOVES2014

เป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นใหม่จากแบบจำลอง MOBILE โดยองค์กรด้านสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา แบบจำลอง MOVES (Motor Vehicle Emissions Simulator) ใช้สมการลอการึทึมขั้นสูงร่วมกับข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ (การเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว และความเร็วคงที่) ที่เกิดขึ้นตลอดการเดินทางหนึ่ง สำหรับคำนวณค่าปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะในระดับประเทศ รัฐ และพื้นที่ขนาดเล็ก ทำให้ได้ข้อมูลการประมาณสารมลพิษที่มีความถูกต้องมากกว่าแบบจำลอง MOBILE การคำนวณค่าประมาณสารมลพิษอากาศ จากยานพาหนะของแบบจำลอง MOVES2010 จะอาศัยข้อมูลนำเข้าจำนวนมาก ได้แก่ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลปริมาณยานพาหนะ ข้อมูลอายุของยานพาหนะ ข้อมูลระยะการเดินทาง ข้อมูลความเร็วเฉลี่ย ข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะ ข้อมูลประเภทยานพาหนะ ข้อมูลประเภทถนน และข้อมูลวัฏจักรการขับขี่ เป็นต้น โดยค่าที่ได้จากการประมาณจะรายงานออกมาในรูปของน้ำหนัก (กรัม) ต่อระยะทาง หรือน้ำหนัก (กรัม) ต่อยานพาหนะ MOVES2010 สามารถประมาณการปล่อยสารมลพิษได้ 41 ชนิด ซึ่งประกอบด้วยชนิดสารมลพิษเดียวกันกับแบบจำลอง MOBILE6.2 แต่มี

การเพิ่มสารมลพิษบางชนิด เช่น สารอินทรีย์ระเหย (VOC), ไนตริกออกไซด์ (NO), มีเทน (CH_4), ไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) เป็นต้น แบบจำลอง MOVES2014 ถูกปรับปรุงขึ้นมาแทน MOVES2010 โดยมีการเพิ่มเติมรายละเอียดของข้อมูลนำเข้าที่นำมาใช้ประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะมากขึ้น เช่น คุณสมบัติของเชื้อเพลิงยานพาหนะ การระเหยของเชื้อเพลิงยานพาหนะเมื่อจอดอยู่กับที่ การวิเคราะห์ข้อมูลฝุ่นละอองที่มีความเฉพาะเจาะจง การปรับปรุงข้อมูลปริมาณยานพาหนะ ขนาดพื้นที่ศึกษา ระยะการเดินทาง และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่เป็นปัจจุบันมากขึ้น (U.S. EPA, 2009) นอกจากนี้ แบบจำลอง MOVES2014 ได้เพิ่มความสามารถในการคำนวณปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่ที่ไม่วิ่งบนถนน (Non-road Source) ดังนั้น แบบจำลอง MOVES2014 จึงมีความเหมาะสำหรับนำมาใช้ในการประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะในปัจจุบัน เพราะสามารถให้ค่าการประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะที่มีความถูกต้องสูงขึ้น และสามารถนำไปใช้ได้กับหลายพื้นที่ตั้งแต่ในระดับเมืองจนถึงระดับประเทศ (U.S. EPA, 2014 c)

2.4.2.5 แบบจำลอง MOBILEV

แบบจำลอง MOBILEV ถูกพัฒนาขึ้นโดยองค์กรสิ่งแวดล้อมของเยอรมัน เพื่อใช้คาดการณ์ผลกระทบของสารมลพิษอากาศจากกิจกรรมการใช้ยานพาหนะบนถนน แบบจำลองนี้อาศัยค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษจากคู่มือค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษเวอร์ชัน 3.1 มาใช้คำนวณปริมาณสารมลพิษ ประเภทยานพาหนะจะถูกจำแนกออกตามชนิดของเครื่องยนต์และน้ำหนักของยานพาหนะ ขณะที่ประเภทถนนจะครอบคลุมสภาพการจราจรในหลายลักษณะบนถนน การประมาณสารมลพิษด้วยแบบจำลอง MOBILEV จะอาศัยข้อมูลพื้นฐานคล้ายกันกับแบบจำลองมลพิษอากาศอื่น เช่น ประเภทถนน ประเภทยานพาหนะ ปริมาณยานพาหนะ และข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะบนถนน ซึ่งชนิดสารมลพิษอากาศที่สามารถประมาณได้มีหลายชนิด ได้แก่ CH_4, CO, HC, N_2O, NH_3, NMHC, NO_x, NO_2, PM, Pb, SO_2 และ CO_2 เป็นต้น (Steven, 2010)

แบบจำลองที่ใช้ประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะมีทั้งข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ผู้ศึกษาวิจัยจำเป็นต้องเลือกใช้แบบจำลองให้เหมาะสมกับการผู้ศึกษานั้น (ตารางที่ 2.14) แบบจำลอง HIWAY2, MOBILE6.2 และ CALINE4 เป็นแบบจำลองที่ได้รับความนิยมในการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะอย่างแพร่หลาย ซึ่งการประมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากยานพาหนะโดยใช้แบบจำลอง MOBILE6.2 และ CALINE4 ในเมืองปักกิ่งและเมืองกว่างโจว พบว่า แบบจำลองมลพิษอากาศทั้งสองสามารถนำมาใช้ประมาณปริมาณฝุ่นละอองในประเทศจีนได้ดี โดยเฉพาะกับเมืองที่ปริมาณจราจรหนาแน่น (Wang et al., 2014) และข้อมูลการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะบนถนนลาดพร้าว

ในพื้นที่กรุงเทพฯ ด้วยแบบจำลอง MOBILE5 และ MOBILE6 พบว่า ค่าปริมาณคาร์บอน-มอนอกไซด์และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากแบบจำลองกับค่าการตรวจวัดจริงมีความสัมพันธ์กันต่ำ และเมื่อทำการปรับแก้ค่าคงที่ของสมการในแบบจำลอง ทำให้ค่าการประมาณมลพิษดีขึ้นเล็กน้อย ซึ่งสาเหตุที่อาจมีผลต่อค่าความเข้มของสารมลพิษที่แตกต่างกันของแบบจำลองกับค่าการตรวจวัดจริง ได้แก่ ข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองไม่ทันสมัย ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองไม่เหมาะสมกับสภาวะของประเทศไทย ค่า Aspect ration (H/W) ของถนนลาดพร้าวมีค่าค่อนข้างต่ำ และตำแหน่งสถานีตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษไม่เหมาะสมกับการศึกษาครั้งนี้ (Thitisakdanon, 2005) ปัจจุบันจึงมีหลายหน่วยงานทำการปรับปรุงและพัฒนาแบบจำลองสำหรับประมาณสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบเส้นให้มีเหมาะสมกับแต่ละพื้นที่มากขึ้น แบบจำลอง MOVES2014 เป็นแบบจำลองประมาณการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะล่าสุดขององค์กรด้านสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา โดยแบบจำลอง MOVES จะมีความถูกต้องในการคำนวณปริมาณการปล่อยสารมลพิษสูงกว่าแบบจำลอง MOBILE6.2 เนื่องจากมีการปรับปรุงค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษของยานพาหนะที่ครอบคลุมยานพาหนะประเภทใหม่ และคำนวณค่าอัตราการปล่อยสารมลพิษภายใต้ข้อมูลความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะเร่งความเร็ว ชะลอความเร็ว ความเร็วคงที่ และการหยุดรถที่เกิดขึ้นตลอดการเดินทางหนึ่ง (U.S. EPA, 2009) การเปรียบเทียบค่าประมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนในเมืองเมอริเดียนด้วยแบบจำลอง MOBILE6.2 กับแบบจำลอง MOVES พบว่า สัดส่วนของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จากทั้งสองแบบจำลองมีความแตกต่างกันมาก โดยแบบจำลอง MOVES และMOBILE6.2 มีค่าสัดส่วนของปริมาณ CO_2 ต่อ NO_x เฉลี่ยต่อชั่วโมงเท่ากับ 9.1 และ 20.2 ตามลำดับ (Wallace et al., 2012) จากข้อมูลการประมาณมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ได้บนถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาด้วยแบบจำลอง MOBILEV พบว่า แบบจำลอง MOBILEV สามารถใช้ประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะได้ทั้งบนถนนทางหลวง ถนนสายหลัก และถนนซอย และให้ค่าประมาณการปล่อยสารมลพิษที่เหมาะสมกับประเภทยานพาหนะและประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะที่ใช้ ทั้งนี้แบบจำลองนี้ยังคงมีปัญหาในการประมาณค่าฝุ่นละอองและเขม่าจากรถจักรยานยนต์ เนื่องจากข้อกำหนดในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นเฉพาะในเชื้อเพลิงดีเซล ทำให้แบบจำลอง MOBILEV ไม่มีการนำเข้าข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษของฝุ่นละอองจากรถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (Chuersuwan, 2013) แบบจำลอง MOBILE และ MOBILEV มีความน่าเชื่อถือสูงต่อการนำไปใช้ประมาณมลพิษจากยานพาหนะในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่มีการนำมาใช้โดยหน่วยงานรัฐบาลของประเทศ และได้รับการยอมรับสำหรับนำมาใช้กำหนดกฎหมายด้านมลพิษอากาศในระดับประเทศหรือรัฐ (Haq and Schwela,

2008) แต่อย่างไรก็ตาม แบบจำลอง MOBILE จะได้รับความนิยมสำหรับนำมาใช้ประมาณมลพิษจากยานพาหนะมากกว่าแบบจำลอง MOBILEV เนื่องจากแบบจำลอง MOVES เป็นแบบจำลองที่มีการเผยแพร่ทางสาธารณะ ทำให้คนทั่วไปสามารถเข้าถึงการใช้งานได้ง่ายและไม่มีค่าใช้จ่าย

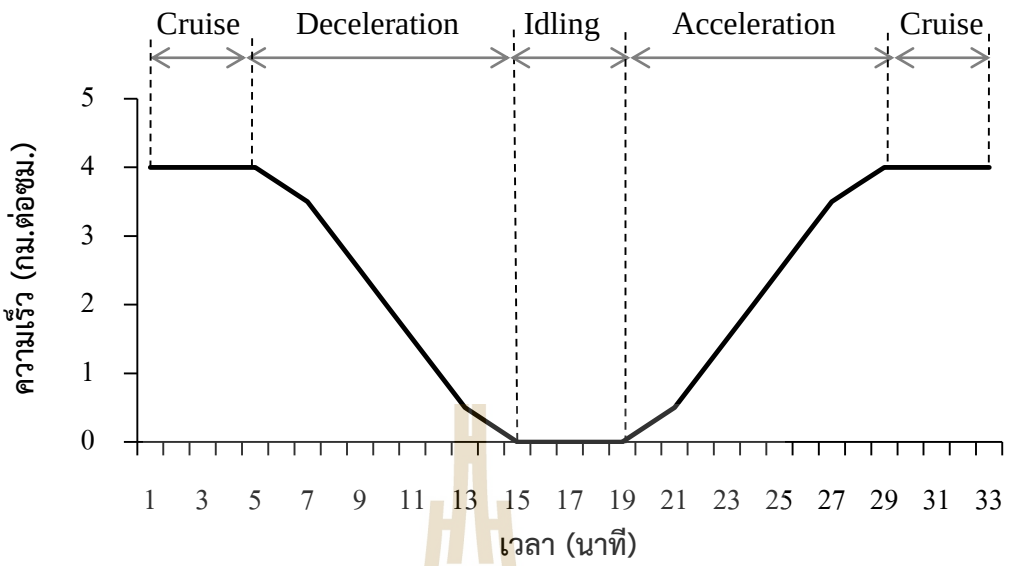
ตารางที่ 2.14 ข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (Caltrans, 1997; Lao, 2010; Steven, 2010; US EPA, 1980; 2003; 2009; 2013 b; 2014 c)

แบบจำลองมลพิษอากาศ	ข้อดี	ข้อจำกัด
CALINE4	1) ไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน 2) เหมาะสำหรับใช้ประเมินในพื้นที่ลานจอดรถ และถนนที่มีตึกล้อมรอบ 3) ใช้ประเมินแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่บนถนน	1) ใช้ประเมินมลพิษที่ระยะห่างจากถนนรัศมีไม่เกิน 500 เมตร 2) ขนาดพื้นที่ศึกษาจะต้องอยู่ในขอบเขตที่กำหนด 3) ใช้ข้อมูลนำเข้าจำนวนมาก
HIWAY2	1) ไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน 2) เหมาะสำหรับคาดการณ์มลพิษจากถนนทางด่วน 3) ใช้ประเมินแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่บนถนน	1) ใช้คาดการณ์มลพิษที่ระยะห่างจากถนน 10-100 เมตร 2) นิยมใช้ประมาณสารมลพิษชนิด Non - reactive gases
MOBILE6.2	1) ไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน 2) ให้ความถูกต้องสูงในการประมาณการปล่อยมลพิษเชิงพื้นที่ 3) ใช้ประเมินแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่บนถนน	1) ประเภทของยานพาหนะและประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะค่อนข้างจำกัด 2) ใช้ประเมินยานพาหนะบนถนนทางหลวง
MOVES2014	1) ไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน 2) ใช้ประเมินแหล่งกำเนิดทั้งแบบเคลื่อนที่บนถนนและแบบที่ไม่เคลื่อนที่บนถนน 3) ให้ค่าประมาณถูกต้องสูงกว่า MOBILE6.2	1) การจำแนกประเภยานพาหนะไม่ครอบคลุมสภาพจราจรในบางพื้นที่
MOBILEV	1) การจำแนกประเภทยานพาหนะและประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะที่ครอบคลุมในหลายพื้นที่ 2) ใช้ประเมินแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่บนถนน	1) มีค่าใช้จ่ายสูงในการใช้งาน 2) การประมาณมลพิษบางชนิดยังไม่ครอบคลุมกับบางพื้นที่

2.5 วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ

วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ (Driving cycles) สามารถนำมาใช้ในการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และประเมินผลกระทบจากการจราจร (Wang et al., 2008) แต่ยังคงไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ประมาณการใช้เชื้อเพลิง ถ้าหากมีระยะเวลาการเร่งและการหยุดของยานพาหนะที่ยาวนาน (Kamble et al., 2009) นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ปรับปรุงการออกแบบยานพาหนะให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมได้ (Hung et al., 2007) การเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะประกอบด้วย 4 โหมดหลัก ได้แก่ การเร่งความเร็ว (Acceleration) การชะลอความเร็ว (Deceleration) การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (Cruise) และรถหยุดนิ่ง (Idling) (รูปที่ 2.7) การเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะมีผลต่อปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ โดยช่วงรถหยุดนิ่งจะมีปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนสูง ขณะที่ปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจะสูงในช่วงรถเร่งความเร็วและรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (ตารางที่ 2.15) ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงต้องมีความเข้าใจถึงผลกระทบของความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะที่จะเกิดขึ้นตลอดการเดินทางนั้นกับปริมาณการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ (Pandian et al., 2009)

วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ คือ ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วยานพาหนะที่เปลี่ยนแปลงไปต่อระยะเวลาการเดินทางหนึ่ง ซึ่งความเร็วของยานพาหนะที่สูงจะส่งผลต่อปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Rakha et al., 2000; Vlieger et al., 2000) การเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะจะส่งผลต่ออัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง (Air fuel ratio) ซึ่งการสันดาปภายในที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงแต่ละประเภทจะมีสัดส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงที่หมาะสมแตกต่างกัน โหมดการขับขี่ยานพาหนะขณะรถเร่งความเร็วและขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่จะมีอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงสูง ทำให้เครื่องยนต์มีอากาศมากพอต่อการสันดาป ส่งผลเกิดปริมาณการปล่อยแก๊สไฮโดรคาร์บอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำ แต่เพิ่มปริมาณการปล่อยแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ทำให้การควบคุมสัดส่วนการใช้อากาศต่อเชื้อเพลิง มีความสำคัญต่อการควบคุมการปล่อยไอเสียจากยานพาหนะ (Tiwary and Colls, 2010)



รูปที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงโหมดความเร็วของยานพาหนะในการขับขี่ (Serirattanasakul, 2007)

ตารางที่ 2.15 ตัวอย่างความเข้มข้นของสารมลพิษที่ปล่อยจากเครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์ดีเซลในแต่ละโหมดการขับขี่ยานพาหนะ (Tiwary and Colls, 2010)

ประเภทเครื่องยนต์	สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษโดยปริมาตรของยานพาหนะ (พีพีเอ็ม)			
		Idling	Accelerating	Cruising	Decelerating
เบนซิน	CO	69000	29000	27000	39000
	HC	5300	1600	1000	10000
	NO_x	30	1020	650	20
ดีเซล	CO	-	1000	-	-
	HC	400	200	100	300
	NO_x	60	350	240	30

หมายเหตุ สัญลักษณ์ – หมายถึง ไม่มีข้อมูล

2.5.1 ความหมายของวัฏจักรการขับขี่

วัฏจักรการขับขี่ (Driving cycle) หรือรูปแบบการขับขี่ (Driving pattern) คือ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความเร็วของพาหนะในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อใช้สำหรับเป็นตัวแทนอธิบายลักษณะการขับขี่ของยานพาหนะบนถนน (Tong et al., 1999)

วัฏจักรการขับขี่ คือ การพัฒนาอนุกรมเวลาของความเร็วยานพาหนะ สำหรับใช้เป็นตัวแทนรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ศึกษา (Wang et al., 2008; Hung et al., 2007) และโดยส่วนใหญ่นิยมใช้ข้อมูลการขับขี่จริงของยานพาหนะบนท้องถนนมาเป็นตัวแทนสภาพการขับขี่ยานพาหนะ (Beta et al., 1994; Andre, 2004)

2.5.2 ขั้นตอนการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของยานพาหนะ

การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะสามารถสร้างขึ้นจากข้อมูลการขับขี่ที่สังเคราะห์ขึ้นและข้อมูลการขับขี่จริง โดยทั่วไปนิยมพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะจากข้อมูลการขับขี่จริงมากกว่าใช้ข้อมูลที่สังเคราะห์ขึ้น (Hung et al., 2007) เนื่องจากข้อมูลการขับขี่สังเคราะห์จะทำให้ได้ข้อมูลการขับขี่ที่ไม่เป็นตัวแทนของสภาพการจราจรจริงของพื้นที่ และทำให้ค่าประมาณสารมลพิษอากาศมีคลาดเคลื่อนสูง การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของยานพาหนะประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสร้างวัฏจักรการขับขี่ (Andre, 2004; Hung et al., 2005; Hung et al., 2007; Wang et al., 2008; Tamsanya and Chungpaibulpatana et al., 2009; Kamble et al., 2009) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะบนถนน มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อคุณภาพของข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวมหลายปัจจัย ได้แก่ วิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล ระยะเวลาเฉลี่ยของวัฏจักรการขับขี่ ชนิดของยานพาหนะ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ การเลือกเส้นทางในการศึกษา ลักษณะการขับขี่ยานพาหนะ ช่วงเวลาในการศึกษา และช่วงวันที่ทำการศึกษา เป็นต้น

1) วิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบไปด้วย 2 วิธี ดังนี้

- วิธี On-board measurement method คือ การติดตั้งเครื่องมือวัดค่าความเร็วการขับขี่ยานพาหนะไว้กับยานพาหนะเป้าหมาย

- วิธี Chase car method คือ การวัดค่าความเร็วการขับขี่ยานพาหนะโดยการขับขี่พาหนะติดตามยานพาหนะเป้าหมาย

วิธี Chase car method สามารถให้ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะที่เป็นจริงมากกว่าวิธี On-board measurement method เพราะเป็นการเก็บข้อมูลโดยที่คนขับขี่ยานพาหนะไม่รู้ตัว และง่ายในการเลือกสุ่มกลุ่มตัวอย่าง (Tong et al., 1999; Lin and Niemeier, 2003)

2) ระยะเวลาของวัฏจักรการขับขี่ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- การกำหนดระยะเวลาการขับขี่ที่แน่นอนของแต่ละวัฏจักรการขับขี่ให้อยู่ในช่วงระยะเวลา 1200 ถึง 1800 วินาที หรือประมาณ 20 ถึง 30 นาที

- การไม่กำหนดระยะเวลาการขับขี่ที่แน่นอน โดยระยะเวลาของวัฏจักรการขับขี่จะขึ้นอยู่กับระยะทางในการขับขี่ยานพาหนะนั้น

ทั้งนี้ ระยะเวลาของวัฏจักรการขับขี่ที่เหมาะสมไม่ควรสั้นหรือยาวนานเกินไป ควรมีระยะเวลาที่ยาวนานเพียงพอสำหรับนำมาใช้อธิบายสภาพการจราจรทั้งหมด และเพียงพอต่อการนำมาใช้ประเมินปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะ (Tamsanya and Chungpaibulpatana, 2009) โดยทั่วไปนิยมพัฒนาวัฏจักรการขับขี่แบบไม่กำหนดระยะเวลาการขับขี่ที่แน่นอน (Tong et al., 1999)

3) ประเภทยานพาหนะ โดยทั่วไปนิยมพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของยานพาหนะ 4 ประเภทหลัก ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก และรถยนต์โดยสารขนาดใหญ่ การเลือกประเภทยานพาหนะที่ศึกษาจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ศึกษา และประเภทยานพาหนะที่สำคัญต่อการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศของพื้นที่นั้น

4) เครื่องมือเก็บข้อมูลความเร็วยานพาหนะ ซึ่งเครื่องมือที่นิยมใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ ได้แก่ infrared tachometer, GPS และ microwave ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าความเร็วเฉลี่ยของเครื่อง infrared tachometer, GPS และ microwave พบว่า เครื่องมือทั้งสามประเภทให้ค่าการตรวจวัดที่ใกล้เคียงกัน (Hung et al, 2005) โดยเครื่อง GPS ถูกนำมาใช้ศึกษาความเร็วยานพาหนะมากกว่าเครื่องมือประเภทอื่น เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่หาได้ง่าย และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

5) การเลือกเส้นทางในการศึกษา การประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะนิยมศึกษาในพื้นที่ 4 หลัก ได้แก่ พื้นที่ชุมชนเมือง (Rural area) พื้นที่ชนบท (Urban area) พื้นที่ชานเมือง (Suburban area) และถนนทางหลวง (Highway) โดยการเลือกเส้นทางการศึกษาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะไม่มีข้อมูลอธิบายชัดเจน ซึ่งการเลือกเส้นทางการศึกษาจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย หรืออาจเลือกศึกษาในเส้นทางที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น เช่น เส้นทางจราจรในพื้นที่เขตเมือง (Tamsanya and Chungpaibulpatana, 2009)

6) ลักษณะการขับขี่ยานพาหนะ สามารถศึกษาได้จากการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะและอัตราการเปลี่ยนเกียรของยานพาหนะ แต่ในการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่นิยมศึกษาจากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการศึกษาต่ำและสะดวกในการศึกษา (Pandian, et al., 2009)

7) ช่วงเวลาที่ศึกษา สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (peak hour) และช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน (off-peak hour) ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเลือกศึกษาในช่วงชั่วโมง

เร่งด่วนเป็นหลัก เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่นสูง และมีผลต่อปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศในพื้นที่สูง (Tong et al., 1999)

8) ช่วงวันที่ศึกษา สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ วันทำงาน (weekday) วันหยุด (weekend) และทั้งวันทำงานและวันหยุด (week) ซึ่งโดยทั่วไปจะเลือกศึกษาทั้งช่วงวันทำงานและวันหยุด เพื่อให้ได้ข้อมูลการขับขี่ที่ครอบคลุมสภาพการจราจรโดยรวมของพื้นที่

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลความเร็วที่เกิดขึ้นจากการเดินทางหนึ่งจะถูกนำมาใช้สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะกับระยะเวลาการเดินทาง และถูกพิจารณาแยกออกตามโหมดการขับขี่ยานพาหนะ ซึ่งโหมดการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะจะแบ่งออกเป็น 4 โหมด (รถหยุดนิ่ง รถชะลอความเร็ว รถเร่งความเร็ว และรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่) ข้อมูลความเร็วยานพาหนะจะถูกวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปของค่าพารามิเตอร์ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้และได้รับการยอมรับสำหรับเป็นตัวชี้วัดสภาพการขับขี่จริงของพาหนะประกอบด้วย 10 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ย (V_{avg}) ความเร็วเฉลี่ยขณะที่รถวิ่ง (V_{1avg}) ความเร่งเฉลี่ย ($R_{AC\text{-}avg}$) ความหน่วงเฉลี่ย ($R_{DE\text{-}avg}$) ระยะเวลาขณะยานพาหนะหยุดนิ่ง (idle) ระยะเวลาขณะยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (cruise) ระยะเวลาขณะยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง (acceleration) ระยะเวลาขณะยานพาหนะชะลอความเร็ว (deceleration) ค่าพลังงานจลน์เป็นบวก (PKE) และจำนวนครั้งที่พาหนะหยุดนิ่ง (number of stop/km) (Hung et al., 2005) ซึ่งค่าพารามิเตอร์หลักที่สำคัญต่อการพิจารณารูปแบบการขับขี่ยานพาหนะมี 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ย ระยะเวลาขณะยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ระยะเวลาขณะยานพาหนะชะลอความเร็ว ระยะเวลาขณะยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และระยะเวลาขณะยานพาหนะหยุดนิ่ง (Kamble et al., 2009) ทั้งนี้ อาจมีการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของระยะเวลาขณะยานพาหนะเคลื่อนที่แบบคืบคลาน (creeping) หรือ ขณะเร่งและชะลอความเร็วในระยะเวลาสั้น เข้ามาในโหมดการเปลี่ยนแปลงของการขับขี่ยานพาหนะได้ เพื่อนำมาใช้อธิบายถึงการเร่งและชะลอความเร็วของพาหนะในระยะเวลาสั้นที่จะทำให้เกิดการปล่อยสารมลพิษแบบช้า ซึ่งจะพบได้ในพื้นที่การจราจรแออัดมาก (Hung et al., 2005) ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะที่ได้ จะถูกนำมาใช้สำหรับเปรียบเทียบลักษณะการขับขี่ยานพาหนะในแต่ละพื้นที่

ขั้นตอนที่ 3: การสร้างวัฏจักรการขับขี่

การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะนิยมทำการทดสอบค่าขอบเขตการยอมรับวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ ซึ่งคำนวณได้จากค่าผลต่างของความเร็วเฉลี่ยของพารามิเตอร์เป้าหมายกับความเร็วเฉลี่ยของช่วงการขับขี่ย่อย (Micro trip) และหารด้วยความเร็วเฉลี่ยของ

พารามิเตอร์เป้าหมาย (สมการที่ 5) ค่าพารามิเตอร์เป้าหมาย (Target statistics) ได้มาจากการหาค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะทั้งหมดที่ศึกษา ขณะที่ค่าพารามิเตอร์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งช่วงข้อมูลการขับขี่จริงออกเป็นช่วงย่อย (Micro trips) เป็นตัวแทนของข้อมูลการขับขี่ย่อย โดยข้อมูลการขับขี่ย่อยที่ยอมรับได้จะมีค่าพารามิเตอร์อยู่ในช่วงความคลาดเคลื่อนที่กำหนด และมีบางงานวิจัยกำหนดค่าขอบเขตการยอมรับที่ค่า PV ไม่เกินร้อยละ 5 (Hung et al., 2007) ทั้งนี้ การกำหนดค่าขอบเขตการยอมรับยังไม่มีรายละเอียดที่ชัดเจน ทำให้หลายงานวิจัยเลือกกำหนดค่าขอบเขตการยอมรับตามวัตถุประสงค์และความเหมาะสมของแต่ละงานวิจัย

สมการทดสอบค่าขอบเขตการยอมรับข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ (Hung et al., 2007)

$$PV = \left|\frac{\bar{\theta}_t - \bar{\theta}_i}{\bar{\theta}_t}\right| \quad (5)$$

โดย PV คือ Performance value

$\bar{\theta}_i$ คือ ข้อมูลความเร็วเฉลี่ยของช่วงการขับขี่ย่อย (Micro trip)

$\bar{\theta}_t$ คือ ข้อมูลความเร็วเฉลี่ยของพารามิเตอร์เป้าหมาย

การสร้างวัฏจักรการขับขี่อาจจะใช้วิธีการสุ่มเลือกข้อมูลช่วงการขับขี่ย่อย (Micro trip) จากข้อมูลช่วงการขับขี่ย่อยทั้งหมดของข้อมูลการขับขี่หนึ่ง ซึ่งข้อมูลการขับขี่ย่อยที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้จะถูกนำมารวมกันเพื่อสร้างเป็นวัฏจักรการขับขี่ของพื้นที่ โดยกระบวนการเลือกข้อมูลของช่วงการขับขี่ย่อยจะมีการกำหนดข้อมูลช่วงการขับขี่ย่อยออกเป็นกลุ่มตามตามช่วงความเร็วในคอมพิวเตอร์ จากนั้นโปรแกรมจะสุ่มเลือกช่วงการขับขี่ย่อยอัตโนมัติออกมา 2 ช่วง และคำนวณค่าพารามิเตอร์ของช่วงการขับขี่ย่อยใหม่ของช่วงที่ 1, 2 และ 1+2 แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์เป้าหมาย โดยถ้าค่าที่ได้จากช่วงการขับขี่ย่อยมากกว่าค่าเป้าหมายจะยอมรับค่าช่วงการขับขี่ย่อยที่สุ่มได้และตัดข้อมูลในช่วงที่ไม่ได้สุ่มทิ้งทั้งหมด แต่ถ้าค่าถ้าค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากช่วงการขับขี่ย่อยน้อยกว่าค่าเป้าหมายจะยอมรับค่าช่วงการขับขี่ย่อยที่ไม่ได้ถูกสุ่มและตัดข้อมูลช่วงที่สุ่มได้ทิ้งทั้งหมด นำข้อมูลที่สุ่มได้มารวมกันเป็นตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ของพื้นที่ (Tamsanya and Chungpaibulpatana, 2009) จากตัวอย่างค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะมาตรฐานของแต่ละพื้นที่ (ตารางที่ 2.16) จะเห็นได้ว่าวัฏจักรการขับขี่ของแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน โดยวัฏจักรการขับขี่ ECE และ Japanese 10 modes จะใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำ และมีสัดส่วนของระยะเวลาที่รถเร่งความเร็วต่ำกว่าวัฏจักรการขับขี่ของเมืองอื่นอย่างชัดเจน วัฏจักร

การขับขี่ Japan 11 modes จะมีความผันผวนของความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะสูง เนื่องจากมีสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ต่ำถึงร้อยละ 13.3 ทั้งนี้ รูปแบบการขับขี่ของยานพาหนะที่แตกต่างกันจะมีผลโดยตรงต่อปริมาณการปล่อยสารมลพิษสู่บรรยากาศที่แตกต่างกัน ขณะที่วัฏจักรการขับขี่ของสหรัฐอเมริกา เช่น Californian, FTP72 และ FTP75 จะใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูง และมีลักษณะการขับขี่ยานพาหนะที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2.16 วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะมาตรฐานของแต่ละเมือง (Degobert, 1995)

พารามิเตอร์	วัฏจักรการขับขี่ (Driving cycles)					
	ECE	**Californian**	**FTP 72**	**FTP 75**	**Japan 10 modes**	**Japan 11 modes**
1.ระยะเวลาในการขับขี่ (s)	45	117	66	70	50	94
2.ความเร็วเฉลี่ย (km/h)	18.7	35.6	31.5	34.1	17.7	30.6
3.ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่รถวิ่ง (km/h)	27.1	41.7	38.3	41.6	24.1	39.1
4.ความเร่งเฉลี่ย (m/s^2)	0.75	0.68	0.6	0.67	0.54	0.64
5.ความหน่วงเฉลี่ย (m/s^2)	0.75	0.66	0.7	0.71	0.65	0.60
6.ระยะเวลาขณะยานพาหนะหยุดนิ่ง (%)	30.8	14.6	17.8	18.0	26.7	21.7
7.ระยะเวลาขณะยานพาหนะเร่งความเร็ว (%)	18.5	31.4	33.5	33.1	24.4	34.4
8.ระยะเวลาขณะยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (%)	32.3	21.9	20.1	20.4	23.7	13.3
9.ระยะเวลาขณะยานพาหนะชะลอความเร็ว (%)	18.5	32.1	28.6	28.5	25.2	30.8
10.จำนวนการเปลี่ยนแปลงความเร็วเฉลี่ย	1.0	3.0	5.6	6.0	2.0	5.0

หมายเหตุ Economic Commission for Europe (ECE), Federal Test Procedure (FTP)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.5.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ

รูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่แตกต่างกันของแต่ละพื้นที่เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย ซึ่งปัจจัยหลักที่นิยมนำมาพิจารณาในการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ ได้แก่ ลักษณะการขับขี่ ปริมาณการจราจร ประเภทถนน และประเภทยานพาหนะ (ตารางที่ 2.17) สภาพการจราจรจะส่งผลต่อขนาดและการกระจายสัดส่วนระยะเวลาของความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะ (Hung et al., 2005) ขณะที่ประเภทยานพาหนะจะมีผลต่อปริมาณและชนิดของสารมลพิษที่ปล่อยสู่บรรยากาศ (Chen et al., 2003) นอกจากนี้ บางงานวิจัยพบว่าขนาดของพื้นที่ศึกษามีอิทธิพลต่อการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของแต่ละเมืองอย่างมีนัยสำคัญ (Wang et al., 2008) สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่ถูกนำมาใช้อธิบายลักษณะการขับขี่ยานพาหนะโดยทั่วไปมี 14 พารามิเตอร์ โดยค่าพารามิเตอร์หลักที่นิยมนำมาพิจารณาในการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ ประกอบด้วย ความเร็วเฉลี่ย ความเร็วเฉลี่ยในขณะรถวิ่ง ความเร่งเฉลี่ย ความหน่วงเฉลี่ย ร้อยละของระยะเวลาขณะรถหยุดนิ่ง ร้อยละของระยะเวลาขณะรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ร้อยละของระยะเวลาขณะรถเร่งความเร็ว และร้อยละของระยะเวลาขณะรถชะลอความเร็ว (ตารางที่ 2.18)

ตารางที่ 2.17 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะ (Chen et al., 2003; Hung et al., 2005[1]; Andre, 2004; Hung et al., 2007[2]; Wang et al., 2008; Kamble et al., 2009)

ปัจจัย	งานวิจัยที่ผ่านมา					
	Chen	Hung[1]	Andre	Hung[2]	Wang	Kamble
สภาพเศรษฐกิจ	-	-	-	✓	✓	✓
สภาพภูมิศาสตร์	-	-	-	-	✓	-
ขนาดพื้นที่เมือง	-	-	-	-	✓	✓
พฤติกรรมการขับขี่	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ประเภทถนน	✓	✓	-	✓	-	✓
ปริมาณการจราจร	✓	✓	✓	-	-	✓
ประเภทยานพาหนะ	✓	-	✓	✓	✓	-
ลักษณะทางกายภาพของถนน	-	✓	-	-	-	-
ช่วงเวลาที่ศึกษา	-	-	-	✓	-	-

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ✓ คือ ปัจจัยที่ถูกพิจารณา และสัญลักษณ์ – คือ ปัจจัยที่ไม่ถูกพิจารณา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.18 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการพิจารณาลักษณะการขับขี่ยานพาหนะ (Chen et al., 2003; Hung et al., 2005[1]; Hung et al., 2007[2]; Wang et al, 2008; Kamble et al., 2009; Tamsanya et al., 2009)

พารามิเตอร์	งานวิจัยที่ผ่านมา					
	Chen	Hung[1]	Hung[2]	Wang	Kamble	Tamsanya
1.ระยะทางการขับขี่ (m)	-	✓		✓	-	-
2.ความเร็วเฉลี่ย (Km/h)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3.ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่รถวิ่ง (Km/h)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4.ความเร่งเฉลี่ย (m/s^2)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5.ความหน่วงเฉลี่ย (m/s^2)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6.ระยะเวลาขณะรถหยุดนิ่ง (%)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7.ระยะเวลาขณะรถเร่งความเร็ว (%)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8.ระยะเวลาขณะรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (%)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9.ระยะเวลาขณะรถชะลอความเร็ว (%)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10.ระยะเวลาขณะเร่งและชะลอความเร็วในระยะเวลาสั้น (%)	-	✓	✓	-	-	-
11.จำนวนการเปลี่ยนแปลงความเร็วเฉลี่ย	✓	✓	✓	✓	-	-
12.ความสัมพันธ์ต่อการเร่งความเร็ว (m/s^2)	-	✓	✓	✓	-	-
13.อัตราการใช้เชื้อเพลิงขณะเร่ง (m/s^2)	-	✓	✓	✓	-	✓
14.ความเร็วสูงสุด (Km/h)	-	✓	-	-	-	-

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ✓ คือ พารามิเตอร์ที่ถูกพิจารณา

\- คือ พารามิเตอร์ที่ไม่ถูกพิจารณา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชุตินันท์ อยู่สุข (2555) ศึกษาผลกระทบของวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะต่อปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่ โดยเก็บข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลด้วยวิธี On-board measurement method ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็นของช่วงการเปิดภาคการศึกษาบนเส้นทางศึกษาที่กำหนด ผลที่ได้ คือ วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักแต่ละสายในเมืองเชียงใหม่ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 17-29 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ต่ำ วัฏจักรการขับขี่ของเมืองเชียงใหม่กับวัฏจักรการขับขี่ของประเทศกลุ่มยุโรป (Europe Cycle, ECE) มีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของเชียงใหม่ใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำ และมีความเร่งเฉลี่ยและความหน่วงเฉลี่ยสูงถึง 0.95 และ 0.96 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ สำหรับอัตราการใช้เชื้อเพลิงของวัฏจักรการขับขี่เมืองเชียงใหม่สูงกว่าวัฏจักรการขับขี่ของประเทศกลุ่มยุโรป และส่งผลให้ค่าประมาณสารมลพิษยานพาหนะจากวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะเมืองเชียงใหม่มีค่าสูงด้วย เนื่องจากปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณยานพาหนะและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และการประเมินปัจจัยที่นำไปสู่การขับขี่รถแบบประหยัดพลังงานจากผู้ขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคล พบว่า การขับขี่ยานพาหนะของกลุ่มตัวอย่างเพศชายที่มีอายุอยู่ในช่วง 24-26 ปีมีแนวโน้มต่อการประหยัดพลังงานสูงถึงร้อยละ 70.16 ขณะที่ระดับการศึกษาไม่มีผลต่อการเกิดความตระหนักในการประหยัดเชื้อเพลิงยานพาหนะ รวมไปถึงระดับรายได้มีผลต่อลักษณะการขับขี่ยานพาหนะ

Hung et al. (2005) ศึกษาการเปรียบเทียบคุณลักษณะการขับขี่ยานพาหนะของเมืองบริเวณแม่น้ำเดลตาในประเทศจีน ใช้เครื่อง Infrared sensor เก็บข้อมูลความเร็วยานพาหนะด้วยวิธี Chase car method บนถนนสองเส้นทางที่มีลักษณะทางเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน โดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนและช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานและวันหยุด ผลที่ได้ คือ ลักษณะการขับขี่ยานพาหนะในฮองกง มาเก๊า และจูไห่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวัฏจักรการขับขี่ของฮองกงใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ในระดับปานกลาง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูง เนื่องจากเป็นเมืองศูนย์กลางทางเศรษฐกิจและมีสภาพการจราจรหนาแน่นสูง สำหรับเมืองท่องเที่ยวขนาดเล็กอย่างมาเก๊าใช้ความเร็วเฉลี่ยในการขับขี่ยานพาหนะได้ต่ำ และมีความผันผวนของความเร็วในการขับขี่สูง เนื่องถนนในเมืองมีลักษณะแคบ และเมืองจูไห่เป็นเมืองขนาดใหญ่ และใช้ความเร็วเฉลี่ยในการขับขี่ยานพาหนะได้สูง ทั้งนี้ จะเห็นว่าเมืองที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วจะนำมาสู่การเพิ่มขึ้นของของปริมาณยานพาหนะบนถนน และส่งผลให้ปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะเพิ่มขึ้นด้วย

Hung et al. (2007) ศึกษาการวิธีการการสร้างวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะในฮองกง โดยใช้เครื่อง infra-red tachometer, microware และ GPS สำหรับเก็บข้อมูลความเร็วพาหนะด้วยวิธี Chase car method และวิธี On-board measurement method ทำการเก็บข้อมูลการขับขี่ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าบนเส้นทางที่มีปริมาณจราจรหนาแน่นสูง และครอบคลุมถนนในเขตเมือง ถนนนอกเขตเมือง และถนนทางหลวง โดยโปรแกรมในคอมพิวเตอร์จะทำการสุ่มเลือกวัฏจักรการขับขี่ย่อย และเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์เป้าหมายเพื่อเลือกวัฏจักรการขับขี่ย่อยที่เหมาะสมมาสร้างตัวแทนวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของพื้นที่ ผลที่ได้ คือ วัฏจักรการขับขี่บนถนนในเขตเมืองของฮองกง (HKUDC) มีค่าความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำ และผู้ขับขี่ยานพาหนะมีการหยุดรถสลับกับการเคลื่อนที่สูง แต่วัฏจักรการขับขี่บนถนนนอกเขตเมือง (HKSUDC) และถนนทางหลวง (HKHDC) มีค่าความเร็วเฉลี่ยสูง และมีลักษณะการขับขี่แบบราบเรียบ การขับขี่ยานพาหนะบนถนนทางหลวงใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูงต่อเนื่องยาวนานกว่าถนนนอกเขตเมือง เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการขับขี่ของวัฏจักรการขับขี่ของฮองกงกับวัฏจักรการขับขี่มาตรฐาน พบว่า ค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่เมืองฮองกงกับวัฏจักรการขับขี่มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา (FTP) และยุโรป (ECE) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Wang et al. (2008) ศึกษาการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของเมืองในประเทศจีนทั้งหมด 11 เมือง โดยใช้เครื่อง GPS เก็บข้อมูลความเร็วยานพาหนะด้วยวิธี Chase car method ซึ่งเส้นทางที่ศึกษาครอบคลุมถนน 3 ประเภท ได้แก่ ถนนทางหลวง ถนนที่ไม่จำกัดความเร็ว และถนนทั่วไป โดยจะเก็บข้อมูลการขับขี่ทั้งในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนและช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน ผลที่ได้ คือ วัฏจักรการขับขี่ของแต่ละเมืองในประเทศจีนมีลักษณะแตกต่างกับวัฏจักรการขับขี่ของประเทศสหรัฐอเมริกา และยุโรปอย่างชัดเจน และเมื่อประมาณค่าปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะด้วยวัฏจักรการขับขี่ที่จำเพาะของแต่ละเมืองในประเทศจีน พบว่า วัฏจักรการขับขี่จริงของประเทศจีนสามารถให้ค่าการประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะที่คลาดเคลื่อนน้อยกว่าวัฏจักรการขับขี่ของพื้นที่อื่น ทำให้การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ที่จำเพาะของพื้นที่มีความสำคัญต่อการประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะ

Kamble et al. (2009) ศึกษาการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่จากสภาพการขับขี่จริงของชุมชนเมืองปูเน่ ประเทศอินเดีย เพื่อใช้ประมาณการปล่อยสารมลพิษและการใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ การเก็บข้อมูลความเร็วยานพาหนะใช้วิธี Chase car method และข้อมูลความเร็วพาหนะถูกแบ่งเป็นช่วงสั้นก่อนนำใช้ในการสร้างเป็นวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของพื้นที่ ผลที่ได้ คือวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของเมืองปูเน่ (Pune driving cycle) ประเทศอินเดีย (Indian driving cycle) และวัฏจักรการขับขี่มาตรฐานของยุโรป (ECE-15 + EUDC) มีลักษณะการขับขี่ที่ต่างกัน โดยวัฏจักรการขับขี่

ของเมืองปูเน่ใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำ และมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยสูงกว่าวัฏจักรการขับขี่มาตรฐานของยุโรปอย่างชัดเจน ทำให้วัฏจักรการขับขี่ ECE-15 + EUDC ไม่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นตัวแทนสภาพการขับขี่จริงของเมืองปูเน่ เนื่องจากส่งผลให้การพัฒนาค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะของเมืองปูเน่มีความคลาดเคลื่อนสูง ผู้ศึกษาจึงควรเข้าใจความแตกต่างของวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะในแต่ละพื้นที่ และการเปลี่ยนแปลงโหมดความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะ

Tamsanya and Chungpaibulpatana (2009) ศึกษาอิทธิพลของวัฏจักรการขับขี่ที่มีผลต่อการประมาณการปล่อยสารมลพิษและการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนของรถยนต์ประเภทส่วนบุคคลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยวิธี On-board measurement method ถูกนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลความเร็วยานพาหนะในพื้นที่ ผลที่ได้ คือ วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของกรุงเทพฯ (Bangkok driving cycle, BDC) กับวัฏจักรการขับขี่ของยุโรป (European driving cycle, EDC) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และทำให้ค่าการประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะมีความแตกต่างกันด้วย โดยวัฏจักรการขับขี่ของกรุงเทพฯจะให้ค่าปริมาณการปล่อยสารมลพิษสูงกว่าวัฏจักรการขับขี่ของยุโรปประมาณร้อยละ 10 และมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสูงกว่าวัฏจักรการขับขี่ของยุโรปถึงร้อยละ 25 เนื่องจากวัฏจักรการขับขี่ของกรุงเทพฯมีลักษณะการขับขี่แบบไม่สม่ำเสมอหรือมีเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ขณะเร่งและหยุดความเร็วอย่างฉับพลัน ขณะที่วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของยุโรปมีลักษณะการขับขี่แบบความเร็วคงที่สม่ำเสมอ

Khumala et al. (2010) ได้ศึกษาการสร้างวัฏจักรการขับขี่สำหรับประมาณการปล่อยสารมลพิษและการใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในเขตเมืองขอนแก่น โดยใช้เครื่องมือบันทึกความเร็วยานพาหนะเก็บข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์ด้วย วิธี On-board measurement method ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าของวันทำงานและวันหยุดในเดือนมกราคม ซึ่งข้อมูลความเร็วยานพาหนะที่ได้จะถูกประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยจะสุ่มเลือกวัฏจักรการขับขี่ช่วงสั้นจากวัฏจักรการขับขี่ทั้งหมด และทำการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่ย่อยกับค่าพารามิเตอร์เป้าหมาย เพื่อคัดเลือกวัฏจักรการขับขี่ย่อยสำหรับนำมาใช้สร้างวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของพื้นที่ ผลที่ได้ คือ วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนแต่ละสายที่ศึกษามีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน โดยถนนมิตรภาพใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูงกว่าถนนสายอื่น เนื่องจากเป็นถนนประเภทถนนทางหลวง สำหรับค่าพารามิเตอร์ของถนนแต่ละสายในเขตเมืองขอนแก่นมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งช่วงวันที่ศึกษาส่งผลต่อการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์เล็กน้อย ผู้ศึกษาจึงได้รวมวัฏจักรการขับขี่ของช่วงวันทำงานและวันหยุดเข้าด้วยกัน

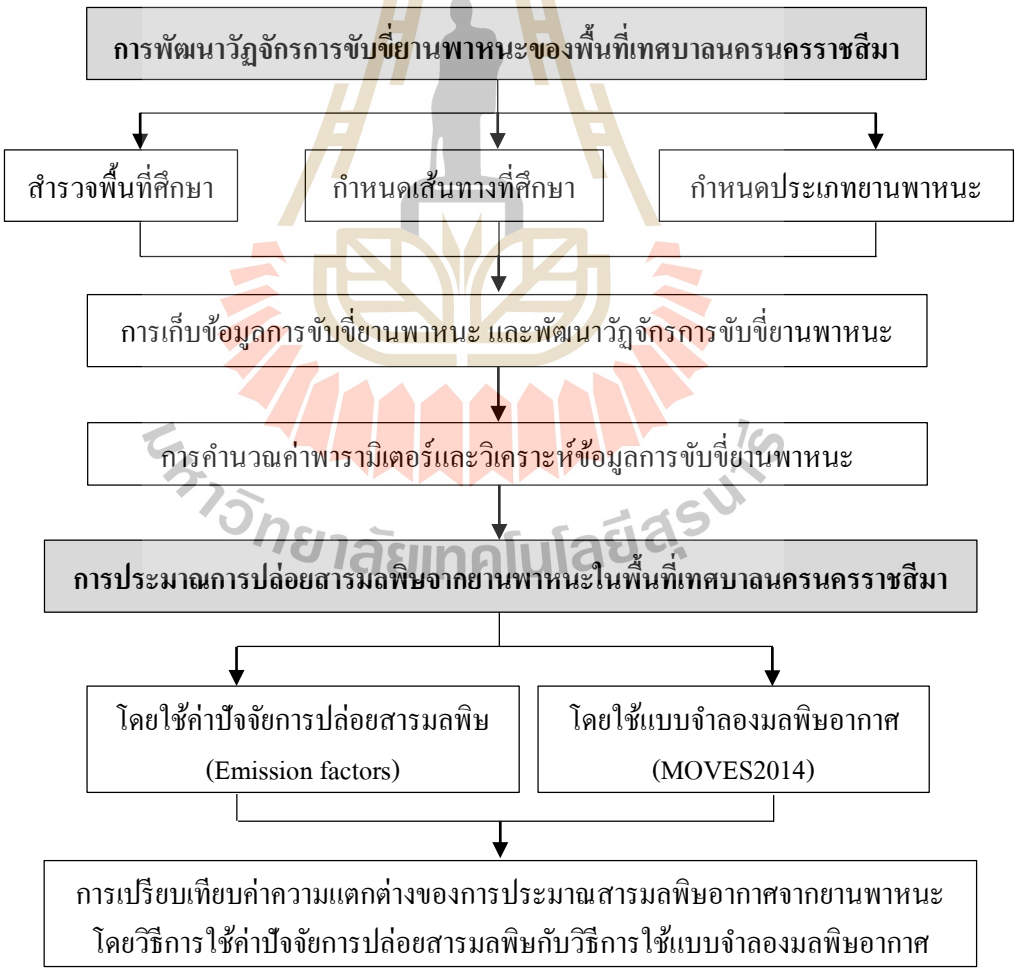
เพื่อพัฒนาตัวแทนวัฏจักรการขับขี่รถจักรยานยนต์ของเมืองขอนแก่น โดยค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่ที่ได้กับค่าพารามิเตอร์เป้าหมายมีความคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 12.01

Chuersuwan (2013) ได้จัดทำบัญชีการปล่อยสารมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า แหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่บนถนน (On-road source) มีปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศสูงกว่าแหล่งกำเนิดอื่นอย่างชัดเจน โดยถนนทางหลวงมีปริมาณการปล่อยสารมลพิษสูงกว่าถนนสายหลักและถนนซอย เนื่องจากถนนทางหลวงมียานพาหนะจำนวนมาก และปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการจราจรในพื้นที่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นสารมลพิษสำคัญจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา โดย รถจักรยานยนต์มีสัดส่วนการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงถึงร้อยละ 71 ขณะที่ยานพาหนะประเภทรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ (Pick up) มีสัดส่วนการปล่อยฝุ่นละอองสูงสุดถึงร้อยละ 95 และแก๊สเรือนกระจกมีสัดส่วนการปล่อยจากยานพาหนะสูงสุดในพื้นที่ โดยมีค่าปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 283,642 ตันต่อปี

Wang et al. (2014) ศึกษาการประมาณการปล่อยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากยานพาหนะในเมืองปักกิ่งและเมืองกว่างโจวด้วยแบบจำลอง MOBILE6.2 และ CALINE4 พบว่าจากข้อมูลประมาณการปล่อยฝุ่นละอองโดยแบบจำลองดังกล่าว พบว่า แบบจำลอง MOBILE6.2 และ CALINE4 ให้ค่าการประมาณสารมลพิษที่แตกต่างกันสูง แต่แบบจำลองทั้งสองสามารถนำมาใช้ในการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะในในเมืองปักกิ่งและเมืองกว่างโจว โดยรันแบบจำลอง CALINE4 เหมาะสมต่อการประมาณมลพิษในเมืองขนาดใหญ่ที่มีปริมาณจราจรหนาแน่นสูง ขณะที่แบบจำลอง MOBILE6.2 สามารถนำมาใช้ประมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนบนถนนที่มีตึกล้อมรอบ แต่ค่าที่ได้จะมีความแตกต่างกันสูงกับถนนในพื้นที่เมืองขนาดใหญ่ เนื่องจากค่าปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะมีความสัมพันธ์กับปริมาณจราจรในพื้นที่ ทั้งนี้ยังมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการปล่อยฝุ่นละอองจากยานพาหนะ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และความดันบรรยากาศ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะบนโครงข่ายถนนในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา และการประมาณค่าการปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาด้วยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factors) และวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ (Motor Vehicle Emission Simulator, MOVES2014) ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย

3.1 การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

3.1.1 การสำรวจพื้นที่ศึกษา

ทำการทบทวนและเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา เพื่อนำมาใช้ออกแบบการเก็บข้อมูลวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการพัฒนารูปแบบการขับขี่ยานพาหนะ 6 ปัจจัย ได้แก่ สภาพเศรษฐกิจและสังคม สภาพภูมิศาสตร์ ประเภทของถนนและโครงข่ายถนน ปริมาณการจราจร ลักษณะการขับขี่ยานพาหนะ และประเภทยานพาหนะ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะใช้การทบทวนข้อมูลเป็นหลัก แต่สำหรับข้อมูลลักษณะการขับขี่ยานพาหนะและข้อมูลปริมาณจราจรใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามโดยผู้ศึกษาวิจัย เนื่องจากไม่มีแหล่งข้อมูลอ้างอิง

3.1.1.1 สภาพเศรษฐกิจและสังคม

ทำการทบทวนข้อมูลด้านเศรษฐกิจและด้านสังคมของจังหวัดนครราชสีมาจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ (2555) ในเบื้องต้น พบว่า เศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดนครราชสีมาขึ้นกับภาคการอุตสาหกรรมและภาคการเกษตร โดยมูลค่าผลิตภัณฑ์รวมของจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2555 เท่ากับ 233,999 ล้านบาท และมีรายได้ประชากรเฉลี่ยต่อหัวต่อปี 93,124 บาท เศรษฐกิจโดยรวมของจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2555 มีการชะลอตัวจากภาคการเกษตร เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและชนิดพันธุ์พืชที่ปลูก ส่วนภาคอุตสาหกรรมเหมืองแร่ย่อยหินและภาคการท่องเที่ยวขยายตัวตามความต้องการของผู้บริโภค สำหรับสภาพทางสังคมมีสถานศึกษาแยกตามสังกัดจำนวน 1,534 แห่ง วัดอยู่ในเขตอำเภอเมือง 153 วัด มีสถานพยาบาลทั้งภาครัฐและเอกชนรวม 661 แห่ง รวมถึงมีสถานที่ท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ ทางวัฒนธรรม และธรรมชาติที่สำคัญหลายแห่ง

3.1.1.2 สภาพภูมิศาสตร์

ทำการทบทวนข้อมูลสภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา โดยเลือกศึกษาข้อมูลความสูงจากระดับน้ำทะเล (Elevations) ของถนนสายสำคัญในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) จากภาพถ่ายดาวเทียม (Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer [ASTER], 2013) ในเบื้องต้น พบว่า ค่าระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลที่ระยะห่างทุก 300 เมตร ของถนนแต่ละส่วนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมามีค่าแตกต่างกันไม่มาก ซึ่งค่าระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL) ของถนนทั้งหมดอยู่ในช่วงประมาณ 179 ถึง 206 เมตร ทำให้ถนนแต่ละสายมีค่าความชันของถนนน้อยจนถึงไม่มีความชัน จากข้อมูลข้างต้นจึงทำทราบได้ว่าถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาเป็นแบบราบเรียบ (flat) หรือมีความชันใกล้ศูนย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.1.3 ประเภทของถนนและโครงข่ายถนน

การทบทวนข้อมูลถนนในเขตพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมของเทศบาลนครนครราชสีมา (สำนักงานเทศบาลนครนครราชสีมา, 2552) พบว่า ถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาประกอบด้วยถนนสายหลักและถนนสายสำคัญ โดยถนนสายหลักมีความกว้างของถนนบางช่วงแคบ และถนนสายสำคัญมีความกว้างของถนนประมาณ 8-15 เมตร และจากข้อมูลงานวิจัยของสฤษดิ์ โคตุละ (2553) ได้จำแนกประเภทของถนนโดยอาศัยการพิจารณาถึงข้อมูลสำคัญ 2 ส่วน คือ ข้อมูลปริมาณการจราจรในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาจากแขวงการทางนครราชสีมาที่ 1 กรมทางหลวง และข้อมูลลักษณะกายภาพของถนน ได้แก่ ความกว้างผิวจราจร ความกว้างไหล่ทาง และความยาวของถนนจากสำนักการช่างเทศบาลนครนครราชสีมา ทำให้สามารถแบ่งถนนออกเป็น 4 ประเภท คือ ถนนทางหลวง ถนนสายหลักทั่วไป ถนนสายหลักสำคัญ และถนนสายย่อย (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 ถนนในเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (สฤษดิ์ โคตุละ, 2553)

ประเภทของถนน	จำนวน (สายทาง)	ระยะทาง (กม.)
ถนนทางหลวง (Highways)	5	23.6
ถนนสายหลักสำคัญ (Second main streets)	31	41.4
ถนนสายหลักทั่วไป (Main streets)	7	6.9
ถนนสายย่อย (side streets)	266	92.0
รวม	309	163.9

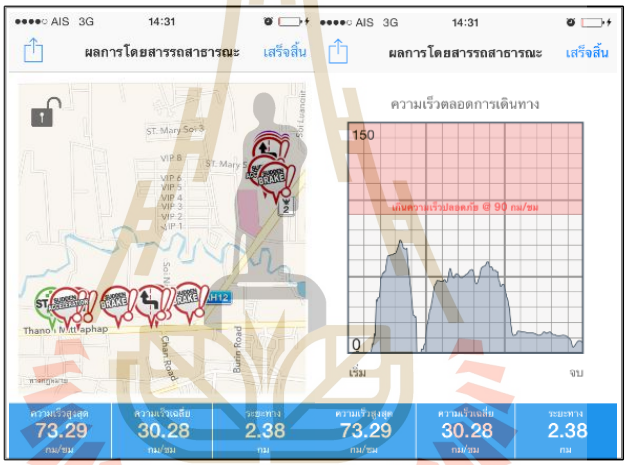
3.1.1.4 สภาพการจราจร

ทำการทบทวนข้อมูลปริมาณการจราจรบนถนนทางหลวงและถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาจากงานวิจัยของศิวกิจ เสรีรัตนสกุล (2556) ในเบื้องต้น พบว่า ถนนทางหลวงมีปริมาณการจราจรหนาแน่นสูงกว่าถนนสายหลัก โดยถนนที่มีปริมาณจราจรหนาแน่นสูงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ได้แก่ ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 ถนนจอมพล ถนนราชดำเนิน ถนนชุมพล ถนนสุรนารี ถนนจอมสุรางยาตร์ ถนนมุขมนตรี ถนนโพธิ์กลาง และถนนพิบูลละเอียด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.1.5 ลักษณะการขับขี่ยานพาหนะ

การทดสอบลักษณะการขับขี่ยานพาหนะเบื้องต้นในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีผสม คือ วิธีการโดยสารไปกับยานพาหนะ และวิธีการขับขี่ยานพาหนะติดตามยานพาหนะเป้าหมายจากนั้นทำการตรวจวัดค่าความเร็วที่เปลี่ยนแปลงของยานพาหนะเป้าหมายด้วยแอพพลิเคชัน SafeMate บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ (รูปที่ 3.2) ในเบื้องต้น พบว่า ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะในช่วงเวลาปกติมีค่าสูงกว่าช่วงเวลาเร่งด่วน และความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะจะต่ำในบริเวณพื้นที่แยกการจราจร ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะขึ้นกับปริมาณยานพาหนะ ประเภทของยานพาหนะ อายุการใช้งานของยานพาหนะ และพฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะ ที่ซึ่งทำให้ถนนแต่ละสายมีรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่แตกต่างกัน



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างรูปแบบการขับขี่ของรถยนต์โดยสารขนาดเล็ก (Light Bus) ในช่วงเวลาปกติของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

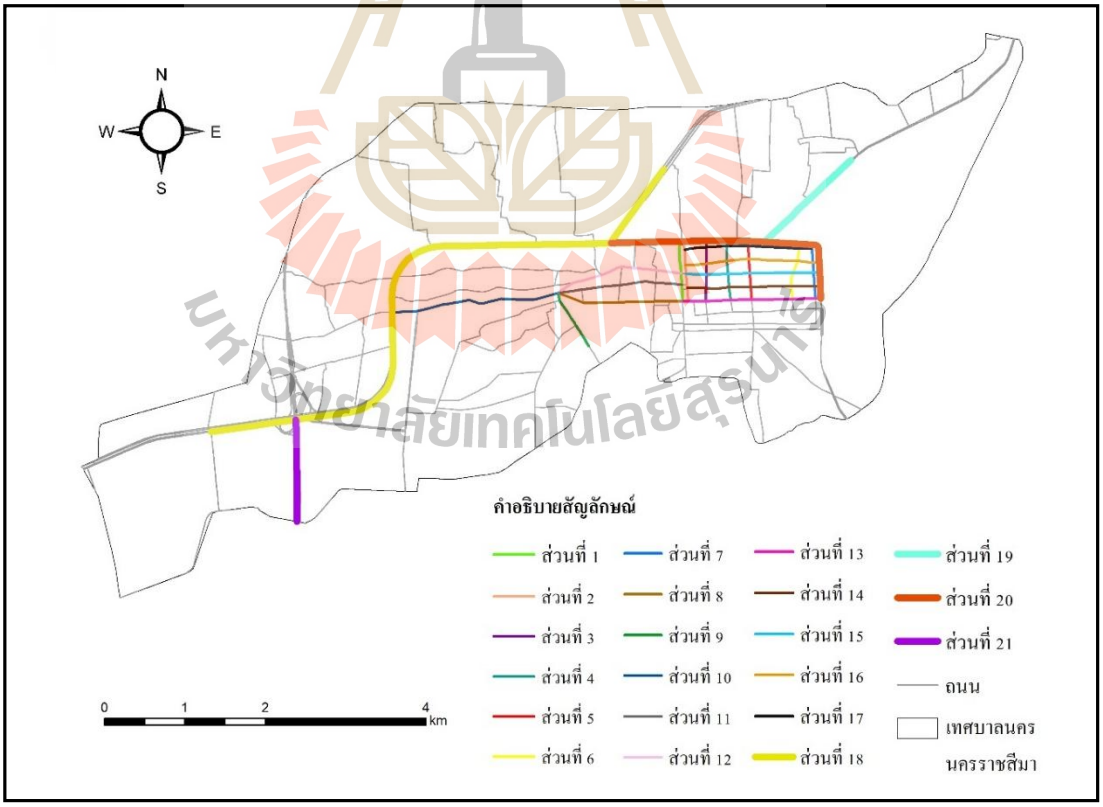
3.1.1.6 ประเภทยานพาหนะ

การทบทวนข้อมูลปริมาณยานพาหนะบนโครงข่ายถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาของสฤษดิ์ โคตุละ (2553) และกรมทางหลวง (2556) ในเบื้องต้น พบว่า รถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์ส่วนบุคคลเป็นยานพาหนะที่สำคัญของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา โดยถนนทางหลวงมีปริมาณรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปและรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปสูงกว่าถนนสายหลักอย่างชัดเจน เนื่องจากยานพาหนะดังกล่าวมีขนาดยานพาหนะใหญ่และมีการเดินรถบนถนนทางหลวงเป็นหลัก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.2 การกำหนดเส้นทางจราจรที่ศึกษา

เส้นทางจราจรที่ศึกษาในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาประกอบด้วยถนน 2 ประเภท คือ ถนนทางหลวง และถนนสายหลัก เนื่องจากเป็นถนนสายสำคัญที่ใช้ในการเดินทางไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสถานที่อื่นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา การกำหนดเส้นทางที่ศึกษาพิจารณาจากข้อมูลที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ข้อมูลถนน และข้อมูลปริมาณการจราจร โดยใช้การอ้างอิงข้อมูลถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาจากงานวิจัยของสฤษดิ์ โคตุละ (2553) และอ้างอิงข้อมูลปริมาณจราจรบนถนนทางหลวงและถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมาจากศิวกิจ เสรีรัตนสกุล (2550) และสฤษดิ์ โคตุละ (2553) ทำให้ได้เส้นทางศึกษาทั้งหมด 21 สาย (รูปที่ 3.3) ประกอบด้วย ถนนทางหลวง (Highways) 4 สาย และถนนสายหลัก (Main roads) 17 สาย โดยถนนแต่ละสายมีรายละเอียดของจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่ต่างกันดังตารางที่ 3.2 ถนนทางหลวงและถนนสายหลักที่ศึกษาทั้งหมดมีระยะทางโดยรวมประมาณ 34.62 กิโลเมตร หรือ คิดเป็นร้อยละ 48.15 ของระยะทางบนถนนทางหลวงและถนนสายหลักทั้งหมดในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งเส้นทางดังกล่าวครอบคลุมถนนสายสำคัญในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 3.3 โครงข่ายถนนและเส้นทางศึกษาทั้งหมดในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ตารางที่ 3.2 เส้นทางการจราจรที่ศึกษาบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

ส่วนที่	ชื่อถนน	เส้นทางในการเดินทาง		ระยะทาง (กม.)
		จุดเริ่มต้น	จุดสิ้นสุด	
1	ราชดำเนิน	แยกถนนมหาดไทยตัดกับราชดำเนิน	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนราชดำเนิน	0.76
2	ชุมพล	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนชุมพล	แยกถนนมหาดไทยตัดกับชุมพล	0.76
3	จักรี	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนจักรี	แยกถนนมหาดไทยตัดกับถนนจักรี	0.67
4	มนัส	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนมนัส	แยกถนนมหาดไทยตัดกับมนัส	0.67
5	ประจักร	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนประจักร	แยกถนนมหาดไทยตัดกับถนนประจักร	0.67
6	กุดั่น	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนกุดั่น	แยกถนนมหาดไทยตัดกับกุดั่น	0.64
7	พลล้าน	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนพลล้าน	แยกถนนมหาดไทยตัดกับถนนพลล้าน	0.62
8	จอมสุรางยาตร์	ห้าแยกหัวรถไฟ	แยกถนนราชดำเนินตัดกับถนนจอมสุรางยาตร์	1.57
9	พิบูลละเอียด	ห้าแยกหัวรถไฟ	ประตู 2 ร.พ. ค่ายสุรนารี	1.03
10	มุขมนตรี	ห้าแยกหัวรถไฟ	แยกถนน ทล. 2 ตัดกับถนนมุขมนตรี	2.10
11	โพธิ์กลาง	ห้าแยกหัวรถไฟ	แยกถนนราชดำเนินตัดกับถนนโพธิ์กลาง	1.55
12	สุรนารี	ห้าแยกหัวรถไฟ	แยกถนนราชดำเนินตัดกับถนนสุรนารี	1.61
13	มหาดไทย	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนมหาดไทย	แยกถนนราชดำเนินตัดกับถนนมหาดไทย	1.66

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 เส้นทางการจราจรที่ศึกษาบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ส่วนที่	ชื่อถนน	เส้นทางในการเดินทาง		ระยะทาง (กม.)
		จุดเริ่มต้น	จุดสิ้นสุด	
14	จอมพล	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนจอมพล	แยกถนนชุมพล ตัดกับถนนจอมพล	1.60
15	อัษฎางค์	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนอัษฎางค์	แยกถนนชุมพล ตัดกับถนนอัษฎางค์	1.59
16	ยมราช	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนยมราช	แยกถนนชุมพล ตัดกับถนนยมราช	1.59
17	พลแสน	แยกถนน ทล. 224 ตัดกับถนนพลแสน	แยกถนนชุมพล ตัดกับถนนพลแสน	1.58
18	ทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 2 (ทล. 2)	บขส. นครราชสีมาใหม่	ตลาดเซฟวัน	7.66
19	ทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 205 (ทล. 205)	แยกถนนทล. 224 ตัดกับ ทล. 205	ประตู 1 มทร. อีสาน	1.46
20	ทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 224 (ทล. 224)	มหาดไทยตัดกับแยกถนนทล. 224	ทล. 2 ตัดกับแยกถนนทล. 224	3.20
21	ทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 304 (ทล. 304)	แยกถนนทล. 2 ตัดกับ ทล. 304	หมู่บ้านไชโย 2	1.63
		รวม		34.62

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.3 การกำหนดประเภทยานพาหนะที่ศึกษา

การจำแนกประเภทของยานพาหนะสามารถจำแนกได้หลายแบบ เช่น การจำแนกตามลักษณะของยานพาหนะ การจำแนกตามประเภทของเชื้อเพลิง การจำแนกตามรุ่นและปีของยานพาหนะ และการจำแนกตามภาระบรรทุกของยานพาหนะ เป็นต้น กรมทางหลวง (2556) จำแนกประเภทของยานพาหนะออกเป็น 12 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์และสามล้อเครื่อง (Motorcycle and Motor tricycle) รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน (Passenger car) รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน (Passenger car) รถยนต์โดยสารขนาดเล็ก (Light bus) รถยนต์โดยสารขนาดกลาง (Medium bus) รถยนต์โดยสารขนาดใหญ่ (Heavy bus) รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ (Light truck

หรือ Pick up) รถยนต์บรรทุก 6 ล้อ (Medium truck) รถยนต์บรรทุก 10 ล้อ (Heavy truck) รถบรรทุกพ่วง (Full Trailer) รถบรรทุกกึ่งพ่วง (Semi-trailer) และรถจักรยาน 2 ล้อ และ 3 ล้อ (Bicycle and Tricycle) แต่เงื่อนไขของพื้นที่ศึกษา ผู้ศึกษาวิจัยเลือกพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของยานพาหนะทั้งหมด 5 ประเภทหลัก (รูปที่ 3.4) ได้แก่ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ (Pick up) รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป (Medium and heavy bus) รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป (Medium and heavy truck) และรถจักรยานยนต์ (Motorcycle)

รูปที่ 3.4 ประเภทของยานพาหนะที่ศึกษาของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

3.1.4 การศึกษารูปแบบการขับขี่ยานพาหนะในพื้นที่ศึกษา

รูปแบบการขับขี่ยานพาหนะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะของผู้ขับขี่ การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะบนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมามี 5 ขั้นตอนหลัก คือ การเตรียมเครื่องมือในการตรวจวัด การเลือกวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ การเก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ การวิเคราะห์ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ และการวิเคราะห์ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ รายละเอียดมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การเตรียมเครื่องมือในการตรวจวัด

ใช้แอพลิเคชัน SafeMate บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ Apple Iphone รุ่น 4S เก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะบนถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีไร้สาย ทำให้แอพพลิเคชันเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการศึกษาข้อมูลได้สะดวก และประหยัด โดยผู้วิจัยทำการตรวจสอบความสามารถและความแม่นยำของเครื่องมือก่อนการใช้งาน โดยการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการนำแอพพลิเคชันไปใช้จากการเปรียบเทียบค่าความเร็วเฉลี่ยในการขับขี่ยานพาหนะของเครื่องมือ 3 เงื่อนไข (รูปที่ 3.5)

1) การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้แอพพลิเคชัน SafeMate กับเครื่อง GPS (GARMIN, eTrex Vista)
2) การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้แอพพลิเคชัน SafeMate กับแอพพลิเคชัน Speedometer PRO (Public applications) ซึ่งเป็นแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นจากสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน
3) การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ฟังก์ชันกรณีเป็นผู้ขับขี่ยานพาหนะ (I am a driver) กับฟังก์ชันกรณีเป็นผู้โดยสารรถสาธารณะ (I am a public transport user) ของแอพพลิเคชัน SafeMate

การเปรียบเทียบใช้การยอมรับความแตกต่างไม่เกินร้อยละ 10 ทั้งนี้ การทดสอบใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความเร็วยานพาหนะด้วยวิธี In-vehicle method บนรถยนต์โดยสารขนาดเล็ก (Shuttle Bus) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าความเร็วเฉลี่ย (V_{avg}) ในการขับขี่ยานพาหนะในแต่ละเงื่อนไขที่กำหนด

รูปที่ 3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วของยานพาหนะ

ขั้นตอนที่ 2: การเลือกวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ

การศึกษารูปแบบการขับขี่ยานพาหนะมี 2 วิธีการหลัก คือ วิธีการใช้เครื่องมือวัดความเร็วกับยานพาหนะเป้าหมาย (On-board measurement method) และวิธีการวัดค่าความเร็วโดยการขับขี่ยานพาหนะติดตามยานพาหนะเป้าหมาย (Chase-car method) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้หลักการของทั้งสองวิธีตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น โดยเลือกใช้วิธีการโดยสารเครื่องมือไปกับยานพาหนะเป้าหมาย (In-vehicle method) สำหรับยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล และรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และใช้วิธี Chase-car method สำหรับรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ขึ้นไป เนื่องจากเป็นยานพาหนะที่มีข้อจำกัดในการติดตั้งเครื่องมือไปกับยานพาหนะ

ขั้นตอนที่ 3 : การเก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ

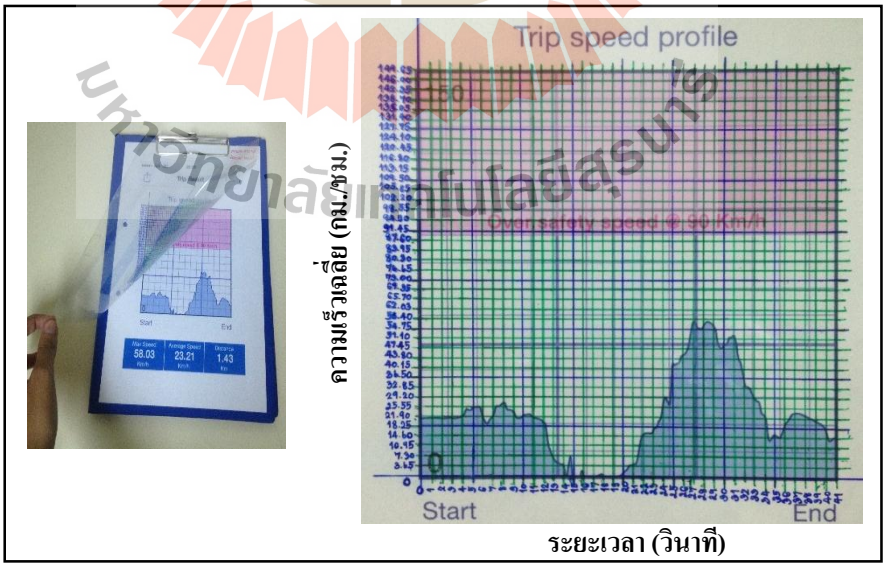
ใช้แอพพลิเคชัน SafeMate บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ APPLE Iphone 4S เก็บข้อมูลความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะภาคสนามด้วยวิธี On-board measurement method และ Chase-car method บนโครงข่ายของถนนในเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งยานพาหนะที่ศึกษามีทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์-นั่งส่วนบุคคล รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป โดยเก็บข้อมูลการขับขี่ของยานพาหนะแต่ละประเภทบนถนนที่ศึกษาครอบคลุมวันจันทร์ถึงอาทิตย์ ใน 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (เวลา 7.00 น. ถึง 9.00 น. และ 15.30 น. ถึง 18.30 น.) และช่วงชั่วโมงปกติ (เวลา 9.00 น. ถึง 15.30 น.) เก็บข้อมูลทั้งไปและกลับบนถนนแต่ละสาย บันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความเร็วของยานพาหนะที่ทุกระยะเวลา 5 นาที หรือ 300 วินาที เพื่อให้ได้ข้อมูล

การขับขี่ยานพาหนะจากแอพพลิเคชันที่มีขนาดเท่ากัน ซึ่งข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะที่ได้แสดงออกมาในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับความเร็วยานพาหนะ

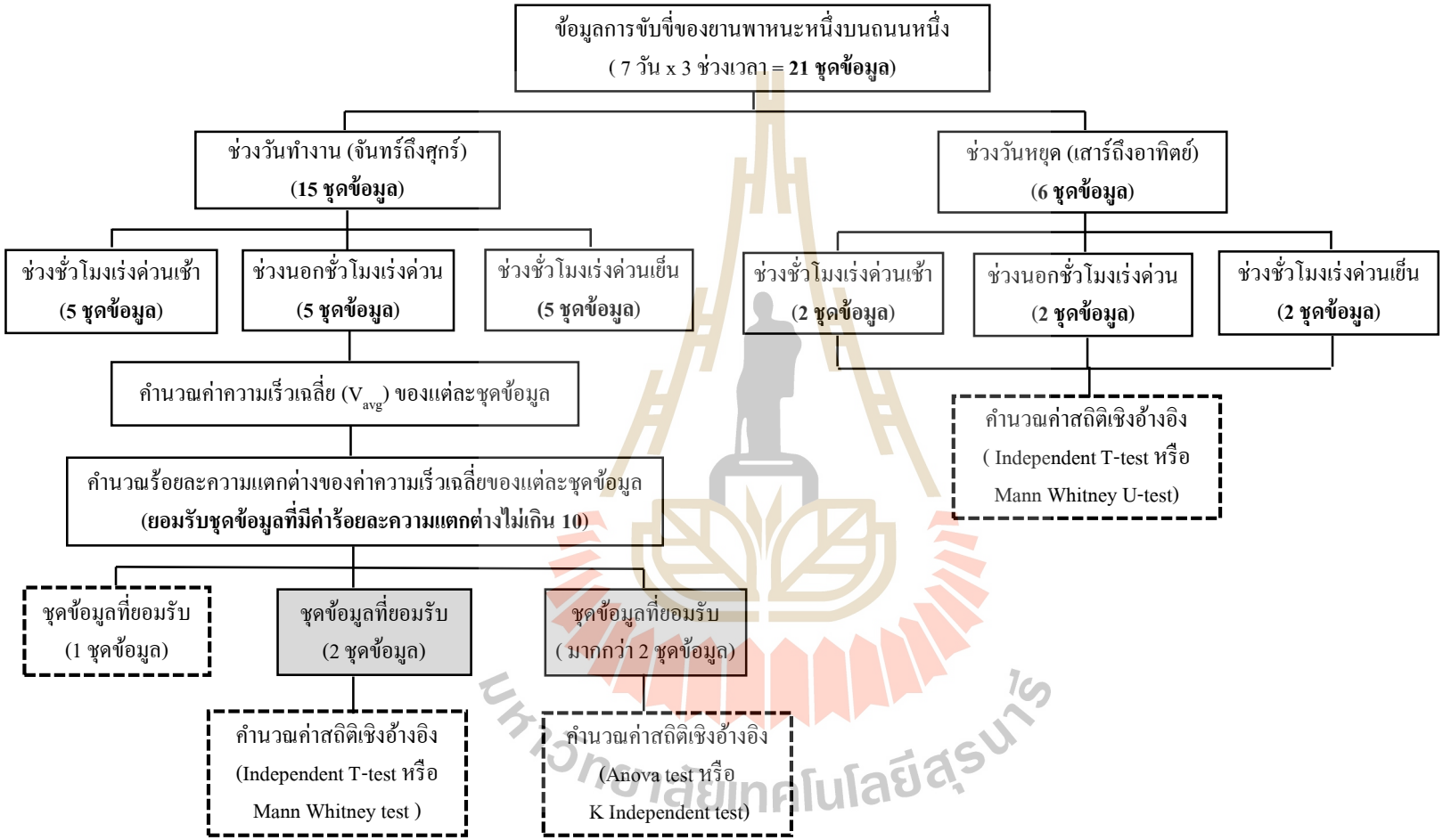
ขั้นตอนที่ 4 : การวิเคราะห์ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ

นำข้อมูลการขับขี่ของยานพาหนะประเภทหนึ่งในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับความเร็วยานพาหนะที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 มาเปลี่ยนรูปจากกราฟข้อมูลเป็นข้อมูลตัวเลข ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธีการซ้อนทับแผ่นพลาสติกใสที่มีช่องสเกลทั้งหมด 41 x 41 ช่อง โดยสเกลในแนวแกน y แสดงค่าความเร็วเฉลี่ยตั้งแต่ 0-150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำให้หนึ่งช่องสเกลของแนวแกน y มีค่าความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 3.65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับช่องสเกลในแนวแกน x แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางตั้งแต่ 0-300 วินาที ทำให้ค่าของสเกลหนึ่งช่องในแนวแกน x มีค่าระยะเวลาเท่ากับ 7.31 วินาที จากนั้นอ่านค่าความเร็วเฉลี่ยจากแนวแกน y ณ จุดที่กราฟข้อมูลตัดกับเส้นในแนวแกน x (รูปที่ 3.6) และบันทึกข้อมูลที่ได้ในโปรแกรม Microsoft Excel ทำเช่นเดียวกันนี้กับข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะทุกประเภทบนถนนแต่ละสายที่ศึกษาทั้งหมด 21 สาย ประกอบด้วย ถนนทางหลวง 4 สาย และถนนสายหลัก 17 สาย ถนนแต่ละสายจะมีชุดข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะทั้งหมด 21 ชุดข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลการขับขี่ในช่วงวันหยุด 6 ชุดข้อมูล และข้อมูลการขับขี่ในช่วงวันทำงาน 15 ชุดข้อมูล ครอบคลุมช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน และช่วงชั่วโมงเร่งด่วน (รูปที่ 3.7) ชุดข้อมูลการขับขี่ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันทำงานมีจำนวน 5 ชุดข้อมูล จากนั้นคำนวณค่าร้อยละความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ยของแต่ละชุดข้อมูลการขับขี่ และยอมรับชุดข้อมูลที่มีความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งชุดข้อมูลการขับขี่ที่ยอมรับมีจำนวน 1 ชุดข้อมูลจะถูกนำมาใช้เป็นตัวแทนการขับขี่ของถนนที่ศึกษาได้เลย แต่ถ้าจำนวนชุดข้อมูลที่ยอมรับมี 2 ชุดข้อมูลจะทำการทดสอบความแตกต่างของชุดข้อมูลการขับขี่โดยใช้สถิติ Independent T-test และ Mann-whitney test แต่ถ้าจำนวนชุดข้อมูลที่ยอมรับมีมากกว่า 2 ชุดข้อมูลจะใช้สถิติ ANOVA test และ K Independent test ทดสอบความแตกต่างของชุดข้อมูลการขับขี่ ซึ่งหากผลการทดสอบค่าทางสถิติของชุดข้อมูลการขับขี่ที่ศึกษามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะเลือกชุดข้อมูลที่มีค่าร้อยละความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ยต่ำสุดสำหรับเป็นตัวแทนข้อมูลการขับขี่ แต่ถ้าผลการทดสอบค่าทางสถิติของชุดข้อมูลการขับขี่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะเลือกชุดข้อมูลใดก็ได้สำหรับเป็นตัวแทนข้อมูลการขับขี่ของยานพาหนะ และกระบวนการวิเคราะห์ข้างต้นถูกนำมาใช้ในการเลือกชุดข้อมูลการขับขี่ของช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนและช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงาน สำหรับชุดข้อมูลการขับขี่ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน และช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของช่วงวันหยุดมี 2 ชุดข้อมูล และทำการทดสอบความ

แตกต่างของชุดข้อมูลการขับขี่โดยใช้สถิติ Independent T-test และ Mann-whitney test โดยยกเว้นการพิจารณาค่าร้อยละความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ยในแต่ละชุดข้อมูล เนื่องจากจำนวนชุดข้อมูลในช่วงวันหยุดมีจำกัด จากกระบวนการเลือกชุดข้อมูลข้างต้นทำให้ได้ชุดข้อมูลการขับขี่ที่เป็นตัวแทนสภาพการขับขี่ยานพาหนะของถนนแต่ละสายจำนวน 6 ชุดข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลการขับขี่ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน และช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของช่วงวันหยุดและวันทำงาน สุดท้ายข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะที่ได้ทั้งหมดจะถูกนำมาใช้พัฒนาเป็นวัฏจักรการขับขี่ของยานพาหนะแต่ละประเภทบนเส้นทางศึกษาที่กำหนด ซึ่งเส้นทางศึกษาที่ศึกษามี 5 เส้นทาง คือ เส้นทางที่ 1 (ถนนทางหลวง) และเส้นทางที่ 2 (ถนนสายหลัก) มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเดียวกัน คือ เริ่มต้นจากประตูพลล้านและสิ้นสุดที่ไอที พลาซ่า นครราชสีมา ใช้พัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์ (รูปที่ 3.9) ส่วนเส้นทางที่ 3 (ถนนทางหลวง) และเส้นทางที่ 4 (ถนนสายหลัก) ใช้ในการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์ส่วนบุคคล โดยมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเดียวกัน คือ เริ่มต้นจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาจนถึงตลาดเซฟวัน (รูปที่ 3.10) และเส้นทางที่ 5 (ถนนทางหลวง) ใช้พัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป โดยมีจุดเริ่มต้นจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (มทร. อีสาน) และสิ้นสุดที่หมู่บ้านไชโย 2 (รูปที่ 3.11) เส้นทางศึกษาที่กำหนดครอบคลุมสภาพการจราจรและลักษณะของถนนที่ศึกษาในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.3

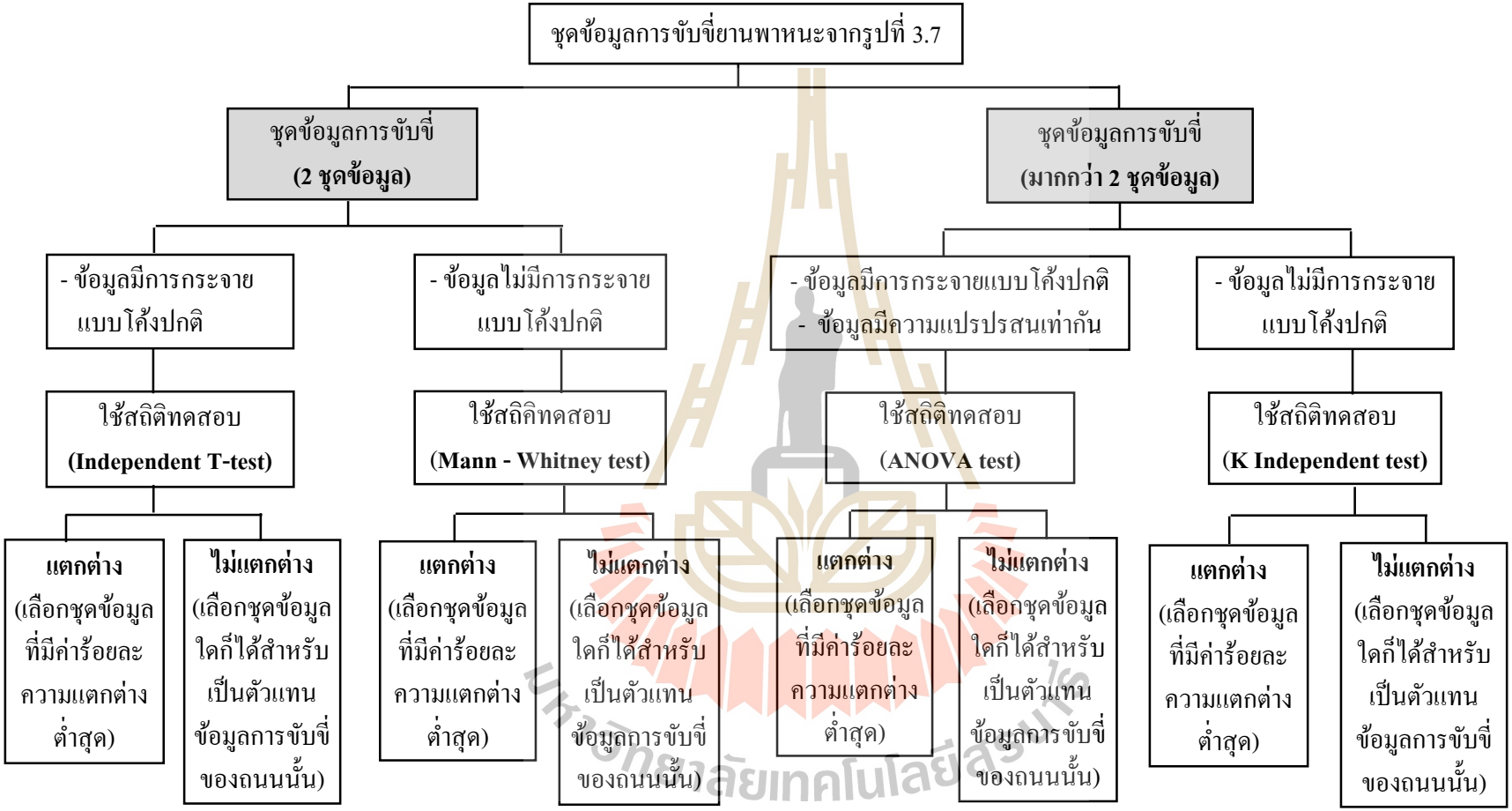


รูปที่ 3.6 วิธีการเปลี่ยนรูปกราฟข้อมูลการขับขี่เป็นข้อมูลตัวเลข



รูปที่ 3.7 กระบวนการเลือกชุดข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะบนถนนแต่ละสายที่ศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

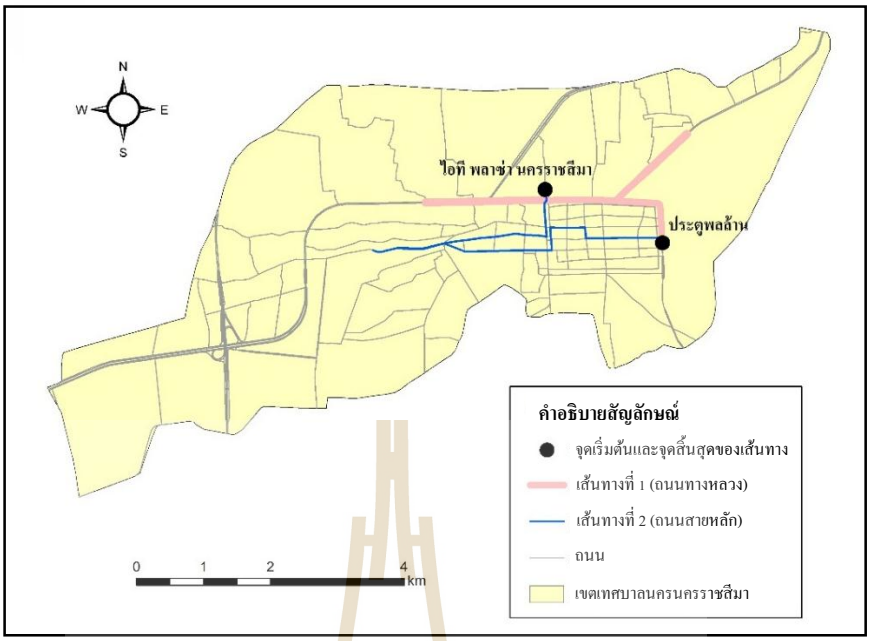


รูปที่ 3.8 การใช้สถิติเชิงอ้างอิงในการเลือกตัวแทนชุดข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ

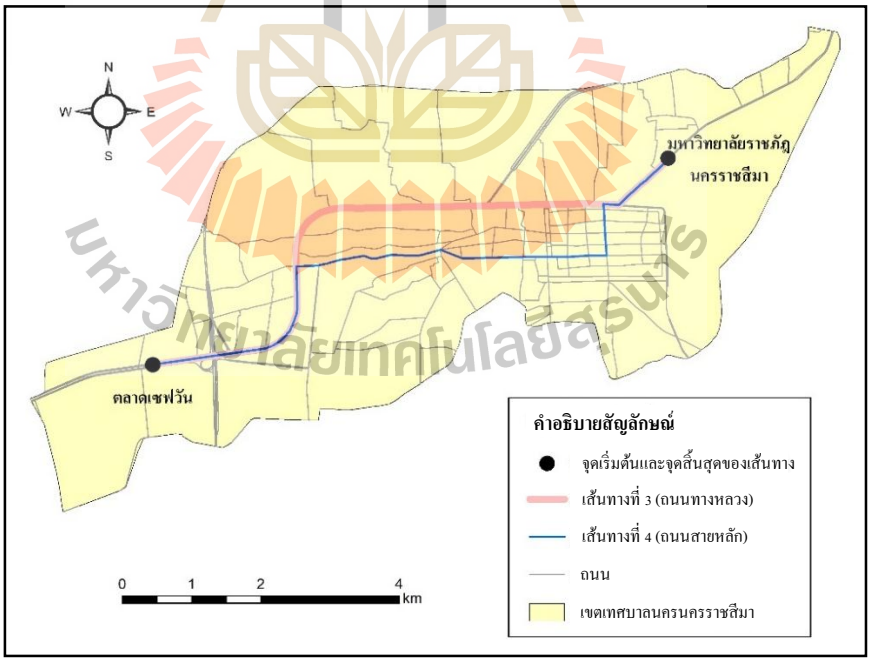
ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของเส้นทางศึกษาที่กำหนดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

เส้นทางศึกษา	รายละเอียดของเส้นทางศึกษา	ระยะทาง (กม.)
1	ทล. 224 (ระยะทาง 2.43 กม.) + ทล. 2 (ระยะทาง 1.88 กม.) + ทล. 205 (ระยะทาง 2.92 กม.) + ถนนประปา (ระยะทาง 0.02 กม.)	8.13
2	ถนนจอมพล (ระยะทาง 1.13 กม.) + ถนนมนัส (ระยะทาง 0.16 กม.) + ถนนอัษฎางค์ (ระยะทาง 0.52 กม.) + ถนนชุมพล (ระยะทาง 0.34 กม.) + ถนนมหาดไทย (ระยะทาง 0.07 กม.) + ถนนจอมสุรางยาตร์ (ระยะทาง 1.56 กม.) + ถนนมุขมนตรี (ระยะทาง 1.08 กม.) + ถนนโพธิ์กลาง (ระยะทาง 1.55 กม.) + ถนนราชดำเนิน (ระยะทาง 0.55 กม.) + ถนนประปา (ระยะทาง 0.04 กม.)	8.08
3	ทล. 205 (ระยะทาง 1.02 กม.) + ทล. 224 (ระยะทาง 1.90 กม.) + ทล. 2 (ระยะทาง 6.28 กม.)	9.22
4	ถนนจอมสุรางยาตร์ (ระยะทาง 1.57 กม.) + ถนนมหาดไทย (ระยะทาง 0.86 กม.) + ถนนประจักร (ระยะทาง 0.73 กม.) + ถนนมุขมนตรี (ระยะทาง 2.10 กม.) + ทล. 205 (ระยะทาง 0.88 กม.) + ทล. 224 (ระยะทาง 0.23 กม.) + ทล. 2 (ระยะทาง 2.95 กม.)	9.33
5	ทล. 205 (ระยะทาง 1.46 กม.) + ทล. 224 (ระยะทาง 1.90 กม.) + ทล. 2 (ระยะทาง 5.48 กม.) + ทล. 304 (ระยะทาง 1.30 กม.)	10.14

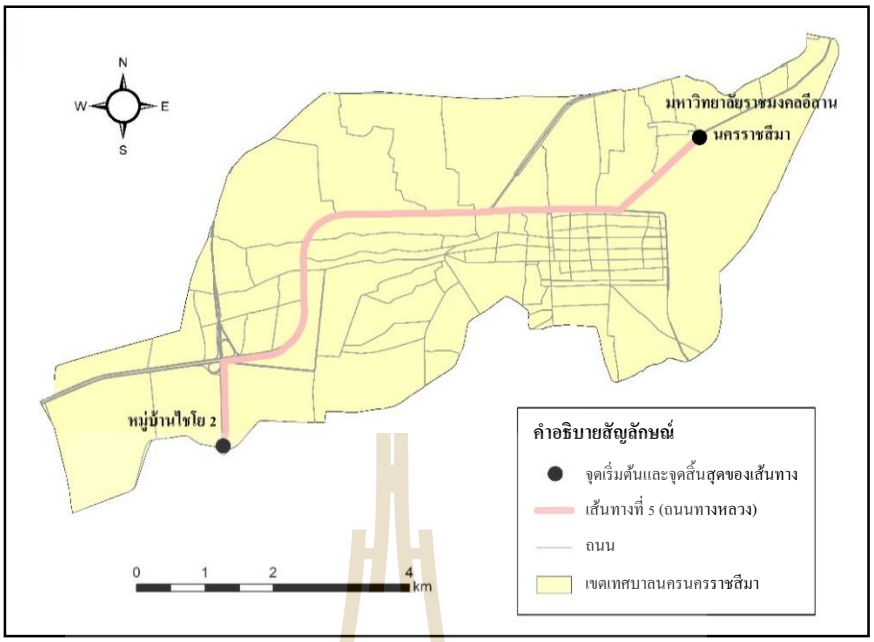
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.9 เส้นทางที่ใช้ในการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 3.10 เส้นทางที่ใช้ในการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์ส่วนบุคคลในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 3.11 เส้นทางที่ใช้พัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะประเภทรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป และรถยนต์โดยสารขนาดกลางขึ้นไป

ขั้นตอนที่ 5 : การวิเคราะห์ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ

คำนวณค่าทางสถิติของข้อมูลวัฏจักรการขับขี่ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมารวม 8 พารามิเตอร์ คือ ความเร็วเฉลี่ย ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่รถวิ่ง ความเร่งเฉลี่ย ความหน่วงเฉลี่ย ระยะเวลาขณะรถหยุด ระยะเวลาขณะรถเร่งความเร็ว ระยะเวลาขณะรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ และระยะเวลาขณะรถชะลอความเร็ว (ตารางที่ 3.4) โดยทำเช่นเดียวกันนี้กับชุดข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะทั้งหมด จากนั้นเปรียบเทียบรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะของพื้นที่เทศบาลนครราชสีมากับพื้นที่อื่น เช่น กรุงเทพมหานคร ขอนแก่น เชียงใหม่ ฮ่องกง จีน และเวียดนาม เป็นต้น

ตารางที่ 3.4 ความหมายของพารามิเตอร์ที่สำคัญในการพัฒนารูปแบบการขับขี่ยานพาหนะ (Hung et al., 2005; Wang et al., 2008)

พารามิเตอร์	หน่วย	คำย่อ	ความหมาย
1.ความเร็วเฉลี่ย	km/h	V_{avg}	ความเร็วเฉลี่ยในวัฏจักรการขับขี่ (ความเร็วของรถขณะวิ่งและขณะหยุดนิ่ง)
2.ความเร็วเฉลี่ยในขณะที่รถวิ่ง	km/h	V_{1avg}	ความเร็วเฉลี่ยในวัฏจักรการขับขี่ (เฉพาะความเร็วของรถขณะวิ่ง)
3.ความเร่งเฉลี่ย	m/s^2	Acc	การเร่งความเร็วในวัฏจักรการขับขี่ (acceleration)
4.ความหน่วงเฉลี่ย	m/s^2	Dec	การชะลอความเร็วในวัฏจักรการขับขี่ (Deceleration)
5.ร้อยละของระยะเวลาขณะรถหยุดนิ่ง (v = 0)	%	T_{idle}	ระยะเวลาการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วของยานพาหนะเท่ากับศูนย์ตลอดวัฏจักรการขับขี่
6.ร้อยละของระยะเวลาขณะรถเร่งความเร็ว ($a > 0.1\ m/s^2$)	%	T_{Acc}	ระยะเวลาการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วของยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นตลอดวัฏจักรการขับขี่
7.ร้อยละระยะเวลาขณะรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (a -0.1 ถึง 0.1 m/s^2)	%	T_{Dec}	ระยะเวลาการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วของยานพาหนะที่คงที่ตลอดวัฏจักรการขับขี่
8.ร้อยละของระยะเวลาขณะรถชะลอความเร็ว ($a < -0.1\ m/s^2$)	%	T_{Cruise}	ระยะเวลาการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วของยานพาหนะที่ลดลงตลอดวัฏจักรการขับขี่

3.1.5 การกำหนดประเภทของสารมลพิษที่ศึกษา

การเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ยานพาหนะเกิดสารมลพิษหลายชนิด ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน (HC) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซัลเฟอร์-ไดออกไซด์ (SO_2) และอนุภาคฝุ่นละออง (PM) เป็นต้น แต่ในการศึกษาครั้งนี้ประเมินปริมาณสารมลพิษอากาศ 4 ชนิด คือ HC, CO, NO_x, PM และแก๊สเรือนกระจก 1 ชนิด คือ แก๊สคาร์บอน-ไดออกไซด์ เนื่องจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ยานพาหนะมีการปล่อยสารมลพิษอากาศหลายชนิด โดยเฉพาะแก๊ส HC, CO, NO_x และฝุ่นละออง ทั้งนี้ การศึกษาครั้งนี้ไม่ประเมินแก๊สซัลเฟอร์-

ไดออกไซด์ เนื่องจากมาตรฐานเชื้อเพลิงยานพาหนะมีการควบคุมปริมาณกำมะถันในน้ำมันเชื้อเพลิงให้อยู่ในระดับที่ต่ำมาก (กรมธุรกิจพลังงาน, 2552)

3.2 การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

การประมาณค่าการปล่อยสารมลพิษอากาศมีหลายวิธีดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.4 งานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบการประมาณการปล่อยสารมลพิษ 2 วิธี ได้แก่ การใช้ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (Emission factors) และคำนวณผ่านการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินค่าความแตกต่างที่ได้จากทั้งสองวิธี

3.2.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ

3.2.1.1 ข้อมูลยานพาหนะ

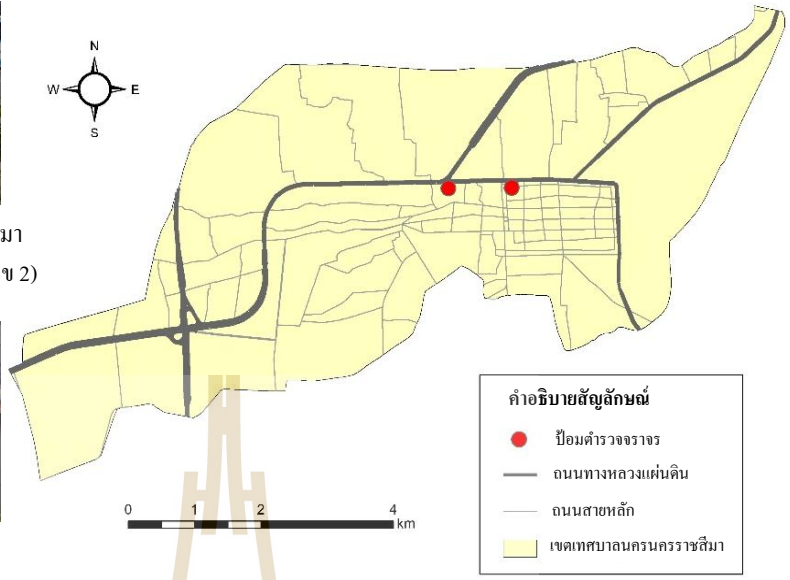
ข้อมูลยานพาหนะที่มีความสำคัญในการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ ได้แก่ ข้อมูลประเภทของยานพาหนะ ข้อมูลปริมาณยานพาหนะ ข้อมูลเทคโนโลยียานพาหนะ และข้อมูลเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะ ซึ่งข้อมูลยานพาหนะที่จำเพาะสำหรับพื้นที่ชุมชนเมืองขนาดเล็กยังคงมีอยู่อย่างจำกัด การศึกษานี้จึงทำการศึกษาข้อมูลยานพาหนะของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา เพื่อให้ค่าการประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาจริง

ก) ข้อมูลประเภทของยานพาหนะ

บันทึกข้อมูลภาพเคลื่อนไหวของสภาพการจราจรในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาด้วยกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ (VDO) ใน 2 จุด คือ ป้อมตำรวจบริเวณห้าแยกไอที ซิตี้ (ถนนชุมพล) และป้อมตำรวจบริเวณสามแยกบิ๊กซี นครราชสีมา (ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2) (รูปที่ 3.12) ทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวของยานพาหนะภาคสนามเป็นเวลา 3 วัน ครอบคลุมวันทำงานและวันหยุด ในช่วงเวลา 7.00 น. ถึง 18.00 น. โดยแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า นอกชั่วโมงเร่งด่วน และชั่วโมงเร่งด่วนเย็น ซึ่งในแต่ละช่วงเวลาบันทึกข้อมูลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และนำภาพเคลื่อนไหวมาจำแนกประเภทยานพาหนะ 8 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) รถสามล้อเครื่อง (Tuk tuk) รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) รถยนต์โดยสารขนาดเล็ก (Light bus) รถตู้โดยสาร (Van) รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป (Medium and heavy bus) รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ (Pick up) และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป (Medium and heavy truck)

บริเวณสามแยกบิ๊กซี นครราชสีมา
(ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2)

บริเวณห้าแยกไอที พลาซ่า
(ถนนชุมพล)



รูปที่ 3.12 จุดเก็บข้อมูลยานพาหนะในเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

ข) ข้อมูลเทคโนโลยียานพาหนะ

การจำแนกเทคโนโลยียานพาหนะของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาอาศัยข้อมูลภาพเคลื่อนไหวที่ได้จากขั้นตอนการจำแนกประเภทยานพาหนะ เนื่องจากไม่มีข้อมูลเทคโนโลยียานพาหนะที่จำเพาะของพื้นที่ศึกษา เทคโนโลยียานพาหนะโดยทั่วไปแบ่งเป็น Pre-Euro, Euro I, Euro II, Euro III และ Euro IV ซึ่งมาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะในแต่ละระดับมีค่าระดับการควบคุมปริมาณการปล่อยสารมลพิษที่แตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้จึงจำแนกเทคโนโลยีตามข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษจากห้องปฏิบัติการทดสอบยานพาหนะของกรมควบคุมมลพิษ โดยจำแนกมาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะตามปีการผลิตยานพาหนะแต่ละประเภทออกเป็น 3 ระดับ คือ Euro I, Euro II และ Euro III (ตารางที่ 3.5) ซึ่งมาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะ Pre-Euro ถูกรวมกับเทคโนโลยียานพาหนะ Euro I และมาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะ Euro IV ถูกรวมกับเทคโนโลยียานพาหนะ Euro III

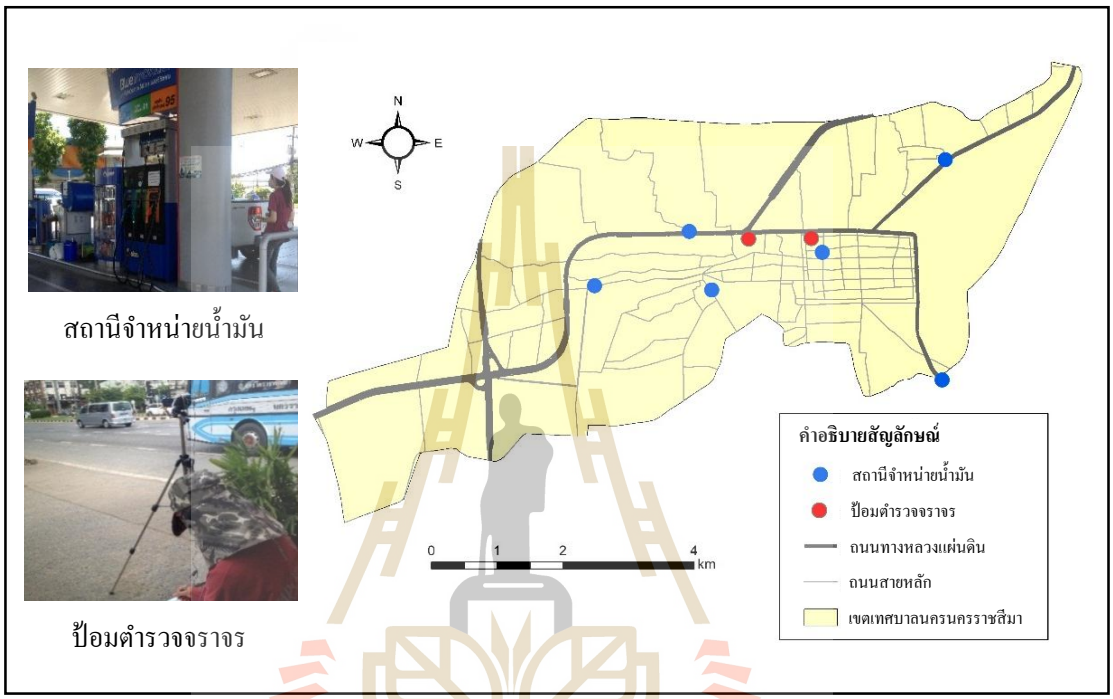
ตารางที่ 3.5 การจำแนกเทคโนโลยียานพาหนะสำหรับประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2558 ก)

ประเภทยานพาหนะ	เทคโนโลยียานพาหนะในประเทศไทย		
	Euro I	**Euro II**	**Euro III**
รถยนต์ส่วนบุคคล	ก่อนปี ค.ศ. 2000	ช่วงปี ค.ศ. 2001-2004	ปี ค.ศ. 2005 ถึงปัจจุบัน
รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ	ก่อนปี ค.ศ. 2000	ช่วงปี ค.ศ. 2001-2004	ปี ค.ศ. 2005 ถึงปัจจุบัน
รถจักรยานยนต์	ก่อนปี ค.ศ. 2008		ปี ค.ศ. 2008 ถึงปัจจุบัน
รถตู้โดยสาร	ก่อนปี ค.ศ. 2001	-	ปี ค.ศ. 2005 ถึงปัจจุบัน
รถยนต์โดยสารขนาดใหญ่	ก่อนปี ค.ศ. 1999	ช่วงปี ค.ศ. 2000-2008	ปี ค.ศ. 2009 ถึงปัจจุบัน
รถยนต์บรรทุกขนาดใหญ่	ก่อนปี ค.ศ. 1999	ช่วงปี ค.ศ. 2000-2008	ปี ค.ศ. 2009 ถึงปัจจุบัน
รถสามล้อเครื่อง	-	-	-

ค) ข้อมูลเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะ

การอ้างอิงข้อมูลประเภทเชื้อพลิงยานพาหนะที่มีการจดทะเบียนไว้กับกรมการขนส่งทางบก ไม่ได้มีความสอดคล้องโดยตรงกับประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะในเชิงพื้นที่ และการทราบถึงข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะของยานพาหนะแต่ละคันในพื้นที่ศึกษาเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ ในการศึกษาครั้งนี้จึงพิจารณาข้อมูลเชื้อเพลิงยานพาหนะภาคสนามประกอบกัน 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเก็บข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 แก๊สโซฮอล์ 95 แก๊สโซฮอล์ E20 และน้ำมันดีเซลของยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ และรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ โดยเก็บข้อมูล 2 วัน ครอบคลุมวันทำงานและวันหยุด ตั้งแต่ช่วงเวลา 9.00-15.00 น. จากสถานีจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 6 แห่ง ได้แก่ หจก. ธนพล (ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2) หจก. มหานครรุ่งเรืองเซอร์วิส (ถนนยมราช) หจก. พงษ์กิต (ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205) หจก. ศ.ศ.บริการ (ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224) หจก. เจ็ดก้าว (ถนนพิบูลละเอียด) และหจก. ราชสีมาไตรมิตรปิโตรเลียม (ถนนมุขมนตรี) (รูปที่ 3.13) และส่วนที่สองทำการตรวจนับปริมาณยานพาหนะที่แสดงสัญลักษณ์การใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีและแก๊สเอ็นจีวีของยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถโดยสารขนาดเล็ก รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป จากป้อมตำรวจบริเวณห้าแยกไอที ซิตี้ และป้อมตำรวจบริเวณสามแยกบิ๊กซี นครราชสีมา บันทึกภาพ 3 วัน ครอบคลุมวันทำงานและวันหยุด ในช่วงเวลา 7.00 น. ถึง 18.00 น. แบ่งการเก็บ

ข้อมูลเป็น 3 ช่วงเวลาต่อวัน ครอบคลุมช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า นอกชั่วโมงเร่งด่วน และชั่วโมงเร่งด่วนเย็น โดยแต่ละช่วงเวลาบันทึกข้อมูล 3 ชั่วโมง จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองส่วนมาวิเคราะห์รวมกัน เพื่อหาสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงยานพาหนะแต่ละชนิดของยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 3.13 จุดเก็บข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะในเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ง) ข้อมูลปริมาณยานพาหนะ

การศึกษานี้อาศัยข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันบนถนนทางหลวงที่มีการตรวจนับจากกรมทางหลวง (2558) และใช้การประมาณค่าปริมาณยานพาหนะบนถนนสายหลักจากข้อมูลของสฤษดิ์ โคตุละ (2553) ร่วมกับข้อมูลปริมาณยานพาหนะภาคสนามของผู้วิจัยปี พ.ศ. 2558 เนื่องจากข้อมูลปริมาณยานพาหนะบนถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาที่มีความเป็นปัจจุบันไม่ครอบคลุมถนนสายหลัก การประมาณค่าปริมาณยานพาหนะบนถนนสายหลักได้จากการนำข้อมูลการตรวจนับปริมาณยานพาหนะภาคสนามเฉลี่ย 9 ชั่วโมงบนถนนชุมพล (ถนนสายหลัก) มาใช้ประมาณค่าปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 12 ชั่วโมง และคำนวณปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Traffic, ADT) โดยการคูณค่าตัวคูณขยาย 24 ชั่วโมง (Expansion factor, E_p) ของถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ปี พ.ศ. 2558 จากแขวงการทางนครราชสีมาที่ 1 มีค่า

เท่ากับ 1.5 ทั้งนี้ การประมาณปริมาณยานพาหนะบนถนนทางสายหลักที่ได้ยังไม่ครอบคลุมถนนสายหลักทั้งหมดที่ศึกษา โดยข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันที่ได้ครอบคลุมถนนที่ศึกษา 5 สาย คือ ถนนชุมพล ถนนประจักร ถนนมุขมนตรี ถนนโพธิ์กลาง และถนนจอมพล ซึ่งผู้วิจัยได้อาศัยข้อมูลปริมาณยานพาหนะดังกล่าวสำหรับอ้างอิงข้อมูลปริมาณยานพาหนะในถนนสายอื่นภายใต้การพิจารณาถึงคุณลักษณะทางกายภาพของถนนที่คล้ายกันดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การอ้างอิงข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันบนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี 2558

ถนนที่มีข้อมูลปริมาณยานพาหนะ	**ถนนที่ใช้การอ้างอิงข้อมูลปริมาณยานพาหนะ**
1) ชุมพล	ราชดำเนิน
2) ประจักร	จักรี มนัส กุดั่น และพลล้าน
3) โพธิ์กลาง	พิบูลละเอียด จอมสุรางยาตร์ และ สุรนารี
4) จอมพล	มหาดไทย อัษฎางค์ ยมราช และพลแสน
5) มุขมนตรี	ไม่มี

3.2.1.2 ข้อมูลถนน

จำแนกถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาเป็นถนนทางหลวง (Highways) และถนนสายหลัก (Main roads) ตามลักษณะทางกายภาพ คือ จำนวนเลนที่อ้างอิงข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศจากสำนักปลัดกระทรวงคมนาคม (2555) พบว่า ถนนส่วนใหญ่ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาเป็นถนน 2 ถึง 4 เลน มีเพียงทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 ที่มีจำนวนเลนถนนมากกว่าถนนสายอื่น เนื่องจากถนนสายดังกล่าวเป็นถนนสายสำคัญที่ใช้เดินทางจากพื้นที่อื่นสู่พื้นที่เมืองเทศบาลนครนครราชสีมา (ตารางที่ 3.7) และใช้ข้อมูลความลาดชันของถนนจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) ของ ASTER (2013) พบว่า ความแตกต่างของค่าระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลในพื้นที่อยู่ในช่วงประมาณ 0-4 เมตร ทำให้เห็นว่าถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีความชันของถนนต่ำ

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

ประเภทถนน	ชื่อถนน	จำนวนเลนถนน
ถนนทางหลวง	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2	2, 3 และ 4
	ทางคู่ขนานทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2	1 และ 2
	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205	2, 3 และ 4
	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224	2, 3, 4 และ 6
	ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304	2
ถนนสายหลัก	มุขมนตรี พิบูลละเอียด โพธิ์กลาง สุรนารี มหาดไทย และอัษฎางค์	2 และ 4
	จักรี มนัส กุดั่น พลล้าน จอมพล ยมราช และ พลแสน	2
	ราชดำเนิน ชุมพล จอมสุรางค์ยาตร์ และ ประจักร และ	4

3.2.2 การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะโดยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ

ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factors) เป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลสำหรับใช้ประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำและสะดวกต่อการนำไปใช้งาน การคำนวณค่าปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะได้จากปริมาณยานพาหนะบนถนนคูณระยะทางและคูณค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษดังแสดงในสมการที่ 6 การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะในประเทศไทยนิยมใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยกรมควบคุมมลพิษ การศึกษานี้ใช้ค่าความเร็วยานพาหนะที่เปลี่ยนแปลงไปในการเดินทางระยะหนึ่งหรือวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะบนถนนแต่ละสายในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ร่วมกับค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ ข้อมูลประเภทยานพาหนะ ข้อมูลเชื้อเพลิงยานพาหนะ และข้อมูลเทคโนโลยียานพาหนะที่จำเพาะกับพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมานำมาใช้คำนวณตามสมการที่ 7 และมีรายละเอียดการคำนวณปริมาณการปล่อยสารมลพิษดังแสดงในภาคผนวก ค โดยการคำนวณค่าปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลถนน ข้อมูลปริมาณยานพาหนะ ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ และค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษดังแสดงในตารางที่ 3.8

การคำนวณปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะจากกรมควบคุมมลพิษ (2551)

$$E_{ij} = EF_{ij} \times D \times N_j \quad (6)$$

เมื่อ E_{ij} คือ อัตราการระบายสารมลพิษ i จากรถประเภท j (กรัมต่อวัน)

N_j คือ ปริมาณยานพาหนะของรถประเภท j (คันต่อวัน)

EF_{ij} คือ ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ i จากรถประเภท j (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)

D คือ ระยะทางที่รถวิ่ง (กิโลเมตร)

การคำนวณปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ (กรณีนำข้อมูลความเร็วยานพาหนะมาใช้พิจารณาประกอบการพิจารณาค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ)

$$E_{ij} = \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c \left[EF_{ijk} \times \frac{T}{3600} \times n_{jk} \times k \right] \times N_j \quad (7)$$

เมื่อ E_{ij} คือ อัตราการระบายสารมลพิษ i จากรถประเภท j (กรัมต่อวัน)

EF_{ijk} คือ ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ i จากรถประเภท j ในแต่ละช่วงความเร็วเฉลี่ย k (กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน)

T คือ ขนาดของระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางหนึ่งไมโครทริป (T = 7.31 วินาที)

n_{jk} คือ จำนวนไมโครทริปที่เกิดขึ้นในการเดินทางหนึ่งของยานพาหนะประเภท j ในแต่ละช่วงความเร็วเฉลี่ย k

k คือ ช่วงความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ในการขับขี่ยานพาหนะที่ 0-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80 และ 81-90 (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

N_j คือ ปริมาณการจราจรของรถประเภท j (คันต่อวัน)

ตารางที่ 3.8 ข้อมูลการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาโดยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ

ฟังก์ชัน	รถจักรยานยนต์	รถยนต์ส่วนบุคคล	รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ	รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป	รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป
1) ถนน	ถนนทางหลวงและถนนสายหลักรวม 21 สาย			เฉพาะถนนทางหลวงรวม 4 สาย	
2) เชื้อเพลิงยานพาหนะ	Gasohol 91	Gasohol 91, Gasohol 95, Gasohol E20, NGV และ LPG	Diesel	Diesel	Diesel
3) เทคโนโลยียานพาหนะ	Euro III	Euro I, Euro II และ Euro III		Euro I	
4) ข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ถนนทางหลวง 4 สาย อ้างอิงข้อมูลจากกรมทางหลวง (2558) ถนนสายหลัก 17 สาย ใช้ค่าประมาณปริมาณยานพาหนะจากข้อมูลของสฤษดิ์ โคตุละ (2553) กับข้อมูลภาคสนามของผู้วิจัยปี พ.ศ. 2558 โดยถนนที่ไม่มีข้อมูลปริมาณยานพาหนะจะใช้การอ้างอิงค่าปริมาณยานพาหนะจากถนนที่มีลักษณะทางกายภาพของถนนที่คล้ายกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.5				
5) ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ	ใช้ข้อมูลวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะในช่วงวันทำงานและช่วงวันหยุดของถนนแต่ละสายที่ศึกษา				

3.2.3 การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะโดยวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014

การประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความสะดวกและให้ค่าการประมาณที่เป็นที่ยอมรับ การศึกษาใช้แบบจำลอง MOVES2014 ขององค์กรสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา สำหรับประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา การประมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศโดยใช้แบบจำลอง MOVES2014 มี 3 ขั้นตอนหลัก คือ การสร้างแฟ้มข้อมูล การนำเข้าข้อมูล และการคำนวณค่าปริมาณสารมลพิษอากาศ (รูปที่ 3.14) ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การสร้างแฟ้มข้อมูล

เป็นการกำหนดขอบเขตการศึกษาและการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้แบบจำลอง MOVES2014 โดยต้องระบุข้อมูลเบื้องต้น 7 ส่วน ได้แก่ Scale and calculation type,

Time spans, Geographic bounds, Vehicles/ Equipment, Road type, pollutants and processes และ Output ข้อมูลที่กำหนดนำมาสร้างไฟล์รูปแบบที่สามารถใช้ในการปรับเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาได้ และไฟล์ที่ได้อยู่ในรูปของตารางการคำนวณ (Microsoft Excel) การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกการคำนวณปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 โดยใช้ Emission rate และรายละเอียดของขอบเขต (ตารางที่ 3.9) ทั้งนี้ ฐานข้อมูลปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะของเมืองลอสแองเจลลิส (Los Angeles) ถูกเลือกใช้คำนวณปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา เนื่องจากเป็นข้อจำกัดเมื่อนำมาใช้กับประเทศอื่น

ขั้นตอนที่ 2: การนำเข้าข้อมูลในแบบจำลอง

การนำเข้าไฟล์ข้อมูลในแบบจำลอง MOVES2014 เริ่มจากการสร้าง MOVES Country Data Manager ขึ้นใหม่ ข้อมูลนำเข้าใน MOVES Country Data Manager มี 8 พารามิเตอร์ คือ Meteorology data, Source type population, Age distribution, Vehicle type VMT, Road type distribution, I/M programs, Fuel และ Average speed distribution ซึ่งข้อมูลนำเข้าที่สำคัญต่อการประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะโดยวิธีการคำนวณแบบ Emission rate คือ Vehicle mile travel (VMT), Population, Average speed distribution และ Road type distribution เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมีผลโดยตรงต่อการคำนวณอัตราการปล่อยสารมลพิษของแบบจำลอง MOVES2014 (US EPA, 2014) การศึกษานี้เลือกข้อมูลนำเข้าที่จำเพาะกับพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาเป็นหลัก โดยปรับเปลี่ยนข้อมูลให้เหมาะสมกับตามข้อจำกัดของแบบจำลองและข้อมูลนำเข้า รายละเอียดของข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการศึกษานี้แสดงในตารางที่ 3.10

ขั้นตอนที่ 3: การคำนวณค่าปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะ

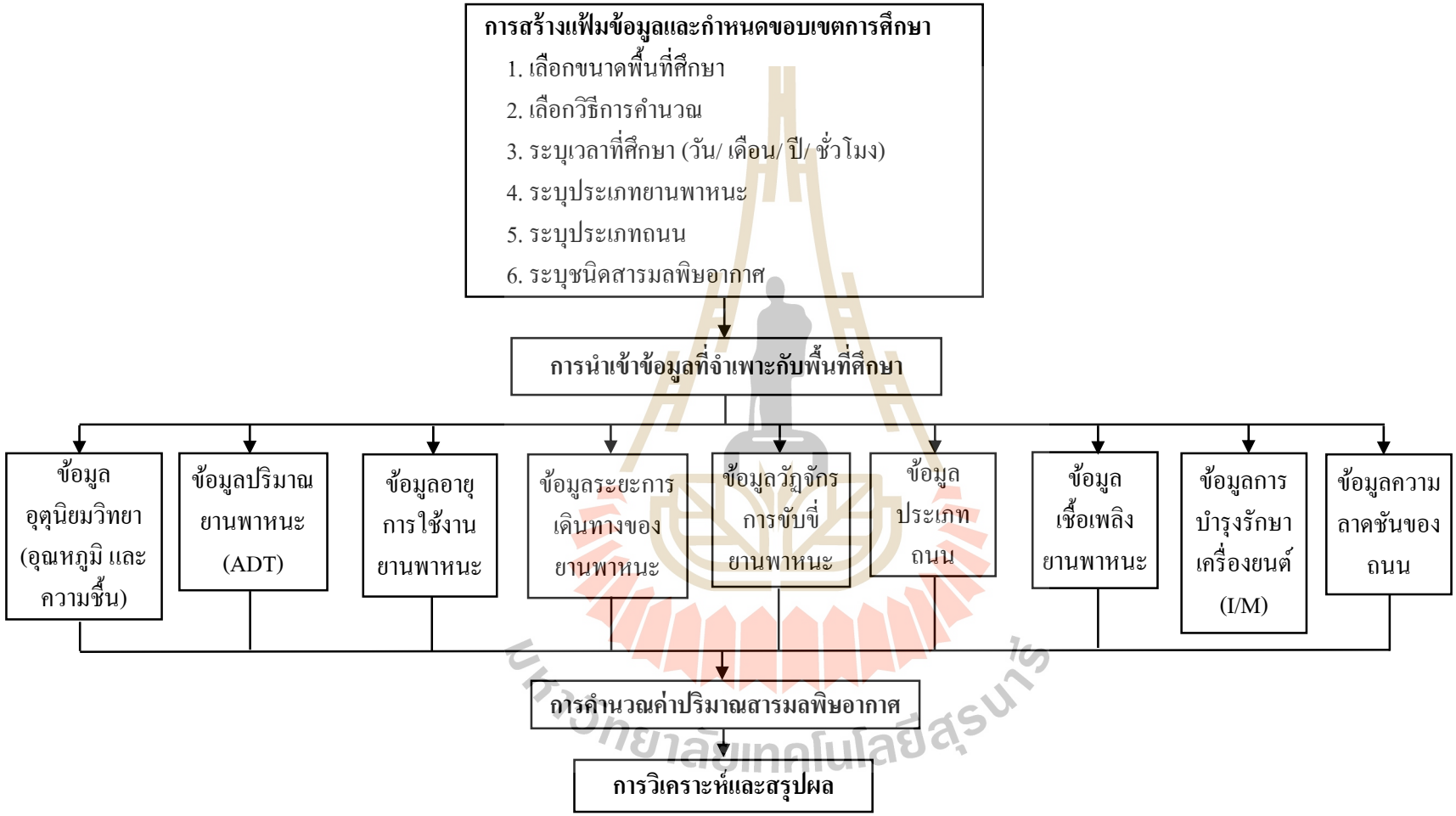
การประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะด้วยวิธี Emission rate ในแบบจำลอง MOVES2014 ได้ปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ 2 ส่วน คือ ปริมาณสารมลพิษจากกระบวนการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ (Running process) และปริมาณสารมลพิษจากกระบวนการหยุดนิ่งของยานพาหนะ (Start, hoteling และ non-running evaporative) เพื่อให้ค่าประมาณสารมลพิษที่สอดคล้องกับข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะจริงของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา การศึกษานี้พิจารณาเฉพาะค่าปริมาณสารมลพิษจากกระบวนการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ เนื่องจากวัฏจักรการขับขี่ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาไม่ได้ครอบคลุมกระบวนการติดเครื่องยนต์ก่อนขับเคลื่อน และการหยุดรถยาวนานในพื้นที่ลานจอดรถหรือสถานีขนส่ง ปริมาณสารมลพิษอากาศจากกระบวนการเคลื่อนที่ของยานพาหนะคำนวณจากการคูณค่าอัตราการปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะ (Emission rate) กับระยะในแต่ละช่วงความเร็ว

เฉลี่ยของวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ ทำให้ได้ค่าปริมาณสารมลพิษอากาศเฉลี่ยรายชั่วโมงของช่วงวันทำงานและวันหยุดในหน่วยกรัมต่อวัน และนำมาประมาณค่าปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา โดยปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะที่ได้มีทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน (HC) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และแก๊สเรือนกระจก คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนาสำหรับเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของปริมาณสารมลพิษอากาศของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาจากวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factor) กับวิธีการใช้แบบจำลอง MOVES2014

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014

ตารางที่ 3.9 การกำหนดขอบเขตการศึกษาในแบบจำลอง MOVES2014

ฟังก์ชัน	ฟังก์ชันที่เลือกใช้
1. Scale and Calculation type	
1.1 Model	On-road vehicle
1.2 Domain/ Scale	County scale
1.3 Calculation type	Emission rates
2. Time spans	
2.1 Time aggregation level	hours
2.2 Calendar year of evaluation	ค.ศ. 2015 หรือ พ.ศ. 2558
2.3 Month on evaluation	January to December (ทั้งหมด 12 เดือน)
2.4 Type of day of evaluation	weekday and weekend
2.5 Hour of evaluation	24 hours
3. Geographic bounds	
3.1 Region	County
3.2 States	California
3.3 Country	Los Angeles (LA)
3.4 Domain input database	MOVES country data manager (ข้อมูลจำเพาะของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา)
4. Vehicle/ Equipment	
4.1 Vehicle types	Motorcycle, Passenger car, Passenger truck, Transit bus และ Single unit short-haul truck
4.2 fuel types	Gasohol, Diesel, CNC และ LPG
5. Road type	Urban restricted (ถนนทางหลวง) หรือ Urban unrestricted (ถนนสายหลัก)
6. Pollutants and process	HC, NO_x, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, NO_2 , SO_2 และ CO_2
7. Output unit	g/day

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.10 ข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการประมาณสารมลพิษอากาศในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี 2558

ฟังก์ชัน	รายละเอียด	หน่วย	อ้างอิง
1. Meteorology data	ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมงในแต่ละเดือนของจังหวัดนครราชสีมา	เปลี่ยน C^{o} เป็น F^{o}	กรมควบคุมมลพิษ (2558 ข)
	ข้อมูลความชื้นเฉลี่ยรายชั่วโมงในแต่ละเดือนของจังหวัดนครราชสีมา	%	กรมควบคุมมลพิษ (2558 ข)
2. Source type population	ข้อมูลปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันบนถนนทางหลวงและถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาเดียวกันกับวิธีการประมาณโดยใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ	คันต่อวัน	กรมทางหลวง (2558) สฤษดิ์ โคตุละ (2553) และข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้
3. Age distribution	ข้อมูลจำนวนยานพาหนะแยกตามอายุย้อนหลัง 25 ปี	คันต่อปี	สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา (2558)
4. Vehicle miles traveled (VMT)	ข้อมูลระยะการเดินทางยานพาหนะเฉลี่ยต่อปีของจังหวัดนครราชสีมา	เปลี่ยน km เป็น mile	Thirayoot Limanond (2009)
5. Average speed distribution	ข้อมูลวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ (Driving cycles) ในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของช่วงวันทำงานและวันหยุดบนถนนสายสำคัญของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา	เปลี่ยน km/h เป็น mph	ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้
6. Road type distribution	ถนนทางหลวง (Urban restricted) และถนนสายหลัก (Urban unrestricted)	-	-
7. Fuels	ข้อมูลสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทของยานพาหนะ	%	ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้
	ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิงยานพาหนะ ดังนี้ RVP (Psi), Sulfur level (ppm), ETOH volume (%vol), Aromatic content (%wt), Olefin content (%wt), Benzene content (%wt), BiodieselEster volume (%), Cetane index, PAH content, T50 (^{o}F) และ T90 (^{o}F)		กรมธุรกิจพลังงาน (2547; 2552; 2556 ก; 2556 ข; 2557) และ Thummarat Thummadetsak (2010)
8. I/M	ไม่ได้นำมาพิจารณาในการคำนวณ	-	-

บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาด้วยวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะได้ผลการศึกษา 3 ส่วนหลัก คือ การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับเครื่องมือตรวจวัดความเร็วยานพาหนะ การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะบนโครงข่ายถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา และการประมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่โดยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษและวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 รายละเอียดมีดังนี้

4.1. การทดสอบวิธีตรวจวัดความเร็วยานพาหนะด้วยแอพพลิเคชัน

การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดค่าความเร็วของยานพาหนะใช้การเปรียบเทียบความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ยของเครื่องมือตรวจวัดความเร็ว 3 เงื่อนไข (หัวข้อ 3.1.4) พบว่า เครื่องมือตรวจวัดความเร็วยานพาหนะในทุกเงื่อนไขมีค่าความเร็วเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 4.1) การเปรียบเทียบค่าความเร็วเฉลี่ยของแอพพลิเคชัน SafeMate (IOS/Android) บนโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเครื่องมือระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) พบว่า แอพพลิเคชัน SafeMate (IOS) และ SafeMate (Android) มีค่าความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 19.12±4.15 และ 23.02±5.06 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ โดยแอพพลิเคชัน SafeMate ระบบ IOS มีค่าความเร็วเฉลี่ยใกล้เคียงกับเครื่องมือระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ (รูปที่ 4.1) เมื่อเปรียบเทียบการใช้แอพพลิเคชัน SafeMate (IOS) กับแอพพลิชันสาธารณะ (Speedometer Pro app.) บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ พบว่า แอพพลิเคชัน SafeMate (IOS) และแอพพลิเคชัน Speedometer Pro มีค่าความเร็วเฉลี่ยใกล้เคียงกับเครื่องมือระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยแอพพลิเคชัน SafeMate (IOS) มีค่าความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 18.64±3.75 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่าเครื่องมือระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์เล็กน้อย (รูปที่ 4.2) และการเปรียบเทียบฟังก์ชันผู้โดยสารยานพาหนะ (I am a public transport) กับฟังก์ชันผู้ขับขี่ยานพาหนะ (I am a driver) ของแอพพลิเคชัน SafeMate พบว่า ฟังก์ชันผู้โดยสารยานพาหนะและฟังก์ชันผู้ขับขี่ยานพาหนะมีค่าความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 18.36±4.36 และ 17.37±4.40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ โดยทั้งสองฟังก์ชันของแอพพลิเคชัน SafeMate มีค่าความเร็วเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับเครื่องมือระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ (รูปที่ 4.3)

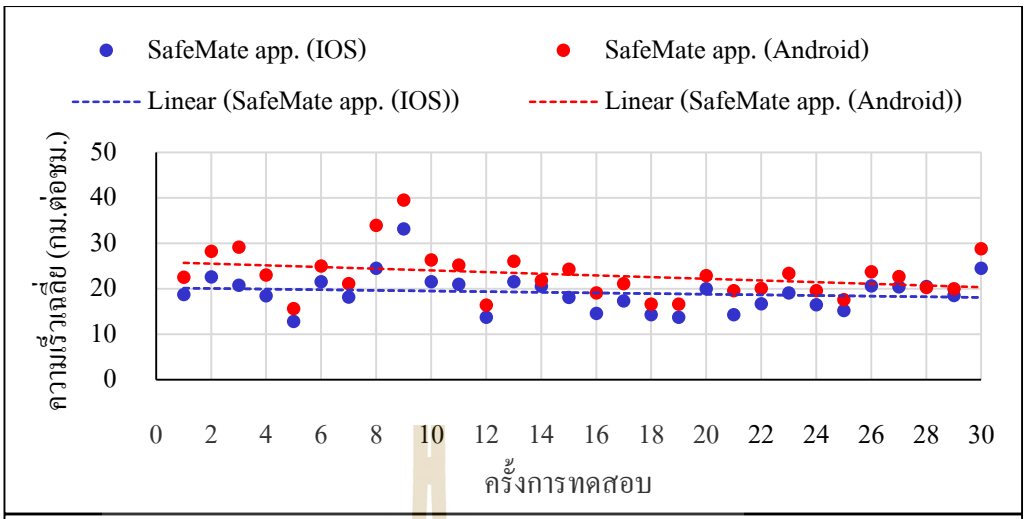
ระบบเซ็นเซอร์ความเร็วยานพาหนะบนแอพพลิเคชันในโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถให้ค่าการตรวจวัดที่มีความถูกต้อง (Fazeen et al., 2012) แอพลิเคชัน SafeMate (IOS) ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถใช้เก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะบนโครงข่ายถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ทั้งนี้ แอพพลิเคชัน SafeMate วัดค่าความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำกว่าเครื่องระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ในช่วง 1.06 ถึง 1.55 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.1 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยของเครื่องมือตรวจวัดความเร็วยานพาหนะ

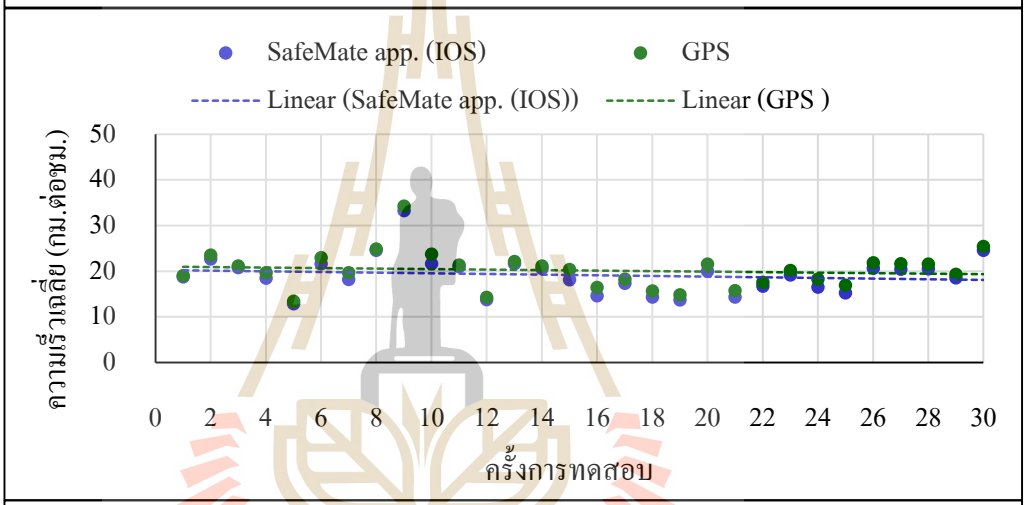
เงื่อนไขที่ศึกษา	เครื่องมือ	ค่าทางสถิติ (กม./ชม.)		Levene's test	
		$\bar{X}$	SD	F	Sig.
1) ชนิดของเครื่องมือสำหรับตรวจวัดความเร็วยานพาหนะ	SafeMate app. (IOS)	19.12	4.15	2.58	0.08
	SafeMate app. (Android)	23.02	5.26		
	GPS	20.18	4.09		
2) ชนิดของแอพพลิเคชันสำหรับตรวจวัดความเร็วยานพาหนะ	SafeMate app. (Thailand)	18.64	3.75	1.34	0.27
	Speedometer app. (Public)	20.11	3.59		
	GPS	19.75	3.55		
3) ชนิดของฟังก์ชันในแอพพลิเคชัน SafeMate	I am a driver	17.37	4.40	2.58	0.08
	I am public transport	18.36	4.36		
	GPS	19.91	4.33		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

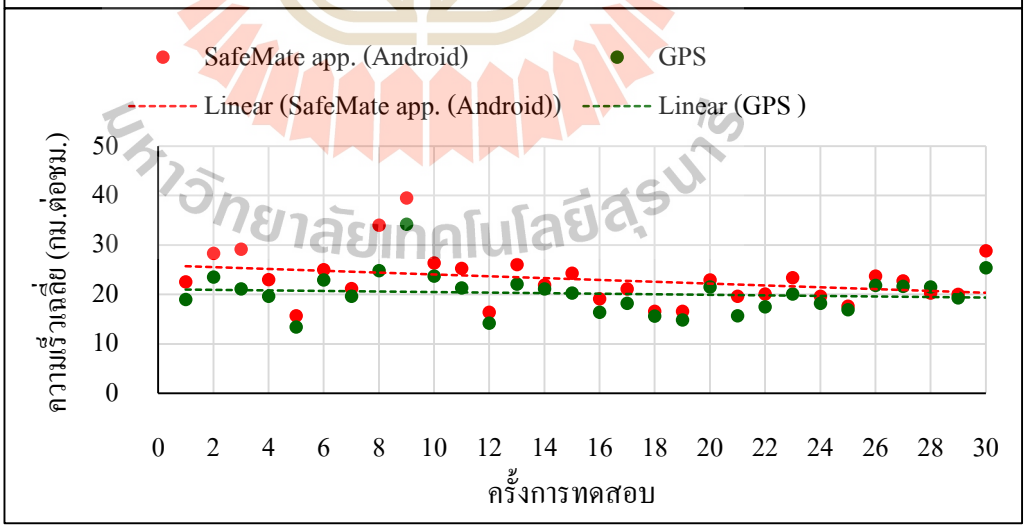
(ก)



(ข)

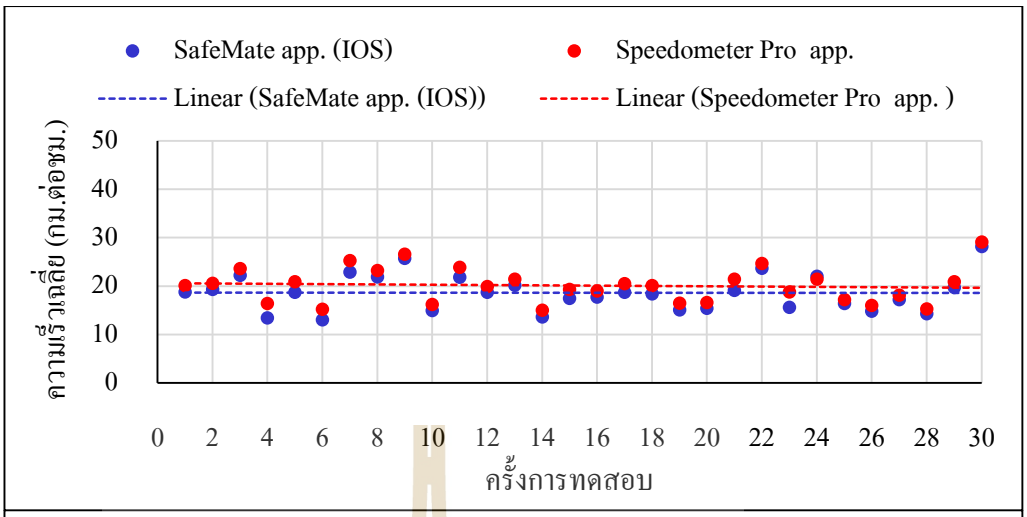


(ค)

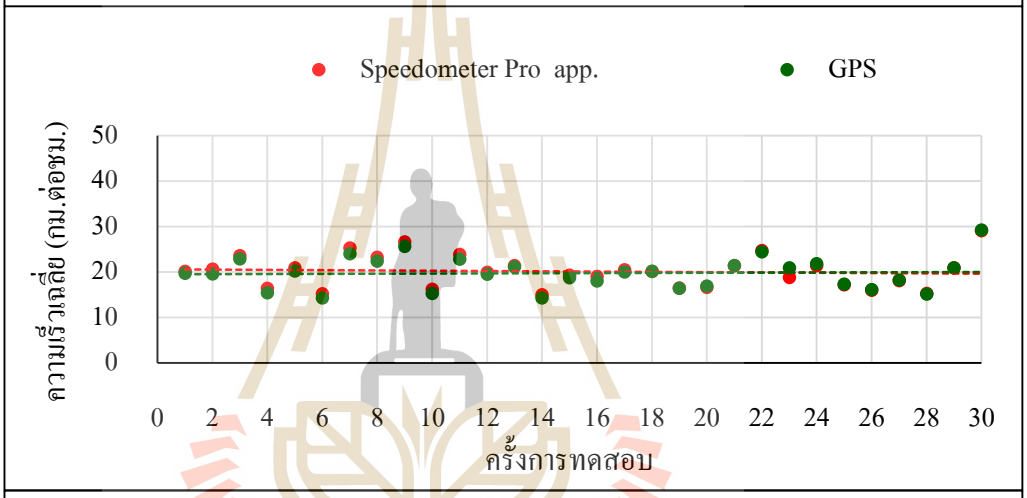


รูปที่ 4.1 ความเร็วเฉลี่ยของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (SafeMate application) กับเครื่องมือระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ ดังนี้ (ก) Safemate (IOS) กับ Safemate (Andriod), (ข) Safemate (IOS) กับ GPS และ (ค) Safemate (Andriod) กับ GPS

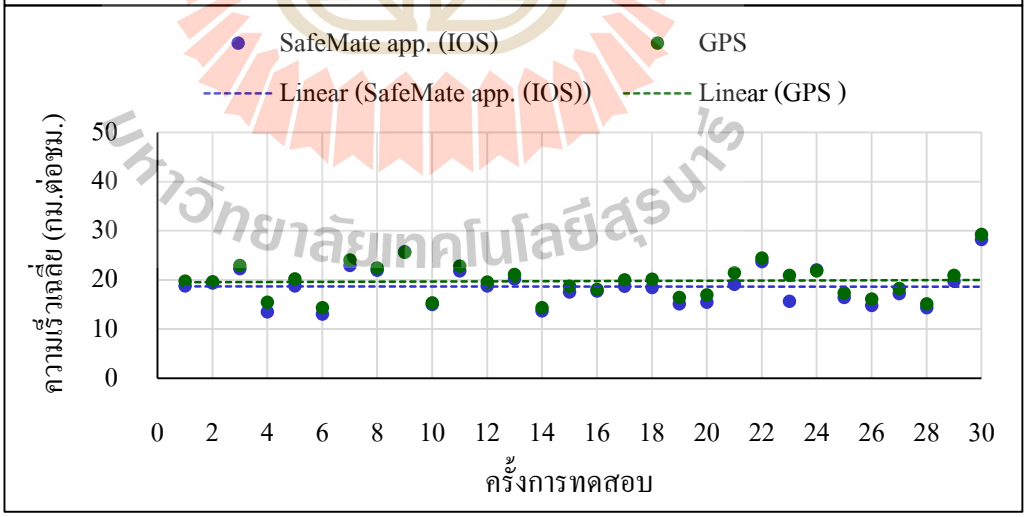
(ก)



(ข)

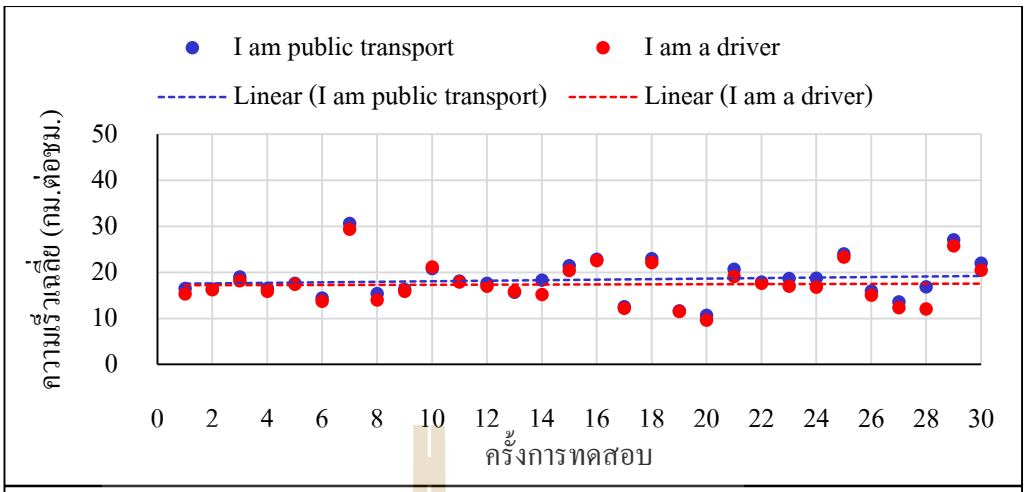


(ค)

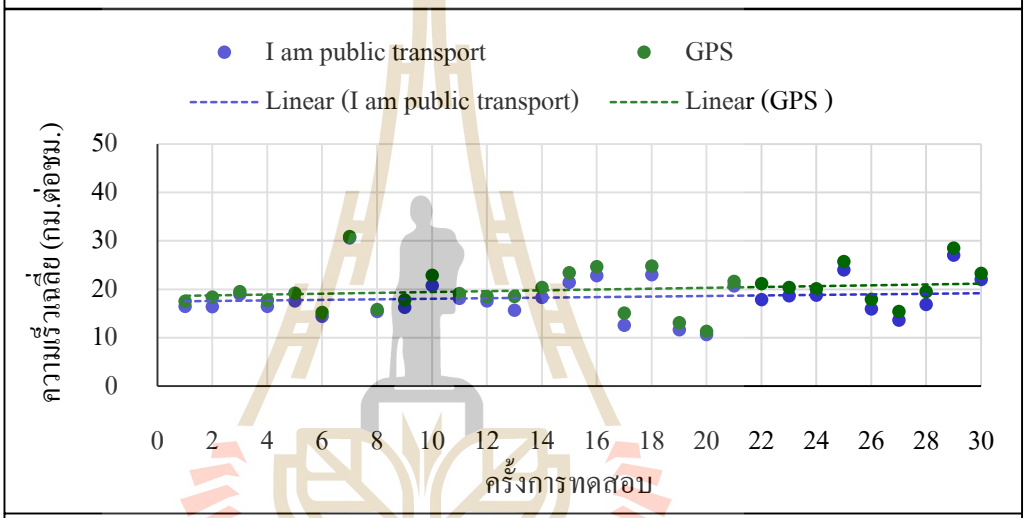


รูปที่ 4.2 ความเร็วเฉลี่ยของแอพลิเคชัน SafeMate (IOS) กับแอพลิเคชัน Speedometer Pro ดังนี้ (ก) Safemate (IOS) กับ Speedometer Pro, (ข) Safemate (IOS) กับ GPS และ (ค) Speedometer Pro กับ GPS

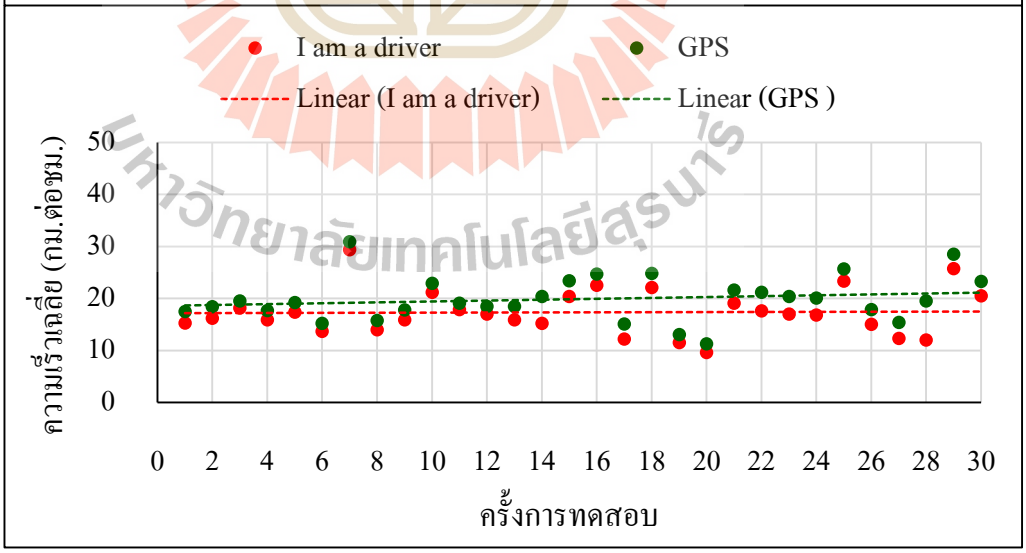
(ก)



(ข)



(ค)

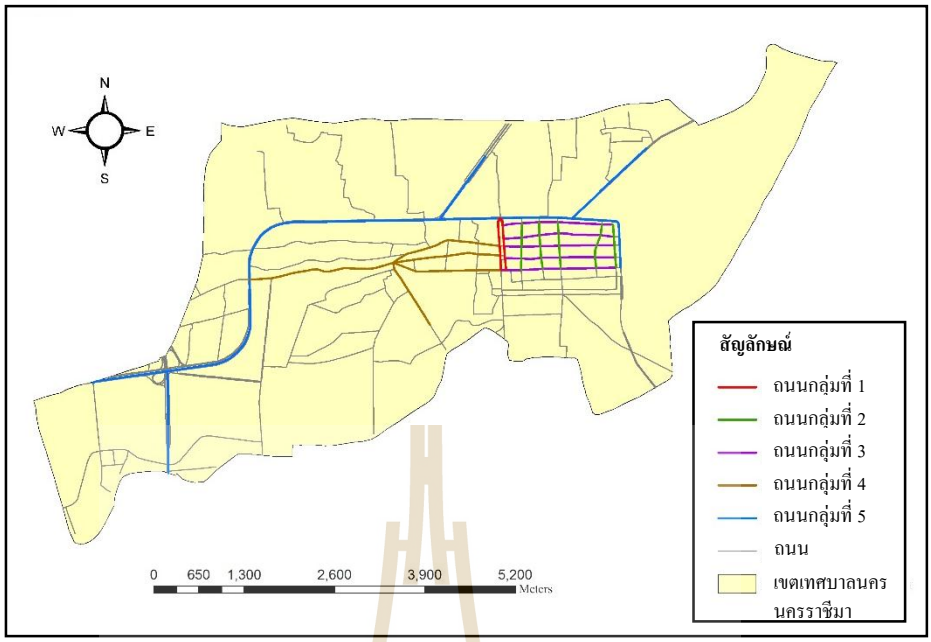


รูปที่ 4.3 ความเร็วเฉลี่ยของฟังก์ชันผู้โดยสารยานพาหนะกับฟังก์ชันผู้ขับขี่ยานพาหนะของแอพพลิเคชัน SafeMate ดังนี้ (ก) I am public transport กับ I am driver, (ข) I am public transport กับ GPS และ (ค) I am driver กับ GPS

4.2 ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

แอพพลิเคชัน SafeMate บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้เก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมารวม 21 สาย จากนั้นใช้สถิติเชิงพรรณาและสถิติเชิงอ้างอิงเลือกชุดข้อมูลการขับขี่ที่เป็นตัวแทนสภาพการขับขี่ยานพาหนะของวันทำงานและวันหยุดใน 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน และช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น ทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ (ภาคผนวก ง.) และกราฟข้อมูลการขับขี่ของยานพาหนะแต่ละประเภทบนถนนแต่ละสายที่ศึกษา (ภาคผนวก จ.) สำหรับใช้อธิบายความแตกต่างของรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะบนถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้การอธิบายภาพรวมรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะตามกลุ่มถนนที่มีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกันออกเป็น 5 กลุ่ม (รูปที่ 4.4) คือ ถนนสายหลักขนาด 4 เลน ที่มีระยะทางศึกษาประมาณ 0.76 กิโลเมตร และมีการเดินรถทางเดียว (ได้แก่ ถนนราชดำเนิน และถนนชุมพล) ถนนสายหลักขนาด 2 เลน ที่มีระยะทางอยู่ในช่วง 0.62-0.67 กิโลเมตร และมีการเดินรถสองทาง (ได้แก่ ถนนจักรี ถนนมนัส ถนนประจักร ถนนกุดั่น และถนนพลล้าน) ถนนสายหลักขนาด 2-4 เลน ที่มีระยะทางอยู่ในช่วง 1.03-2.10 กิโลเมตร (ได้แก่ ถนนจอมสุรางยาตร์ ถนนโพธิ์กลาง ถนนสุรนารีถนนมุขมนตรี และถนนพิบูลละเอียด) ถนนสายหลักขนาด 2 เลน ที่มีระยะทางอยู่ในช่วง 1.58-1.66 กิโลเมตร และมีการเดินรถสองทาง (ได้แก่ ถนนมหาดไทย ถนนจอมพล ถนนอัษฎางค์ ถนนยมราช และถนนพลแสน) และถนนทางหลวงขนาด 2-4 เลน ที่มีระยะทางอยู่ในช่วง 1.46-7.66 กิโลเมตร และมีการเดินรถสองทาง (ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



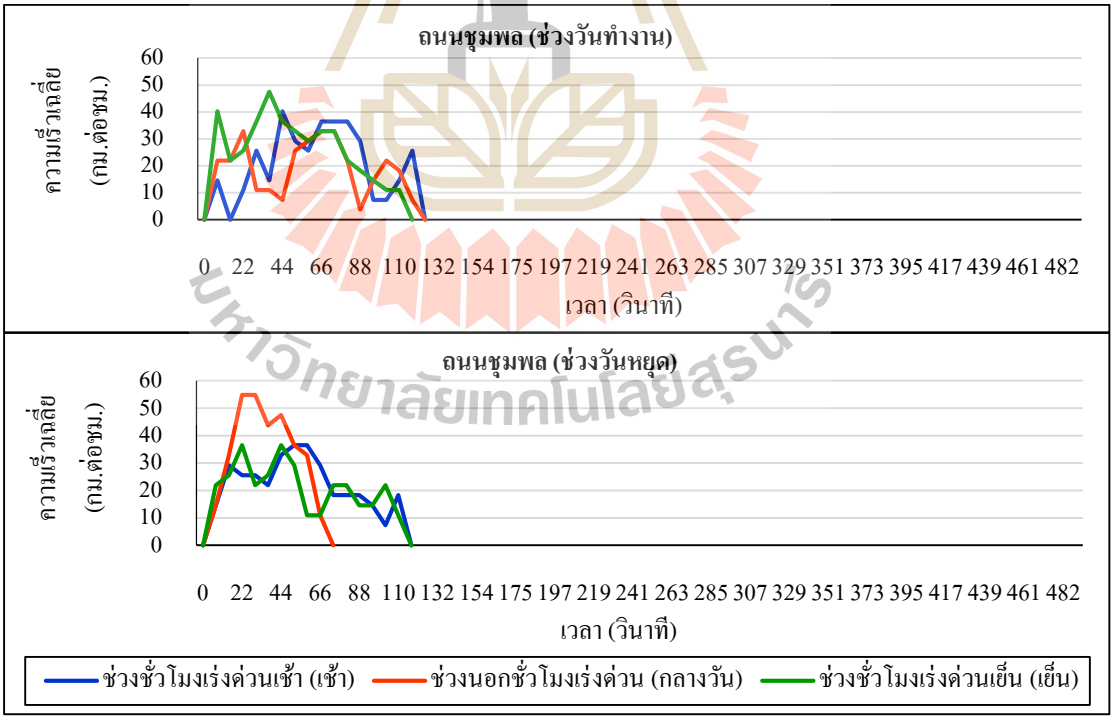
รูปที่ 4.4 การแบ่งกลุ่มถนนตามลักษณะทางกายภาพของถนน

4.2.1 รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ (Pick Up)

ถนนชุมพล และราชดำเนินเป็นถนนกลุ่มที่หนึ่งที่มีรูปแบบการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อที่เป็นอิสระสูงกว่าถนนกลุ่มอื่น เนื่องจากมีการเดินรถทางเดียว และมีจุดสัญญาณไฟจราจรน้อย (รูปที่ 4.5 และ 4.6) การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนชุมพลมีค่าความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.6-36.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2-0.4 และ 0.2-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ โดยสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง รถชะลอความเร็ว และรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 36.3, 44.3 และ 19.5 ตามลำดับ และไม่มีลักษณะรถหยุดนิ่งตลอดการเดินทาง ซึ่งช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันหยุดมีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงสุดถึง 36.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 0.58 นาที ในระยะทาง 0.76 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.2 สำหรับถนนราชดำเนินมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำกว่าถนนชุมพล เนื่องจากถนนราชดำเนินมีสัญญานไฟจราจร 2 จุด แต่ถนนชุมพลไม่มีจุดสัญญาณไฟจราจร การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนราชดำเนินใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 13.3-37.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่สัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 2.2 และ 8.9 ตามลำดับ ซึ่งช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดมีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงสุดถึง 37.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 1.05 นาที ในระยะทาง 0.76 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนชุมพล

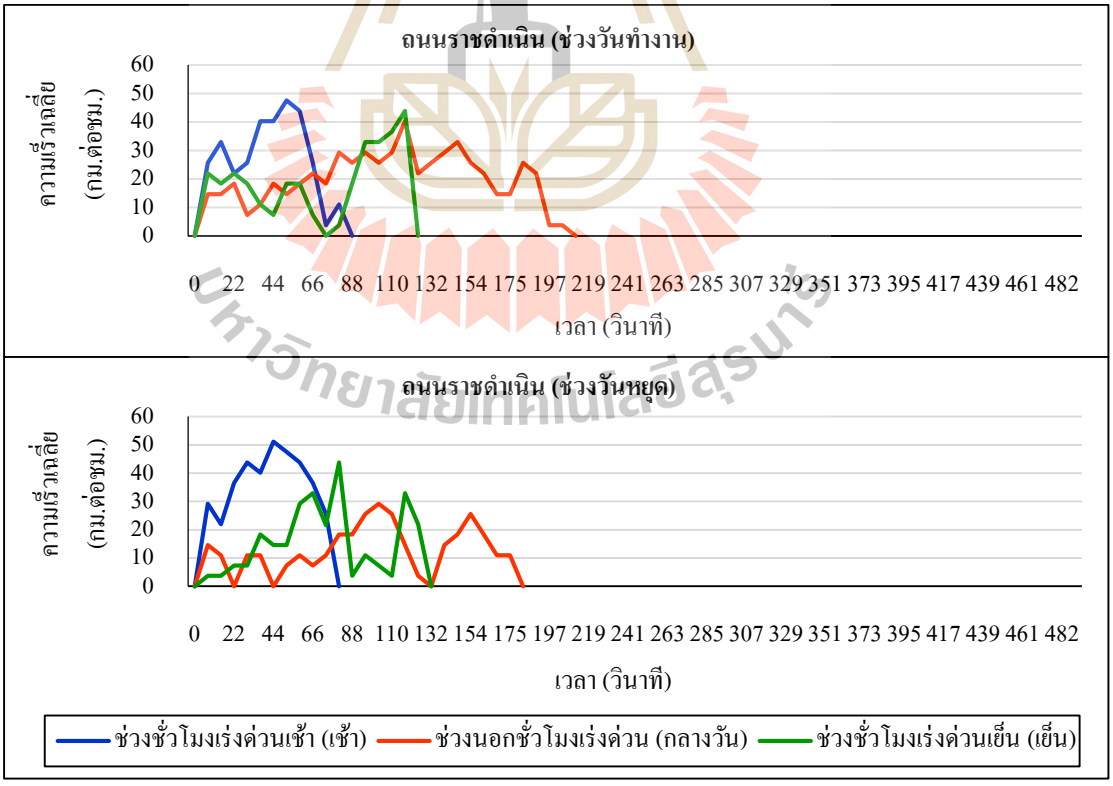
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ชุมพล	วันทำงาน - เช้า	22.1	23.6	0.3	-0.4	0.0	40.0	40.0	20.0	1.50
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	23.1	23.1	0.2	-0.2	0.0	28.6	42.9	28.6	1.42
0.76 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	19.6	19.6	0.2	-0.4	0.0	40.0	40.0	20.0	1.50
	วันหยุด - กลางวัน	36.5	36.5	0.4	-0.5	0.0	37.5	50.0	12.5	0.58
	วันทำงาน - เย็น	27.5	27.5	0.2	-0.3	0.0	28.6	57.1	14.3	1.42
	วันหยุด - เย็น	21.7	21.7	0.2	-0.4	0.0	42.9	35.7	21.4	1.42
	ค่าเฉลี่ย	25.1	25.3	0.3	-0.4	0.0	36.3	44.3	19.5	1.31
	ค่าสูงสุด	36.5	36.5	0.4	-0.2	0.0	42.9	57.1	28.6	1.50
	ค่าต่ำสุด	19.6	19.6	0.2	-0.5	0.0	28.6	35.7	12.5	0.58



รูปที่ 4.5 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนชุมพล

ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนราชดำเนิน

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ราชดำเนิน	วันทำงาน - เช้า	28.9	28.9	0.3	-0.5	0.0	50.0	40.0	10.0	1.13
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	37.6	37.6	0.4	-0.2	0.0	33.3	66.7	0.0	1.05
0.76 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	20.6	20.6	0.2	-0.3	0.0	48.1	40.7	11.1	3.17
	วันหยุด - กลางวัน	13.3	15.2	0.2	-0.3	13.0	43.5	43.5	0.0	2.48
	วันทำงาน - เย็น	19.4	20.7	0.2	-0.2	0.0	46.7	40.0	13.3	1.50
	วันหยุด - เย็น	16.3	16.3	0.3	-0.5	0.0	43.8	37.5	18.8	1.57
	ค่าเฉลี่ย	22.7	23.2	0.3	-0.3	2.2	44.2	44.7	8.9	2.02
	ค่าสูงสุด	37.6	37.6	0.4	-0.2	13.0	50.0	66.7	18.8	3.17
	ค่าต่ำสุด	13.3	15.2	0.2	-0.5	0.0	33.3	37.5	0.0	1.05

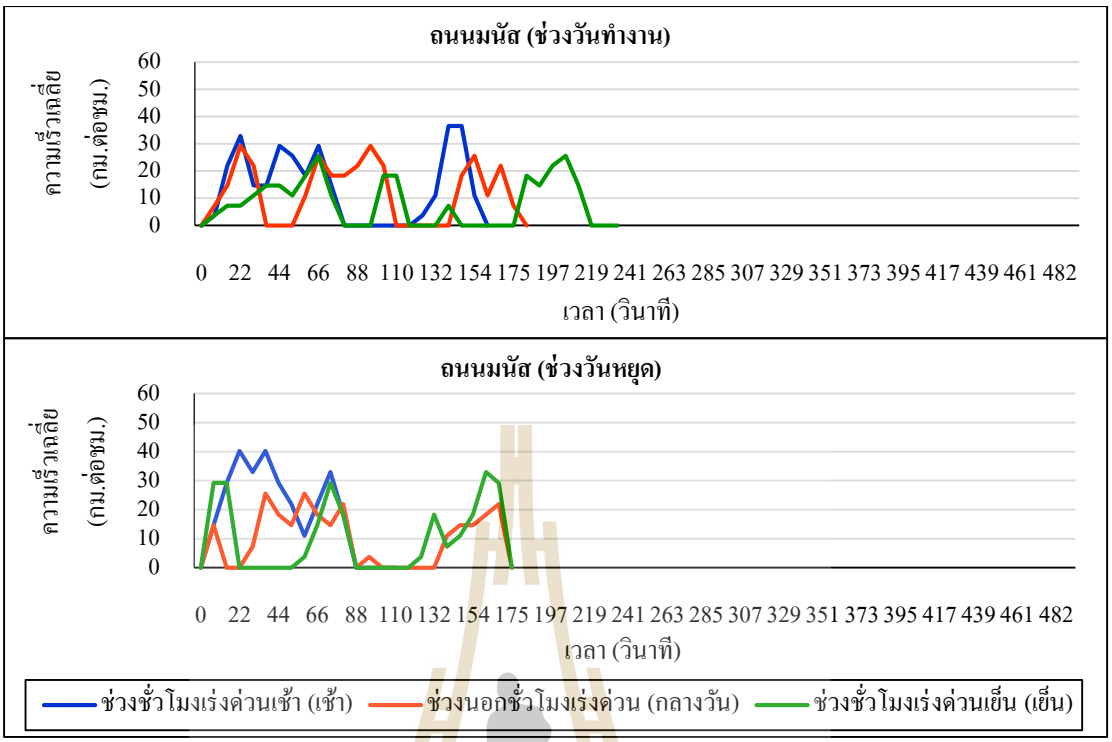


รูปที่ 4.6 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนราชดำเนิน

การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนกลุ่มที่สองมีความผันผวนของความเร็วสูงกว่าถนนกลุ่มที่หนึ่ง เนื่องจากถนนกลุ่มที่สองมีการเดินรถแบบสองทิศทาง และมีจุดสัญญาณไฟจราจร 3-4 จุด ซึ่งถนนกลุ่มที่สอง ได้แก่ มนัส จักรี ประจักร กุดั่น และพลล้าน รูปแบบการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับถนนมนัส (รูปที่ 4.7) โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.6-20.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 25.9 ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2-0.3 และ 0.3-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ ช่วงวันหยุดมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่าวันทำงาน โดยเฉพาะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดที่มีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงสุดถึง 20.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 1.35 นาที ในระยะทาง 0.67 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.4) สำหรับถนนพลล้านมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่าถนนสายอื่น เนื่องจากเป็นเพียงถนนสายเดียวของถนนกลุ่มที่สองที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร (รูปที่ 4.8) การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนพลล้านใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงอยู่ในช่วง 18.0-22.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และไม่มีลักษณะของรถหยุดนิ่งตลอดการเดินทาง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยสูงอยู่ในช่วง 0.3-0.5 และ 0.3-0.8 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ ซึ่งช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันทำงานใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูงสุดถึง 22.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 1.20 นาที ในระยะทาง 0.62 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนมนัส

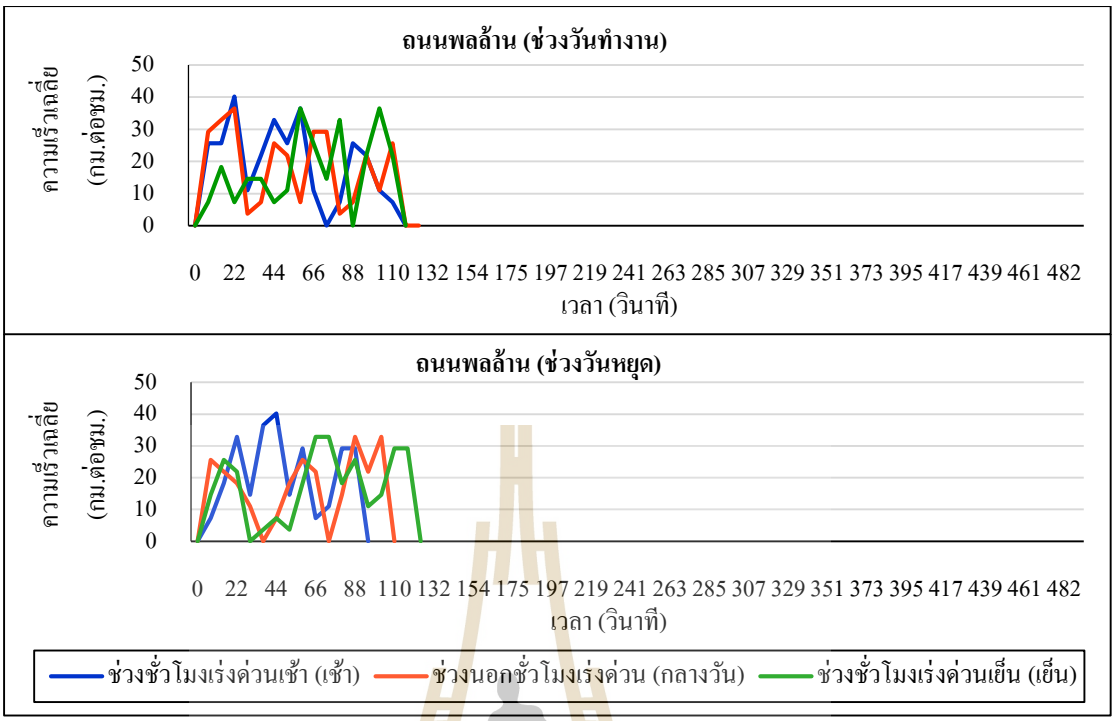
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
มนัส	วันทำงาน - เช้า	14.4	20.2	0.2	-0.5	25.0	35.0	30.0	10.0	2.26
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	20.9	26.6	0.3	-0.4	15.4	38.5	46.2	0.0	1.35
0.67 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	12.6	19.0	0.2	-0.5	26.1	39.1	30.4	4.3	2.48
	วันหยุด - กลางวัน	10.6	16.3	0.2	-0.3	22.7	40.9	31.8	4.5	2.40
	วันทำงาน - เย็น	8.5	14.6	0.1	-0.4	30.0	33.3	26.7	10.0	3.39
	วันหยุด - เย็น	10.6	18.8	0.2	-0.6	36.4	36.4	22.7	4.5	2.40
	ค่าเฉลี่ย	12.9	19.3	0.2	-0.5	25.9	37.2	31.3	5.6	2.38
	ค่าสูงสุด	20.9	26.6	0.3	-0.3	36.4	40.9	46.2	10.0	3.39
	ค่าต่ำสุด	19.6	19.6	0.2	-0.5	0.0	28.6	35.7	12.5	0.58



รูปที่ 4.7 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนมนัส

ตารางที่ 4.5 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนพลล้าน

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
พลล้าน	วันทำงาน - เช้า	20.2	21.7	0.4	-0.5	0.0	42.9	50.0	7.1	1.42
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	22.5	22.5	0.4	-0.8	0.0	63.6	27.3	9.1	1.20
0.62 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	18.3	19.5	0.4	-0.7	0.0	53.3	40.0	6.7	1.50
	วันหยุด - กลางวัน	18.0	21.1	0.4	-0.3	0.0	46.2	53.8	0.0	1.35
	วันทำงาน - เย็น	18.0	19.3	0.5	-0.6	0.0	50.0	42.9	7.1	1.42
	วันหยุด - เย็น	18.1	19.3	0.3	-0.4	0.0	53.3	33.3	13.3	1.50
	ค่าเฉลี่ย	19.2	20.6	0.4	-0.6	0.0	51.6	41.2	7.2	1.40
	ค่าสูงสุด	22.5	22.5	0.5	-0.3	0.0	63.6	53.8	13.3	1.50
	ค่าต่ำสุด	18.0	19.3	0.3	-0.8	0.0	42.9	27.3	0.0	1.20

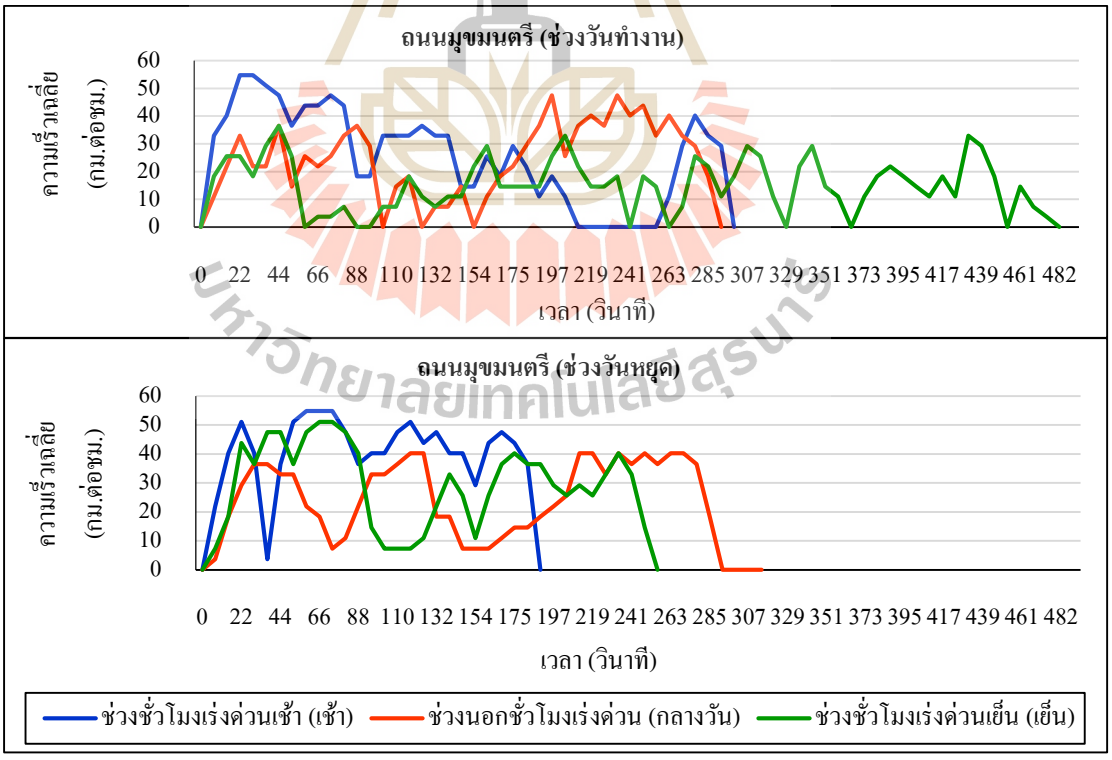


รูปที่ 4.8 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนพลล้าน

ถนนกลุ่มที่สาม ได้แก่ มุขมนตรี สุรนารี จอมสุรางยาตร์ โพธิ์กลาง และพิบูลละเอียด รูปแบบการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนกลุ่มนี้มีลักษณะใกล้เคียงกับถนนมุขมนตรี (รูปที่ 4.9) ซึ่งการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนมุขมนตรีใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15.3-41.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.3 และ 0.3-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} โดยมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยประมาณร้อยละ 3.7 และสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 15.3 ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงานมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำกว่าช่วงเวลาอื่นอย่างชัดเจน โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำสุดถึง 15.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาการเดินทาง 7.48 นาที ในระยะทาง 2.01 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.6) มีเพียงถนนสุรนารีที่มีความเป็นอิสระของรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะต่ำกว่าถนนสายอื่น เนื่องจากมีจุดสัญญาณไฟจราจรถึง 3 จุด และมีกิจกรรมการจอดรับส่งคนและสิ่งของบริเวณตลาด ทำให้มีสภาพการจราจรติดขัดสูง (รูปที่ 4.10) ซึ่งการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสุรนารีใช้ความเร็วเฉลี่ยต่ำอยู่ในช่วง 11.6-17.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยสูงเป็น 5 เท่าของถนนมุขมนตรี ขณะที่ความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันกับถนนมุขมนตรี โดยช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงานมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำสุดถึง 11.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาในการเดินทางนาน 7.40 นาที ในระยะทาง 1.61 กิโลเมตร(ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.6 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนมุขมนตรี

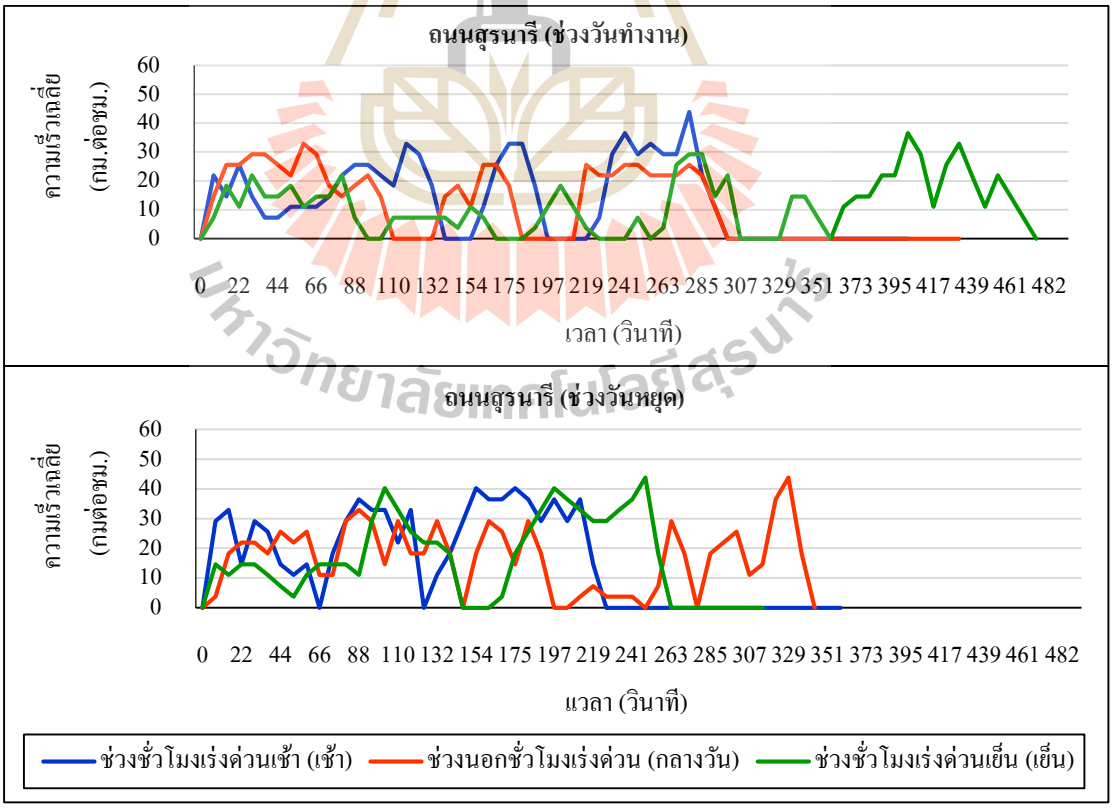
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
มุขมนตรี	วันทำงาน - เช้า	26.0	31.6	0.2	-0.3	15.4	30.8	35.9	17.9	4.45
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	41.8	41.8	0.3	-0.4	0.0	45.8	37.5	16.7	2.55
2.01 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	25.2	27.3	0.3	-0.5	0.0	57.9	36.8	5.3	4.38
	วันหยุด - กลางวัน	24.3	26.1	0.1	-0.4	4.9	41.5	29.3	24.4	5.00
	วันทำงาน - เย็น	15.3	17.4	0.3	-0.3	1.6	40.6	45.3	12.5	7.48
	วันหยุด - เย็น	30.0	30.0	0.3	-0.3	0.0	42.4	42.4	15.2	4.01
	ค่าเฉลี่ย	27.1	29.0	0.3	-0.4	3.7	43.2	37.9	15.3	4.51
	ค่าสูงสุด	41.8	41.8	0.3	-0.3	15.4	57.9	45.3	24.4	7.48
	ค่าต่ำสุด	15.3	17.4	0.1	-0.5	0.0	30.8	29.3	5.3	2.55



รูปที่ 4.9 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนมุขมนตรี

ตารางที่ 4.7 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสุรนารี

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
สุรนารี	วันทำงาน - เช้า	13.4	21.9	0.1	-0.4	34.0	26.4	28.3	11.3	6.27
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	16.1	27.5	0.1	-0.4	36.2	29.8	29.8	4.3	5.44
1.61 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	11.7	21.9	0.1	-0.3	42.1	19.3	26.3	12.3	6.57
	วันหยุด - กลางวัน	17.4	19.5	0.3	-0.4	2.2	46.7	40.0	11.1	5.29
	วันทำงาน - เย็น	11.6	14.9	0.2	-0.3	12.7	36.5	34.9	15.9	7.40
	วันหยุด - เย็น	17.0	22.3	0.1	-0.3	19.5	31.7	36.6	12.2	5.00
	ค่าเฉลี่ย	14.5	21.3	0.2	-0.4	24.5	31.7	32.7	11.2	6.00
	ค่าสูงสุด	17.4	27.5	0.3	-0.3	42.1	46.7	40.0	15.9	7.40
	ค่าต่ำสุด	11.6	14.9	0.1	-0.4	2.2	19.3	26.3	4.3	5.00

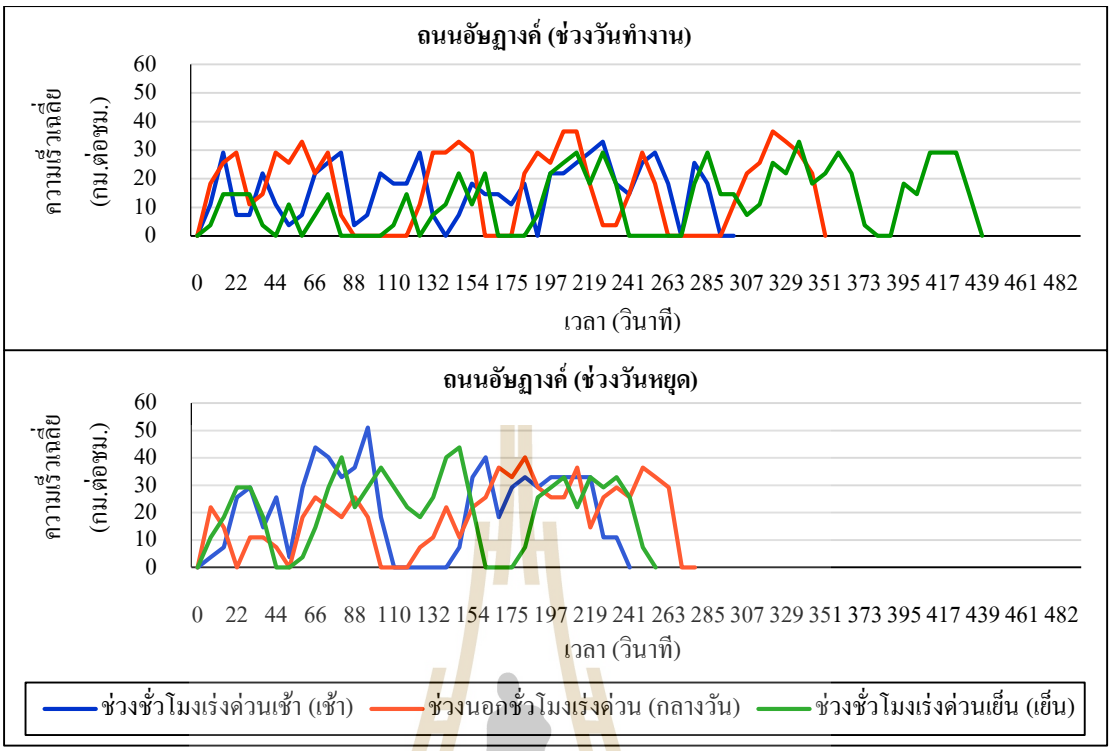


รูปที่ 4.10 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสุรนารี

ถนนกลุ่มที่สี่ที่ศึกษา ได้แก่ มหาดไทย จอมพล ยมราช อัษฎางค์ และพลแสน ซึ่งรูปแบบการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับถนนอัษฎางค์ (รูปที่ 4.11) การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนอัษฎางค์ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12.4-22.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2-0.3 และ 0.4-0.6 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในช่วงวันทำงานมีความคล่องตัวต่ำกว่าช่วงวันหยุดอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงานมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำสุดถึง 12.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 7.04 นาที ในระยะทาง 1.59 กิโลเมตร ขณะที่สัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ประมาณร้อยละ 17.2 และ 8.6 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) แต่สำหรับถนนพลแสนมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่าถนนสายอื่น (รูปที่ 4.12) ซึ่งการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนพลแสนใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงอยู่ในช่วง 16.2-34.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วงเดียวกันกับถนนอัษฎางค์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่สูงสุดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุด โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงถึง 34.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 2.40 นาที ในระยะทาง 1.58 กิโลเมตร ขณะที่สัดส่วนของระยะเวลาเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 13.6 และไม่มีลักษณะของรถหยุดนิ่งตลอดการเดินทาง (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.8 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนอัษฎางค์

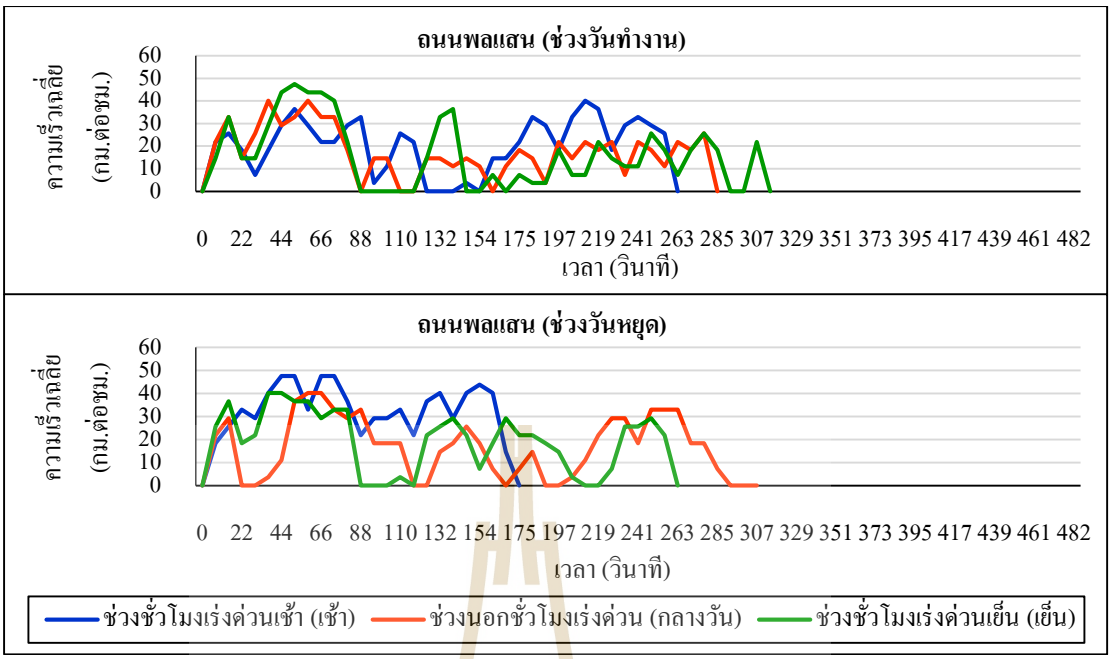
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
อัษฎางค์	วันทำงาน - เช้า	16.2	18.0	0.3	-0.5	0.0	48.7	41.0	10.3	4.45
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	22.0	26.1	0.3	-0.6	12.9	45.2	29.0	12.9	3.47
1.59 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	16.9	23.3	0.2	-0.4	21.7	39.1	32.6	6.5	5.36
	วันหยุด - กลางวัน	19.3	23.0	0.3	-0.4	5.6	41.7	47.2	5.6	4.23
	วันทำงาน - เย็น	12.4	17.4	0.2	-0.4	17.2	41.4	32.8	8.6	7.04
	วันหยุด - เย็น	21.4	25.1	0.3	-0.5	9.1	51.5	36.4	3.0	4.01
	ค่าเฉลี่ย	18.0	22.2	0.3	-0.5	11.1	44.6	36.5	7.8	4.56
	ค่าสูงสุด	22.0	26.1	0.3	-0.4	21.7	51.5	47.2	12.9	7.04
	ค่าต่ำสุด	12.4	17.4	0.2	-0.6	0.0	39.1	29.0	3.0	3.47



รูปที่ 4.11 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนอัษฎางค์

ตารางที่ 4.9 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนพลแสน

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
พลแสน	วันทำงาน - เช้า	21.0	23.7	0.3	-0.4	5.9	47.1	41.2	5.9	4.09
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	34.1	34.1	0.2	-0.5	0.0	50.0	36.4	13.6	2.40
1.58 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	18.1	20.2	0.3	-0.4	2.7	43.2	45.9	8.1	4.30
	วันหยุด - กลางวัน	16.9	21.7	0.2	-0.5	10.0	40.0	32.5	17.5	4.52
	วันทำงาน - เย็น	16.2	21.2	0.3	-0.5	14.6	36.6	36.6	12.2	5.00
	วันหยุด - เย็น	19.9	24.1	0.2	-0.4	8.8	38.2	38.2	14.7	4.08
	ค่าเฉลี่ย	21.0	24.2	0.3	-0.5	7.0	42.5	38.5	12.0	4.07
	ค่าสูงสุด	34.1	34.1	0.3	-0.4	14.6	50.0	45.9	17.5	5.00
	ค่าต่ำสุด	16.2	20.2	0.2	-0.5	0.0	36.6	32.5	5.9	2.40

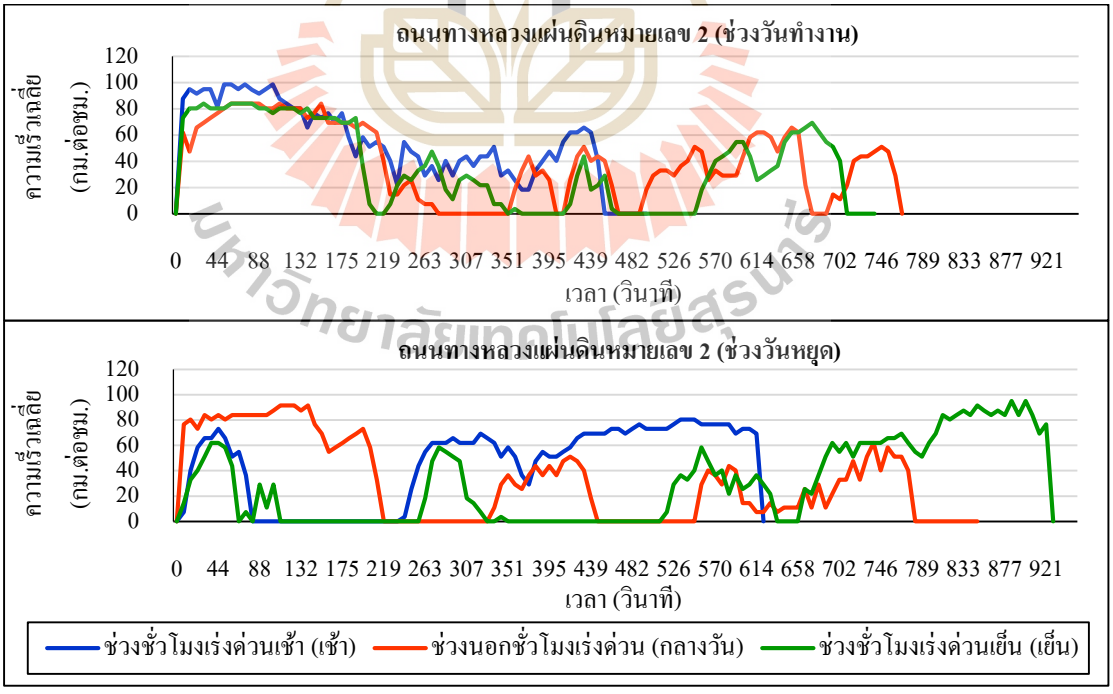


รูปที่ 4.12 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนพลแสน

ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2), ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224), ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 (ทล. 304) และถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (ทล. 205) เป็นถนนกลุ่มที่ห้าที่ศึกษา โดยถนนทล. 2 และทล. 224 มีระยะทางศึกษายาว และมีรูปแบบการขับขี่ครอบคลุมทั้งส่วนของถนนที่มีปริมาณจราจรหนาแน่นสูงและต่ำของพื้นที่ทำให้เหมาะสมสำหรับนำมาใช้อธิบายสภาพการขับขี่ยานพาหนะบนถนนทางหลวงของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (รูปที่ 4.13 และ 4.14) การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทล. 2 ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 29.9-54.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่สัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 23.4 และ 13.5 ตามลำดับ โดยช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันหยุดมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำสุด ทำให้มีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำถึง 29.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทางนาน 15.16 นาที ในระยะทาง 7.66 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.10) สำหรับถนนทล. 224 มีสภาพการจราจรหนาแน่นสูงกว่าถนนทางหลวงสายอื่นอย่างชัดเจน ทำให้การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทล. 224 ใช้ความเร็วเฉลี่ยต่ำอยู่ในช่วง 15.2-24.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยต่ำกว่าถนนทล. 2 ประมาณ 1 เท่า ซึ่งช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันทำงานมีสภาพการจราจรหนาแน่นสูงสุด โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยประมาณ 15.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 12.55 นาที ในระยะทาง 3.20 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.10 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2)

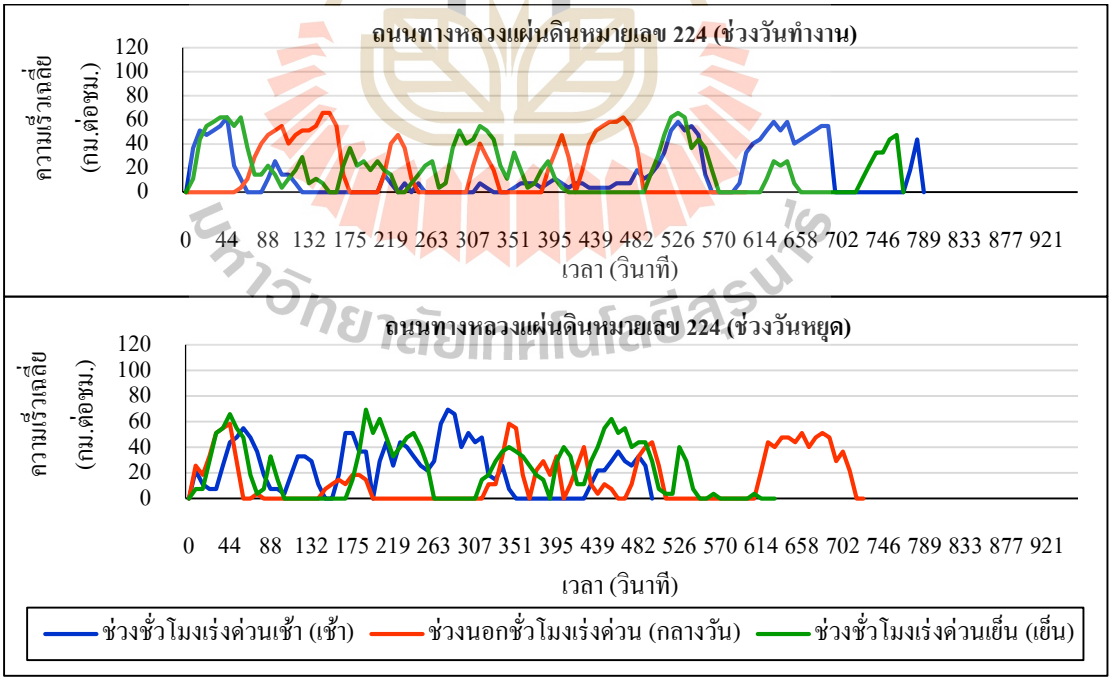
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ทล. 2	วันทำงาน - เช้า	54.7	60.0	0.2	-0.4	7.6	37.9	45.5	9.1	8.03
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	45.4	61.5	0.1	-0.3	25.3	30.1	20.5	24.1	10.70
7.66 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	39.4	48.8	0.2	-0.4	15.5	36.9	31.1	16.5	12.32
	วันหยุด - กลางวัน	32.0	49.0	0.1	-0.5	32.5	28.9	27.2	11.4	13.53
	วันทำงาน - เย็น	36.2	48.9	0.1	-0.4	21.2	33.3	28.3	17.2	12.03
	วันหยุด - เย็น	29.9	43.3	0.2	-0.4	38.4	30.4	28.8	2.4	15.16
	ค่าเฉลี่ย	39.6	51.9	0.2	-0.4	23.4	32.9	30.2	13.5	11.96
	ค่าสูงสุด	54.7	61.5	0.2	-0.3	38.4	37.9	45.5	24.1	15.16
	ค่าต่ำสุด	29.9	43.3	0.1	-0.5	7.6	28.9	20.5	2.4	8.03



รูปที่ 4.13 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2

ตารางที่ 4.11 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224)

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ทล. 224	วันทำงาน - เช้า	15.3	25.6	0.1	-0.4	33.0	34.0	23.6	9.4	12.55
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	24.0	30.2	0.3	-0.4	16.4	32.8	41.8	9.0	8.09
3.20 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	18.6	39.6	0.2	-0.7	46.3	31.3	18.8	3.8	9.45
	วันหยุด - กลางวัน	15.2	29.2	0.2	-0.5	39.2	30.9	25.8	4.1	11.50
	วันทำงาน - เย็น	19.6	28.3	0.2	-0.5	26.2	39.8	31.1	2.9	12.33
	วันหยุด - เย็น	21.8	23.1	0.3	-0.5	23.8	34.5	35.7	6.0	10.14
	ค่าเฉลี่ย	19.1	29.3	0.2	-0.5	30.8	33.9	29.5	5.9	10.68
	ค่าสูงสุด	24.0	39.6	0.3	-0.4	46.3	39.8	41.8	9.4	12.55
	ค่าต่ำสุด	15.2	23.1	0.1	-0.7	16.4	30.9	18.8	2.9	8.09



รูปที่ 4.14 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 10-70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 10-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงบนถนนสายหลัก ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยบนถนนทั้งสองประเภทอยู่ในช่วง 0.1-0.5 และ 0.1-0.8 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักส่วนใหญ่ใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำ และมีความผันผวนของความเร็วมากกว่าถนนทางหลวง ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 และถนนกลุ่มที่หนึ่ง (ถนนชุมพล และราชดำเนิน) มีรูปแบบการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อที่เป็นอิสระสูงกว่าถนนสายอื่น เนื่องจากช่วงถนนที่ศึกษามีระยะทางสั้น และมีสัญญาณไฟจราจรไม่เกิน 2 จุด ทำให้การขับขี่ยานพาหนะใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งต่ำ โดยถนนที่มีสถานศึกษาและตลาดสดตั้งอยู่ เช่น ถนนสุรนารี ถนนอัษฎางค์ และถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 มีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำ และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูง เนื่องจากสภาพการจราจรติดขัดจากกิจกรรมการจอดรับส่งคน และการขนถ่ายสินค้า สำหรับช่วงวันและเวลาที่ศึกษามีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนกลุ่มที่สาม กลุ่มที่สี่ และกลุ่มที่ห้า ซึ่งรูปแบบการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในช่วงวันหยุดมีความเป็นอิสระสูงกว่าช่วงวันทำงาน โดยเฉพาะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดมีค่าความเร็วเฉลี่ยสูง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งต่ำกว่าช่วงเวลาอื่นอย่างชัดเจน เนื่องจากเป็นช่วงที่มีสภาพการจราจรหนาแน่นต่ำสุดของพื้นที่ศึกษา

4.2.2 รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car)

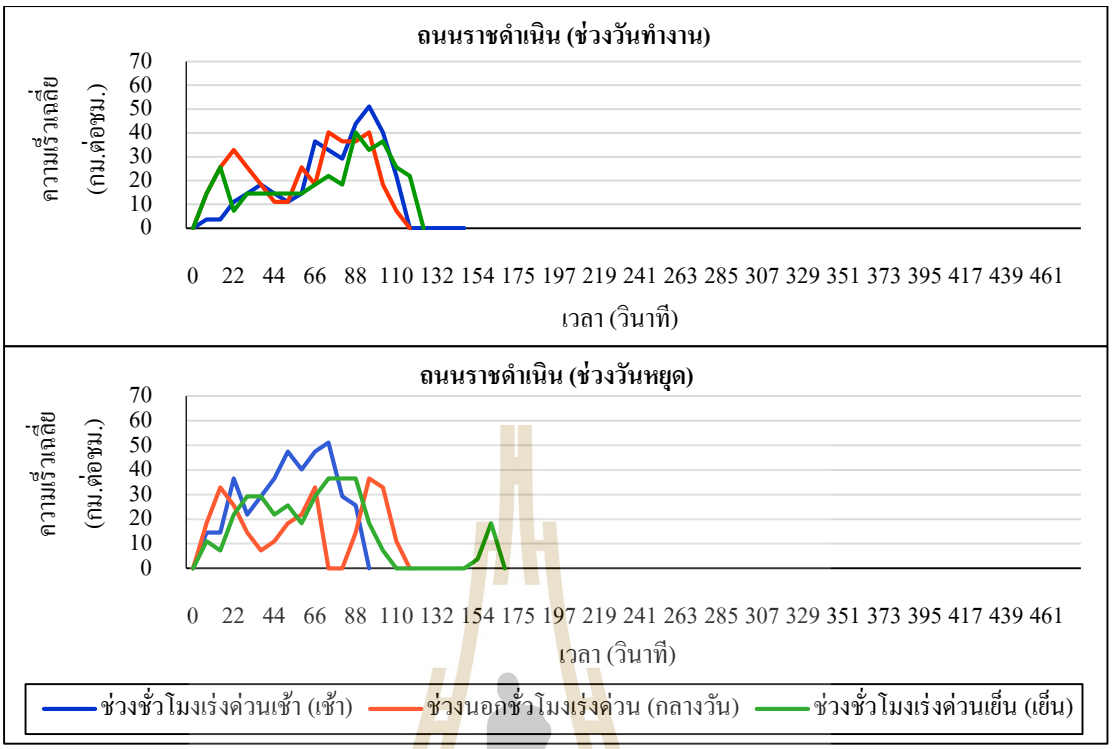
รูปแบบการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนแต่ละสายในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีลักษณะใกล้เคียงกับรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ ซึ่งจากการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนกลุ่มที่หนึ่ง พบว่า ถนนราชดำเนินและถนนชุมพลมีรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่คล้ายกัน (รูปที่ 4.15) การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนราชดำเนินใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15.9-32.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยประมาณร้อยละ 7.9 ซึ่งค่าความเร่งเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2-0.4 เมตรต่อวินาที^{2} และค่าความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.3-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันหยุดมีความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่ต่ำสุด โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำประมาณ 15.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 2.34 นาที ในระยะทาง 0.75 กิโลเมตรขณะที่ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดมีความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่สูงสุด (ตารางที่ 4.12) สำหรับถนนกลุ่มที่สองมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำกว่าถนนกลุ่มที่หนึ่ง เนื่องจากถนนกลุ่มที่สองมีจำนวนเลนถนนน้อย และมีสัญญาณไฟจราจรหลายจุด รูปแบบการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนกลุ่มที่สองส่วนใหญ่มีลักษณะใกล้เคียงกับถนนมนัส (รูปที่ 4.16) ซึ่งการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนมนัสใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.3-15.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมี

สัดส่วนของระยะเวลาการรถหยุดนิ่งเฉลี่ยประมาณร้อยละ 29.5 ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2-0.3 และ 0.6-0.7 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ โดยการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงวันทำงานมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำกว่าช่วงวันหยุด โดยเฉพาะในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงานมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำสุด 9.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทางประมาณ 3.25 นาที ในระยะทาง 0.67 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.13) ถนนพลล้านและถนนกุดั่นมีรูปแบบการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลที่เป็นอิสระสูงกว่าถนนสายอื่นเช่นเดียวกับรูปแบบการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ เนื่องจากถนนดังกล่าวมีระยะทางศึกษาสั้น และมีจุดสัญญาณไฟจราจรน้อยกว่าถนนสายอื่น 1-3 จุด

ตารางที่ 4.12 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนราชดำเนิน

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ราชดำเนิน	วันทำงาน - เช้า	18.3	23.1	0.2	-0.4	16.7	38.9	38.9	5.6	2.12
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	32.9	32.9	0.3	-0.5	0.0	54.5	36.4	9.1	1.20
3.20 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	24.1	24.1	0.3	-0.4	0.0	35.7	50.0	14.3	1.42
	วันหยุด - กลางวัน	18.5	21.4	0.4	-0.5	7.1	50.0	42.9	0.0	1.42
	วันทำงาน - เย็น	21.0	21.0	0.2	-0.3	0.0	40.0	33.3	26.7	1.50
	วันหยุด - เย็น	15.9	21.9	0.2	-0.3	23.8	33.3	28.6	14.3	2.34
	ค่าเฉลี่ย	21.8	24.1	0.3	-0.4	7.9	42.1	38.4	11.7	1.67
	ค่าสูงสุด	32.9	32.9	0.4	-0.3	23.8	54.5	50.0	26.7	2.34
	ค่าต่ำสุด	15.9	21.0	0.2	-0.5	0.0	33.3	28.6	0.0	1.20

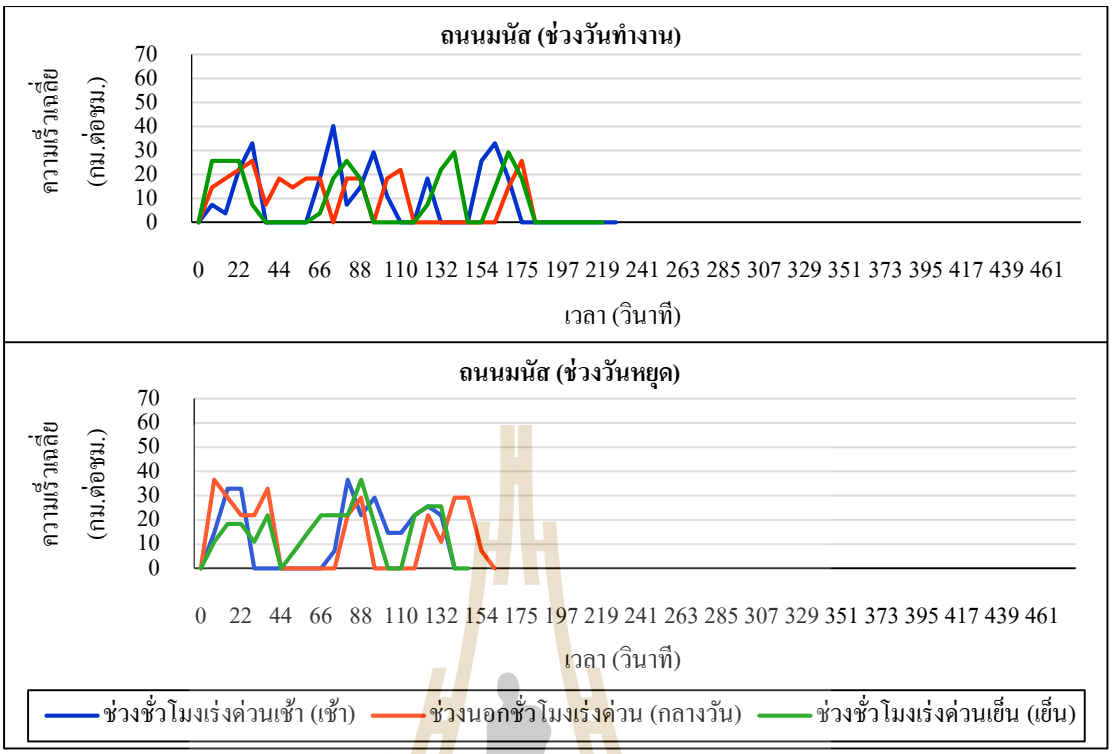
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.15 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนราชดำเนิน

ตารางที่ 4.13 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนมนัส

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
มนัส	วันทำงาน - เช้า	9.4	20.1	0.3	-0.7	41.4	31.0	27.6	0.0	3.32
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	15.2	22.8	0.2	-0.6	29.4	35.3	23.5	11.8	2.04
0.67 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	11.4	18.3	0.2	-0.6	26.1	43.5	21.7	8.7	2.48
	วันหยุด - กลางวัน	13.9	24.3	0.2	-0.7	35.0	25.0	30.0	10.0	2.26
	วันทำงาน - เย็น	9.3	19.3	0.2	-0.6	39.3	28.6	25.0	7.1	3.25
	วันหยุด - เย็น	15.6	19.7	0.2	-0.7	5.6	44.4	27.8	22.2	2.12
	ค่าเฉลี่ย	12.5	20.8	0.2	-0.7	29.5	34.6	25.9	10.0	2.58
	ค่าสูงสุด	15.6	24.3	0.3	-0.6	41.4	44.4	30.0	22.2	3.32
	ค่าต่ำสุด	9.3	18.3	0.2	-0.7	5.6	25.0	21.7	0.0	2.04

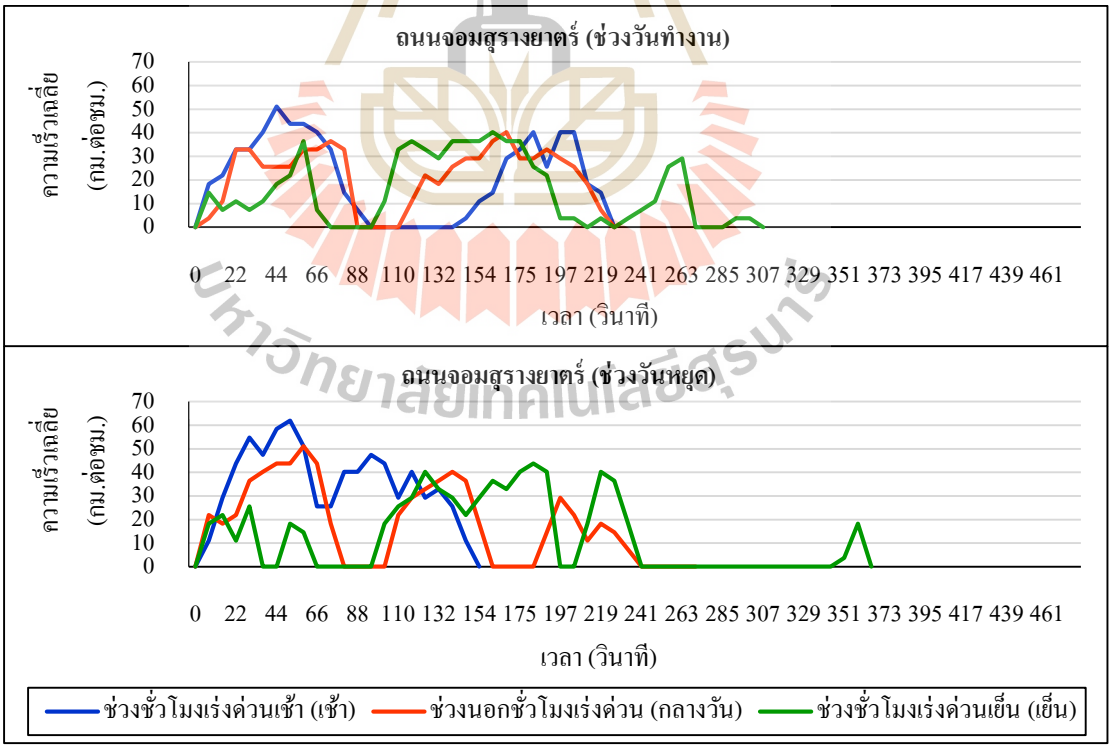


รูปที่ 4.16 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนมนัส

รูปแบบการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนกลุ่มที่สามมีลักษณะใกล้เคียงกับถนนจอมสุรางยาตร์ (รูปที่ 4.17) โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 13.6-37.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยค่าความเร่งเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2-0.3 เมตรต่อวินาที^{2} และค่าความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.4-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ขณะที่สัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 18.5 และ 9.5 ตามลำดับ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของช่วงวันหยุดมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำสุด โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำถึง 13.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาการเดินทาง 5.50 นาที ในระยะทาง 1.57 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.14) มีเพียงถนนสุรนารีที่มีความเป็นอิสระของรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะต่ำกว่าถนนสายอื่น (รูปที่ 4.18) เนื่องจากมีสภาพการจราจรหนาแน่นสูง การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสุรนารีใช้ความเร็วเฉลี่ยต่ำอยู่ในช่วง 9.9-20.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับถนนจอมสุรางยาตร์ โดยถนนสุรนารีมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยประมาณร้อยละ 19.2 และสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 13.4 ซึ่งในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันหยุดมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำสุด ทำให้ใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำประมาณ 11.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทางนาน 7.18 นาที ในระยะทาง 1.61 นาที (ตารางที่ 4.15)

ตารางที่ 4.14 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนจอมสุรางยาตร์

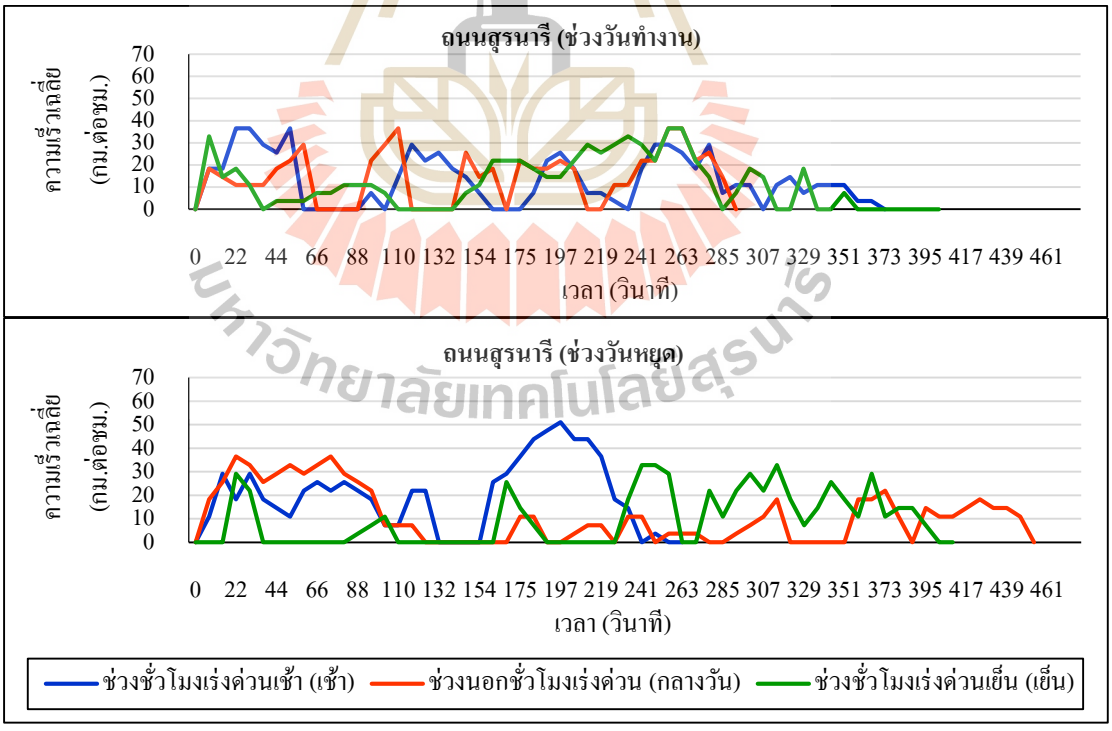
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
จอมสุรางยาตร์ ระยะทาง 1.57 กม.	วันทำงาน - เช้า	21.7	28.3	0.2	-0.4	20.7	37.9	31.0	10.3	3.32
	วันหยุด - เช้า	37.4	37.4	0.3	-0.5	0.0	47.4	42.1	10.5	2.19
	วันทำงาน - กลางวัน	22.5	26.0	0.2	-0.4	10.3	37.9	31.0	20.7	3.32
	วันหยุด - กลางวัน	18.7	28.0	0.2	-0.4	25.7	37.1	34.3	2.9	4.16
	วันทำงาน - เย็น	15.7	20.1	0.2	-0.4	12.5	42.5	32.5	12.5	4.52
	วันหยุด - เย็น	13.6	26.6	0.2	-0.5	41.7	31.3	27.1	0.0	5.50
	ค่าเฉลี่ย	21.6	27.7	0.2	-0.4	18.5	39.0	33.0	9.5	4.04
	ค่าสูงสุด	37.4	37.4	0.3	-0.4	41.7	47.4	42.1	20.7	5.50
	ค่าต่ำสุด	13.6	20.1	0.2	-0.5	0.0	31.3	27.1	0.0	2.19



รูปที่ 4.17 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนจอมสุรางยาตร์

ตารางที่ 4.15 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสุรนารี

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
สุรนารี	วันทำงาน - เช้า	13.7	17.5	0.2	-0.3	12.2	32.7	38.8	16.3	5.58
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	20.6	24.8	0.2	-0.3	8.8	38.2	44.1	8.8	4.08
1.61 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	14.9	20.8	0.2	-0.5	18.4	36.8	28.9	15.8	4.38
	วันหยุด - กลางวัน	11.3	16.5	0.1	-0.3	20.0	33.3	30.0	16.7	7.18
	วันทำงาน - เย็น	11.8	17.3	0.1	-0.3	18.9	30.2	32.1	18.9	6.27
	วันหยุด - เย็น	9.9	18.8	0.2	-0.4	37.0	27.8	31.5	3.7	6.35
	ค่าเฉลี่ย	13.7	19.3	0.2	-0.4	19.2	33.2	34.2	13.4	5.64
	ค่าสูงสุด	20.6	24.8	0.2	-0.3	37.0	38.2	44.1	18.9	7.18
	ค่าต่ำสุด	9.9	16.5	0.1	-0.5	8.8	27.8	28.9	3.7	4.08

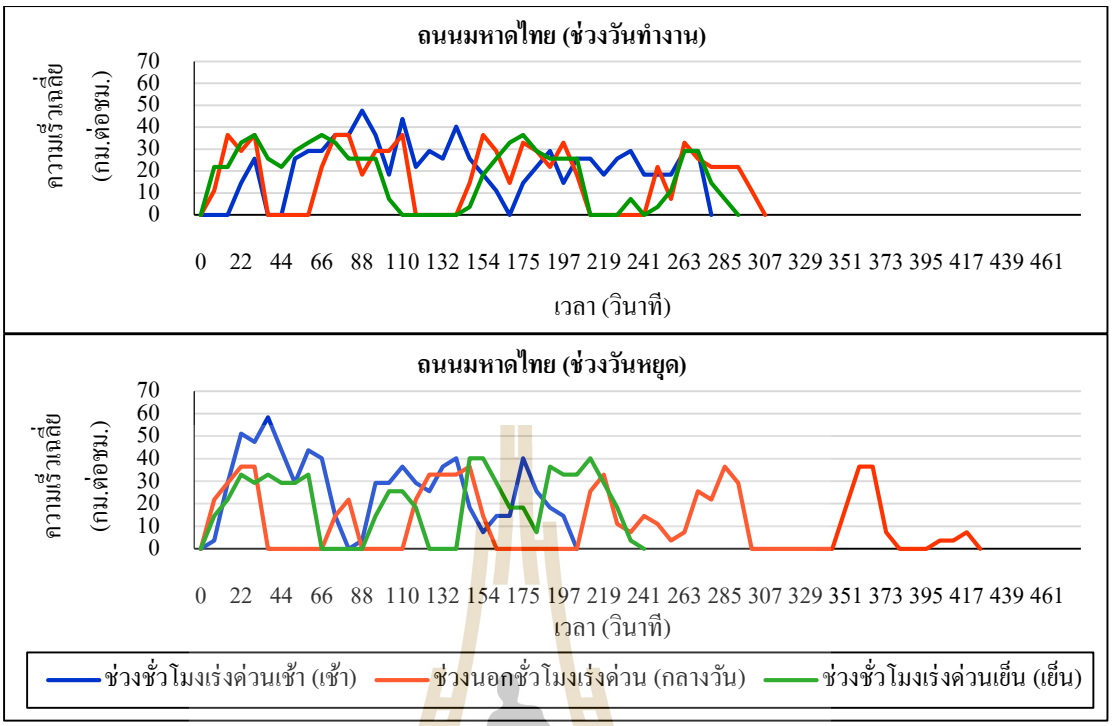


รูปที่ 4.18 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสุรนารี

ถนนกลุ่มที่สี่ พบว่า การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนมหาดไทยใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.8-27.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2-0.5 และ 0.4-0.6 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 16.7 และ 12.5 ตามลำดับ ในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันหยุดรูปแบบการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลเป็นอิสระต่ำกว่าช่วงเวลาอื่นอย่างชัดเจน โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำประมาณ 11.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาการเดินทางนาน 6.49 นาที ในระยะทาง 1.66 กิโลเมตร เนื่องจากคนจำนวนมากมีการเดินทางไปทำกิจกรรมพักผ่อนในช่วงเวลาดังกล่าวสูง เช่น รับประทานอาหาร และการไปห้างสรรพสินค้า (ตารางที่ 4.16) ซึ่งถนนกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีรูปแบบการขับขี่ที่ใกล้เคียงกับถนนมหาดไทย (รูปที่ 4.19) มีเพียงถนนอัษฎางค์ที่มีความเป็นอิสระของรูปแบบการขับขี่ต่ำกว่าถนนสายอื่นเล็กน้อย (รูปที่ 4.20) เนื่องจากมีการจอดรถบริเวณพื้นที่ริมถนนจำนวนมาก ส่งผลให้การจราจรบนถนนติดขัด การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนอัษฎางค์ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.2-25.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยใกล้เคียงกับถนนมหาดไทย ซึ่งสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 24.7 และ 7.0 ตามลำดับ โดยช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงานใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำสุดถึง 11.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาการเดินทางสูงถึง 6.35 นาที ในระยะทาง 1.59 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.17)

ตารางที่ 4.16 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนมหาดไทย

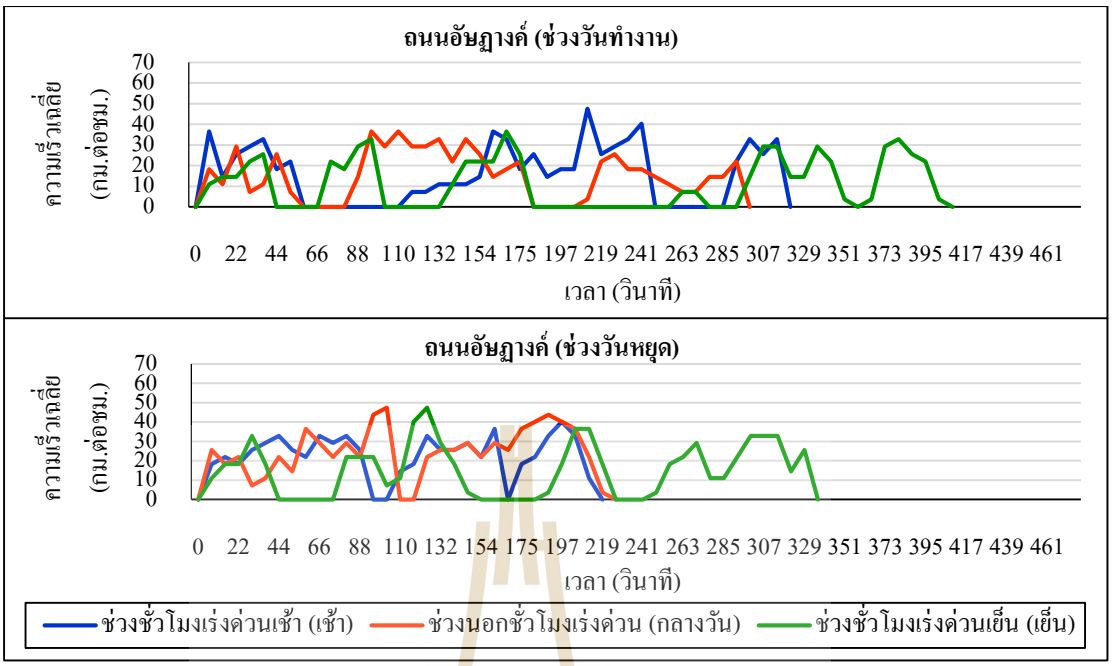
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
มหาดไทย ระยะทาง 1.66 กม.	วันทำงาน - เช้า	22.5	26.0	0.3	-0.5	5.6	44.4	33.3	16.7	4.23
	วันหยุด - เช้า	27.6	28.7	0.5	-0.4	0.0	42.3	50.0	7.7	3.10
	วันทำงาน - กลางวัน	17.5	25.6	0.3	-0.5	25.0	30.0	35.0	10.0	4.52
	วันหยุด - กลางวัน	11.8	21.7	0.2	-0.6	37.5	30.4	23.2	8.9	6.49
	วันทำงาน - เย็น	18.0	23.4	0.2	-0.4	15.8	36.8	31.6	15.8	4.38
	วันหยุด - เย็น	20.4	26.2	0.3	-0.4	16.1	29.0	38.7	16.1	3.47
	ค่าเฉลี่ย	19.6	25.3	0.3	-0.5	16.7	35.5	35.3	12.5	4.37
	ค่าสูงสุด	27.6	28.7	0.5	-0.4	37.5	44.4	50.0	16.7	6.49
	ค่าต่ำสุด	11.8	21.7	0.2	-0.6	0.0	29.0	23.2	7.7	3.10



รูปที่ 4.19 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนมหาดไทย

ตารางที่ 4.17 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนอัษฎางค์

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
อัษฎางค์	วันทำงาน - เช้า	16.1	23.9	0.2	-0.7	44.4	63.0	33.3	14.8	5.07
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	23.3	26.0	0.3	-0.5	28.6	53.6	39.3	-21.4	3.25
1.59 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	15.8	19.8	0.2	-0.4	19.4	48.4	45.2	12.9	4.45
	วันหยุด - กลางวัน	25.1	26.9	0.3	-0.4	20.7	48.3	44.8	-13.8	3.32
	วันทำงาน - เย็น	11.2	19.9	0.2	-0.5	35.2	29.6	24.1	11.1	6.35
	วันหยุด - เย็น	15.4	21.6	0.2	-0.6	0.0	36.4	25.0	38.6	5.22
	ค่าเฉลี่ย	17.8	23.0	0.2	-0.5	24.7	46.6	35.3	7.0	4.61
	ค่าสูงสุด	25.1	26.9	0.3	-0.4	44.4	63.0	45.2	38.6	6.35
	ค่าต่ำสุด	11.2	19.8	0.2	-0.7	0.0	29.6	24.1	-21.4	3.25

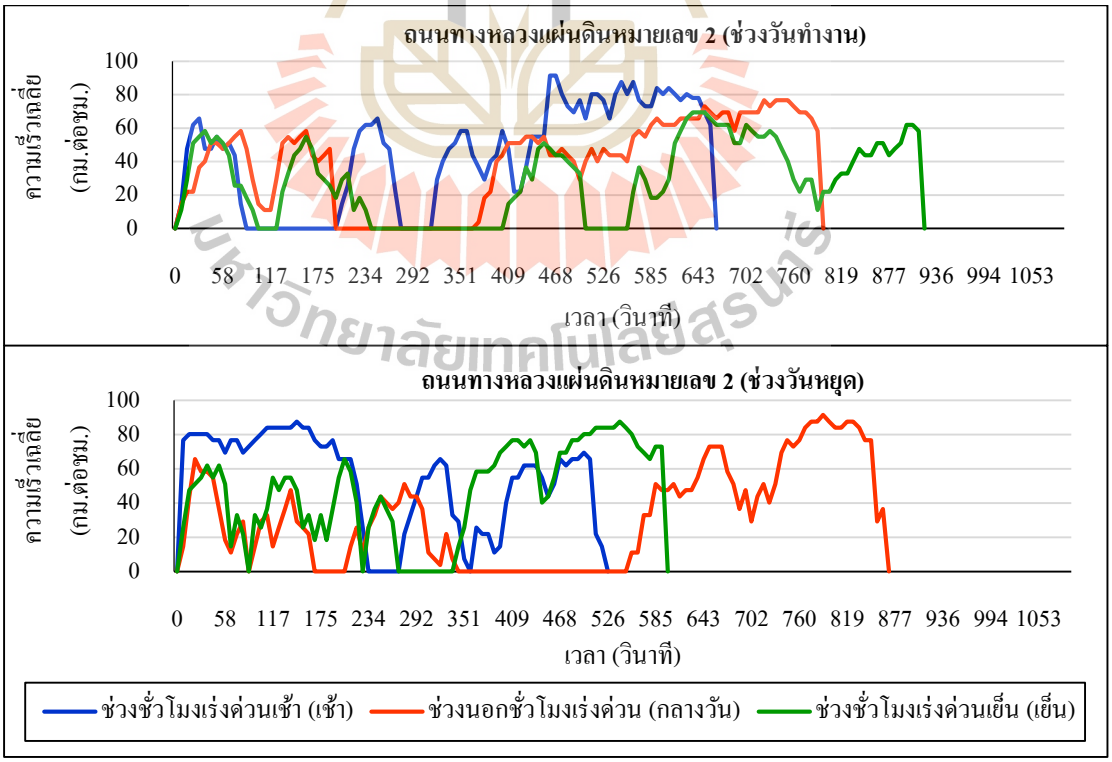


รูปที่ 4.20 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนอัษฎางค์

สำหรับถนนกลุ่มที่ห้า พบว่า การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2) และถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 (ทล. 304) ใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูงและมีรูปแบบการขับขี่เป็นอิสระสูงกว่าถนนสายอื่น (รูปที่ 4.21) ซึ่งการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนน ทล. 2 ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.9-53.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.3 และ 0.3-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ ขณะที่สัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 19.4 และ 15.9 ตามลำดับ ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะสูงสุด ทำให้มีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงถึง 53.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 8.32 นาที ในระยะทาง 7.66 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.18) สำหรับถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่นสูงอย่างถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224) (รูปที่ 4.22) ใช้ความเร็วเฉลี่ยต่ำอยู่ในช่วง 10.0-34.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงกว่าทล. 2 ขณะที่ค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยสูงกว่าทล. 2 เกือบ 1 เท่า ในช่วงวันทำงานมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะต่ำกว่าช่วงวันหยุดอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงานที่มีค่าความเร็วเฉลี่ยไม่เกิน 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทางประมาณนานถึง 17 นาที ในระยะทาง 3.20 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.19)

ตารางที่ 4.18 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2)

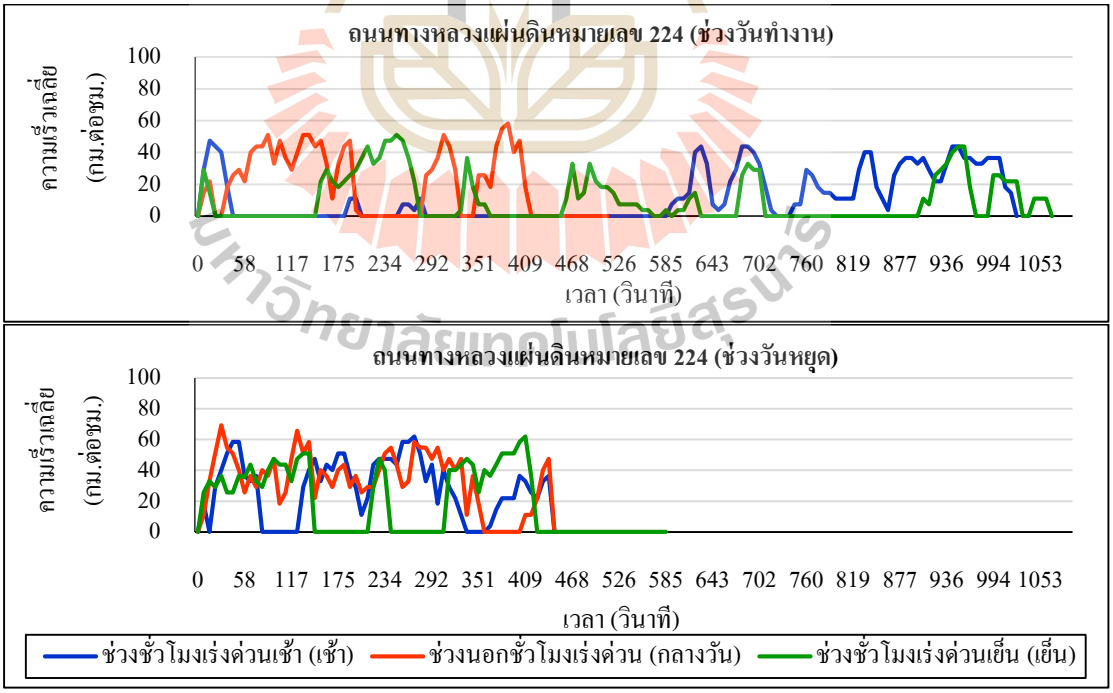
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ทล. 2	วันทำงาน - เช้า	44.0	58.3	0.2	-0.4	22.5	33.7	31.5	12.4	10.51
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	53.5	59.4	0.2	-0.4	7.1	32.9	32.9	27.1	8.32
7.66 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	39.6	50.9	0.1	-0.3	21.5	33.6	25.2	19.6	13.02
	วันหยุด - กลางวัน	31.7	45.6	0.2	-0.4	28.2	32.5	29.1	10.3	14.15
	วันทำงาน - เย็น	28.9	40.1	0.2	-0.3	25.8	31.5	30.6	12.1	15.06
	วันหยุด - เย็น	46.4	54.5	0.3	-0.5	11.3	43.8	31.3	13.8	9.45
	ค่าเฉลี่ย	40.7	51.5	0.2	-0.4	19.4	34.7	30.1	15.9	11.75
	ค่าสูงสุด	53.5	59.4	0.3	-0.3	28.2	43.8	32.9	27.1	15.06
	ค่าต่ำสุด	28.9	40.1	0.1	-0.5	7.1	31.5	25.2	10.3	8.32



รูปที่ 4.21 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2

ตารางที่ 4.19 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224)

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ทล. 224	วันทำงาน - เช้า	11.7	24.2	0.0	0.1	49.3	17.4	21.0	12.3	16.49
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	28.7	35.9	0.3	-0.5	15.3	39.0	33.9	11.9	7.11
3.20 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	20.4	35.2	0.2	-0.6	36.8	33.8	25.0	4.4	8.17
	วันหยุด - กลางวัน	34.2	38.7	0.3	-0.5	11.9	47.5	37.3	3.4	7.11
	วันทำงาน - เย็น	10.0	13.2	0.1	-0.4	49.3	20.8	19.4	10.4	17.33
	วันหยุด - เย็น	19.0	40.5	0.1	-0.6	50.0	23.1	17.9	9.0	9.30
	ค่าเฉลี่ย	20.7	31.3	0.2	-0.4	35.4	30.3	25.8	8.6	10.92
	ค่าสูงสุด	34.2	40.5	0.3	0.1	50.0	47.5	37.3	12.3	17.33
	ค่าต่ำสุด	10.0	13.2	0.0	-0.6	11.9	17.4	17.9	3.4	7.11



รูปที่ 4.22 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224

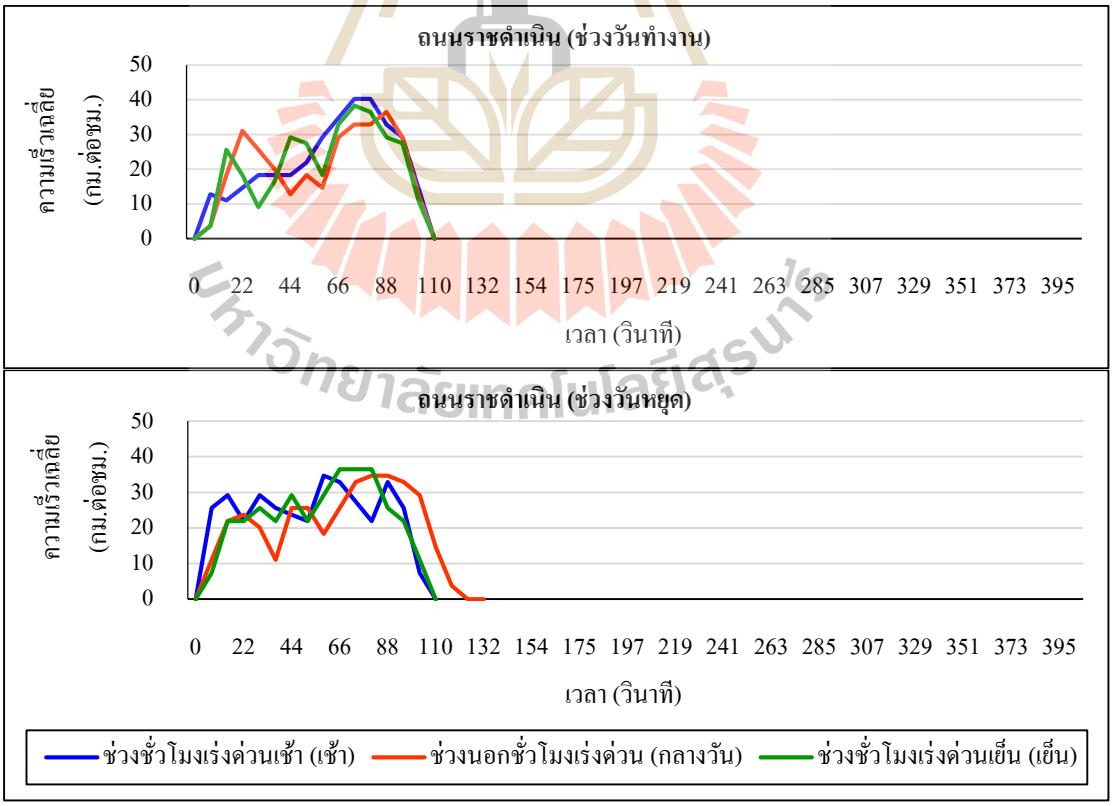
ผลการศึกษาทำให้เห็นว่า การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้ความเร็วเฉลี่ยบนถนนทางหลวงได้สูงกว่าถนนสายหลัก โดยค่าความเร็วเฉลี่ยที่ใช้บนถนนทางหลวงและถนนสายหลักอยู่ในช่วงประมาณ 10-70 และ 10-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยบนถนนทั้งสองประเภทอยู่ในช่วง 0.1-0.5 และ 0.2-1.1 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ และพบว่าถนนสายหลักมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยของรถยนต์ส่วนบุคคลสูงกว่าถนนทางหลวง ถนนส่วนใหญ่ที่ศึกษามีสภาพการจราจรหนาแน่นสูงในช่วงวันทำงาน ทำให้การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงวันทำงานใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำกว่าช่วงวันหยุด สำหรับช่วงวันที่ศึกษามีผลต่ออย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทล. 224 โดยการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนและช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นส่วนใหญ่มีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำกว่าช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า มีเพียงถนนบางสายที่มีรูปแบบการขับขี่เป็นอิสระต่ำในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ได้แก่ ถนนประจักร ทล. 205 และทล. 224 เนื่องจากถนนดังกล่าวเป็นเส้นทางผ่านสถานศึกษาและสถานที่ราชการสำคัญของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวมีสภาพการจราจรหนาแน่นสูง

4.2.3 รถจักรยานยนต์ (Motorcycle)

รูปแบบการขับขี่ของรถจักรยานยนต์มีความเป็นอิสระสูงกว่ารถยนต์บรรทุก 4 ล้อและรถยนต์ส่วนบุคคล เนื่องจากรถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะขนาดเล็กที่มีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่สูงในสภาพการจราจรที่ติดขัด ถนนราชดำเนินและถนนชุมพลของถนนกลุ่มที่หนึ่งมีรูปแบบการขับขี่ที่ใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4.23) การขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนราชดำเนินใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 21.5-25.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.5 และ 0.2-0.3 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ ขณะที่สัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 23.2 และไม่มีลักษณะของรถหยุดนิ่งตลอดการเดินทาง รูปแบบการขับขี่ของรถจักรยานยนต์ในแต่ละช่วงวันและเวลาที่ศึกษาของถนนกลุ่มนี้มีลักษณะใกล้เคียงกันสูง (ตารางที่ 4.20) สำหรับรูปแบบการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนกลุ่มที่สองมีความเป็นอิสระต่ำกว่าถนนกลุ่มที่หนึ่งเช่นเดียวกับยานพาหนะประเภทอื่นที่ศึกษา ซึ่งถนนมนัสมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำกว่าถนนสายอื่น (รูปที่ 4.24) โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำอยู่ในช่วง 12.8-16.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าความเร่งและค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงกว่าถนนราชดำเนิน โดยสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่และระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยของถนนมนัสประมาณร้อยละ 19.6 และ 14.6 ตามลำดับ รูปแบบการขับขี่รถจักรยานยนต์ในแต่ละช่วงวันและเวลาที่ศึกษามีลักษณะต่างกันเล็กน้อย (ตารางที่ 4.21) ขณะที่ถนนพลล้านยังคงมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่าถนนสายอื่น เนื่องจากเป็นถนนสายเดียวบนถนนกลุ่มที่สองที่ไม่มีจุดสัญญาณไฟจราจร

ตารางที่ 4.20 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนราชดำเนิน

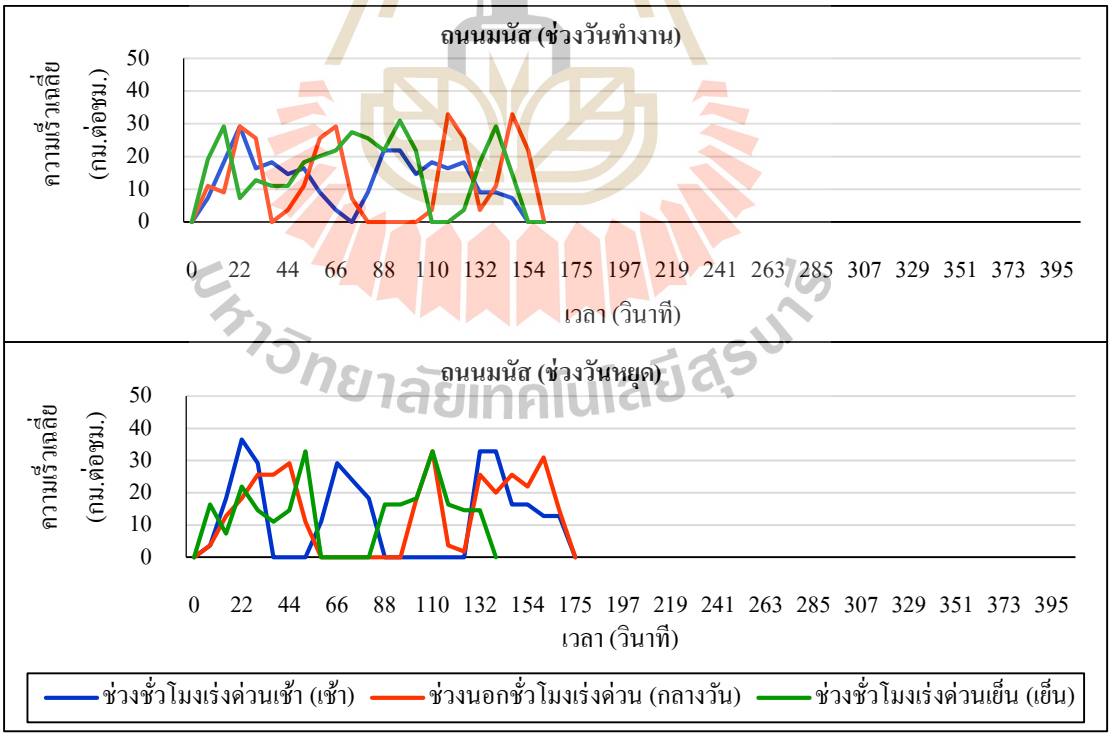
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ราช	วันทำงาน - เช้า	24.0	24.0	0.1	-0.3	0.0	46.2	23.1	30.8	1.35
ดำเนิน	วันหยุด - เช้า	25.7	25.7	0.3	-0.2	0.0	30.8	46.2	23.1	1.35
ระยะทาง	วันทำงาน - กลางวัน	22.7	22.7	0.3	-0.3	0.0	46.2	46.2	7.7	1.35
0.76 กม.	วันหยุด - กลางวัน	21.5	22.8	0.2	-0.3	0.0	25.0	43.8	31.3	1.57
	วันทำงาน - เย็น	23.1	23.1	0.5	-0.3	0.0	38.5	38.5	23.1	1.35
	วันหยุด - เย็น	24.8	24.8	0.2	-0.3	0.0	38.5	38.5	23.1	1.35
	ค่าเฉลี่ย	23.6	23.9	0.3	-0.3	0.0	37.5	39.4	23.2	1.39
	ค่าสูงสุด	25.7	25.7	0.5	-0.2	0.0	46.2	46.2	31.3	1.57
	ค่าต่ำสุด	21.5	22.7	0.1	-0.3	0.0	25.0	23.1	7.7	1.35



รูปที่ 4.23 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนราชดำเนิน

ตารางที่ 4.21 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนมนัส

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
มนัส	วันทำงาน - เช้า	14.0	14.7	0.2	-0.2	0.0	26.3	36.8	36.8	2.19
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	12.8	21.0	0.2	-0.5	27.3	22.7	31.8	18.2	2.41
0.67 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	13.5	17.7	0.4	-0.5	15.0	45.0	35.0	5.0	2.26
	วันหยุด - กลางวัน	14.0	18.9	0.2	-0.5	22.7	40.9	27.3	9.1	2.41
	วันทำงาน - เย็น	16.4	19.1	0.2	-0.4	5.0	40.0	30.0	25.0	2.26
	วันหยุด - เย็น	13.8	17.7	0.2	-0.5	17.6	29.4	29.4	23.5	2.04
	ค่าเฉลี่ย	14.1	18.2	0.2	-0.4	14.6	34.1	31.7	19.6	2.26
	ค่าสูงสุด	16.4	21.0	0.4	-0.2	27.3	45.0	36.8	36.8	2.41
	ค่าต่ำสุด	12.8	14.7	0.2	-0.5	0.0	22.7	27.3	5.0	2.04



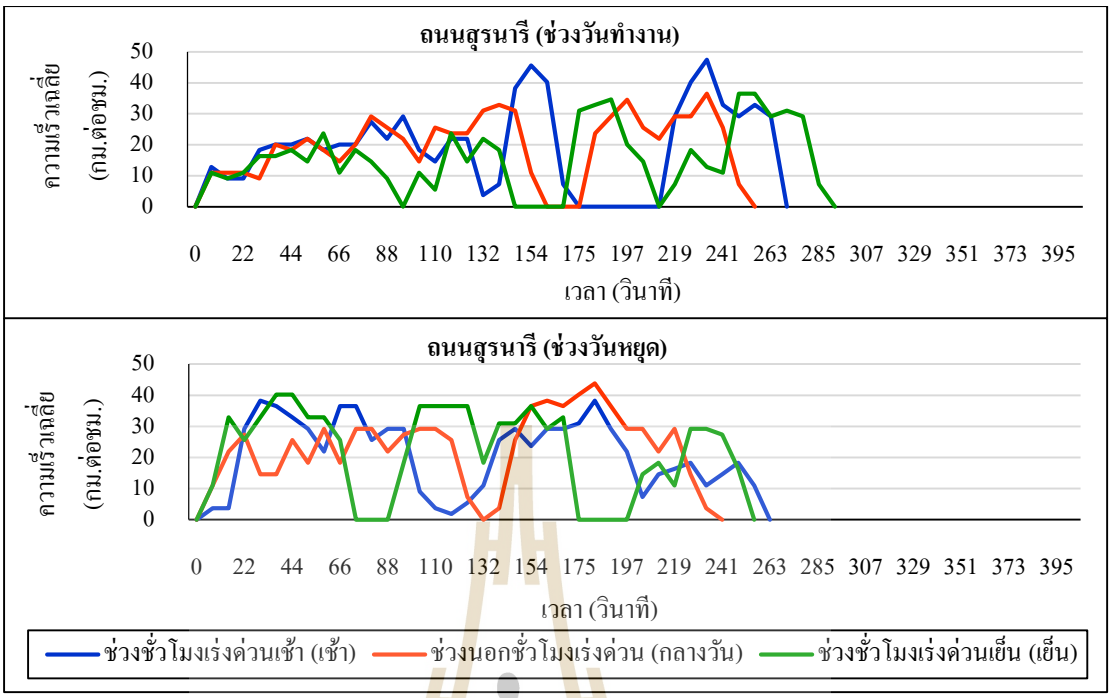
รูปที่ 4.24 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนมนัส

รูปแบบการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนกลุ่มที่สามมีลักษณะใกล้เคียงกับถนนสุรนารี (รูปที่ 4.25) โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15.9-24.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2-0.3 และ 0.3-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ โดยสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยประมาณร้อยละ 7.3 และสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 24.5 ซึ่งการขับขี่รถจักรยานยนต์ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงานมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำสุด ทำให้ใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำถึง 15.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาการเดินทางนาน 4.38 นาที ในระยะทาง 1.61 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.22) แต่สำหรับถนนจอมสุรางยาตร์มีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่าถนนสายอื่น ซึ่งการขับขี่รถจักรยานยนต์ใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงอยู่ในช่วง 23.4-33.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยต่ำกว่าถนนสุรนารี ขณะที่สัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยต่ำกว่าสุรนารีถึง 1 เท่า โดยรูปแบบการขับขี่ในแต่ละช่วงวันและเวลาที่ศึกษามีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.22 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนสุรนารี

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
สุรนารี ระยะทาง 1.61 กม.	วันทำงาน - เช้า	19.7	23.6	0.2	-0.4	14.3	31.4	34.3	20.0	4.16
	วันหยุด - เช้า	21.5	21.5	0.2	-0.3	0.0	38.2	35.3	26.5	2.09
	วันทำงาน - กลางวัน	20.2	22.2	0.2	-0.3	6.1	33.3	33.3	27.3	4.01
	วันหยุด - กลางวัน	24.0	24.8	0.2	-0.3	0.0	38.7	38.7	22.6	3.47
	วันทำงาน - เย็น	15.9	18.8	0.3	-0.3	7.9	26.3	39.5	26.3	4.38
	วันหยุด - เย็น	22.5	28.3	0.2	-0.5	15.2	33.3	27.3	24.2	4.01
	ค่าเฉลี่ย	20.6	23.2	0.2	-0.4	7.3	33.5	34.7	24.5	3.49
	ค่าสูงสุด	24.0	28.3	0.3	-0.3	15.2	38.7	39.5	27.3	4.38
	ค่าต่ำสุด	15.9	18.8	0.2	-0.5	0.0	26.3	27.3	20.0	2.09

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

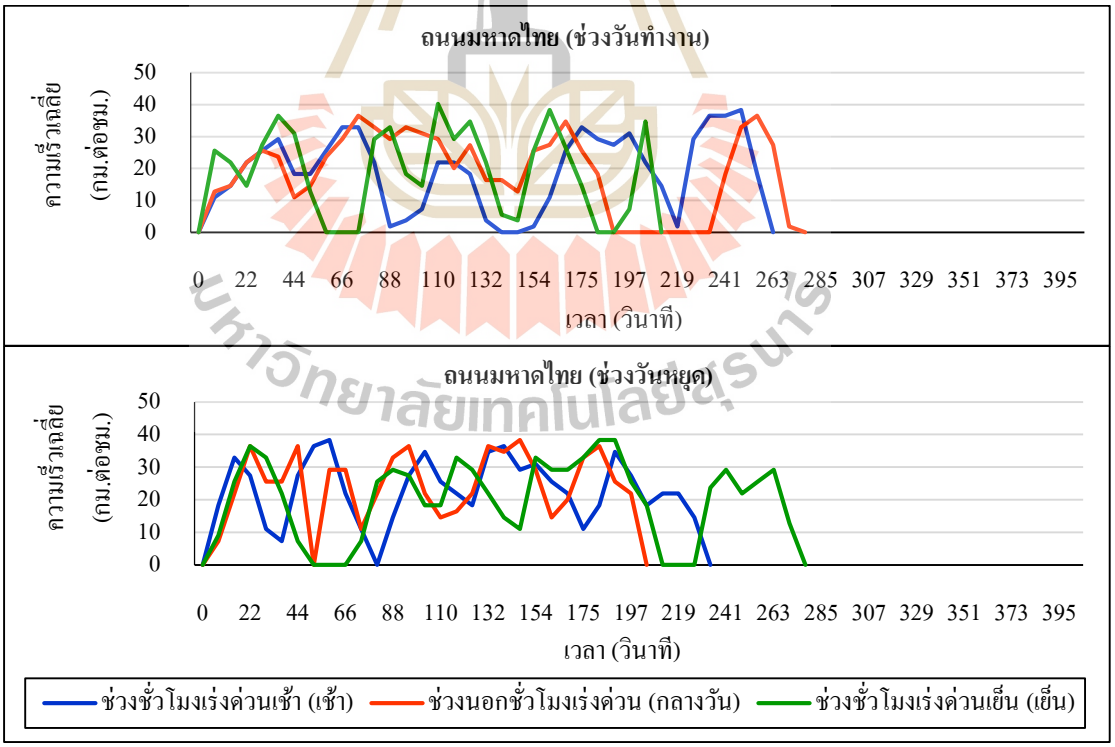


รูปที่ 4.25 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนสุรนารี

ถนนกลุ่มที่สี่ส่วนใหญ่มีรูปแบบการขับขี่ที่ใกล้เคียงถนนมหาดไทย (รูปที่ 4.26) ซึ่งการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนมหาดไทยใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.2-25.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2-0.5 และ 0.3-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ โดยสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยประมาณร้อยละ 7.0 และมีสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 14.0 การขับขี่รถจักรยานยนต์ในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำสุด ทำให้มีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำถึง 19.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาในการเดินทาง 4.23 นาที ในระยะทาง 1.66 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.23) มีเพียงถนนจอมพลที่มีรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะต่างไปจากถนนสายอื่นสูง (รูปที่ 4.27) การขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนจอมพลใช้ความเร็วเฉลี่ยต่ำอยู่ในช่วง 13.9-19.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยต่ำกว่าถนนมหาดไทย ถนนจอมพลมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 8.0 และ 25.0 ตามลำดับ ซึ่งช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำสุด และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงถึงร้อยละ 19.6 ทำให้มีค่าความเร็วเฉลี่ยในการขับขี่รถจักรยานยนต์ต่ำถึง 13.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาการเดินทางนาน 6.13 นาที ในระยะทาง 1.57 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.24)

ตารางที่ 4.23 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนมหาดไทย

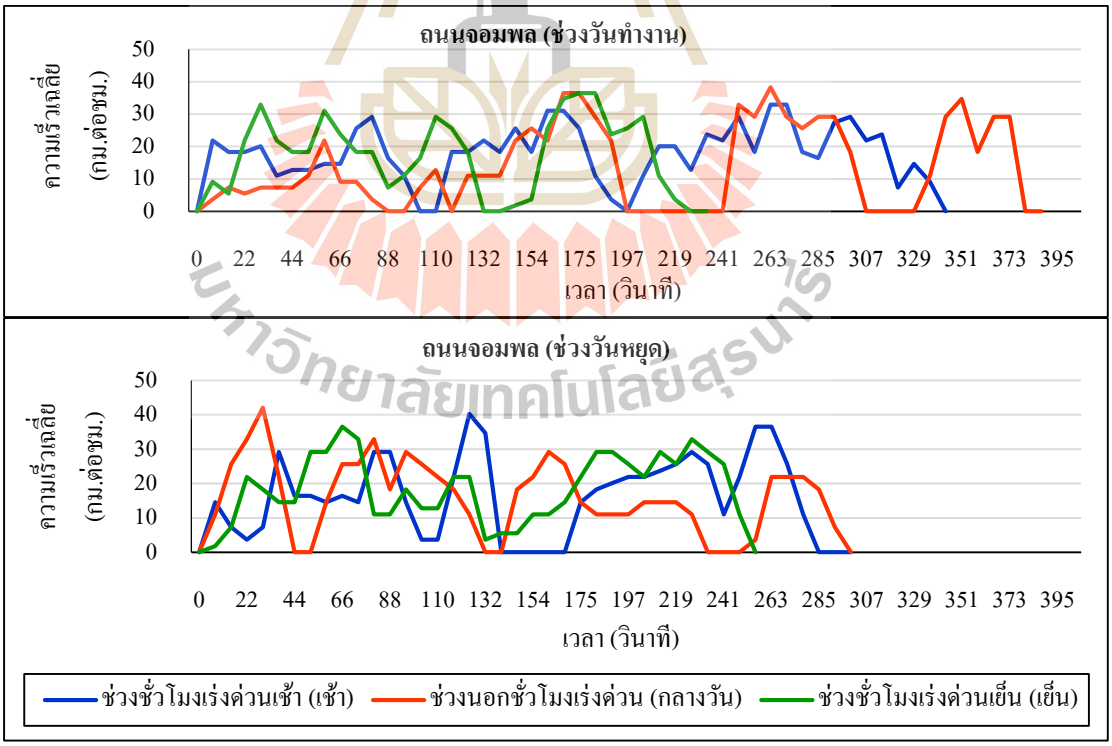
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
มหาดไทย ระยะทาง 1.66 กม.	วันทำงาน - เช้า	19.6	20.8	0.2	-0.4	2.9	41.2	32.4	23.5	4.09
	วันหยุด - เช้า	23.3	24.1	0.3	-0.3	0.0	33.3	53.3	13.3	3.39
	วันทำงาน - กลางวัน	19.2	23.7	0.2	-0.3	16.7	36.1	30.6	16.7	4.23
	วันหยุด - กลางวัน	25.2	26.1	0.3	-0.5	0.0	50.0	34.6	15.4	3.10
	วันทำงาน - เย็น	19.5	23.8	0.5	-0.4	11.1	37.0	48.1	3.7	3.17
	วันหยุด - เย็น	20.4	24.4	0.3	-0.3	11.1	36.1	41.7	11.1	4.23
	ค่าเฉลี่ย	21.2	23.8	0.3	-0.4	7.0	39.0	40.1	14.0	3.50
	ค่าสูงสุด	25.2	26.1	0.5	-0.3	16.7	50.0	53.3	23.5	4.23
	ค่าต่ำสุด	19.2	20.8	0.2	-0.5	0.0	33.3	30.6	3.7	3.10



รูปที่ 4.26 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนมหาดไทย

ตารางที่ 4.24 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนจอมพล

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
จอมพล	วันทำงาน - เช้า	18.3	19.5	0.2	-0.3	2.2	28.9	37.8	31.1	5.29
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	16.5	20.0	0.2	-0.4	12.8	25.6	30.8	30.8	4.45
1.57 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	13.9	19.5	0.2	-0.4	19.6	31.4	29.4	19.6	6.13
	วันหยุด - กลางวัน	16.2	19.7	0.2	-0.3	10.3	33.3	38.5	17.9	4.45
	วันทำงาน - เย็น	18.0	20.0	0.2	-0.3	3.3	30.0	43.3	23.3	3.39
	วันหยุด - เย็น	19.1	19.1	0.2	-0.3	0.0	36.4	36.4	27.3	4.01
	ค่าเฉลี่ย	17.0	19.6	0.2	-0.3	8.0	30.9	36.0	25.0	4.48
	ค่าสูงสุด	19.1	20.0	0.2	-0.3	19.6	36.4	43.3	31.1	6.13
	ค่าต่ำสุด	13.9	19.1	0.2	-0.4	0.0	25.6	29.4	17.9	3.39

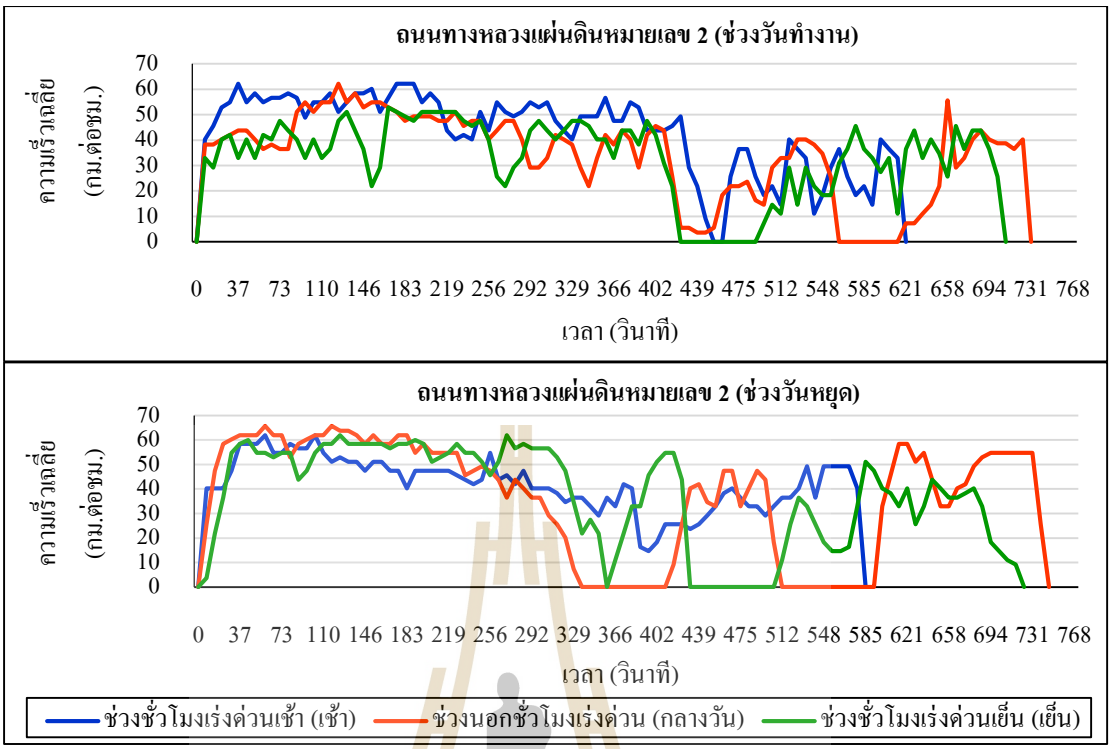


รูปที่ 4.27 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนจอมพล

สำหรับถนนกลุ่มที่ห้า (รูปที่ 4.28 และ 4.29) พบว่า การขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2) ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 33.2-43.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.2 และ 0.2-0.3 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ ขณะที่ค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยประมาณร้อยละ 8.2 และค่าสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 33.2 ในช่วงโมงเร่งด่วนเช้ามีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่สูงกว่าช่วงเวลาอื่น โดยเฉพาะช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดใช้ความเร็วเฉลี่ยสูง 42.3 และใช้ระยะเวลาเดินทาง 9.30 นาที ในระยะทาง 7.66 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.25) สำหรับถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่นสูงอย่างถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224) ใช้ความเร็วเฉลี่ยต่ำอยู่ในช่วง 22.2-31.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยสูงกว่า ทล. 2 เล็กน้อย โดยสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยของถนน ทล. 224 ประมาณร้อยละ 12.4 และ 18.7 ตามลำดับ ซึ่งช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันหยุดมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่าช่วงเวลาอื่นอย่างชัดเจน โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยสูง 31.3 และใช้ระยะเวลาการเดินทาง 5.50 นาที ในระยะทาง 3.20 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.26)

ตารางที่ 4.25 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2)

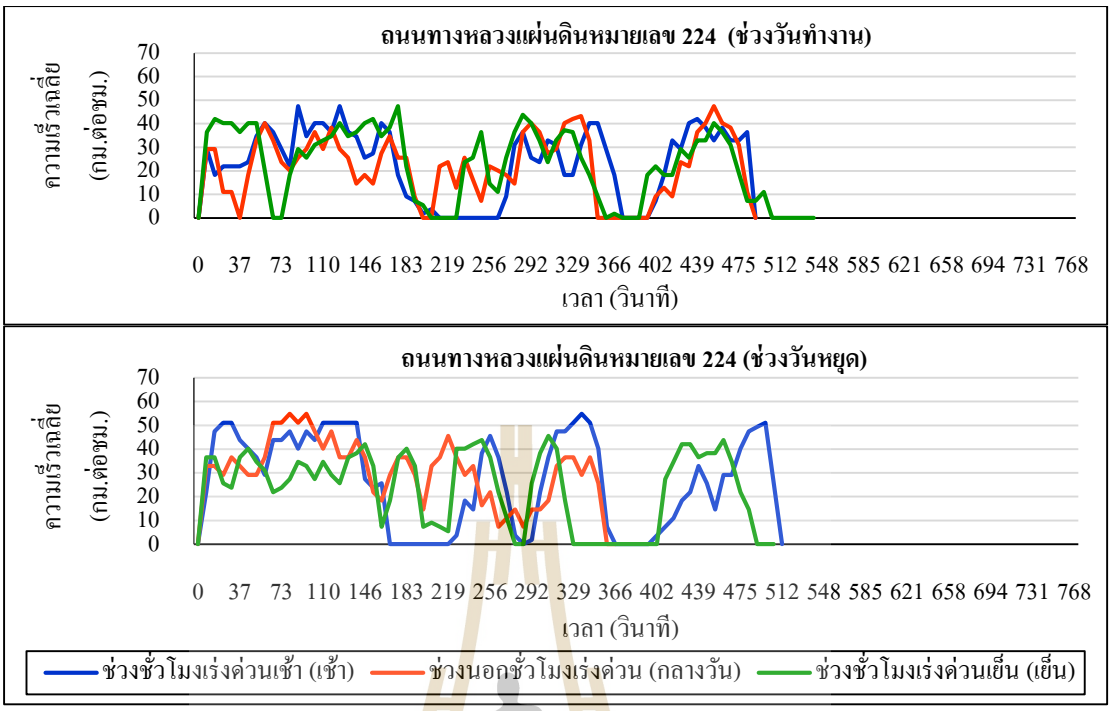
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ทล. 2 ระยะทาง 7.66 กม.	วันทำงาน - เช้า	43.4	44.4	0.2	-0.3	1.2	32.5	37.3	28.9	11.10
	วันหยุด - เช้า	42.3	42.3	0.1	-0.2	0.0	26.9	24.4	48.7	9.30
	วันทำงาน - กลางวัน	34.0	37.0	0.1	-0.2	7.1	29.6	23.5	39.8	11.56
	วันหยุด - กลางวัน	37.0	47.9	0.1	-0.3	21.0	22.0	25.0	32.0	12.11
	วันทำงาน - เย็น	33.2	37.1	0.2	-0.3	9.5	33.7	38.9	17.9	11.34
	วันหยุด - เย็น	37.3	42.5	0.2	-0.3	10.3	26.8	30.9	32.0	11.49
	ค่าเฉลี่ย	37.9	41.9	0.2	-0.3	8.2	28.6	30.0	33.2	11.08
	ค่าสูงสุด	43.4	47.9	0.2	-0.2	21.0	33.7	38.9	48.7	12.11
	ค่าต่ำสุด	33.2	37.0	0.1	-0.3	0.0	22.0	23.5	17.9	9.30



รูปที่ 4.28 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2

ตารางที่ 4.26 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224)

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ทล. 224	วันทำงาน - เช้า	23.5	28.8	0.2	-0.3	15.4	29.2	33.8	21.5	7.55
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	27.1	34.0	0.2	-0.4	16.2	35.3	30.9	17.6	8.17
3.20 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	22.2	26.1	0.2	-0.3	10.8	33.8	38.5	16.9	7.55
	วันหยุด - กลางวัน	31.3	32.0	0.2	-0.4	0.0	43.8	41.7	14.6	5.50
	วันทำงาน - เย็น	22.5	28.3	0.2	-0.3	13.9	30.6	34.7	20.8	8.46
	วันหยุด - เย็น	23.7	30.5	0.2	-0.4	17.9	26.9	34.3	20.9	8.10
	ค่าเฉลี่ย	25.1	30.0	0.2	-0.4	12.4	33.3	35.7	18.7	7.56
	ค่าสูงสุด	31.3	34.0	0.2	-0.3	17.9	43.8	41.7	21.5	8.46
	ค่าต่ำสุด	22.2	26.1	0.2	-0.4	0.0	26.9	30.9	14.6	5.50



รูปที่ 4.29 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การขับขี่รถจักรยานยนต์ใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูง และมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยต่ำกว่ารถยนต์บรรทุก 4 ล้อและรถยนต์ส่วนบุคคล ซึ่งการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้ความเร็วเฉลี่ยในช่วงประมาณ 20-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 10-30 กิโลเมตรต่อชั่วโมงบนถนนสายหลัก ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยบนถนนทั้งสองประเภทอยู่ในช่วง 0.1-0.5 และ 0.1-0.7 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ รูปแบบการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนแต่ละสายมีลักษณะต่างกัน ซึ่งถนนราชดำเนิน ถนนชุมพล มุขมนตรี และถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 (ทล. 304) ใช้ความเร็วเฉลี่ยในการขับขี่ยานพาหนะได้สูง และไม่มีลักษณะของรถหยุดนิ่งตลอดการเดินทาง ทำให้ถนนดังกล่าวมีรูปแบบการขับขี่รถจักรยานยนต์ที่เป็นอิสระสูงกว่าถนนสายอื่น สำหรับช่วงวันและช่วงเวลาที่ศึกษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขับขี่รถจักรยานยนต์เพียงเล็กน้อย ซึ่งการขับขี่รถจักรยานยนต์ในช่วงวันทำงานมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำกว่าช่วงวันหยุด โดยถนนส่วนใหญ่มีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงสุดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า มีเพียงถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224) ที่มีรูปแบบการขับขี่เป็นอิสระต่ำในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า เนื่องจากถนน ทล. 224 มีกิจกรรมการจอดรับส่งคนบริเวณหน้าสถานศึกษาและจุดรับส่งผู้โดยสารประจำทางจำนวนมาก ทำให้เกิดสภาพการจราจรที่ติดขัดในช่วงเวลาดังกล่าว

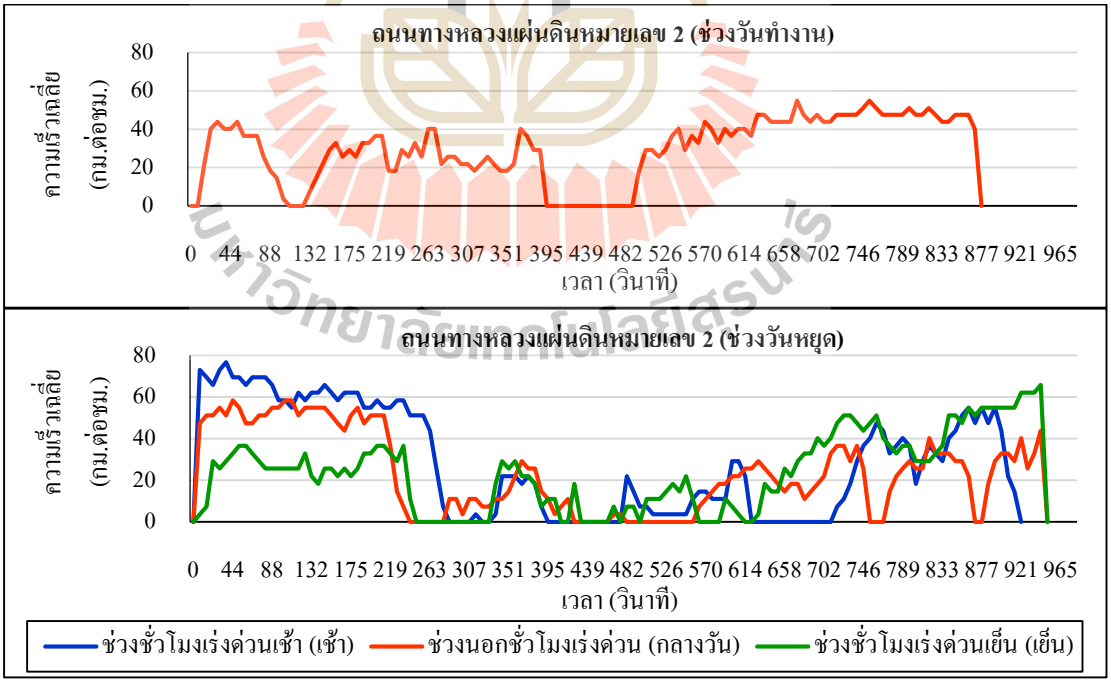
4.2.4 รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป (Medium and heavy truck)

รูปแบบการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา เลือกศึกษาเฉพาะบนถนนทางหลวง ซึ่งข้อมูลการขับขี่ที่ได้ไม่ครอบคลุมบางช่วงเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจำกัดเวลาเดินรถในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนของรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปในพื้นที่เทศบาลฯ การขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงใช้ความเร็วเฉลี่ยไม่เกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ยกเว้นถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 (ทล. 304) ที่ใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงอยู่ในช่วง 35.1-66.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และไม่มีลักษณะของการหยุดรถตลอดการเดินทาง เนื่องจากช่วงถนนที่ศึกษามีระยะทางสั้น และไม่มีจุดสัญญานไฟจราจร ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2) และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224) มีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำกว่าถนน ทล. 304 อย่างชัดเจน (รูปที่ 4.30 และ 4.31) ซึ่งการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนน ทล. 2 ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 23.6-30.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งเฉลี่ยประมาณ 0.1 เมตรต่อวินาที^{2} และค่าความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2-0.3 เมตรต่อวินาที^{2} โดยสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 17.5 และ 22.2 ตามลำดับ ในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูง โดยสามารถใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูงถึง 30.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 14.23 นาที ในระยะทาง 7.66 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.27) สำหรับการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนน ทล. 224 ใช้ความเร็วเฉลี่ยต่ำอยู่ในช่วง 16.9-18.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยสูงกว่าถนน ทล. 2 ขณะที่สัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 28.7 และ 9.1 ตามลำดับ ซึ่งช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูงถึง 18.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 8.24 นาที ในระยะทาง 3.22 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.28)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10-70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.2 และ 0.4-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ โดยการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 และถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูง และมีความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่สูง ขณะที่ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 และถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 มีสัญญานไฟจราจรบนถนน 3-6 จุด ทำให้มีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำกว่าถนนสายอื่น รูปแบบการขับขี่ในแต่ละช่วงวันและเวลาที่ศึกษามีลักษณะที่ต่างกันเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นเพราะรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปมีภาระบรรทุกหนัก และมีข้อจำกัดในการเดินรถมาก

ตารางที่ 4.27 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2)

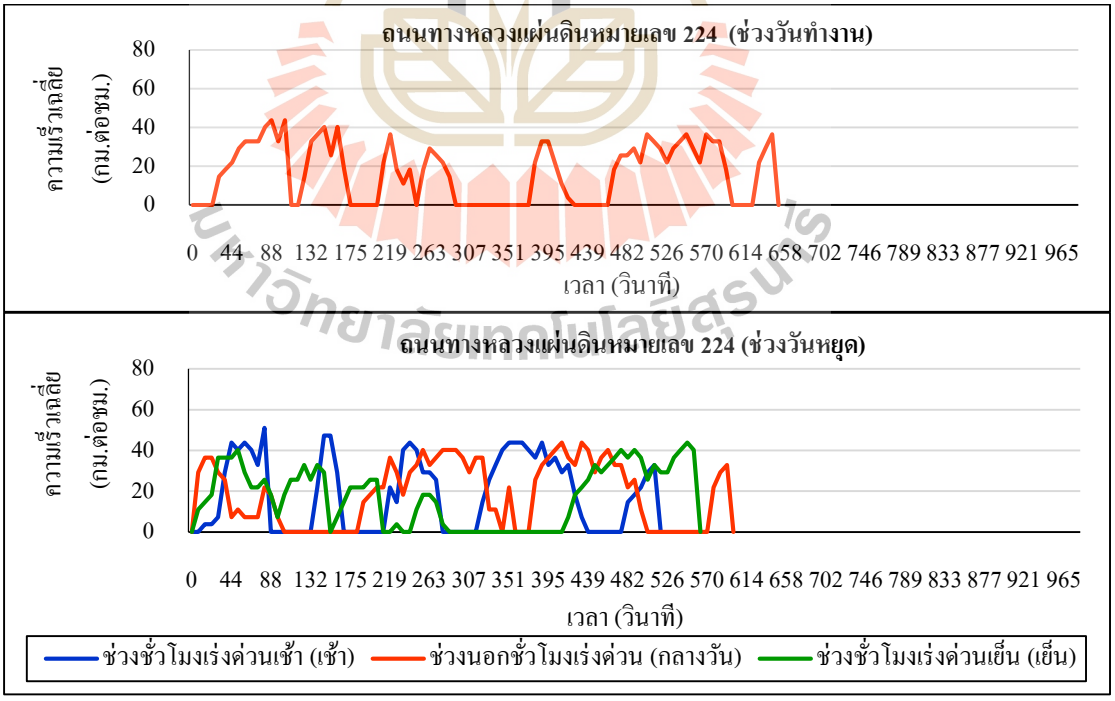
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ทล. 2	วันทำงาน - เช้า	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	28.9	38.5	0.1	-0.3	21.0	27.4	31.5	20.2	15.06
7.66 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	30.1	35.4	0.1	-0.2	15.5	36.9	35.9	26.2	14.23
	วันหยุด - กลางวัน	23.6	30.2	0.1	-0.3	18.0	34.4	27.3	20.3	15.36
	วันทำงาน - เย็น	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	วันหยุด - เย็น	23.9	30.2	0.1	-0.2	15.6	33.6	28.9	21.9	15.36
	ค่าเฉลี่ย	26.6	33.6	0.1	-0.3	17.5	33.1	30.9	22.2	15.00
	ค่าสูงสุด	30.1	38.5	0.1	-0.2	21.0	36.9	35.9	26.2	15.36
	ค่าต่ำสุด	23.6	30.2	0.1	-0.3	15.5	27.4	27.3	20.2	14.23



รูปที่ 4.30 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2

ตารางที่ 4.28 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224)

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ทล. 224	วันทำงาน - เช้า	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	18.9	30.8	0.2	-0.5	31.9	34.8	26.1	7.2	8.24
3.20 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	16.9	27.1	0.2	-0.4	29.9	35.6	28.7	5.7	10.36
	วันหยุด - กลางวัน	18.9	27.8	0.1	-0.4	27.5	32.5	28.8	11.3	9.45
	วันทำงาน - เย็น	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	วันหยุด - เย็น	17.8	22.1	0.1	-0.3	25.3	38.7	24.0	12.0	9.08
	ค่าเฉลี่ย	18.1	27.0	0.2	-0.4	28.7	35.4	26.9	9.1	9.28
	ค่าสูงสุด	18.9	30.8	0.2	-0.3	31.9	38.7	28.8	12.0	10.36
	ค่าต่ำสุด	16.9	22.1	0.1	-0.5	25.3	32.5	24.0	5.7	8.24



รูปที่ 4.31 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224

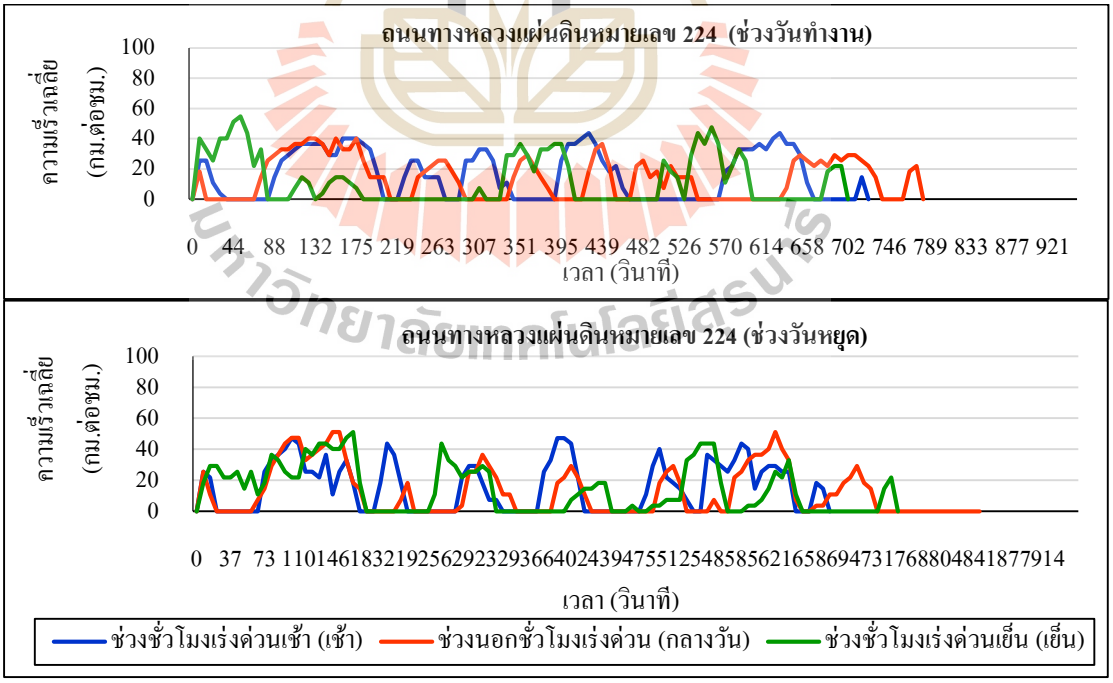
4.2.5 รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป (Medium and Large bus)

รูปแบบการขับขี่ของรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาศึกษาเฉพาะบนถนนทางหลวงเช่นเดียวกับการศึกษารถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป เนื่องจากเป็นยานพาหนะขนาดใหญ่ และมีการเดินรถบนถนนทางหลวงเป็นหลัก (รูปที่ 4.32 และ 4.33) พบว่า รูปแบบการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224) มีความเป็นอิสระต่ำกว่าถนนสายอื่นอย่างชัดเจน โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในช่วง 12.6-16.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.2 และ 0.3-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ โดยสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 9.7 และสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 38.2 เนื่องจากผู้ขับขี่มีการจอดรับส่งผู้โดยสาร และชะลอเวลาให้รับผู้โดยสารได้จำนวนมาก ขณะที่รูปแบบการขับขี่ในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนมีความเป็นอิสระต่ำสุด โดยเฉพาะในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันหยุดที่มีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำถึง 12.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 13.46 นาที ในระยะทาง 3.20 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.29) แต่สำหรับถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2) มีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะสูงกว่าถนนทล. 224 เนื่องจากถนนทล. 2 มีจำนวนจุดจอดรับส่งผู้โดยสารน้อย และใช้ระยะเวลาในการจอดรับส่งผู้โดยสารสั้นกว่าถนนสายอื่น โดยการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทล. 2 ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30.4-40.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยสูงกว่าถนนทล. 224 ขณะที่สัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่และระยะเวลารถหยุดนิ่งประมาณร้อยละ 14.3 และ 17.2 ตามลำดับ ซึ่งช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงานมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำสุด โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงถึง 34.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 15.06 นาที ในระยะทาง 7.66 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.30)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.4 และ 0.2-0.7 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ โดยถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 (ทล. 304) และถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2) ยังคงมีรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่เป็นอิสระสูง ซึ่งรูปแบบการขับขี่บนถนนดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับสภาพการจราจรบนถนน แต่สำหรับถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224) และถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (ทล. 205) มีรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่เป็นอิสระต่ำ ซึ่งการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทล. 224 ใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำ และมีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงกว่าถนนสายอื่นอย่างชัดเจน เนื่องจากถนนทล. 224 มีจุดจอดรับส่งผู้โดยสาร 2 จุด มีการชะลอความเร็ว และจอดรอผู้โดยสารเป็นเวลานาน

ตารางที่ 4.29 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224)

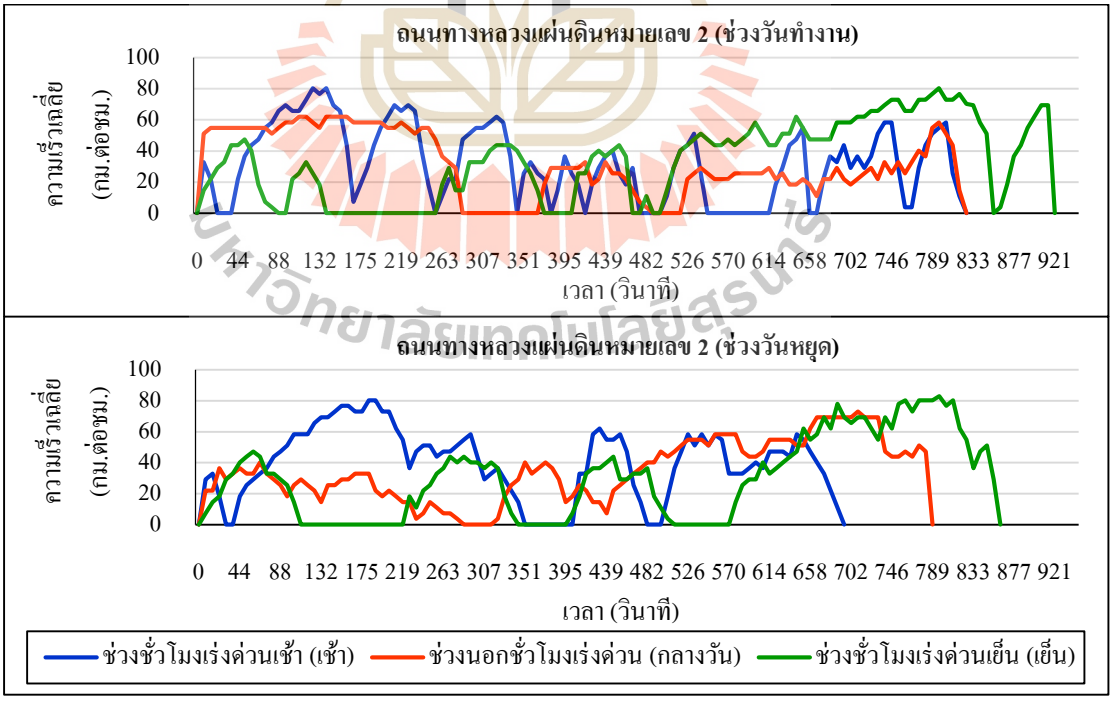
ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ทล. 224	วันทำงาน - เช้า	16.0	27.4	0.1	-0.4	36.1	23.7	23.7	16.5	11.49
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	16.2	27.5	0.2	-0.4	34.1	26.4	33.0	6.6	10.57
3.20 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	13.9	23.7	0.1	-0.3	35.2	28.6	26.7	9.5	12.48
	วันหยุด - กลางวัน	12.6	25.1	0.1	-0.4	43.4	29.2	22.1	5.3	13.46
	วันทำงาน - เย็น	12.6	26.5	0.1	-0.5	45.7	23.4	24.5	6.4	11.27
	วันหยุด - เย็น	14.3	23.8	0.1	-0.4	34.7	29.7	21.8	13.9	12.18
	ค่าเฉลี่ย	14.3	25.7	0.1	-0.4	38.2	26.8	25.3	9.7	12.10
	ค่าสูงสุด	16.2	27.5	0.2	-0.3	45.7	29.7	33.0	16.5	13.46
	ค่าต่ำสุด	12.6	23.7	0.1	-0.5	34.1	23.4	21.8	5.3	10.57



รูปที่ 4.32 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224

ตารางที่ 4.30 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2)

ถนน	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ทล. 2	วันทำงาน - เช้า	32.4	40.8	0.3	-0.7	13.5	50.5	31.5	4.5	13.31
ระยะทาง	วันหยุด - เช้า	40.2	46.6	0.2	-0.4	10.8	39.8	33.3	16.1	11.20
7.66 กม.	วันทำงาน - กลางวัน	31.8	37.5	0.1	-0.3	13.5	27.0	30.6	28.8	13.31
	วันหยุด - กลางวัน	35.0	36.7	0.1	-0.2	3.8	36.8	33.0	26.4	12.55
	วันทำงาน - เย็น	34.0	44.3	0.2	-0.4	18.5	37.9	25.0	18.5	15.06
	วันหยุด - เย็น	30.4	42.3	0.1	-0.3	25.9	37.1	28.4	8.6	14.08
	ค่าเฉลี่ย	34.0	41.4	0.2	-0.4	14.3	38.2	30.3	17.2	13.25
	ค่าสูงสุด	40.2	46.6	0.3	-0.2	25.9	50.5	33.3	28.8	15.06
	ค่าต่ำสุด	30.4	36.7	0.1	-0.7	3.8	27.0	25.0	4.5	11.20



รูปที่ 4.33 ความเร็วเฉลี่ยตามระยะเวลาของรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2

4.3 การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาที่ได้จากหัวข้อที่ 4.2 ถูกนำมาใช้พัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะบนเส้นทางศึกษาที่กำหนด โดยเส้นทางศึกษาที่ใช้เป็นตัวแทนสภาพการขับขี่ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาครอบคลุมถนนทางหลวงและถนนสายหลักทั้งหมด 5 เส้นทาง ทำให้ได้วัฏจักรการขับขี่ของยานพาหนะทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป

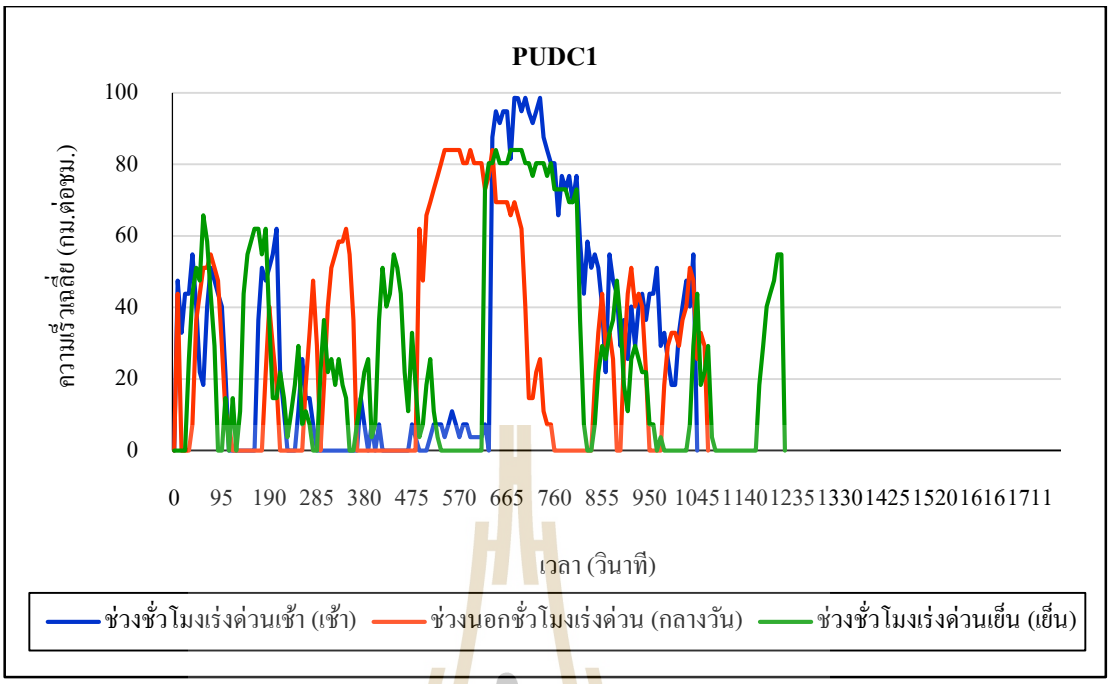
4.3.1 รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ

วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อถูกพัฒนาขึ้นบนเส้นทางที่กำหนด 2 เส้นทาง คือ เส้นทางบนถนนทางหลวง (PUDC1) และเส้นทางบนถนนสายหลัก (PUDC2) ดังแสดงในรูปที่ 3.10 เนื่องจากเส้นทางดังกล่าวครอบคลุมถนนที่มีปริมาณรถยนต์บรรทุก 4 ล้อสูงของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (รูปที่ 4.34 ถึง 4.37) ผลที่ได้ พบว่า การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อของเส้นทางบนถนนทางหลวงใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.2-45.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทางประมาณ 13-20 นาที ซึ่งค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2-0.3 และ 0.4-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ ขณะที่สัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20.1 และสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร่งประมาณร้อยละ 33.9 วัฏจักรการขับขี่ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดมีความเป็นอิสระสูงกว่าช่วงเวลาอื่นอย่างชัดเจน โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงถึง 45.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 13.02 นาที ในระยะทาง 9.22 กิโลเมตร สำหรับเส้นทางบนถนนสายหลักการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อใช้ความเร็วเฉลี่ยต่ำอยู่ในช่วง 20.7-33.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทางประมาณ 18-30 นาที ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วงเดียวกันกับเส้นทางบนถนนทางหลวง สัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งของเส้นทางบนถนนสายหลักต่ำกว่าเส้นทางบนถนนทางหลวงถึง 1 เท่า วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงถึง 33.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 18.46 นาที ในระยะทาง 9.33 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.31) และจากผลการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยของวัฏจักรการขับขี่บนถนนทางหลวงและถนนสายหลักสำหรับเป็นตัวแทนสภาพการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา และนำมาใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะในพื้นที่อื่น

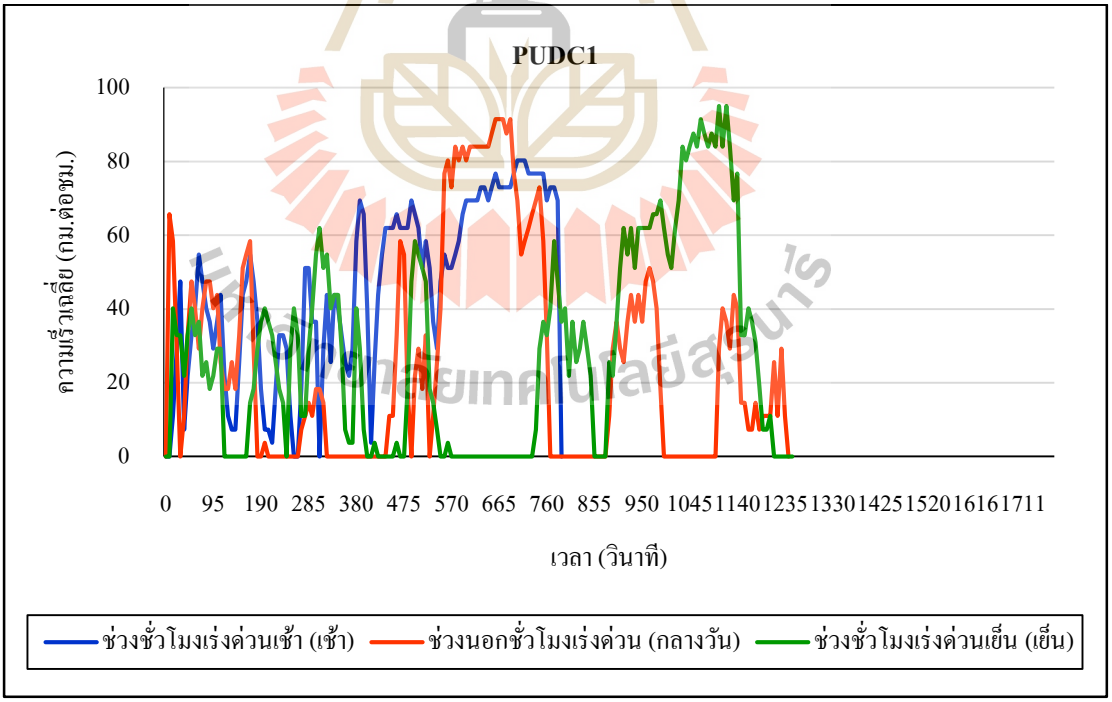
ตารางที่ 4.31 ค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

เส้นทางศึกษา	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ถนนทางหลวง (PUDC1) ระยะทาง 9.22 กม.	วันทำงาน - เช้า	31.3	42.5	0.2	-0.4	20.1	31.7	38.8	9.4	16.56
	วันหยุด - เช้า	45.5	48.1	0.3	-0.5	0.9	39.3	37.4	22.4	13.02
	วันทำงาน - กลางวัน	30.5	46.9	0.2	-0.5	22.1	31.5	27.5	18.8	18.09
	วันหยุด - กลางวัน	26.2	41.9	0.2	-0.5	32.1	31.5	28.0	8.9	20.35
	วันทำงาน - เย็น	28.0	38.5	0.2	-0.5	20.5	36.1	32.5	10.8	20.13
	วันหยุด - เย็น	28.5	41.5	0.2	-0.4	24.9	33.1	35.5	7.1	20.43
	ค่าเฉลี่ย	31.6	43.2	0.2	-0.5	20.1	33.9	33.3	12.9	18.10
	ค่าสูงสุด	45.5	48.1	0.3	-0.4	32.1	39.3	38.8	22.4	20.43
	ค่าต่ำสุด	26.2	38.5	0.2	-0.5	0.9	31.5	27.5	7.1	13.02
ถนนสายหลัก (PUDC2) ระยะทาง 9.33 กม.	วันทำงาน - เช้า	30.2	38.1	0.2	-0.4	15.0	33.5	38.9	12.6	20.21
	วันหยุด - เช้า	33.8	40.0	0.2	-0.5	9.2	43.1	32.0	16.3	18.46
	วันทำงาน - กลางวัน	27.7	33.3	0.2	-0.4	9.8	42.6	37.2	10.4	22.18
	วันหยุด - กลางวัน	30.0	35.8	0.2	-0.5	11.6	39.0	32.0	18.0	21.05
	วันทำงาน - เย็น	20.7	28.3	0.2	-0.4	18.0	35.2	35.6	11.2	30.28
	วันหยุด - เย็น	32.6	35.7	0.3	-0.4	4.7	44.4	41.4	10.1	20.35
	ค่าเฉลี่ย	32.3	37.1	0.2	-0.4	8.5	42.2	34.7	14.6	20.03
	ค่าสูงสุด	33.8	40.0	0.3	-0.4	18.0	44.4	41.4	18.0	30.28
	ค่าต่ำสุด	20.7	28.3	0.2	-0.5	4.7	33.5	32.0	10.1	18.46

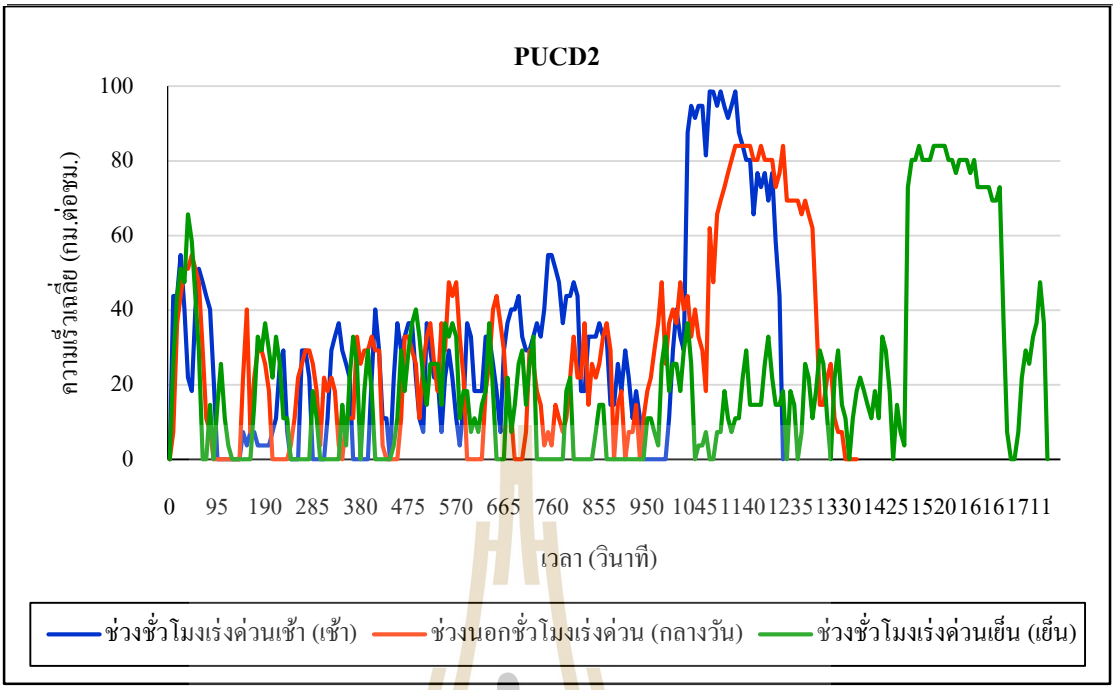
หมายเหตุ เช้า = ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า, กลางวัน = ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน, เย็น = ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น, PUDC1 = Pick up Driving Cycle on highway และ PUDC2 = Pick up Driving Cycle on main road



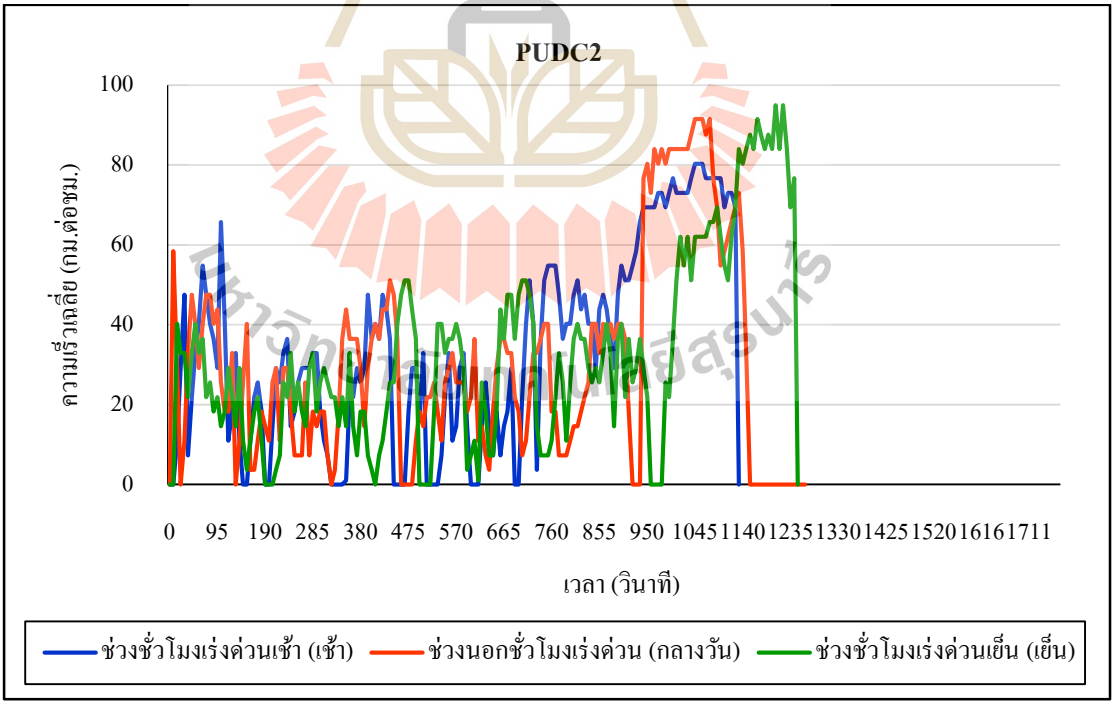
รูปที่ 4.34 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในช่วงวันทำงานบนถนนทางหลวง



รูปที่ 4.35 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในช่วงวันหยุดบนถนนทางหลวง



รูปที่ 4.36 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในช่วงวันทำงานบนถนนสายหลัก



รูปที่ 4.37 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในช่วงวันหยุดบนถนนสายหลัก

การเปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น (ตารางที่ 4.32) พบว่า การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวง (PUDC1) ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ฮ่องกง และโทรอนโต มีค่าความเร็วเฉลี่ยในขณะที่รถวิ่ง (V_{1avg}) สูงประมาณ 43.2, 41.8 และ 54.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ขณะที่การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลัก (PUDC2) มีค่าความเร็วเฉลี่ยในขณะที่รถวิ่งไม่เกิน 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวง (PUDC1) ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำ และมีลักษณะของรถหยุดนิ่งสูงกว่าเมืองอื่นอย่างชัดเจน เนื่องจากถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีสัญญาณไฟจราจรหลายจุดตลอดช่วงถนนที่ศึกษา และมีการทำกิจกรรมบริเวณพื้นที่ริมถนนจำนวนมาก สำหรับวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลัก (PUDC2) ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่าเมืองอื่น โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงถึง 32.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งต่ำกว่าเมืองอื่นประมาณ 1 เท่า วัฏจักรการขับขี่ของสหรัฐอเมริกาใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ใกล้เคียงกับพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา แต่ค่าความเร่งเฉลี่ยของสหรัฐอเมริกาสูงกว่าพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาเล็กน้อย จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้เห็นว่า รูปแบบการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อของแต่ละเมืองมีลักษณะที่ต่างกัน และประเภทถนนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ โดยการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งต่ำ ทำให้ถนนทางหลวงมีสภาพการจราจรที่นิ่งกว่าถนนสายหลัก (Amirijamshidi et al., 2015) แต่สำหรับพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีสภาพการขับขี่ที่ตรงกันข้ามกับเมืองฮ่องกงและโทรอนโต โดยรูปแบบการขับขี่บนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีความเป็นอิสระต่ำกว่าถนนสายหลัก เนื่องจากถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีการจราจรที่หนาแน่นสูง และมีระยะเวลาของสัญญาณไฟจราจรยาวนานกว่าบนถนนสายหลัก ดังนั้น วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อของเมืองอื่น เช่น ฮ่องกง โทรอนโต และสหรัฐเมริกา จึงไม่สอดคล้องกับการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

ตารางที่ 4.32 เปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น (Hung et al., 2007[1]; Amirijamshidi et al., 2015 [2]; US EPA, 2017[3])

วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
	km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%		
	V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
PUDC1 (NRM)	31.6	43.2	0.2	-0.5	20.1	33.9	33.3	12.9	18.10	9.22
PUDC2 (NRM)	32.3	37.1	0.2	-0.4	8.5	42.2	34.7	14.6	20.03	9.33
HKHDC[1]	38.3	41.8	0.4	-0.4	8.4	37.5	36.2	17.2	23.21	14.90
HKUDC[1]	25.0	30.4	0.6	-0.6	17.8	34.5	12.0	34.2	25.48	10.33
Toronto (FW)[2]	52.7	54.0	0.3	-0.5	2.1	61.2	33.0	3.8	-	-
Toronto (MR)[2]	18.4	23.5	0.6	-0.7	17.1	43.8	36.1	0.7	-	-
US FTP-72[3]	31.6	-	0.4	-0.5	13.8	37.0	31.2	18.0	22.49	11.99

หมายเหตุ PUDC1 = Pick up Driving cycle on highway (Nakhon Ratchasima Municipality), PUDC2 = Pick up Driving cycle on main road (Nakhon Ratchasima Municipality), HKHDC = Hong Kong Highway Driving Cycle, HKUDC = Hong Kong Urban Driving Cycle, Toronto (FW) = Toronto driving cycle on freeway, Toronto (MR) = Toronto driving cycle on major arterials และ US FTP-72 = United states (Federal Test Procedure-72) cycle

4.3.2 รถยนต์ส่วนบุคคล

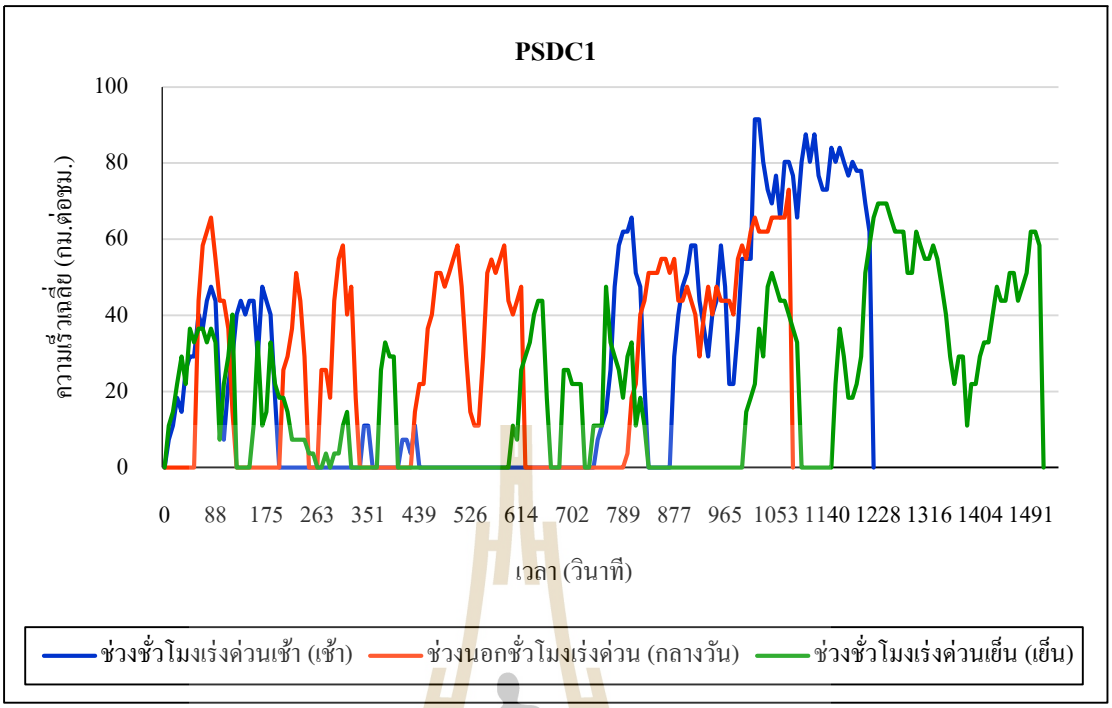
วัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาพัฒนาขึ้นบนเส้นทางเดียวกันกับยานพาหนะประเภทรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ ซึ่งครอบคลุมเส้นทางบนถนนทางหลวง (PSDC1) และเส้นทางถนนสายหลัก (PSDC2) (รูปที่ 4.38 ถึง 4.41) ผลที่ได้ พบว่า การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลของเส้นทางบนถนนทางหลวงใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20.0-41.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 23.9-38.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมงของเส้นทางบนถนนสายหลัก ขณะที่ค่าความเร่งและค่าความหน่วงเฉลี่ยของทั้งสองเส้นทางอยู่ในช่วง 0.1-0.2 และ 0.4-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ รูปแบบการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลของเส้นทางบนถนนทางหลวงมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงกว่าเส้นทางบนถนนสายหลักเช่นเดียวกับรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ โดยสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งเฉลี่ยของเส้นทางบนถนนทางหลวงและเส้นทางบนถนนสายหลักคิดเป็นร้อยละ 29.9 และ13.4 ตามลำดับ การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทั้งสองเส้นทางมีความ

คล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำสุดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงาน ซึ่งการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงานบนถนนทางหลวงและถนนสายหลักมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำประมาณ 20.0 และ 23.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 25.06 และ 24.15 นาที ตามลำดับ (ตารางที่ 4.34)

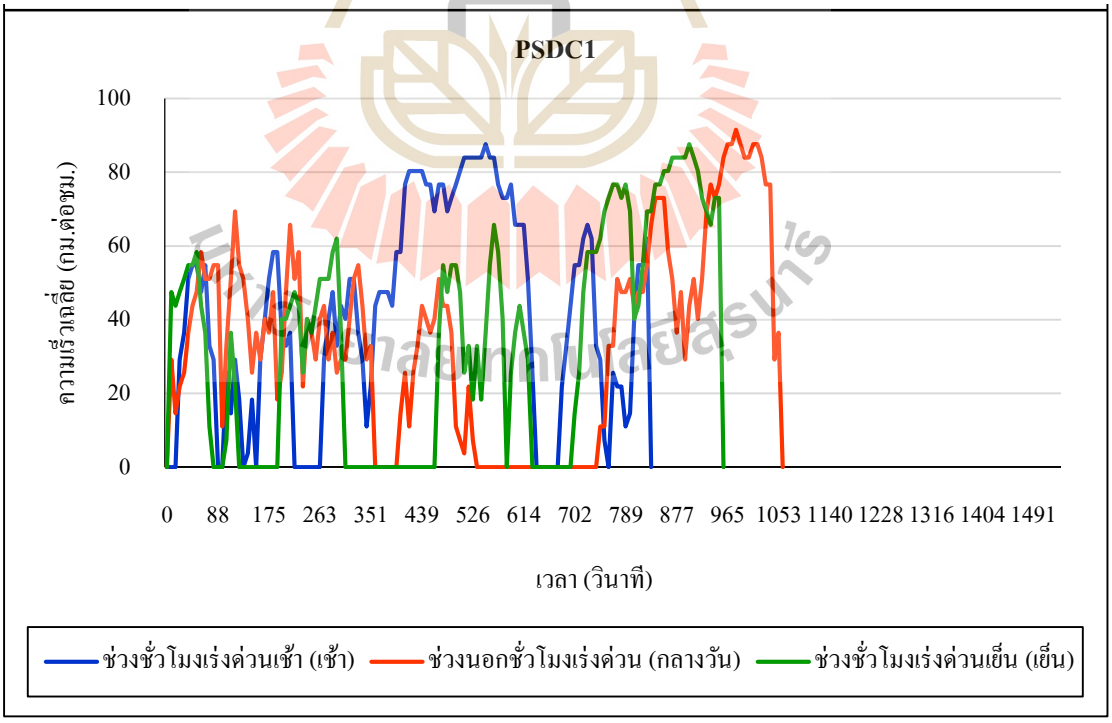
ตารางที่ 4.33 ค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

เส้นทางศึกษา	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ถนนทางหลวง (PSDC1) ระยะทาง 9.22 กม.	วันทำงาน - เช้า	26.1	47.8	0.1	-0.4	42.8	26.5	22.3	8.4	20.13
	วันหยุด - เช้า	41.4	50.8	0.2	-0.5	11.6	38.4	30.4	19.6	13.39
	วันทำงาน - กลางวัน	31.0	51.1	0.1	-0.4	36.2	27.5	22.8	13.4	18.09
	วันหยุด - กลางวัน	34.1	45.4	0.2	-0.5	23.1	37.8	29.4	9.8	17.25
	วันทำงาน - เย็น	20.0	32.0	0.1	-0.4	33.5	28.2	25.2	13.1	25.06
	วันหยุด - เย็น	33.7	52.5	0.2	-0.5	31.8	32.6	24.0	11.6	15.43
	ค่าเฉลี่ย	31.1	36.6	0.2	-0.5	29.9	31.8	25.7	12.7	18.14
	ค่าสูงสุด	41.4	52.5	0.2	-0.4	42.8	38.4	30.4	19.6	25.06
	ค่าต่ำสุด	20.0	32.0	0.1	-0.5	11.6	26.5	22.3	8.4	13.39
ถนนสายหลัก (PSDC2) ระยะทาง 9.33 กม.	วันทำงาน - เช้า	31.8	36.6	0.2	-0.4	9.6	43.4	34.3	12.7	20.13
	วันหยุด - เช้า	38.3	43.0	0.3	-0.5	2.9	40.4	40.4	16.2	16.34
	วันทำงาน - กลางวัน	27.5	36.0	0.2	-0.4	20.2	31.3	33.7	14.7	19.51
	วันหยุด - กลางวัน	28.1	36.3	0.2	-0.5	16.8	40.8	31.5	10.9	28.10
	วันทำงาน - เย็น	23.9	29.1	0.2	-0.4	12.1	39.7	32.7	15.6	24.15
	วันหยุด - เย็น	28.8	38.3	0.2	-0.4	18.9	37.1	30.3	13.7	21.19
	ค่าเฉลี่ย	29.7	36.6	0.2	-0.4	13.4	38.8	33.8	14.0	21.42
	ค่าสูงสุด	38.3	43.0	0.3	-0.4	20.2	43.4	40.4	16.2	28.10
	ค่าต่ำสุด	23.9	29.1	0.2	-0.5	2.9	31.3	30.3	10.9	16.34

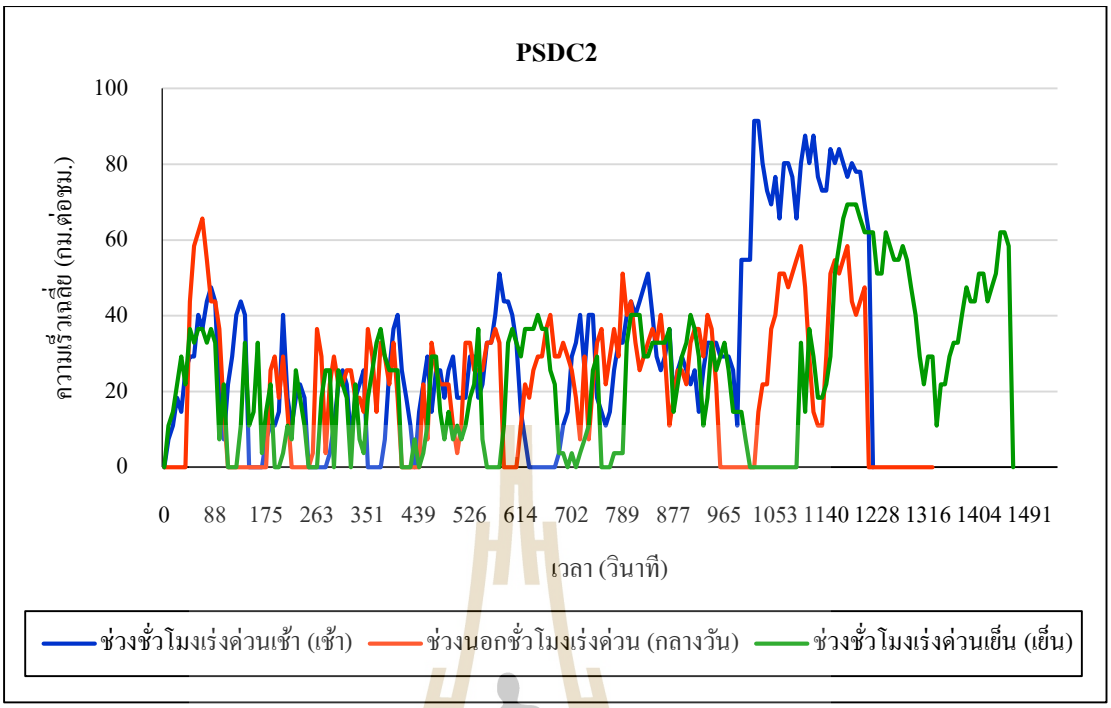
หมายเหตุ เช้า = ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า, กลางวัน = ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน, เย็น = ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น, PSDC1 = Passenger car Driving Cycle on highway และ PSDC2 = Passenger car Driving Cycle on main road



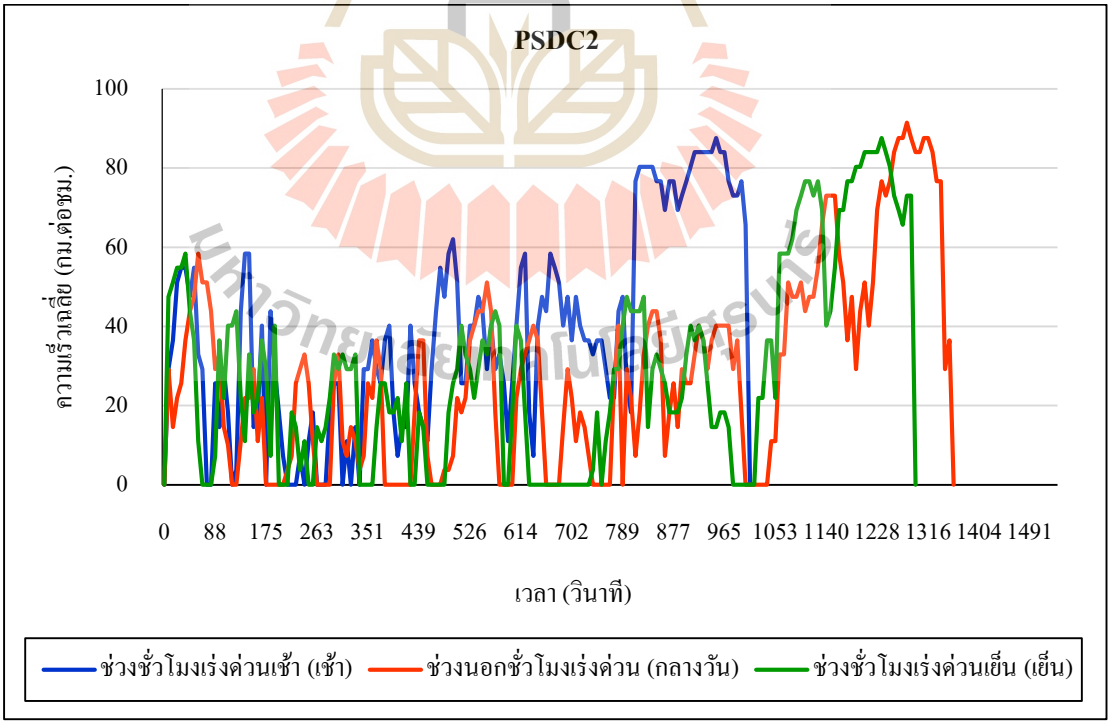
รูปที่ 4.38 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงวันทำงานบนถนนทางหลวง



รูปที่ 4.39 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงวันหยุดบนถนนทางหลวง



รูปที่ 4.40 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงวันทำงานบนถนนสายหลัก



รูปที่ 4.41 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงวันหยุดบนถนนสายหลัก

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น (ตารางที่ 4.34) พบว่า รูปแบบการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลของเส้นทางบนถนนทางหลวงและถนนสายหลักของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองฮ่องกงมีลักษณะต่างกัน การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวง (HKHDC) และถนนสายหลัก (HKUDC) ของเมืองฮ่องกงมีค่าความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 38.3 และ 25.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ โดยถนนทางหลวงมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งต่ำกว่าถนนสายหลักถึง 1 เท่า ขณะที่การขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวง (PSDC1) และถนนสายหลัก (PSDC2) ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีค่าความเร็วเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน แต่ถนนทางหลวงมีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงกว่าถนนสายหลักถึง 1 เท่า และเมื่อเปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่บนถนนทางหลวง (PSDC1) ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองฮ่องกง (HKHDC) มีรูปแบบการขับขี่ที่ต่างกันอย่างชัดเจน โดยวัฏจักรการขับขี่ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำ และมีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงกว่าเมืองฮ่องกงถึง 2 เท่า สำหรับรูปแบบการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (PSDC2) และเมืองฮ่องกง (HKUDC) มีรูปแบบการขับขี่ที่ใกล้เคียงกัน แต่วัฏจักรการขับขี่ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยต่ำกว่าเมืองฮ่องกงเล็กน้อย วัฏจักรการขับขี่ของเมืองเซี่ยงไฮ้ (Shanghai) มีค่าความเร็วเฉลี่ยใกล้เคียงกับวัฏจักรการขับขี่บนถนนสายหลัก (PSDC2) ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา แต่มีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงกว่าเมืองเซี่ยงไฮ้ถึง 1 เท่า วัฏจักรการขับขี่ของเมืองปูเน่ (Pune) มีรูปแบบการขับขี่ที่ต่างจากเมืองอื่นอย่างชัดเจน โดยสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่สูงร้อยละ 56.3 ขณะที่ค่าความเร่งเฉลี่ยและความหน่วงเฉลี่ยสูงถึง 3.7 และ 4.7 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ ซึ่งน่าจะมาจากความแตกต่างของสภาพการจราจรและพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ในเมืองปูเน่ วัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลของแต่ละเมืองในประเทศเดียวกันมีลักษณะที่ต่างกัน ซึ่งการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในพื้นที่กรุงเทพฯ ใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำ และมีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงกว่าพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาถึง 2 เท่า เนื่องจากกรุงเทพฯ มีสภาพการจราจรหนาแน่นสูงสุดในประเทศไทย และมีระยะเวลาการติดสัญญาณไฟจราจรยาวนาน สำหรับวัฏจักรการขับขี่ของเมืองปักกิ่ง (Beijing) และเมืองเซี่ยงไฮ้ (Shanghai) มีค่าความเร็วเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในเมืองเซี่ยงไฮ้ใช้ความเร็วเฉลี่ย 27.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงกว่าเมืองปักกิ่งประมาณ 1 เท่า เนื่องจากเซี่ยงไฮ้เป็นเมืองที่มีการเจริญเติบทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว และมีจำนวนประชากรในพื้นที่สูง ทำให้เมืองเซี่ยงไฮ้มีสภาพการจราจรหนาแน่นสูงกว่าเมืองปักกิ่ง (Wang et al., 2008) วัฏจักรการขับขี่ของเมืองฮานอย (CDCDC) มีลักษณะการขับขี่แบบเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

อย่างต่อเนื่อง โดยวัฏจักรเมืองฮานอยมีค่าความเร็วเฉลี่ยใกล้เคียงกับเมืองปูเน่ แต่มีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ต่ำกว่าเมืองปูเน่ประมาณ 1 เท่า วัฏจักรการขับขี่ของสิงคโปร์มีค่าความเร็วเฉลี่ยใกล้เคียงกับวัฏจักรการขับขี่บนถนนทางหลวงของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา แต่สิงคโปร์มีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่สูงกว่าพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาถึง 1 เท่า

ตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น (Hung et al,. 2007[1], Wang et al,. 2008[2], Kamble et al., 2009[3], Tamsanya et al., 2009[4], Tong et al., 2011[5] และ Ho et al., 2014[6])

วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
	km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%		
	V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
PSDC1 (NRM)	31.1	36.6	0.2	-0.5	29.9	31.8	25.7	12.7	18.14	9.22
PSDC2 (NRM)	29.7	36.6	0.2	-0.4	13.4	38.8	33.8	14.0	21.41	9.33
HKHDC[1]	38.3	41.8	0.4	-0.4	8.4	37.5	36.2	17.2	23.21	14.90
HKUDC[1]	25.0	30.4	0.6	-0.6	17.8	34.5	34.2	12.0	25.48	11.00
Beijing[2]	26.1	29.9	0.5	-0.5	13.0	36.0	37.0	15.0	-	-
Shanghai[2]	27.6	37.1	0.6	-0.6	26.0	34.0	31.0	9.0	-	-
Pune[3]	19.6	-	3.7	-4.6	18.1	14.2	11.5	56.3	-	-
BDC[4]	17.7	28.8	0.7	-0.7	37.7	15.3	23.2	23.8	19.20	5.71
CECDC (Hanoi)[5]	19.4	21.5	0.4	-0.4	9.5	33.4	36.6	20.3	31.02	10.03
SDC[6]	32.8	-	-	-	20.5	28.5	25.3	25.7	39.04	21.50

หมายเหตุ PSDC1 = Passenger car Driving cycle on highway (NaKhon Ratchasima Municipality), PSDC2 = Pick up Driving cycle on main road (NaKhon Ratchasima Municipality), HKHDC = Hong Kong Highway Driving Cycle, HKUDC = Hong Kong Urban Driving Cycle, Beijing = Beijing driving cycle, Shanghai = Shanghai driving cycle, Pune = Pune driving cycle, BDC = Bangkok driving cycle, CECDC (Hanoi) = Centre for Environment Monitoring Car Driving Cycle in Hanoi, และ SDC = Singapore Driving Cycle.

4.3.3 รถจักรยานยนต์

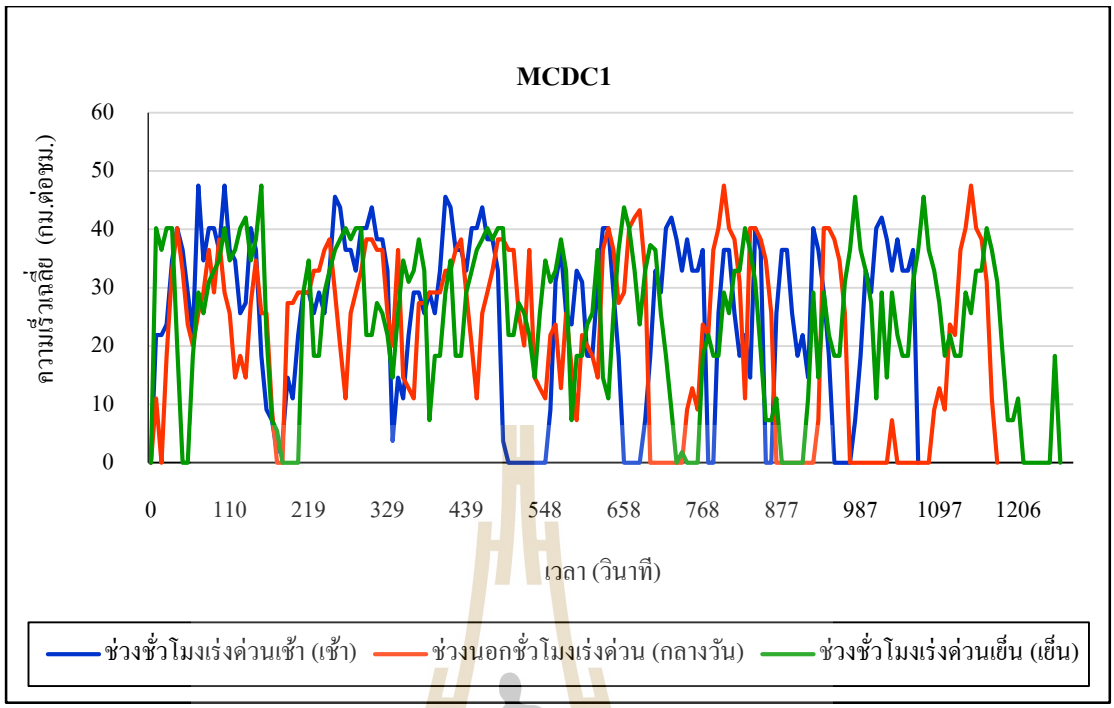
วัฏจักรการขับขี่รถจักรยานยนต์ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาพัฒนาขึ้นบนเส้นทางศึกษาที่กำหนด 2 เส้นทาง คือ เส้นทางบนถนนทางหลวง (MCDC1) และเส้นทางบนถนนสายหลัก (MCDC2) ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ซึ่งเส้นทางศึกษาที่กำหนดครอบคลุมถนนที่มีปริมาณการใช้รถจักรยานยนต์สูงของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (รูปที่ 4.42 ถึง 4.45) ผลที่ได้ พบว่าการขับขี่รถจักรยานยนต์ของเส้นทางบนถนนทางหลวงใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20.4-27.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งค่าความเร่งเฉลี่ยเท่ากับ 0.2 เมตรต่อวินาที^{2} และค่าความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.3-0.4 เมตรต่อวินาที^{2} รูปแบบการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่ง รถเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง รถชะลอความเร็ว และรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 22.7, 34.2, 32.6 และ 10.6 ตามลำดับ วัฏจักรการขับขี่บนถนนทางหลวงมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำสุดในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงาน โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยประมาณ 23.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทาง 20.50 นาที ในระยะทาง 8.13 กิโลเมตร สำหรับการขับขี่รถจักรยานยนต์ของเส้นทางบนถนนสายหลักใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำ และมีความผันผวนของความเร็วยานพาหนะต่ำกว่าถนนทางหลวง โดยสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงและระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่บนถนนสายหลักประมาณร้อยละ 18.8 และ 13.7 ตามลำดับ วัฏจักรการขับขี่ในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำสุดบนถนนสายหลัก โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยประมาณ 21.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทางนาน 20.13 นาที ในระยะทาง 8.08 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.35)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

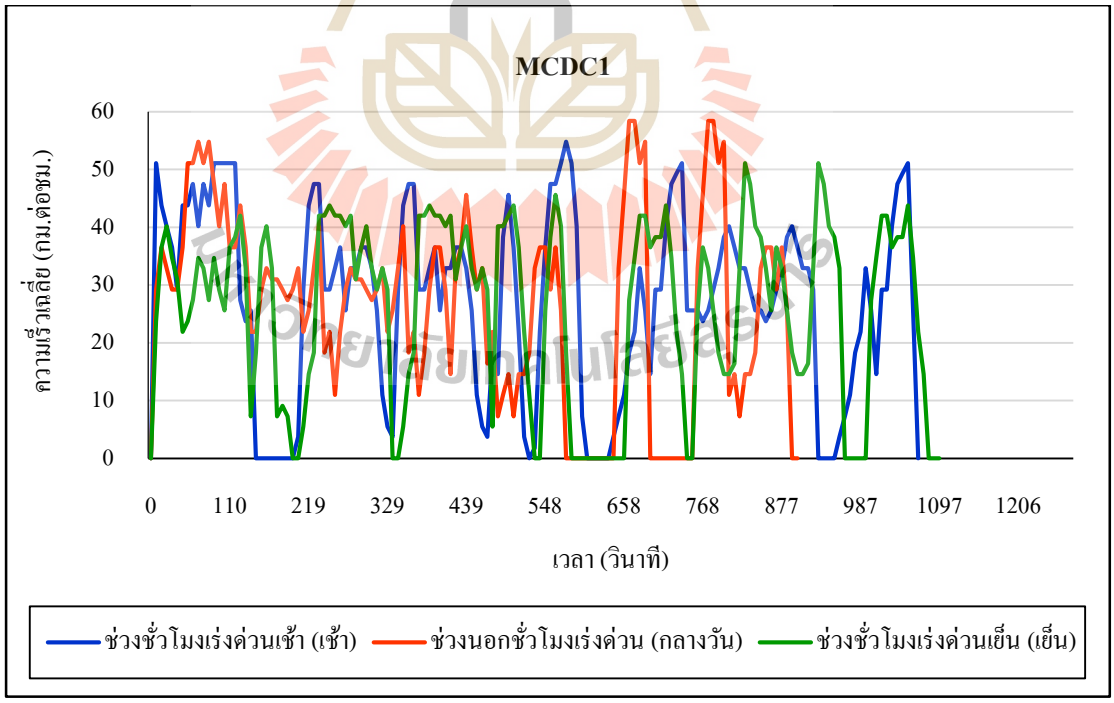
ตารางที่ 4.35 ค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่รถจักรยานยนต์บนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

เส้นทางศึกษา	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ถนนทางหลวง (MCDC1) ระยะทาง 8.13 กม.	วันทำงาน - เช้า	25.4	29.8	0.2	-0.3	21.2	33.6	37.7	7.5	17.47
	วันหยุด - เช้า	27.1	31.3	0.2	-0.4	24.0	35.6	30.8	9.6	17.47
	วันทำงาน - กลางวัน	21.5	27.5	0.2	-0.3	26.1	30.4	29.8	13.7	19.37
	วันหยุด - กลางวัน	26.0	31.6	0.2	-0.4	25.2	42.3	26.0	6.5	14.59
	วันทำงาน - เย็น	23.9	27.4	0.2	-0.3	18.7	33.9	35.1	12.3	20.50
	วันหยุด - เย็น	25.6	31.5	0.2	-0.3	20.7	29.3	36.0	14.0	18.17
	ค่าเฉลี่ย	24.9	29.9	0.2	-0.3	22.7	34.2	32.6	10.6	17.93
	ค่าสูงสุด	27.1	31.6	0.2	-0.3	26.1	42.3	37.7	14.0	20.50
	ค่าต่ำสุด	21.5	27.4	0.2	-0.4	18.7	29.3	26.0	6.5	14.59
ถนนสายหลัก (MCDC2) ระยะทาง 8.08 กม.	วันทำงาน - เช้า	22.8	23.6	0.3	-0.3	9.5	35.1	34.5	20.9	18.02
	วันหยุด - เช้า	24.8	27.4	0.2	-0.3	20.3	31.1	32.4	16.2	18.02
	วันทำงาน - กลางวัน	21.3	23.6	0.2	-0.3	21.7	33.7	34.3	10.2	20.13
	วันหยุด - กลางวัน	20.4	24.0	0.2	-0.3	25.8	33.5	31.0	9.7	18.53
	วันทำงาน - เย็น	21.2	24.2	0.2	-0.3	18.3	33.8	35.9	12.0	17.18
	วันหยุด - เย็น	24.6	26.1	0.2	-0.3	17.2	37.1	32.5	13.2	18.24
	ค่าเฉลี่ย	22.5	24.8	0.2	-0.3	18.8	34.1	33.4	13.7	18.35
	ค่าสูงสุด	24.8	27.4	0.3	-0.3	25.8	37.1	35.9	20.9	20.13
	ค่าต่ำสุด	20.4	23.6	0.2	-0.3	9.5	31.1	31.0	9.7	17.18

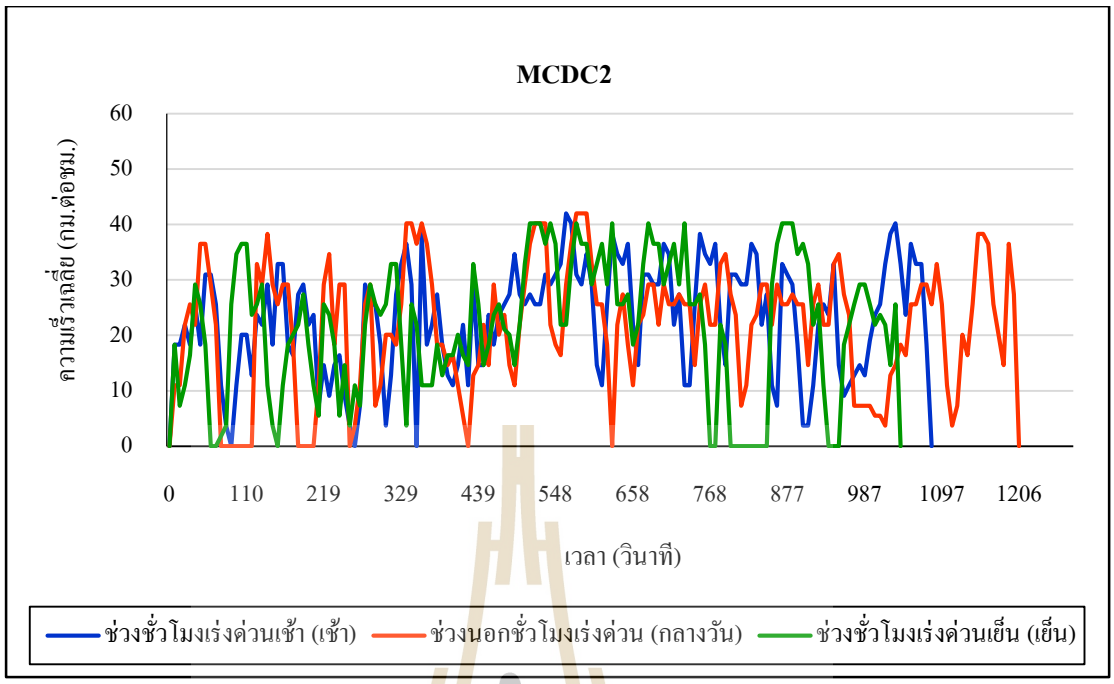
หมายเหตุ เช้า = ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า, กลางวัน = ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน, เย็น = ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น, MCDC1 = Motorcycle Driving Cycle on highway และ MCDC2 = Motorcycle Driving Cycle on main road



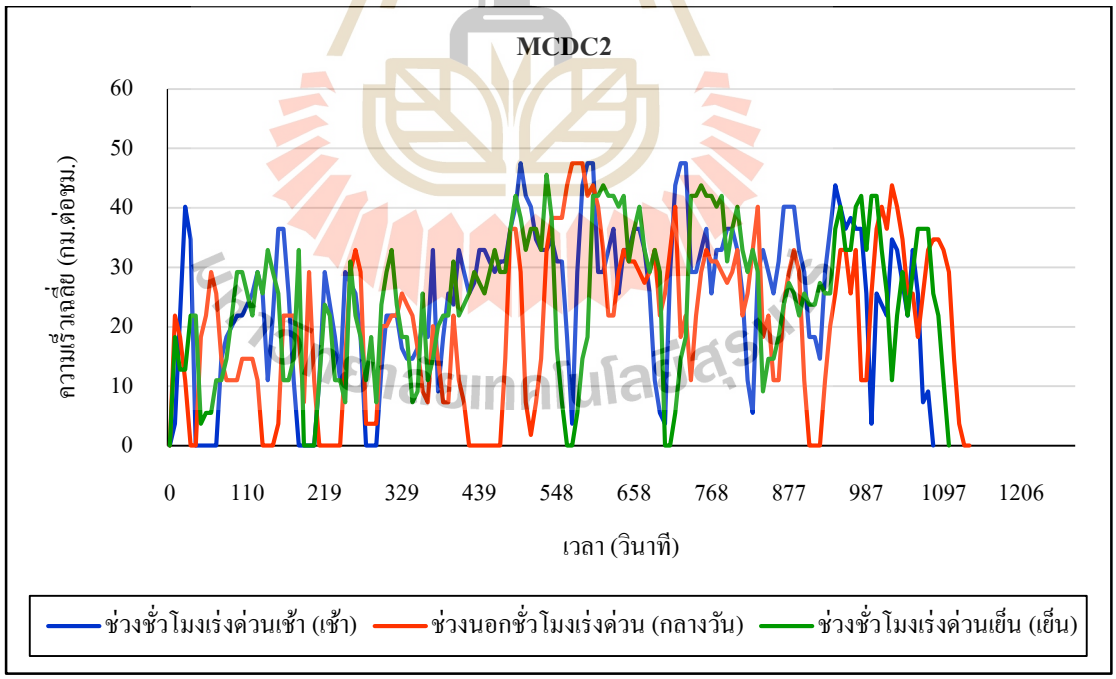
รูปที่ 4.42 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์จักรยานยนต์ในช่วงวันทำงานบนถนนทางหลวง



รูปที่ 4.43 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์จักรยานยนต์ในช่วงวันหยุดบนถนนทางหลวง



รูปที่ 4.44 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์จักรยานยนต์ในช่วงวันทำงานบนถนนสายหลัก



รูปที่ 4.45 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์จักรยานยนต์ในช่วงวันหยุดบนถนนสายหลัก

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถจักรยานยนต์ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น (ตารางที่ 4.36) พบว่า วัฏจักรการขับขี่ของเมืองไทเปมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำสุด โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำถึง 16.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีสัดส่วนของระยะรถหยุดนิ่งสูงถึงร้อยละ 30 สำหรับวัฏจักรการขับขี่รถจักรยานยนต์ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา เทศบาลนครขอนแก่น และเมืองเจนไนมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 22.5-25.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งอยู่ในช่วงร้อยละ18.8-22.7 ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาต่ำกว่าเทศบาลนครขอนแก่นและเมืองเจนไนประมาณ 2 เท่า อาจเป็นเพราะความแตกต่างของสภาพการจราจรและพฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะ วัฏจักรการขับขี่รถจักรยานยนต์ของเทศบาลนครเชียงใหม่และเมืองฮานอยมีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งต่ำ และมีสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่สูงกว่าพื้นที่อื่น ซึ่งวัฏจักรการขับขี่ของเทศบาลนครเชียงใหม่มีรูปแบบการขับขี่ที่ต่างจากเมืองอื่นอย่างชัดเจน โดยมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยสูงถึง 0.9 และ 0.9 เมตร/วินาที^{2} ตามลำดับ ขณะที่ค่าสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่สูงสุดถึงร้อยละ 39.8 เนื่องจากถนนในเทศบาลนครเชียงใหม่มีจุดสัญญาณไฟจราจรจำนวนมากตลอดถนน ทำให้การขับขี่ยานพาหนะมีลักษณะการหยุดรถเป็นระยะเวลาสั้นบ่อยครั้ง (ชุตินันท์ อยู่สุข, 2555) ข้อสังเกตที่ได้ พบว่า การขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนในแต่ละเมืองมีค่าความเร็วเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน แต่มีรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่ต่างกัน โดยวัฏจักรการขับขี่รถจักรยานยนต์ของเมืองไทเป เทศบาลนครขอนแก่น เมืองฮานอย เทศบาลนครเชียงใหม่ และเมืองเจนไนมีค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ขณะที่ค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่ง รถเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง รถชะลอความเร็ว และรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ของแต่ละพื้นที่มีค่าต่างกันตามสภาพการจราจร และพฤติกรรมการขับขี่ของแต่ละบุคคล ซึ่งความแตกต่างของวัฏจักรการขับขี่รถจักรยานยนต์ในแต่ละพื้นที่ย่อมส่งผลต่อการนำมาใช้ประเมินการปล่อยมลพิษของยานพาหนะ

ตารางที่ 4.36 เปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถจักรยานยนต์ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น (Chen et al,. 2003[1]; Khumla et al., 2010[2]; Tong et al,. 2011[3], ชุตินันท์ อยู่สุข, 2555[4]; Arun et al., 2017[5])

วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
	km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%		
	V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{acc}	T_{dec}	T_{cruise}		
MCDC1 (NRM)	24.9	29.9	0.2	-0.3	22.7	34.2	32.6	10.6	17.93	8.13
MCDC2 (NRM)	22.5	24.8	0.2	-0.3	18.8	34.1	33.4	13.7	18.35	8.08
Taipei[1]	16.6	23.7	0.7	-0.7	30.0	24.0	24.0	22.0	12.43	3.50
Khon Kaen[2]	25.3	31.8	0.7	-0.7	19.7	32.7	30.6	17.0	19.05	7.65
CEMDC[3]	20.1	21.7	0.4	-0.5	7.7	26.9	34.3	21.1	34.21	11.51
Chaingmai[4]	23.9	26.9	0.9	-0.9	9.1	14.9	34.8	39.8	6.45	-
Chennai[5]	22.8	23.8	0.7	-0.7	19.0	30.0	27.0	24.0	24.08	9.09

หมายเหตุ MCDC1 = Motorcycle Driving cycle on highway (Nakhon Ratchasima Municipality), MCDC2 = Motorcycle Driving cycle on main road (Nakhon Ratchasima Municipality), Taipei = Taipei driving cycle, Khon Kaen = Khon Kaen driving cycle, CEMDC = Centre for Environment Monitoring Motorcycle driving Cycle Driving Cycle (Hanoi), Chaingmai = Chaingmai driving cycle และ Chennai = Chennai driving cycle (India)

4.3.4 รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป

การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาพัฒนาขึ้นเฉพาะในเส้นทางบนถนนทางหลวงดังแสดงในรูปที่ 3.11ซึ่งเส้นทางศึกษาที่กำหนดครอบคลุมถนนทางหลวงทุกสายในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ทำให้ได้ข้อมูลวัฏจักรการขับขี่เฉพาะในช่วงเวลาที่มีการวิ่งเข้าเมืองของรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป (รูปที่ 4.46 และ 4.47) ผลที่ได้ พบว่า การขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.4-24.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.2 เมตรต่อวินาที^{2} และค่าความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.3-0.4 เมตรต่อวินาที^{2} สัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่ง รถเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง รถชะลอความเร็ว และรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 21.9, 31.6, 30.3 และ 16.2 ตามลำดับ รูปแบบการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปในแต่ละช่วงวันและเวลาที่ศึกษามีลักษณะใกล้เคียงกัน ซึ่งช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่าช่วงเวลาอื่น โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงสุด

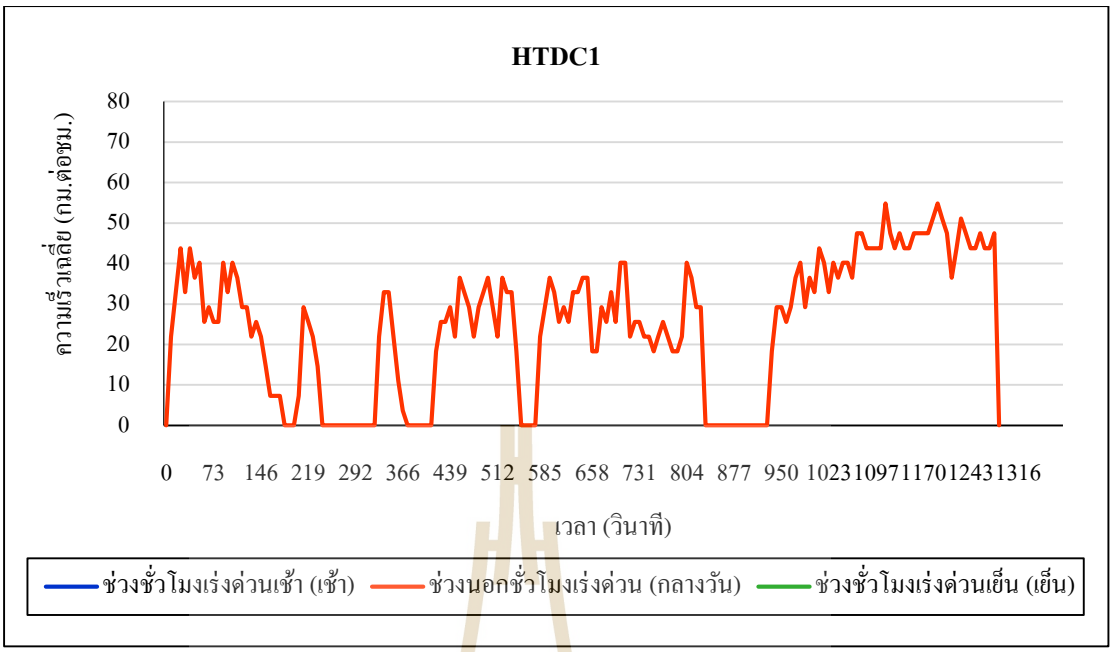
ประมาณ 24.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทางประมาณ 21.19 นาที ในระยะทาง 10.14 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.37)

ตารางที่ 4.37 ค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

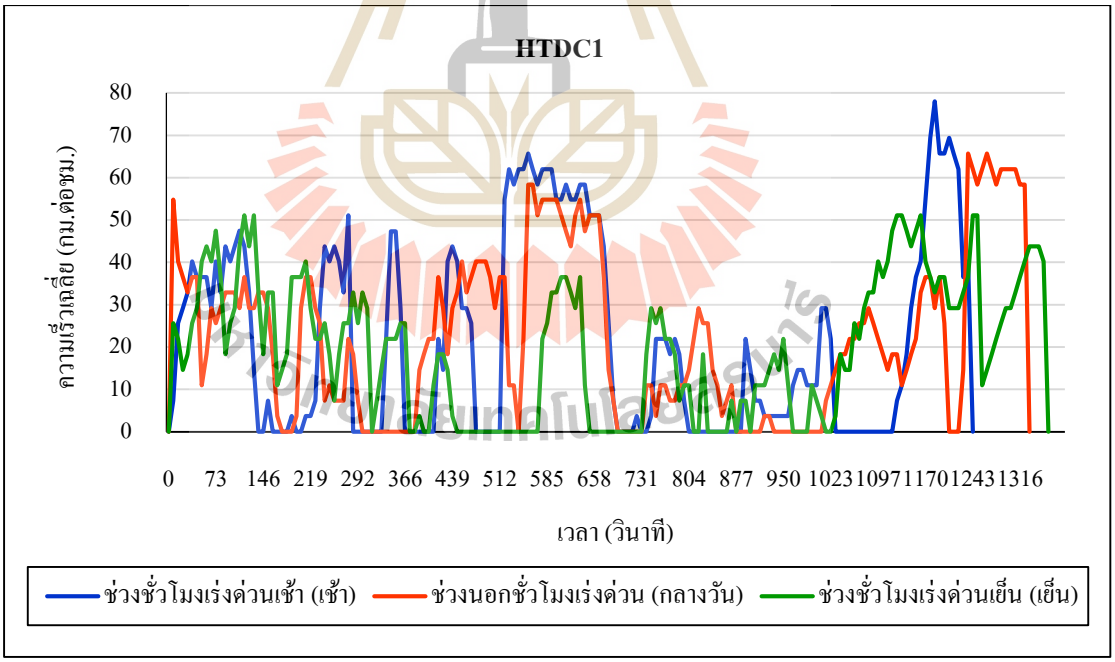
เส้นทางศึกษา	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ถนนทางหลวง (HTDC1) ระยะทาง 10.14 กม.	วันทำงาน - เช้า	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	วันหยุด - เช้า	21.8	33.8	0.2	-0.4	28.4	27.8	27.8	16.0	20.35
	วันทำงาน - กลางวัน	24.8	32.3	0.1	-0.3	18.9	30.3	34.9	16.0	21.19
	วันหยุด - กลางวัน	22.5	29.6	0.1	-0.3	19.3	30.9	30.9	18.8	22.03
	วันทำงาน - เย็น	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	วันหยุด - เย็น	19.4	26.9	0.1	-0.4	21.1	37.3	27.6	14.1	22.32
	ค่าเฉลี่ย	22.1	30.7	0.1	-0.4	21.9	31.6	30.3	16.2	21.47
	ค่าสูงสุด	24.8	33.8	0.2	-0.3	28.4	37.3	34.9	18.8	22.32
	ค่าต่ำสุด	19.4	26.9	0.1	-0.4	18.9	27.8	27.6	14.1	20.35

หมายเหตุ เช้า = ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า, กลางวัน = ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน, เย็น = ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น, HTDC1 = Heavy Truck Driving Cycle on highway

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.46 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปในช่วงวันทำงานบนถนนทางหลวง



รูปที่ 4.47 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปในช่วงวันหยุดบนถนนทางหลวง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น (ตารางที่ 4.38) พบว่า วัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวง (HTDC1) ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีค่าความเร่งต่ำ และมีค่าความหน่วงสูงกว่าเมืองอื่นเล็กน้อย วัฏจักรการขับขี่ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่ากรุงเทพฯ (BKK) และมีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงกว่ากรุงเทพฯ เกือบ 1 เท่า สำหรับวัฏจักรการขับขี่ของเมืองมิลโบรค (Millbrook) และนิวยอรค์ (NYComp) มีค่าความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่าเมืองอื่นอย่างชัดเจน โดยมีค่าความเร็วเฉลี่ยประมาณ 17.9 และ 14.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งเมืองมิลโบรคมีสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่สูงกว่านิวยอร์กถึง 1 เท่า เนื่องจากมีสภาพการจราจรอิสระสูง วัฏจักรการขับขี่ของเมืองโทรอนโต (Toronto) มีรูปแบบการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปที่ต่างจากเมืองอื่นอย่างชัดเจน โดยการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปในเมืองโทรอนโตมีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงถึง 40.9 และมีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งและรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ต่ำประมาณร้อยละ 1.9 และ 2.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.38 เปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น (PCD, 2004[1]; Barlow et al., 2009[2]; Amirijamshidi et al., 2015[3])

วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
	km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%		
	V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
HTDC1 (NRM)	22.1	30.7	0.1	-0.4	21.9	31.6	30.3	16.2	21.47	10.14
BKK (20≥v<30)[1]	24.0	-	-	-	12.4	38.4	32.1	17.1	7.07	2.85
Millbrook (urban)[2]	17.9	-	0.3	-0.3	15.3	26.4	21.7	36.6	13.34	4.05
NYComp [2]	14.1	-	0.2	-0.3	25.9	30.6	26.5	17.0	17.09	4.02
Toronto (FW)[3]	40.9	41.9	0.2	-0.3	1.9	62.8	32.8	2.5	-	-

หมายเหตุ HTDC1 (NRM) = Heavy Truck Driving Cycles on highway (Nakhon Ratchasima Municipality), BKK = Bangkok Driving Cycle, Millbrook (urban) = Millbrook Heavy Duty (Urban), NYComp = New York Composite Cycle และ Toronto (FW) = Toronto driving cycle on freeway

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

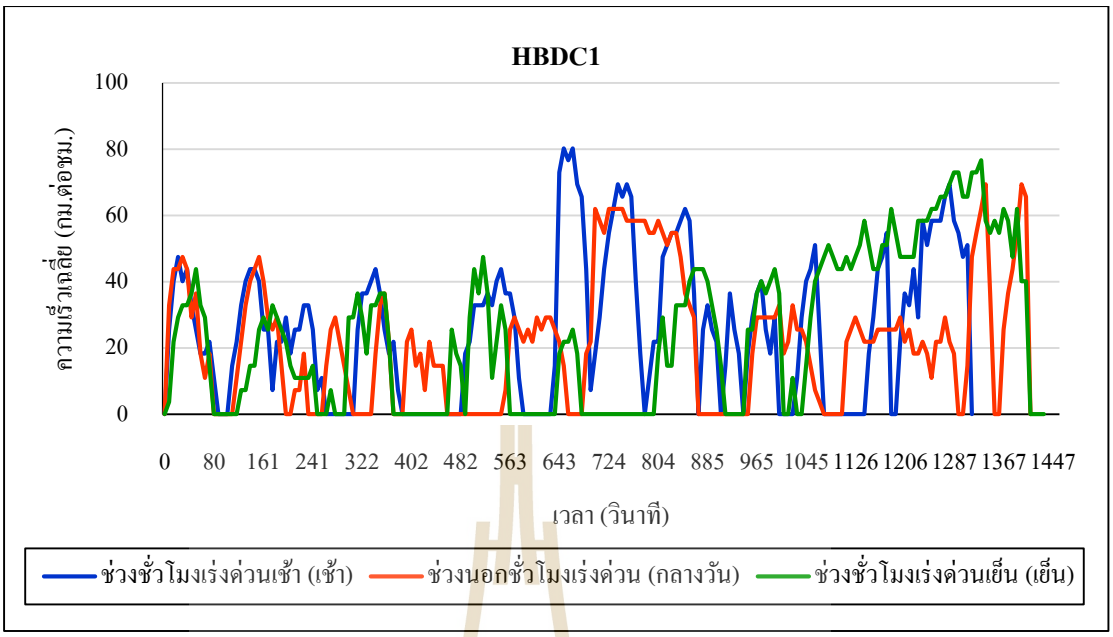
4.3.5 รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป

วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาพัฒนาขึ้นบนถนนทางหลวง ซึ่งเป็นเส้นทางศึกษาเดียวกันกับการพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป (รูปที่ 4.48 และ 4.49) ผลที่ได้ พบว่า การขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 21.9-32.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.2 และ 0.1-0.5 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ รูปแบบการขับขี่ของรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปมีลักษณะใกล้เคียงกับวัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป รูปแบบการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปของเทศบาลนครนครราชสีมามีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่ง รถเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง รถชะลอความเร็ว และรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 23.9, 33.9, 29.1 และ 13.1 ตามลำดับ โดยในช่วงวันหยุดมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่าช่วงวันทำงาน โดยเฉพาะในช่วงชั่วโมงเร่งเช้าของวันหยุดใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูงสุดถึง 32.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาเดินทางเพียง 18.53 นาที ในระยะทาง 10.14 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.39)

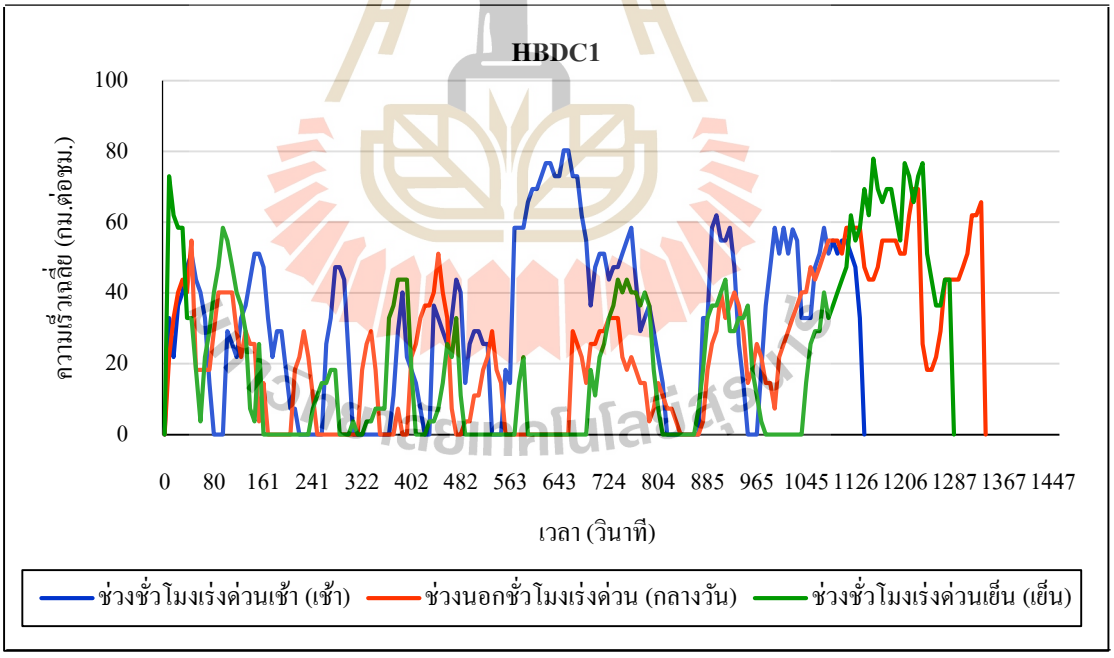
ตารางที่ 4.39 ค่าพารามิเตอร์ของวัฏจักรการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนโครงข่ายถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

เส้นทางศึกษา	วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)
		km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%	
		V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}	
ถนนทางหลวง (HBDC1) ระยะทาง 10.14 กม.	วันทำงาน - เช้า	26.2	36.6	0.2	-0.5	22.3	39.7	30.2	7.8	21.48
	วันหยุด - เช้า	32.5	41.6	0.2	-0.4	17.4	33.5	36.1	12.9	18.53
	วันทำงาน - กลางวัน	21.9	31.2	0.2	-0.4	24.0	31.3	30.7	14.1	23.24
	วันหยุด - กลางวัน	23.8	31.3	0.1	-0.4	20.3	35.7	25.3	18.7	22.10
	วันทำงาน - เย็น	24.6	37.2	0.1	-0.4	28.7	30.3	26.2	14.9	23.45
	วันหยุด - เย็น	22.4	34.6	0.1	-0.4	30.9	32.6	26.3	10.3	21.19
	ค่าเฉลี่ย	25.2	35.4	0.2	-0.4	23.9	33.9	29.1	13.1	21.53
	ค่าสูงสุด	32.5	41.6	0.2	-0.4	30.9	39.7	36.1	18.7	23.45
	ค่าต่ำสุด	21.9	31.2	0.1	-0.5	17.4	30.3	25.3	7.8	18.53

หมายเหตุ เช้า = ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า, กลางวัน = ช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน, เย็น = ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น, HBDC1 = Heavy Bus Driving Cycle on highway



รูปที่ 4.48 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปในช่วงวันทำงานบนถนนทางหลวง



รูปที่ 4.49 วัฏจักรการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปในช่วงวันหยุดบนถนนทางหลวง

เมื่อเปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น พบว่า การขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวง (HBDC1) ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาและกรุงเทพฯ (BKK) มีค่าความเร็วเฉลี่ยประมาณ 25.2 และ 24.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ โดยวัฏจักรการขับขี่ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงกว่ากรุงเทพฯ ถึง 1 เท่า สำหรับวัฏจักรการขับขี่ของเมืองนิวยอร์ก (NYBC) และเมืองปักกิ่ง (Beijing) ใช้ความเร็วเฉลี่ยได้ต่ำกว่าพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาและกรุงเทพฯเกือบ 1 เท่า โดยการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปของเมืองนิวยอร์กและเมืองปักกิ่งมีค่าความเร็วเฉลี่ยประมาณ 13.2 และ 15.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยของเมืองนิวยอร์กและเมืองปักกิ่งสูงกว่าพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา รูปแบบการขับขี่ของเมืองนิวยอร์กมีลักษณะที่ต่างจากเมืองอื่นอย่างชัดเจน โดยมีค่าสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงถึงร้อยละ 54.7 อาจเกิดจากสภาพการจราจร (ตารางที่ 4.40)

ตารางที่ 4.40 เปรียบเทียบวัฏจักรการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น (PCD, 2004[1]; Barlow et al., 2009[2] และ Lai et al., 2013[2])

วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
	km/h	km/h	m/s^2	m/s^2	%	%	%	%		
	V_{avg}	V_{1avg}	Acc	Dec	T_{Idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
HBDC1 (NRM)	25.2	35.4	0.2	-0.4	23.9	33.9	29.1	13.1	21.67	10.14
BKK (20≥v<30)[1]	24.0	-	-	-	12.4	38.4	32.1	17.1	7.07	2.85
NYBC[2]	13.2	-	0.5	-0.5	54.7	17.2	18.3	9.8	10.0	0.99
Beijing[3]	15.2	-	0.5	-0.6	36.1	29.3	27.5	7.1	-	-

หมายเหตุ HBDC1 (NRM) = Heavy Bus Driving Cycle on highway (Nakhon Ratchasima Municipality), BKK = Bangkok driving cycle ในช่วงความเร็ว 20-30 กม.ต่อชม., NYBC = New York Bus Cycle และ Beijing = Beijing driving cycle,

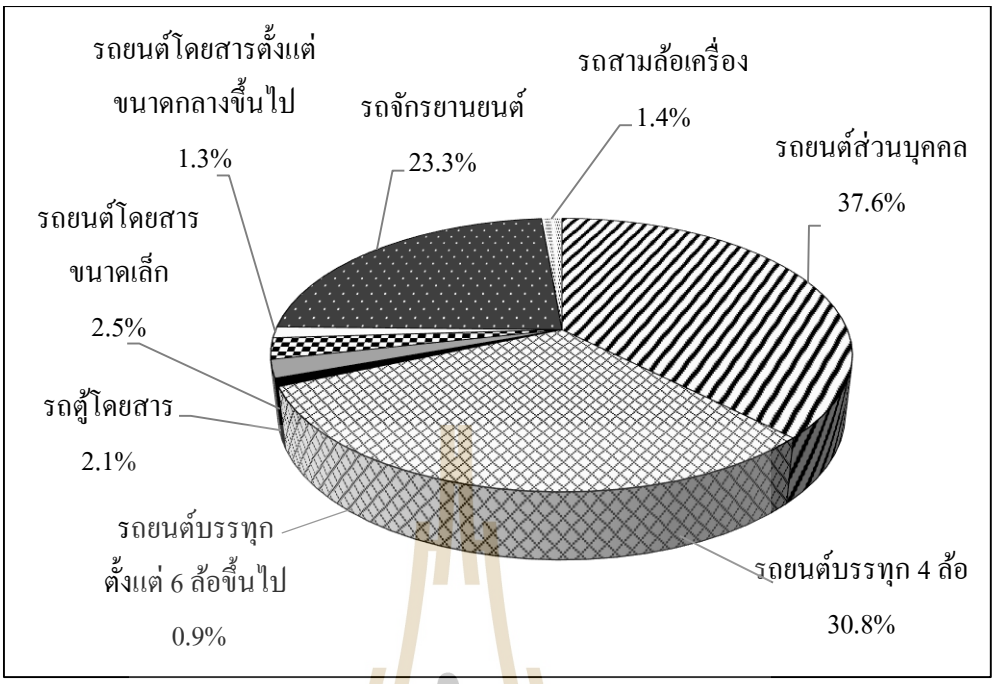
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4 ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ

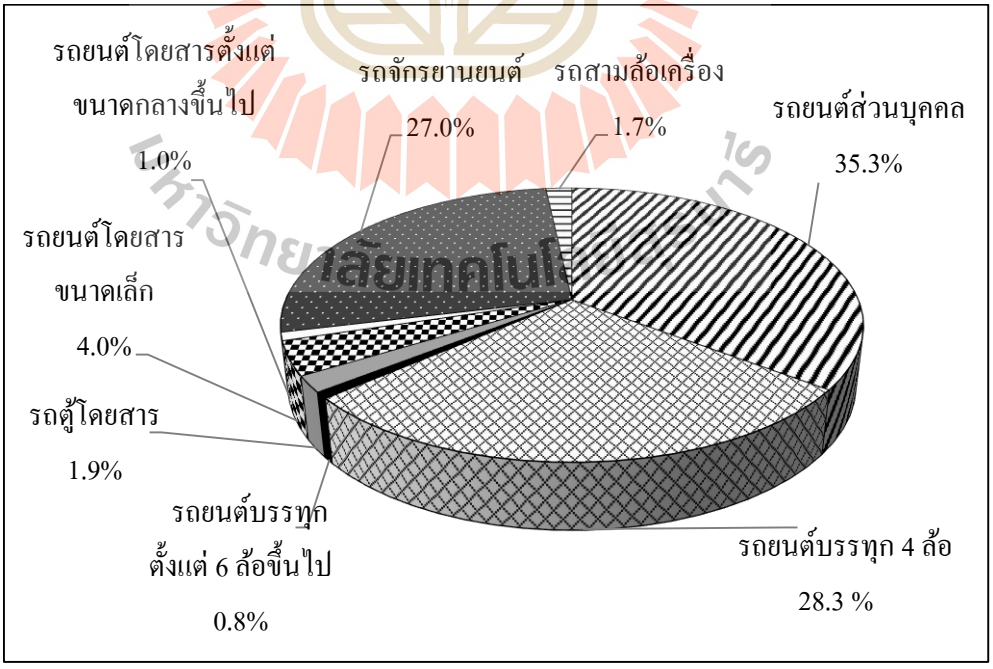
การประมาณสารมลพิษอากาศจากกิจกรรมการใช้ยานพาหนะบนถนนอาศัยข้อมูลพื้นฐาน 3 ส่วนหลัก ประกอบด้วย ข้อมูลยานพาหนะ ข้อมูลถนน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ซึ่งผู้วิจัยเก็บข้อมูลยานพาหนะภาคสนามของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาด้วยวิธีการบันทึกภาพเคลื่อนไหวบริเวณพื้นที่ริมถนน และทำการแจงนับได้ข้อมูล 4 ส่วน ได้แก่ ประเภทยานพาหนะ เทคโนโลยียานพาหนะ ประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะ และปริมาณยานพาหนะ ดังนี้

4.4.1 ข้อมูลประเภทยานพาหนะ

การเก็บข้อมูลยานพาหนะบนถนนทางหลวง (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2) และถนนสายหลัก (ถนนชุมพล) ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 ได้ข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยรวม 9 ชั่วโมงในช่วงวันทำงานและวันหยุดของถนนทั้งสองประเภท และจำแนกประเภทยานพาหนะเป็น 8 ประเภท ประกอบด้วย รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ (Pick up) รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป (Medium and heavy truck) รถยนต์โดยสารขนาดเล็ก (Light bus) รถตู้โดยสาร (Van) รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป (Medium and heavy truck) รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) และรถสามล้อเครื่อง (Tuk tuk) พบว่า ประเภทยานพาหนะที่สำคัญของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา คือ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถจักรยานยนต์ โดยถนนทางหลวงมีค่าสัดส่วนรถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถจักรยานยนต์ ประมาณร้อยละ 37.6, 30.8 และ 23.3 ตามลำดับ (รูปที่ 4.50) ขณะที่ถนนสายหลักมีค่าสัดส่วนรถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 35.3, 28.3 และ 27.0 ตามลำดับ (รูปที่ 4.51) โดยพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีปริมาณการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลสูงกว่ารถยนต์บรรทุก 4 ล้อ ที่ซึ่งต่างจากข้อมูลปริมาณยานพาหนะปี พ.ศ. 2553 ที่มีสัดส่วนปริมาณการใช้รถยนต์บรรทุก 4 ล้อสูงกว่ารถยนต์ส่วนบุคคล (กรมทางหลวง, 2553 และสฤษดิ์ โคตุละ, 2553) สำหรับรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปมีปริมาณยานพาหนะต่ำสุดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา โดยมีค่าสัดส่วนปริมาณยานพาหนะไม่ถึงร้อยละ 1 ของปริมาณยานพาหนะทั้งหมดในพื้นที่ จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบว่า สัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงไปมากในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะรถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลัก ที่มีความแตกต่างของค่าสัดส่วนยานพาหนะที่เปลี่ยนแปลงไปประมาณร้อยละ 5-10



รูปที่ 4.50 สัดส่วนของยานพาหนะบนถนนทางหลวง (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2) ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 4.51 สัดส่วนของยานพาหนะบนถนนสายหลัก (ชุมพล) ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

4.4.2 ข้อมูลเทคโนโลยียานพาหนะ

มาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะของประเทศไทยแบ่งออกเป็นหลายระดับ ได้แก่ Pre-euro, Euro I, Euro II, Euro III และ Euro IV แต่การศึกษาครั้งนี้จำแนกมาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะออกเป็น 3 ระดับ คือ Euro I, Euro II และ Euro III ตามข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษของกรมควบคุมมลพิษที่มี ณ ปี พ.ศ. 2556 โดยข้อมูลยานพาหนะภาคสนามที่ได้จากหัวข้อที่ 4.3.1 ถูกนำมาพิจารณาภายใต้เกณฑ์การจำแนกประเภทเทคโนโลยียานพาหนะที่กำหนด (ตารางที่ 4.41) พบว่า ยานพาหนะส่วนใหญ่ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา โดยเฉพาะรถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถตู้โดยสาร และรถจักรยานยนต์ มีค่าสัดส่วนมาตรฐานเทคโนโลยี Euro III สูงถึงร้อยละ 70 มีเพียงรถยนต์โดยสารขนาดเล็กที่มีค่าสัดส่วนยานพาหนะเทคโนโลยี Euro I และ Euro II สูง สำหรับรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปและรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปไม่สามารถใช้วิธีการนี้ในการจำแนกมาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะได้ เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึงข้อมูลเทคโนโลยีของยานพาหนะ และความหลากหลายของรุ่นเทคโนโลยียานพาหนะ ผู้ศึกษาวิจัยจึงเลือกใช้ข้อมูลสถิติรถจดทะเบียนย้อนหลัง 20 ปีของสำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา (2558) มาพิจารณาร่วมกับเกณฑ์การจำแนกประเภทเทคโนโลยียานพาหนะที่กำหนด พบว่า รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปและรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปมีค่าสัดส่วนเทคโนโลยียานพาหนะ Euro III คิดเป็นร้อยละ 23.7 และ 23.2 ตามลำดับ ซึ่งมีสัดส่วนยานพาหนะเทคโนโลยี Euro III ต่ำกว่ายานพาหนะประเภทอื่นอย่างชัดเจน เนื่องจากยานพาหนะทั้งสองประเภทนี้มีราคาสูง ทำให้มีอายุการใช้งานนาน

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลสัดส่วนมาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะที่ได้ครั้งนี้ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ โดยเฉพาะค่าสัดส่วนมาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะ Euro II และEuro III ของรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปและรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป เนื่องจากข้อมูลสถิติรถจดทะเบียนย้อนหลัง 20 ปีที่นำมาใช้พิจารณามาเป็นข้อมูลยานพาหนะของจังหวัดนครราชสีมาไม่ครอบคลุมยานพาหนะในจังหวัดอื่นที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงเครื่องยนต์ที่แตกต่างออกไปจากกับรุ่นยานพาหนะจริง

ตารางที่ 4.41 สัดส่วนมาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558

ประเภทยานพาหนะ	ร้อยละปริมาณเทคโนโลยียานพาหนะ		
	Euro I	Euro II	Euro III
รถยนต์ส่วนบุคคล	11.7	12.5	75.7
รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ	12.7	11.8	75.5
รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป	48.8	27.4	23.7
รถตู้โดยสาร	14.1	7.3	78.6
รถยนต์โดยสารขนาดเล็ก	22.8	26.5	50.7
รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป	45.1	31.7	23.2
รถจักรยานยนต์	29.5		70.5
รถสามล้อเครื่อง*	-	-	-

หมายเหตุ สัญลักษณ์ * คือ ไม่มีการจำแนกตามมาตรฐานเทคโนโลยียานพาหนะในประเทศไทย

4.4.3 ข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะ

การจำแนกประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา เก็บข้อมูลเชื้อเพลิงยานพาหนะจากสถานีจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงร่วมกับการแจงนับปริมาณยานพาหนะที่แสดงสัญลักษณ์การใช้แก๊สแอลพีจีและเอ็นจีวีบนถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา โดยจำแนกประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะเป็น 6 ประเภท ประกอบด้วย แก๊สโซฮอลล์ 91 แก๊สโซฮอลล์ 95 แก๊สโซฮอลล์ E20 ดีเซล แอลพีจี และเอ็นจีวี (ตารางที่ 4.42) พบว่า รถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคลส่วนใหญ่ใช้แก๊สโซฮอล์ 91 โดยมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 82.4 และ 49.6 ตามลำดับ สำหรับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป รถตู้โดยสาร รถยนต์โดยสารขนาดเล็ก และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป โดยสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงดีเซลสูงกว่าร้อยละ 95 มีเพียงรถตู้โดยสารที่มีสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงดีเซลต่ำกว่ายานพาหนะประเภทอื่นเล็กน้อย

ทั้งนี้ ข้อมูลสัดส่วนของประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะที่ใช้ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมายังมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลการใช้แก๊สแอลพีจีและเอ็นจีวีของยานพาหนะบางประเภทอยู่ เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาจากวิธีการแจงนับจำนวนยานพาหนะที่แสดงสัญลักษณ์การใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีและเอ็นจีวีเท่านั้น

ตารางที่ 4.42 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558

ประเภทยานพาหนะ	ร้อยละปริมาณการใช้เชื้อเพลิงยานพาหนะ					
	แก๊สโซฮอล์ 91	แก๊สโซฮอล์ 95	แก๊สโซฮอล์ E20	ดีเซล	แอลพีจี	เอ็นจีวี
รถยนต์ส่วนบุคคล	49.6	21.6	24.3	-	3.5	1.2
รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ	-	-	-	98.1	1.2	0.7
รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป	-	-	-	95.1	1.3	3.6
รถตู้โดยสาร	-	-	-	85.2	1.0	13.8
รถยนต์โดยสารขนาดเล็ก	-	-	-	98.9	0.7	0.4
รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป	-	-	-	98.2	-	1.8
รถจักรยานยนต์	82.4	17.6	-	-		-
รถสามล้อเครื่อง	-	-	-	-	100.0	-

4.4.4 ข้อมูลปริมาณยานพาหนะ

ข้อมูลปริมาณยานพาหนะบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้การอ้างอิงข้อมูลจากกรมทางหลวง (2558) เนื่องจากค่าประมาณปริมาณยานพาหนะบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ของผู้วิจัยกับข้อมูลของกรมทางหลวงมีค่าแตกต่างกันสูง โดยค่าปริมาณยานพาหนะแต่ละประเภทส่วนใหญ่ของผู้วิจัยมีค่าสูงกว่าข้อมูลของกรมทางหลวง สำหรับปริมาณยานพาหนะบนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ได้จากการประมาณค่าปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 12 ชั่วโมงจากข้อมูลปริมาณยานพาหนะภาคสนามเฉลี่ย 9 ชั่วโมงของถนนชุมพลและคูณด้วยค่า Expansion factor (E_p = 1.33) ของแขวงการทางนครราชสีมาที่ 1 เพื่อคำนวณค่าปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (Average Daily Traffic, ADT) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมงบนถนนชุมพลของผู้วิจัยปี พ.ศ. 2558 กับข้อมูลปริมาณยานพาหนะอ้างอิงของสฤษดิ์ โคตุละ (2553) พบว่า ปริมาณยานพาหนะแต่ละประเภทบนถนนชุมพลของผู้วิจัยมีค่าที่ต่ำกว่าข้อมูลยานพาหนะอ้างอิง มีเพียงรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีค่าปริมาณยานพาหนะสูงกว่าข้อมูลปริมาณยานพาหนะอ้างอิงถึงร้อยละ 70 แต่เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลปริมาณยานพาหนะ

บนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาที่มีอยู่ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ข้อมูลปริมาณยานพาหนะบนถนนชุมพลของผู้วิจัยปี พ.ศ. 2558 เป็นฐานในการประมาณค่าปริมาณยานพาหนะบนถนนสายหลักอื่นร่วมกับข้อมูลปริมาณยานพาหนะปี พ.ศ. 2553 ของสฤษดิ์ โคตุละ (2553) ภายใต้การพิจารณาถึงร้อยละความแตกต่างของปริมาณยานพาหนะบนถนนชุมพลปี พ.ศ. 2558 กับปริมาณยานพาหนะถนนสายหลักอื่นปี พ.ศ. 2553 (ตารางที่ 4.46

จากกระบวนการข้างต้น ทำให้ได้ข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันบนถนนทางหลวงและถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 รวม 9 สาย ได้แก่ ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2) ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 (ทล. 205) ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 (ทล. 224) ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 (ทล. 304) ถนนชุมพล ถนนมุขมนตรี ถนนโพธิ์กลาง ถนนจอมพล และถนนประจักร พบว่า ถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีปริมาณยานพาหนะสูงกว่าถนนสายหลัก ซึ่งถนนที่มีปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา คือ ทล. 2 และถนนจอมพลมีปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่ำสุด ประเภทยานพาหนะที่สำคัญบนถนนทางหลวงและถนนสายหลักของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา คือ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถจักรยานยนต์ และรถยนต์โดยสารขนาดเล็กหรือรถตู้โดยสาร ซึ่งถนนทางหลวงมีปริมาณรถยนต์โดยสารขนาดเล็กหรือรถตู้โดยสาร รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปสูงกว่าถนนสายหลัก เนื่องจากเป็นยานพาหนะประเภทขนส่ง และนิยมใช้เส้นทางบนถนนทางหลวงเป็นหลักในการเดินทางจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือไปยังพื้นที่อื่นในประเทศไทย อย่างไรก็ตาม ข้อมูลปริมาณยานพาหนะบนถนนสายหลักที่ได้ยังไม่ครอบคลุมถนนสายหลักอื่นที่ศึกษา ผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยที่มีอ้างอิงปริมาณยานพาหนะบนถนนสายหลักอื่นที่ไม่มีข้อมูล โดยอ้างอิงข้อมูลปริมาณยานพาหนะกับถนนที่มีคุณลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกัน ทำให้ได้ข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันบนถนนทางหลวงและถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมารวมทั้งหมด 21 สาย (ตารางที่ 4.47) สำหรับนำมาใช้ประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4.43 ร้อยละความแตกต่างของปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมงบนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 กับ พ.ศ. 2558

ถนน	ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย (คันต่อวัน)													
	รถจักรยานยนต์		รถสามล้อเครื่อง		รถยนต์ส่วนบุคคล		รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ		รถยนต์โดยสารขนาดเล็ก		รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป		รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป	
	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด
ชุมพล (ปี พ.ศ. 2558)*	9755	9199	630	595	7367	9321	5918	5851	2308	2051	66	50	71	97
ชุมพล (ปี พ.ศ. 2553)	13495	13178	956	779	8095	5478	8168	10008	3149	2415	212	172	198	178
ร้อยละความแตกต่าง	**-28**	**-30**	**-34**	**-24**	**-9**	**70**	**-28**	**-42**	**-27**	**-15**	**-69**	**-71**	-64	-46
ชุมพล (ปี พ.ศ. 2553)	13495	13178	956	779	8095	5478	8168	10008	3149	2415	212	172	198	178
มุขมนตรี (ปี พ.ศ. 2553)	19149	17499	637	709	9922	10970	10901	10551	1453	1064	73	35	290	262
ร้อยละความแตกต่าง	**-30**	**-25**	**50**	**10**	**-18**	**-50**	**-25**	**-5**	**117**	**127**	**190**	**396**	-32	-32
ชุมพล (ปี พ.ศ. 2553)	13495	13178	956	779	8095	5478	8168	10008	3149	2415	212	172	198	178
โพธิ์กลาง (ปี พ.ศ. 2553)	11439	10490	618	677	4742	5179	4769	5389	803	569	24	7	102	94
ร้อยละความแตกต่าง	**18**	**26**	**55**	**15**	**71**	**6**	**71**	**86**	**292**	**324**	**786**	**2480**	94	89
ชุมพล (ปี พ.ศ. 2553)	13495	13178	956	779	8095	5478	8168	10008	3149	2415	212	172	198	178
จอมพล (ปี พ.ศ. 2553)	8197	7249	439	452	3449	2584	4940	4187	957	819	7	13	148	36
ร้อยละความแตกต่าง	**65**	**82**	**118**	**72**	**135**	**112**	**65**	**139**	**229**	**195**	**3090**	**1190**	33	396
ชุมพล (ปี พ.ศ. 2553)	13495	13178	956	779	8095	5478	8168	10008	3149	2415	212	172	198	178
ประจักร (ปี พ.ศ. 2553)	14474	10528	336	215	5283	6207	5201	4836	569	351	31	13	114	37
ร้อยละความแตกต่าง	**-7**	**25**	**185**	**262**	**53**	**-12**	**57**	**107**	**454**	**588**	**579**	**1190**	74	379

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.44 ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมงบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558

ถนน	ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย (คันต่อวัน)													
	รถจักรยานยนต์		รถสามล้อเครื่อง		รถยนต์ส่วนบุคคล		รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ		รถยนต์โดยสารขนาดเล็กและรถตู้โดยสาร		รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป		รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป	
	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด
ชุมพล* และราชดำเนิน	9755	9237	632	669	7263	9178	5986	5801	2281	2052	64	57	77	117
ประจักร* จักรี มนัส กุดั่น และพลล้าน	10462	7380	185	222	4740	10399	3811	2803	412	298	9	4	45	25
โพธิ์กลาง* พิบูลละเอียด สุรนารี และจอมสุรางยาตร์	8269	7353	408	581	4255	8676	3495	3124	582	484	7	2	41	62
จอมพล* อัษฎางค์ ยมราช พลแสน และมหาดไทย	5925	5081	290	388	3094	4329	3620	2427	693	696	2	4	71	23
มุขมนตรี*	13841	12266	421	608	8903	18378	7988	6116	1052	904	22	12	113	171
ทล. 2*	8809	5356	503	422	30839	30099	23967	21331	29294	26716	3724	4383	5374	5409
ทล. 205*	11504	6995	657	551	22908	22358	1938	1725	7470	6813	326	384	719	738
ทล. 224*	4356	2649	249	209	12285	11990	3597	3201	9380	8555	772	909	1627	1657
ทล. 304*	4833	2939	276	231	5743	5605	7122	6339	5213	4754	1837	2162	4607	4672

หมายเหตุ สัญลักษณ์ * คือ ถนนที่มีข้อมูลปริมาณยานพาหนะอ้างอิง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

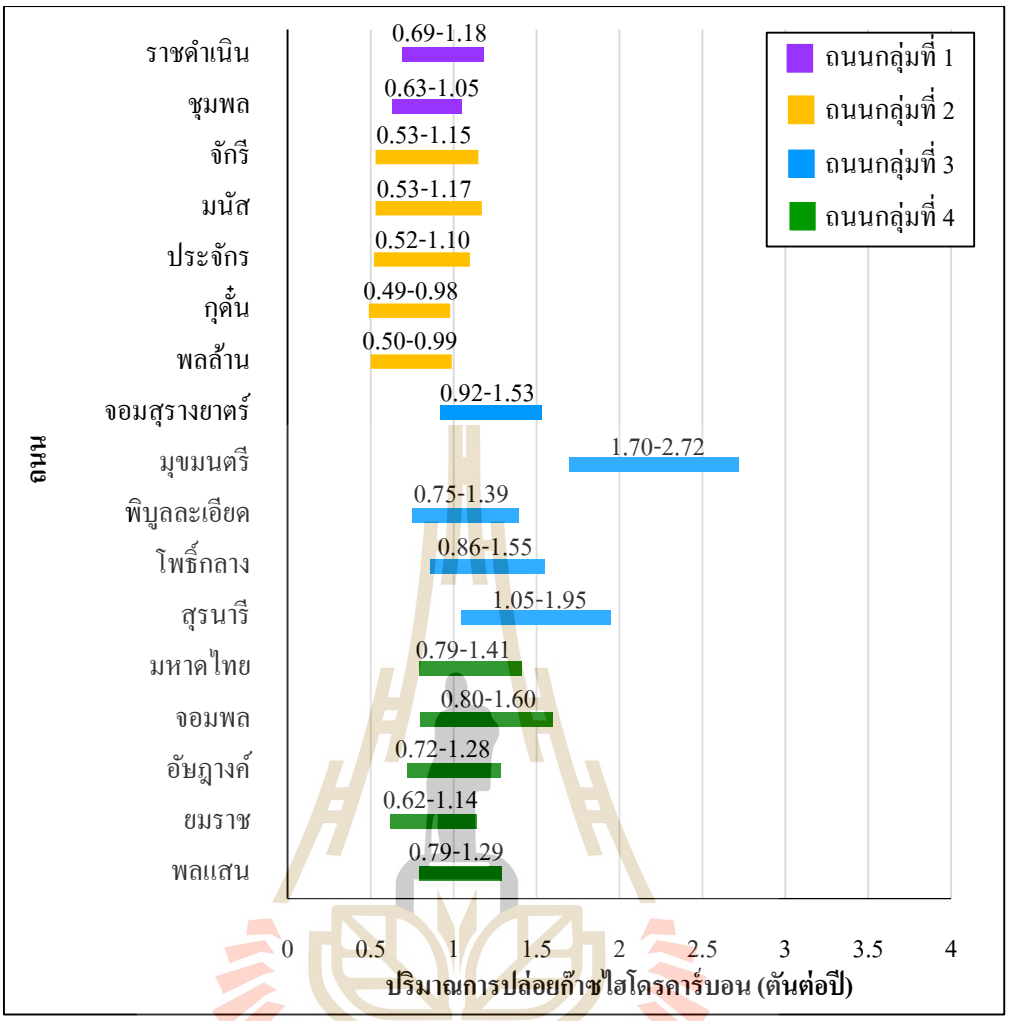
4.5 การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะโดยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ

การประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ใช้ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะของช่วงวันทำงานและวันหยุดใน 3 ช่วงเวลาจากหัวข้อที่ 4.2 สำหรับพิจารณาค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษของกรมควบคุมมลพิษให้เหมาะสมกับสภาพการขับขี่จริงของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ทำให้ได้ค่าปริมาณสารมลพิษอากาศจากการเดินทางหนึ่งเที่ยวของยานพาหนะหนึ่งคันบนถนนแต่ละสายที่ศึกษาในหน่วยกรัมต่อคัน (g/vehicle) ที่จำแนกออกตามประเภทยานพาหนะ ประเภทเชื้อเพลิง ประเภทเทคโนโลยียานพาหนะ และชนิดของสารมลพิษอากาศ (ภาคผนวก ฉ) ผลที่ได้ พบว่า การขับขี่รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงและถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนคราชสีมามีปริมาณการปล่อย HC, CO, NO_x, PM และ CO_2 ที่แตกต่างกัน ยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ เช่น รถจักรยานยนต์ และรถยนต์ส่วนบุคคล มีปริมาณการปล่อย HC และ CO สูงกว่ายานพาหนะประเภทอื่น ขณะที่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปเป็นยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลมีปริมาณการปล่อย NO_x และ PM สูง ซึ่งยานพาหนะเทคโนโลยี Euro I มีปริมาณการปล่อยมลพิษสูงกว่ายานพาหนะเทคโนโลยี Euro II และ Euro III สำหรับข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะในช่วงวันหยุดมีปริมาณการปล่อยสารมลพิษต่ำกว่าช่วงวันทำงาน เนื่องจากช่วงวันหยุดมีสภาพการจราจรที่หนาแน่นต่ำ ขณะที่ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้ามีรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่เป็นอิสระสูงสุด ทำให้ปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้ามีค่าต่ำกว่าช่วงเวลาอื่นอย่างชัดเจน จากผลการศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย เช่น ประเภทยานพาหนะ ประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะ ประเภทเทคโนโลยียานพาหนะ และรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะ

เมื่อนำค่าปริมาณสารมลพิษอากาศที่ได้ข้างต้นคูณกับปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยรายชั่วโมงบนถนนแต่ละสาย ทำให้ได้ค่าปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันบนถนนแต่ละสายที่ศึกษา แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของข้อมูลปริมาณยานพาหนะที่มีเป็นค่าปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันและข้อมูลการขับขี่ของรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปที่ไม่ครอบคลุมบางช่วงวันเวลาที่ศึกษา จึงใช้ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานและวันหยุดคูณกับค่าปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมงในตารางที่ 4.44 ทำให้ได้ค่าปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะตามระยะทางที่ศึกษาบนถนนแต่ละสายในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน (kg/day) และนำมาใช้ประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะรายปีในหน่วยตันต่อปี (tons/year) จากการประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 (รูปที่ 4.52 ถึง 4.61) พบว่า ถนน

กลุ่มที่หนึ่งและกลุ่มที่สองมีปริมาณการปล่อย HC, CO, NO_x และ PM อยู่ในช่วง 0.49-1.18, 5.88-12.62, 1.00-3.80 และ 0.05-0.23 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ขณะที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 352.47-1075.38 ตันต่อวัน ซึ่งถนนกลุ่มที่หนึ่งมีปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะสูงกว่าถนนกลุ่มที่สองเล็กน้อย เนื่องจากถนนกลุ่มที่หนึ่งมีปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันสูง และมีระยะทางศึกษายาวกว่าถนนกลุ่มที่สองประมาณ 90-140 เมตร ถนนกลุ่มที่สามและกลุ่มที่สี่มีปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันต่ำ แต่มีระยะทางศึกษายาวกว่าถนนกลุ่มที่หนึ่งและกลุ่มที่สองประมาณถึง 1-2 เท่า ทำให้ปริมาณการปล่อย HC, CO, NO_x และ PM บนถนนกลุ่มที่สามและกลุ่มที่สี่มีค่าสูงอยู่ในช่วง 0.62-2.72, 7.25-29.71, 1.62-9.08 และ 0.08-0.44 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ และปริมาณการปล่อย CO_2 อยู่ในช่วง 547.20-2737.33 ตันต่อวัน สำหรับถนนกลุ่มที่ห้าเป็นถนนทางหลวงมีปริมาณการปล่อยสาร HC, CO, NO_x, PM และ CO_2 อยู่ในช่วง 1.26-31.43, 14.05-294.83, 8.78-269.8, 733.75-214.04 และ 1678.21-43343.46 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งถนนทางหลวงมีค่าปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะสูงกว่าถนนสายหลักอย่างชัดเจน เนื่องจากปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันสูง มีระยะทางศึกษายาว และมีการคำนวณปริมาณมลพิษจากรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปรวมอยู่ด้วย เนื่องจากยานพาหนะดังกล่าวมีปริมาณการเดินรถบนถนนทางหลวงเป็นหลัก สำหรับปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 พบว่า ปริมาณการปล่อย HC, CO, NO_x และ PM อยู่ในช่วงประมาณ 41.36-66.28, 449.80-678.56, 254.25-406.21 และ 19079.91-26907.92 ตันต่อปี ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณการปล่อย CO_2 อยู่ในช่วง 50653.18-73290.67 ตันต่อปี

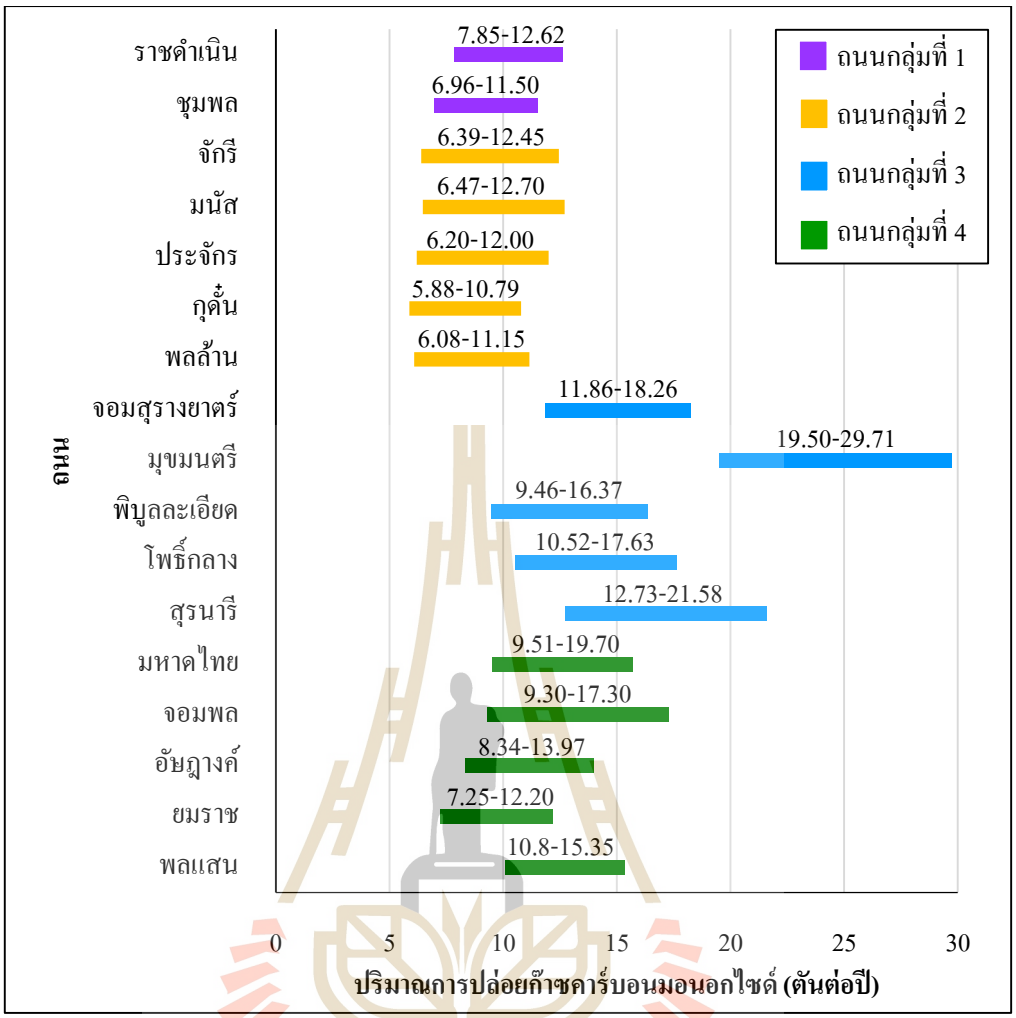
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



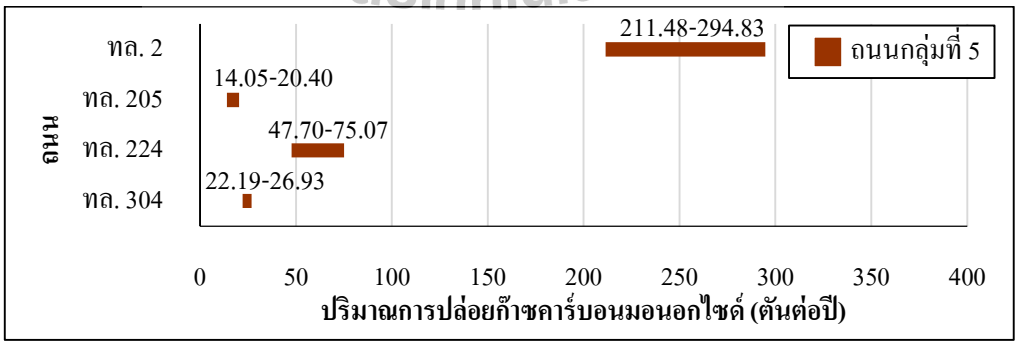
รูปที่ 4.52 ปริมาณการปล่อยแก๊สไฮโดรคาร์บอนบนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

รูปที่ 4.53 ปริมาณการปล่อยแก๊สไฮโดรคาร์บอนบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

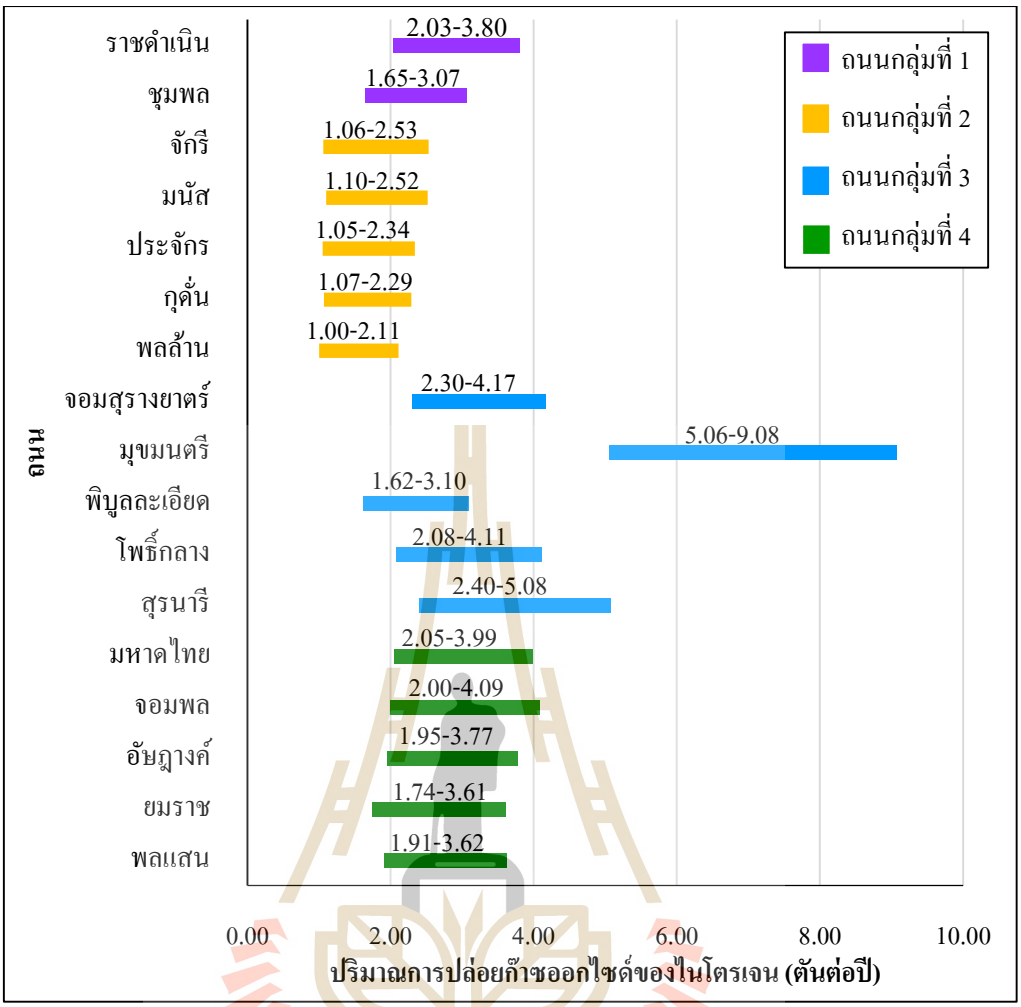


รูปที่ 4.54 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์บนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

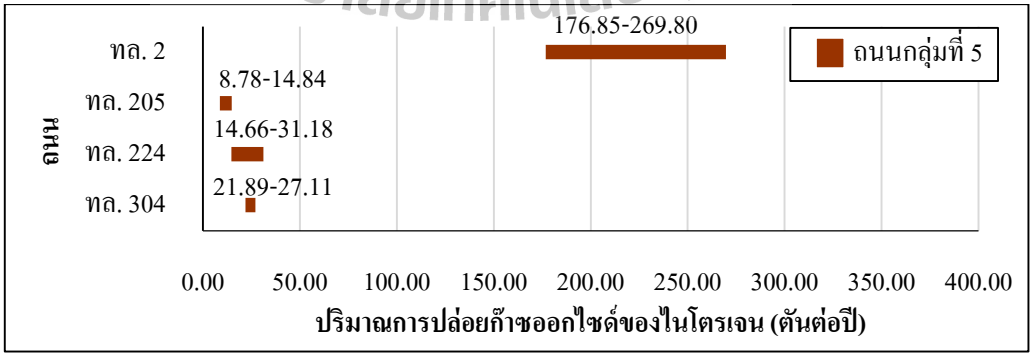


รูปที่ 4.55 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์บนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

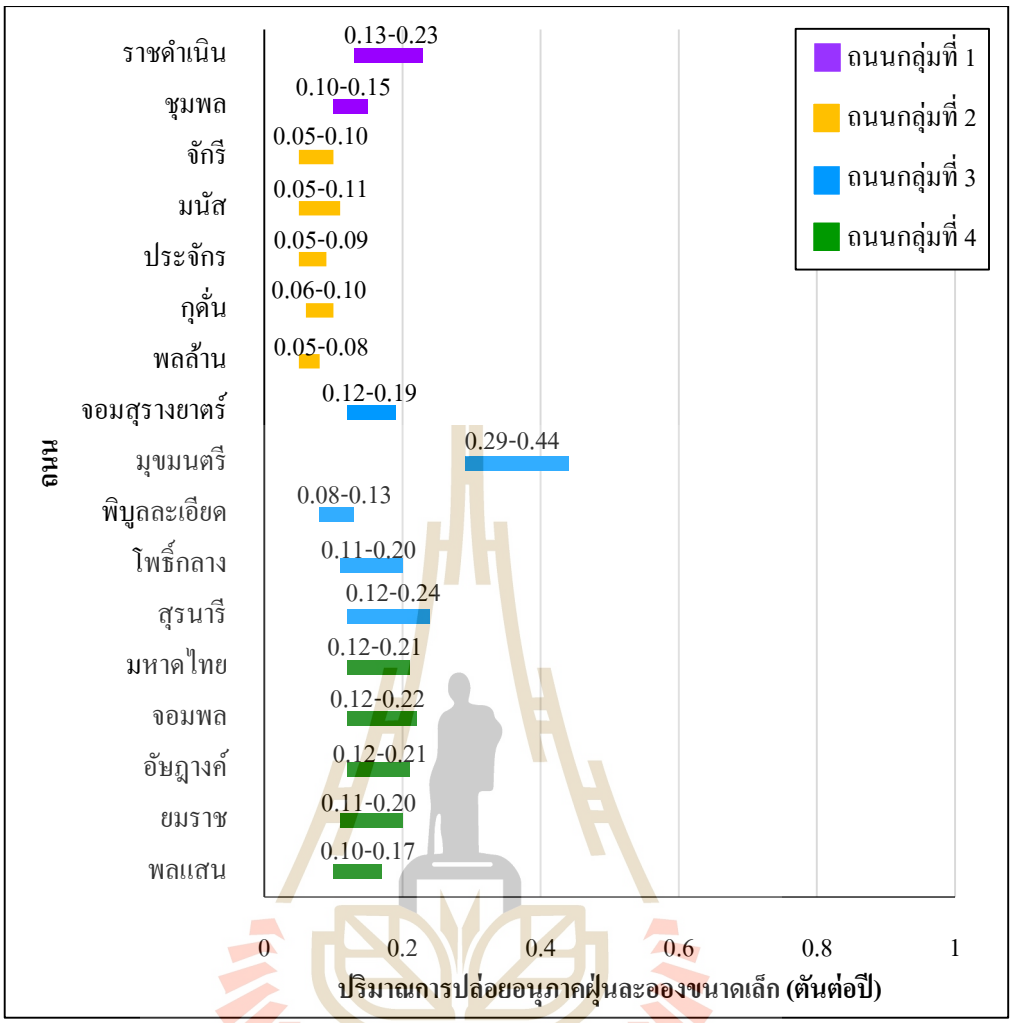


รูปที่ 4.56 ปริมาณการปล่อยแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนบนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

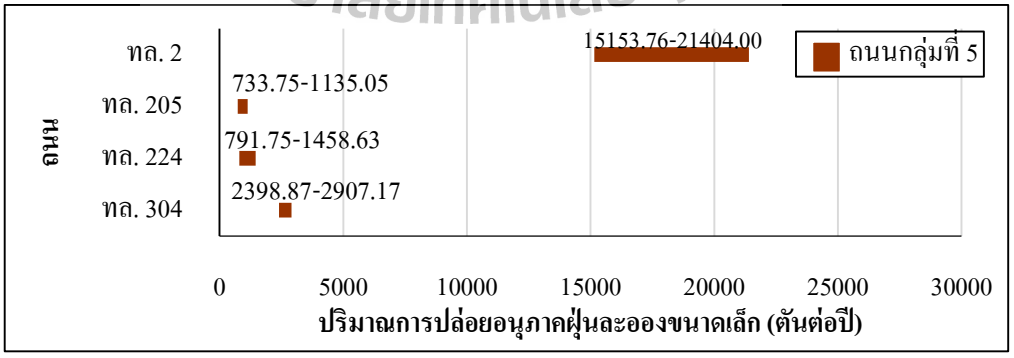


รูปที่ 4.57 ปริมาณการปล่อยแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

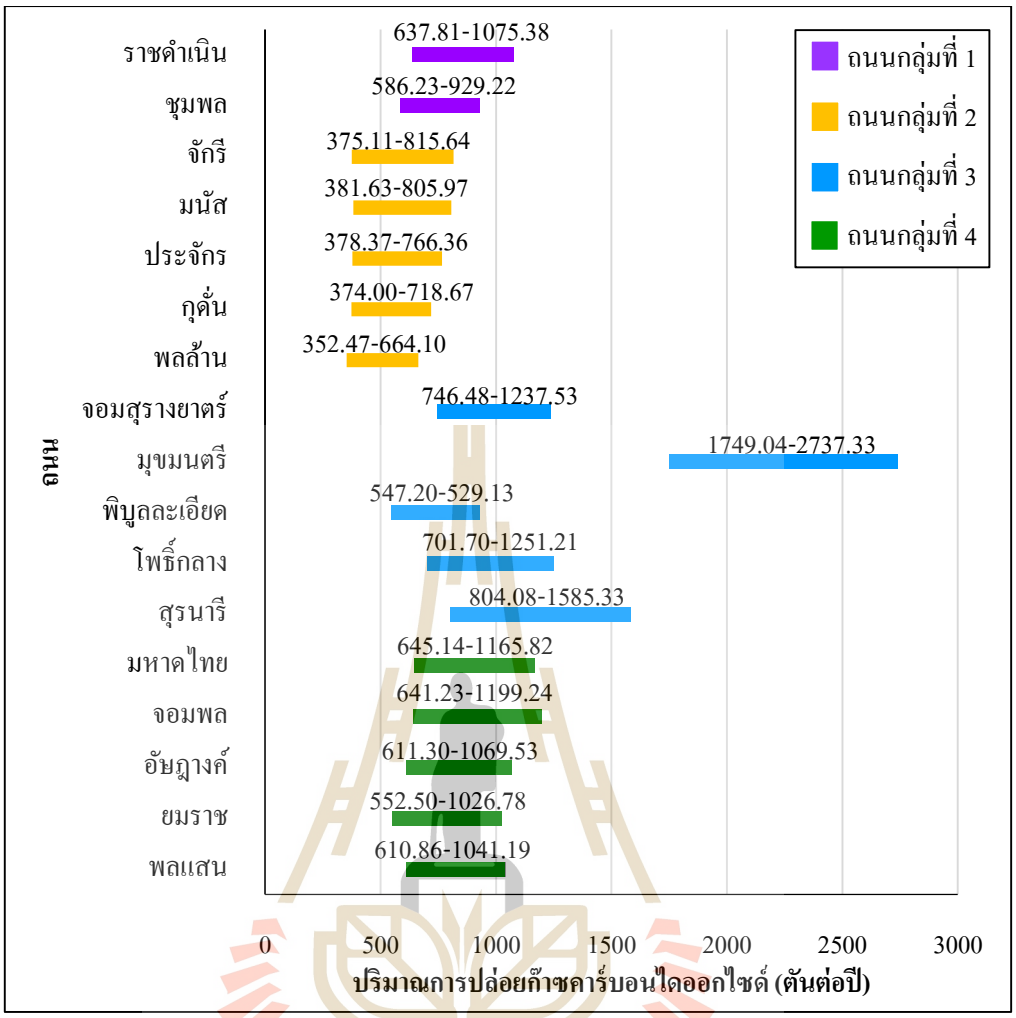


รูปที่ 4.58 ปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยบนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

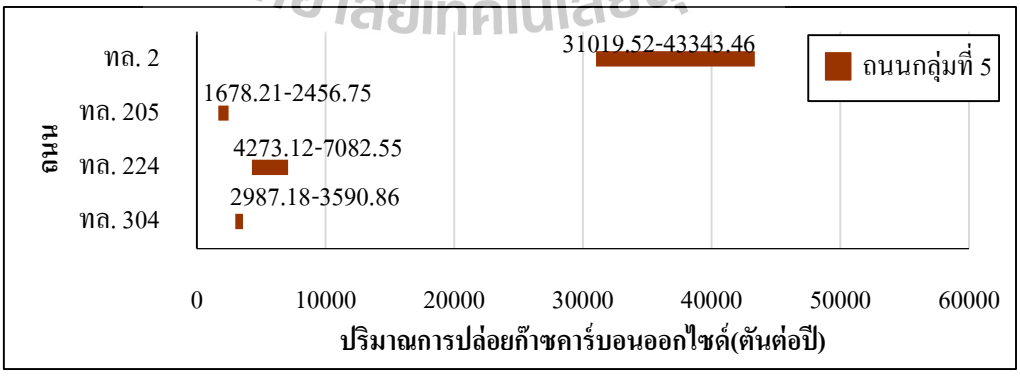


รูปที่ 4.59 ปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.60 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 4.61 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

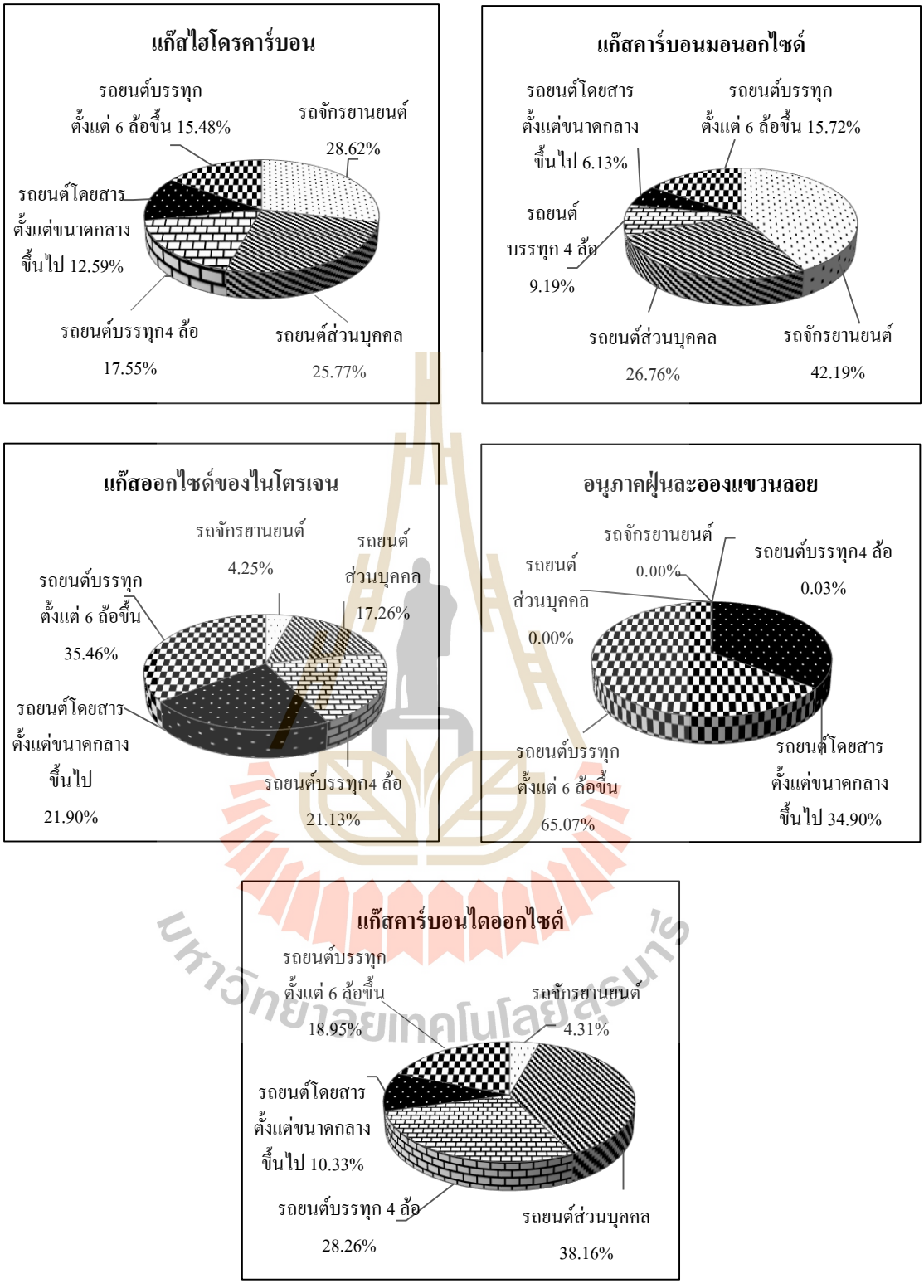
เมื่อพิจารณาปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 โดยแยกตามประเภทยานพาหนะที่ศึกษา 5 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ (ตารางที่ 4.45) พบว่า สารมลพิษอากาศที่สำคัญของรถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคล คือ แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โดยยานพาหนะทั้งสองประเภทมีค่าปริมาณการปล่อย HC และ CO อยู่ในช่วง 10.00-18.61 และ 122.75-287.34 ตันต่อปี ซึ่งรถจักรยานยนต์มีปริมาณ HC และ CO สูงสุด คิดเป็นร้อยละ 28.62 และ 42.19 ตามลำดับ สำหรับยานพาหนะประเภทเครื่องยนต์ดีเซลมีปริมาณการปล่อยแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอย (PM) สูง โดยรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปมีปริมาณการปล่อย NO_x และ PM สูงสุดอยู่ในช่วง 94.32-139.88 และ 12,315.10-17,608.10 ตันต่อปี หรือ คิดเป็นร้อยละ 35.46 และ 65.07 ตามลำดับ สำหรับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในพื้นเทศบาลนครนครราชสีมามาจากรถยนต์ส่วนบุคคลและรถยนต์บรรทุก 4 ล้อเป็นหลัก โดยปริมาณการปล่อย CO_2 ของยานพาหนะทั้งสองประเภทนี้ คิดเป็นร้อยละ 66.42 ของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด (รูปที่ 4.62)

ตารางที่ 4.45 ปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 ด้วยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ

ประเภทยานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษเฉลี่ย (ตันต่อปี)			
	HC	CO	NO_x	PM
รถจักรยานยนต์	11.42-18.61	188.69-287.34	11.47-16.62	-
รถยนต์ส่วนบุคคล	10.00-17.04	122.75-179.18	34.20-79.78	-
รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ	8.10-10.31	37.51-66.23	55.11-84.42	5.64-8.28
รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป	5.27-7.94	28.17-41.02	59.16-85.49	6759.08-9291.43
รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป	6.48-9.76	72.63-104.76	94.32-139.88	12315.10-17608.10
รวม	41.27-63.66	449.75-678.53	254.26-406.19	19079.82-26907.81

หมายเหตุ ค่าปริมาณสารมลพิษที่ได้คำนวณภายใต้วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะที่จำเพาะกับช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.62 สัดส่วนปริมาณสารมลพิษอากาศและแก๊สเรือนกระจกจากยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558

การอธิบายความสัมพันธ์ของสภาพการจราจรกับปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะบนถนนแต่ละสาย ผู้วิจัยใช้ค่าปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะที่ระยะทางศึกษาจริงของถนนแต่ละสายคำนวณค่าปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะที่ระยะทาง 1 กิโลเมตร (ตารางที่ 4.46 และ 4.49) พบว่า ปริมาณการปล่อยสารมลพิษบนถนนแต่ละสายที่ระยะทาง 1 กิโลเมตรมีค่าต่างกันตามปริมาณยานพาหนะและรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะ ซึ่งถนนกลุ่มที่หนึ่งและกลุ่มที่สองมีปริมาณ HC, CO, NO_x, PM และ CO_2 อยู่ในช่วง 0.77-1.75, 9.16-18.96, 1.57-5.00, 0.08-0.31 และ 559.87-1217.38 ตันต่อปี ตามลำดับ ถนนกลุ่มที่หนึ่งมีปริมาณยานพาหนะสูงกว่าถนนกลุ่มที่สองแต่มีปริมาณการปล่อย HC และ CO ต่ำ ซึ่งอาจเป็นเพราะถนนกลุ่มที่หนึ่งมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงและใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูง ทำให้เกิดกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงยานพาหนะได้สมบรูณ์ ขณะที่ถนนกลุ่มที่สามและกลุ่มที่สี่มีปริมาณ HC, CO, NO_x, PM และ CO_2 อยู่ในช่วง 0.39-1.35, 4.56-15.90, 1.10-4.33, 0.07-0.21 และ 347.49-1303.50 ตันต่อปี ตามลำดับ โดยถนนกลุ่มที่สามมีปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะสูงกว่าถนนกลุ่มที่สี่ เนื่องจากถนนกลุ่มที่สามมีปริมาณยานพาหนะสูง และมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำกว่าถนนกลุ่มที่สี่ นอกจากนี้ จะเห็นว่าถนนสายหลักแต่ละสายในกลุ่มถนนเดียวกันมีค่าปริมาณยานพาหนะบนถนนเท่ากัน แต่มีปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะต่างกัน โดยถนนที่มีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงของแต่ละกลุ่มถนนสายหลัก เช่น ชุมพล พลล้าน จอมสุรางยาตร์ และพลแสน มีปริมาณการปล่อยสารมลพิษต่ำกว่าถนนสายอื่นในกลุ่มเดียวกันอย่างชัดเจน สำหรับถนนกลุ่มที่ห้าเป็นถนนทางหลวง และมีปริมาณการปล่อยสารมลพิษแต่ละชนิดสูงกว่ากลุ่มถนนสายหลัก โดยเฉพาะอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก เนื่องจากมีการคำนวณปริมาณสารมลพิษของรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปและรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปรวมอยู่ด้วย ถนนกลุ่มที่ห้ามีปริมาณ HC, CO, NO_x, PM และ CO_2 อยู่ในช่วง 0.87-4.11, 9.63-38.49, 4.59-35.23, 1978.30-2794.26 และ 1335.35-2213.30 ตันต่อปี ตามลำดับ โดยถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 มีปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะสูงสุดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา เนื่องจากเป็นถนนทางหลวงที่มีปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันสูงสุดในพื้นที่ และรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่ค่อนข้างเป็นอิสระต่ำ ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 มีปริมาณรถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคลสูง แต่มีปริมาณการปล่อย HC และ CO ต่ำสุดของกลุ่มถนนทางหลวง ซึ่งอาจเป็นเพราะรูปแบบการขับขี่บนถนนดังกล่าวมีความเป็นอิสระสูง และมีลักษณะของรถหยุดนิ่งต่ำ ขณะที่ปริมาณการปล่อย NO_x และ PM ต่ำสุดบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 224 เนื่องจากมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำสุดของกลุ่มถนนทางหลวง และมีปริมาณรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปต่ำ

ตารางที่ 4.46 ปริมาณการปล่อยแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่ระยะทางศึกษาจริงกับระยะทาง 1 กิโลเมตร ของปี พ.ศ. 2558

กลุ่มถนน	ถนน	ระยะทาง (กม.)	ปริมาณ HC (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	ปริมาณ HC (ตัน)
1	ราชดำเนิน	0.76	0.69-1.18	1.00	0.91-1.56
	ชุมพล	0.76	0.63-1.05	1.00	0.83-1.39
2	จักรี	0.67	0.53-1.15	1.00	0.80-1.72
	มนัส	0.67	0.53-1.17	1.00	0.80-1.75
	ประจักร	0.67	0.52-1.10	1.00	0.78-1.65
	กุดั่น	0.64	0.49-0.98	1.00	0.77-1.54
	พลล้าน	0.62	0.50-0.99	1.00	0.81-1.60
3	จอมสุรางยาตร์	1.57	0.92-1.53	1.00	0.59-0.98
	มุขมนตรี	1.02	1.70-2.72	1.00	0.81-1.30
	พิบูลละเอียด	1.03	0.75-1.39	1.00	0.73-1.35
	โพธิ์กลาง	1.55	0.86-1.55	1.00	0.56-1.00
	สุรนารี	1.61	1.05-1.95	1.00	0.66-1.22
4	มหาดไทย	1.66	0.79-1.41	1.00	0.48-0.85
	จอมพล	1.59	0.80-1.60	1.00	0.51-1.01
	อัษฎางค์	1.59	0.72-1.28	1.00	0.46-0.81
	ยมราช	1.59	0.62-1.14	1.00	0.39-0.72
	พลแสน	1.58	0.79-1.29	1.00	0.50-0.82
รวมถนนสายหลัก			12.89-23.48		11.39-21.27
5	ทล.2	7.66	21.29-31.43	1.00	2.78-4.11
	ทล.205	1.46	1.26-1.97	1.00	0.87-1.35
	ทล.224	3.20	3.75-6.73	1.00	1.18-2.11
	ทล.304	1.69	2.17-2.67	1.00	1.29-1.58
รวมถนนทางหลวง			28.47-42.80		6.12-9.15
รวม			**41.36-66.28**		**17.51-30.42**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.47 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ระยะทางศึกษาจริงกับระยะทาง 1 กิโลเมตรของปี พ.ศ. 2558

กลุ่มถนน	ถนน	ระยะทาง (กม.)	ปริมาณ CO (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	ปริมาณ CO (ตัน)
1	ราชดำเนิน	0.76	7.85-12.62	1.00	10.33-16.61
	ชุมพล	0.76	6.96-11.50	1.00	9.16-15.14
2	จักรี	0.67	6.39-12.45	1.00	9.54-18.59
	มนัส	0.67	6.47-12.70	1.00	9.66-18.96
	ประจักร	0.67	6.20-12.00	1.00	9.26-17.92
	กุดั่น	0.64	5.88-10.79	1.00	9.19-16.86
	พลล้าน	0.62	6.08-11.15	1.00	9.81-17.99
3	จอมสุรางยาตร์	1.57	11.86-18.26	1.00	7.56-11.64
	มุขมนตรี	1.02	19.50-29.71	1.00	9.29-14.15
	พิบูลละเอียด	1.03	9.46-16.37	1.00	9.19-15.9
	โพธิ์กลาง	1.55	10.52-17.63	1.00	6.79-11.38
	สุรนารี	1.61	12.73-21.58	1.00	7.91-13.41
4	มหาดไทย	1.66	9.51-15.7	1.00	5.73-9.46
	จอมพล	1.59	9.30-17.30	1.00	5.85-10.89
	อัษฎางค์	1.59	8.34-13.97	1.00	5.25-8.79
	ยมราช	1.59	7.25-12.20	1.00	4.56-7.68
	พลแสน	1.58	10.08-15.35	1.00	6.38-9.72
รวมถนนสายหลัก			154.38-261.28		135.46-235.09
5	ทล.2	7.66	211.48-294.83	1.00	27.61-38.49
	ทล.205	1.46	14.05-20.40	1.00	9.63-13.98
	ทล.224	3.20	47.70-75.07	1.00	14.91-23.46
	ทล.304	1.69	22.19-26.98	1.00	13.14-15.97
รวมถนนทางหลวง			295.42-417.28		65.29-91.9
รวม			**449.8-678.56**		**200.75-326.99**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.48 ปริมาณการปล่อยแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนที่ระยะทางศึกษาจริงกับระยะทาง 1 กิโลเมตรของปี พ.ศ. 2558

กลุ่มถนน	ถนน	ระยะทาง (กม.)	ปริมาณ NO_x (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	ปริมาณ NO_x (ตัน)
1	ราชดำเนิน	0.76	2.03-3.80	1.00	2.68-5.00
	ชุมพล	0.76	1.65-3.07	1.00	2.18-4.04
2	จักรี	0.67	1.06-2.53	1.00	1.59-3.78
	มนัส	0.67	1.10-2.52	1.00	1.65-3.77
	ประจักร	0.67	1.05-2.34	1.00	1.57-3.50
	กุดั่น	0.64	1.07-2.29	1.00	1.68-3.58
	พลล้าน	0.62	1.00-2.11	1.00	1.62-3.41
3	จอมสุรางยาตร์	1.57	2.30-4.17	1.00	1.47-2.66
	มุขมนตรี	1.02	5.06-9.08	1.00	2.41-4.33
	พิบูลละเอียด	1.03	1.62-3.10	1.00	1.58-3.01
	โพธิ์กลาง	1.55	2.08-4.11	1.00	1.35-2.66
	สุรนารี	1.61	2.40-5.08	1.00	1.50-3.16
4	มหาดไทย	1.66	2.05-3.99	1.00	1.24-2.41
	จอมพล	1.59	2.00-4.09	1.00	1.26-2.58
	อัษฎางค์	1.59	1.95-3.77	1.00	1.23-2.38
	ยมราช	1.59	1.74-3.61	1.00	1.10-2.28
	พลแสน	1.58	1.91-3.62	1.00	1.21-2.30
รวมถนนสายหลัก			32.07-63.28		27.32-54.85
5	ทล.2	7.66	176.85-269.80	1.00	23.09-35.23
	ทล.205	1.46	8.78-14.84	1.00	6.02-10.17
	ทล.224	3.20	14.66-31.18	1.00	4.59-9.75
	ทล.304	1.69	21.89-27.11	1.00	12.96-16.05
รวมถนนทางหลวง			222.18-342.93		46.66-71.2
รวม			**254.25-406.21**		**73.98-126.05**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.49 ปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยที่ระยะทางศึกษาจริงกับระยะทาง 1 กิโลเมตรของปี พ.ศ. 2558

กลุ่มถนน	ถนน	ระยะทาง (กม.)	ปริมาณ PM (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	ปริมาณ PM (ตัน)
1	ราชดำเนิน	0.76	0.13-0.23	1.00	0.18-0.31
	ชุมพล	0.76	0.10-0.15	1.00	0.14-0.20
2	จักรี	0.67	0.05-0.10	1.00	0.08-0.15
	มนัส	0.67	0.05-0.11	1.00	0.08-0.17
	ประจักร	0.67	0.05-0.09	1.00	0.08-0.14
	กุดั่น	0.64	0.06-0.10	1.00	0.10-0.16
	พลล้าน	0.62	0.05-0.08	1.00	0.09-0.13
3	จอมสุรางยาตร์	1.57	0.12-0.19	1.00	0.08-0.13
	มุขมนตรี	1.02	0.29-0.44	1.00	0.14-0.21
	พิบูลละเอียด	1.03	0.08-0.13	1.00	0.08-0.13
	โพธิ์กลาง	1.55	0.11-0.20	1.00	0.08-0.13
	สุรนารี	1.61	0.12-0.24	1.00	0.08-0.15
4	มหาดไทย	1.66	0.12-0.21	1.00	0.08-0.13
	จอมพล	1.59	0.12-0.22	1.00	0.08-0.14
	อัษฎางค์	1.59	0.12-0.21	1.00	0.08-0.14
	ยมราช	1.59	0.11-0.20	1.00	0.07-0.13
	พลแสน	1.58	0.10-0.17	1.00	0.07-0.11
รวมถนนสายหลัก			1.78-3.07		1.59-2.66
5	ทล.2	7.66	15153.76-21404.00	1.00	1978.30-2794.26
	ทล.205	1.46	733.75-1135.05	1.00	502.57-777.44
	ทล.224	3.20	791.75-1458.63	1.00	247.43-455.83
	ทล.304	1.69	2398.87-2907.17	1.00	1419.45-1720.22
รวมถนนทางหลวง			19078.13-26904.85		4147.75-5747.75
รวม			**19079.91-26907.92**		**4149.34-5750.41**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.50 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระยะทางศึกษาจริงกับระยะทาง 1 กิโลเมตรของปี พ.ศ. 2558

กลุ่มถนน	ถนน	ระยะทาง (กม.)	ปริมาณ CO_2 (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	ปริมาณ CO_2 (ตัน)
1	ราชดำเนิน	0.76	0.13-0.23	1.00	839.23-1217.38
	ชุมพล	0.76	0.10-0.15	1.00	771.36-1222.66
2	จักรี	0.67	0.05-0.10	1.00	559.87-1217.38
	มนัส	0.67	0.05-0.11	1.00	569.60-1202.95
	ประจักร	0.67	0.05-0.09	1.00	564.74-1143.83
	กุดั่น	0.64	0.06-0.10	1.00	584.38-1122.93
	พลล้าน	0.62	0.05-0.08	1.00	568.50-1071.13
3	จอมสุรางยาตร์	1.57	0.12-0.19	1.00	475.47-788.24
	มุขมนตรี	1.02	0.29-0.44	1.00	832.88-1303.5
	พิบูลละเอียด	1.03	0.08-0.13	1.00	531.27-902.07
	โพธิ์กลาง	1.55	0.11-0.20	1.00	452.71-807.04
	สุรนารี	1.61	0.12-0.24	1.00	499.43-984.68
4	มหาดไทย	1.66	0.12-0.21	1.00	388.64-702.31
	จอมพล	1.59	0.12-0.22	1.00	403.29-754.24
	อัษฎางค์	1.59	0.12-0.21	1.00	384.47-672.67
	ยมราช	1.59	0.11-0.20	1.00	347.49-645.78
	พลแสน	1.58	0.10-0.17	1.00	386.63-658.99
รวมถนนสายหลัก			1.78-3.07		9159.96-16417.78
5	ทล.2	7.66	15153.76-21404.00	1.00	4049.55-5658.42
	ทล.205	1.46	733.75-1135.05	1.00	1149.46-1682.71
	ทล.224	3.20	791.75-1458.63	1.00	1335.35-2213.30
	ทล.304	1.69	2398.87-2907.17	1.00	1767.57-2124.77
รวมถนนทางหลวง			19078.13-26904.85		8301.93-11679.2
รวม			**19079.91-26907.92**		**17461.89-28096.98**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.6 การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะโดยวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014

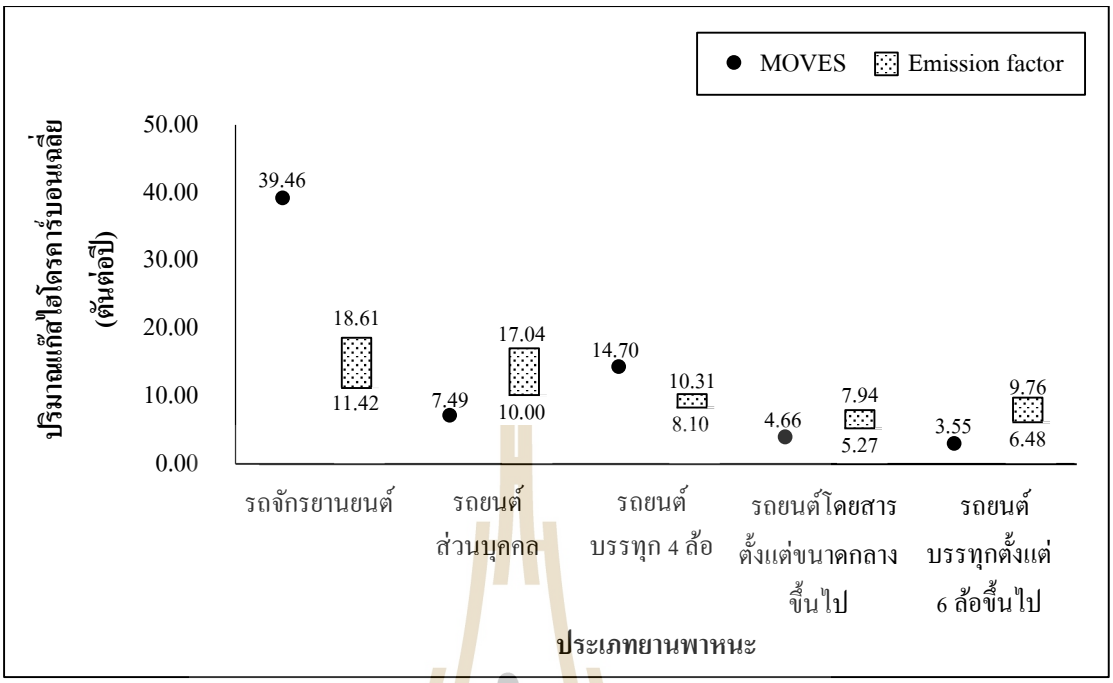
การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 โดยใช้แบบจำลอง MOVES2014 พบว่า ปริมาณสารมลพิษหลัก HC, CO, NO_x, PM_{10} และ $PM_{2.5}$ จากยานพาหนะทั้งหมดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีค่าประมาณ 69.85, 753.24, 241.50, 10.61 และ 9.68 ตันต่อปี ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงประมาณ 64507.43 ตันต่อปี ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์ส่วนบุคคลเป็นแหล่งกำเนิดหลักของสาร CO และ HC โดยรถจักรยานยนต์มีปริมาณการปล่อย CO และ HC สูงสุดประมาณ 39.46 และ 360.59 ตันต่อปี ตามลำดับ ขณะที่ยานพาหนะประเภทเครื่องยนต์ดีเซล เช่น รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป มีปริมาณการปล่อย NO_x และ PM สูงกว่ายานพาหนะประเภทอื่น ซึ่งรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปมีปริมาณการปล่อย NO_X, PM_{10} และ $PM_{2.5}$ สูงสุดประมาณ 91.92, 4.64 และ 4.26 ตันต่อปี ตามลำดับ (ตารางที่ 4.51)

ตารางที่ 4.51 ปริมาณสารมลพิษและแก๊สเรือนกระจกจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 โดยใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014

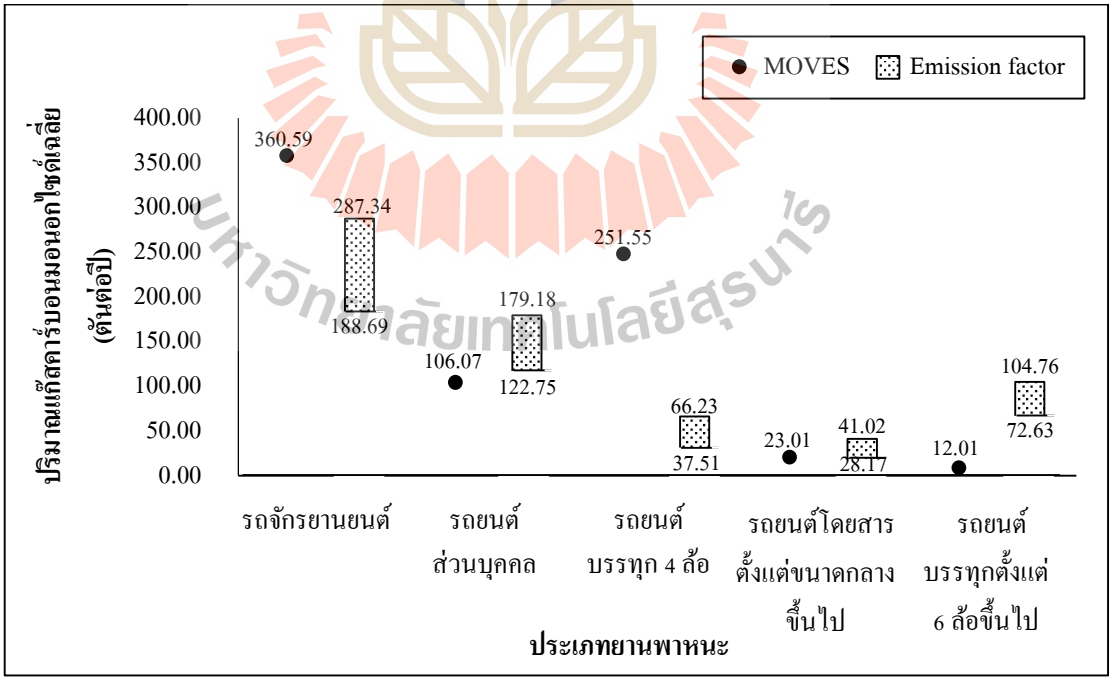
ประเภทยานพาหนะ	ปริมาณสารมลพิษอากาศเฉลี่ย (ตันต่อปี)							แก๊สเรือนกระจก (ตันต่อปี)
	สารมลพิษหลัก					สารมลพิษเพิ่มเติม		
	HC	CO	NO_x	PM_{10}	$PM_{2.5}$	NO_2	SO_2	CO_2
รถจักรยานยนต์	39.46	360.59	25.94	0.49	0.38	1.11	0.47	12226.72
รถยนต์ส่วนบุคคล	7.49	106.07	13.28	0.09	0.08	1.41	0.35	11359.62
รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ	14.70	251.55	78.58	3.25	3.00	7.52	0.58	22000.82
รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป	4.66	23.01	91.92	4.64	4.26	6.12	0.34	11623.66
รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 4 ล้อขึ้นไป	3.55	12.01	31.77	2.15	1.97	2.81	0.20	7296.61
รวม	69.85	753.24	241.50	10.61	9.68	18.96	1.95	64507.43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

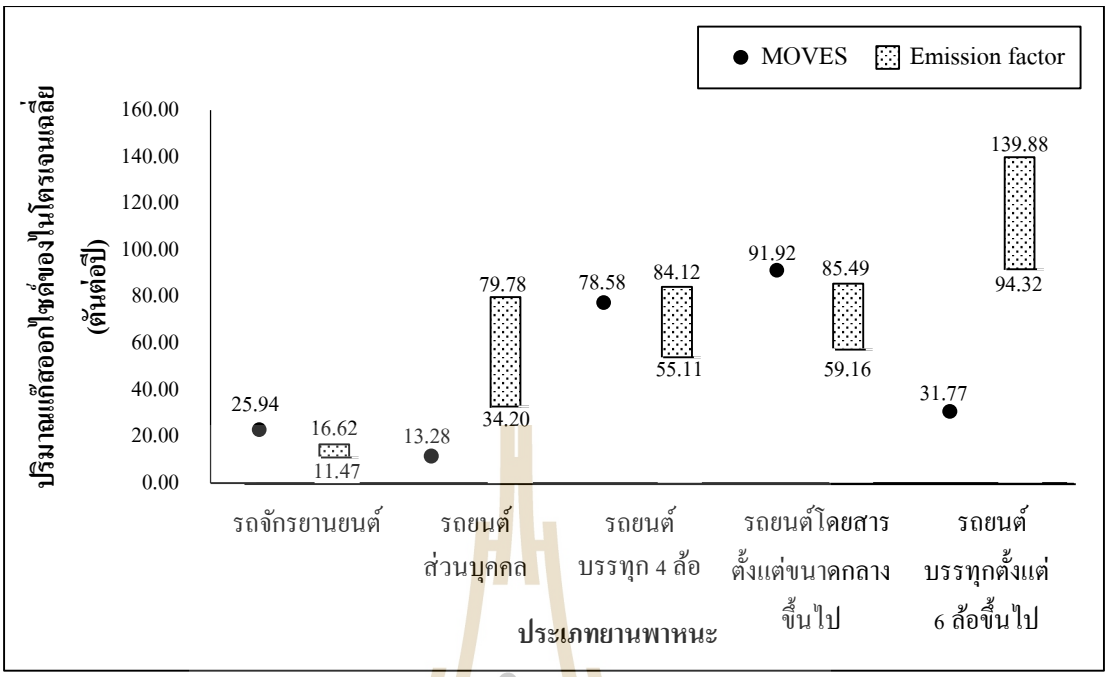
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษของยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 จากวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 และวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (รูปที่ 4.63 ถึง 4.67) พบว่า แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 ให้ค่าประมาณสาร HC และ CO จากยานพาหนะส่วนใหญ่ต่ำกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ มีเพียงรถจักรยานยนต์และรถยนต์บรรทุก 4 ล้อที่มีปริมาณ HC และ CO สูงกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ ปริมาณการปล่อย NO_x ของรถจักรยานยนต์และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปจากแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 มีค่าสูงกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษเล็กน้อย ขณะที่รถยนต์ส่วนบุคคลและรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปจากวิธีการแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 มีค่าปริมาณ NO_x ต่ำกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ มีเพียงรถยนต์บรรทุก 4 ล้อที่มีค่าปริมาณ NO_x จากทั้งสองวิธีการอยู่ในช่วงเดียวกัน โดยแบบจำลอง MOVES2014 มีค่าปริมาณ NO_x ประมาณ 78.58 ตันต่อปี และปริมาณ NO_x จากวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษอยู่ในช่วง 55.11-84.12 ตันต่อปี และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของยานพาหนะส่วนใหญ่จากแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 มีค่าสูงกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ โดยมีเพียงรถยนต์บรรทุก 4 ล้อและรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปที่มีปริมาณ CO_2 จากแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 ต่ำกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ สำหรับปริมาณอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยไม่สามารถเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลอง MOVES2014 และวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษได้ เนื่องจากวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factors) ให้ค่าปริมาณของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน หรือ Total particular matter (TSP) แต่วิธีการใช้แบบจำลอง MOVES2014 ให้ค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ผู้วิจัยจึงเลือกแสดงเฉพาะค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 พบว่า ยานพาหนะประเภทเครื่องยนต์ดีเซล เช่น รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปมีปริมาณการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กสูงกว่ายานพาหนะประเภทเครื่องยนต์เบนซินอย่างชัดเจน เนื่องจากเชื้อเพลิงเบนซินเกิดกระบวนการเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่าเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งจากงานวิจัยของ Kittelson (1998) พบว่า อนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยที่ปล่อยออกมาจากยานพาหนะประเภทเครื่องยนต์ดีเซลมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซินประมาณ 10-1000 เท่า



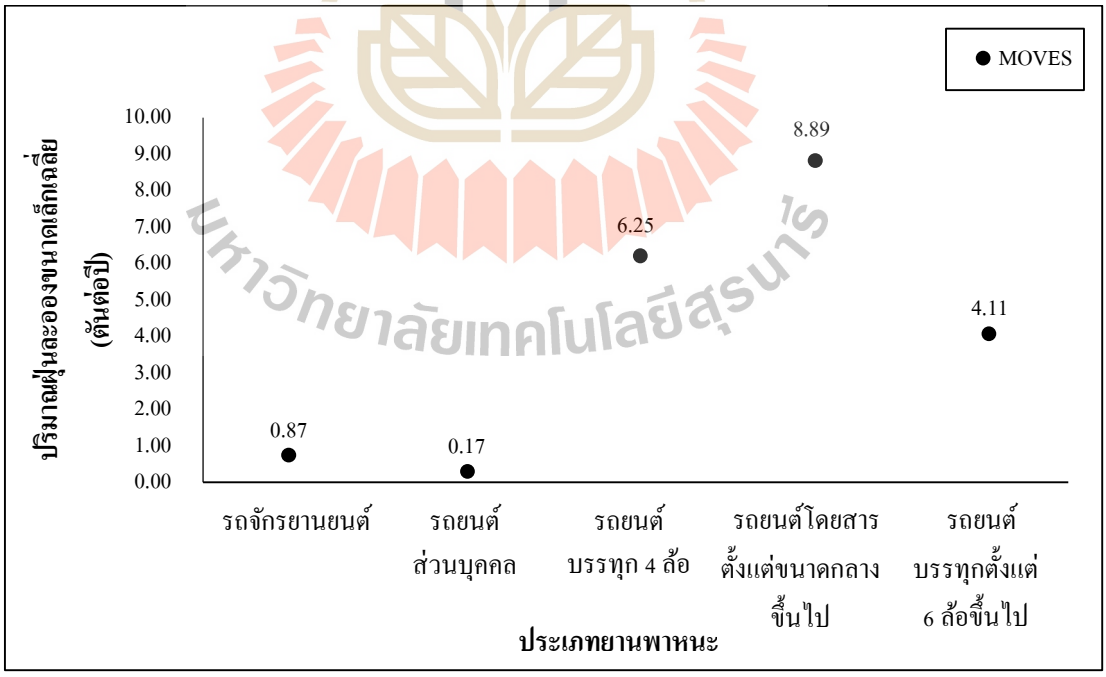
รูปที่ 4.63 ปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอนจากวิธีการประมาณโดยใช้แบบจำลอง MOVES2014 กับวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factor)



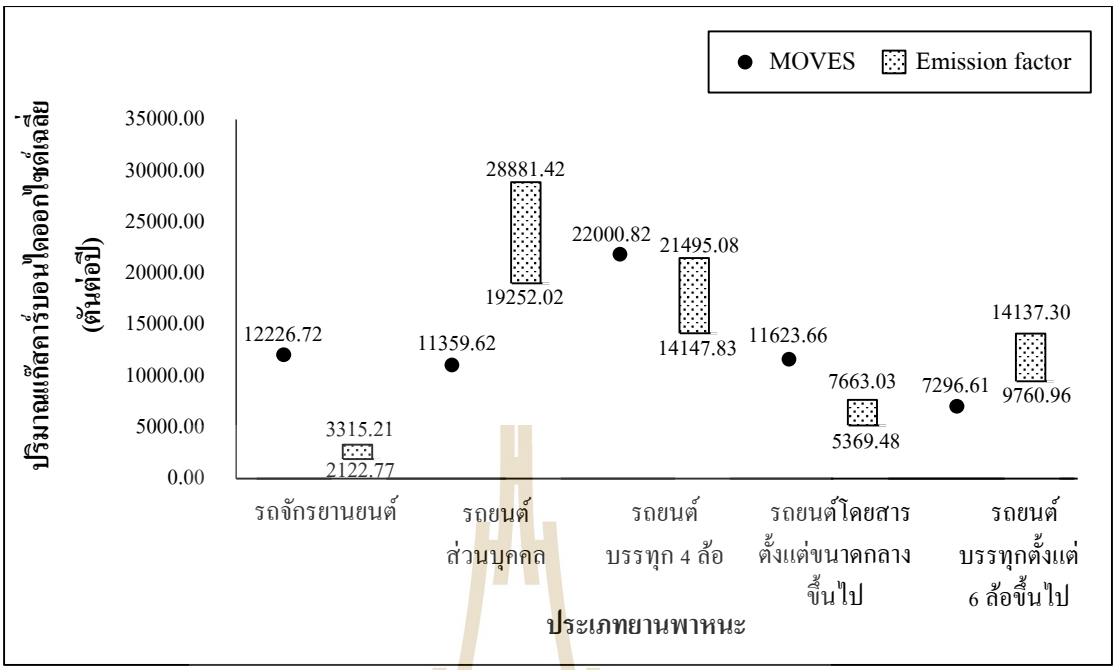
รูปที่ 4.64 ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากวิธีการประมาณโดยใช้แบบจำลอง MOVES2014 กับวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factor)



รูปที่ 4.65 ปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนจากวิธีการประมาณโดยใช้แบบจำลอง MOVES2014 กับวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factor)



รูปที่ 4.66 ปริมาณอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$ และ PM_{10}) จากวิธีการประมาณโดยใช้แบบจำลองMOVES2014



รูปที่ 4.67 ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากวิธีการประมาณโดยใช้แบบจำลอง MOVES2014 กับวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factor)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าประมาณสารมลพิษอากาศจากวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 และวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (ตารางที่ 4.52) พบว่าแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 และวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษมีค่าปริมาณแก๊ส HC, CO และ NO_x ที่ต่างกันเล็กน้อย โดยแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 มีค่าปริมาณ HC และ CO สูงกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษอยู่ในช่วงร้อยละ 8.41 และ 10-40ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณแก๊ส NO_x จากแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 มีค่าต่ำกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษอยู่ในช่วงร้อยละ 5-68 สำหรับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 มีอยู่ในช่วงเดียวกันกับวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ และค่าความแตกต่างของปริมาณแก๊ส CO_2 ของทั้งสองวิธีอยู่ในช่วงร้อยละ 17-684 จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า วิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factor) เหมาะสมสำหรับใช้ประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่ขนาดเล็ก เช่นเทศบาลนครนครราชสีมามากกว่าวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 เนื่องจากวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษสามารถคำนวณปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะแยกตามสภาพการจราจรจริงของถนนแต่ละสายที่ศึกษา ขณะที่แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 ใช้การคำนวณปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะตามประเภทถนนในสหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 4.52 ปริมาณสารมลพิษอากาศและแก๊สเรือนกระจกจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558

พื้นที่ศึกษา	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศเฉลี่ย (ตันต่อปี)				แก๊สเรือนกระจก (ตันต่อปี)
	HC	CO	NO_x	PM	CO_2
NRM (Emission factor)	41-64	450-679	254-406	19,079-26,908	50,565-75,432
NRM (MOVES2014)	70	753	241	20	64,507
ร้อยละความแตกต่าง	8-41	10-40	5-68	-	17-684

หมายเหตุ สัญลักษณ์ - หมายถึง ไม่มีการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอย (TSP, PM_{10} และ $PM_{2.5}$)

4.7 การเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับพื้นที่อื่น

การเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับพื้นที่อื่น (ตารางที่ 4.53) พบว่า ประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะโดยรวมของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี 2558 โดยใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษมีค่าปริมาณ HC, CO, NO_x และ PM อยู่ในช่วงประมาณ 41-64, 450-679, 254-406 และ 19079-26908 ตันต่อปี ตามลำดับ ขณะที่การประมาณโดยใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 มีค่าปริมาณ HC, CO, NO_x และ PM ประมาณ 70, 753, 241 และ 20 ตันต่อปี ตามลำดับ ซึ่งการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษกับแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 ให้ค่าการประมาณสารมลพิษแต่ละชนิดที่ใกล้เคียงกัน มีเพียงปริมาณ PM ที่มีค่าแตกต่างกันสูง สำหรับการประมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมาปี พ.ศ. 2553 โดยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (สฤษดิ์ โคตุละ, 2553) พบว่า ปริมาณการปล่อย HC, CO, NO_x และ PM มีค่าประมาณ 2737, 13429, 8216 และ 569 ตันต่อปี ตามลำดับ ขณะที่การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะโดยใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOBIEV มีค่าปริมาณ HC และ CO ต่ำ และมีค่าปริมาณ NO_x และ PM สูงกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Chuersuwan, 2013) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 กับปี พ.ศ. 2553 พบว่า ปริมาณสารมลพิษอากาศและแก๊สเรือนกระจกจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558 มีค่าต่ำกว่าปี พ.ศ. 2553 โดยมีเพียงค่าปริมาณอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยที่มีค่าสูง เนื่องจากความ

แตกต่างของค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษที่ใช้คำนวณ และปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยที่ลดลง ปริมาณสารมลพิษจากวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษกับแบบจำลองมลพิษอากาศของปี พ.ศ. 2558 กับปี พ.ศ. 2553 มีค่าไปในแนวโน้มเดียวกัน โดยแบบจำลองมลพิษอากาศให้ค่าการประมาณ HC และ CO ต่ำ และมีค่าปริมาณ NO_x และ PM สูงกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น พบว่า พื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศทุกชนิดต่ำกว่าเมืองอื่นอย่างชัดเจน โดยเมืองปักกิ่งมีปริมาณ CO, NO_x และ PM จากยานพาหนะสูงสุดถึง $1,592x10^3$, $387x10^3$ และ $233x10^3$ ตันต่อปี ตามลำดับ เนื่องจากเป็นเมืองเศรษฐกิจสำคัญของประเทศจีน และมีปริมาณการใช้ยานพาหนะบนถนนสูง สำหรับเมืองกรุงเทพฯและเมืองเดลีมีปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะที่ใกล้เคียงกัน โดยเมืองเดลีมีค่าปริมาณ HC สูงเกือบหนึ่งเท่าของกรุงเทพฯ และมีปริมาณ PM ต่ำกว่ากรุงเทพฯประมาณ 3 เท่า ขณะที่ปริมาณ CO_2 ของทั้งสองเมืองมีค่าประมาณ $17,800x10^3$ ตันต่อปี

ตารางที่ 4.53 ปริมาณสารมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่บนถนน (Road transport) ของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมากับเมืองอื่น (สฤษดิ์ โคตุละ, 2553[1]; Chuersuwan, 2013[2]; Cheewaphongphan et al., 2017[3]; Qi et al., 2017[4] และ Singh et al., 2017[5])

พื้นที่ศึกษา	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศเฉลี่ย (ตันต่อปี)				แก๊สเรือนกระจก (ตันต่อปี)
	HC	CO	NO_x	PM	CO_2
NRM (Emission factor)	41-64	450-679	254-406	19,079-26,908	50,5653-75,432
NRM (MOVES2014)	70	753	241	20	64,507
NRM (ปี 2553)[1]	2,737	13,429	8,216	569	386,652
NRM (ปี 2553[2]	3,296	16,134	1,825	81	310,782
Bangkok (Thailand)[3]	$34x10^3$	$239x10^3$	$147x10^3$	$28x10^3$	$17,800x10^3$
Beijing (China)[3]	-	$1,592x10^3$	$387x10^3$	$233x10^3$	-
Delhi (India)[5]	$60x10^3$	$219x10^3$	$164x10^3$	$11x10^3$	$17,791x10^3$

หมายเหตุ ค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) จากแบบจำลอง MOVES2014 มาจากการรวมปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) กับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะและใช้ประเมินการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้ข้อมูลฐานปี พ.ศ. 2558 เป็นศึกษาการขับขี่ของรถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนทางหลวงและถนนสายหลักในพื้นที่ 21 สาย สรุปผลได้ดังนี้

5.1 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ในการเก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ

แอพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถวัดค่าความเร็วเฉลี่ยได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) ซึ่งแอพพลิเคชัน SafeMate (IOS), SafeMate (Android) และเครื่อง GPS ให้ค่าความเร็วเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($F=2.58$, $p<0.05$) โดยแอพพลิเคชัน SafeMate (IOS) วัดค่าความเร็วเฉลี่ยได้ใกล้เคียงเครื่อง GPS มากกว่า SafeMate (Android) การศึกษานี้ทำให้เห็นว่าเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่และแอฟพลิเคชันเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เก็บข้อมูลความเร็วยานพาหนะ แต่ยังคงต้องนำผลที่ได้มาแปลงเป็นตัวเลขสำหรับใช้ในงานพัฒนาวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ

5.2 รูปแบบการขับขี่ยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนราชสีมา

5.2.1 ถนนกลุ่มที่หนึ่ง

การขับขี่รถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนราชดำเนินและถนนชุมพลใช้ความเร็วเฉลี่ย (V_{avg}) อยู่ในช่วง 13.3-37.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งเฉลี่ย (Acc) และความหน่วงเฉลี่ย (Dec) อยู่ในช่วง 0.1-0.5 และ 0.2-0.6 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ รูปแบบการขับขี่ยานพาหนะแต่ละประเภทบนถนนกลุ่มที่หนึ่งมีความเป็นอิสระสูงกว่าถนนกลุ่มอื่น เนื่องจากเป็นถนนที่มีระยะทางสั้น 0.76 กิโลเมตร เดินรถทางเดียว และมีจุดสัญญาณไฟจราจรไม่เกิน 2 จุด ทำให้การขับขี่ยานพาหนะใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่ง (T_{idle}) ต่ำ ขณะที่รูปแบบการขับขี่ยานพาหนะในแต่ละช่วงวันและเวลาที่ศึกษามีลักษณะต่างกันเล็กน้อย โดยในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดมีรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะเป็นอิสระสูง เนื่องจากเป็นช่วงที่สภาพการจราจรหนาแน่นต่ำสุดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

5.2.2 ถนนกลุ่มที่สอง

ถนนกลุ่มที่สองที่ศึกษา ได้แก่ ถนนจักรี ถนนมนัส ถนนประจักร ถนนกุดั่น และถนนพลล้าน ซึ่งการขับขี่รถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์ส่วนบุคคลบนบนถนนกลุ่มนี้ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.5-25.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.6 และ 0.2-1.1 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ รูปแบบการขับขี่ยานพาหนะบนถนนกลุ่มที่สองมีค่าความเร่งเฉลี่ย ความหน่วงเฉลี่ย และสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งสูงกว่าถนนกลุ่มที่หนึ่ง เนื่องจากเป็นถนนสั้นประมาณ 0.62-0.67 กิโลเมตร แต่มีสัญญาณไฟจราจรมากถึง 5-6 จุด ทำให้การขับขี่ยานพาหนะมีความคล่องตัวต่ำ รถจักรยานยนต์มีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่ายานพาหนะอื่น โดยมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งต่ำ และมีสัดส่วนของระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (T_{cruise}) สูงกว่ารถยนต์บรรทุก 4 ล้อและรถยนต์ส่วนบุคคลถึง 1 เท่า ซึ่งถนนพลล้านมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่าถนนสายอื่นเล็กน้อย เนื่องจากเป็นถนนสายเดียวในถนนกลุ่มที่สองที่ไม่มีจุดสัญญานไฟจราจรตลอดช่วงถนนที่ศึกษา และมีกิจกรรมบริเวณพื้นที่ริมถนนน้อย ขณะที่รูปแบบการขับขี่ยานพาหนะในแต่ละช่วงวันและเวลาที่ศึกษามีลักษณะต่างกันเล็กน้อย และในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดมีรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่เป็นอิสระสูงเช่นเดียวกับถนนกลุ่มที่หนึ่ง

5.2.3 ถนนกลุ่มที่สาม

ถนนจอมสุรางยาตร์ ถนนโพธิ์กลาง ถนนพิบูลละเอียด ถนนมุขมนตรี และถนนสุรนารีเป็นถนนกลุ่มที่สามที่ศึกษา ซึ่งการขับขี่รถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนกลุ่มนี้ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.5-41.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.4 เมตรต่อวินาที^{2} และค่าความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.6 เมตรต่อวินาที^{2} ซึ่งรถจักรยานยนต์มีรูปแบบการขับขี่เป็นอิสระสูงกว่ายานพาหนะอื่น โดยมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่ง (T_{idel}) และระยะเวลารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (T_{idel}) เฉลี่ยประมาณร้อยละ 5.4 และ 27.0 ตามลำดับ รูปแบบการขับขี่ยานพาหนะในแต่ละช่วงวันและเวลาที่ศึกษาบนถนนกลุ่มที่สามมีลักษณะต่างกันชัดเจนกว่าถนนกลุ่มที่หนึ่งและถนนกลุ่มที่สอง เนื่องจากถนนกลุ่มที่สามมีระยะทางศึกษายาวอยู่ในช่วง 1.03-2.10 กิโลเมตร ซึ่งในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงานมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำ เนื่องจากเป็นช่วงที่มีสภาพการจราจรหนาแน่นสูงสุดของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา โดยถนนสุรนารีมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำกว่าถนนสายอื่นสูง เนื่องจากเป็นถนนที่มีตลาด โรงเรียน และจุดจอดรับส่งผู้โดยสารสาธารณะ ทำให้เกิดปัญหาสภาพการจราจรที่ติดขัดจากกิจกรรมการจอดรับส่งผู้โดยสารและสิ่งของบริเวณริมถนน

5.2.4 ถนนกลุ่มที่สี่

ถนนมหาดไทย ถนนอัษฎางค์ ถนนจอมพล ถนนยมราช และถนนพลแสน การขับขี่รถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์ส่วนบุคคลใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.9-34.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.5 และ 0.3-0.8 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ รูปแบบการขับขี่ของรถจักรยานยนต์มีความเป็นอิสระสูงเช่นเดียวกับถนนสายหลักอื่น เนื่องจากเป็นยานพาหนะที่มีขนาดเล็ก และสามารถเคลื่อนที่ได้ในสภาพการจราจรติดขัด รูปแบบการขับขี่ยานพาหนะในแต่ละช่วงวันและเวลาที่ศึกษาของถนนกลุ่มที่สี่มีลักษณะต่างกันสูง เนื่องจากมีสถานที่สำคัญตั้งอยู่หลายแห่ง และมีระยะทางศึกษายาวอยู่ในช่วง 1.58-1.66 กิโลเมตร ซึ่งช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดมีรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่เป็นอิสระสูงกว่าช่วงเวลาอื่นอย่างชัดเจน โดยถนนยมราชและพลแสนมีรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่เป็นอิสระสูง เนื่องจากถนนดังกล่าวมีจุดสัญญาณไฟจราจรบนถนนต่ำกว่าถนนสายอื่น ทำให้การขับขี่ยานพาหนะมีความคล่องตัวสูง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่งต่ำ

5.2.5 ถนนกลุ่มที่ห้า

ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ทล. 2) หมายเลข 224 (ทล. 224) หมายเลข 205 (ทล. 205) และหมายเลข 304 (ทล. 304) เป็นถนนกลุ่มที่ห้า ซึ่งการขับขี่ยานพาหนะทั้ง 5 ชนิด ใช้ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.0-68.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ค่าความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.1-0.4 และ 0.1-0.9 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ โดยยานพาหนะทุกประเภทใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูง และมีความผันผวนของความเร็วต่ำกว่าถนนสายหลัก เนื่องจากทางหลวงมีจำนวนเลนมาก และมีจำนวนสัญญาณไฟจราจรน้อย จึงมีความคล่องตัวสูง รูปแบบการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลและรถยนต์บรรทุก 4 ล้อในแต่ละช่วงวันและเวลาที่ศึกษามีลักษณะต่างกันสูง เนื่องจากยานพาหนะดังกล่าวมีอิสระในการเคลื่อนที่สูง และมีลักษณะการขับขี่ที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพการจราจรของถนน ซึ่งในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงกว่าช่วงเวลาอื่นอย่างชัดเจน มีเพียงทล. 224 ที่ยานพาหนะมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ต่ำในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า เนื่องจากมีกิจกรรมการรับส่งคนบริเวณสถานศึกษา และการจอดขนส่งสินค้าบริเวณตลาดจำนวนมาก

5.3 วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะบนถนนทางหลวงและถนนสายหลักในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีค่าความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.4-45.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่ความเร่งและความหน่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0-0.3 และ 0.3-0.6 เมตรต่อวินาที^{2} ตามลำดับ โดยวัฏจักรการขับขี่ของ

รถจักรยานยนต์และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปมีค่าความเร็วเฉลี่ย ความเร่งเฉลี่ย และความหน่วงเฉลี่ยต่ำกว่ายานพาหนะประเภทอื่นเล็กน้อย เนื่องจากรถจักรยานยนต์มีการเปลี่ยนแปลงการเร่งและชะลอความเร็วต่ำ เนื่องจากเป็นยานพาหนะขนาดเล็กและมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่สูง ขณะที่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปมีภาระบรรทุกหนักทำให้การเร่งและชะลอความเร็วเปลี่ยนแปลงช้า รูปแบบการขับขี่ของยานพาหนะแต่ละประเภทในพื้นที่เทศบาลนครฯ มีลักษณะต่างกัน ซึ่งรถยนต์บรรทุก 4 ล้อและรถยนต์ส่วนบุคคลมีรูปแบบการขับขี่บนถนนทางหลวงเป็นอิสระสูงกว่าถนนสายหลัก โดยการขับขี่ยานพาหนะบนถนนทางหลวงใช้ความเร็วเฉลี่ยสูง และมีสัดส่วนของระยะเวลารถหยุดนิ่ง (T_{idle}) สูงกว่าถนนสายหลักถึง 1 เท่า เนื่องจากถนนทางหลวงมีจำนวนเลนถนนมาก และมีระยะเวลาของสัญญาณไฟจราจรนาน ขณะที่รูปแบบการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนทั้งสองประเภทมีลักษณะใกล้เคียงกัน สำหรับช่วงวันและเวลาที่ศึกษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อและรถยนต์ส่วนบุคคลสูง เนื่องจากยานพาหนะดังกล่าวมีความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่สูง และมีลักษณะการเคลื่อนที่ตามสภาพการจราจรบนถนนเป็นหลัก โดยในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าของวันหยุดมีรูปแบบการขับขี่เป็นอิสระสูงกว่าช่วงเวลาอื่นอย่างชัดเจน เนื่องจากเป็นช่วงที่มีสภาพจราจรหนาแน่นต่ำสุดของพื้นที่ ขณะที่รูปแบบการขับขี่ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็นของวันทำงานมีความเป็นอิสระต่ำสุด จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีรูปแบบการขับขี่ที่ต่างกันตามประเภทยานพาหนะ ประเภทถนน ช่วงวันที่ศึกษา และช่วงเวลาที่ศึกษา ซึ่งสภาพการจราจรและพฤติกรรมการขับขี่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะ ทำให้วัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาต่างจากวัฏจักรการขับขี่ของพื้นที่อื่น

5.4 ข้อมูลนำเข้าพื้นฐานสำหรับการประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

5.4.1 ประเภทยานพาหนะ

ยานพาหนะที่สำคัญของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา คือ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถจักรยานยนต์ ปริมาณยานพาหนะทั้งสามประเภทโดยรวมบนถนนทางหลวงและถนนสายหลัก คิดเป็นร้อยละ 91.7 และ 90.6 ตามลำดับ โดยถนนทางหลวงมีสัดส่วนรถยนต์ส่วนบุคคลและรถยนต์บรรทุก 4 ล้อสูง แต่มีสัดส่วนรถจักรยานยนต์ต่ำกว่าถนนสายหลักเล็กน้อย เนื่องจากความแตกต่างของลักษณะการใช้ยานพาหนะบนถนนแต่ละประเภท

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.4.2 เทคโนโลยียานพาหนะ

รถตู้โดยสาร รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถจักรยานยนต์ และรถยนต์โดยสารขนาดเล็กมีสัดส่วนยานพาหนะเทคโนโลยี Euro III สูงถึงร้อยละ 78.6, 75.7, 75.5, 70.5 และ 50.7 ตามลำดับ ขณะที่รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปและรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปมีสัดส่วนยานพาหนะเทคโนโลยี Euro III ประมาณร้อยละ 23.7 และ 23.2 ตามลำดับ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ยานพาหนะส่วนใหญ่ในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาเป็นยานพาหนะเทคโนโลยีใหม่ มีเพียงรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปและรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปที่มีสัดส่วนยานพาหนะเทคโนโลยีเก่าสูง เนื่องจากยานพาหนะดังกล่าวมีราคาสูง จึงมีอายุการใช้งานนานกว่ายานพาหนะประเภทอื่น

5.4.3 ประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะ

รถยนต์โดยสารขนาดเล็ก รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป และรถตู้โดยสารมีสัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลสูงถึงร้อยละ 98.9, 98.2, 98.1, 95.1 และ 85.2 ตามลำดับ แต่สำหรับยานพาหนะประเภทเครื่องยนต์เบนซินใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์เป็นหลัก โดยรถยนต์ส่วนบุคคลและรถจักรยานยนต์มีสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 คิดเป็นร้อยละ 49.6 และ 82.4 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าน้ำมันดีเซลและแก๊สโซฮอล์ 91 เป็นเชื้อเพลิงยานพาหนะหลักของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

5.4.4 ปริมาณยานพาหนะ

ถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีปริมาณยานพาหนะสูงกว่าถนนสายหลัก โดยเฉพาะปริมาณรถยนต์โดยสารขนาดเล็กหรือรถตู้โดยสาร รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป เนื่องจากเป็นยานพาหนะประเภทขนส่ง และมีการเดินทางบนถนนทางหลวงเป็นหลัก ในช่วงวันทำงานมีปริมาณยานพาหนะบนถนนสูงกว่าช่วงวันหยุด ซึ่งถนนที่มีปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันสูงสุดและต่ำสุดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา คือ ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 และถนนกลุ่มที่สี่ (จอมพล อัษฎางค์ ยมราช พลแสน และมหาดไทย) โดยทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ในช่วงวันทำงานมีปริมาณรถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถจักรยานยนต์ประมาณ 30,839 23,967 และ 8,809 คันต่อวัน ตามลำดับ ขณะที่ถนนกลุ่มที่สี่มีปริมาณรถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถจักรยานยนต์ประมาณ 3,094 3,640 และ 5,925 คันต่อวัน ตามลำดับ

5.5 การประมาณสารมลพิษอากาศจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

5.5.1 การใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษ (Emission factors)

ในปี พ.ศ. 2558 ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมามีการปล่อย HC, CO, NO_x และ PM อยู่ในช่วงประมาณ 41-66, 450-679, 254-406 และ 19,080-26,908 ตันต่อปี ตามลำดับ และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อยู่ในช่วง 50,653-73,291 ตันต่อปี แหล่งกำเนิดหลักของแก๊ส HC และ CO คือ รถจักรยานยนต์ และรถยนต์ส่วนบุคคล โดยมีปริมาณการปล่อย HC และ CO คิดเป็นร้อยละ 54 และ 69 ของยานพาหนะทั้งหมด ตามลำดับ ขณะที่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป และรถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของแก๊ส NO_x และ PM ซึ่งมีปริมาณการปล่อย NO_x และ PM คิดเป็นร้อยละ 57 และ 99 ของยานพาหนะทั้งหมด ตามลำดับ

ปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะบนถนนสายสำคัญแต่ละสายมีค่าต่างกันตามระยะทาง ปริมาณยานพาหนะ และรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะ ซึ่งปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะบนถนนแต่ละสายที่ระยะทางกำหนด 1 กิโลเมตร พบว่า ถนนสายหลัก (ถนนกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4) มีปริมาณการปล่อย HC, CO, NO_x, PM และ CO_2 อยู่ในช่วง 0.39-1.75, 4.56-18.96, 1.10-5.00, 0.07-0.31 และ 347.49-1,217.38 ตันต่อปี ตามลำดับ ซึ่งถนนกลุ่มที่สองมีปริมาณการปล่อยสารมลพิษสูงกว่าถนนกลุ่มอื่นอย่างชัดเจน เนื่องจากมีปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันสูง และมีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระต่ำ ถนนสายหลักแต่ละสายในกลุ่มถนนเดียวกันมีค่าปริมาณยานพาหนะบนถนนเท่ากัน แต่มีปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะต่างกัน ซึ่งเป็นเพราะรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะบนถนนแต่ละสายที่ต่างกัน ส่งผลให้มีปริมาณการปล่อยสารมลพิษที่ต่างกัน ซึ่งถนนที่มีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นอิสระสูงของแต่ละกลุ่มถนนสายหลัก เช่น ชุมพล พลล้าน จอมสุรางยาตร์ และพลแสน มีปริมาณการปล่อยสารมลพิษต่ำกว่าถนนสายอื่นอย่างชัดเจน สำหรับถนนทางหลวง (ถนนกลุ่มที่ 5) มีปริมาณการปล่อย HC, CO, NO_x, PM และ CO_2 อยู่ในช่วง 0.87-4.11, 9.63-38.49, 4.59-35.23, 1,978.30-2,794.26 และ 1,335.35-2,213.30 ตันต่อปี ตามลำดับ โดยถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 มีปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยต่อวันสูงสุดในพื้นที่ และรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะที่เป็นอิสระต่ำ ส่งผลให้มีปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะสูงสุดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา จากผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าปริมาณยานพาหนะและรูปแบบการขับขี่ยานพาหนะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ และประเภทยานพาหนะมีความเกี่ยวข้องกับชนิดของสารมลพิษอากาศที่ปล่อยออกจากยานพาหนะ

5.5.2 การใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ (MOVES2014)

การประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาโดยใช้แบบจำลอง MOVES2014 มีค่าปริมาณ HC, CO, NO_x และ PM ประมาณ 70, 753, 241 และ 20 ตันต่อปี ตามลำดับ และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 64,507 ตันต่อปี โดยปริมาณ PM และ NO_x มีแหล่งกำเนิดหลักมาจากรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไป ขณะที่รถจักรยานยนต์ และรถบรรทุก 4 ล้อเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของ HC และ CO

5.5.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณสารมลพิษอากาศจากวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษกับวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014

วิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษให้ค่าประมาณสารมลพิษจากยานพาหนะแต่ละประเภทสูงกว่าวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 มีเพียงสารมลพิษบางชนิดของรถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ และรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปที่มีค่าต่ำกว่าวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 สำหรับปริมาณสารมลพิษจากยานพาหนะโดยรวมของพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 และวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษมีค่าประมาณการปล่อย HC, CO และ NO_x ที่ใกล้เคียงกัน โดยแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 มีปริมาณ HC และ CO สูงกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษอยู่ในช่วงร้อยละ 8-41 และ 10-40 ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณ NO_x จากแบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 มีค่าต่ำกว่าวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษอยู่ในช่วงร้อยละ 5-68 สำหรับค่าประมาณ PM จากวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษกับวิธีการใช้แบบจำลองมลพิษอากาศ MOVES2014 ไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ เนื่องจากทั้งสองวิธีให้ค่าประมาณอนุภาคฝุ่นละอองแขวนลอยต่างชนิดกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.6.1 จากข้อจำกัดของข้อมูลปริมาณยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ทำให้ค่าประมาณสารมลพิษมีความคลาดเคลื่อนสูง การศึกษาในอนาคตควรเก็บข้อมูลปริมาณยานพาหนะให้ครอบคลุมถนนทุกสายที่ศึกษา และมีการจำแนกข้อมูลปริมาณยานพาหนะตามช่วงวันและเวลาที่ศึกษา เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะที่ศึกษาของพื้นที่

5.6.2 จากปัญหาความไม่สะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลการขับขี่ของแอพพลิเคชัน SafeMafe ในอนาคตควรมีการปรับปรุงแอพพลิเคชันให้สามารถเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลง

ความเร็วกับระยะเวลาในการเดินทางของยานพาหนะ และเชื่อมโยงการแสดงผลในรูปตัวเลขในโปรแกรม Microsoft Office

5.6.3 ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษของกรมควบคุมมลพิษและเทคโนโลยียานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมายังไม่ครอบคลุมยานพาหนะเทคโนโลยี Euro IV การศึกษาครั้งถัดไปควรมีการปรับปรุงข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษและการจำแนกเทคโนโลยียานพาหนะให้สอดคล้องกับสภาพปัจจุบัน

รายการอ้างอิง

กรมการขนส่งทางบก. (2557). **ข้อมูลรถจดทะเบียนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2556** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://apps.dlt.go.th/statistics_web/vehicle.html.

กรมการปกครอง. (2557). **ข้อมูลจำนวนประชากรในแต่ละจังหวัดของประเทศไทยปี พ.ศ. 2556** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://stat.bora.dopa.go.th/stat/y_stat54.html.

กรมควบคุมมลพิษ. (2551). **รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอล์**. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2554). **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี พ.ศ. 2554**. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2556). **ข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะของประเทศไทย.** [แฟ้มข้อมูล]. กรุงเทพฯ: ส่วนมลพิษอากาศจากยานพาหนะ, กรมควบคุมมลพิษ.

กรมควบคุมมลพิษ. (2557). **รายงานสถานการณ์คุณภาพอากาศและเสียงประเทศไทย** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://aqnis.pcd.go.th.

กรมควบคุมมลพิษ. (2558 ก). **มาตรฐานการระบายมลพิษอากาศจากยานพาหนะในประเทศไทย** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd02.html.

กรมควบคุมมลพิษ. (2558 ข). **ข้อมูลอุณภูมิและความชื้นเฉลี่ยรายชั่วโมงของสถานีสูบน้ำเสียเทศบาลนครนราชสีมาปี 2558**. [แฟ้มข้อมูล]. กรุงเทพฯ: สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง.

กรมทางหลวง. (2556 ก). **รายงานปริมาณการเดินทางบนทางหลวงปี พ.ศ. 2556** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://bhs.doh.go.th/files/VK/VK2556_new.pdf.

กรมทางหลวง. (2556 ข). Annual average daily traffic on highways in 2013 (Nakhon Ratchasima) [แฟ้มข้อมูล]. แขวงการทางนครนครราชสีมาที่ 2: กรมทางหลวง.

กรมทางหลวง. (2558). **ข้อมูลปริมาณจราจรบนถนนทางหลวงจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2558** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://bhs.doh.go.th/download/traffic.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). **ข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในภาคการขนส่งของประเทศไทยปี พ.ศ. 2558** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=42079.

กรมธุรกิจพลังงาน. (2547). **การกำหนดลักษณะและคุณภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2547** [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.excise.go.th/cs/groups/public/documents/document/mjaw/mdm0/~edisp/webportal16200034475.pdf.

กรมธุรกิจพลังงาน. (2552). **มาตรฐานรถยนต์ยูโร 4** [ออนไลน์]. ได้จาก: www.doeb.go.th/v3/knowledge/data/uro_4.pdf.

กรมธุรกิจพลังงาน. (2556 ก.). **การกำหนดลักษณะและคุณภาพของก๊าซธรรมชาติสำหรับนรถยนต์ พ.ศ. 2556** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://elaw.doeb.go.th/document_doeb/411_0001.pdf.

กรมธุรกิจพลังงาน. (2556 ข). **การกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลพ.ศ. 2556**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://elaw.doeb.go.th/document_doeb/411_0001.pdf.

กรมธุรกิจพลังงาน. (2557). **การกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันแก๊สโซลีน พ.ศ. 2557** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://elaw.doeb.go.th/document_doeb/424_0001.pdf.

ชุตินันท์ อยู่สุข. (2555). **ผลของวัฏจักรการขับขี่ต่อการใช้เชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์ในเมืองเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ทัศนวรรณ ธีระเวชชวงศ์. (2546). **การตรวจวัดสารมลพิษอากาศและทำนายคุณภาพอากาศด้วยแบบจำลอง ISCST3 บริเวณพื้นที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนศักดิ์ วิศรี. (2547). **ผลกระทบของการจราจรต่อปริมาณสารมลพิษจากรถยนต์ บนถนนสายหลักเขตกรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพภาพร พานิช และคณะ. (2550). **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราณี พันธุมสินชัย และคณะ. (2550). **ความรู้พื้นฐานวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

ศิริมา หนูทิม. (2551). **การพัฒนาแบบจำลองตัวคูณการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะสำหรับประเทศไทย: โมบาย-ไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล. (2550). **การพัฒนาระบบควบคุมการจราจรที่เหมาะสมกรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สมรักษ์ เกิดสุวรรณ. (2549). **การเผาไหม้และการควบคุมมลพิษ**. ปทุมธานี: สำนักพิมพ์บริษัทสกายบุ๊คส์ จำกัด.

สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา. (2558). **สถิติรถจดทะเบียนใหม่ในจังหวัดนครราชสีมาย้อนหลัง 20 ปี**. [แฟ้มข้อมูล]. นครราชสีมา. สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา.

สำนักงานจังหวัดนครราชสีมา. (2555). **ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมจังหวัดนครราชสีมา** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.nakhonratchasima.go.th/service/nakhonratchasima.pdf.

สำนักปลัดกระทรวงคมนาคม (2555). **ข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศของจังหวัดนครราชสีมา**. [แฟ้มข้อมูล]. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงคมนาคม.

สำนักงานเทศบาลนครนครราชสีมา. (2552). **รายชื่อและรหัสของเส้นทางภายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.** [แฟ้มข้อมูล]. นครราชสีมา: สำนักช่าง, สำนักงานเทศบาลนครนครราชสีมา.

สำนักงานเทศบาลนครราชสีมา. (2554). **ข้อมูลสภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานของเทศบาลนครนครราชสีมา** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://110.164.64.56/koratcity/plan3yrds/55-57/plan3yrds55-57.pdf.

สำนักงานเทศบาลนครนครราชสีมา. (2557). **ข้อมูลประชากรในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี พ.ศ. 2557** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.koratcity.go.th/page/population57.

สำนักงานพลังงานจังหวัดนครราชสีมา. (2553). **ข้อมูลปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตเทศบาลนครราชสีมาปี พ.ศ. 2552.** [แฟ้มข้อมูล]. นครราชสีมา: สำนักงานพลังงานจังหวัดนครราชสีมา.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2555). **ผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดนครราชสีมาปี 2548-2557**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries15.html.

สฤษดิ์ โคตุละ. (2553). **บัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer [ASTER]. (2013). **Digital Elevation Model of Nakhon Ratchasima Thailand**. [On-line]. Available: http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/.

Amirjamshidi, G., and Roorda, M.J. (2015). Developemrnt of simulated driving cycles for light, medium, and heavy duty trucks: Case of the Toronto waterfront area. **Transportation Research Part D** 34: 255-266.

Andre, M. (2004). The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions. **Science of the Total Environment** 334-335: 73-84.

Arun, N.H., Mahesh, S., Ramadurai, G., Shiva Nagendra, S.M. (2017). Development of driving cycles for passenger cars and motorcycles in Chennai, India. **Sustainable Cities and Society** 32: 508-512.

Avetisyan, H.G., Miller-Hooks, A.G., Melanta, E., Qi, S., and Bing. (2014). Effects of vehicle technologies, traffic volume changes, incidents and work zones on greenhouse gas emissions production. **Transportation Research Part D: Transport and Environment** 26: 10-19.

Ban-Weiss, G.A., McLaughlin, J.P., Harley, R.A., Lunden, M.M., Kirchstetter, T.W., and Kean, A.J. (2008). Long-term changes in emissions of nitrogen oxides and particulate matter from on-road gasoline and diesel vehicles. **Atmospheric Environment** 42: 220–232.

Barlow, T. J., Latham, S., McCrae, I. S., and Boulter, P. G. (2009). **A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions**. [On-line]. Available: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/4247/ppr354.pdf.

Bata, R., Yacoub, Y., Wang, W., Lyons, D., Gambino, M., and Rideout, G. (1994). Heavy Duty Testing Cycles: Survey and Comparison. **SAE Technical Paper.** doi: 10.4271/942263.

California Department of Transportation [Caltrans]. (1989). **CALLINE4 – A dispersion model for predicting air pollutant concentrations near roadways** [On-line]. Available: http://www.dot.ca.gov/hq/env/air/pages/calinemn.htm.

Chen, K.S., et al. (2003). Motorcycle emissions and fuel consumption in urban and rural driving conditions. **The Science of the Total Environment** 312: 113-122.

Chen, S.H., Tong, H., McGee, J.K., Baldauf, R.W., Krantz, Q.T., and Gilmour, M.I. (2009). Comparative Toxicity of Size-Fractionated Airborne Particulate Matter Collected at Different Distances from an Urban Highway. **Environmental Health Prospect** 117(11): 1682–1689.

Cheewaphongphan, P., Jumpen, A., Garivit, S., and Chatani, S. (2017). Emission inventory of on-road transport in Bangkok metropolitan region (MBR) development during 2007 to 2015 using the gains model. **Atmosphere** 3128(9): 167.

Chuersuwan, N. (2013). **Final Report Emission Inventory of Major Air Pollutants in Nakhon Ratchasima Municipality**. Nakhon Ratchasima, Suranaree University of Technology.

Degobert, P. (1995). **American driving cycles, chapter 6, Laws and regulation: Automobiles and Pollution**. Paris: Technip.

European Environment Agency [EEA]. (2009). **EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook-2009** [On-line]. Available: http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidbook-2009.

Fazeen, M., Gozick, B., Dantu, R., Bhukhiya, M., and Gonzalez, M.C. (2012). Safe driving using mobile phones. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems** 13(3): 1462–1468.

Goyal, P., Jaiswal, N., Kumer, A., Dadoo, J.K. and Dwarakanath, M. (2010). Air quality impact assessment of NO_x and PM due to diesel vehicles in Delhi. **Transportation Research Part D: Transport and Environment** 15 (5): 298-303.

Greenway, A.R. (2003). **CALLINE3 MODEL, chapter 8, Air Quality Modeling: How to Obtain Air Quality Permits**. New York: McGraw-Hill.

Haan, P.D., and Keller, N. (2000). Emission factors for passenger cars: application of instantaneous emission modeling. **Atmospheric Environment** 34: 4629–4638.

Haq, G. and Schwele, D. (2008). **Foundation Course on Air Quality Management in Asia, Emission** [On-line]. Available: http://www.sei.se/cleanair/modules.html.

Ho, S.H., Wong, Y.D., and Chang, V.W. (2014). Developing Singapore Driving Cycle for passenger cars to estimate fuel consumption and vehicular emissions. **Atmospheric Environment** 97: 353-362.

Hung, W.T., Tam, K.M., Lee, C.P., Chan, L.Y., and Cheung, C.S. (2005). Comparison of driving characterristics in cities of Pearl River Delta, China. **Atmospheric Environment** 39: 615-625.

Hung, W.T., Tong, H.Y., Lee, C.P., Ha, K., and Pao, L.Y. (2007). Development of a practical driving cycle construction methodology: A case study in Hong Kong. **Transportation Research Part D: Transport and Environment** 12: 115-128.

Kamble, S.H., Mathew, T.V., and Sharma, G.K. (2009). Development of real-world driving cycle: Case study of Pune, India. **Transportation Research Part D** 14: 132-140.

Khumla, P., Radpukdee, T., and Satiennam, T. (2010). **Driving Cycle Generation for Emissions and Fuel Consumption Assessment of the Motorcycles in Khon Kaen City** [On-line]. Available: http://gsmis.gs.kku.ac.th/publish/details/7776.

Krupa, S.V. (1997). **Health Effect of pollutant, chapter 6, Air Quality and Human Health**, **Air Pollution, People, and Plants: An Introduction**. Minnesota: American Psychopathological Society.

Lai, J., Yu. L., Song, G., Guo, P., and Chen, X. (2013). Development of City-Specific Driving Cycles for Transit Buses Based on VSP Distributions: Case of Beijing. **Journal of Transportation Engineering** 139(7): 749-757.

Lao, Y. (2010). **Health Risk of Transportation - related Emission: A GIS assessment** [On-line]. Available: http://leonard.csusb.edu/research/documents/FinalReportPackage_000.pdf.

Limanond, T., Pongthanaisawan, J., Watthanaklang, D., and Sangphong, O. (2009). **An Analysis of Vehicle Kilometers of Travel of Major Cities in Thailand.** [On-line]. Available: file:///C:/Users/cherry/Downloads/final%20%20report%20research%20grant%202009.pdf.

Lin, J. and Niemeier, D.A. (2003). Estimating Regional Air Quality Vehicle Emission Inventories: Constructing Robust Driving Cycles. **Transportation Science** 37: 330-346.

New Jersey Department of Environmental Protection [NJDEP]. (2011)**. Sources of Air Toxics, The National Air Toxics Emissions Inventory** [On-line]. Available: http://www.nj.gov/dep/airtoxics/sourceso05.htm.

Pandian, S., Gokhale, S., and Ghoshal, A.K. (2009). Evaluating effect of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections, India. **Transportation Research Part D** 14: 180-196.

Pollution Control Department [PCD]. (2004). **Study to promote CDM projects in Transport sector in order to resolve global environmental problem (Bangkok Metropolitan area case)**. [Document]. Thailand.

Qi. J., Zheng. B., Li. M., Yu. F., Chen. C., Liu. F., Zhou. X., Yuan. J., Zhang. Q., and He. K. (2017). A high-resolution air pollutants emission inventory in 2013 for the Beijing-Tianjin-Hebei region, China. **Atmospheric Environment** 170: 156-168.

Rakha, H., Aerde, M.V., Ahn, K., and Trani, A.A. (2000). Requirements for evaluating traffic signal control impact on energy and emission base on instantaneous speed and acceleration measurement. **Transportation Research Record** 1738: 56-67.

Serirattanasakul, S. (2007). **The development of suitable traffic control plan: A case study of Nakorn Ratchasima province**. M.Eng. Thesis, Suranaree University of Technology.

Singh. R., Sharma. C., and Agrawai. M. (2017). Emission inventory of trace gases from road transport in India. **Transportation Research Part D: Transport and Environmental** 52: 64-72.

Steven, H. (2010). **MOBILEV Model**. [User's Manual]. Germany.

Tamsanya, N., and Chungpaibulpatana, S. (2009). Influence of driving cycles on exhaust emission and fuel consumption of gasoline passenger car in Bangkok. **Journal of Environmental Sciences** 21: 604-611.

Thitisakdanon, P. (2005). The Dispersion of Traffic Air Pollutants by Using Street Canyon Model in Airviro: A Case Study of Ladprao Road. **Environment and Natural Resources Journal** 2: 115-123.

Thummadetsak, T., Sukajit, P., Siangsanorh, S., and PTT Public Company Limited. (2010). **Ethanol Blend Fuel Performance on Evaporative Emission of Motorcycle in Thailand.** [On-line]. Available:http://www.pttplc.com/th/About/rti/Documents/Article/Paper%20Ethanol%20Blend%20Fuel%20Performance%20on%20Evaporative%20Emission%20of%20Motorcycle%20in%20Thailand%20(Thummarat-Thai%20Speaker.pdf.

Tiwary, A. and Colls, J. (2010). **Effect of operating mode, chapter 3, Mobile sources, Air Pollution: Measurement, modelling and mitigation**. New York: CRC Press.

Tong, H.Y,. Hung, W.T., and Cheung, C.S. (1999). Development of a driving cycle for Hong Kong. **Atmospheric Environment** 33: 2323-2335.

Tong, H.Y., Tung, H.D., Hung, W.T., and Ngyyen, H.V. (2011), Development of driving cycles for motorcycles and light-duty vehicles in Vietnam. **Atmospheric Environment**. 45: 5191-5199.

United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA]. (1980). **User's guide for HIWAY2** [On-line]. Available: http://www.epa.gov/nscep/.

United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA]. (1995). **Compilation of Air Pollutant Emission factors** [On-line]. Available: http:// www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ oldeditions.html.

United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA]. (2003). **User's guide to MOBILE6.1 and MOBILE6.2** [On-line]. Available: www.epa.gov/otaq/models/mobile 6/420r03010.

United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA]. (2009). **EPA releases moves mobile source emissions model: Questions and Answers** [On-line]. Available: www. epa.gov/otaq/models/moves/documents/420f14049.pdf.

United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA]. (2013 b). **Mobile Models** [On-line]. Available: http://www.epa.gov/otaq/mobile.htm.

United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA]. (2014 a). **Health effect of Particle matter** [On-line]. Available: http://www.epa.gov/airquality/particulatematter /health.html.

United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA]. (2014 b). **Emissions factors** [On-line]. Available: http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/.

United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA]. (2014 c). **EPA releases MOVES2014 mobile source emissions model** [On-line]. Available: http://www.epa.gov /otaq/models/moves/documents/420f14049.pdf.

United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA]. (2017). **Vehicle and fuel emission testing** [On-line]. Available: https://www.epa.gov/vehicle-and-fuel-emissions-testing/ dynamometer-drive-schedules.

Veliger, De., Keukeleere, D.De., and Kretzschmar, J.G. (2000). Environmental effects of driving behavior and congestion related to passenger cars. **Atmospheric Environment** 34: 4649-4655.

Wallace, H.W., Jobson, B.T., Erickson, M.H., McCoskey, J.K., VanReken, T.M., Lamb, B.K., Vaughan, J.K., Hardy, R.J., Cole, J.L., Strachan, S.M., and Zhang, W. (2012). Comparison of wintertime CO to NO_x ratio to MOVES and MOBILE6.2 on-road emission inventories. **Atmospheric Environment** 63: 289-297.

Wang, O., Huo, H., He, K., Yao, Z., and Zhang, Q. (2008). Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in Chinese cities. **Transportation Research Part D: Transport and Environment** 13: 289-297.

Wang, Y., Li, Jiong., Cheng, Xiang., Lun, X., Sun, Dezhi., and Wang, X. (2014). Estimation of PM_{10} in the traffic-related atmosphere for three road types in Beijing and Guangzhou, China. Journal of Environmental sciences 26: 197-204.

Zhang, Q., Xu, J., Wang, G., Tian, W., and Jiang, H. (2008). Vehicle emission inventories projection based on dynamic emission factors: A case study of Hangzhou, China. **Atmospheric Environment** 42: 4989–5002.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

ข้อมูลยานพาหนะ

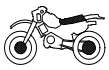
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.1 เปรียบเทียบปริมาณยานพาหนะเฉลี่ยของช่วงวันทำงานกับวันหยุดบนถนนในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ปี 2558

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 9 ชั่วโมง (คัน)		ร้อยละความแตกต่าง (เปอร์เซ็นต์)
		วันทำงาน	วันหยุด	
ถนนทางหลวง (ทล. 2)	Passenger Car	20298	19756	2.7
	Pick up	16935	15002	12.9
	Medium truck	232	246	-5.7
	Heavy truck	270	266	1.5
	Van	1170	1066	9.8
	Light bus	1387	1248	11.1
	Heavy bus	654	746	-12.3
	Motorcycle	14336	8710	64.6
	Tuk tuk	767	644	19.1
ถนนสายหลัก (ชุมพล)	Passenger Car	3608	4559	-20.9
	Pick up	2973	2881	3.2
	Medium truck	22	42	-47.6
	Heavy truck	17	14	17.9
	Van	183	185	-1.1
	Light bus	950	827	14.8
	Heavy bus	32	29	10.3
	Motorcycle	4735	4588	3.2
	Tuk tuk	314	332	-5.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

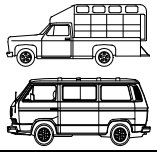
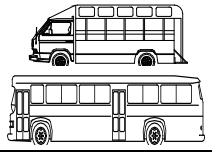
ตารางที่ ก.2 ข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมงบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี 2558

ถนน	ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย (คันต่อวัน)					
						
	รถจักรยานยนต์		รถสามล้อเครื่อง		รถยนต์ส่วนบุคคล	
	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด
ราชดำเนิน	9755	9199	630	595	7367	9321
ชุมพล*	9755	9199	630	595	7367	9321
จักรี	10462	7349	221	164	4807	10561
มนัส	10462	7349	221	164	4807	10561
ประจักร*	10462	7349	221	164	4807	10561
กุดั่น	10462	7349	221	164	4807	10561
พลล้าน	10462	7349	221	164	4807	10561
จอมสุรางยาตร์	8269	7323	407	517	4315	8812
มุขมนตรี*	13841	12215	420	541	9029	18665
พิบูลละเอียด	8269	7323	407	517	4315	8812
โพธิ์กลาง*	8269	7323	407	517	4315	8812
สุรนารี	8269	7323	407	517	4315	8812
มหาดไทย	5925	5060	289	345	3138	4397
จอมพล*	5925	5060	289	345	3138	4397
อัษฎางค์	5925	5060	289	345	3138	4397
ยมราช	5925	5060	289	345	3138	4397
พลแสน	5925	5060	289	345	3138	4397
ทล. 2*	8810	5302	502	419	30839	30094
ทล. 205*	11506	6924	655	548	22908	22354
ทล. 224*	4357	2622	248	207	12285	11988
ทล. 304*	4834	2909	275	230	5743	5604

หมายเหตุ สัญลักษณ์ * หมายถึง ถนนที่มีข้อมูลปริมาณยานพาหนะอ้างอิง

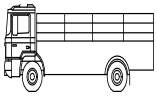
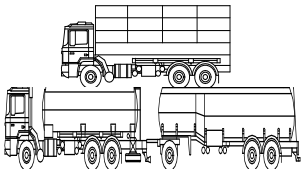
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมงบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี 2558 (ต่อ)

ถนน	ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย (คันต่อวัน)					
						
	รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ		**รถยนต์โดยสาร ขนาดเล็ก**		**รถยนต์โดยสาร ขนาดกลางขึ้นไป**	
	วันทำงาน	**วันหยุด**	**วันทำงาน**	**วันหยุด**	**วันทำงาน**	**วันหยุด**
ราชดำเนิน	5918	5851	2308	2051	66	50
ชุมพล*	5918	5851	2308	2051	66	50
จักรี	3768	2827	417	298	10	4
มนัส	3768	2827	417	298	10	4
ประจักร*	3768	2827	417	298	10	4
กุดั่น	3768	2827	417	298	10	4
พลล้าน	3768	2827	417	298	10	4
จอมสุรางยาตร์	3455	3151	589	483	7	2
มุขมนตรี*	7898	6169	1065	903	23	10
พิบูลละเอียด	3455	3151	589	483	7	2
โพธิ์กลาง*	3455	3151	589	483	7	2
สุรนารี	3455	3151	589	483	7	2
มหาดไทย	3579	2448	701	696	2	4
จอมพล*	3579	2448	701	696	2	4
อัษฎางค์	3579	2448	701	696	2	4
ยมราช	3579	2448	701	696	2	4
พลแสน	3579	2448	701	696	2	4
ทล. 2*	23967	21336	29294	24610	3163	3724
ทล. 205*	1938	1725	7470	6276	277	326
ทล. 224*	3597	3202	9380	7880	656	772
ทล. 304*	7122	6340	5213	4379	1560	1837

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย 24 ชั่วโมงบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาปี 2558 (ต่อ)

ถนน	ปริมาณยานพาหนะเฉลี่ย (คันต่อวัน)			
				
	รถยนต์บรรทุก 6 ล้อ		รถยนต์บรรทุกตั้งแต่ 10 ล้อขึ้นไป	
	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด
ราชดำเนิน	44	72	27	24
ชุมพล*	44	72	27	24
จักรี	25	14	17	6
มนัส	25	14	17	6
ประจักร*	25	14	17	6
กุดั่น	25	14	17	6
พลล้าน	25	14	17	6
จอมสุรางยาตร์	21	40	17	11
มุขมนตรี*	64	104	40	38
พิบูลละเอียด	21	40	17	11
โพธิ์กลาง*	21	40	17	11
สุรนารี	21	40	17	11
มหาดไทย	18	17	44	3
จอมพล*	18	17	44	3
อัษฎางค์	18	17	44	3
ยมราช	18	17	44	3
พลแสน	18	17	44	3
ทล. 2*	1098	1182	4192	4143
ทล. 205*	310	334	385	381
ทล. 224*	548	590	1037	1025
ทล. 304*	1328	1430	3177	3140

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลระยะการเดินทางของยานพาหนะเฉลี่ยต่อปี (Vehicle Kilometers of Travel, VKT) (Thirayoot Limanond et al., 2009)

ประเภทยานพาหนะ	ระยะทางการเดินทางเฉลี่ยต่อปี (กิโลเมตรต่อคัน)	
	นครราชสีมา	กรุงเทพมหานคร
รถจักรยานยนต์	5662	4015
รถจักรยานยนต์รับจ้าง	8844	4219
รถสามล้อเครื่อง	40382	40351
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคลและรถตู้โดยสาร	18140	32475
รถยนต์ส่วนบุคคลรับจ้าง	132476	109351
รถยนต์ส่วนบุคคล	15640	31368
รถยนต์โดยสารขนาดกลางและใหญ่	28579	48627
รถยนต์บรรทุกขนาดกลางและใหญ่	59115	40989
รถยนต์โดยสารขนาดเล็ก	40591	54702

หมายเหตุ การคำนวณในแบบจำลองมลพิษอากาศต้องเปลี่ยนหน่วยจากกิโลเมตร (km) เป็นไมล์ (mile)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลปริมาณรถจดทะเบียนสะสมแยกตามอายุยานพาหนะของจังหวัดนครราชสีมา ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2558 (สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา, 2559)

ประเภทรถ	ปริมาณยานพาหนะจดทะเบียนสะสม (คัน)													
	< 1 ปี	1 ปี	2 ปี	3 ปี	4 ปี	5 ปี	6 ปี	7 ปี	8 ปี	9 ปี	10 ปี	11-15 ปี	16-20 ปี	> 20 ปี
ก. รวมรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์	**71,454**	**75,965**	**100,496**	**106,841**	**87,422**	**76,969**	**63,184**	**69,202**	**59,455**	**64,588**	**64,813**	**177,351**	**99,682**	**107,709**
รย.1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	11,778	13,683	23,062	20,498	12,353	10,890	7,484	7,717	7,895	7,934	8,664	26,546	17,390	19,929
รย.2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน	156	217	344	405	294	295	213	259	300	258	324	1,145	1,556	3,788
รย.3 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	7,309	8,583	11,702	11,364	8,945	7,945	6,805	10,151	11,267	11,176	11,925	38,011	40,041	39,847
รย.4 รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล	-	-	-	3	-	1	1	-	1	-	3	1	1	4
รย.5 รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รย.6 รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน	18	22	10	-	5	15	17	11	19	-	-	-	-	-
รย.7 รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รย.8 รถยนต์รับจ้างสามล้อ	1	17	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	758
รย.9 รถยนต์บริการธุรกิจ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รย.10 รถยนต์บริการทัศนาจร	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รย.11 รถยนต์บริการให้เช่า	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รย.12 รถจักรยานยนต์	47,914	48,980	59,726	68,306	59,882	53,847	45,004	47,124	38,264	43,611	42,285	105,032	31,657	20,141
รย.13 รถแทร็กเตอร์	3,497	3,738	4,519	4,459	4,258	2,771	2,256	2,540	682	355	416	1,266	995	1,907
รย.14 รถบดถนน	24	12	14	10	17	10	6	7	2	19	11	72	106	65
รย.15 รถใช้ในงานเกษตรกรรม	664	532	843	1,429	1,400	985	1,220	1,223	902	1,018	931	4,698	7,826	21,026
รย.16 รถพ่วง	63	66	89	136	95	62	48	57	26	30	2	5	-	9
รย.17 รถจักรยานยนต์สาธารณะ	30	115	177	231	173	148	130	113	97	187	252	575	109	235

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลปริมาณรถจดทะเบียนสะสมแยกตามอายุยานพาหนะของจังหวัดนครราชสีมา ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2558 (ต่อ)

ประเภทรถ	ปริมาณยานพาหนะจดทะเบียนสะสม (คัน)													
	< 1 ปี	1 ปี	2 ปี	3 ปี	4 ปี	5 ปี	6 ปี	7 ปี	8 ปี	9 ปี	10 ปี	11-15 ปี	16-20 ปี	> 20 ปี
ข. รวมรถตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก	**1,455**	**1,809**	**2,502**	**1,826**	**1,719**	**1,400**	**1,077**	**1,211**	**1,293**	**1,307**	**2,237**	**10,485**	**9,478**	**17,123**
รวมรถโดยสาร	**185**	**135**	**233**	**199**	**160**	**144**	**136**	**189**	**145**	**216**	**279**	**1,251**	**1,021**	**1,672**
แยกเป็น - ประจำทาง	53	72	119	110	65	82	61	94	81	141	159	818	785	1,034
-ไม่ประจำทาง	129	54	105	86	48	54	67	85	59	67	105	355	169	547
- ส่วนบุคคล	3	9	9	3	47	8	8	10	5	8	15	78	67	91
รวมรถบรรทุก	**1,270**	**1,674**	**2,269**	**1,627**	**1,559**	**1,256**	**941**	**1,022**	**1,148**	**1,091**	**1,958**	**9,234**	**8,456**	**15,437**
แยกเป็น -ไม่ประจำทาง	378	523	509	425	284	244	188	212	260	257	240	1,067	515	726
- ส่วนบุคคล	892	1,151	1,760	1,202	1,275	1,012	753	810	888	834	1,718	8,167	7,941	14,711
โดยรถขนาดเล็ก	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**1**	**14**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์รายชั่วโมงของแต่ละเดือนปี 2558 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง ณ สถานีสูบน้ำเสีย เทศบาลนครนครราชสีมา (47T) (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

เดือน	เวลา (นาฬิกา)											
	1.00	**2.00**	**3.00**	**4.00**	**5.00**	**6.00**	**7.00**	**8.00**	**9.00**	**10.00**	**11.00**	**12.00**
มกราคม	23.0	25.3	29.3	40.0	43.3	45.7	48.3	51.5	42.5	38.0	30.3	25.3
กุมภาพันธ์	46.8	51.0	55.8	60.6	65.7	69.9	73.0	74.6	65.8	55.7	45.0	36.3
มีนาคม	42.8	46.0	52.3	56.5	58.3	61.3	67.0	64.3	57.0	46.7	42.7	35.2
เมษายน	44.7	48.3	51.6	56.2	59.5	62.7	64.4	56.6	40.8	33.2	25.5	21.3
พฤษภาคม	57.6	60.7	63.6	66.9	69.8	73.8	75.8	62.0	47.2	36.3	27.3	20.9
มิถุนายน	59.3	60.5	61.6	64.6	67.4	70.0	70.9	63.1	48.1	37.0	29.5	24.6
กรกฎาคม	59.5	60.1	63.1	65.6	66.3	67.4	68.8	67.0	59.1	48.3	37.5	29.7
สิงหาคม	69.8	72.8	74.6	75.6	78.0	79.7	80.0	71.7	47.7	38.5	33.5	33.8
กันยายน	78.0	81.4	84.1	85.6	87.7	88.6	88.9	81.6	68.1	58.6	51.4	46.2
ตุลาคม	74.6	77.4	79.5	84.6	89.5	92.3	95.7	89.5	71.2	57.7	48.2	43.4
พฤศจิกายน	58.3	63.3	67.7	73.1	79.6	82.8	85.8	79.0	59.7	53.0	46.6	39.5
ธันวาคม	42.0	44.4	47.6	51.7	56.2	62.9	67.9	67.1	52.6	44.1	37.3	31.8
ค่าเฉลี่ย	54.7	57.6	60.9	65.1	68.4	71.4	73.9	69.0	55.0	45.6	37.9	32.3
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	15.7	15.7	15.0	13.3	13.5	13.0	12.6	10.8	10.1	9.1	8.8	8.3

เดือน	เวลา (นาฬิกา)											
	13.00	**14.00**	**15.00**	**16.00**	**17.00**	**18.00**	**19.00**	**20.00**	**21.00**	**22.00**	**23.00**	**24.00**
มกราคม	20.3	16.7	12.7	10.7	9.7	11.0	14.7	17.3	19.7	23.0	24.7	25.7
กุมภาพันธ์	27.2	22.7	19.5	18.0	18.5	20.5	26.3	30.5	33.9	39.3	42.0	44.5
มีนาคม	29.8	25.2	21.3	23.0	37.2	37.0	40.0	40.3	41.6	42.1	42.0	47.7
เมษายน	17.4	18.8	21.5	19.6	21.3	27.7	28.9	31.8	31.8	33.5	36.1	39.7
พฤษภาคม	16.9	14.7	15.1	21.1	23.4	28.7	33.9	38.1	41.1	44.9	49.0	53.1
มิถุนายน	21.4	19.5	20.9	24.3	29.8	36.3	42.2	45.6	48.4	51.0	54.4	57.3
กรกฎาคม	26.1	25.4	26.5	31.1	32.8	37.0	40.3	45.3	50.7	55.8	58.4	60.3
สิงหาคม	29.9	27.9	25.8	30.3	33.0	38.2	44.1	51.0	57.8	62.9	66.4	68.6
กันยายน	41.2	38.2	37.6	39.6	42.9	47.7	56.5	62.7	68.0	71.3	74.6	77.1
ตุลาคม	40.4	38.2	37.2	37.7	39.2	42.5	48.1	54.2	60.6	65.5	69.2	71.5
พฤศจิกายน	34.9	30.8	28.4	26.4	26.8	29.9	34.8	39.2	44.7	48.9	52.8	54.7
ธันวาคม	26.5	22.7	20.1	18.5	18.1	20.0	23.0	26.7	30.8	33.3	35.8	38.6
ค่าเฉลี่ย	27.7	25.1	23.9	25.0	27.7	31.4	36.1	40.2	44.1	47.6	50.5	53.2
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	8.1	7.7	7.7	8.5	9.9	10.5	11.6	12.6	14.0	14.5	15.1	15.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลอุณหภูมิรายชั่วโมงของแต่ละเดือนปี 2558 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศและเสียง ณ สถานีสูบน้ำเสีย เทศบาลนครนครราชสีมา (47T) (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

เดือน	เวลา (นาฬิกา)											
	1.00	**2.00**	**3.00**	**4.00**	**5.00**	**6.00**	**7.00**	**8.00**	**9.00**	**10.00**	**11.00**	**12.00**
มกราคม	23.7	26.8	29.3	31.6	33.5	34.4	34.8	35.2	34.9	33.6	31.6	30.1
กุมภาพันธ์	24.4	23.9	23.4	22.8	22.3	21.9	21.6	21.7	23.0	24.4	25.9	27.3
มีนาคม	27.9	27.4	26.9	26.3	25.9	25.6	25.3	25.9	26.9	28.0	28.8	30.3
เมษายน	28.4	27.9	27.5	27.1	26.6	26.3	26.1	27.4	29.0	30.7	32.2	33.5
พฤษภาคม	29.0	28.6	28.4	28.1	27.9	27.6	27.7	29.3	31.1	32.5	34.0	35.3
มิถุนายน	28.6	28.3	28.0	27.8	27.6	27.4	27.4	28.7	30.4	31.8	33.0	34.1
กรกฎาคม	28.3	28.0	27.7	27.4	27.2	27.0	26.9	27.5	28.8	30.2	31.7	32.8
สิงหาคม	27.4	27.1	26.9	26.6	26.5	26.3	26.2	27.3	28.8	30.2	31.4	32.2
กันยายน	26.9	26.6	26.3	26.1	25.9	25.8	25.7	26.9	28.4	29.4	30.3	31.1
ตุลาคม	26.2	26.0	25.8	25.5	25.2	25.1	25.0	25.8	27.1	28.1	29.1	29.8
พฤศจิกายน	26.8	26.4	25.9	25.5	25.1	24.8	24.6	25.4	27.2	28.0	28.8	30.0
ธันวาคม	42.0	44.4	47.6	51.7	56.2	62.9	67.9	67.1	52.6	44.1	37.3	31.8
ค่าเฉลี่ย	28.3	28.5	28.6	28.9	29.2	29.6	29.9	30.7	30.7	30.9	31.2	31.5
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.6	5.2	6.2	7.5	8.9	10.9	12.3	11.9	7.4	4.8	2.9	2.2

เดือน	เวลา (นาฬิกา)											
	13.00	**14.00**	**15.00**	**16.00**	**17.00**	**18.00**	**19.00**	**20.00**	**21.00**	**22.00**	**23.00**	**24.00**
มกราคม	30.9	31.8	32.5	32.8	32.9	32.0	30.0	28.3	27.1	26.2	25.5	24.9
กุมภาพันธ์	28.9	29.9	30.7	30.8	30.8	30.2	28.9	27.9	27.1	26.3	25.6	25.0
มีนาคม	31.4	32.4	33.3	32.7	30.6	30.7	30.3	29.9	29.3	28.9	28.5	28.0
เมษายน	34.5	34.9	35.2	35.4	35.0	34.0	32.9	31.6	30.8	30.2	29.7	29.1
พฤษภาคม	36.2	36.8	36.8	35.9	34.9	33.7	32.4	31.6	31.1	30.5	30.1	29.6
มิถุนายน	34.8	35.3	35.2	34.6	33.7	32.7	31.7	30.8	30.3	29.8	29.2	28.8
กรกฎาคม	33.6	34.1	34.0	33.5	33.1	32.4	31.4	30.5	29.7	29.1	28.7	28.4
สิงหาคม	33.0	33.6	34.0	33.6	33.3	32.1	30.8	29.6	28.8	28.1	27.8	27.6
กันยายน	31.9	32.4	32.4	32.0	31.5	30.7	29.6	28.7	28.0	27.6	27.2	27.0
ตุลาคม	30.4	30.7	31.0	30.9	30.8	30.1	29.1	28.4	27.7	27.2	26.8	26.5
พฤศจิกายน	30.7	31.5	31.9	32.2	32.1	31.4	30.4	29.6	28.8	28.1	27.6	27.2
ธันวาคม	26.5	22.7	20.1	18.5	18.1	20.0	23.0	26.7	30.8	33.3	35.8	38.6
ค่าเฉลี่ย	31.9	32.2	32.3	31.9	31.4	30.8	30.0	29.5	29.1	28.8	28.5	28.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.7	3.6	4.2	4.5	4.4	3.6	2.5	1.5	1.4	2.0	2.7	3.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค.

การคำนวณปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการปล่อยสารมลพิษ

1) ข้อมูลการขับขี่รถจักรยายนต์ในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงานบนถนนราชดำเนิน

ประเภทยานพาหนะ	จำนวนไมโครทริปในแต่ละช่วงความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)								
	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90
รถจักรยานยนต์	3	5	3	4	0	0	0	0	0

2) ค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษของสารไฮโดรคาร์บอนจากรถจักรยายนต์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2556)

เทคโนโลยียานพาหนะ	เชื้อเพลิงยานพาหนะ	จำนวนไมโครทริปในแต่ละช่วงความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)								
		0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90
Euro III	Gasohol 91	0.288	0.217	0.184	0.164	0.150	0.139	0.131	0.124	0.118

3) การคำนวณปริมาณสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ในแต่ละช่วงความเร็วยานพาหนะ (k)

$$E_{ij} = \sum_{i}^{a}\sum_{j}^{b}\sum_{k}^{c}\left[EF_{ijk} \times \frac{T}{3600} \times n_{jk} \times k\right] \times N_j$$

ความเร็วยานพาหนะที่ k = 0-10 กม.ต่อชม.

$$E_0 = \left[0.288\frac{\text{กรัม}}{\text{กม./คัน}} \times 3 \times \frac{7.31\ \text{วินาที}}{3600\ \text{วินาที/ชม.}} \times 0\frac{\text{กม.}}{\text{ชม.}}\right] \times 9755\frac{\text{คัน}}{\text{วัน}} = 16.85\ \text{กรัมต่อวัน}$$

$$E_{10} = \left[0.288\frac{\text{กรัม}}{\text{กม./คัน}} \times 3 \times \frac{7.31\ \text{วินาที}}{3600\ \text{วินาที/ชม.}} \times 10\frac{\text{กม.}}{\text{ชม.}}\right] \times 9755\frac{\text{คัน}}{\text{วัน}} = 168.57\ \text{กรัมต่อวัน}$$

ความเร็วยานพาหนะที่ k = 11-20 กม.ต่อชม.

$$E_{11} = \left[0.217\frac{\text{กรัม}}{\text{กม./คัน}} \times 5 \times \frac{7.31\ \text{วินาที}}{3600\ \text{วินาที/ชม.}} \times 11\frac{\text{กม.}}{\text{ชม.}}\right] \times 9755\frac{\text{คัน}}{\text{วัน}} = 232.85\ \text{กรัมต่อวัน}$$

$$E_{20} = \left[0.217\frac{\text{กรัม}}{\text{กม./คัน}} \times 5 \times \frac{7.31\ \text{วินาที}}{3600\ \text{วินาที/ชม.}} \times 20\frac{\text{กม.}}{\text{ชม.}}\right] \times 9755\frac{\text{คัน}}{\text{วัน}} = 423.37\ \text{กรัมต่อวัน}$$

ความเร็วยานพาหนะที่ k = 21-30 กม.ต่อชม.

$$E_{21} = \left[0.184\frac{\text{กรัม}}{\text{กม./คัน}} \times 3 \times \frac{7.31\ \text{วินาที}}{3600\ \text{วินาที/ชม.}} \times 21\frac{\text{กม.}}{\text{ชม.}}\right] \times 9755\frac{\text{คัน}}{\text{วัน}} = 226.16\ \text{กรัมต่อวัน}$$

$$E_{30} = \left[0.184\frac{\text{กรัม}}{\text{กม./คัน}} \times 3 \times \frac{7.31\ \text{วินาที}}{3600\ \text{วินาที/ชม.}} \times 30\frac{\text{กม.}}{\text{ชม.}}\right] \times 9755\frac{\text{คัน}}{\text{วัน}} = 323.09\ \text{กรัมต่อวัน}$$

ความเร็วยานพาหนะที่ k = 31-40 กม.ต่อชม.

$$E_{31} = \left[0.164\frac{\text{กรัม}}{\text{กม./คัน}} \times 4 \times \frac{7.31\ \text{วินาที}}{3600\ \text{วินาที/ชม.}} \times 31\frac{\text{กม.}}{\text{ชม.}}\right] \times 9755\frac{\text{คัน}}{\text{วัน}} = 396.76\ \text{กรัมต่อวัน}$$

$$E_{40} = \left[0.164\frac{\text{กรัม}}{\text{กม./คัน}} \times 4 \times \frac{7.31\ \text{วินาที}}{3600\ \text{วินาที/ชม.}} \times 40\frac{\text{กม.}}{\text{ชม.}}\right] \times 9755\frac{\text{คัน}}{\text{วัน}} = 511.94\ \text{กรัมต่อวัน}$$

4) ปริมาณการปล่อยสารไฮโดรคาร์บอนจากรถจักรยานยนต์บนถนนราชดำเนิน

$E_{\text{รวม ที่ k = 0, 11, 21, 31}}$ = (16.85 + 232.85 + 226.16 + 396.76) กรัมต่อวัน

= 872.62 กรัมต่อวัน

$E_{\text{รวม ที่ k = 10, 20, 30, 40}}$ = (168.57 + 423.37 + 323.09 + 511.94) กรัมต่อวัน

= 1426.97 กรัมต่อวัน

ดังนั้น ปริมาณการปล่อยไฮโดรคาร์บอนจากรถจักรยานยนต์บนถนนราชดำเนินอยู่ในช่วง 872.62 ถึง 1,426.97 กรัมต่อวัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.1 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ราชดำเนิน	WD-MP	24.0	24.0	0.1	-0.3	0.0	46.2	23.1	30.8	1.35	0.76
	WD-OP	22.7	22.7	0.3	-0.3	0.0	46.2	46.2	7.7	1.35	
	WD-EP	23.1	23.1	0.5	-0.3	0.0	38.5	38.5	23.1	1.35	
	ค่าเฉลี่ย	23.3	23.3	0.3	-0.3	0.0	43.6	35.9	20.5	1.35	
	WE-MP	25.7	25.7	0.3	-0.2	0.0	30.8	46.2	23.1	1.35	
	WE-OP	21.5	22.8	0.2	-0.3	0.0	25.0	43.8	31.3	1.57	
	WE-EP	24.8	24.8	0.2	-0.3	0.0	38.5	38.5	23.1	1.35	
	ค่าเฉลี่ย	24.0	24.4	0.2	-0.3	0.0	31.4	42.8	25.8	1.42	
ชุมพล	WD-MP	26.3	26.3	0.3	-0.4	0.0	58.3	41.7	0.0	1.28	0.76
	WD-OP	19.7	21.2	0.2	-0.3	0.0	30.8	53.8	15.4	1.35	
	WD-EP	25.7	25.7	0.1	-0.3	0.0	20.0	26.7	53.3	1.50	
	ค่าเฉลี่ย	23.9	24.4	0.2	-0.3	0.0	36.4	40.7	22.9	1.38	
	WE-MP	15.9	15.9	0.2	-0.3	0.0	36.8	26.3	36.8	2.19	
	WE-OP	18.2	18.2	0.2	-0.2	0.0	33.3	53.3	13.3	1.49	
	WE-EP	22.5	22.5	0.2	-0.2	0.0	50.0	42.9	7.1	1.42	
	ค่าเฉลี่ย	18.9	18.9	0.2	-0.2	0.0	40.1	40.8	19.1	1.70	
จักรี	WD-MP	14.8	21.0	0.3	-0.7	25.0	43.8	31.3	0.0	1.57	0.67
	WD-OP	14.9	19.8	0.2	-0.4	21.1	31.6	36.8	10.5	2.19	
	WD-EP	15.2	16.8	0.3	-0.3	0.0	36.8	42.1	21.1	2.19	
	ค่าเฉลี่ย	15.0	19.2	0.3	-0.5	15.4	37.4	36.7	10.5	1.98	
	WE-MP	19.6	20.9	0.4	-0.5	0.0	46.7	46.7	6.7	1.49	
	WE-OP	17.8	17.8	0.2	-0.2	0.0	35.3	29.4	35.3	2.04	
	WE-EP	16.1	19.4	0.2	-0.4	11.8	41.2	35.3	11.8	2.04	
	ค่าเฉลี่ย	17.8	19.4	0.3	-0.4	3.9	41.0	37.1	17.9	1.86	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.1 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
มนัส	WD-MP	14.0	14.7	0.2	-0.2	0.0	26.3	36.8	36.8	2.19	0.67
	WD-OP	13.5	17.7	0.4	-0.5	15.0	45.0	35.0	5.0	2.26	
	WD-EP	16.4	19.1	0.2	-0.4	5.0	40.0	30.0	25.0	2.26	
	ค่าเฉลี่ย	14.6	17.2	0.3	-0.4	6.7	37.1	33.9	22.3	2.24	
	WE-MP	12.8	21.0	0.2	-0.5	27.3	22.7	31.8	18.2	2.41	
	WE-OP	14.0	18.9	0.2	-0.5	22.7	40.9	27.3	9.1	2.41	
	WE-EP	13.8	17.7	0.2	-0.5	17.6	29.4	29.4	23.5	2.04	
	ค่าเฉลี่ย	13.5	19.2	0.2	-0.5	22.5	31.0	29.5	16.9	2.29	
ประจักร	WD-MP	14.9	15.8	0.3	-0.4	0.0	41.2	41.2	17.6	2.04	0.67
	WD-OP	14.0	18.6	0.3	-0.4	10.5	31.6	31.6	26.3	2.19	
	WD-EP	17.3	20.0	0.4	-0.3	7.1	42.9	50.0	0.0	1.42	
	ค่าเฉลี่ย	15.4	18.1	0.3	-0.4	5.9	38.5	40.9	14.7	1.88	
	WE-MP	17.6	21.1	0.4	-0.6	0.0	52.9	41.2	5.9	2.04	
	WE-OP	12.7	16.1	0.2	-0.3	16.7	27.8	27.8	27.8	2.12	
	WE-EP	17.4	19.7	0.3	-0.2	6.3	25.0	56.3	12.5	1.57	
	ค่าเฉลี่ย	15.9	19.0	0.3	-0.4	7.6	35.2	41.7	15.4	1.91	
กุดั่น	WD-MP	14.3	18.7	0.3	-0.5	10.0	50.0	35.0	5.0	2.26	0.64
	WD-OP	16.0	19.4	0.3	-0.4	12.5	37.5	43.8	6.3	1.57	
	WD-EP	19.5	20.9	0.3	-0.4	0.0	46.2	46.2	7.7	1.35	
	ค่าเฉลี่ย	16.6	19.7	0.3	-0.4	7.5	44.6	41.6	6.3	1.73	
	WE-MP	17.0	21.8	0.3	-0.5	11.8	52.9	29.4	5.9	2.04	
	WE-OP	16.7	19.5	0.2	-0.3	7.7	38.5	30.8	23.1	1.35	
	WE-EP	18.6	18.6	0.3	-0.4	0.0	46.7	40.0	13.3	1.49	
	ค่าเฉลี่ย	17.4	20.0	0.3	-0.4	6.5	46.0	33.4	14.1	1.63	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.1 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
พลล้าน	WD-MP	22.8	22.8	0.3	-0.3	0.0	33.3	33.3	33.3	1.06	0.62
	WD-OP	15.2	18.8	0.2	-0.2	15.0	30.0	30.0	25.0	2.26	
	WD-EP	17.9	19.2	0.4	-0.4	0.0	50.0	35.7	14.3	1.43	
	ค่าเฉลี่ย	18.7	20.3	0.3	-0.3	5.0	37.8	33.0	24.2	1.58	
	WE-MP	19.1	20.3	0.3	-0.5	0.0	40.0	33.3	26.7	1.49	
	WE-OP	18.6	20.0	0.5	-0.3	0.0	35.7	42.9	21.4	1.42	
	WE-EP	19.4	22.3	0.4	-0.5	0.0	28.6	35.7	35.7	1.42	
	ค่าเฉลี่ย	19.0	20.9	0.4	-0.4	0.0	34.8	37.3	27.9	1.44	
จอมสุรางยาตร์	WD-MP	26.9	26.9	0.2	-0.2	0.0	28.0	24.0	48.0	3.03	1.57
	WD-OP	26.4	27.4	0.2	-0.3	0.0	40.7	37.0	22.2	3.17	
	WD-EP	23.4	23.4	0.2	-0.2	0.0	37.0	33.3	29.6	3.17	
	ค่าเฉลี่ย	25.6	25.9	0.2	-0.3	0.0	35.3	31.5	33.3	3.12	
	WE-MP	33.1	33.1	0.1	-0.2	0.0	28.0	24.0	48.0	3.03	
	WE-OP	27.6	31.6	0.2	-0.3	20.7	27.6	31.0	20.7	3.32	
	WE-EP	30.3	30.3	0.2	-0.2	0.0	38.5	30.8	30.8	3.10	
	ค่าเฉลี่ย	30.4	31.7	0.1	-0.2	6.9	31.3	28.6	33.2	3.15	
มุขมนตรี	WD-MP	27.5	27.5	0.3	-0.3	0.0	37.5	31.3	31.3	1.57	1.02
	WD-OP	24.3	24.3	0.2	-0.3	0.0	28.6	33.3	38.1	2.34	
	WD-EP	30.9	30.9	0.2	-0.3	0.0	38.5	38.5	23.1	1.35	
	ค่าเฉลี่ย	27.6	27.6	0.2	-0.3	0.0	34.8	34.3	30.8	1.75	
	WE-MP	29.9	29.9	0.2	-0.4	0.0	41.2	35.3	23.5	2.04	
	WE-OP	27.3	27.3	0.2	-0.3	0.0	46.7	20.0	33.3	1.49	
	WE-EP	29.7	33.2	0.2	-0.2	5.6	38.9	22.2	33.3	2.12	
	ค่าเฉลี่ย	29.0	30.1	0.2	-0.3	1.9	42.2	25.8	30.1	1.88	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.1 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
พิบูลละเอียด	WD-MP	22.9	25.5	0.2	-0.3	5.3	47.4	36.8	10.5	2.19	1.03
	WD-OP	16.2	20.0	0.2	-0.4	16.7	40.0	33.3	10.0	3.39	
	WD-EP	20.4	20.4	0.2	-0.2	0.0	41.7	33.3	25.0	2.55	
	ค่าเฉลี่ย	19.8	22.0	0.2	-0.3	7.3	43.0	34.5	15.2	2.71	
	WE-MP	23.7	23.7	0.2	-0.2	0.0	45.0	35.0	20.0	2.26	
	WE-OP	13.2	26.5	0.1	-0.4	45.7	28.6	20.0	5.7	4.16	
	WE-EP	24.9	24.9	0.2	-0.1	0.0	38.9	27.8	33.3	2.12	
	ค่าเฉลี่ย	20.6	25.0	0.2	-0.2	15.2	37.5	27.6	19.7	2.85	
โพธิ์กลาง	WD-MP	22.4	22.4	0.2	-0.3	0.0	34.5	27.6	37.9	3.32	1.55
	WD-OP	19.6	19.6	0.2	-0.2	0.0	32.3	32.3	35.5	3.47	
	WD-EP	17.5	26.9	0.2	-0.3	27.8	27.8	27.8	16.7	4.23	
	ค่าเฉลี่ย	19.8	23.0	0.2	-0.3	9.3	31.5	29.2	30.0	3.7	
	WE-MP	30.8	30.8	0.2	-0.3	0.0	27.3	45.5	27.3	2.41	
	WE-OP	23.9	27.2	0.2	-0.4	8.3	50.0	33.3	8.3	2.55	
	WE-EP	27.6	27.6	0.1	-0.2	0.0	40.0	24.0	36.0	3.03	
	ค่าเฉลี่ย	27.4	28.5	0.2	-0.3	2.8	39.1	34.3	23.9	2.66	
สุรนารี	WD-MP	19.7	23.6	0.2	-0.4	14.3	31.4	34.3	20.0	4.16	1.61
	WD-OP	20.2	22.2	0.2	-0.3	6.1	33.3	33.3	27.3	4.01	
	WD-EP	15.9	18.8	0.3	-0.3	7.9	26.3	39.5	26.3	4.38	
	ค่าเฉลี่ย	18.6	21.5	0.2	-0.3	9.4	30.4	35.7	24.5	4.18	
	WE-MP	21.5	21.5	0.2	-0.3	0.0	38.2	35.3	26.5	2.09	
	WE-OP	24.0	24.8	0.2	-0.3	0.0	38.7	38.7	22.6	3.47	
	WE-EP	22.5	28.3	0.2	-0.5	15.2	33.3	27.3	24.2	4.01	
	ค่าเฉลี่ย	22.7	24.9	0.2	-0.4	5.1	36.8	33.8	24.4	3.19	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.1 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
มหาดไทย	WD-MP	19.6	20.8	0.2	-0.4	2.9	41.2	32.4	23.5	4.09	1.66
	WD-OP	19.2	23.7	0.2	-0.3	16.7	36.1	30.6	16.7	4.23	
	WD-EP	19.5	23.8	0.5	-0.4	11.1	37.0	48.1	3.7	3.17	
	ค่าเฉลี่ย	19.5	22.8	0.3	-0.4	10.2	38.1	37.0	14.6	3.83	
	WE-MP	23.3	24.1	0.3	-0.3	0.0	33.3	53.3	13.3	3.39	
	WE-OP	25.2	26.1	0.3	-0.5	0.0	50.0	34.6	15.4	3.10	
	WE-EP	20.4	24.4	0.3	-0.3	11.1	36.1	41.7	11.1	4.23	
	ค่าเฉลี่ย	23.0	24.9	0.3	-0.4	3.7	39.8	43.2	13.3	3.57	
จอมพล	WD-MP	18.3	19.5	0.2	-0.3	2.2	28.9	37.8	31.1	5.29	1.59
	WD-OP	13.9	19.5	0.2	-0.4	19.6	31.4	29.4	19.6	6.13	
	WD-EP	18.0	20.0	0.2	-0.3	3.3	30.0	43.3	23.3	3.39	
	ค่าเฉลี่ย	16.7	19.7	0.2	-0.3	8.4	30.1	36.8	24.7	4.94	
	WE-MP	16.5	20.0	0.2	-0.4	12.8	25.6	30.8	30.8	4.45	
	WE-OP	16.2	19.7	0.2	-0.3	10.3	33.3	38.5	17.9	4.45	
	WE-EP	19.1	19.1	0.2	-0.3	0.0	36.4	36.4	27.3	4.01	
	ค่าเฉลี่ย	17.3	19.6	0.2	-0.3	7.7	31.8	35.2	25.3	4.30	
อัษฎางค์	WD-MP	20.3	22.1	0.3	-0.4	0.0	41.7	36.1	22.2	4.23	1.59
	WD-OP	20.6	23.2	0.2	-0.4	5.9	41.2	32.4	20.6	4.09	
	WD-EP	19.8	19.8	0.3	-0.3	0.0	36.1	44.4	19.4	4.23	
	ค่าเฉลี่ย	20.2	21.7	0.3	-0.4	2.0	39.7	37.6	20.8	4.18	
	WE-MP	21.4	25.9	0.3	-0.5	9.1	31.8	31.8	27.3	2.41	
	WE-OP	19.6	23.4	0.2	-0.4	11.1	33.3	25.0	30.6	4.23	
	WE-EP	19.3	22.5	0.3	-0.4	8.8	32.4	44.1	14.7	4.09	
	ค่าเฉลี่ย	20.1	23.9	0.3	-0.4	9.7	32.5	33.6	24.2	3.58	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.1 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ยมราช	WD-MP	23.7	26.3	0.3	-0.3	6.7	33.3	40.0	20.0	3.39	1.59
	WD-OP	22.7	28.6	0.4	-0.4	9.1	24.2	42.4	24.2	4.01	
	WD-EP	21.9	25.5	0.3	-0.4	8.8	44.1	38.2	8.8	4.09	
	ค่าเฉลี่ย	22.8	26.8	0.3	-0.4	8.2	33.9	40.2	17.7	3.83	
	WE-MP	27.0	27.0	0.3	-0.5	0.0	47.1	29.4	23.5	4.09	
	WE-OP	20.9	23.8	0.3	-0.3	6.3	34.4	40.6	18.8	3.54	
	WE-EP	24.1	25.0	0.4	-0.3	0.0	40.7	48.1	11.1	3.17	
	ค่าเฉลี่ย	24.0	25.3	0.3	-0.4	2.1	40.7	39.4	17.8	3.60	
พลแสน	WD-MP	24.1	29.1	0.2	-0.4	14.7	35.3	38.2	11.8	4.09	1.58
	WD-OP	25.9	25.9	0.3	-0.3	0.0	48.1	40.7	11.1	3.17	
	WD-EP	22.6	26.6	0.4	-0.4	10.5	42.1	36.8	10.5	2.19	
	ค่าเฉลี่ย	24.2	27.2	0.3	-0.4	8.4	41.8	38.6	11.1	3.15	
	WE-MP	28.4	28.4	0.3	-0.5	0.0	54.2	33.3	12.5	2.55	
	WE-OP	25.0	25.0	0.2	-0.3	0.0	45.7	40.0	14.3	4.16	
	WE-EP	26.5	29.8	0.3	-0.4	7.7	34.6	38.5	19.2	3.10	
	ค่าเฉลี่ย	26.6	27.7	0.3	-0.4	2.6	44.8	37.3	15.3	3.27	
ทล.2	WD-MP	43.4	44.4	0.2	-0.3	1.2	32.5	37.3	28.9	10.70	7.66
	WD-OP	34.0	37.0	0.1	-0.2	7.1	29.6	23.5	39.8	11.56	
	WD-EP	33.2	37.1	0.2	-0.3	9.5	33.7	38.9	17.9	11.34	
	ค่าเฉลี่ย	36.8	39.5	0.2	-0.3	5.9	31.9	33.3	28.9	11.20	
	WE-MP	42.3	42.3	0.1	-0.2	0.0	26.9	24.4	48.7	9.30	
	WE-OP	37.0	47.9	0.1	-0.3	21.0	22.0	25.0	32.0	12.11	
	WE-EP	37.3	42.5	0.2	-0.3	10.3	26.8	30.9	32.0	11.49	
	ค่าเฉลี่ย	38.8	44.2	0.1	-0.3	10.4	25.2	26.8	37.6	10.97	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.1 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ทล.205	WD-MP	31.0	31.0	0.2	-0.3	0.0	35.0	40.0	25.0	2.26	1.46
	WD-OP	28.0	28.0	0.1	-0.3	0.0	29.2	25.0	45.8	2.55	
	WD-EP	28.5	28.5	0.2	-0.4	0.0	34.6	26.9	38.5	3.10	
	ค่าเฉลี่ย	29.2	29.2	0.2	-0.3	0.0	32.9	30.6	36.4	2.64	
	WE-MP	35.7	35.7	0.3	-0.4	0.0	40.0	40.0	20.0	2.26	
	WE-OP	32.0	35.5	0.2	-0.6	0.0	47.4	26.3	26.3	2.19	
	WE-EP	30.7	30.7	0.2	-0.3	0.0	34.8	43.5	21.7	2.48	
	ค่าเฉลี่ย	32.8	34.0	0.3	-0.4	0.0	40.7	36.6	22.7	2.31	
ทล.224	WD-MP	23.5	28.8	0.2	-0.3	15.4	29.2	33.8	21.5	7.55	3.20
	WD-OP	22.2	26.1	0.2	-0.3	10.8	33.8	38.5	16.9	7.55	
	WD-EP	22.5	28.3	0.2	-0.3	13.9	30.6	34.7	20.8	8.46	
	ค่าเฉลี่ย	22.7	27.7	0.2	-0.3	13.3	31.2	35.7	19.8	7.85	
	WE-MP	27.1	34.0	0.2	-0.4	16.2	35.3	30.9	17.6	8.17	
	WE-OP	31.3	32.0	0.2	-0.4	0.0	43.8	41.7	14.6	5.50	
	WE-EP	23.7	30.5	0.2	-0.4	17.9	26.9	34.3	20.9	8.10	
	ค่าเฉลี่ย	27.4	32.1	0.2	-0.4	11.4	35.3	35.6	17.7	7.26	
ทล.304	WD-MP	52.9	52.9	0.1	-0.1	0.0	28.6	32.1	39.3	3.25	1.69
	WD-OP	49.5	49.5	0.1	-0.2	0.0	22.6	25.8	51.6	3.47	
	WD-EP	44.2	44.2	0.1	-0.2	0.0	23.1	23.1	53.8	4.45	
	ค่าเฉลี่ย	48.9	48.9	0.1	-0.2	0.0	24.7	27.0	48.2	3.72	
	WE-MP	53.9	53.9	0.1	-0.2	0.0	18.2	21.2	60.6	4.01	
	WE-OP	44.3	44.3	0.1	-0.2	0.0	28.6	22.9	48.6	4.16	
	WE-EP	46.7	46.7	0.1	-0.2	0.0	36.4	21.2	42.4	4.01	
	ค่าเฉลี่ย	48.3	48.3	0.1	-0.2	0.0	27.7	21.8	50.5	4.1	

หมายเหตุ คำอธิบายอักษรย่อ Weekdays (WD), Weekend (WE), Morning Peak hour (MP), Off-Peak hour (OP) และ Evening Peak hour (EP)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.2 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ราชดำเนิน	WD-MP	28.9	28.9	0.3	-0.5	0.0	50.0	40.0	10.0	1.13	0.76
	WD-OP	20.6	20.6	0.2	-0.3	0.0	48.1	40.7	11.1	3.17	
	WD-EP	19.4	20.7	0.2	-0.2	0.0	46.7	40.0	13.3	1.50	
	ค่าเฉลี่ย	23.0	23.4	0.2	-0.3	0.0	48.3	40.2	11.5	1.93	
	WE-MP	37.6	37.6	0.4	-0.2	0.0	33.3	66.7	0.0	1.05	
	WE-OP	13.3	15.2	0.2	-0.3	13.0	43.5	43.5	0.0	2.48	
	WE-EP	16.3	16.3	0.3	-0.5	0.0	43.8	37.5	18.8	1.57	
	ค่าเฉลี่ย	22.4	23.0	0.3	-0.3	4.3	40.2	49.2	6.3	1.70	
ชุมพล	WD-MP	22.1	23.6	0.3	-0.4	0.0	40.0	40.0	20.0	1.50	0.76
	WD-OP	19.6	19.6	0.2	-0.4	0.0	40.0	40.0	20.0	1.50	
	WD-EP	27.5	27.5	0.2	-0.3	0.0	28.6	57.1	14.3	1.42	
	ค่าเฉลี่ย	23.1	23.6	0.3	-0.4	0.0	36.2	45.7	18.1	1.47	
	WE-MP	23.1	23.1	0.2	-0.2	0.0	28.6	42.9	28.6	1.42	
	WE-OP	36.5	36.5	0.4	-0.5	0.0	37.5	50.0	12.5	0.58	
	WE-EP	21.7	21.7	0.2	-0.4	0.0	42.9	35.7	21.4	1.42	
	ค่าเฉลี่ย	27.1	27.1	0.3	-0.4	0.0	36.3	42.9	20.8	1.14	
จักรี	WD-MP	14.4	23.3	0.3	-0.6	30.0	35.0	35.0	0.0	2.26	0.67
	WD-OP	15.8	18.7	0.3	-0.5	11.1	50.0	27.8	11.1	2.12	
	WD-EP	8.9	16.2	0.2	-0.4	34.4	28.1	37.5	0.0	3.54	
	ค่าเฉลี่ย	13.0	19.4	0.3	-0.5	25.2	37.7	33.4	3.7	2.64	
	WE-MP	15.7	21.0	0.3	-0.6	15.8	47.4	26.3	10.5	2.19	
	WE-OP	6.5	11.6	0.2	-0.5	21.2	42.4	24.2	12.1	4.01	
	WE-EP	11.2	23.2	0.2	-0.5	42.9	28.6	28.6	0.0	3.25	
	ค่าเฉลี่ย	11.1	18.6	0.2	-0.5	26.6	39.5	26.4	7.5	3.15	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.2 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
มนัส	WD-MP	14.4	20.2	0.2	-0.5	25.0	35.0	30.0	10.0	2.26	0.67
	WD-OP	12.6	19.0	0.2	-0.5	26.1	39.1	30.4	4.3	2.48	
	WD-EP	8.5	14.6	0.1	-0.4	30.0	33.3	26.7	10.0	3.39	
	ค่าเฉลี่ย	11.9	17.9	0.2	-0.5	27.0	35.8	29.0	8.1	2.71	
	WE-MP	20.9	26.6	0.3	-0.4	15.4	38.5	46.2	0.0	1.35	
	WE-OP	10.6	16.3	0.2	-0.3	22.7	40.9	31.8	4.5	2.40	
	WE-EP	10.6	18.8	0.2	-0.6	36.4	36.4	22.7	4.5	2.40	
	ค่าเฉลี่ย	14.1	20.6	0.2	-0.4	24.8	38.6	33.6	3.0	2.05	
ประจักร	WD-MP	13.1	24.3	0.2	-0.5	36.0	28.0	32.0	4.0	2.33	0.67
	WD-OP	15.0	20.0	0.1	-0.3	26.3	36.8	31.6	5.3	2.19	
	WD-EP	12.4	21.9	0.2	-0.4	34.5	24.1	37.9	3.4	3.32	
	ค่าเฉลี่ย	13.5	22.1	0.2	-0.4	32.3	29.7	33.8	4.2	2.61	
	WE-MP	16.9	21.7	0.3	-0.5	11.8	52.9	35.3	0.0	2.04	
	WE-OP	15.8	15.8	0.3	-0.4	0.0	40.0	33.3	26.7	1.49	
	WE-EP	14.8	17.4	0.3	-0.4	10.5	47.4	42.1	0.0	2.18	
	ค่าเฉลี่ย	15.8	18.3	0.3	-0.4	7.4	46.8	36.9	8.9	1.90	
กุดั่น	WD-MP	16.4	19.7	0.3	-0.8	5.9	58.8	29.4	5.9	2.04	0.64
	WD-OP	15.2	20.2	0.2	-0.6	15.8	47.4	26.3	10.5	2.16	
	WD-EP	16.5	21.0	0.3	-0.4	11.1	44.4	44.4	0.0	2.12	
	ค่าเฉลี่ย	16.0	20.3	0.3	-0.6	10.9	50.2	33.4	5.5	2.11	
	WE-MP	13.8	19.3	0.3	-0.4	20.0	25.0	45.0	10.0	2.26	
	WE-OP	13.5	16.9	0.2	-0.4	15.8	52.6	31.6	0.0	2.19	
	WE-EP	21.5	21.5	0.4	-0.4	0.0	41.2	52.9	5.9	2.04	
	ค่าเฉลี่ย	16.3	19.2	0.3	-0.4	11.9	39.6	43.2	5.3	2.16	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.2 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
พลล้าน	WD-MP	20.2	21.7	0.4	-0.5	0.0	42.9	50.0	7.1	1.42	0.62
	WD-OP	18.3	19.5	0.4	-0.7	0.0	53.3	40.0	6.7	1.50	
	WD-EP	18.0	19.3	0.5	-0.6	0.0	50.0	42.9	7.1	1.42	
	ค่าเฉลี่ย	18.8	20.2	0.4	-0.6	0.0	48.7	44.3	7.0	1.45	
	WE-MP	22.5	22.5	0.4	-0.8	0.0	63.6	27.3	9.1	1.20	
	WE-OP	18.0	21.0	0.4	-0.3	0.0	46.2	53.8	0.0	1.35	
	WE-EP	18.1	19.3	0.3	-0.4	0.0	53.3	33.3	13.3	1.50	
	ค่าเฉลี่ย	19.5	20.9	0.4	-0.5	0.0	54.4	38.2	7.5	1.35	
จอม สุรางยาตร์	WD-MP	26.7	26.7	0.2	-0.3	0.0	40.0	40.0	20.0	3.03	1.57
	WD-OP	19.3	24.1	0.3	-0.3	15.4	35.9	48.7	0.0	4.45	
	WD-EP	10.5	19.4	0.2	-0.5	40.0	31.7	23.3	5.0	7.19	
	ค่าเฉลี่ย	18.8	23.4	0.2	-0.4	18.5	35.9	37.4	8.3	4.89	
	WE-MP	17.4	25.2	0.2	-0.6	22.0	41.5	34.1	2.4	5.00	
	WE-OP	23.4	26.5	0.2	-0.4	9.1	45.5	33.3	12.1	4.01	
	WE-EP	24.5	28.3	0.2	-0.5	10.3	41.4	34.5	13.8	3.32	
	ค่าเฉลี่ย	21.8	26.7	0.2	-0.5	13.8	42.8	34.0	9.5	4.11	
มุขมนตรี	WD-MP	26.0	31.6	0.2	-0.3	15.4	30.8	35.9	17.9	4.45	2.10
	WD-OP	25.2	27.3	0.3	-0.5	0.0	57.9	36.8	5.3	4.38	
	WD-EP	15.3	17.4	0.3	-0.3	1.6	40.6	45.3	12.5	7.48	
	ค่าเฉลี่ย	22.2	25.4	0.2	-0.4	5.6	43.1	39.4	11.9	5.44	
	WE-MP	41.8	41.8	0.3	-0.4	0.0	45.8	37.5	16.7	2.55	
	WE-OP	24.3	26.1	0.1	-0.4	4.9	41.5	29.3	24.4	5.00	
	WE-EP	30.0	30.0	0.3	-0.3	0.0	42.4	42.4	15.2	4.01	
	ค่าเฉลี่ย	32.0	32.6	0.2	-0.4	1.6	43.2	36.4	18.7	3.85	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.2 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
พิบูลละเอียด	WD-MP	23.7	23.7	0.3	-0.2	0.0	50.0	45.0	5.0	2.26	1.03
	WD-OP	18.8	25.8	0.2	-0.5	20.0	36.0	32.0	12.0	3.03	
	WD-EP	15.0	28.2	0.2	-0.6	41.9	22.6	32.3	3.2	3.47	
	ค่าเฉลี่ย	19.1	25.9	0.2	-0.4	20.6	36.2	36.4	6.7	2.92	
	WE-MP	22.6	28.6	0.2	-0.4	13.0	26.1	39.1	21.7	2.48	
	WE-OP	22.5	24.6	0.1	-0.3	4.3	34.8	39.1	21.7	2.48	
	WE-EP	20.0	33.4	0.1	-0.4	33.3	20.8	37.5	8.3	2.55	
	ค่าเฉลี่ย	21.7	28.8	0.1	-0.4	16.9	27.2	38.6	17.3	2.50	
โพธิ์กลาง	WD-MP	24.2	29.1	0.2	-0.4	10.3	31.0	34.5	24.1	3.32	1.55
	WD-OP	18.1	22.0	0.2	-0.4	7.9	52.6	34.2	5.3	4.38	
	WD-EP	15.3	18.7	0.2	-0.3	10.8	48.6	37.8	2.7	4.31	
	ค่าเฉลี่ย	19.2	23.3	0.2	-0.4	9.7	44.1	35.5	10.7	4.0	
	WE-MP	33.8	33.8	0.3	-0.3	0.0	50.0	36.4	13.6	2.40	
	WE-OP	10.6	17.0	0.1	-0.5	30.9	32.7	20.0	16.4	6.42	
	WE-EP	26.2	28.1	0.2	-0.3	3.4	34.5	41.4	20.7	3.32	
	ค่าเฉลี่ย	23.5	26.3	0.2	-0.4	11.5	39.1	32.6	16.9	4.05	
สุรนารี	WD-MP	13.4	21.9	0.1	-0.4	34.0	26.4	28.3	11.3	6.27	1.61
	WD-OP	11.7	21.9	0.1	-0.3	42.1	19.3	26.3	12.3	6.57	
	WD-EP	11.6	14.9	0.2	-0.3	12.7	36.5	34.9	15.9	7.40	
	ค่าเฉลี่ย	12.3	19.6	0.1	-0.3	29.6	27.4	29.8	13.2	6.75	
	WE-MP	16.1	27.5	0.1	-0.4	36.2	29.8	29.8	4.3	5.44	
	WE-OP	17.4	19.5	0.3	-0.4	2.2	46.7	40.0	11.1	5.29	
	WE-EP	17.0	22.3	0.1	-0.3	19.5	31.7	36.6	12.2	5.00	
	ค่าเฉลี่ย	16.8	23.1	0.2	-0.4	19.3	36.1	35.5	9.2	5.24	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.2 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
มหาดไทย	WD-MP	18.9	24.3	0.4	-0.5	11.4	34.3	45.7	8.6	4.16	1.66
	WD-OP	15.2	18.6	0.2	-0.3	8.3	37.5	39.6	14.6	5.50	
	WD-EP	16.0	18.7	0.2	-0.4	9.8	43.9	36.6	9.8	5.00	
	ค่าเฉลี่ย	16.7	20.5	0.3	-0.4	9.8	38.6	40.6	11.0	4.89	
	WE-MP	18.9	24.5	0.2	-0.4	18.4	31.6	28.9	21.1	4.37	
	WE-OP	26.3	27.3	0.3	-0.3	0.0	39.3	42.9	17.9	3.24	
	WE-EP	16.1	21.1	0.3	-0.3	14.6	39.0	41.5	4.9	5.00	
	ค่าเฉลี่ย	20.4	24.3	0.3	-0.4	11.0	36.6	37.8	14.6	4.20	
จอมพล	WD-MP	13.5	20.2	0.2	-0.3	26.4	32.1	32.1	9.4	6.27	1.59
	WD-OP	15.1	21.8	0.2	-0.4	22.9	41.7	29.2	6.3	5.51	
	WD-EP	19.7	22.3	0.3	-0.4	2.9	47.1	44.1	5.9	4.09	
	ค่าเฉลี่ย	16.1	21.4	0.2	-0.4	17.4	40.3	35.1	7.2	5.29	
	WE-MP	19.3	26.4	0.2	-0.6	20.0	45.0	22.5	12.5	4.52	
	WE-OP	19.0	22.6	0.2	-0.4	10.8	32.4	40.5	16.2	4.30	
	WE-EP	20.8	23.5	0.3	-0.4	5.9	41.2	38.2	14.7	4.08	
	ค่าเฉลี่ย	19.7	24.2	0.2	-0.5	12.2	39.5	33.8	14.5	4.30	
อัษฎางค์	WD-MP	16.2	18.0	0.3	-0.5	0.0	48.7	41.0	10.3	4.45	1.59
	WD-OP	16.9	23.3	0.2	-0.4	21.7	39.1	32.6	6.5	5.36	
	WD-EP	12.4	17.4	0.2	-0.4	17.2	41.4	32.8	8.6	7.04	
	ค่าเฉลี่ย	15.1	19.6	0.2	-0.4	13.0	43.1	35.5	8.5	5.62	
	WE-MP	22.0	26.1	0.3	-0.6	12.9	45.2	29.0	12.9	3.47	
	WE-OP	19.3	23.0	0.3	-0.4	5.6	41.7	47.2	5.6	4.23	
	WE-EP	21.4	25.1	0.3	-0.5	9.1	51.5	36.4	3.0	4.01	
	ค่าเฉลี่ย	20.9	24.7	0.3	-0.5	9.2	46.1	37.5	7.2	3.90	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.2 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ยมราช	WD-MP	18.4	23.3	0.2	-0.5	13.5	43.2	35.1	8.1	4.30	1.59
	WD-OP	15.9	27.3	0.2	-0.4	35.7	23.8	35.7	4.8	5.07	
	WD-EP	13.7	23.2	0.1	-0.4	35.4	33.3	27.1	4.2	5.51	
	ค่าเฉลี่ย	16.0	24.6	0.2	-0.4	28.2	33.5	32.6	5.7	4.96	
	WE-MP	22.6	25.8	0.3	-0.6	6.5	48.4	38.7	6.5	3.46	
	WE-OP	16.8	25.0	0.2	-0.5	26.7	35.6	28.9	8.9	5.29	
	WE-EP	18.9	23.4	0.2	-0.6	11.4	51.4	28.6	8.6	4.15	
	ค่าเฉลี่ย	19.4	24.8	0.2	-0.5	14.8	45.1	32.1	8.0	4.30	
พลแสน	WD-MP	21.0	23.7	0.3	-0.4	5.9	47.1	41.2	5.9	4.09	1.58
	WD-OP	18.1	20.2	0.3	-0.4	2.7	43.2	45.9	8.1	4.30	
	WD-EP	16.2	21.2	0.3	-0.5	14.6	36.6	36.6	12.2	5.00	
	ค่าเฉลี่ย	18.4	21.7	0.3	-0.4	15.1	42.3	41.2	1.4	4.46	
	WE-MP	34.1	34.1	0.2	-0.5	0.0	50.0	36.4	13.6	2.40	
	WE-OP	16.9	21.7	0.2	-0.5	10.0	40.0	32.5	17.5	4.52	
	WE-EP	19.9	24.1	0.2	-0.4	8.8	38.2	38.2	14.7	4.08	
	ค่าเฉลี่ย	23.7	26.6	0.2	-0.4	6.3	42.7	35.7	15.3	3.67	
ทล.2	WD-MP	54.7	60.0	0.2	-0.4	7.6	37.9	45.5	9.1	8.03	7.66
	WD-OP	39.4	48.8	0.2	-0.4	15.5	36.9	31.1	16.5	12.32	
	WD-EP	36.2	48.9	0.1	-0.4	21.2	33.3	28.3	17.2	12.03	
	ค่าเฉลี่ย	43.4	52.6	0.2	-0.4	14.8	36.0	34.9	14.3	10.79	
	WE-MP	45.4	61.5	0.1	-0.3	25.3	30.1	20.5	24.1	10.70	
	WE-OP	32.0	49.0	0.1	-0.5	32.5	28.9	27.2	11.4	13.53	
	WE-EP	29.9	43.3	0.2	-0.4	38.4	30.4	28.8	2.4	15.16	
	ค่าเฉลี่ย	35.7	51.3	0.1	-0.4	32.1	29.8	25.5	12.6	13.13	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.2 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ทล.205	WD-MP	32.4	42.2	0.2	-0.4	20.7	27.6	37.9	13.8	3.32	1.46
	WD-OP	32.9	38.3	0.3	-0.5	10.0	35.0	40.0	15.0	2.26	
	WD-EP	27.5	37.2	0.4	-0.6	13.6	45.5	40.9	0.0	2.41	
	ค่าเฉลี่ย	30.9	39.2	0.3	-0.5	14.8	36.0	39.6	9.6	2.66	
	WE-MP	35.7	37.5	0.4	-0.6	0.0	50.0	35.0	15.0	2.26	
	WE-OP	29.1	36.4	0.3	-0.6	12.5	45.8	33.3	8.3	2.55	
	WE-EP	31.0	32.6	0.3	-0.5	0.0	50.0	35.0	15.0	2.26	
	ค่าเฉลี่ย	31.9	35.5	0.2	-0.3	4.2	48.6	34.4	12.8	2.36	
ทล.224	WD-MP	15.3	25.6	0.1	-0.4	33.0	34.0	23.6	9.4	12.55	3.20
	WD-OP	18.6	39.6	0.2	-0.7	46.3	31.3	18.8	3.8	9.45	
	WD-EP	19.6	28.3	0.2	-0.5	26.2	39.8	31.1	2.9	12.33	
	ค่าเฉลี่ย	17.8	31.2	0.2	-0.5	35.2	35.0	24.5	5.4	11.44	
	WE-MP	24.0	30.2	0.3	-0.4	16.4	32.8	41.8	9.0	8.09	
	WE-OP	15.2	29.2	0.2	-0.5	39.2	30.9	25.8	4.1	11.50	
	WE-EP	21.8	23.1	0.3	-0.5	23.8	34.5	35.7	6.0	10.14	
	ค่าเฉลี่ย	20.3	27.5	0.2	-0.5	26.5	32.8	34.4	6.3	9.91	
ทล.304	WD-MP	67.1	67.1	0.2	-0.3	0.0	25.0	8.3	16.7	2.55	1.69
	WD-OP	66.8	66.8	0.2	-0.3	0.0	24.0	8.0	20.0	3.03	
	WD-EP	53.2	53.2	0.3	-0.3	0.0	16.7	13.3	20.0	3.39	
	ค่าเฉลี่ย	62.3	62.3	0.2	-0.3	0.0	21.9	9.9	18.9	2.99	
	WE-MP	64.2	64.2	0.1	-0.3	0.0	61.5	23.1	15.4	1.35	
	WE-OP	65.7	65.7	0.3	-0.1	0.0	54.5	9.1	36.4	1.20	
	WE-EP	52.0	45.8	0.3	-0.4	0.0	33.3	55.6	11.1	2.11	
	ค่าเฉลี่ย	60.6	58.6	0.2	-0.3	0.0	49.8	29.3	21.0	1.55	

หมายเหตุ คำอธิบายอักษรย่อ Weekdays (WD), Weekend (WE), Morning Peak hour (MP), Off-Peak hour (OP) และ Evening Peak hour

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.3 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ราชดำเนิน	WD-MP	18.3	23.1	0.2	-0.4	16.7	38.9	38.9	5.6	2.12	0.76
	WD-OP	24.1	24.1	0.3	-0.4	0.0	35.7	50.0	14.3	1.42	
	WD-EP	21.0	21.0	0.2	-0.3	0.0	40.0	33.3	26.7	1.50	
	ค่าเฉลี่ย	21.1	22.8	0.2	-0.3	5.6	38.2	40.7	15.5	1.68	
	WE-MP	32.9	32.9	0.3	-0.5	0.0	54.5	36.4	9.1	1.20	
	WE-OP	18.5	21.4	0.4	-0.5	7.1	50.0	42.9	0.0	1.42	
	WE-EP	15.9	21.9	0.2	-0.3	23.8	33.3	28.6	14.3	2.34	
	ค่าเฉลี่ย	22.4	25.4	0.3	-0.4	10.3	46.0	35.9	7.8	1.65	
ชุมพล	WD-MP	26.5	26.5	0.3	-0.4	0.0	35.7	50.0	14.3	1.42	0.76
	WD-OP	20.9	20.9	0.3	-0.3	0.0	50.0	50.0	0.0	1.53	
	WD-EP	19.1	21.7	0.2	-0.2	6.3	37.5	43.8	12.5	1.53	
	ค่าเฉลี่ย	22.2	23.0	0.3	-0.3	2.1	41.1	47.9	8.9	1.49	
	WE-MP	25.6	27.9	0.4	-0.5	0.0	36.4	45.5	18.2	1.20	
	WE-OP	21.3	21.3	0.3	-0.4	0.0	50.0	50.0	0.0	1.57	
	WE-EP	19.1	19.1	0.3	-0.3	0.0	37.5	43.8	18.8	1.57	
	ค่าเฉลี่ย	22.0	22.8	0.3	-0.4	0.0	41.3	46.4	12.3	1.45	
จักรี	WD-MP	11.1	17.5	0.2	-0.5	23.8	33.3	33.3	9.5	2.34	0.67
	WD-OP	11.1	22.2	0.2	-0.6	40.0	32.0	24.0	4.0	3.03	
	WD-EP	8.8	17.1	0.2	-0.6	42.9	32.1	21.4	3.6	3.25	
	ค่าเฉลี่ย	10.4	18.9	0.2	-0.6	35.6	32.5	26.3	5.7	2.87	
	WE-MP	22.2	23.6	0.5	-0.8	0.0	60.0	40.0	0.0	1.49	
	WE-OP	11.1	14.1	0.2	-0.5	13.0	47.8	26.1	13.0	2.48	
	WE-EP	18.5	22.8	0.4	-0.7	6.8	53.3	40.0	0.0	1.49	
	ค่าเฉลี่ย	15.9	19.6	0.3	-0.6	10.7	51.8	33.1	4.3	2.10	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.3 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
มนัส	WD-MP	9.4	20.1	0.3	-0.7	41.4	31.0	27.6	0.0	3.32	0.67
	WD-OP	11.4	18.3	0.2	-0.6	26.1	43.5	21.7	8.7	2.48	
	WD-EP	9.3	19.3	0.2	-0.6	39.3	28.6	25.0	7.1	3.25	
	ค่าเฉลี่ย	10.0	19.2	0.2	-0.6	35.6	34.4	24.8	5.3	3.02	
	WE-MP	15.2	22.8	0.2	-0.6	29.4	35.3	23.5	11.8	2.04	
	WE-OP	13.9	24.3	0.2	-0.7	35.0	25.0	30.0	10.0	2.26	
	WE-EP	15.6	19.7	0.2	-0.7	5.6	44.4	27.8	22.2	2.12	
	ค่าเฉลี่ย	14.9	22.3	0.2	-0.7	23.3	34.9	27.1	14.7	2.14	
ประจักร	WD-MP	12.1	18.5	0.2	-0.5	28.0	48.0	24.0	0.0	3.03	0.67
	WD-OP	15.9	21.2	0.2	-0.5	21.1	31.6	31.6	15.8	2.19	
	WD-EP	11.7	16.6	0.4	-0.4	13.0	39.1	43.5	4.3	2.48	
	ค่าเฉลี่ย	13.2	18.8	0.3	-0.5	20.7	39.6	33.0	6.7	2.57	
	WE-MP	11.7	20.2	0.4	-0.6	16.0	40.0	40.0	4.0	3.03	
	WE-OP	10.6	18.5	0.2	-0.5	32.0	36.0	28.0	4.0	3.03	
	WE-EP	14.6	19.5	0.4	-0.5	15.8	36.8	47.4	0.0	2.18	
	ค่าเฉลี่ย	12.3	19.4	0.3	-0.5	21.3	37.6	38.5	2.7	2.75	
กุดั่น	WD-MP	10.2	14.3	0.1	-0.4	23.1	38.5	38.5	0.0	1.35	0.64
	WD-OP	14.4	20.2	0.3	-0.7	25.0	30.0	35.0	10.0	2.26	
	WD-EP	13.5	17.4	0.2	-0.4	14.3	47.6	38.1	0.0	2.34	
	ค่าเฉลี่ย	12.7	17.3	0.2	-0.5	20.8	38.7	37.2	3.3	1.98	
	WE-MP	15.7	24.2	0.3	-0.7	31.6	42.1	26.3	0.0	2.18	
	WE-OP	16.8	20.4	0.2	-0.5	12.5	50.0	25.0	12.5	1.57	
	WE-EP	13.0	19.0	0.3	-0.6	23.8	47.6	28.6	0.0	2.33	
	ค่าเฉลี่ย	15.1	21.2	0.3	-0.6	22.6	46.6	26.6	4.2	2.03	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.3 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
พลล้าน	WD-MP	15.7	24.3	0.2	-0.6	25.0	25.0	25.0	25.0	1.53	0.62
	WD-OP	16.3	19.1	0.2	-0.4	10.5	36.8	47.4	5.3	2.19	
	WD-EP	18.7	21.4	0.3	-0.5	6.7	46.7	46.7	0.0	1.50	
	ค่าเฉลี่ย	16.9	21.6	0.3	-0.5	14.1	36.2	39.7	10.1	1.74	
	WE-MP	25.2	27.8	0.6	-1.1	0.0	60.0	40.0	0.0	1.13	
	WE-OP	15.5	21.9	0.5	-0.5	18.8	31.3	43.8	6.3	1.57	
	WE-EP	19.8	24.0	0.3	-0.5	12.5	37.5	43.8	6.3	1.57	
	ค่าเฉลี่ย	20.2	24.6	0.5	-0.7	10.4	42.9	42.5	4.2	1.42	
จอมสุรางยาตร์	WD-MP	21.7	28.3	0.2	-0.4	20.7	37.9	31.0	10.3	3.32	1.57
	WD-OP	22.5	26.0	0.2	-0.4	10.3	37.9	31.0	20.7	3.32	
	WD-EP	15.7	20.1	0.2	-0.4	12.5	42.5	32.5	12.5	4.52	
	ค่าเฉลี่ย	20.0	24.8	0.2	-0.4	14.5	39.5	31.5	14.5	3.72	
	WE-MP	37.4	37.4	0.3	-0.5	0.0	47.4	42.1	10.5	2.19	
	WE-OP	18.7	28.0	0.2	-0.4	25.7	37.1	34.3	2.9	4.16	
	WE-EP	13.6	26.6	0.2	-0.5	41.7	31.3	27.1	0.0	5.50	
	ค่าเฉลี่ย	23.2	30.7	0.2	-0.4	22.5	38.6	34.5	4.5	3.95	
มุขมนตรี	WD-MP	29.8	29.8	0.2	-0.3	0.0	48.4	35.5	16.1	3.47	2.10
	WD-OP	23.8	30.5	0.2	-0.4	20.0	40.0	35.0	5.0	4.52	
	WD-EP	19.6	26.9	0.2	-0.4	25.6	30.2	25.6	18.6	5.14	
	ค่าเฉลี่ย	24.4	29.1	0.2	-0.4	15.2	39.5	32.0	13.2	4.38	
	WE-MP	37.9	37.9	0.4	-0.4	0.0	39.3	50.0	10.7	3.25	
	WE-OP	25.2	30.2	0.3	-0.5	8.6	42.9	34.3	14.3	4.16	
	WE-EP	23.7	28.4	0.2	-0.4	12.2	36.6	29.3	22.0	5.00	
	ค่าเฉลี่ย	28.9	32.2	0.3	-0.4	6.9	39.6	37.9	15.7	4.14	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.3 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
พิบูลละเอียด	WD-MP	19.3	30.0	0.2	-0.5	29.6	33.3	29.6	7.4	3.17	1.03
	WD-OP	18.4	26.7	0.3	-0.5	19.4	41.9	38.7	0.0	3.47	
	WD-EP	18.4	19.1	0.1	-0.3	0.0	26.9	34.6	38.5	3.10	
	ค่าเฉลี่ย	18.7	25.3	0.2	-0.4	16.3	34.1	34.3	15.3	3.25	
	WE-MP	34.0	34.0	0.4	-0.3	0.0	33.3	53.3	13.3	1.49	
	WE-OP	29.0	29.0	0.2	-0.3	0.0	52.9	41.2	5.9	2.04	
	WE-EP	28.0	28.0	0.2	-0.5	0.0	55.0	30.0	15.0	2.26	
	ค่าเฉลี่ย	30.3	30.3	0.3	-0.4	0.0	47.1	41.5	11.4	1.93	
โพธิ์กลาง	WD-MP	19.8	22.6	0.2	-0.4	9.7	38.7	32.3	19.4	3.47	1.55
	WD-OP	22.9	26.3	0.3	-0.6	6.7	43.3	33.3	16.7	3.39	
	WD-EP	15.9	21.6	0.2	-0.4	19.5	31.7	31.7	17.1	5.00	
	ค่าเฉลี่ย	19.5	23.5	0.2	-0.4	12.0	37.9	32.4	17.7	4.0	
	WE-MP	15.7	28.2	0.2	-0.6	38.6	34.1	22.7	4.5	5.21	
	WE-OP	16.4	26.0	0.2	-0.4	24.3	29.7	35.1	10.8	4.30	
	WE-EP	15.9	29.6	0.2	-0.5	37.5	30.0	27.5	5.0	4.52	
	ค่าเฉลี่ย	16.0	27.9	0.2	-0.5	33.5	31.3	28.5	6.8	4.68	
สุรนารี	WD-MP	13.7	17.5	0.2	-0.3	12.2	32.7	38.8	16.3	5.58	1.61
	WD-OP	14.9	20.8	0.2	-0.5	18.4	36.8	28.9	15.8	4.38	
	WD-EP	11.8	17.3	0.1	-0.3	18.9	30.2	32.1	18.9	6.27	
	ค่าเฉลี่ย	13.5	18.5	0.2	-0.4	16.5	33.2	33.3	17.0	5.41	
	WE-MP	20.6	24.8	0.2	-0.3	8.8	38.2	44.1	8.8	4.08	
	WE-OP	11.3	16.5	0.1	-0.3	20.0	33.3	30.0	16.7	7.18	
	WE-EP	9.9	18.8	0.2	-0.4	37.0	27.8	31.5	3.7	6.35	
	ค่าเฉลี่ย	13.9	20.0	0.2	-0.3	22.0	33.1	35.2	9.7	5.87	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.3 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
มหาดไทย	WD-MP	22.5	26.0	0.3	-0.5	5.6	44.4	33.3	16.7	4.23	1.66
	WD-OP	17.5	25.6	0.3	-0.5	25.0	30.0	35.0	10.0	4.52	
	WD-EP	18.0	23.4	0.2	-0.4	15.8	36.8	31.6	15.8	4.38	
	ค่าเฉลี่ย	19.5	25.0	0.2	-0.5	14.7	37.4	33.6	14.3	4.35	
	WE-MP	27.6	28.7	0.5	-0.4	0.0	42.3	50.0	7.7	3.10	
	WE-OP	11.8	21.7	0.2	-0.6	37.5	30.4	23.2	8.9	6.49	
	WE-EP	20.4	26.2	0.3	-0.4	16.1	29.0	38.7	16.1	3.47	
	ค่าเฉลี่ย	19.9	25.5	0.3	-0.5	17.9	33.9	37.3	10.9	4.35	
จอมพล	WD-MP	18.1	22.3	0.2	-0.4	11.1	33.3	33.3	22.2	4.23	1.59
	WD-OP	15.3	20.6	0.2	-0.4	19.6	37.0	39.0	4.4	5.36	
	WD-EP	17.5	20.9	0.3	-0.5	11.9	40.5	42.9	4.8	5.07	
	ค่าเฉลี่ย	16.5	21.4	0.3	-0.5	16.4	36.9	35.5	11.2	4.89	
	WE-MP	17.5	24.6	0.3	-0.5	18.9	40.5	32.4	8.1	4.30	
	WE-OP	13.8	16.5	0.2	-0.5	10.6	34.0	25.5	29.8	5.44	
	WE-EP	13.6	19.7	0.2	-0.5	22.7	38.6	34.1	4.5	5.22	
	ค่าเฉลี่ย	14.9	20.3	0.2	-0.5	17.4	37.7	30.7	14.1	4.99	
อัษฎางค์	WD-MP	16.1	23.9	0.2	-0.7	28.6	40.5	21.4	9.5	5.07	1.59
	WD-OP	15.8	19.8	0.2	-0.4	15.4	38.5	35.9	10.3	4.45	
	WD-EP	11.2	19.9	0.2	-0.5	35.2	29.6	24.1	11.1	6.35	
	ค่าเฉลี่ย	14.4	21.2	0.2	-0.5	26.4	36.2	27.1	10.3	5.29	
	WE-MP	23.3	26.0	0.3	-0.5	3.6	53.6	39.3	3.6	3.25	
	WE-OP	25.1	26.9	0.3	-0.4	3.4	48.3	44.8	3.4	3.32	
	WE-EP	15.4	21.6	0.2	-0.6	22.7	36.4	25.0	15.9	5.22	
	ค่าเฉลี่ย	21.2	24.8	0.3	-0.5	9.9	46.1	36.4	7.6	3.93	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.3 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ยมราช	WD-MP	20.8	25.4	0.2	-0.4	12.5	40.6	34.4	12.5	3.54	1.59
	WD-OP	14.5	22.8	0.2	-0.6	26.1	37.0	26.1	10.9	5.36	
	WD-EP	15.7	24.6	0.3	-0.6	23.7	42.1	28.9	5.3	4.38	
	ค่าเฉลี่ย	17.0	24.3	0.2	-0.5	20.8	39.9	29.8	9.5	4.43	
	WE-MP	22.4	26.7	0.3	-0.8	10.0	53.3	30.0	6.7	3.39	
	WE-OP	21.4	26.0	0.2	-0.5	18.2	39.4	30.3	12.1	4.01	
	WE-EP	19.9	24.7	0.3	-0.6	0.0	42.9	37.1	20.0	4.16	
	ค่าเฉลี่ย	21.2	25.8	0.3	-0.6	9.4	45.2	32.5	12.9	3.85	
พลแสน	WD-MP	20.0	24.2	0.3	-0.5	8.8	44.1	35.3	11.8	4.09	1.58
	WD-OP	18.9	24.2	0.2	-0.5	15.0	32.5	30.0	22.5	4.52	
	WD-EP	10.9	19.8	0.1	-0.4	36.8	24.6	28.1	10.5	6.57	
	ค่าเฉลี่ย	16.6	22.7	0.2	-0.5	20.2	33.7	31.1	14.9	5.06	
	WE-MP	29.7	29.7	0.3	-0.5	0.0	54.2	41.7	4.2	2.55	
	WE-OP	17.9	24.5	0.2	-0.5	0.0	40.0	30.0	30.0	4.52	
	WE-EP	28.8	28.8	0.3	-0.5	0.0	48.0	48.0	4.0	3.03	
	ค่าเฉลี่ย	25.5	27.6	0.3	-0.5	0.0	47.4	39.9	12.7	3.37	
ทล.2	WD-MP	44.0	58.3	0.2	-0.4	22.5	33.7	31.5	12.4	10.51	7.66
	WD-OP	39.6	50.9	0.1	-0.3	21.5	33.6	25.2	19.6	13.02	
	WD-EP	28.9	40.1	0.2	-0.3	25.8	31.5	30.6	12.1	15.06	
	ค่าเฉลี่ย	37.5	49.8	0.2	-0.3	23.3	32.9	29.1	14.7	12.86	
	WE-MP	53.5	59.4	0.2	-0.4	7.1	32.9	32.9	27.1	8.32	
	WE-OP	31.7	45.6	0.2	-0.4	28.2	32.5	29.1	10.3	14.15	
	WE-EP	46.4	54.5	0.3	-0.5	11.3	43.8	31.3	13.8	9.45	
	ค่าเฉลี่ย	43.9	53.2	0.2	-0.5	15.5	36.4	31.1	17.0	10.64	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.3 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักและถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ทล.205	WD-MP	22.3	27.6	0.2	-0.4	16.7	43.3	30.0	10.0	3.39	1.46
	WD-OP	29.8	42.9	0.3	-0.6	27.3	36.4	31.8	4.5	3.01	
	WD-EP	30.2	30.2	0.2	-0.3	0.0	50.0	40.9	9.1	3.01	
	ค่าเฉลี่ย	27.4	33.6	0.2	-0.5	14.6	43.2	34.2	7.9	3.14	
	WE-MP	26.5	37.1	0.3	-0.7	18.5	44.4	33.3	3.7	3.17	
	WE-OP	42.3	42.3	0.2	-0.5	0.0	56.3	31.3	12.5	1.57	
	WE-EP	32.7	37.9	0.2	-0.5	9.5	47.6	28.6	14.3	2.34	
	ค่าเฉลี่ย	33.8	39.1	0.2	-0.6	9.3	49.4	31.1	10.2	2.36	
ทล.224	WD-MP	11.7	24.2	0.1	-0.3	49.3	17.4	21.0	12.3	16.49	3.20
	WD-OP	20.4	35.2	0.2	-0.6	36.8	33.8	25.0	4.4	8.17	
	WD-EP	10.0	22.4	0.1	-0.4	49.3	20.8	19.4	10.4	17.33	
	ค่าเฉลี่ย	14.0	27.3	0.1	-0.3	45.1	24.0	21.8	9.0	14.00	
	WE-MP	28.7	35.9	0.3	-0.5	15.3	39.0	33.9	11.9	7.11	
	WE-OP	34.2	38.7	0.3	-0.5	11.9	47.5	37.3	3.4	7.11	
	WE-EP	19.0	40.5	0.1	-0.6	50.0	23.1	17.9	9.0	9.30	
	ค่าเฉลี่ย	27.3	38.4	0.2	-0.5	25.7	36.5	29.7	8.1	7.84	
ทล.304	WD-MP	48.8	48.8	0.1	-0.3	0.0	40.0	40.0	20.0	1.50	1.69
	WD-OP	54.0	54.0	0.3	-0.2	0.0	53.8	38.5	7.7	1.35	
	WD-EP	53.9	53.9	0.2	-0.3	0.0	53.3	40.0	6.7	1.50	
	ค่าเฉลี่ย	52.2	52.2	0.2	-0.3	0.0	49.1	39.5	11.5	1.45	
	WE-MP	68.7	68.7	0.0	-0.2	0.0	0.0	50.0	50.0	1.13	
	WE-OP	58.4	58.4	0.1	-0.2	0.0	33.3	40.0	26.7	1.50	
	WE-EP	62.1	66.8	0.1	-0.6	0.0	30.8	38.5	30.8	1.35	
	ค่าเฉลี่ย	63.1	64.7	0.1	-0.3	0.0	21.4	42.8	35.8	1.33	

หมายเหตุ คำอธิบายอักษรย่อ Weekdays (WD), Weekend (WE), Morning Peak hour (MP), Off-Peak hour (OP) และ Evening Peak hour (EP)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.4 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ทล.2	WD-MP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.66
	WD-OP	30.1	35.4	0.1	-0.2	15.5	36.9	35.9	26.2	14.23	
	WD-EP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	ค่าเฉลี่ย	30.1	35.4	0.1	-0.2	15.5	36.9	35.9	26.2	14.23	
	WE-MP	28.9	38.5	0.1	-0.3	21.0	27.4	31.5	20.2	15.06	
	WE-OP	23.6	30.2	0.1	-0.3	18.0	34.4	27.3	20.3	15.36	
	WE-EP	23.9	30.2	0.1	-0.2	15.6	33.6	28.9	21.9	15.36	
	ค่าเฉลี่ย	25.5	32.9	0.1	-0.3	18.2	31.8	29.2	20.8	15.26	
ทล.205	WD-MP	20.2	24.5	0.2	-0.4	12.5	43.8	31.3	12.5	3.54	1.46
	WD-OP	24.3	27.2	0.2	-0.3	7.4	33.3	44.4	14.8	3.17	
	WD-EP	33.8	33.8	0.2	-0.2	0.0	42.1	42.1	15.8	2.19	
	ค่าเฉลี่ย	26.1	28.5	0.2	-0.3	6.6	39.7	39.3	14.4	2.97	
	WE-MP	23.1	31.2	0.2	-0.3	15.4	38.5	38.5	7.7	3.10	
	WE-OP	25.7	28.9	0.1	-0.3	7.7	30.8	42.3	19.2	3.10	
	WE-EP	32.9	32.9	0.3	-0.4	0.0	57.1	38.1	4.8	2.34	
	ค่าเฉลี่ย	27.2	31.0	0.2	-0.3	7.7	42.1	39.6	10.6	2.85	
ทล.224	WD-MP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.20
	WD-OP	16.9	27.1	0.2	-0.4	29.9	35.6	28.7	5.7	10.36	
	WD-EP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	ค่าเฉลี่ย	16.9	27.1	0.2	-0.4	29.9	35.6	28.7	5.7	10.36	
	WE-MP	18.9	30.8	0.2	-0.5	31.9	34.8	26.1	7.2	8.24	
	WE-OP	18.9	27.8	0.1	-0.4	27.5	32.5	28.8	11.3	9.45	
	WE-EP	17.8	22.1	0.1	-0.3	25.3	38.7	24.0	12.0	9.08	
	ค่าเฉลี่ย	18.5	26.9	0.2	-0.4	28.2	35.3	26.3	10.2	8.92	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.4 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์บรรทุก ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ทล.304	WD-MP	66.3	66.3	0.1	-0.3	0.0	46.7	20.0	33.3	1.50	1.69
	WD-OP	45.1	45.1	0.1	-0.1	0.0	33.3	33.3	33.3	1.28	
	WD-EP	54.2	54.2	0.1	-0.3	0.0	25.0	16.7	58.3	1.28	
	ค่าเฉลี่ย	55.2	55.2	0.1	-0.2	0.0	35.0	23.3	41.7	1.35	
	WE-MP	61.9	61.9	0.2	-0.3	0.0	33.3	58.3	8.3	1.28	
	WE-OP	61.3	61.3	0.1	-0.1	0.0	26.7	40.0	33.3	1.50	
	WE-EP	35.1	35.1	0.1	-0.1	0.0	76.5	5.9	17.6	2.04	
	ค่าเฉลี่ย	52.8	52.8	0.1	-0.2	0.0	45.5	34.7	19.8	1.61	

หมายเหตุ คำอธิบายอักษรย่อ Weekdays (WD), Weekend (WE), Morning Peak hour (MP), Off-Peak hour (OP) และ Evening Peak hour (EP) และสำหรับช่องว่างที่ไม่มีข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะเนื่องจากมีการห้ามเดินรถประเภทรถยนต์บรรทุกขนาดตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป ในช่วงวันทำงาน ตั้งแต่ 7.00-9.00 น. และ ตั้งแต่ 15.30 – 18.00 น. บนถนน ทล.2 และ ทล .224

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.5 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ทล.2	WD-MP	32.4	40.8	0.3	-0.7	13.5	50.5	31.5	4.5	13.31	7.66
	WD-OP	31.8	37.5	0.1	-0.3	13.5	27.0	30.6	28.8	13.31	
	WD-EP	34.0	44.3	0.2	-0.4	18.5	37.9	25.0	18.5	15.06	
	ค่าเฉลี่ย	32.8	40.9	0.2	-0.4	15.2	38.5	29.1	17.3	13.89	
	WE-MP	40.2	46.6	0.2	-0.4	10.8	39.8	33.3	16.1	11.20	
	WE-OP	35.0	36.7	0.1	-0.2	3.8	36.8	33.0	26.4	12.55	
	WE-EP	30.4	42.3	0.1	-0.3	25.9	37.1	28.4	8.6	14.08	
	ค่าเฉลี่ย	35.2	41.9	0.1	-0.3	13.5	37.9	31.6	17.1	12.61	
ทล.205	WD-MP	25.4	28.5	0.2	-0.4	7.4	40.7	37.0	14.8	3.17	1.46
	WD-OP	22.4	28.9	0.2	-0.4	16.7	43.3	33.3	6.7	3.39	
	WD-EP	17.0	21.6	0.1	-0.3	15.6	34.4	31.3	18.8	3.54	
	ค่าเฉลี่ย	21.6	26.3	0.2	-0.4	13.2	39.5	33.9	13.4	3.37	
	WE-MP	31.9	36.7	0.3	-0.3	9.1	40.9	45.5	4.5	2.41	
	WE-OP	29.4	29.4	0.2	-0.5	0.0	38.1	28.6	33.3	2.34	
	WE-EP	37.8	37.8	0.3	-0.4	0.0	26.3	63.2	10.5	2.19	
	ค่าเฉลี่ย	33.0	34.6	0.3	-0.4	3.0	35.1	45.7	16.1	2.31	
ทล.224	WD-MP	16.0	27.4	0.1	-0.4	36.1	23.7	23.7	16.5	11.49	3.2
	WD-OP	13.9	23.7	0.1	-0.3	35.2	28.6	26.7	9.5	12.48	
	WD-EP	12.6	26.5	0.1	-0.5	45.7	23.4	24.5	6.4	11.27	
	ค่าเฉลี่ย	14.1	25.9	0.1	-0.4	39.0	25.2	24.9	10.8	11.75	
	WE-MP	16.2	27.5	0.2	-0.4	34.1	26.4	33.0	6.6	10.57	
	WE-OP	12.6	25.1	0.1	-0.4	43.4	29.2	22.1	5.3	13.46	
	WE-EP	14.3	23.8	0.1	-0.4	34.7	29.7	21.8	13.9	12.18	
	ค่าเฉลี่ย	14.3	25.5	0.1	-0.4	37.4	28.4	25.6	8.6	12.07	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.5 ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลการขับขี่รถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ช่วงวันและเวลา	ค่าพารามิเตอร์								เวลา (นาที)	ระยะทาง (กม.)
		V_{avg}	V_{avg1}	Acc	Dec	T_{idle}	T_{Acc}	T_{Dec}	T_{Cruise}		
ทล.304	WD-MP	57.6	57.6	0.2	-0.3	0.0	41.7	41.7	16.7	1.28	1.69
	WD-OP	42.5	53.8	0.4	-0.9	11.1	66.7	16.7	5.6	2.12	
	WD-EP	44.3	55.4	0.2	-0.5	14.3	28.6	50.0	7.1	1.42	
	ค่าเฉลี่ย	48.1	55.6	0.2	-0.6	8.5	45.6	36.1	9.8	1.61	
	WE-MP	51.4	51.4	0.1	-0.2	0.0	33.3	58.3	8.3	1.28	
	WE-OP	43.8	43.8	0.1	-0.3	0.0	43.8	18.8	37.5	1.57	
	WE-EP	60.2	60.2	0.2	-0.4	0.0	38.5	46.2	15.4	1.35	
	ค่าเฉลี่ย	51.8	51.8	0.2	-0.3	0.0	38.5	41.1	20.4	1.40	

หมายเหตุ คำอธิบายอักษรย่อ Weekdays (WD), Weekend (WE), Morning Peak hour (MP), Off-Peak hour (OP) และ Evening Peak hour (EP)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก จ

ค่าปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากยานพาหนะบนถนนสายสำคัญในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.1 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ชุมพล ระยะทาง 0.75 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	0.101	0.156	0.086	0.150	0.128	0.188	0.091	0.179	0.079	0.149	0.098	0.164
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	0.075	0.136	0.109	0.176	0.102	0.174	0.072	0.118	0.106	0.176	0.095	0.172
		Gasohol 91 - Euro III	0.006	0.010	0.008	0.012	0.007	0.012	0.006	0.009	0.008	0.012	0.007	0.011
		Gasohol 95 - Euro I	1.007	1.868	1.482	2.417	1.381	2.400	0.963	1.615	1.445	2.413	1.301	2.382
		Gasohol 95 - Euro II	0.017	0.029	0.023	0.037	0.022	0.036	0.016	0.025	0.023	0.037	0.020	0.035
		Gasohol 95 - Euro III	0.003	0.005	0.004	0.006	0.004	0.006	0.003	0.004	0.004	0.006	0.003	0.006
		Gasohol E20 - Euro I	0.009	0.016	0.013	0.020	0.012	0.020	0.008	0.014	0.012	0.020	0.011	0.020
		Gasohol E20 - Euro II	0.019	0.038	0.029	0.048	0.027	0.049	0.018	0.032	0.028	0.048	0.026	0.049
		Gasohol E20 - Euro III	0.004	0.007	0.005	0.008	0.005	0.008	0.004	0.006	0.005	0.008	0.004	0.007
		LPG - Euro I	0.373	0.649	0.524	0.842	0.490	0.827	0.351	0.568	0.515	0.840	0.454	0.808
		LPG - Euro II	0.092	0.154	0.125	0.199	0.117	0.194	0.086	0.135	0.123	0.198	0.107	0.187
		NGV - Euro III	0.051	0.088	0.072	0.115	0.067	0.113	0.048	0.078	0.070	0.115	0.062	0.110
	Pick up	Diesel - Euro I	0.139	0.253	0.151	0.270	0.165	0.249	0.152	0.243	0.120	0.158	0.163	0.246
		Diesel - Euro II	0.029	0.051	0.032	0.055	0.036	0.053	0.032	0.050	0.027	0.035	0.034	0.051
		Diesel - Euro III	0.055	0.093	0.060	0.099	0.069	0.100	0.060	0.093	0.056	0.072	0.064	0.096
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.1 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ประจักร ระยะทาง 0.67 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	0.083	0.169	0.094	0.187	0.079	0.150	0.099	0.180	0.074	0.168	0.094	0.172
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	0.100	0.245	0.093	0.196	0.091	0.226	0.084	0.232	0.091	0.243	0.081	0.184
		Gasohol 91 - Euro III	0.007	0.015	0.007	0.012	0.006	0.013	0.006	0.013	0.006	0.014	0.006	0.011
		Gasohol 95 - Euro I	1.374	3.477	1.264	2.740	1.252	3.213	1.157	3.318	1.254	3.458	1.111	2.591
		Gasohol 95 - Euro II	0.021	0.047	0.020	0.039	0.019	0.043	0.017	0.044	0.019	0.046	0.017	0.036
		Gasohol 95 - Euro III	0.003	0.007	0.003	0.006	0.003	0.007	0.003	0.006	0.003	0.007	0.003	0.006
		Gasohol E20 - Euro I	0.012	0.027	0.011	0.022	0.010	0.025	0.010	0.026	0.011	0.027	0.009	0.021
		Gasohol E20 - Euro II	0.028	0.077	0.025	0.059	0.025	0.072	0.024	0.075	0.025	0.078	0.022	0.057
		Gasohol E20 - Euro III	0.005	0.009	0.004	0.008	0.004	0.008	0.004	0.008	0.004	0.009	0.004	0.007
		LPG - Euro I	0.476	1.120	0.445	0.908	0.430	1.031	0.394	1.048	0.435	1.103	0.386	0.845
		LPG - Euro II	0.112	0.251	0.106	0.207	0.100	0.230	0.092	0.231	0.102	0.245	0.091	0.190
		NGV - Euro III	0.065	0.152	0.061	0.124	0.059	0.140	0.054	0.142	0.059	0.150	0.053	0.115
	Pick up	Diesel - Euro I	0.169	0.408	0.143	0.320	0.196	0.469	0.153	0.283	0.116	0.245	0.152	0.309
		Diesel - Euro II	0.035	0.079	0.030	0.063	0.041	0.091	0.032	0.057	0.024	0.048	0.031	0.061
		Diesel - Euro III	0.065	0.137	0.054	0.108	0.075	0.157	0.059	0.102	0.043	0.083	0.057	0.107
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.1 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
โพธิ์กลาง ระยะทาง 1.55 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	0.195	0.313	0.167	0.296	0.171	0.322	0.158	0.233	0.159	0.249	0.197	0.288
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	0.162	0.305	0.162	0.282	0.167	0.379	0.156	0.402	0.177	0.366	0.171	0.381
		Gasohol 91 - Euro III	0.012	0.020	0.013	0.020	0.013	0.024	0.013	0.025	0.014	0.024	0.013	0.025
		Gasohol 95 - Euro I	2.196	4.228	2.188	3.874	2.267	5.327	2.084	5.676	2.393	5.112	2.302	5.343
		Gasohol 95 - Euro II	0.035	0.063	0.036	0.059	0.037	0.075	0.036	0.079	0.039	0.074	0.038	0.076
		Gasohol 95 - Euro III	0.006	0.010	0.006	0.010	0.006	0.012	0.006	0.012	0.007	0.012	0.007	0.012
		Gasohol E20 - Euro I	0.019	0.035	0.019	0.032	0.020	0.043	0.018	0.045	0.021	0.041	0.020	0.043
		Gasohol E20 - Euro II	0.043	0.088	0.042	0.079	0.044	0.116	0.039	0.126	0.046	0.109	0.044	0.115
		Gasohol E20 - Euro III	0.008	0.013	0.009	0.013	0.009	0.015	0.009	0.017	0.009	0.016	0.009	0.016
		LPG - Euro I	0.784	1.436	0.791	1.343	0.810	1.753	0.769	1.851	0.860	1.711	0.836	1.772
		LPG - Euro II	0.188	0.333	0.192	0.317	0.195	0.399	0.190	0.420	0.208	0.394	0.204	0.406
		NGV - Euro III	0.107	0.196	0.108	0.183	0.111	0.238	0.105	0.252	0.117	0.233	0.114	0.241
	Pick up	Diesel - Euro I	0.288	0.486	0.329	0.613	0.289	0.600	0.262	0.361	0.249	0.791	0.264	0.424
		Diesel - Euro II	0.062	0.101	0.069	0.124	0.059	0.118	0.058	0.079	0.051	0.149	0.057	0.089
		Diesel - Euro III	0.122	0.190	0.129	0.222	0.109	0.207	0.117	0.157	0.093	0.247	0.109	0.166
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.1 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
จอมพล ระยะทาง 1.59 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	0.245	0.422	0.216	0.452	0.167	0.302	0.187	0.353	0.214	0.384	0.203	0.344
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	0.191	0.363	0.202	0.436	0.195	0.403	0.192	0.370	0.216	0.455	0.190	0.423
		Gasohol 91 - Euro III	0.015	0.025	0.015	0.027	0.015	0.026	0.015	0.025	0.015	0.028	0.013	0.026
		Gasohol 95 - Euro I	2.585	5.024	2.763	6.122	2.655	5.630	2.608	5.144	2.977	6.387	2.603	5.966
		Gasohol 95 - Euro II	0.042	0.075	0.043	0.087	0.042	0.081	0.042	0.076	0.045	0.090	0.040	0.083
		Gasohol 95 - Euro III	0.007	0.012	0.007	0.014	0.007	0.013	0.007	0.012	0.007	0.014	0.006	0.013
		Gasohol E20 - Euro I	0.022	0.041	0.023	0.049	0.023	0.046	0.022	0.042	0.025	0.051	0.022	0.047
		Gasohol E20 - Euro II	0.050	0.104	0.055	0.132	0.052	0.120	0.050	0.108	0.060	0.137	0.052	0.130
		Gasohol E20 - Euro III	0.010	0.016	0.010	0.018	0.010	0.017	0.010	0.016	0.010	0.018	0.009	0.016
		LPG - Euro I	0.932	1.710	0.970	2.019	0.944	1.878	0.933	1.741	1.028	2.103	0.902	1.949
		LPG - Euro II	0.225	0.398	0.230	0.459	0.226	0.431	0.225	0.404	0.241	0.477	0.212	0.440
		NGV - Euro III	0.127	0.233	0.132	0.275	0.129	0.256	0.127	0.237	0.140	0.286	0.123	0.265
	Pick up	Diesel - Euro I	0.375	0.837	0.375	0.772	0.313	0.554	0.297	0.593	0.342	0.603	0.302	0.541
		Diesel - Euro II	0.077	0.164	0.078	0.153	0.065	0.112	0.063	0.119	0.071	0.123	0.064	0.110
		Diesel - Euro III	0.139	0.282	0.144	0.269	0.120	0.202	0.120	0.214	0.133	0.222	0.122	0.201
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.1 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ทล. 2 ระยะทาง 7.66 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	0.903	1.139	0.814	1.120	0.808	1.101	0.794	0.999	0.927	1.255	0.954	1.269
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	0.553	0.826	0.742	1.078	0.763	1.237	0.568	0.741	0.695	1.165	0.616	0.842
		Gasohol 91 - Euro III	0.061	0.079	0.080	0.103	0.073	0.103	0.066	0.080	0.071	0.100	0.068	0.085
		Gasohol 95 - Euro I	7.060	10.906	9.469	14.176	9.943	16.649	7.174	9.541	9.002	15.691	7.846	10.956
		Gasohol 95 - Euro II	0.147	0.202	0.196	0.265	0.189	0.282	0.156	0.195	0.178	0.268	0.164	0.213
		Gasohol 95 - Euro III	0.029	0.038	0.038	0.050	0.035	0.050	0.032	0.038	0.034	0.048	0.033	0.041
		Gasohol E20 - Euro I	0.069	0.100	0.093	0.131	0.093	0.146	0.072	0.092	0.086	0.138	0.077	0.103
		Gasohol E20 - Euro II	0.114	0.199	0.154	0.256	0.173	0.322	0.112	0.160	0.153	0.305	0.126	0.191
		Gasohol E20 - Euro III	0.047	0.060	0.062	0.078	0.054	0.074	0.052	0.063	0.055	0.073	0.053	0.065
		LPG - Euro I	2.924	4.191	3.909	5.482	3.900	6.085	3.044	3.886	3.611	5.750	3.259	4.338
		LPG - Euro II	0.786	1.078	1.045	1.412	1.006	1.502	0.832	1.038	0.951	1.431	0.877	1.135
		NGV - Euro III	0.401	0.573	0.535	0.749	0.533	0.830	0.417	0.532	0.494	0.785	0.447	0.594
	Pick up	Diesel - Euro I	0.630	0.854	1.063	1.608	0.833	1.450	0.964	1.409	0.917	1.677	1.023	1.931
		Diesel - Euro II	0.149	0.196	0.249	0.357	0.193	0.311	0.234	0.322	0.213	0.356	0.239	0.409
		Diesel - Euro III	0.325	0.413	0.532	0.726	0.412	0.612	0.524	0.682	0.452	0.693	0.514	0.797
	Heavy bus	Diesel - Euro I	3.641	5.729	3.691	5.551	4.326	6.727	3.859	5.317	3.834	5.469	3.287	5.736
		Diesel - Euro II	3.336	5.136	3.580	5.293	3.772	5.758	3.358	4.593	3.525	4.990	2.898	4.914
	Heavy truck	Diesel - Euro I	0.000	0.000	3.181	4.706	0.000	0.000	3.350	5.366	3.143	5.235	3.173	5.231
		Diesel - Euro II	0.000	0.000	1.963	2.874	0.000	0.000	2.106	3.294	1.942	3.176	1.952	3.166

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.2 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ชุมพล ระยะทาง 0.75 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	1.615	2.411	1.330	2.183	2.094	2.995	1.306	2.429	1.162	2.070	1.512	2.417
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	1.279	1.964	1.565	2.434	1.462	2.340	1.139	1.718	1.559	2.430	1.313	2.200
		Gasohol 91 - Euro III	0.125	0.196	0.158	0.247	0.148	0.238	0.113	0.172	0.157	0.246	0.133	0.226
		Gasohol 95 - Euro I	7.240	11.176	8.930	13.909	8.346	13.384	6.469	9.786	8.890	13.886	7.505	12.605
		Gasohol 95 - Euro II	0.484	0.739	0.586	0.911	0.547	0.874	0.429	0.645	0.584	0.910	0.491	0.822
		Gasohol 95 - Euro III	0.047	0.070	0.055	0.085	0.051	0.082	0.041	0.061	0.055	0.085	0.046	0.076
		Gasohol E20 - Euro I	0.052	0.087	0.071	0.112	0.066	0.110	0.048	0.077	0.070	0.112	0.061	0.106
		Gasohol E20 - Euro II	1.669	2.970	2.387	3.855	2.229	3.801	1.582	2.590	2.338	3.844	2.077	3.732
		Gasohol E20 - Euro III	0.033	0.049	0.038	0.059	0.036	0.057	0.029	0.043	0.038	0.059	0.032	0.053
		LPG - Euro I	1.787	2.814	2.266	3.548	2.119	3.426	1.616	2.471	2.250	3.540	1.915	3.249
		LPG - Euro II	0.324	0.745	0.521	0.894	0.482	0.930	0.315	0.602	0.500	0.906	0.475	0.963
		NGV - Euro III	0.029	0.051	0.041	0.066	0.039	0.065	0.028	0.045	0.041	0.066	0.036	0.063
	Pick up	Diesel - Euro I	0.498	0.878	0.540	0.939	0.605	0.897	0.543	0.858	0.459	0.599	0.585	0.879
		Diesel - Euro II	0.246	0.478	0.266	0.507	0.282	0.437	0.543	0.442	0.190	0.254	0.288	0.438
		Diesel - Euro III	0.310	0.575	0.336	0.612	0.366	0.554	0.269	0.547	0.260	0.344	0.365	0.551
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.2 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ประจักร ระยะทาง 0.67 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	1.238	2.308	1.369	2.546	1.217	2.126	1.474	2.541	1.124	2.251	1.408	2.423
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	1.362	2.743	1.320	2.375	1.201	2.482	1.096	2.442	1.253	2.644	1.110	2.125
		Gasohol 91 - Euro III	0.138	0.287	0.133	0.245	0.123	0.261	0.112	0.258	0.127	0.278	0.113	0.221
		Gasohol 95 - Euro I	7.786	15.791	7.532	13.628	6.876	14.306	6.271	14.091	7.160	15.235	6.343	12.216
		Gasohol 95 - Euro II	0.509	1.021	0.494	0.886	0.449	0.923	0.410	0.909	0.469	0.984	0.416	0.792
		Gasohol 95 - Euro III	0.048	0.093	0.046	0.082	0.042	0.084	0.038	0.082	0.044	0.089	0.039	0.073
		Gasohol E20 - Euro I	0.063	0.142	0.060	0.117	0.057	0.130	0.052	0.131	0.058	0.139	0.051	0.108
		Gasohol E20 - Euro II	2.183	5.267	2.030	4.226	1.979	4.854	1.816	4.960	1.993	5.203	1.766	3.954
		Gasohol E20 - Euro III	0.033	0.064	0.032	0.057	0.029	0.058	0.027	0.056	0.031	0.061	0.027	0.050
		LPG - Euro I	1.989	4.140	1.913	3.531	1.765	3.764	1.608	3.726	1.826	4.007	1.618	3.187
		LPG - Euro II	0.523	1.660	0.457	1.216	0.486	1.545	0.465	1.663	0.479	1.704	0.421	1.195
		NGV - Euro III	0.037	0.087	0.035	0.071	0.034	0.080	0.031	0.081	0.034	0.086	0.030	0.066
	Pick up	Diesel - Euro I	0.599	1.366	0.504	1.077	0.695	1.570	0.543	0.976	0.406	0.826	0.533	1.048
		Diesel - Euro II	0.304	0.826	0.261	0.640	0.356	0.948	0.543	0.539	0.217	0.486	0.278	0.605
		Diesel - Euro III	0.378	0.944	0.322	0.738	0.441	1.085	0.275	0.644	0.264	0.564	0.342	0.708
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.2 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
โพธิ์กลาง ระยะทาง 1.55 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	3.118	4.767	2.599	4.306	2.681	4.604	2.642	3.755	2.603	3.879	3.258	4.636
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	2.406	3.987	2.519	3.932	2.534	4.609	2.671	4.923	2.723	4.675	2.717	4.785
		Gasohol 91 - Euro III	0.241	0.407	0.250	0.397	0.252	0.474	0.260	0.503	0.271	0.477	0.269	0.489
		Gasohol 95 - Euro I	13.705	22.812	14.317	22.434	14.409	26.417	15.097	28.161	15.478	26.747	15.421	27.384
		Gasohol 95 - Euro II	0.903	1.492	0.948	1.475	0.953	1.724	1.010	1.846	1.025	1.751	1.023	1.792
		Gasohol 95 - Euro III	0.085	0.139	0.090	0.139	0.090	0.160	0.098	0.172	0.097	0.163	0.098	0.167
		Gasohol E20 - Euro I	0.106	0.189	0.108	0.179	0.110	0.226	0.108	0.238	0.118	0.223	0.115	0.230
		Gasohol E20 - Euro II	3.557	6.626	3.571	6.151	3.671	8.175	3.445	8.652	3.889	7.930	3.768	8.240
		Gasohol E20 - Euro III	0.060	0.097	0.063	0.097	0.064	0.111	0.069	0.120	0.068	0.113	0.069	0.116
		LPG - Euro I	3.458	5.848	3.586	5.696	3.616	6.824	3.712	7.233	3.878	6.863	3.846	7.036
		LPG - Euro II	0.764	1.749	0.736	1.509	0.805	2.446	0.703	2.749	0.831	2.238	0.782	2.428
		NGV - Euro III	0.062	0.113	0.062	0.106	0.064	0.137	0.061	0.144	0.068	0.134	0.066	0.138
	Pick up	Diesel - Euro I	1.062	1.728	1.176	2.119	1.015	2.033	0.985	1.342	0.871	2.571	0.963	1.513
		Diesel - Euro II	0.489	0.886	0.588	1.168	0.529	1.182	0.985	0.600	0.463	1.680	0.452	0.764
		Diesel - Euro III	0.637	1.093	0.738	1.396	0.651	1.378	0.426	0.792	0.562	1.854	0.584	0.951
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.2 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
จอมพล ระยะทาง 1.59 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	3.682	6.081	3.318	6.211	2.605	4.366	2.827	4.964	3.250	5.491	3.097	5.014
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	2.937	4.815	2.873	5.241	2.882	5.035	2.898	4.831	2.915	5.380	2.578	4.908
		Gasohol 91 - Euro III	0.293	0.490	0.290	0.542	0.289	0.517	0.290	0.493	0.297	0.559	0.262	0.511
		Gasohol 95 - Euro I	16.708	27.521	16.393	30.082	16.422	28.849	16.494	27.634	16.672	30.918	14.741	28.221
		Gasohol 95 - Euro II	1.103	1.803	1.076	1.956	1.081	1.882	1.089	1.809	1.091	2.007	0.964	1.829
		Gasohol 95 - Euro III	0.105	0.168	0.101	0.180	0.102	0.174	0.103	0.169	0.102	0.184	0.090	0.168
		Gasohol E20 - Euro I	0.128	0.226	0.130	0.260	0.128	0.244	0.127	0.229	0.136	0.270	0.120	0.249
		Gasohol E20 - Euro II	4.215	7.885	4.428	9.413	4.291	8.721	4.229	8.043	4.718	9.811	4.137	9.118
		Gasohol E20 - Euro III	0.073	0.117	0.071	0.125	0.071	0.121	0.072	0.117	0.071	0.127	0.063	0.115
		LPG - Euro I	4.195	7.035	4.162	7.803	4.147	7.438	4.150	7.081	4.266	8.048	3.768	7.365
		LPG - Euro II	0.877	2.083	1.011	2.748	0.938	2.462	0.905	2.158	1.133	2.836	0.983	2.731
		NGV - Euro III	0.074	0.134	0.076	0.158	0.074	0.147	0.074	0.137	0.081	0.164	0.071	0.152
	Pick up	Diesel - Euro I	1.312	2.808	1.330	2.628	1.109	1.920	1.074	2.042	1.219	2.098	1.091	1.888
		Diesel - Euro II	0.694	1.677	0.679	1.513	0.565	1.044	1.074	1.144	0.611	1.132	0.528	1.013
		Diesel - Euro III	0.848	1.931	0.843	1.771	0.703	1.258	0.520	1.354	0.765	1.368	0.673	1.225
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.2 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ทล. 2 ระยะทาง 7.66 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	17.537	21.686	15.028	19.784	14.680	19.327	15.010	18.685	18.370	23.439	18.342	23.404
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	13.264	16.875	17.417	22.061	15.446	21.253	14.603	17.521	15.402	20.896	14.840	18.313
		Gasohol 91 - Euro III	1.224	1.586	1.615	2.077	1.465	2.059	1.333	1.614	1.436	2.000	1.368	1.709
		Gasohol 95 - Euro I	74.001	94.550	97.288	123.675	86.770	119.986	81.253	97.702	86.144	117.607	82.780	102.436
		Gasohol 95 - Euro II	5.079	6.441	6.660	8.412	5.876	8.054	5.602	6.710	5.888	7.949	5.683	6.998
		Gasohol 95 - Euro III	0.512	0.641	0.669	0.836	0.580	0.783	0.570	0.678	0.589	0.780	0.573	0.700
		Gasohol E20 - Euro I	0.443	0.608	0.590	0.797	0.568	0.849	0.469	0.585	0.536	0.808	0.495	0.641
		Gasohol E20 - Euro II	12.569	18.463	16.827	24.109	17.100	27.315	12.972	16.782	15.692	25.758	13.997	18.926
		Gasohol E20 - Euro III	0.372	0.463	0.485	0.603	0.416	0.558	0.416	0.494	0.426	0.559	0.417	0.507
		LPG - Euro I	17.370	22.559	22.923	29.550	20.869	29.398	18.888	22.903	20.414	28.530	19.419	24.284
		LPG - Euro II	1.669	3.539	2.241	4.454	2.742	5.998	1.560	2.522	2.379	5.789	1.823	3.153
		NGV - Euro III	0.235	0.334	0.313	0.436	0.311	0.481	0.245	0.312	0.289	0.455	0.262	0.347
	Pick up	Diesel - Euro I	2.502	3.296	4.164	6.018	3.247	5.275	3.907	5.414	3.567	6.044	4.009	6.946
		Diesel - Euro II	0.936	1.353	1.620	2.709	1.287	2.590	3.907	2.277	1.428	3.050	1.571	3.533
		Diesel - Euro III	1.340	1.845	2.274	3.528	1.788	3.230	1.372	3.050	1.973	3.755	2.192	4.328
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.3 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครราชสีมา

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ชุมพล ระยะทาง 0.75 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	0.094	0.137	0.075	0.118	0.125	0.175	0.068	0.121	0.063	0.107	0.085	0.132
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	0.288	0.446	0.357	0.556	0.333	0.535	0.258	0.391	0.355	0.555	0.300	0.505
		Gasohol 91 - Euro III	0.008	0.013	0.010	0.556	0.010	0.015	0.007	0.011	0.010	0.016	0.009	0.014
		Gasohol 95 - Euro I	0.870	1.346	1.075	0.016	1.003	1.610	0.777	1.177	1.069	1.672	0.904	1.520
		Gasohol 95 - Euro II	0.147	0.246	0.200	1.675	0.188	0.313	0.137	0.217	0.198	0.318	0.172	0.300
		Gasohol 95 - Euro III	0.017	0.031	0.025	0.319	0.023	0.040	0.016	0.027	0.024	0.040	0.022	0.040
		Gasohol E20 - Euro I	0.122	0.227	0.180	0.040	0.168	0.291	0.117	0.196	0.175	0.293	0.158	0.289
		Gasohol E20 - Euro II	0.092	0.153	0.124	0.293	0.116	0.192	0.085	0.134	0.122	0.196	0.106	0.185
		Gasohol E20 - Euro III	0.011	0.019	0.015	0.197	0.014	0.024	0.011	0.017	0.015	0.024	0.013	0.023
		LPG - Euro I	0.745	1.122	0.884	0.024	0.825	1.309	0.655	0.976	0.883	1.366	0.737	1.222
		LPG - Euro II	1.627	2.418	1.885	1.367	1.758	2.774	1.414	2.094	1.887	2.906	1.565	2.579
		NGV - Euro III	0.168	0.243	0.184	2.904	0.170	0.266	0.142	0.207	0.185	0.281	0.151	0.244
	Pick up	Diesel - Euro I	0.728	1.212	0.790	1.301	0.922	1.333	0.790	1.219	0.767	0.988	0.852	1.267
		Diesel - Euro II	0.346	0.592	0.375	0.634	0.428	0.627	0.376	0.587	0.340	0.440	0.406	0.606
		Diesel - Euro III	0.365	0.620	0.396	0.664	0.456	0.664	0.397	0.617	0.367	0.475	0.428	0.639
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.3 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ประจักร ระยะทาง 0.67 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	0.067	0.118	0.073	0.128	0.069	0.113	0.080	0.132	0.063	0.114	0.077	0.127
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	0.311	0.634	0.301	0.546	0.275	0.575	0.251	0.567	0.286	0.612	0.254	0.490
		Gasohol 91 - Euro III	0.009	0.018	0.009	0.546	0.008	0.016	0.007	0.016	0.008	0.017	0.007	0.014
		Gasohol 95 - Euro I	0.937	1.907	0.906	0.016	0.828	1.728	0.756	1.705	0.862	1.841	0.764	1.476
		Gasohol 95 - Euro II	0.180	0.404	0.170	1.643	0.162	0.370	0.147	0.372	0.165	0.395	0.145	0.306
		Gasohol 95 - Euro III	0.023	0.058	0.021	0.334	0.021	0.054	0.019	0.056	0.021	0.058	0.019	0.043
		Gasohol E20 - Euro I	0.167	0.423	0.153	0.046	0.152	0.391	0.140	0.403	0.152	0.421	0.135	0.315
		Gasohol E20 - Euro II	0.111	0.247	0.105	0.333	0.099	0.226	0.091	0.227	0.101	0.241	0.090	0.188
		Gasohol E20 - Euro III	0.014	0.031	0.013	0.205	0.012	0.028	0.011	0.028	0.013	0.030	0.011	0.023
		LPG - Euro I	0.764	1.498	0.745	0.025	0.670	1.350	0.613	1.322	0.704	1.440	0.624	1.167
		LPG - Euro II	1.622	3.126	1.588	1.313	1.417	2.808	1.299	2.742	1.497	2.997	1.326	2.443
		NGV - Euro III	0.156	0.289	0.154	2.763	0.135	0.257	0.125	0.250	0.145	0.276	0.128	0.228
	Pick up	Diesel - Euro I	0.862	1.755	0.711	1.393	0.996	2.018	0.778	1.327	0.557	1.069	0.745	1.376
		Diesel - Euro II	0.412	0.888	0.344	0.703	0.477	1.021	0.373	0.653	0.273	0.540	0.362	0.689
		Diesel - Euro III	0.435	0.919	0.361	0.728	0.503	1.057	0.393	0.682	0.286	0.559	0.379	0.716
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.3 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
โพธิ์กลาง ระยะทาง 1.55 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	0.182	0.269	0.148	0.233	0.153	0.247	0.160	0.223	0.156	0.224	0.197	0.274
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	0.547	0.913	0.571	0.896	0.575	1.058	0.600	1.127	0.617	1.070	0.614	1.096
		Gasohol 91 - Euro III	0.016	0.026	0.016	0.896	0.017	0.030	0.017	0.032	0.018	0.031	0.018	0.031
		Gasohol 95 - Euro I	1.649	2.749	1.720	0.026	1.731	3.185	1.811	3.395	1.860	3.223	1.853	3.301
		Gasohol 95 - Euro II	0.302	0.535	0.307	2.699	0.313	0.643	0.304	0.676	0.332	0.633	0.326	0.653
		Gasohol 95 - Euro III	0.037	0.071	0.037	0.508	0.038	0.089	0.035	0.095	0.040	0.086	0.039	0.090
		Gasohol E20 - Euro I	0.266	0.514	0.265	0.065	0.275	0.647	0.253	0.690	0.290	0.621	0.279	0.649
		Gasohol E20 - Euro II	0.187	0.330	0.190	0.470	0.193	0.394	0.189	0.415	0.206	0.390	0.202	0.402
		Gasohol E20 - Euro III	0.023	0.041	0.024	0.314	0.024	0.049	0.024	0.051	0.026	0.048	0.025	0.050
		LPG - Euro I	1.367	2.230	1.443	0.039	1.449	2.562	1.564	2.761	1.561	2.616	1.564	2.676
		LPG - Euro II	2.931	4.731	3.112	2.222	3.124	5.415	3.429	5.881	3.368	5.554	3.386	5.680
		NGV - Euro III	0.289	0.455	0.312	4.750	0.313	0.518	0.359	0.576	0.338	0.537	0.342	0.549
	Pick up	Diesel - Euro I	1.643	2.514	1.702	2.892	1.423	2.662	1.586	2.123	1.226	3.116	1.465	2.205
		Diesel - Euro II	0.757	1.193	0.812	1.420	0.691	1.336	0.716	0.967	0.592	1.625	0.681	1.047
		Diesel - Euro III	0.808	1.261	0.857	1.484	0.725	1.386	0.769	1.036	0.622	1.665	0.725	1.106
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.3 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
จอมพล ระยะทาง 1.59 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	0.203	0.323	0.187	0.322	0.148	0.235	0.157	0.260	0.181	0.292	0.173	0.270
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	0.666	1.101	0.655	1.206	0.655	1.155	0.658	1.106	0.667	1.240	0.589	1.132
		Gasohol 91 - Euro III	0.019	0.031	0.019	1.206	0.019	0.033	0.019	0.032	0.019	0.035	0.017	0.032
		Gasohol 95 - Euro I	2.009	3.317	1.973	0.034	1.976	3.479	1.982	3.328	2.009	3.734	1.775	3.407
		Gasohol 95 - Euro II	0.361	0.640	0.369	3.631	0.363	0.693	0.360	0.649	0.386	0.766	0.341	0.708
		Gasohol 95 - Euro III	0.043	0.084	0.046	0.738	0.044	0.094	0.044	0.086	0.050	0.107	0.044	0.100
		Gasohol E20 - Euro I	0.314	0.610	0.335	0.103	0.322	0.684	0.316	0.625	0.361	0.776	0.316	0.725
		Gasohol E20 - Euro II	0.224	0.394	0.228	0.744	0.224	0.426	0.223	0.400	0.239	0.471	0.210	0.434
		Gasohol E20 - Euro III	0.028	0.049	0.028	0.454	0.028	0.053	0.028	0.050	0.030	0.058	0.026	0.054
		LPG - Euro I	1.678	2.703	1.622	0.056	1.637	2.800	1.652	2.705	1.632	2.960	1.445	2.693
		LPG - Euro II	3.610	5.748	3.461	2.896	3.507	5.917	3.551	5.743	3.463	6.204	3.066	5.635
		NGV - Euro III	0.359	0.557	0.338	6.090	0.345	0.564	0.352	0.554	0.333	0.580	0.295	0.524
	Pick up	Diesel - Euro I	1.824	3.609	1.903	3.484	1.575	2.624	1.605	2.791	1.761	2.897	1.618	2.637
		Diesel - Euro II	0.888	1.828	0.913	1.736	0.759	1.289	0.753	1.368	0.841	1.415	0.763	1.279
		Diesel - Euro III	0.931	1.891	0.961	1.806	0.799	1.347	0.799	1.430	0.887	1.481	0.808	1.342
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.3 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ทล. 2 ระยะทาง 7.66 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	1.240	1.513	1.012	1.296	0.972	1.251	1.032	1.273	1.327	1.637	1.287	1.601
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	2.921	3.742	3.842	4.895	3.438	4.767	3.203	3.856	3.406	4.666	3.268	4.050
		Gasohol 91 - Euro III	0.086	0.109	0.113	4.895	0.100	0.138	0.094	0.113	0.100	0.136	0.096	0.119
		Gasohol 95 - Euro I	8.824	11.295	11.601	0.143	10.377	14.380	9.673	11.642	10.291	14.086	9.873	12.232
		Gasohol 95 - Euro II	1.251	1.719	1.659	14.772	1.602	2.399	1.325	1.654	1.517	2.290	1.397	1.811
		Gasohol 95 - Euro III	0.118	0.182	0.158	2.247	0.166	0.278	0.119	0.159	0.150	0.262	0.131	0.183
		Gasohol E20 - Euro I	0.852	1.319	1.143	0.237	1.203	2.018	0.864	1.151	1.087	1.901	0.947	1.324
		Gasohol E20 - Euro II	0.786	1.074	1.046	1.715	1.004	1.494	0.833	1.038	0.949	1.423	0.877	1.133
		Gasohol E20 - Euro III	0.099	0.135	0.132	1.408	0.126	0.187	0.105	0.131	0.120	0.178	0.111	0.143
		LPG - Euro I	8.153	10.222	10.659	0.177	9.252	12.511	9.070	10.801	9.382	12.455	9.129	11.158
		LPG - Euro II	18.498	22.977	24.096	13.333	20.606	27.551	20.724	24.563	21.158	27.701	20.721	25.174
		NGV - Euro III	2.103	2.562	2.713	29.906	2.238	2.920	2.398	2.814	2.375	3.018	2.359	2.829
	Pick up	Diesel - Euro I	4.556	5.741	7.423	9.952	5.753	8.315	7.434	9.509	6.305	9.373	7.187	10.773
		Diesel - Euro II	1.929	2.482	3.175	4.411	2.467	3.769	3.079	4.084	2.705	4.282	3.063	4.919
		Diesel - Euro III	2.115	2.701	3.468	4.760	2.692	4.037	3.400	4.453	2.951	4.573	3.349	5.253
	Heavy bus	Diesel - Euro I	40.082	60.409	42.728	62.182	45.803	68.262	40.911	55.197	42.271	59.106	34.849	57.373
		Diesel - Euro II	37.455	53.824	39.930	56.081	43.159	61.087	38.812	50.913	39.362	53.589	32.300	49.731
	Heavy truck	Diesel - Euro I	0.000	0.000	39.128	56.647	0.000	0.000	42.087	64.464	38.466	61.805	38.710	61.716
		Diesel - Euro II	0.000	0.000	36.030	52.689	0.000	0.000	38.399	60.025	35.510	58.017	35.790	57.951

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.4 ค่าปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ชุมพล ระยะทาง 0.75 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 91 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		LPG - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		LPG - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		NGV - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pick up	Diesel - Euro I	0.054	0.090	0.059	0.097	0.068	0.099	0.059	0.091	0.056	0.073	0.063	0.094
		Diesel - Euro II	0.079	0.131	0.086	0.140	0.100	0.144	0.085	0.132	0.084	0.108	0.092	0.137
		Diesel - Euro III	0.030	0.049	0.033	0.053	0.039	0.056	0.033	0.050	0.033	0.043	0.035	0.052
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.4 ค่าปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ประจักร ระยะทาง 0.67 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 91 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		LPG - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		LPG - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		NGV - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pick up	Diesel - Euro I	0.064	0.131	0.053	0.104	0.074	0.151	0.058	0.099	0.041	0.080	0.055	0.103
		Diesel - Euro II	0.093	0.189	0.077	0.150	0.108	0.217	0.084	0.143	0.060	0.115	0.080	0.148
		Diesel - Euro III	0.036	0.070	0.029	0.056	0.041	0.080	0.032	0.054	0.023	0.042	0.030	0.055
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.4 ค่าปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
โพธิ์กลาง ระยะทาง 1.55 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 91 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		LPG - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		LPG - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		NGV - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pick up	Diesel - Euro I	0.122	0.187	0.126	0.215	0.106	0.198	0.117	0.157	0.091	0.234	0.108	0.164
		Diesel - Euro II	0.178	0.272	0.184	0.312	0.154	0.287	0.173	0.231	0.133	0.335	0.159	0.239
		Diesel - Euro III	0.070	0.105	0.071	0.117	0.058	0.106	0.068	0.091	0.050	0.121	0.062	0.092
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.4 ค่าปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
จอมพล ระยะทาง 1.59 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 91 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		LPG - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		LPG - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		NGV - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pick up	Diesel - Euro I	0.135	0.269	0.141	0.260	0.117	0.195	0.119	0.208	0.131	0.215	0.120	0.196
		Diesel - Euro II	0.197	0.388	0.206	0.375	0.170	0.283	0.174	0.301	0.190	0.313	0.175	0.285
		Diesel - Euro III	0.074	0.143	0.078	0.140	0.065	0.107	0.067	0.114	0.073	0.118	0.068	0.108
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.4 ค่าปริมาณการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ทล. 2 ระยะทาง 7.66 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 91 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol 95 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gasohol E20 - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		LPG - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		LPG - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		NGV - Euro III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pick up	Diesel - Euro I	0.334	0.421	0.544	0.732	0.422	0.613	0.543	0.697	0.462	0.692	0.527	0.795
		Diesel - Euro II	0.499	0.628	0.812	1.086	0.629	0.905	0.815	1.040	0.690	1.020	0.787	1.172
		Diesel - Euro III	0.206	0.256	0.333	0.436	0.258	0.360	0.340	0.426	0.283	0.404	0.323	0.464
	Heavy bus	Diesel - Euro I	3983.040	5657.981	4240.269	5903.495	4606.072	5657.981	4149.266	5406.293	4180.286	5653.270	3430.443	5196.009
		Diesel - Euro II	5088.396	6898.224	5378.848	7225.793	5981.519	7960.793	5423.596	6881.593	5305.056	6980.197	4360.541	6179.488
	Heavy truck	Diesel - Euro I	0.000	0.000	7633.291	10840.608	0.000	0.000	8375.495	12342.285	7469.849	11618.676	7488.762	11587.040
		Diesel - Euro II	0.000	0.000	2048.250	2814.594	0.000	0.000	2351.004	3245.437	1995.545	2929.361	1981.546	2907.065

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.5 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ชุมพล ระยะทาง 0.75 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	18	28	15	26	24	34	16	30	14	25	18	28
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	76	121	98	155	92	150	69	107	97	154	84	143
		Gasohol 91 - Euro III	75	123	99	157	93	152	69	108	98	156	85	146
		Gasohol 95 - Euro I	75	122	99	156	92	152	69	107	98	156	84	146
		Gasohol 95 - Euro II	90	146	118	186	110	181	83	128	117	186	101	173
		Gasohol 95 - Euro III	76	121	98	153	91	149	69	106	97	153	83	141
		Gasohol E20 - Euro I	121	196	159	250	148	243	111	172	157	250	135	233
		Gasohol E20 - Euro II	95	157	127	202	119	196	88	138	126	201	109	189
		Gasohol E20 - Euro III	75	121	98	154	92	150	69	106	97	154	83	143
		LPG - Euro I	80	134	108	172	101	168	74	117	107	172	93	162
		LPG - Euro II	89	147	120	190	112	185	82	130	118	189	102	178
		NGV - Euro III	84	138	112	177	105	172	77	121	110	177	96	166
	Pick up	Diesel - Euro I	116	195	125	209	145	211	126	195	118	153	135	202
		Diesel - Euro II	105	177	114	190	133	193	115	177	109	140	124	184
		Diesel - Euro III	101	171	110	183	127	185	110	171	104	135	119	177
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.5 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ประจักร ระยะทาง 0.67 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	15	28	16	31	14	25	17	30	13	27	17	29
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	87	185	83	156	77	169	70	168	80	180	71	142
		Gasohol 91 - Euro III	88	191	84	160	79	174	72	174	81	185	71	146
		Gasohol 95 - Euro I	88	191	84	160	78	175	72	175	80	186	71	146
		Gasohol 95 - Euro II	105	225	100	189	93	206	85	205	96	219	85	172
		Gasohol 95 - Euro III	86	183	82	154	77	166	70	165	79	177	70	140
		Gasohol E20 - Euro I	141	304	134	255	126	278	114	277	129	296	114	233
		Gasohol E20 - Euro II	113	251	108	208	102	230	93	230	104	245	92	191
		Gasohol E20 - Euro III	87	187	83	157	77	170	71	170	80	181	70	143
		LPG - Euro I	97	217	92	180	87	199	80	200	89	213	79	165
		LPG - Euro II	107	237	101	196	96	217	87	217	98	231	87	180
		NGV - Euro III	100	220	95	183	89	201	81	201	91	214	81	167
	Pick up	Diesel - Euro I	137	286	114	227	159	329	124	214	90	174	119	223
		Diesel - Euro II	125	259	104	206	145	298	113	194	82	158	109	203
		Diesel - Euro III	121	250	100	199	139	288	109	187	79	153	105	196
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.5 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
โพธิ์กลาง ระยะทาง 1.55 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	36	55	30	51	31	55	30	43	29	45	37	53
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	149	256	154	247	155	302	157	319	166	301	164	309
		Gasohol 91 - Euro III	150	261	154	250	156	308	156	325	167	307	165	315
		Gasohol 95 - Euro I	149	260	153	249	155	308	154	325	166	306	163	315
		Gasohol 95 - Euro II	179	309	184	298	186	365	186	385	199	364	196	374
		Gasohol 95 - Euro III	148	254	153	246	155	298	157	315	166	298	164	306
		Gasohol E20 - Euro I	240	416	247	400	250	492	250	519	267	490	263	504
		Gasohol E20 - Euro II	192	337	196	322	199	402	196	423	213	398	209	410
		Gasohol E20 - Euro III	149	256	153	247	155	302	155	319	165	302	163	310
		LPG - Euro I	163	289	166	275	169	346	165	365	180	342	177	352
		LPG - Euro II	180	317	184	303	187	378	184	399	200	375	196	386
		NGV - Euro III	169	296	173	283	175	352	173	371	187	349	184	360
	Pick up	Diesel - Euro I	258	399	271	465	228	432	247	331	196	514	231	350
		Diesel - Euro II	236	364	247	423	208	392	226	304	179	465	211	319
		Diesel - Euro III	226	350	238	408	200	379	217	291	172	450	203	307
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.5 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
จอมพล ระยะทาง 1.59 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	43	72	38	75	30	52	33	60	38	65	36	59
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	180	308	181	346	179	328	179	310	187	358	165	328
		Gasohol 91 - Euro III	181	312	183	354	181	334	180	315	189	366	167	337
		Gasohol 95 - Euro I	180	312	182	354	179	334	179	315	189	367	166	338
		Gasohol 95 - Euro II	216	371	217	419	215	397	214	375	225	434	198	399
		Gasohol 95 - Euro III	179	305	179	342	178	324	178	307	185	353	163	324
		Gasohol E20 - Euro I	290	499	292	565	289	534	287	504	302	585	267	538
		Gasohol E20 - Euro II	231	404	234	462	231	435	229	408	244	480	215	441
		Gasohol E20 - Euro III	179	307	180	347	178	329	178	310	186	359	164	330
		LPG - Euro I	196	346	200	399	196	374	195	350	209	414	184	382
		LPG - Euro II	216	380	220	435	217	410	215	384	230	452	202	416
		NGV - Euro III	203	354	206	405	203	382	202	359	215	420	189	387
	Pick up	Diesel - Euro I	293	589	303	564	252	423	253	449	280	465	256	422
		Diesel - Euro II	266	534	277	512	229	384	232	408	256	423	234	385
		Diesel - Euro III	257	515	266	495	221	371	223	394	246	408	225	370
	Heavy bus	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Heavy truck	Diesel - Euro I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diesel - Euro II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.5 ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของยานพาหนะในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

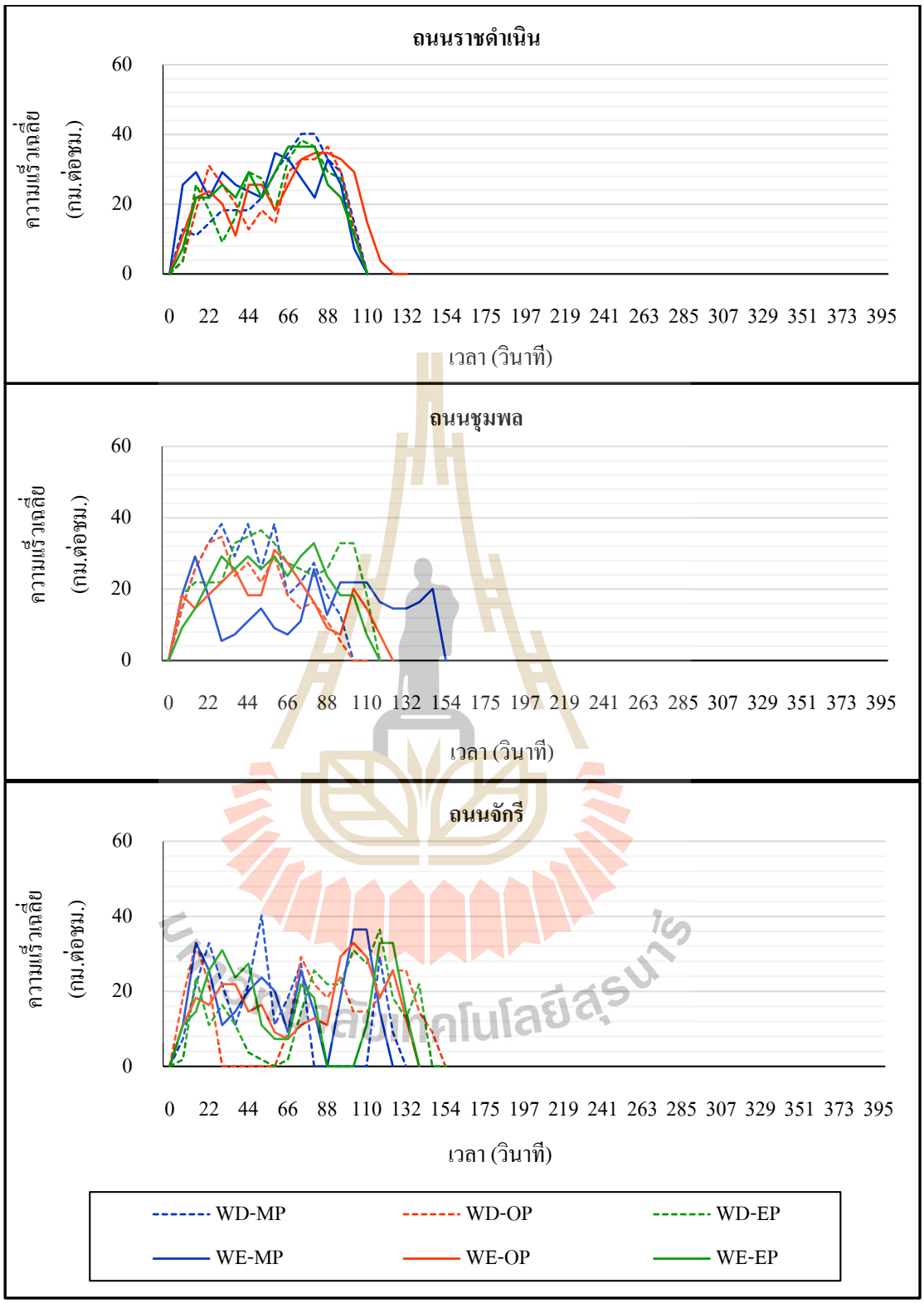
ถนน	ประเภทยานพาหนะ	ประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยียานพาหนะ	ปริมาณการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/คัน)											
			วันทำงาน-เช้า		วันทำงาน-กลางวัน		วันทำงาน-เย็น		วันหยุด-เช้า		วันหยุด-กลางวัน		วันหยุด-กลางวัน	
			ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ทล. 2 ระยะทาง 7.66 กม.	Motorcycle	Gasohol 91 - Euro III	**185**	**230**	**162**	**216**	**159**	**212**	**160**	**200**	**192**	**250**	**194**	**251**
	Passenger car	Gasohol 91 - Euro II	702	927	929	1216	862	1238	756	925	833	1192	784	991
		Gasohol 91 - Euro III	682	910	904	1193	848	1231	731	899	813	1181	761	969
		Gasohol 95 - Euro I	665	893	883	1171	833	1216	711	877	796	1164	743	949
		Gasohol 95 - Euro II	820	1092	1088	1431	1017	1471	881	1082	977	1413	916	1164
		Gasohol 95 - Euro III	709	933	938	1223	867	1238	766	935	839	1194	792	999
		Gasohol E20 - Euro I	1092	1457	1448	1911	1358	1970	1171	1440	1303	1890	1220	1552
		Gasohol E20 - Euro II	827	1122	1099	1471	1048	1547	880	1091	995	1476	923	1187
		Gasohol E20 - Euro III	684	910	907	1192	847	1223	735	902	815	1175	765	970
		LPG - Euro I	682	935	907	1225	873	1303	722	901	824	1241	761	985
		LPG - Euro II	772	1049	1026	1376	980	1450	820	1019	930	1383	862	1109
		NGV - Euro III	732	991	973	1299	925	1363	780	966	880	1301	817	1049
	Pick up	Diesel - Euro I	689	875	1127	1533	874	1292	1114	1445	958	1461	1089	1679
		Diesel - Euro II	636	807	1040	1409	806	1185	1031	1333	884	1339	1005	1538
		Diesel - Euro III	608	772	994	1350	771	1137	984	1275	845	1285	961	1477
	Heavy bus	Diesel - Euro I	3049	4492	3260	4665	3486	5071	3124	4159	3211	4435	2635	4203
		Diesel - Euro II	4122	5917	4393	6166	4751	6717	4273	5602	4331	5893	3554	5464
	Heavy truck	Diesel - Euro I	0	0	3944	5557	0	0	4367	6334	3852	5911	3855	5890
			0	0	3825	5525	0	0	4126	6289	3759	6015	3780	6005

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

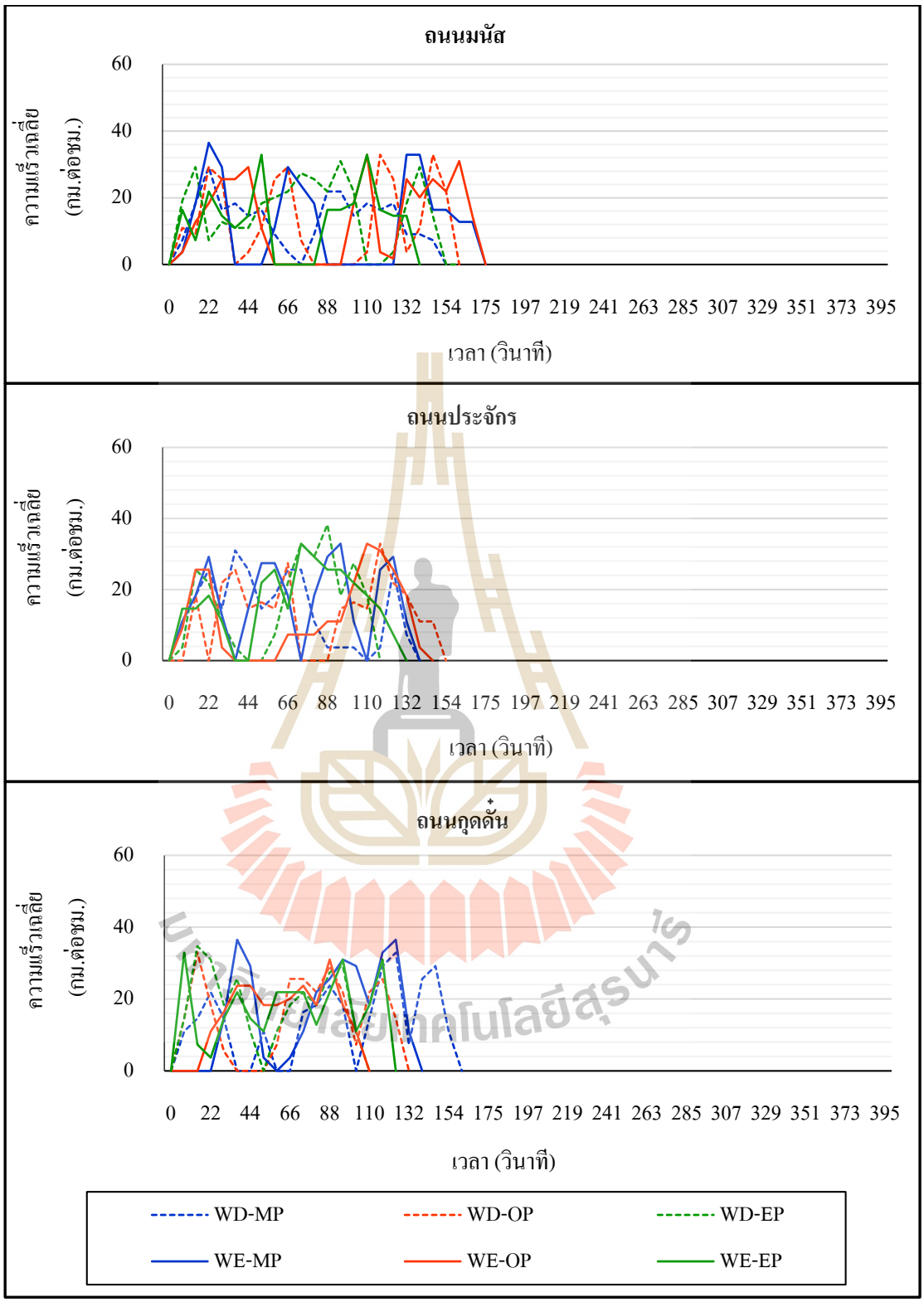
ภาคผนวก ฉ

รูปกราฟวัฏจักรการขับขี่ยานพาหนะ

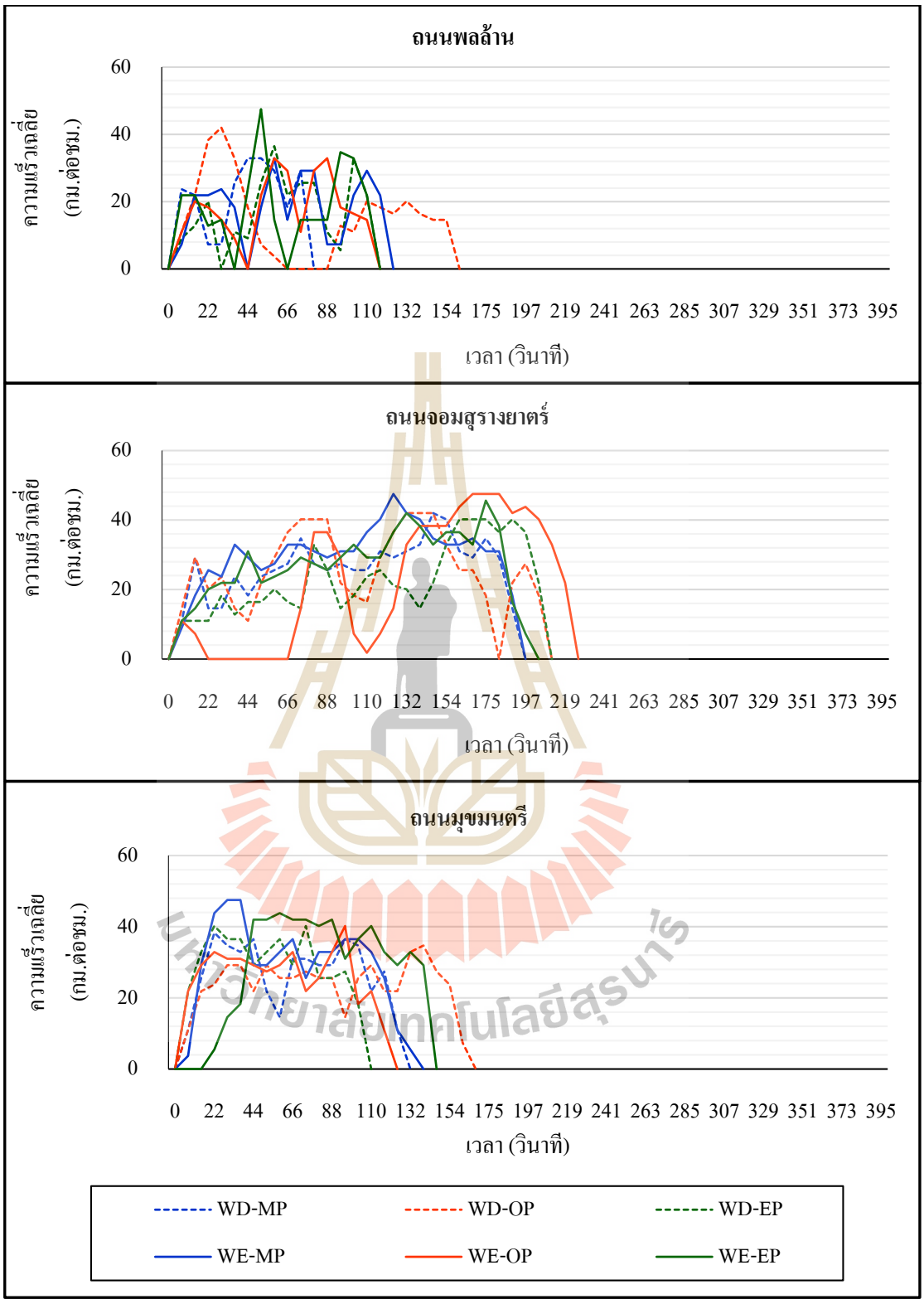
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



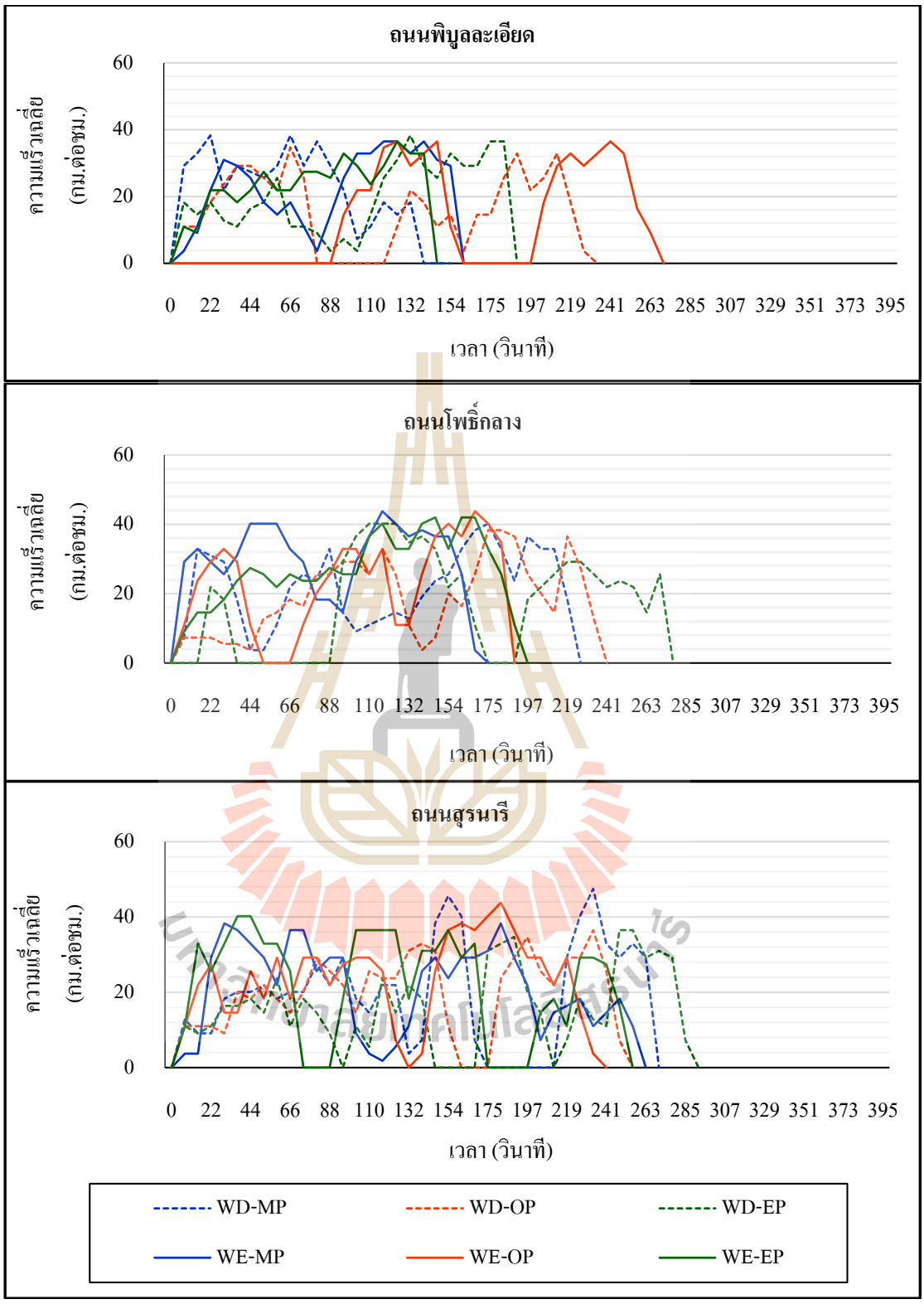
รูปที่ ฉ.1 วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา



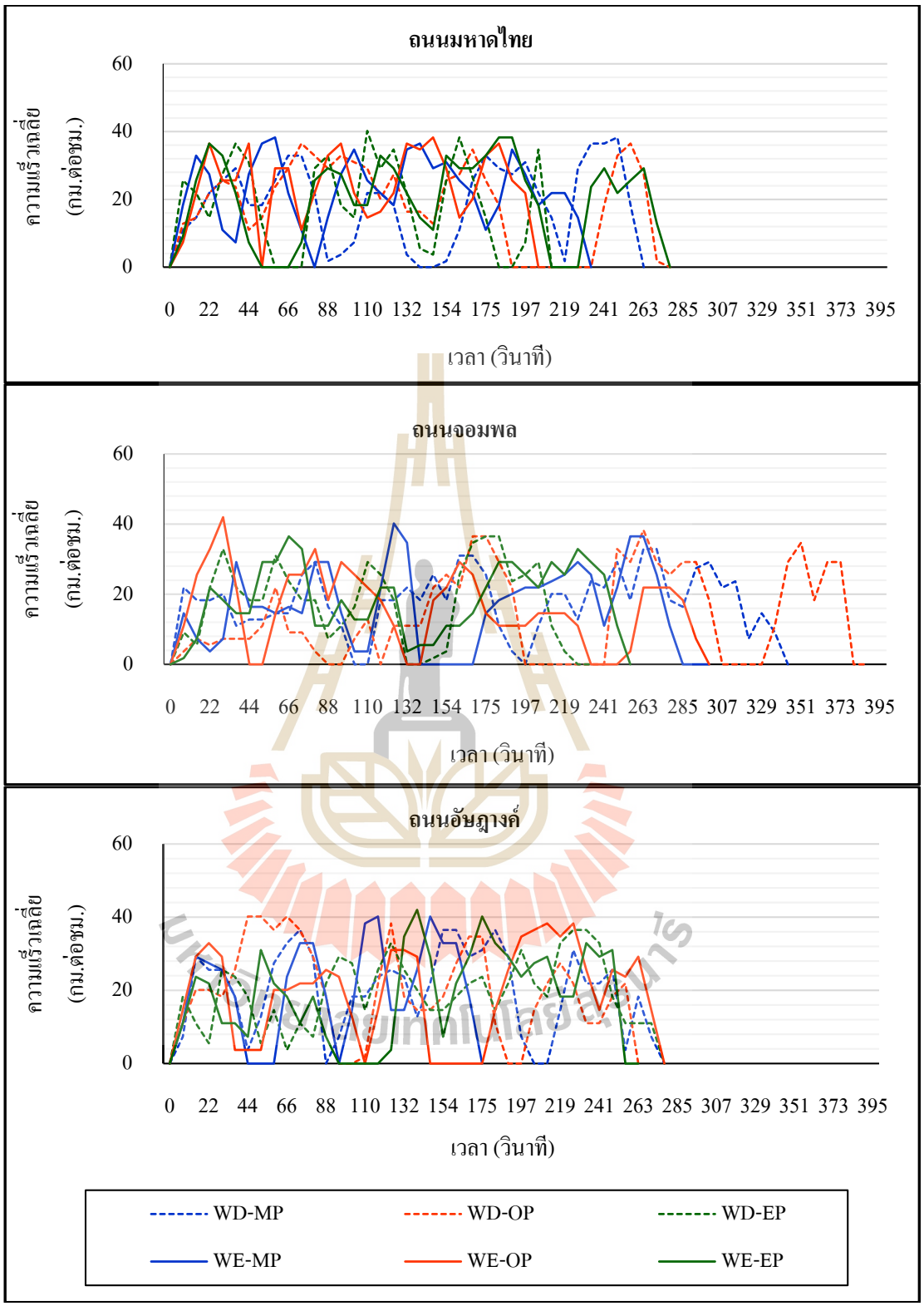
รูปที่ ฉ.1 วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)



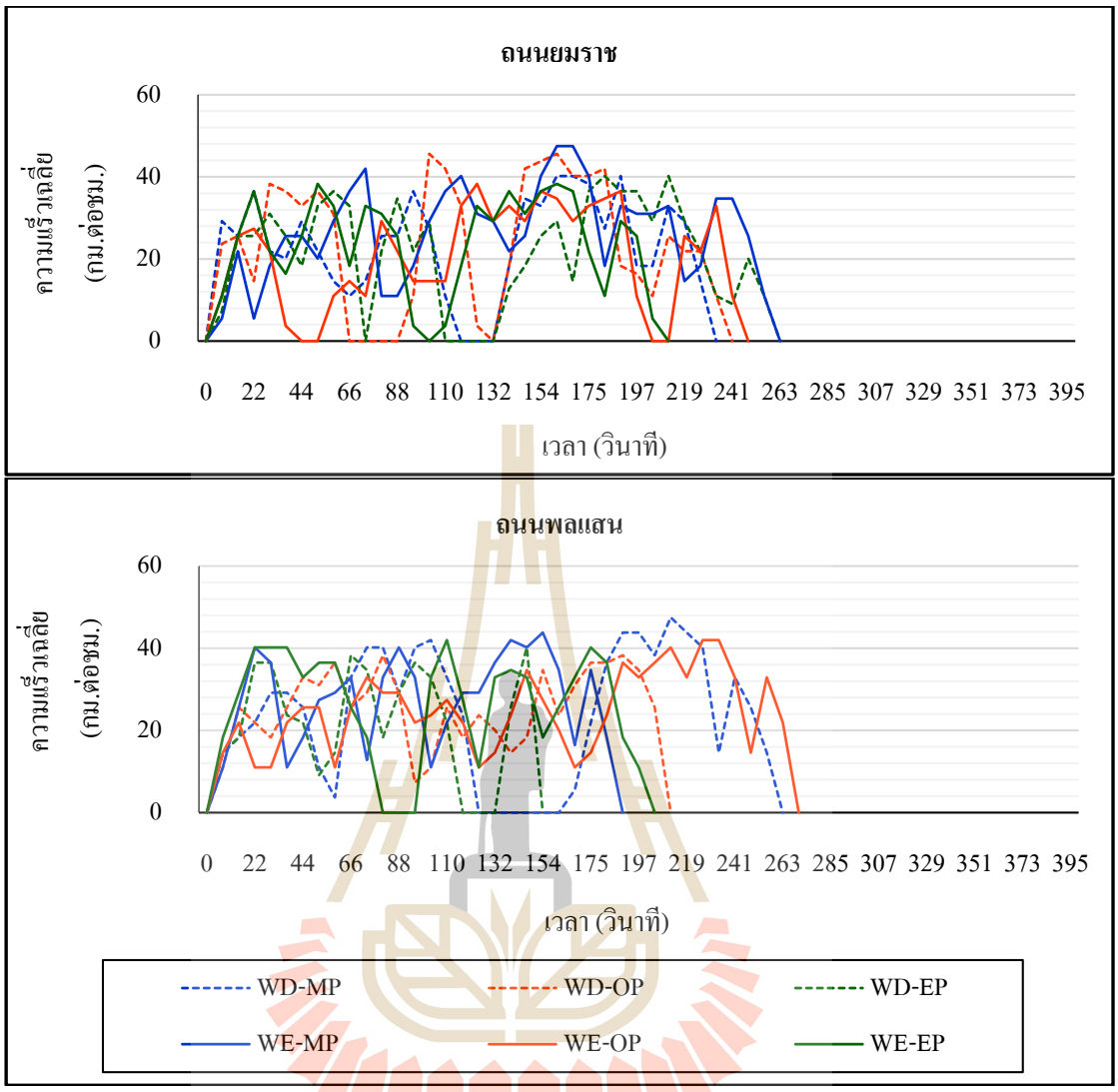
รูปที่ ฉ.1 วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)



รูปที่ ฉ.1 วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

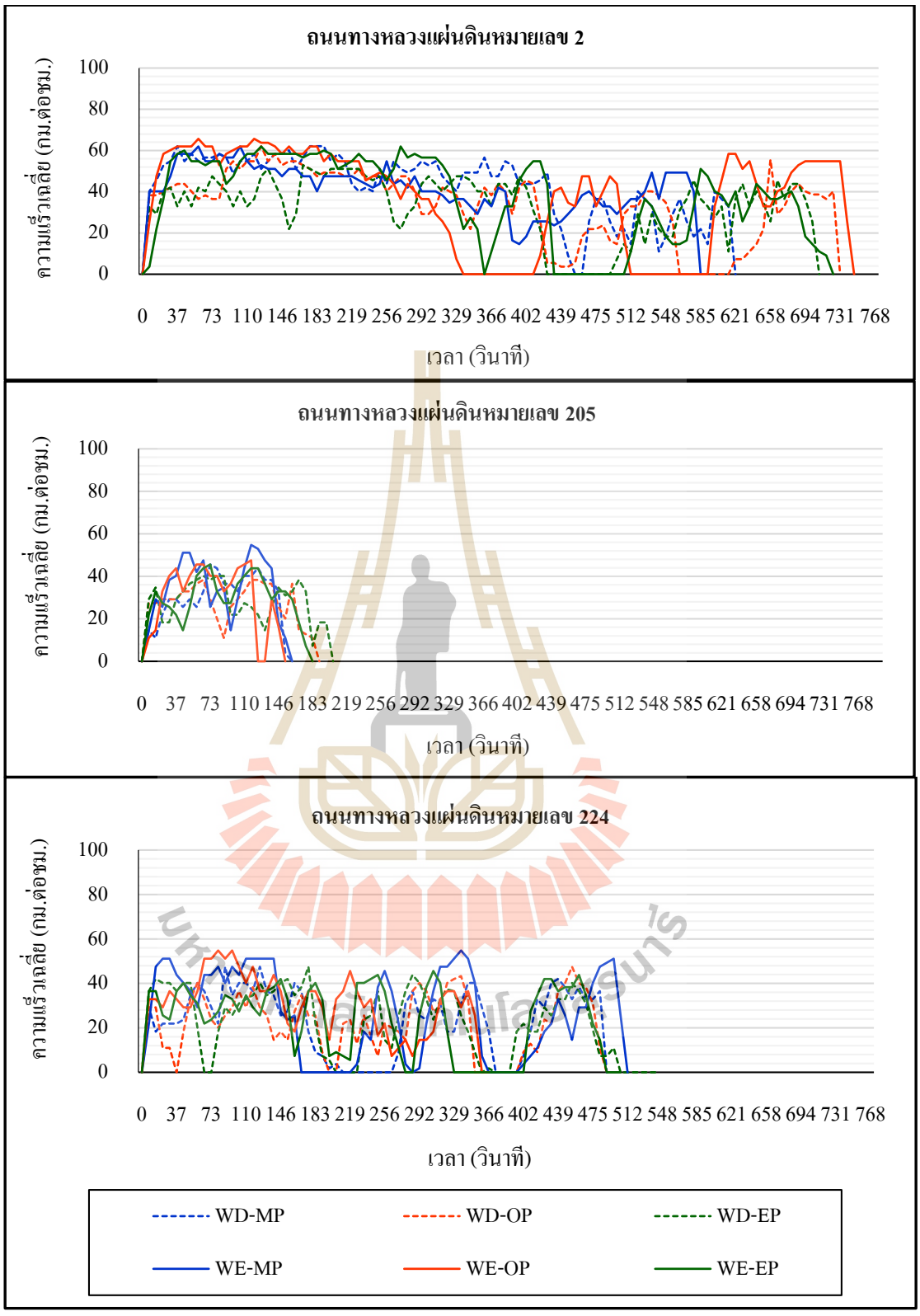


รูปที่ ฉ.1 วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

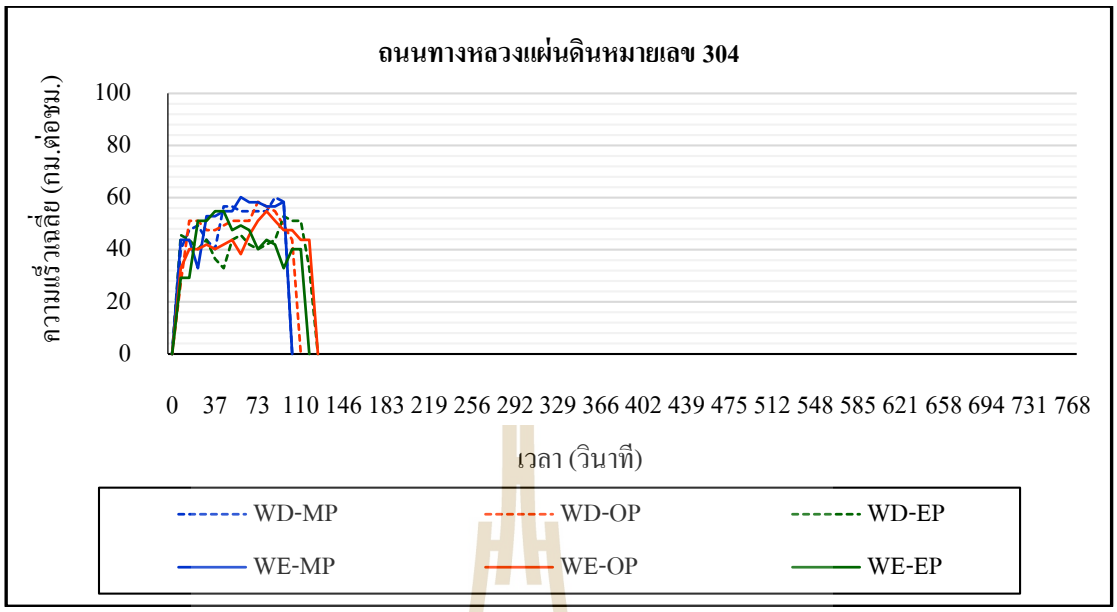


รูปที่ ฉ.1 วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

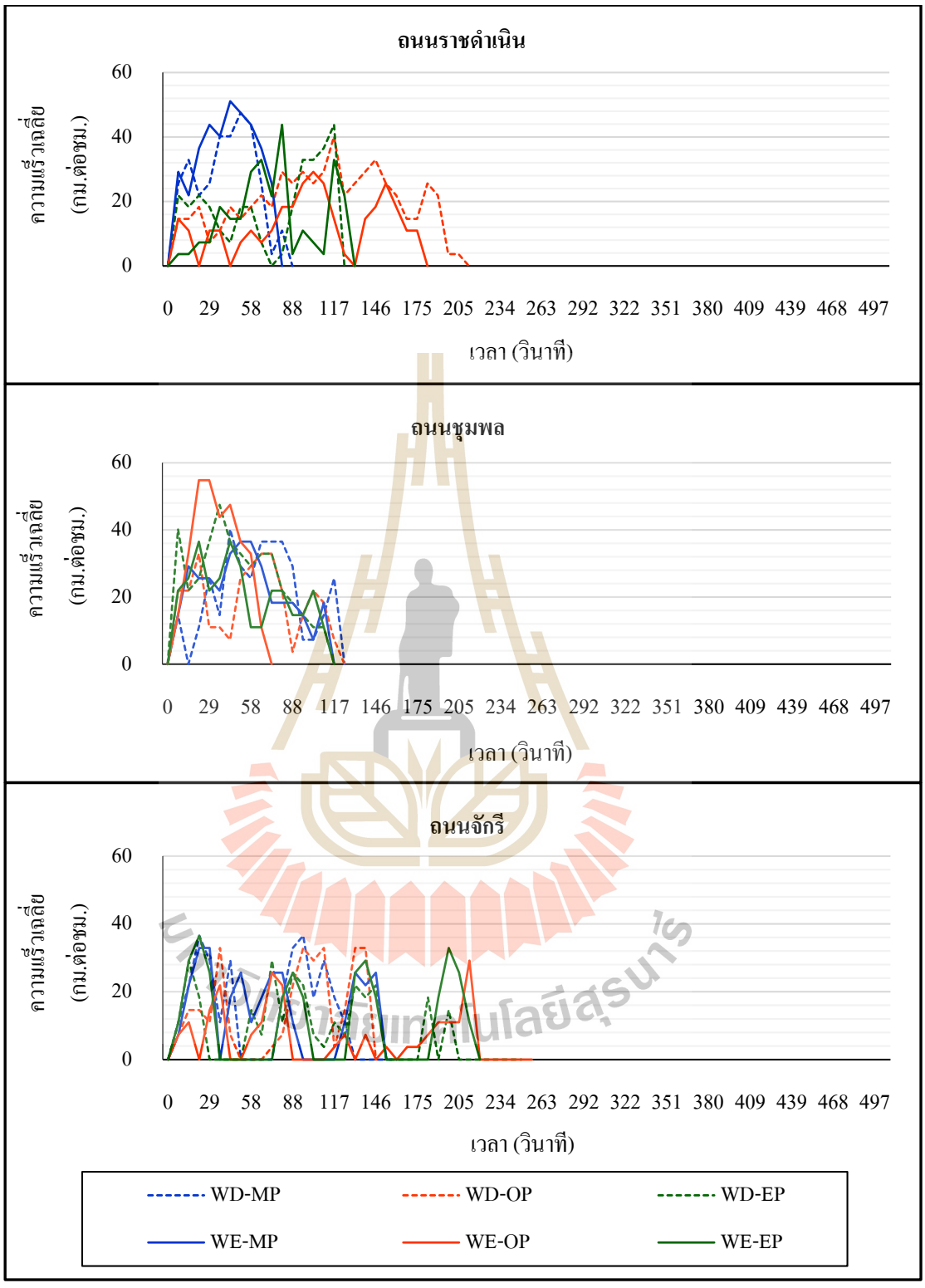


รูปที่ ฉ.2 วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

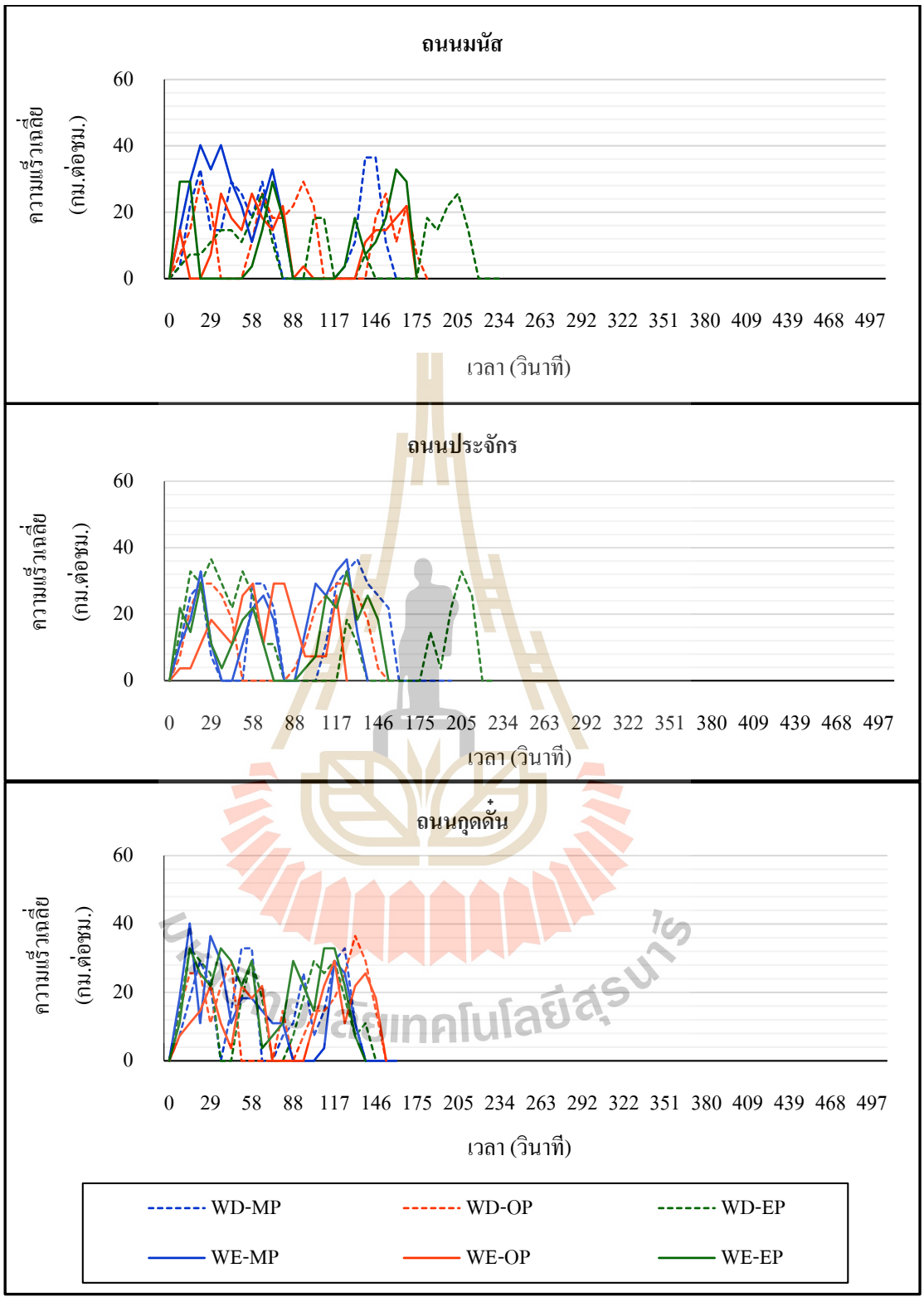


รูปที่ ฉ.2 วัฏจักรการขับขี่ของรถจักรยานยนต์บนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

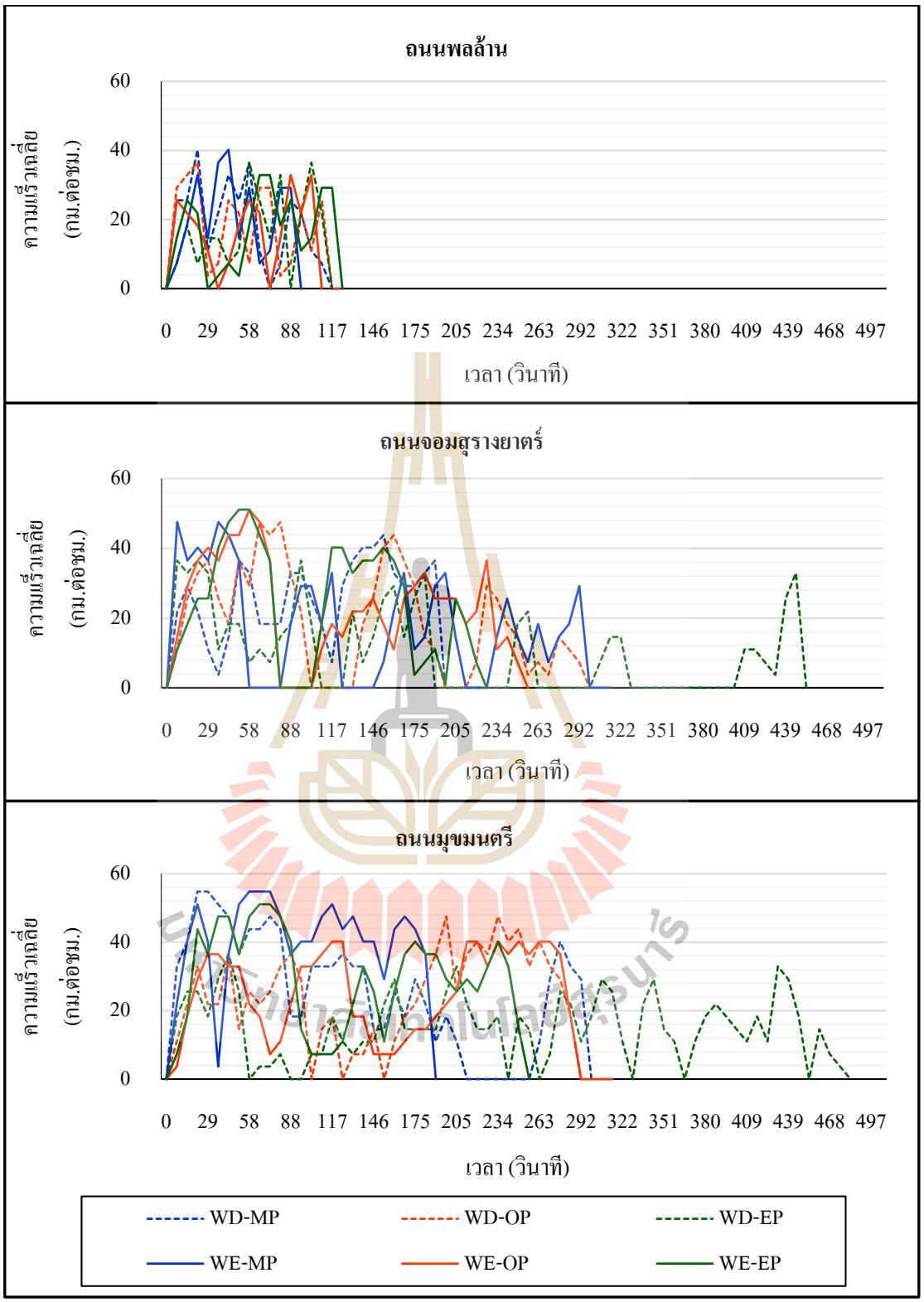
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



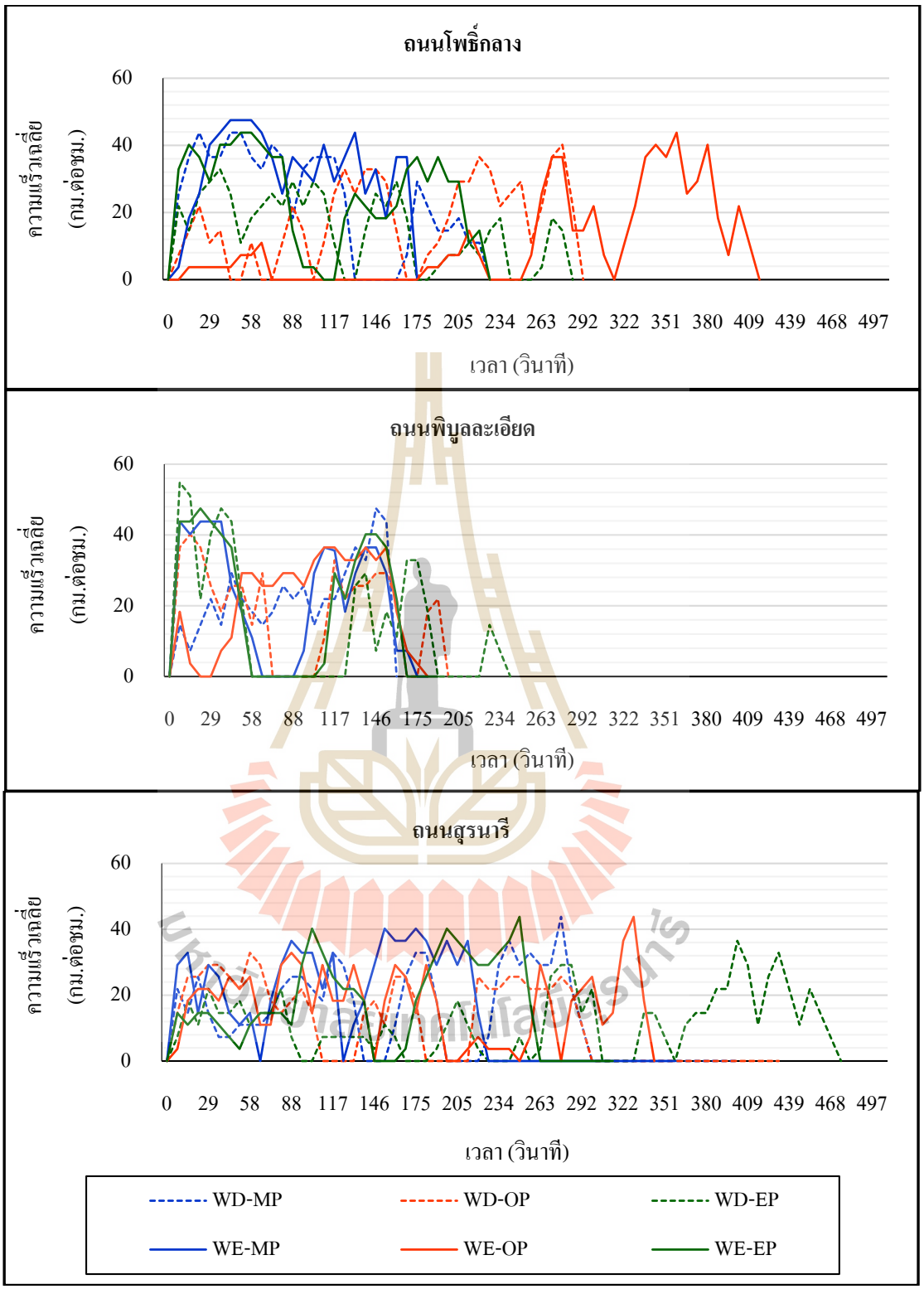
รูปที่ ฉ.3 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา



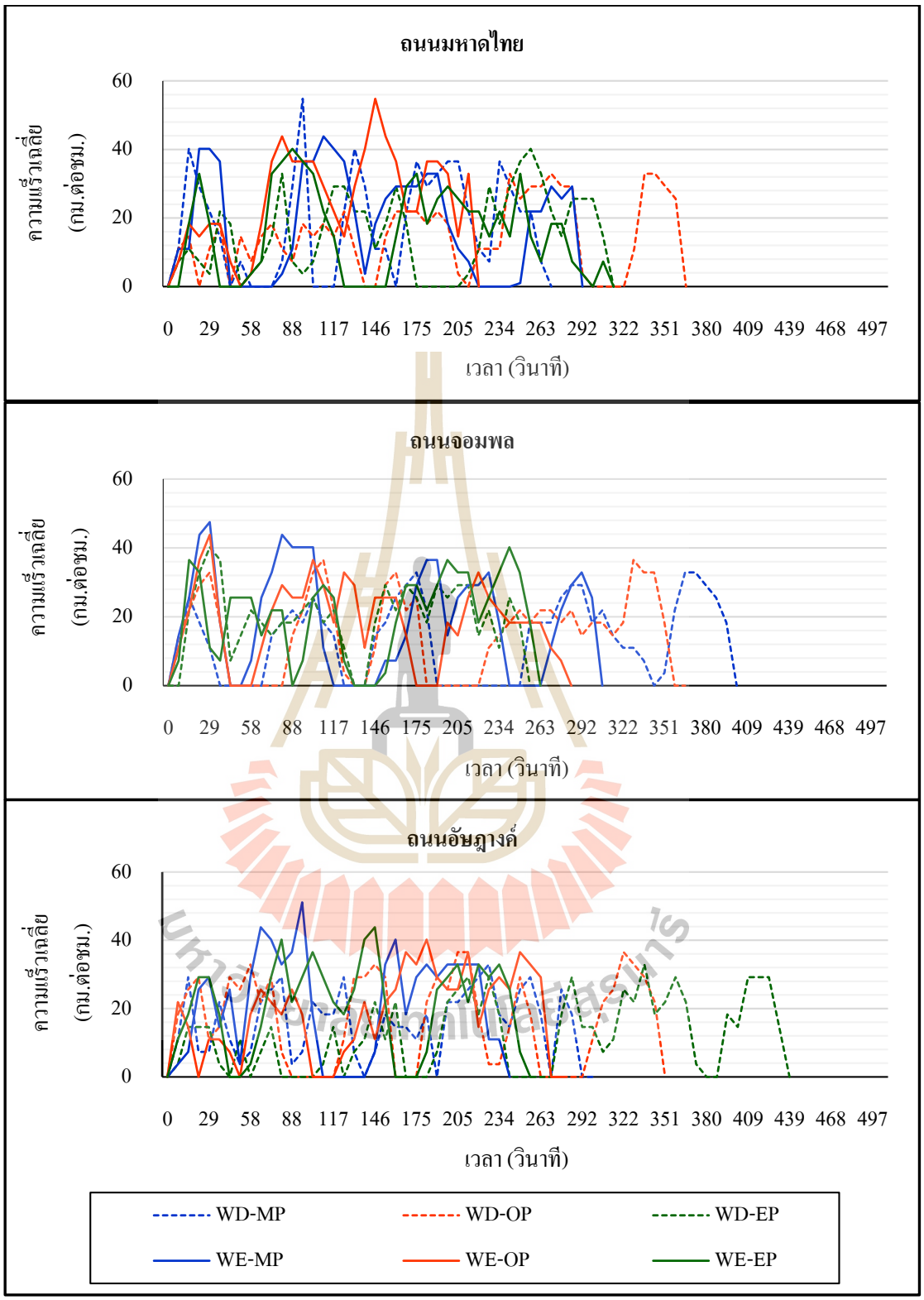
รูปที่ ฉ.3 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)



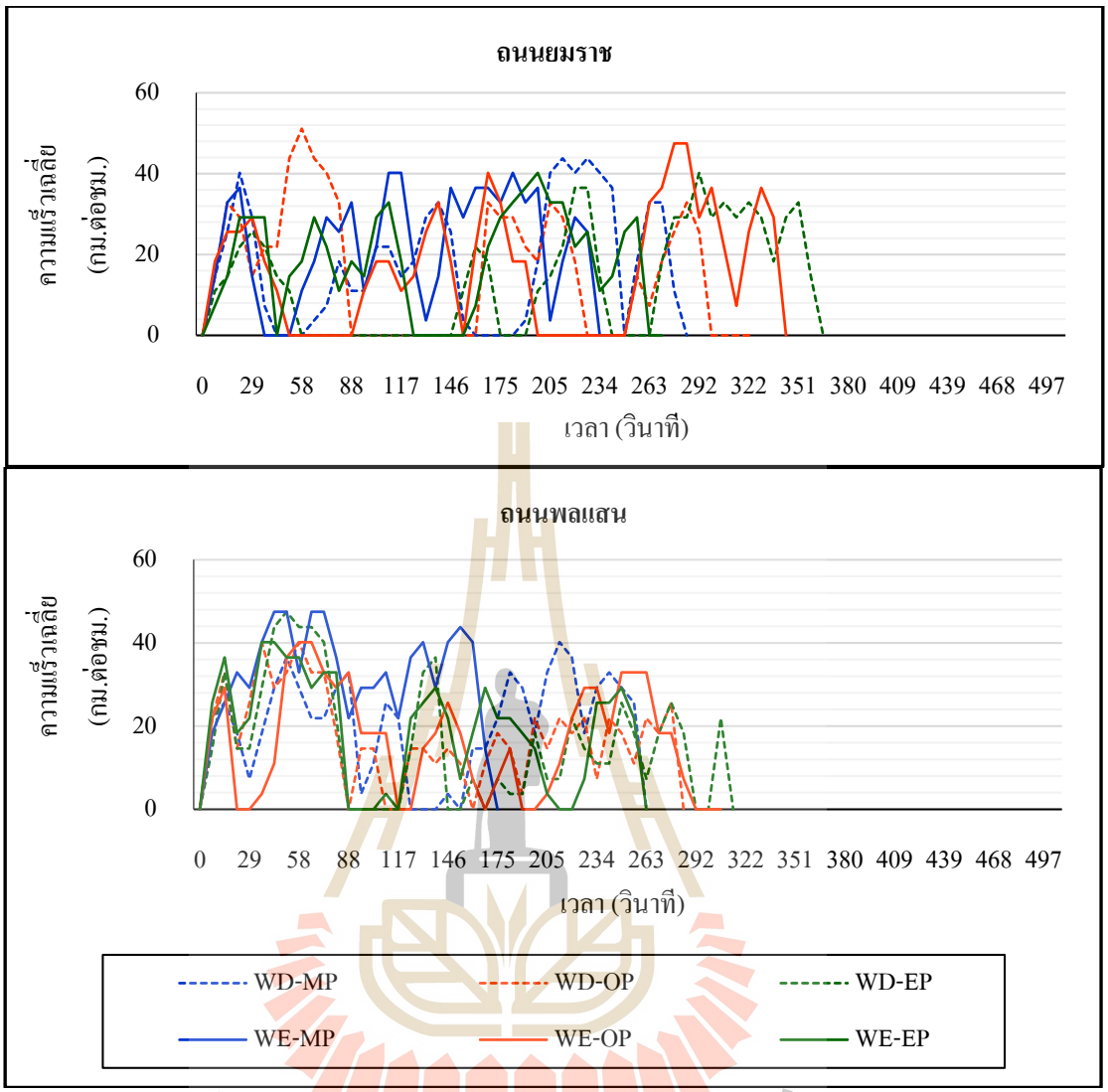
รูปที่ ฉ.3 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)



รูปที่ ฉ.3 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

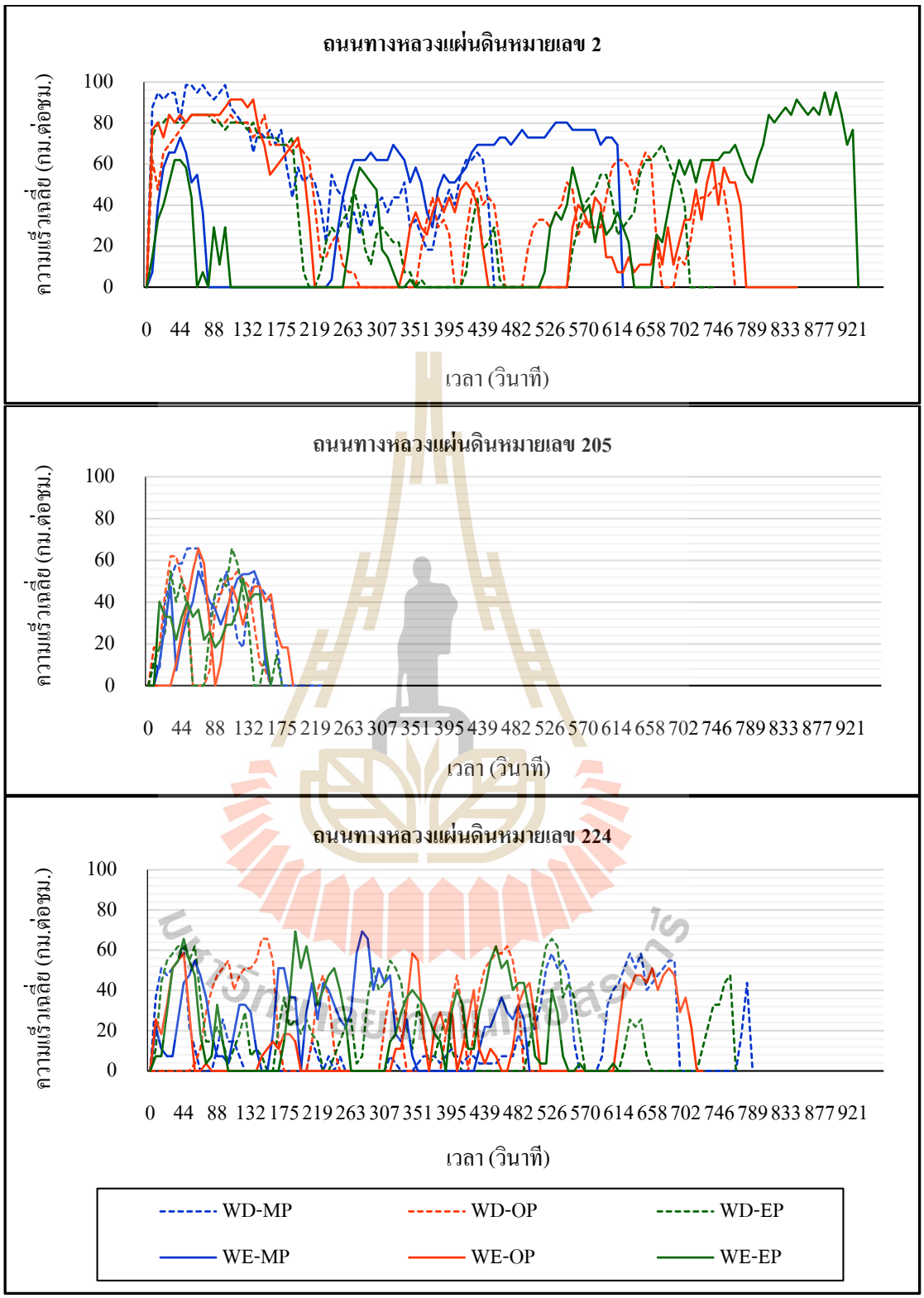


รูปที่ ฉ.3 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

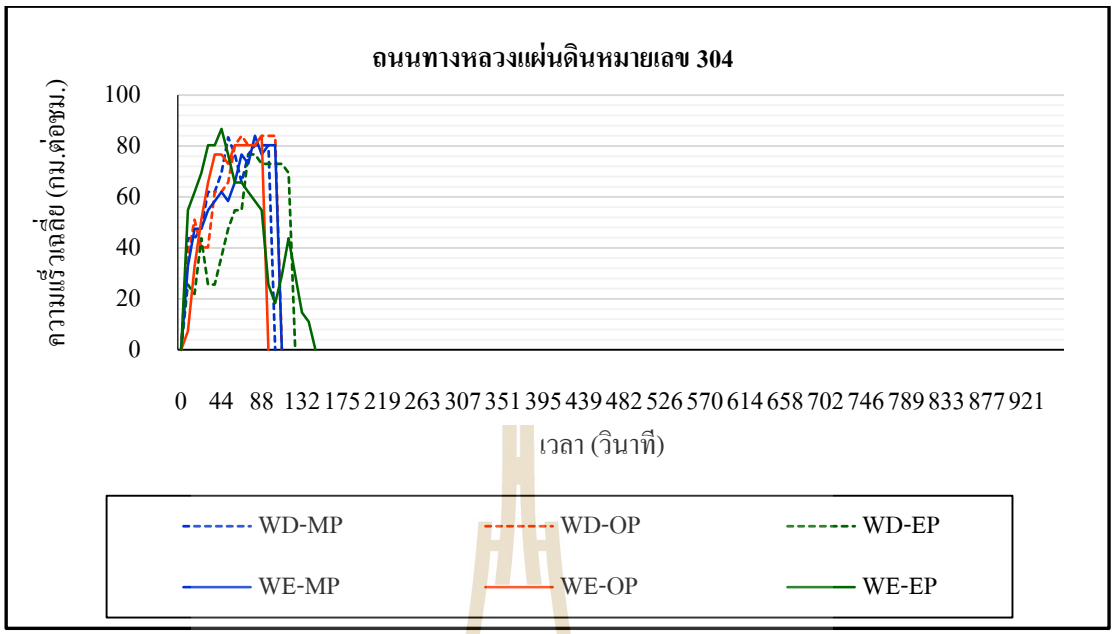


รูปที่ ฉ.3 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

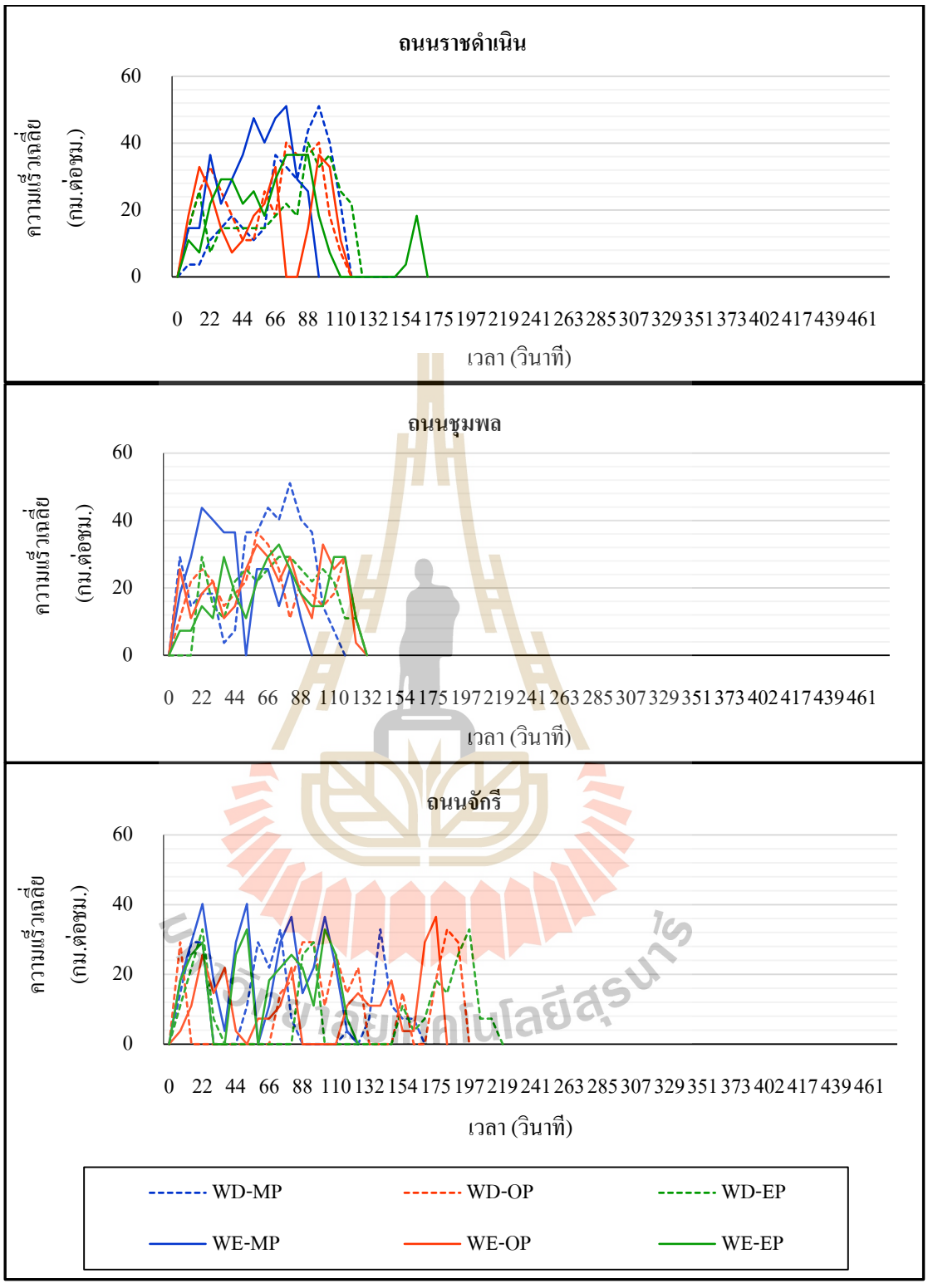


รูปที่ ฉ.4 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

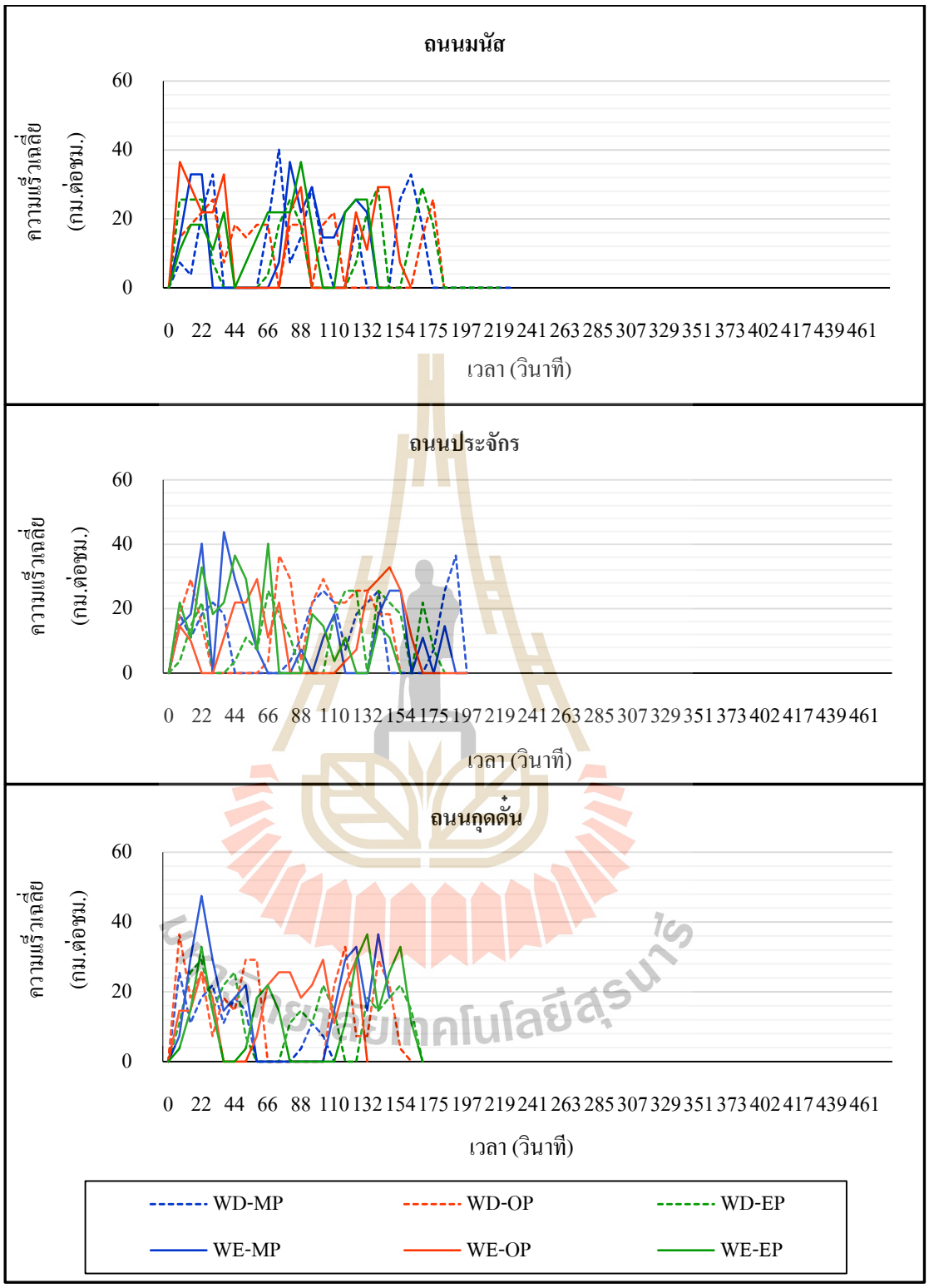


รูปที่ ฉ.4 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก 4 ล้อบนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

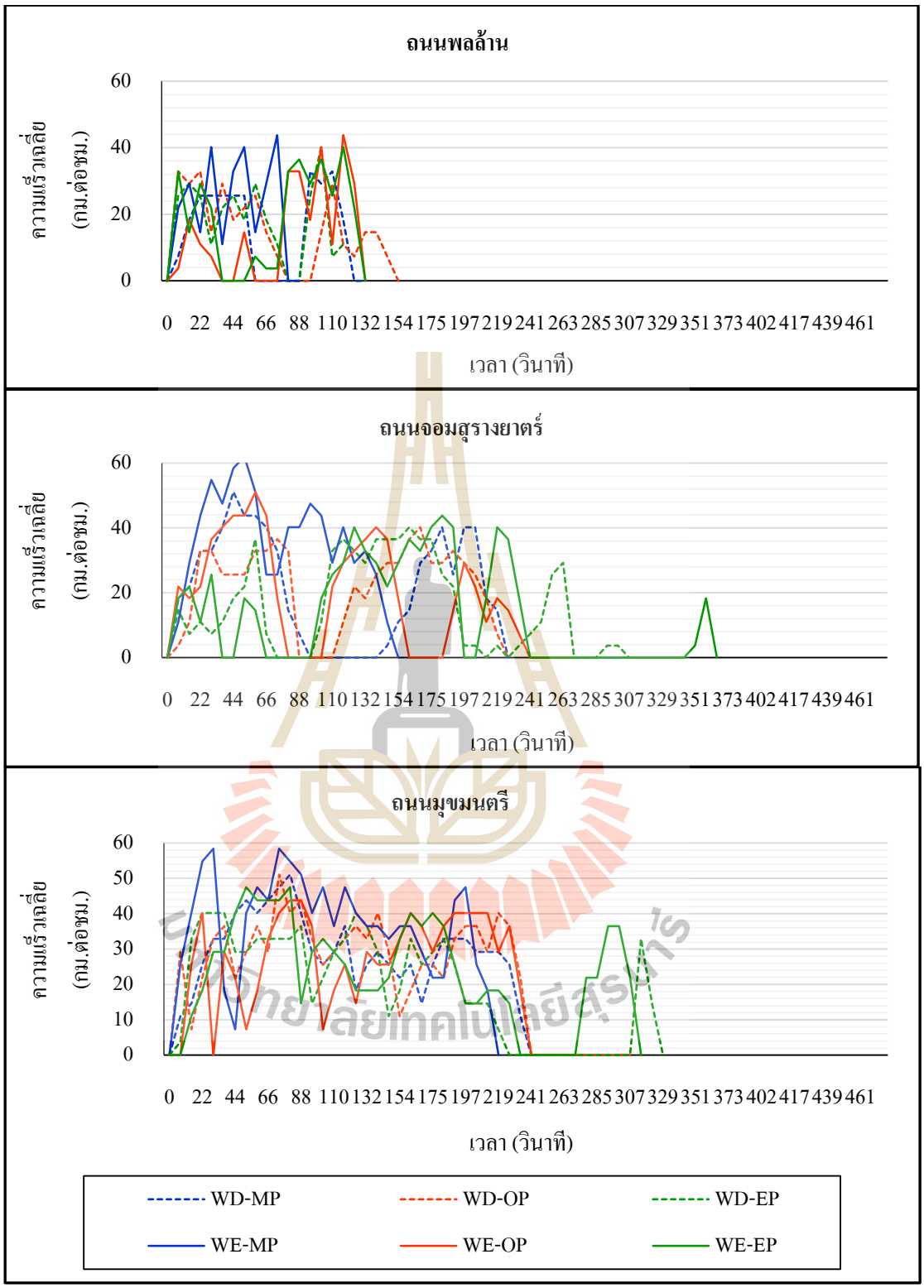
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



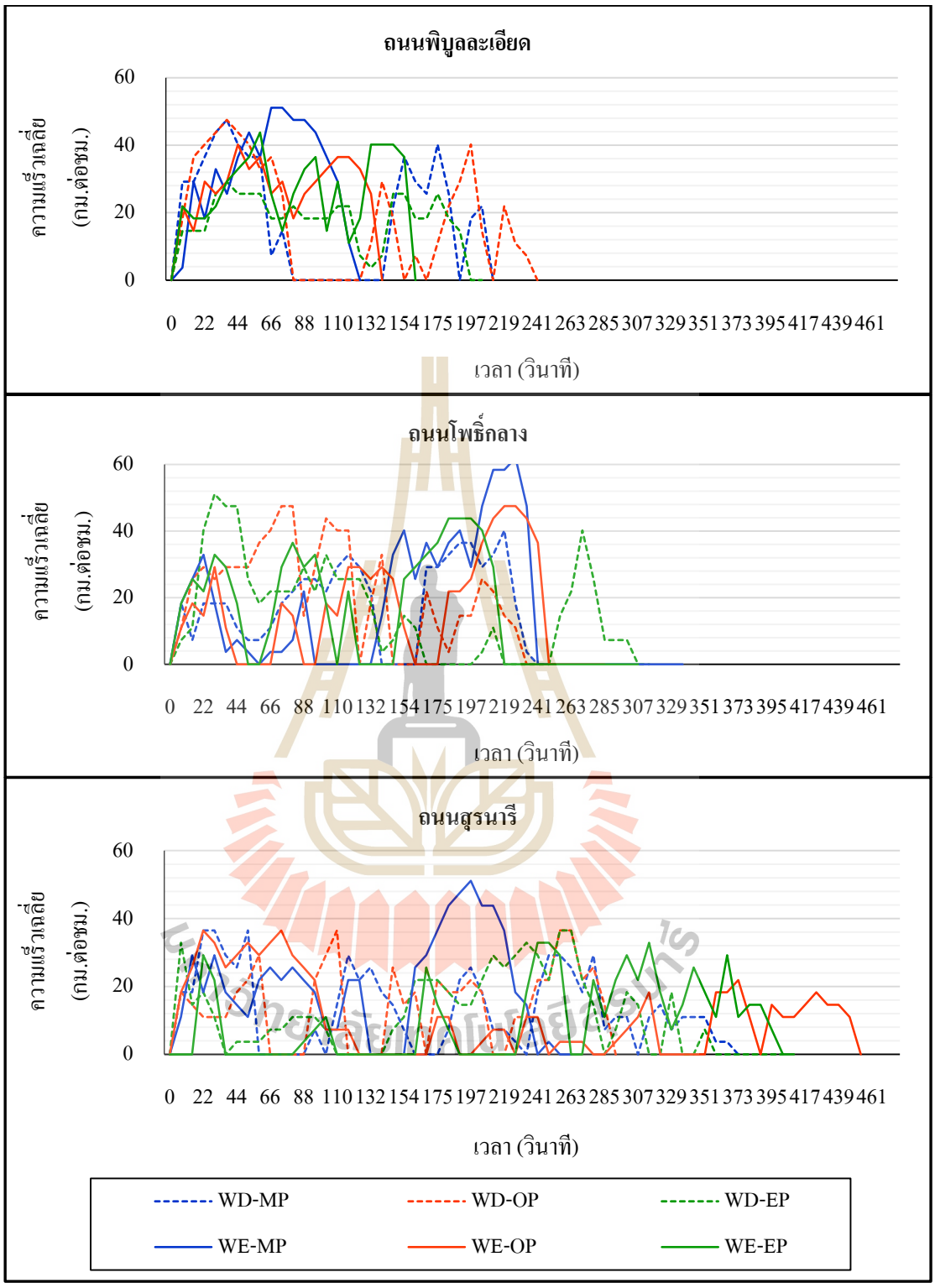
รูปที่ ฉ.5 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา



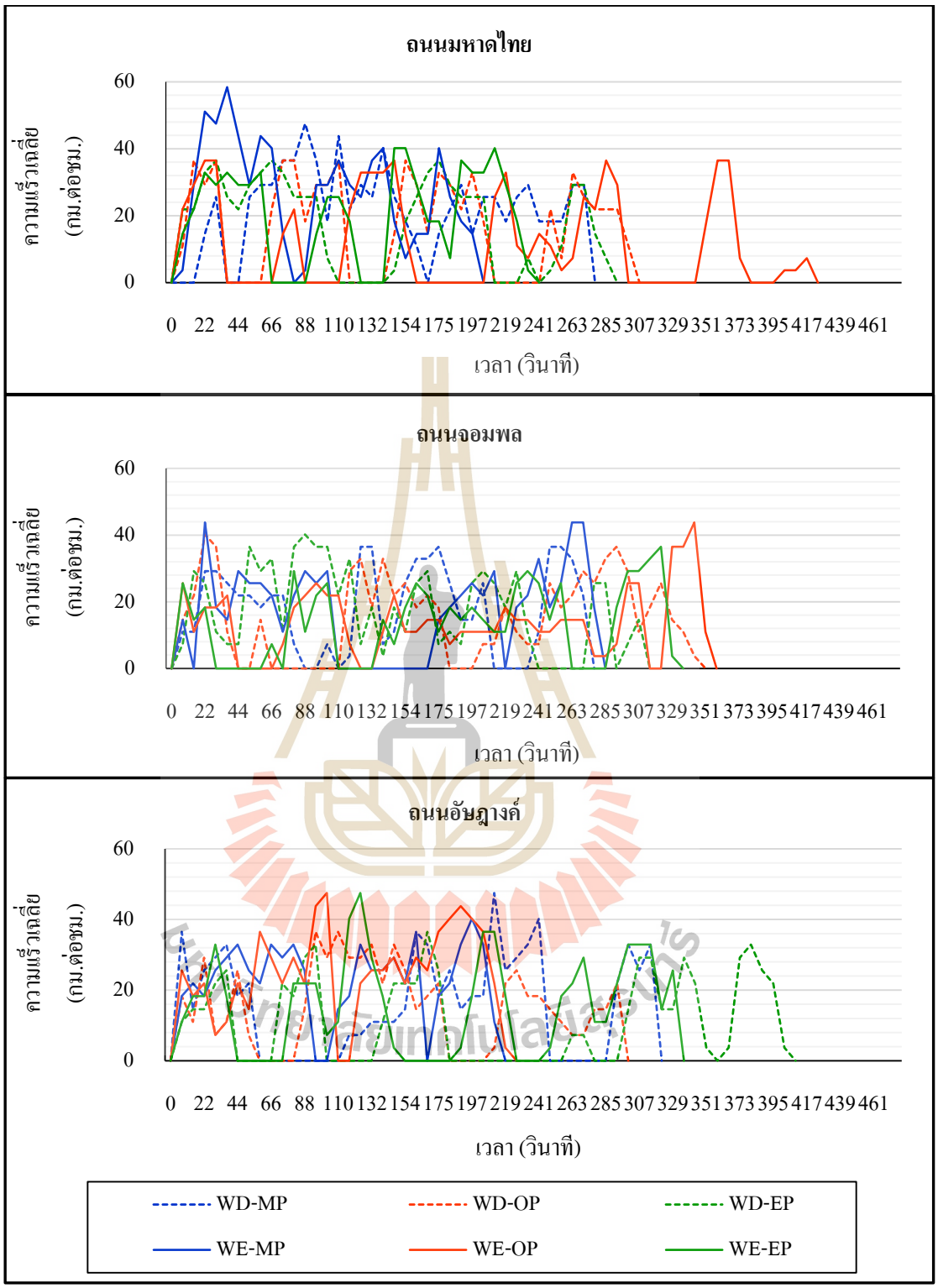
รูปที่ ฉ.5 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)



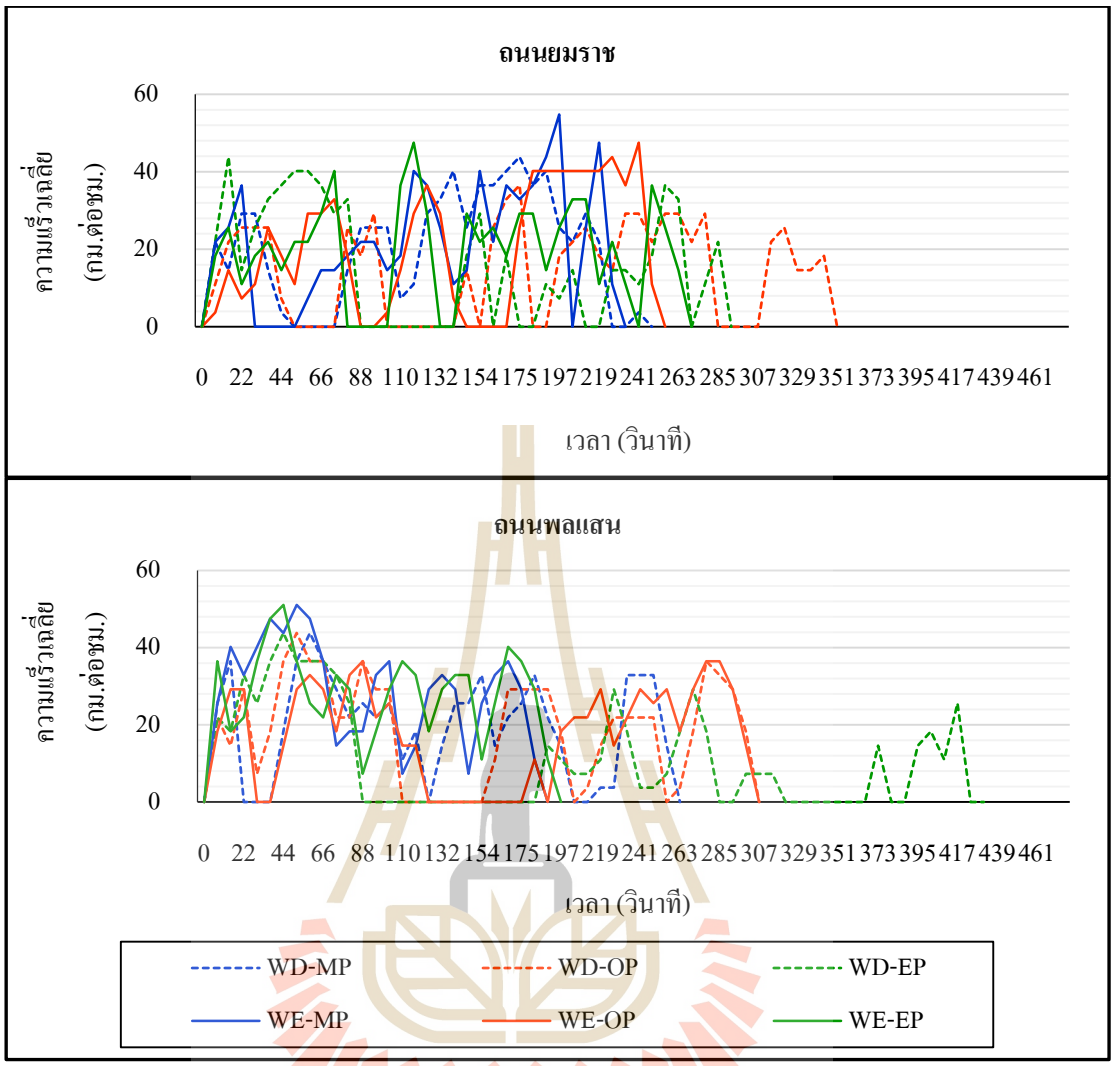
รูปที่ ฉ.5 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)



รูปที่ ฉ.5 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

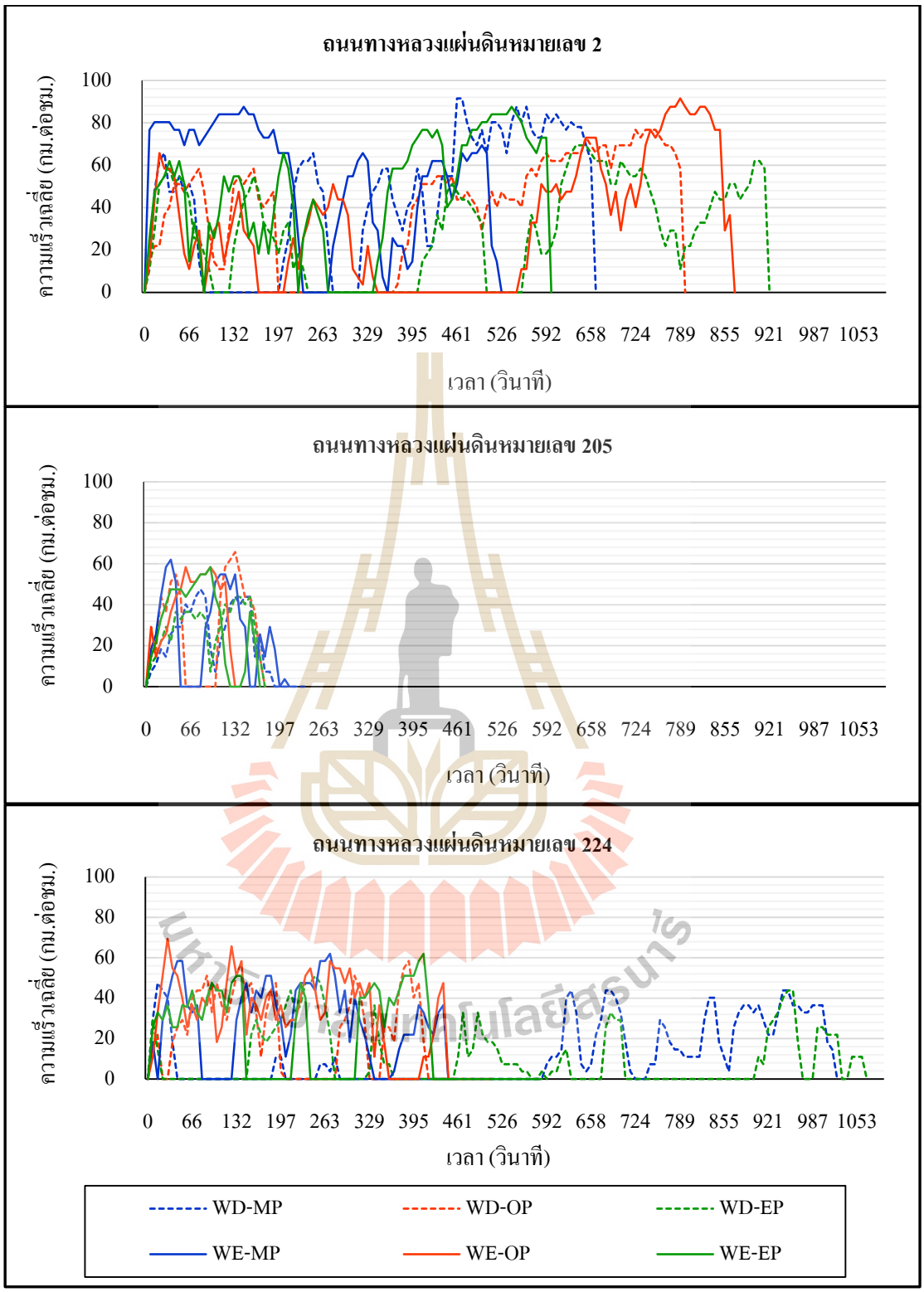


รูปที่ ฉ.5 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

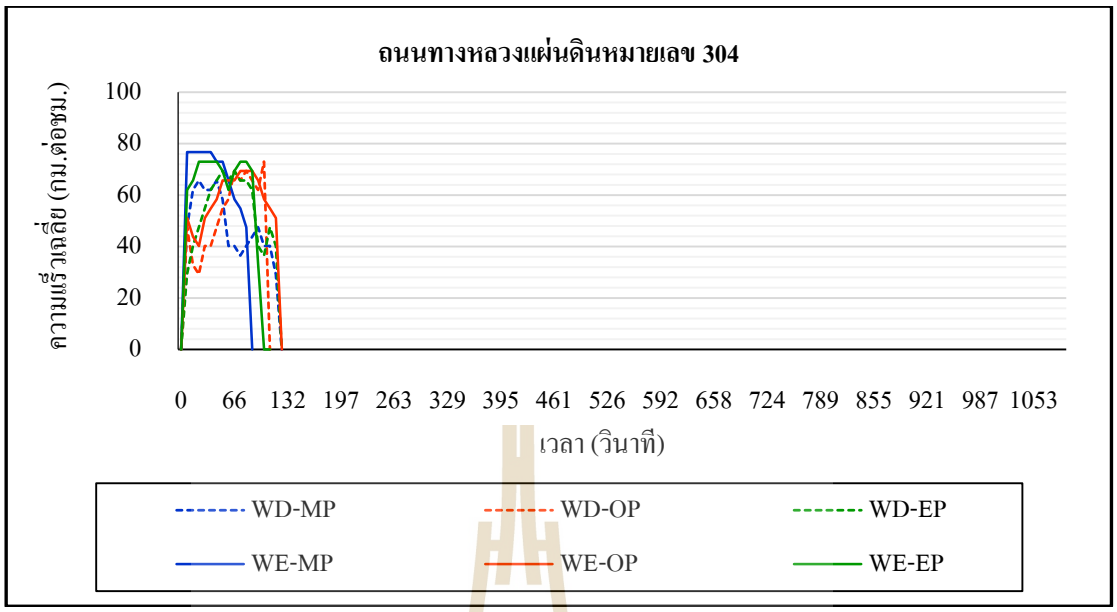


รูปที่ ฉ.5 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

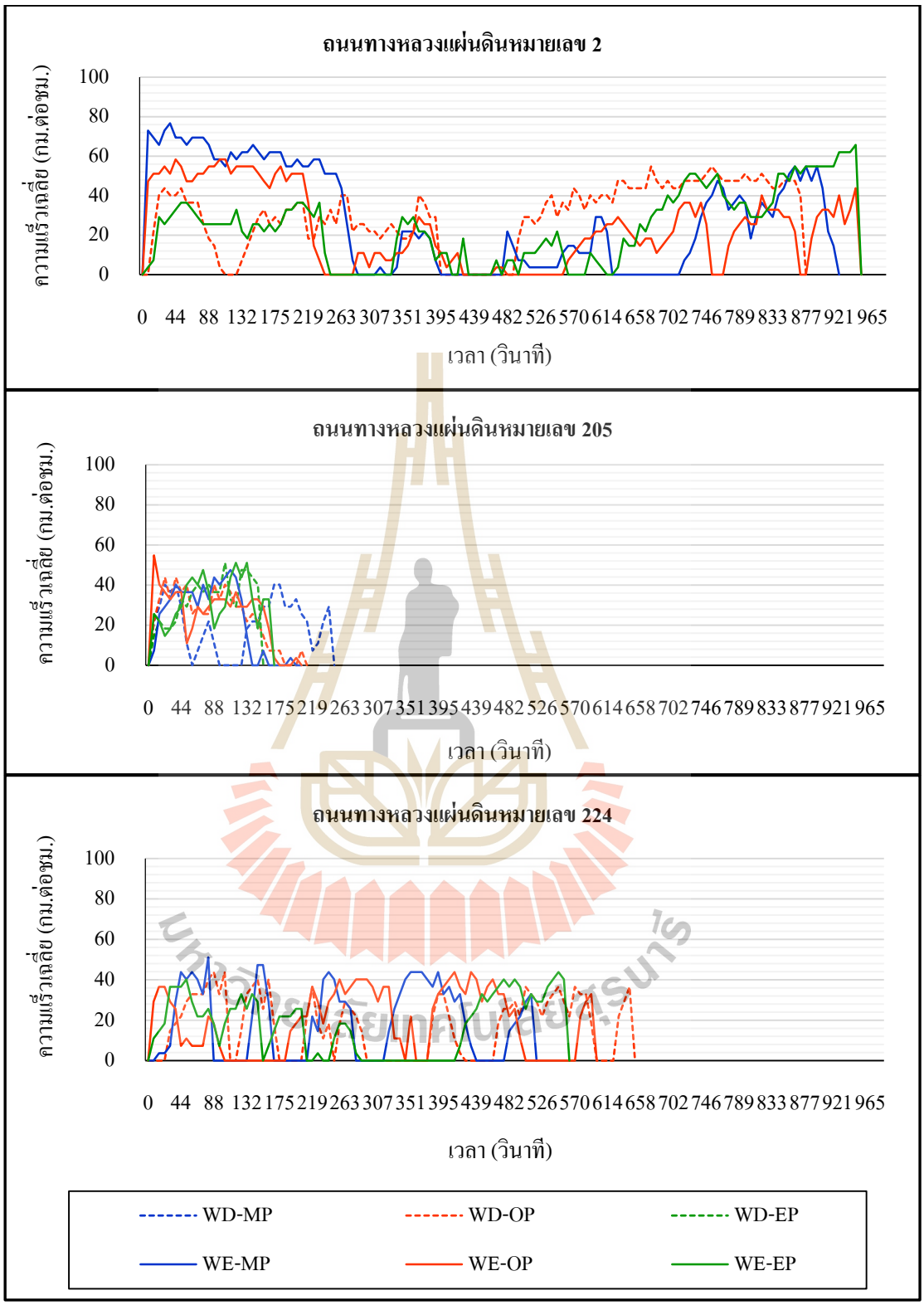


รูปที่ ฉ.6 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

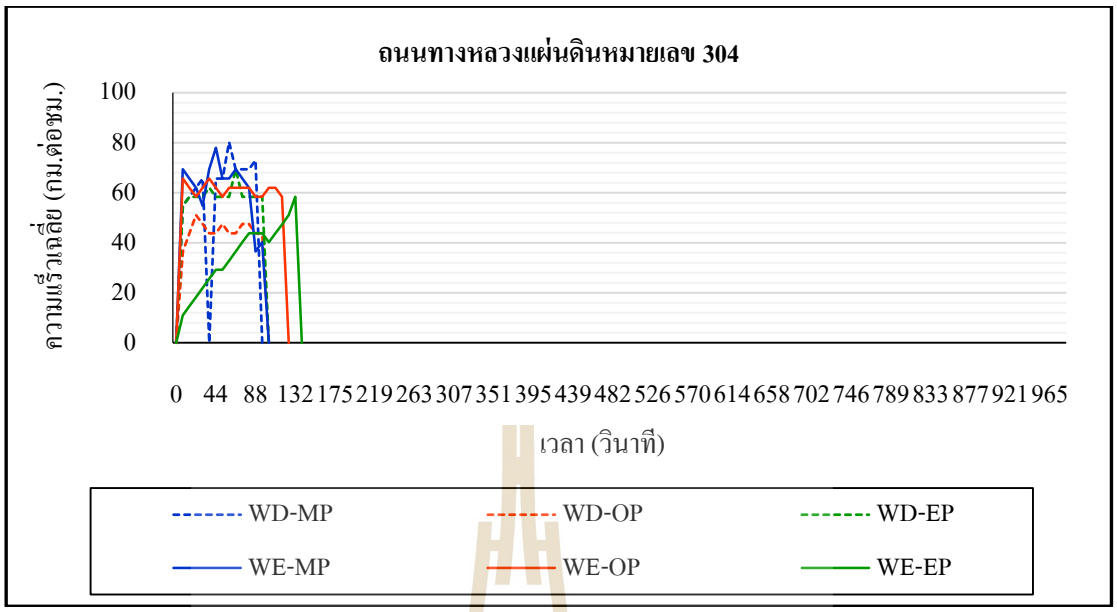


รูปที่ ฉ.6 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

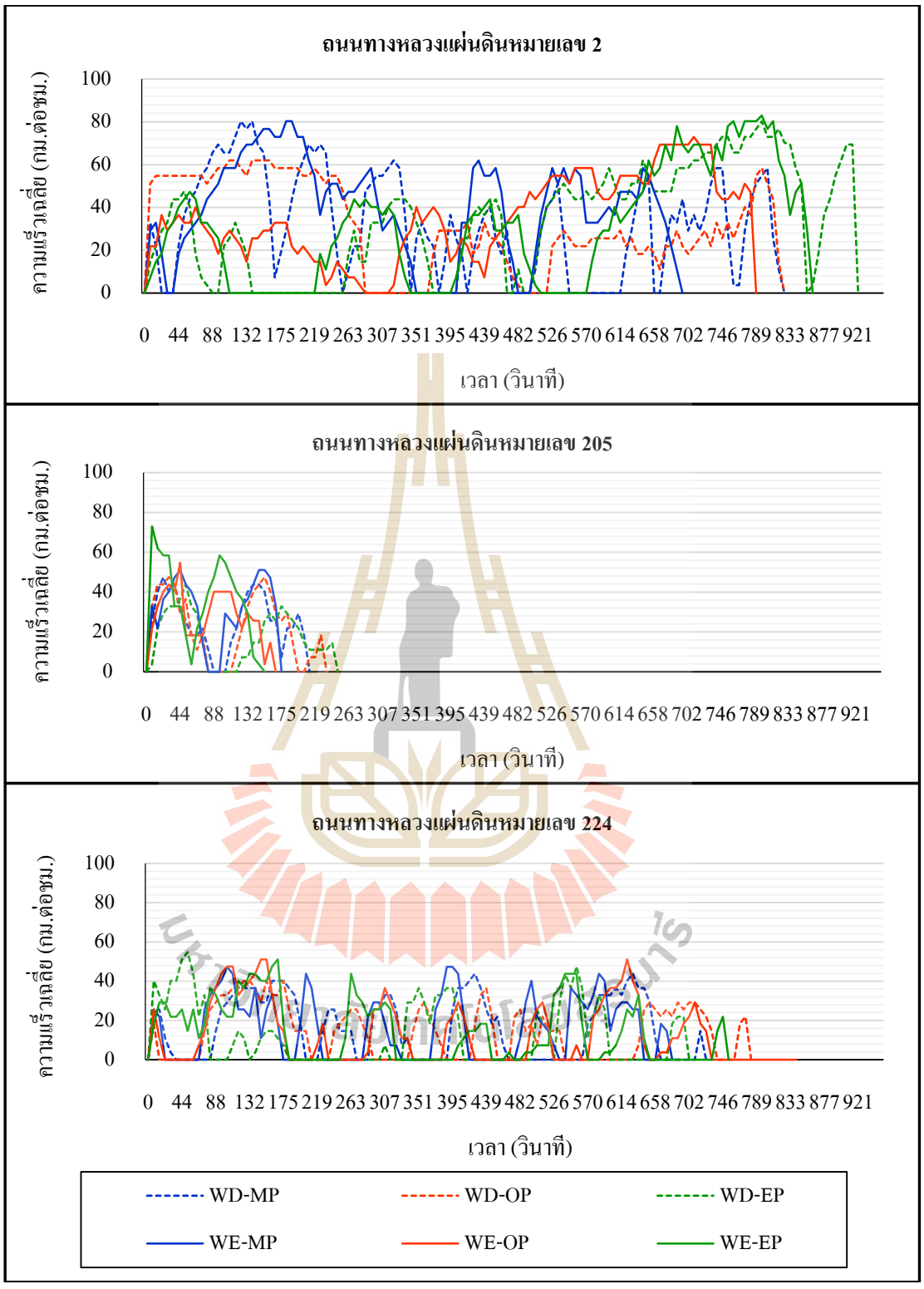


รูปที่ ฉ.7 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

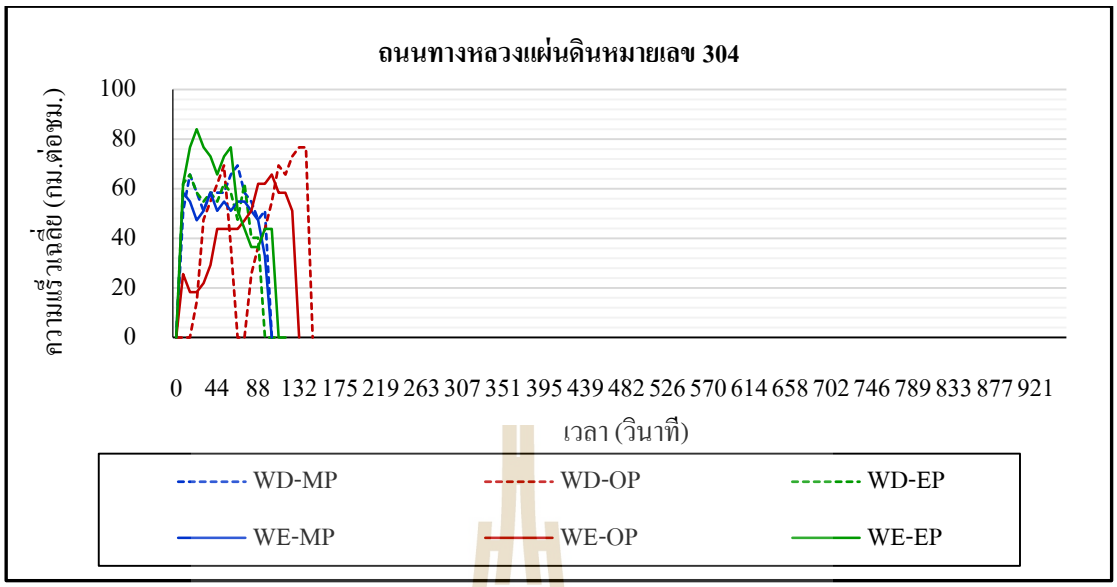


รูปที่ ฉ.7 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์บรรทุก ตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปบนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ฉ.8 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา



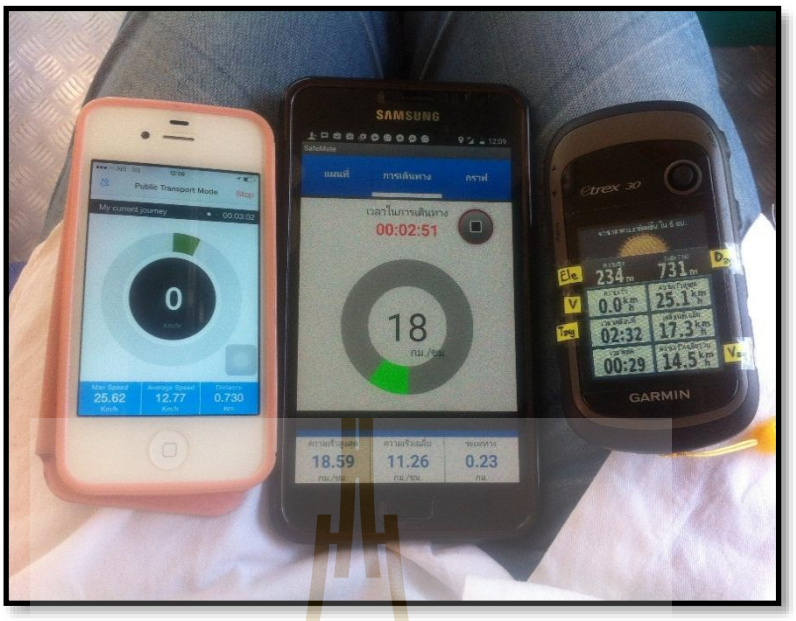
รูปที่ ฉ.8 วัฏจักรการขับขี่ของรถยนต์โดยสารตั้งแต่ขนาดกลางขึ้นไปบนถนนทางหลวงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ช

รูปที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



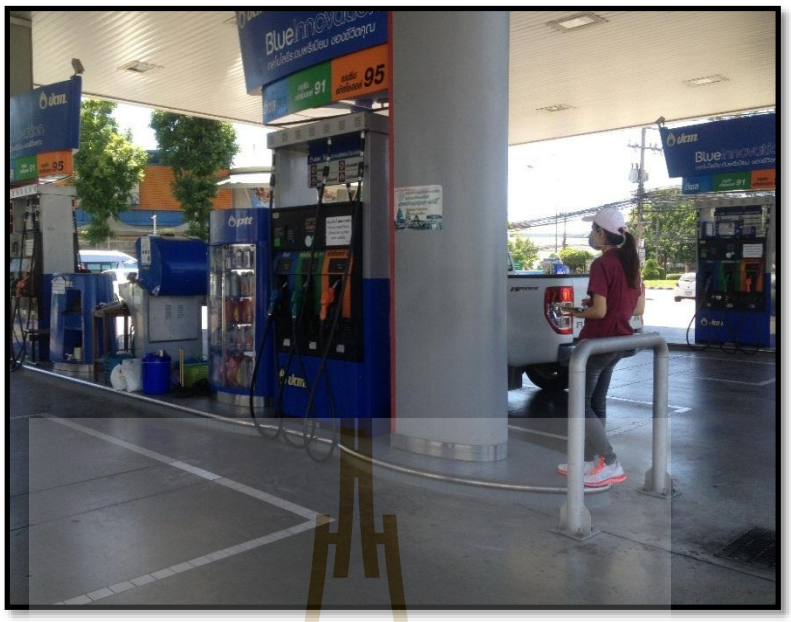
รูปที่ ช.1 การทดสอบเครื่องมือ (SafeMate application) ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการขับขี่ยานพาหนะ

รูปที่ ช.2 การเก็บข้อมูลการขับขี่ของยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์โดยใช้วิธี In-vehicle method

รูป ช.3 การเก็บข้อมูลการขับขี่ของยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคลและรถยนต์บรรทุก 4 ล้อ โดยใช้วิธี In-vehicle method

รูป ช.4 การเก็บข้อมูลการขับขี่ของยานพาหนะประเภทรถยนต์บรรทุกขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดยใช้วิธี Chase-car method

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูป ช.5 จุดเก็บข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 205 ของสถานีจำหน่ายเชื้อเพลิง บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด พงษ์กิต

รูป ช.6 จุดเก็บข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะบนถนนยมราชของสถานีจำหน่ายเชื้อเพลิง บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด มหานครรุ่งเรืองเซอร์วิส

รูป ช.7 จุดเก็บข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะบนถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ณ ป้อมตำรวจ บริเวณสามแยกบิ๊กซี นครราชสีมา

รูป ช.8 จุดเก็บข้อมูลประเภทเชื้อเพลิงยานพาหนะบนถนนชุมพล ณ ป้อมตำรวจ บริเวณห้าแยกไอที ซิตี้ นครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Muangnak, N., and Chuersuwan, N., (2017). **Estimates the Emission of Passenger Cars Based on the First Developed Driving Cycle in Nakhon Ratchasima Municipality, Thailand.** 2017 6th International Conference on Transportation and Traffic Engineering (ICTTE 2017), July 1-3, 2017. Hong Kong, Volume 124, Article number 06002.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

MATEC Web of Conferences **124**, 06002 (2017) DOI:10.1051/matecconf/201712406002
ICTTE 2017

Estimates the Emission of Passenger Cars Based on the First Developed Driving Cycle in Nakhon Ratchasima Municipality, Thailand

Noppatsorn Muangnak[1], and Nares Chuersuwan[2]

[1]*Graduate Program in Environmental Pollution and Safety, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand*
[2]*School of Environmental Health, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand*

Abstract. This study aims to estimate emissions of passenger cars traveled on the highways in Nakhon Ratchasima Municipality (NRM) based on recently developed driving cycles. A mobile phone application (SafeMate) was used to record speed-time of passenger car on the highways both weekday and weekend. The results showed that the driving cycles of the passenger cars on highway 224 and 304 were quite different. More traffic congestion on highway 224 impacted the average speeds, ranging from 10 to 34 km/h with longer idling time. The average speeds on highway 304 ranged from 49 to 69 km/h with more cruise time. The combined driving cycles on both highways showed the average speeds of 20-40 km/h depending upon the time of days. The traffic density on weekday was higher than the weekend. Peak-hour weekday showed lower traffic flow than off-peak hour which was the opposite of the weekend. Based on the derived driving cycles, the passenger car traveled on the highways in NRM emitted CO, NOx and HC approximately 90.7-129.8, 25.5-34.5 and 6.9-11.7 tons/year, respectively. The passenger cars were estimated to emit about 13,927.7-20,419.3 tons/year of carbon dioxide on the highways. The highway 2 accounted more of the emissions due to the traffic volume and coverage distance in NRM.

1 Introduction

Road transport is a major source of air pollution in Thailand. A number of vehicles has been increased on roadway and caused traffic congestion in several areas, especially in large cities, such as Bangkok, Chiang Mai, Nakhon Ratchasima. Traffic density correlates with high levels of vehicular exhaust emission [1, 2] and has potential to cause health effects in urban residents.

Estimating exhaust emissions are conveniently used emission factors and economically attractive. However, the emission inventory requires decent inputs, such as, emission factor of vehicles (EFs), travel activity, etc. Emissions from vehicle depend on several factors, including driving cycle, fuel type, emission control technology, vehicle weight, engine capacity, environment conditions road gradient and the level of vehicle maintenance [3]. Driving cycles have been developed to represent conditions on roads and used in the emission estimates for specific city. The emissions from vehicles are also related to the driving mode: idle, steady-state cruise, acceleration and deceleration.

Driving cycles provide the variations of the vehicle speed with time for a certain period of travel for a specific route. Vehicle emission factors are commonly derived from chassis dynamometer tests programmed with standard driving cycle, such as U.S. Federal Test Procedure (FTP75), Economic Commission for Europe (ECE) and Japanese 10 mode cycle [4]. In turn, the driving cycles used in the U.S. and Europe are not represented the traffic conditions in other regions. Many driving cycles developed elsewhere under specific driving characteristic are clearly differ from one area to another, even within the same city [5] such as Thailand [6] Turkey [7] and China [8]. Consequently, researchers should set priority to specific of driving characteristics in each area to achieve a reliable estimate of the emissions.

This study aims to estimate the emissions of passenger cars traveled on the highways in Nakhon Ratchasima Municipality (NRM) based on recently developed driving cycles with the help of a mobile phone application to record speed-time of the passenger cars.

2 Methodology

2.1 Route selection

Nakhon Ratchasima Municipality (NRM) is the fifth largest municipality in Thailand that experienced increasing volume of vehicle and traffic congestion due to the subsidy of the First Car Program by the previous government and economic improvement. Four highways, highway number 2, 205, 224, and 304, pass through the municipality. The road sections of those highways were selected to develop the driving cycles of route between Rajamangala University of Technology Isan (RMUTI) to

© The Authors, published by EDP Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

MATEC Web of Conferences **124**, 06002 (2017) DOI:10.1051/matecconf/201712406002
ICTTE 2017

Save One Market, approximately 10.17 kilometers trip (Figure 1).

2.2 Speed data collection

Since the passenger car shared the largest portion on the highways in NRM, the driving cycle of the passenger car was our focus. In-vehicle method was used to collect speed-time data with the assistant of the mobile application, SafeMate. Data were collected from Monday to Sunday during the morning peak hour (7.00 a.m. - 9.00 a.m.), off-peak hour (9.00 a.m. - 3.00 p.m.), and the evening peak hour (3.00 p.m. - 7.00 p.m.). The speed-time data were collected for both inbound and outbound directions.

2.3 Speed-time analysis and driving cycle development

The graph data of the speed-time were analyzed by transforming to micro trips for every 7.3 seconds. The speed-time data were separated into weekday and weekend according to peak hour and off-peak hour. Descriptive statistics were used to estimate mean, difference mean, and standard deviation. Difference mean is an accepted mean different at less than 10%. The data were tested for the differences in the dataset using inferential statistic (T-test, Anova test, Mann-Whitney U-test or Kruskal-Wallis). The derived speed data were selected to represent the real driving characteristics of the route. Then, the speed-time data were used to develop driving cycles of the trip.

The micro trips of each highway section were used to construct the driving cycles of the route. Driving characteristic were described by the parameters including average speed (V_{avg}), average running speed (V_{avg1}), average acceleration of all acceleration phase (Acc), average deceleration of all deceleration phases (Dec), idling mode (T_{idle}), acceleration mode (T_{acc}), deceleration mode (T_{dec}), and cruising mode (T_{cruise}).

2.4 Estimating passenger car emissions on the highways

Mobile source emission factors in Thailand has developed on a standard chassis dynamometer, which the exhaust from the vehicles were measured under different situation such as fuel type, emission control technology and driving speed. The air pollutants and greenhouse gas of passenger car were measured including hydrocarbon (HC), carbon monoxide (CO), oxide of nitrogen (NO_x) and carbon dioxide (CO_2) and classified according to speed used in the test [9]. Data from the dynamometer tests were extracted and used to calculate passenger car emissions under the developed driving cycles in NRM. Traffic volume was counted and estimated on all highways according to the Department of Highway, Thailand. The vehicle emission rate was obtained by multiplying vehicle activity with the derived EFs of the passenger car (Eq. 1).

$$E_i = EF_i \times D \times N \quad (1)$$

Where EF_i (g/km) was an emission factor of i pollutant from vehicle, D (km) was the travel distance and N (vehicles/day) was average daily traffic. The calculations of exhaust emission under specific driving cycle were estimated using (Eq. 2).

$$E_i = \sum_{i=1}^{a} \sum_{j=1}^{b} \left[EF_{ij} \times T \times n_j \times j \right] \times N \quad (2)$$

Where EF_{ij} (g/km) was an emission factor of i pollutant at j travel speed range, n_j was the number of micro-trip at j speed range of vehicle on driving cycle, T=7.31 (s) was the time scale of micro-trip, j (km/h) was a travel speed range of vehicle (including 0-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80, 81-90 km/h).

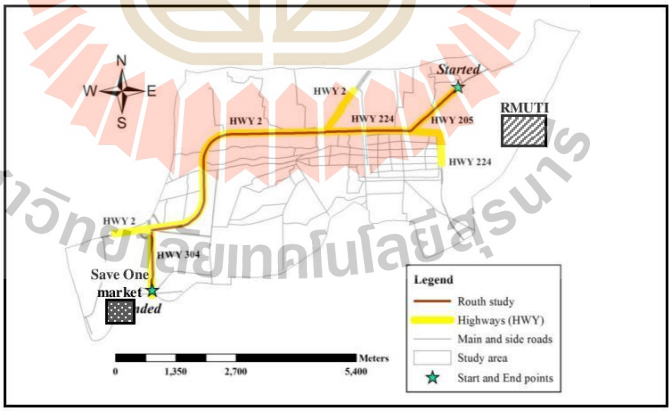


Figure 1. The study area in Nakhon Ratchasima Municipality (NRM) and selected highway route

MATEC Web of Conferences **124**, 06002 (2017) DOI:10.1051/matecconf/201712406002
ICTTE 2017

3 Results and discussion

3.1. Deriving the highway driving cycles

Collected speed-time data showed less than 10 percent differences ($p<0.05$) in the dataset. The driving parameters of all sections of the highways are presented in Table 1. The results showed that the driving cycles on highway 224 and highway 304 differed from the rest, caused by congestion on highways. The average speed of highway 224 was ranged from 10 to 34 km/h with longer idling time. The evening peak hour on weekday experienced the congestion. With the average speed of 10 km/h, the proportion of idle time and cruise were approximately 50% and 9%, respectively.

Highway 304 experienced less traffic congestion with the average speed ranging from 49 to 69 km/h and relatively smooth traffic flow indicating by no idling time and high cruise time. The driving cycle in the morning during the weekend was rather smooth with 50% of cruise time

The driving cycles on highway 2 and highway 205 were quite fluctuated which the average speed ranged from 32 to 54 and 22 to 42 km/h, respectively. Weekday had high traffic congestion on both highways. During peak hour, the driving cycles showed high traffic intensity indicated by low speed and fluctuating traffic flow.

The micro trips were used to construct the driving cycles on the highways in NRM for the passenger car travelling about 10.17 km from the northeast to the southwest locations (Figure 2). With the driving cycles, the driving parameters were derived (Table 2). The results showed that the average speed on weekday and weekend were approximately 23.6 and 34.7 km/h, respectively. The weekday had more fluctuation than the weekend, indicated by the average idle mode on weekday with the highest proportion of 39%, while the average cruise mode was only 9.7%. Traffic intensity was high on weekday during peak hour while the weekend occurred during off-peak hour. Morning peak and evening peak on weekday showed serious traffic congestion, with the average speed of 22.1 and 20.3 km/h, respectively. The traffic flow, however, was smooth on morning peak during the weekend with twice the average speed typically found weekday peak hour. The morning peak hour during the weekend had the lowest proportion of idling, about 11.6%. The driving characteristics varied during the day and different times of day and daily. The important factors affected the driving variations in NRM included road characteristics, driving behaviour, and traffic volume, etc. Several studies used speed-time data in morning peak to represent the driving cycles [6], [10], and [11]. In NRM, however, the traffic volume was high during the evening peak hour.

Table 1. The driving parameters on highways in NRM

Road sections	Days of week	Times of day	V_{avg} (km/h)	V_{avg1} (km/h)	Acc (m/s^2)	Dec (m/s^2)	T_{idle} (%)	T_{acc} (%)	T_{dec} (%)	T_{cruise} (%)	Time (s)	Length (km)
Highways 224	Weekdays	Morning peak	11.7	24.2	0.1	-0.3	49.3	17.4	21.0	12.3	1009	3.20
		off peak	20.4	35.2	0.2	-0.6	36.8	33.8	25.0	4.4	497	
		Evening peak	10.0	13.2	0.1	-0.4	49.3	20.8	19.4	10.4	1053	
		Average	14.0	24.2	0.1	-0.5	45.1	24.0	21.8	9.0	853	
	Weekend	Morning peak	28.7	35.9	0.3	-0.5	15.3	39.0	33.9	11.9	431	
		off peak	34.2	38.7	0.3	-0.5	11.9	47.5	37.3	3.4	431	
		Evening peak	19.0	40.5	0.1	-0.6	50.0	23.1	17.9	9.0	570	
		Average	27.3	38.4	0.2	-0.5	25.7	36.5	29.7	8.1	477	
Highways 2	Weekdays	Morning peak	44.0	58.3	0.2	-0.4	22.5	33.7	31.5	12.4	651	7.66
		off peak	39.6	50.9	0.1	-0.3	21.5	33.6	25.2	19.6	782	
		Evening peak	28.9	40.1	0.2	-0.3	25.8	31.5	30.6	12.1	906	
		Average	37.5	49.8	0.2	-0.3	23.3	32.9	29.1	14.7	780	
	Weekend	Morning peak	53.5	59.4	0.2	-0.4	7.1	32.9	32.9	27.1	512	
		off peak	31.7	45.6	0.2	-0.4	28.2	32.5	29.1	10.3	855	
		Evening peak	46.4	54.5	0.3	-0.5	11.3	43.8	31.3	13.8	585	
		Average	43.9	53.2	0.2	-0.5	15.5	36.4	31.1	17.0	651	
Highways 205	Weekdays	Morning peak	22.3	27.6	0.2	-0.4	16.7	43.3	30.0	10.0	219	1.45
		off peak	29.8	42.9	0.3	-0.6	27.3	36.4	31.8	4.5	181	
		Evening peak	30.2	30.2	0.2	-0.3	0.0	50.0	40.9	9.1	181	
		Average	27.4	33.6	0.2	-0.5	14.6	43.2	34.2	7.9	194	
	Weekend	Morning peak	26.5	37.1	0.3	-0.7	18.5	44.4	33.3	3.7	197	
		off peak	42.3	42.3	0.2	-0.5	0.0	56.3	31.3	12.5	117	
		Evening peak	32.7	37.9	0.2	-0.5	9.5	47.6	28.6	14.3	154	
		Average	33.8	39.1	0.2	-0.6	9.3	49.4	31.1	10.2	156	
Highways 304	Weekdays	Morning peak	48.8	48.8	0.1	-0.3	0.0	40.0	40.0	20.0	110	1.63
		off peak	54.0	54.0	0.3	-0.2	0.0	53.8	38.5	7.7	95	
		Evening peak	53.9	53.9	0.2	-0.3	0.0	53.3	40.0	6.7	110	
		Average	52.2	52.2	0.2	-0.3	0.0	49.1	39.5	11.5	105	
	Weekend	Morning peak	68.7	68.7	0.0	-0.2	0.0	0.0	50.0	50.0	73	
		off peak	58.4	58.4	0.1	-0.2	0.0	33.3	40.0	26.7	110	
		Evening peak	62.1	66.8	0.1	-0.6	0.0	30.8	38.5	30.8	95	
		Average	63.1	64.7	0.1	-0.3	0.0	21.4	42.8	35.8	93	

Note: Acc* = Acceleration; Dec** = Deceleration

MATEC Web of Conferences **124**, 06002 (2017) DOI:10.1051/matecconf/201712406002
ICTTE 2017

Table 2. The driving parameters of passenger car on highway route in NRM

Driving cycle	Days of week	Times of days	V_{avg} (km/h)	V_{avg1} (km/h)	Acc (m/s^2)	Dec (m/s^2)	T_{idle} (%)	T_{acc} (%)	T_{dec} (%)	T_{cruise} (%)	Time (s)	Length (km)
NRMDC (RMUTI to Save one market)	Weekdays	Morning peak	22.1	44.2	0.1	-0.4	46.5	24.3	21.6	7.6	1352	10.3
		Off peak	28.4	48.0	0.1	-0.5	37.0	29.5	23.3	10.3	1067	
		Evening peak	20.3	33.0	0.1	-0.4	33.8	28.4	26.5	11.3	1491	
		Average	23.6	41.7	0.1	-0.4	39.1	27.4	23.8	9.7	1303	
	Weekend	Morning peak	39.9	49.5	0.2	-0.5	11.6	37.5	33.0	17.9	826	
		Off peak	31.6	42.4	0.2	-0.5	23.1	37.1	30.1	9.8	1052	
		Evening peak	32.5	51.1	0.2	-0.6	31.5	32.3	24.6	11.5	957	
		Average	34.7	47.6	0.2	-0.5	22.1	35.6	29.2	13.1	945	

Table 3. The comparison of developed driving cycle of passenger car in NRM with international cycles

Driving cycle	Days of week	Times of days	V_{avg} (km/h)	V_{avg1} (km/h)	Acc (m/s^2)	Dec (m/s^2)	T_{idle} (%)	T_{acc} (%)	T_{dec} (%)	T_{cruise} (%)	Time (s)	Length (km)	Description
NRMDC	Weekdays	Morning peak	22.1	44.2	0.1	-0.4	46.5	24.3	21.6	7.6	1352	10.3	Highway
	Weekend	Morning peak	39.9	49.5	0.2	-0.5	11.6	37.5	33.0	17.9	826		
	Week	Morning peak	31.0	46.9	0.2	-0.5	29.1	30.9	27.3	12.8	1089		
MIDC	Weekdays	Morning peak	26.9	37.5	0.6	-0.9	28.4	20.7	15.8	35.2	1744	13.0	Highway [10]
HKHDC	Week	Morning peak	38.3	41.8	0.4	-0.4	8.4	37.5	36.2	17.2	1401	14.9	Highway [11]
BDC	Week	Morning peak	17.7	28.8	0.7	-0.7	37.7	15.3	23.2	23.8	1160	5.7	Arterial and highway [6]

Note: NRMDC = Nakhon Ratchasima Municipality Driving Cycle, MIDC = Modified Indian Driving Cycle, HKHDC = Hong Kong Highway Driving Cycle and BDC = Bangkok Driving Cycle.

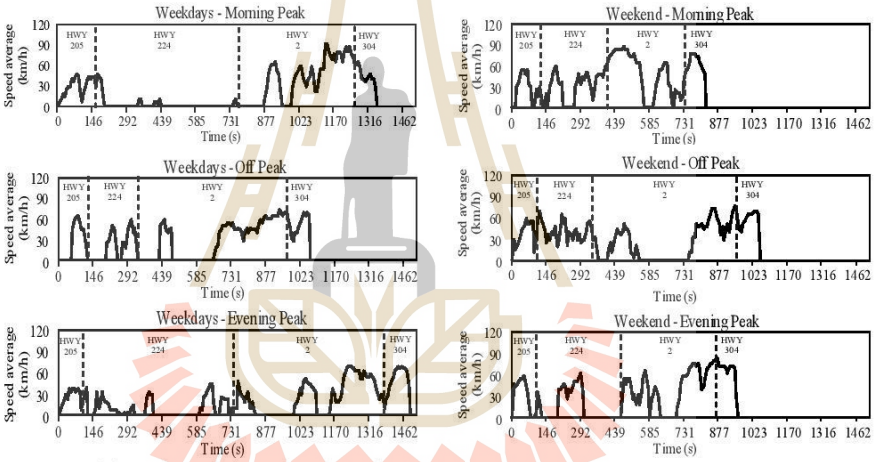


Figure 2. Driving cycles on highway (HWY) route in NRM.

The morning peak was selected as the driving cycles of passenger car in NRM. The comparison with other driving cycles in other countries is in Table 3. The average speed of NRMDC on weekday morning peak was lower than MIDC due to the high traffic congestion in NRM. NRMDC had high portion of idle time, approximately 46.5%. The driving cycle on the morning peak of HKHDC and BDC were obviously differed from NRMDC. The average speed of HKHDC, NRMDC and BDC were about 38.3, 31.0 and 17.7 km/h, respectively.

HKHDC showed higher fluctuation than other driving cycles. High portion of acceleration time and deceleration was approximately 37.5% and 36.2%, respectively. Values of the driving parameters between BDC and NRMDC were different. BDC had the lowest average speed and running speed comparing to others driving cycles. The reason that BDC was developed based on traffic conditions of both highway and arterial road, where the arterial roads in Bangkok had serious traffic congestion [6]. Therefore, it was necessary to develop the specific driving cycles in NRM with more appropriate speed-time data for the estimation of the vehicular emissions.

3.2 Estimated passenger car emissions on highways in NRM

Estimation of mobile emission in NRM was obtained from multiplying average annual daily traffic (AADT) with vehicle kilometer travel and the emission factors.

MATEC Web of Conferences **124**, 06002 (2017) DOI:10.1051/matecconf/201712406002
ICTTE 2017

The estimation of exhaust emissions from passenger car on highways in NRM is shown in Table 4. Based on 2015 data, the main air pollutant was carbon monoxide, about 90.7-129.8 tons annually. As a greenhouse gas, annual CO_2 emission was at high as 20,419.3 tons. Highway 2 accounted a large portion of the emissions due to the travel distance and traffic volume. The estimated annual emissions of CO, NO_x, and HC from highway 2 were approximately 67.4-90.2, 19.2-24.3 and 4.9-7.4 tons, respectively, whereas highway 304 had the smallest portion of the emissions from passenger cars.

Table 4. Estimated total emissions from passenger cars on the highways in NRM, 2015

Section road	Distance (km)	AADT (vehicle/day)	Emissions (tons/year)							
			HC		CO		NO_x		CO_2	
			Low	High	Low	High	Low	High	Low	High
Highway 2	7.66	30839	4.9	7.4	67.4	90.2	19.2	24.3	10242.1	13883.8
Highway 205	1.46	22908	0.7	1.2	9.4	13.4	2.5	3.5	1456.1	2132.7
Highway 224	3.20	12285	1.1	2.8	11.4	23.2	3.1	5.9	1858.3	3964.0
Highway 304	1.69	5743	0.2	0.2	2.5	2.9	0.7	0.8	371.2	438.8
Total emission (tons/year)			6.9	11.7	90.7	129.8	25.5	34.5	13927.7	20419.3
Percent emission (%)			0.03		0.32		0.09		49.57	

4 Conclusions

Specific driving cycle is important for reasonable estimate of air emissions in area of interest like NRM. The driving cycles can be constructed based on the information of micro trips from speed-time data. Current technology allows a mobile application to assist data gathering of the traffic related data virtually in any city. Along with the traffic volume and appropriate emission factors, vehicle emissions can be routinely estimate. The passenger cars in NRM had different driving patterns depending on time of the day and day of the week. Long idling time of passenger car on highway in NRM was affected by the traffic activities. The average speed on weekday was about 23.6 km/h, and 34.7 km/h during weekend. The weekday had more speed fluctuation than the weekend, indicated by the average idle mode on weekday with the highest proportion of 39%, while the average cruise mode was only 9.7%. In 2015, annual carbon monoxide was emitted about 91-130 tons, 26-35 tons of NO_x, and 7-12 tons of HC. The future research should further investigate other types of roads and vehicles to quantify the whole fleet and to provide the overall vehicle emission inventory for the comprehensive air quality planning.

Acknowledgement

The authors would like to thank the Automotive Emission Laboratory of Pollution Control Department, Thailand for supporting the vehicle emission factors in Thailand.

References

1. S. T. Leong, S. Muttamara and P. Laortanakul, Air Pollution and Traffic Measurements in Bangkok Streets, Asian Journal on Energy and Environment, Vol. 3, pp. 185-213, (2003).
2. S. Pandian, S. Gokhale, A. K. Ghoshal, Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 14, pp. 180-196, (2009).
3. A. Faiz, C. S. Weaver and M. P. Walsh, Air pollution from motor vehicles: Standards and technologies for controlling emissions. 1st ed. Washington DC, USA: The World Bank, ch. 1, pp. 1-24, (1996).
4. US. EPA. Vehicle and Fuel Emissions Testing. [Online]. Available: https://www.epa.gov/vehicle-and-fuel-emissions -testing/dynamo meter-drive-schedules, (January, 2017).
5. H.Y. Tong, W.T. Hung and C.S. Cheung, Development of a driving cycle for Hong Kong, Atmospheric Environment, Vol. 33, pp. 2323-2335, (1999).
6. N. Tamsanya and S. Chungpaibulpatana, Influence of driving cycles on exhaust emissions and fuel consumption of gasoline passenger car in Bangkok, Journal of Environmental Sciences, Vol. 21, pp. 604-611, (2009).
7. J. Lin and D. A. Niemeier, Regional driving characteristics, regional driving cycles, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 8, pp. 330-346, (2003).
8. Q. Wang, H. Huo, Kebin He, Z. Yao and Q. Zhang, Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in Chinese cities, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 13, pp. 289-297, (2008).
9. I. Pawarmart, T. Petplangsri and N. Pala-en, Update mobile source emission factors in Thailand, presented at 5th International Conference on Sastainable Energy and Environment, Bangkok, Thailand, (2014).
10. P. Adak, R. Sahu and S. P. Elumalai, Development of emission factors for motorcycles and shared auto-rickshaws using real world driving cycle for a typical Indian city, Science of the Total Environment, vol. 544, pp. 299-308, (2016).
11. W. T. Hung, H. Y. Tong, C. P. Lee, K. Ha and L. Y. Pao, Development of a practical driving cycle construction methodology: A case study in Hong Kong, Transportation Research Part D, vol. 12. pp. 115-128, (2007).

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนพภัสสร ม่วงนาค เกิดเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2533 ณ จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตในปีการศึกษา 2556 สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และเข้าศึกษาต่อในสถาบันศึกษาเดิมในระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต หลักสูตรมลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย โดยได้รับทุนสนับสนุนการศึกษาประเภททุนศักยภาพจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีปี 2556

ผลงานวิจัย: ได้นำเสนองานวิจัยในการประชุมวิชาการนานาชาติจำนวน 2 เรื่อง คือ 41st Congress on Science and Technology of Thailand (STT41) ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประเทศไทย ในระหว่างวันที่ 6-8 พฤศจิกายน 2558 ในหัวข้อเรื่อง: Driving Cycles Development Based on Mobile Application in Nakhon Ratchasima Municipality และนำเสนองานวิจัยในการประชุมวิชาการ 2017 6th International Conference on Transportation and Traffic Engineering (ICTTE 2017) ณ ฮองกง ในระหว่างวันที่ 1-3 กรกฎาคม 2560 ในหัวข้อเรื่อง : Estimates the Emission of Passenger Cars Based on the First Developed Driving Cycle in Nakhon Ratchasima Municipality, Thailand

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี