

การคำนวณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลการติดตามการเคลื่อนที่ของรถยนต์



นายจักริน ณ บางช้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR) เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CALCULATION OF FUEL CONSUMPTION AND GREEN HOUSE GAS EMISSION FROM  
VEHICLE MOVEMENT TRACKING DATA

Mr. Jakarin Na Bangchang



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การคำนวณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อย  
ก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลการติดตามการเคลื่อนที่ของ  
รถยนต์

โดย

นายจักริน ณ บางช้าง

สาขาวิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม ชูจารุกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภสิทธิ์ นุ่มวงษ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ดร.ศักดิ์ดา พรรณไวย)

จักริน ฌ บางช้าง : การคำนวณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลการติดตามการเคลื่อนที่ของรถยนต์ (CALCULATION OF FUEL CONSUMPTION AND GREEN HOUSE GAS EMISSION FROM VEHICLE MOVEMENT TRACKING DATA) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.สรวิศ นฤปิติ, 99 หน้า.

ปัจจุบันการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะสามารถหาได้จาก 3 วิธีหลักๆได้แก่ 1) การหาการสิ้นเปลืองพลังงานในห้องปฏิบัติการ 2) การวัดค่าโดยเทคนิคการตรวจวัดโดยตรงจากรถยนต์ 3) การใช้เทคโนโลยีเพื่อเก็บข้อมูลและประมาณค่า ซึ่งแต่ละวิธีจะมีข้อจำกัดในการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน อาทิ เรื่องของการจำกัดสถานะของการทดสอบ ต้นทุนในการทดสอบ ความซับซ้อนในการประมาณการ เป็นต้น อุปกรณ์ GPS (Global Positioning System) เป็นอุปกรณ์ที่นิยมติดตั้งบนยานพาหนะ ที่สามารถให้ข้อมูลการเดินทางและการเคลื่อนที่ของยานพาหนะได้ ข้อมูลนี้จึงน่าสนใจที่จะนำมาประยุกต์ใช้ประมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตามก็ต้องคำนึงถึงกับปัจจัยต่างๆ อาทิ ลักษณะของข้อมูล GPS วิธีการใช้ข้อมูลเพื่อการประมาณ และ ความสัมพันธ์ของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับข้อมูลการเคลื่อนที่และความถูกต้องที่ได้จากการประมาณ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากข้อมูลการเคลื่อนที่ที่ได้จากอุปกรณ์ GPS โดยเริ่มจากติดตั้ง OBD (on-board diagnosis system) บนรถยนต์ จากนั้นนำค่าที่ได้มาสร้างแบบจำลองขึ้นสองแบบจำลองคือ แบบจำลอง Instantaneous ซึ่งมีตัวแปรความเร็วและความเร่ง และแบบจำลอง Average มีเพียงตัวแปรความเร็วเฉลี่ย จากนั้นนำมาทดสอบความถูกต้องของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ความถี่ข้อมูลที่แตกต่างกัน

ผลการวิจัยพบว่าการประมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแบบจำลอง Instantaneous จะให้ความถูกต้องที่ดีกว่าแบบจำลอง Average เมื่อพิจารณาปัจจัยความถี่จากอุปกรณ์ GPS พบว่าการประมาณค่าโดยใช้ข้อมูล GPS ที่มีความถี่ที่สูงจะให้ค่าที่มีความถูกต้องสูง และค่าความถูกต้องจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้ข้อมูล GPS ที่มีความถี่ต่ำลง ความถี่ของข้อมูลที่เหมาะสมในการใช้งานที่ความถูกต้องไม่เกิน 20% คือไม่เกินทุกๆ 15 วินาที

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

# # 5670138421 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS: FUEL CONSUMPTION / TRACKING DATA / GREEN HOUSE GAS EMISSION

JAKARIN NA BANGCHANG: CALCULATION OF FUEL CONSUMPTION AND GREEN HOUSE GAS EMISSION FROM VEHICLE MOVEMENT TRACKING DATA. ADVISOR: ASSOC. PROF.SORAWIT NARUPITI, Ph.D., 99 pp.

Presently, fuel consumption and green house gas emission from road transport can be determined from three methods: 1) Laboratory test, 2) Fuel and Emission measuring device attached to vehicle, and 3) Estimation from data collected from device equipped on the vehicle. Each method has various limitations, for instance, test environment, cost of test and data collection, complexity of estimation. Global Positioning System or GPS is commonly known and installed on vehicles to track travel data and vehicle movements. This data is useful for applying it to estimate fuel consumption and green house gas (CO<sub>2</sub>) Nonetheless, several matters are concerned such as characteristics of GPS data, estimation method, the relationship between fuel consumption and green house gas emission, and tracking data and accuracy of the estimation.

This research objective was to estimate the fuel consumption and green house gas emission from data from GPS tracking. First, on-board diagnosis system(OBD) is installed from vehicle. Then two models were developed; Instantaneous model which used speed and acceleration and Average model which used only average speed. The research tested accuracy of fuel consumption and CO<sub>2</sub> emission at various frequency of GPS data.

The results show that the estimation of fuel consumption and green house gas emission from instantaneous model gives better accuracy than the estimation from average model. Regarding the frequency of GPS data, the estimation using higher frequency of travel data yields higher accuracy. The trend of accuracy declines when the frequency is lower. The 15-second interval GPS data or higher gives appropriate

accuracy of less than 20%.  
Department: Civil Engineering

Student's Signature .....

Field of Study: Civil Engineering

Advisor's Signature .....

Academic Year: 2016

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิจัยในหัวข้อ "การคำนวณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อย ก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลการติดตามการเคลื่อนที่ของรถยนต์" สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความรู้ และอนุเคราะห์ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รศ.ดร.สรวิศ นฤปิติ ผู้ให้ความกรุณารับเป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ ความรู้ ข้อคิด และให้แนวทางการทำวิจัยที่ถูกต้องตามระเบียบวิธีจึงทำให้ งานวิจัยชิ้นนี้เสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้รวมไปถึง รศ.ดร.เกษม ชูจากรุกุล และ ผศ.ดร.นักสิทธิ์ นุ่มวงษ์ และ ดร.ศักดิ์ดา พรธณไว ที่ช่วยให้ คำแนะนำ ความรู้ ข้อคิด และให้ความเอื้อเฟื้อต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้เป็นอย่างดี พร้อมขอ กราบขอบพระคุณ คุณรักษิต ฐิติพัฒน์พงศ์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำความรู้รวมถึงให้ ความช่วยเหลือด้านข้อมูล เครื่องมือและอุปกรณ์ ในการทำวิจัย

นอกจากนี้ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนิสิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยเฉพาะสาขาวิศวกรรมขนส่ง ที่ได้กรุณาช่วยแนะนำข้อเสนออื่นๆ ที่มีประโยชน์แก่งานวิจัยนี้ จนทำให้ทำงานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ ตลอดจนขอบคุณพี่ๆ และ เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจ ให้เสมอ จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ด้วยความขอบคุณและศรัทธา

นายจักริน ฌ บางช้าง

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูปภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.5 ลำดับการนำเสนอวิทยานิพนธ์.....	5
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 การหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง.....	8
2.1.1 ปัจจัยทางด้านการเดินทาง (Travel-Related Factors).....	8
2.1.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขับขี่ (Driver-Related Factors).....	8
2.1.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพทาง (Highway-Related Factors).....	9
2.1.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะ (Vehicle-Related Factors).....	9
2.2 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption Models).....	9
2.2.1 Instantaneous Fuel Consumption Models.....	10
2.2.2 Drive Modal Fuel Consumption Models.....	14
2.2.3 Fuel Consumption Models Based on Average Speed.....	18

2.3	แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก .....	19
2.4	ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง .....	21
บทที่ 3	วิธีการศึกษา .....	23
3.1	ขั้นตอนการวิจัย .....	23
3.2	การวางแผนการศึกษาและรวบรวมข้อมูลภาคสนาม .....	26
3.3	อุปกรณ์และการบันทึกข้อมูล .....	29
3.3.1	ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ .....	29
3.3.2	GPS Logger .....	31
3.3.3	ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ .....	32
3.4	วิธีวิเคราะห์ .....	34
3.5	ข้อมูลดิบที่ได้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ .....	35
3.5.1	ลักษณะข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ OBD .....	36
3.5.2	ลักษณะข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS .....	37
3.6	การวิเคราะห์ข้อมูล .....	39
3.6.1	การคำนวณค่าที่ได้จากอุปกรณ์ OBD .....	39
3.6.2	การคำนวณค่าที่ได้จากอุปกรณ์ GPS .....	42
3.7	การอภิปรายผล .....	43
3.8	สรุปผล .....	44
บทที่ 4	ผลการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล .....	45
4.1	ลักษณะทั่วไปของข้อมูลจาก OBD .....	45
4.2	ลักษณะทั่วไปของข้อมูลจาก GPS .....	48
4.3	สมการการสันเปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO <sub>2</sub> ) .....	50



4.3.1	แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ ความเร็วเฉลี่ย .....	50
4.3.2	แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ ความเร็วและความเร่ง .....	52
4.4	ลักษณะความคลาดเคลื่อนที่ได้ข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS Logger.....	57
4.4.1	ความคลาดเคลื่อนของความเร่ง .....	57
4.4.2	ความคลาดเคลื่อนจากการขาดหายของข้อมูล .....	58
4.5	การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS .....	58
4.5.1	การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงรายคัน .....	59
4.5.2	ความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อใช้ข้อมูล GPS ที่ช่วงความถี่ ข้อมูลต่างๆ.....	61
4.5.3	ความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ช่วงความเร็วต่างๆ .....	62
4.5.4	ความแตกต่างของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อใช้ข้อมูล GPS กับค่าจาก OBD ทุกช่วงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง .....	67
4.6	การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO <sub>2</sub> ) ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS.....	74
4.6.1	การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO <sub>2</sub> ) รายคัน.....	74
4.6.2	ความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อใช้ข้อมูล GPS ที่ช่วงความถี่ ข้อมูลต่างๆ.....	76
4.6.3	ความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub> ที่ช่วงความเร็วต่างๆ .....	77
4.6.4	ความแตกต่างของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเมื่อใช้ข้อมูล GPS ที่ช่วง ความถี่ข้อมูลและวิธีต่างๆ.....	82
บทที่ 5	สรุปผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ .....	88
5.1	แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO <sub>2</sub> ).....	89

5.2 การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากแบบจำลอง Instantaneous และ แบบจำลอง Average .....	90
5.3 การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแบบจำลอง Instantaneous และ แบบจำลองAverage .....	92
5.4 ความคลาดเคลื่อนของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก .....	93
5.5 สิ่งที่ค้นพบและการนำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ .....	94
รายการอ้างอิง .....	95
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	99



## สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย.....	27
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างลักษณะข้อมูลดิบที่ได้จากอุปกรณ์ OBD.....	36
ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลที่ใช้ในการทดสอบ .....	40
ตารางที่ 3. 4 ตัวอย่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO <sub>2</sub> ) .....	41
ตารางที่ 3.5 Protocol Message GRMC จาก GNSS (GPS) Receiver (Description 2013) ..	42
ตารางที่ 3. 6 ตัวอย่างค่าที่ได้จากอุปกรณ์ GPS .....	43
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดเบื้องต้นของข้อมูลที่ได้จากรถยนต์ทดสอบ.....	46
ตารางที่ 4.2 ลักษณะทั่วไปของข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS Logger เมื่อเทียบกับข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ OBD.....	50
ตารางที่ 4. 3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละช่วงความเร็วและความเร่ง .....	54
ตารางที่ 4.4 อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO <sub>2</sub> ) ในแต่ละช่วงความเร็วและความเร่ง ..	55
ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้ข้อมูล GPS ที่มีความถี่และวิธีต่าง ๆ กัน .....	59
ตารางที่ 4.6 ความชันจากแต่ละสมการจากรูปที่ 4.24 .....	68
ตารางที่ 4.7 ความชันในช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม.....	69
ตารางที่ 4.8 ความชันในช่วงความเร็ว 20-40 กม./ชม.....	70
ตารางที่ 4.9 ความชันในช่วงความเร็ว 40-60 กม./ชม.....	71
ตารางที่ 4.10 ความชันในช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม. ....	72
ตารางที่ 4.11 ความชันในช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม. ....	73
ตารางที่ 4.12 ค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub> โดยใช้ข้อมูล GPS ที่มีความถี่และวิธีต่าง ๆ กัน .....	74

ตารางที่ 5. 1 พิจารณาความผิดพลาดของข้อมูลที่ 20% .....92



## สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสาขาการขนส่งรายปี (กระทรวงพลังงาน 2017) .....	1
รูปที่ 1.2 การทำงานของ Chassis Dynamometer .....	3
รูปที่ 2.1 Speed and Acceleration Envelop for a Composite Vehicle .....	13
รูปที่ 2.2 Acceleration Rates vs. Speed (Baker 1995) .....	15
รูปที่ 2.3 Flow of Information within Mesoscopic Fuel Consumption and Emission Model (Dion, Van Aerde et al. 2000) .....	17
รูปที่ 2.4 Mesoscopic and Microscopic Fuel Consumption for EPA Urban Drive Cycle(Dion, Van Aerde et al. 2000) .....	18
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างกราฟอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงประเภทต่างๆกับค่าความเร็วเฉลี่ย (Tanmee, Laohalidanond et al. 2012) .....	21
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....	25
รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลจาก OBD .....	29
รูปที่ 3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ OBD .....	29
รูปที่ 3.4 การตรวจสอบการทำงานอุปกรณ์ OBD .....	30
รูปที่ 3.5 การติดตั้งเชื่อมโยงอุปกรณ์ OBD กับตัวรถ .....	30
รูปที่ 3.6 การตรวจสอบสถานะความพร้อมของอุปกรณ์ OBD ในการบันทึกข้อมูล .....	31
รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลจาก GPS Logger .....	31
รูปที่ 3.8 การติดตั้งอุปกรณ์ GPS Logger .....	32
รูปที่ 3.9 การต่อเชื่อมอุปกรณ์ GPS Logger กับที่เชื่อมต่อ .....	32
รูปที่ 3.10 การเสียบแท่งบันทึกลงในอุปกรณ์ GPS Logger .....	33
รูปที่ 3.11 การตรวจสอบสถานะการทำงานอุปกรณ์ GPS Logger .....	33

รูปที่ 3.12 แนวทางการสร้างแบบจำลอง.....	34
รูปที่ 3.13 ข้อมูลความเร็วจากอุปกรณ์ OBD และ GPS .....	35
รูปที่ 3.14 ข้อมูลความเร่งจากอุปกรณ์ OBD และ GPS.....	35
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS ที่แตกต่างชนิดกัน .....	37
รูปที่ 3.16 ตัวอย่างข้อมูลการเคลื่อนที่ของ GPS Logger จาก U-center.....	38
รูปที่ 3.17 ตัวอย่างข้อมูลติบจากTEXT MESSAGE จากอุปกรณ์ GPS Logger .....	38
รูปที่ 3.18 ความคลาดเคลื่อนอันมาจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ GPS .....	39
รูปที่ 4.1 ลักษณะข้อมูลความเร็วของรถยนต์ทดสอบ .....	47
รูปที่ 4.2 ลักษณะข้อมูลความเร่งของรถยนต์ทดสอบ.....	47
รูปที่ 4.3 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อใช้ค่าความเร็วแบบทันทีทันใด .....	48
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างค่าความเร่งเมื่อคำนวณจากช่วงเวลา 3 ,5 ,10 ,30 และ 60 วินาที.....	49
รูปที่ 4.5 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ความเร็วเฉลี่ย.....	51
รูปที่ 4.6 แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ความเร็วเฉลี่ย.....	51
รูปที่ 4.7 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(2มิติ) โดยใช้ความเร็วต่าง ๆ แยกระดับ ความเร่ง.....	52
รูปที่ 4.8 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแบบสามมิติโดยใช้ความเร็วและความเร่ง.....	52
รูปที่ 4.9 แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก(2มิติ)โดยใช้ความเร็วต่าง ๆ แยกตามระดับ ความเร่ง.....	53
รูปที่ 4.10 แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบสามมิติโดยใช้ความเร็วและ ความเร่ง.....	53
รูปที่ 4.11 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละช่วงความเร็ว .....	56
รูปที่ 4.12 อัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub> ในแต่ละช่วงความเร็ว.....	56
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างความเร่งที่ได้จากอุปกรณ์ GPS Logger และ OBD.....	57

รูปที่ 4.14 ตัวอย่างข้อมูลการเคลื่อนที่ได้จากอุปกรณ์ GPS Logger และ OBD.....	58
รูปที่ 4.15 กรอบการวิเคราะห์การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือน กระจก.....	59
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเทียบกับค่า จาก OBD กับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลจากรถทดสอบทุกคัน.....	61
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กับ %ของ ค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม. ....	63
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กับ.....	64
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กับ %ของ ค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว 40-60 กม./ชม. ....	65
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กับ %ของ ค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม. ....	66
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กับ %ของ ค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม. ....	67
รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จาก ข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จาก OBD (รวมรถทดสอบทุกคัน).....	68
รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จาก ข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จาก OBD ในช่วงความเร็ว 0-20 กม./ ชม. ....	69
รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จาก ข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จาก OBD ในช่วงความเร็ว 20-40 กม/ ชม. ....	70
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จาก ข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จาก OBD ในช่วงความเร็ว 40-60 กม./ ชม. ....	71
รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จาก ข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้ในช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม. ....	72

รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จากข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้ในช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม.....73

รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับค่าจาก OBD กับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลจากรถทดสอบทุกคัน .....76

รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว0-20 กม./ชม. ....77

รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว20-40 กม./ชม. ....78

รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว40-60 กม./ชม. ....79

รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว60-80 กม./ชม. ....80

รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม. ....81

รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่วัดได้(รวมรถทดสอบทุกคัน).....82

รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับที่วัดได้จากข้อมูลรถทุกคันในช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม.....83

รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับที่วัดได้จากข้อมูลรถทุกคันในช่วงความเร็ว 20-40 กม./ชม.....84

รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับที่วัดได้จากข้อมูลรถทุกคันในช่วงความเร็ว 40-60 กม./ชม.....85

รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับที่วัดได้จากข้อมูลรถทุกคันในช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม.....86

รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับวัดได้จากข้อมูลรถทุกคันในช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม....87



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากข้อมูลสถิติการบริโภคพลังงานในภาคการขนส่งของกระทรวงพลังงานพบว่าปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แม้ว่าจะมีการนำพลังงานรูปแบบอื่นเข้ามาใช้งานในภาคการขนส่งร่วมด้วยแล้วก็ตาม อาทิเช่น ก๊าซธรรมชาติ(NGV หรือ LPG) หรือพลังงานไฟฟ้า แต่ น้ำมันเชื้อเพลิงก็ยังมีปริมาณการบริโภคที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นั้นสะท้อนว่าน้ำมันเชื้อเพลิงยังคงมีความสำคัญต่อภาคการขนส่งของประเทศไทยอยู่ในปัจจุบัน



#### รูปที่ 1.1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสาขาการขนส่งรายปี (กระทรวงพลังงาน 2017)

ในภาคการขนส่งส่วนใหญ่จะเป็นการนำรถยนต์หรือยานพาหนะมาใช้ประโยชน์ในด้านการเคลื่อนที่ของผู้คนหรือสินค้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเดินทางด้วยเครื่องยนต์ (Motorized Transport) นั่นคือจะมีการนำน้ำมันเชื้อเพลิงไปเป็นส่วนประกอบของกระบวนการเผาไหม้เพื่อสร้างแรงขับเคลื่อนโดยที่

$$\text{ปริมาณการใช้้ำมันเชื้อเพลิง} = \text{ปริมาณการเดินทาง(veh-km)} \times \text{การสิ้นเปลืองพลังงาน} \\ (\text{fuel efficiency}) (\text{liter/km})$$

ซึ่งผลจากกระบวนการเผาไหม้นั้นไม่เพียงแต่สร้างแรงขับให้กับยานพาหนะแต่ยังมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) และสารมลพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมออกมาอีกด้วย

$$\text{ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก} = \text{ปริมาณการเดินทาง(veh-km)} \times \text{การสิ้นเปลืองพลังงาน} \\ (\text{fuel efficiency}) (\text{liter/km})$$

การสิ้นเปลืองพลังงาน (fuel efficiency) ของยานยนต์ที่มากหรือน้อยนั้นมีผลมาจากหลายปัจจัยได้แก่ สภาพเครื่องยนต์ การเลือกใช้ประเภทของเชื้อเพลิง กลศาสตร์ทางลม (aerodynamic) น้ำหนักของรถยนต์ ความต้านทานการหมุนรวมถึงรูปแบบลักษณะการใช้งานยานพาหนะ

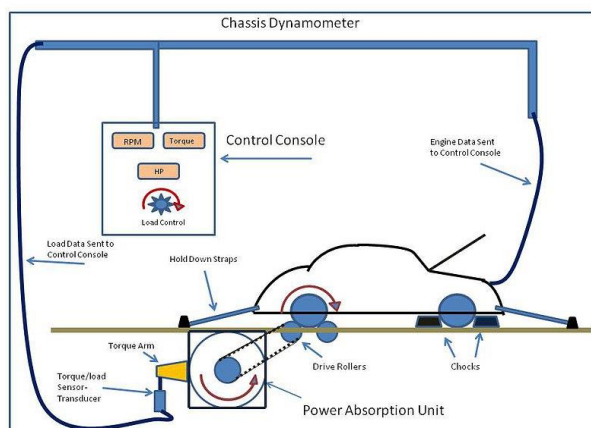
ในส่วนของประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ได้มีความพยายามกำหนดให้ยานยนต์มีประสิทธิภาพการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องยนต์ดีขึ้น เช่น การเลือกปรับใช้ประเภทของเชื้อเพลิง (Euro1-Euro5) ซึ่งมีการกำหนดปรับปรุงน้ำมันเชื้อเพลิงที่ดีขึ้นเป็นลำดับเพื่อลดสารมลภาวะ หรือการเลือกใช้ประเภทน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลที่แตกต่างกันอันได้แก่ เบนซิน 95 91 E20 หรือ E85 เพื่อเป็นตัวเลือกให้ผู้ขับขี่เลือกใช้งานได้ตามความเหมาะสม

ลักษณะการใช้งานยานยนต์เป็นตัวสะท้อนแนวโน้มของประสิทธิภาพการสิ้นเปลืองพลังงาน โดยเกี่ยวข้องกับการขับที่รถยนต์บนสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน เนื่องจากสภาพการจราจรสามารถจะก่อให้เกิดแนวโน้มการลดหรือเร่งความเร็ว และเป็นผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยมลพิษ ด้วยความนิยมในการนำรถยนต์มาใช้ในการเดินทางทำให้มีจำนวนรถยนต์บนท้องถนนมากขึ้น ยิ่งทำให้สภาพจราจรจะเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อลักษณะการสิ้นเปลืองพลังงานโดยที่สภาพการจราจรที่ไม่ดีก็จะมีโอกาสทำให้ประสิทธิภาพการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นว่าการสิ้นเปลืองพลังงานมาจากหลายปัจจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถเป็นสิ่งที่สะท้อนการใช้งานบนสภาพจราจรจริงที่เกิดขึ้น การหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันพอจะสามารถได้ดังนี้

#### 1. การหาการสิ้นเปลืองพลังงานในห้องปฏิบัติการ

- Chassis Dynamometer เป็นเครื่องวัดประสิทธิภาพทั้งหมดของรถยนต์ผ่านภาระการใช้งาน โดยวัดกำลังงานของเครื่องยนต์ที่มีการถ่ายทอดกำลังงานผ่านเกียร์และเพลาขับหรือเฟืองท้าย การทดสอบจะต้องถอดล้อคู่หน้าหรือหลังที่เป็นล้อขับเคลื่อนออก เพื่อทำการสวมอะแดปเตอร์ของ Dyno เข้ากับเพลาการทดสอบด้วย Chassis Dynamometer ดังแสดงลักษณะการทำงานในรูปที่ 1.2 สามารถจำลองโหลดในสถานะต่างๆตามความประสงค์ของผู้ทดสอบได้แต่มีข้อเสียคือใช้เวลาในการทดสอบมาก เพราะเนื่องจากต้องถอดใส่ล้อและการจัดตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์



รูปที่ 1.2 การทำงานของ Chassis Dynamometer

- การขับซึ่รถยนต์ทดสอบตามรูปแบบการขับซึ่มาตรฐาน (driving cycle) ซึ่งเป็นการนำรถยนต์มาทดสอบโดยใช้ตัวอย่างสภาพจราจร ที่จำลองสภาพการวิ่งของรถยนต์ให้ใกล้เคียงกับการวิ่งบนถนน เพื่อให้ปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นมีปริมาณที่ใกล้เคียงจากการใช้งานรถยนต์จริง ขณะทำการขับซึ่ระบบการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์เช่น Bangkok driving cycle

2. Direct measurement การวัดค่าโดยเทคนิคการตรวจวัดโดยตรง ซึ่งก็คือการนำอุปกรณ์ไปติดตั้งแล้วทำการอ่านค่าที่ได้ เช่น การวัดไอเสียจากท่อไอเสียก็นำอุปกรณ์ต่อวัดไอเสียที่ออกจากท่อโดยตรงซึ่งจะสามารถหาค่าเหล่านี้ :

- Tailpipe fuel consumption/GHG measurement
- Non-Dispersive Infrared (NDIR) เพื่อหาค่าCO/CO<sub>2</sub>
- Flame Ionization Detector (FID) เพื่อหาค่า HC
- Chemiluminescence Detector (CLD) เพื่อหาค่า NO<sub>x</sub>

3. Emerging technology – การนำเทคโนโลยีใหม่ๆที่ถูกพัฒนามาใช้เช่น GPS หรือ GNSS (Multi-Global Navigation Satellite System) โดยการใช้ความสามารถในการระบุตำแหน่งมาทำการประยุกต์ใช้ อาทิจานของ (Akçelik, Smit et al. 2012), (Stevanovic, Stevanovic et al. 2013), (Panwai, Haripai et al. 2010)

จากการหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากวิธีต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ในส่วนของการหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องปฏิบัติการเราพบว่าเป็นวิธีการที่สามารถหาได้อย่างแม่นยำเนื่องจากทำในสภาวะปิดซึ่งเราสามารถจำกัดตัวแปรที่อาจมีผลให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อน แต่

วิธีการมีความยุ่งยากและซับซ้อนรวมถึงใช้งบประมาณที่ค่อนข้างสูง ส่วนวิธีการหาการวัดค่าโดยเทคนิคการตรวจวัดโดยตรงแม้ว่าจะเป็นการทดสอบที่สามารถทำได้และยังนำออกมานอกห้องปฏิบัติการได้แค่บางส่วนแต่อุปกรณ์ก็ยังมีขนาดใหญ่รวมถึงมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงทำให้ไม่เหมาะกับการใช้งานบางประเภท

ส่วนวิธีการนำเทคโนโลยีอย่างเช่น Global Positioning System (GPS) หรือ Multi-Global Navigation Satellite System (GNSS) มาใช้งานนั้นเราพบว่าเป็นวิธีที่ง่ายกว่าใช้งบประมาณที่ต่ำกว่า อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย ซึ่งข้อมูลประเภทนี้มักมีการเก็บข้อมูลอยู่แล้วอย่างมากมาย เช่น GPS ที่ติดตั้งบนรถแท็กซี่ที่ใช้งานอยู่ในกรุงเทพมหานคร และส่วนที่สนใจและดูมีความสำคัญที่สุดคือ วิธีการนี้จะสามารถสะท้อนผลบนสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงได้ดีมากกว่าสองวิธีที่มีก่อนหน้าที่กล่าวมาข้างต้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ OBD (on-board diagnosis system)
2. เพื่อศึกษาข้อมูลการจราจรที่ได้จากอุปกรณ์ GPS (Global Positioning System)
3. เพื่อศึกษาวิธีการประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) และปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas)
4. เพื่อเปรียบเทียบผลของการประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากข้อมูลที่อ่านได้จากอุปกรณ์ GPS

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ควบคุมตัวแปรประเภทของยานพาหนะเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล ประเภท Sub-compact car ขนาดความจุเครื่องยนต์ 1.6 ลิตรที่ผลิตในช่วง พ.ศ. 2010 – 2012 โดยเก็บข้อมูลงานวิจัยจากอุปกรณ์ OBD และ GPS
2. มุ่งเน้นศึกษาการคำนวณจากการใช้รถยนต์บนสภาพท้องถนนจราจรที่เกิดขึ้นจริง โดยการนำอุปกรณ์ไปติดตั้งทิ้งไว้ในรถยนต์และเก็บข้อมูลมาทำการวิเคราะห์
3. ศึกษาโดยกำหนดผู้ขับขี่จริงที่เป็นอาสาสมัคร กระจายอยู่ในประเทศไทย (มุ่งเน้นการใช้รถยนต์ในเมืองเป็นหลัก)
4. คำนวณค่าจากอุปกรณ์ GPS โดยอาศัยสมการ Carbon balance ในการหาค่า CO<sub>2</sub>
5. กำหนดข้อมูลเริ่มต้นเป็นผู้ขับขี่ 8 คน เป็นระยะทางการในการขับขี่ประมาณ 200 กม. ต่อคัน

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) รวมถึงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ที่สะท้อนข้อมูลการเล่นในสภาพจราจรของประเทศไทย
2. ทราบความสัมพันธ์ของการสิ้นเปลืองพลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก กับข้อมูลการเคลื่อนที่ ที่ได้จาก GPS
3. เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในการประเมินการการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงระดับเมือง

#### 1.5 ลำดับการนำเสนอวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 กล่าวถึง ที่มาและความสำคัญของปัญหา รวมถึงวัตถุประสงค์ ขอบเขตในการทำวิจัย และประโยชน์ของงานวิจัย ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะทำให้ผู้อ่านเข้าใจถึงภาพรวมของงานวิจัยความสำคัญของงานวิจัยนี้ว่าได้ประโยชน์อย่างไร

บทที่ 2 เป็นการทบทวนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะทำให้ทราบว่าในอดีตมีการทำวิจัยอย่างไร ตลอดจนการนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ได้อย่างไร เทคนิคที่ใช้ในการทดสอบข้อมูล โดยสิ่งเหล่านี้จะเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ การดำเนินการทดสอบ และแนวทางในการตัดสินใจเพื่อเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมในการทำวิจัย

ในบทที่ 3 จะเป็นส่วนที่อธิบายถึงขั้นตอนงานวิจัยรวมถึงวิธีการเก็บข้อมูลภาคสนามด้วยอุปกรณ์ OBD และ GPS และลักษณะข้อมูลดิบที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสอง วิธีการคำนวณหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์ OBD รูปแบบข้อมูลที่ได้จาก GPS รวมทั้งการถอดข้อมูลและเตรียมข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้งาน

บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึงลักษณะข้อมูลและรายละเอียดเบื้องต้นของกลุ่มรถตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ ลักษณะแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Instantaneous และ แบบ Average และนำแบบจำลองที่ได้นี้มาหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูล GPS ซึ่งจะใช้ความถี่ของข้อมูลที่แตกต่างกัน ได้แก่ 5 15 30 และ 60 วินาที และนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบในลักษณะต่างๆเพื่อดูความถูกต้องของการประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

บทที่ 5 เป็นบทที่นำงานวิจัยทั้งหมดมาเรียบเรียง เราได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความถูกต้องระหว่างแบบจำลองแบบที่ใช้ความเร็วเฉลี่ย (Average) และ แบบจำลองแบบที่ใช้ความเร็วและความเร่ง (Instantaneous) ในลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างเทียบกับค่าจาก OBD กับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูล และความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ทำการประมาณได้

(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จากข้อมูล GPS กับค่าที่วัดได้ โดยพบว่าแบบจำลองแบบที่ใช้ความเร็วและความเร่ง (Instantaneous) ให้ค่าความถูกต้องที่ดีกว่าแบบจำลองแบบที่ใช้ความเร็วเฉลี่ย (Average) และความถี่สูงให้ค่าที่ถูกต้องกว่าค่าที่มีความถี่ต่ำ



## บทที่ 2

### การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบันทึกข้อมูลการเคลื่อนที่ และเทคโนโลยีการใช้ระบบพิกัดภูมิสารสนเทศหรือ Global Positioning System (GPS) เพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงหลักการ แนวคิด วิธีการในการศึกษา รวมถึงผลการศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมา โดยในบทนี้จะกล่าวถึง

- วิธีการหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
  - ปัจจัยที่มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
  - แบบจำลองหรือโมเดลการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- โดยจะแบ่งเนื้อหาออกดังนี้
- ความเข้าใจพื้นฐานการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
  - การหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
  - การหาอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
  - ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง

การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก มาจากการใช้ยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ (Motorized Transport) โดยเกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ภายในรถยนต์ ที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลของเครื่องยนต์ โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน ซึ่งการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์นี้จะเรียกว่า เครื่องยนต์สันดาปภายใน (internal combustion engine) ซึ่งการสันดาปของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นกับตัวออกซิไดซ์ (มักเป็นอากาศ) ในห้องเผาไหม้ การขยายตัวของแก๊สอุณหภูมิและความดันสูงเกิดขึ้นจากการสันดาปทำให้เกิดแรงโดยตรงแก่บางส่วนประกอบของเครื่องยนต์ แรงนี้นำไปใช้กับลูกสูบ แรงนี้เคลื่อนส่วนประกอบไประยะหนึ่งโดยการเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานกล ซึ่งผลที่ได้จากการสันดาปหรือเผาไหม้นี้นอกจากจะได้แรงทางกลแล้วยังจะมีการปลดปล่อยไอเสียออกมาอีกด้วย

ในอดีตยังไม่ค่อยมีผู้ให้ความสนใจในเรื่องการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากนัก เรามักวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยวิธีอย่างง่ายโดยวัดจากน้ำมันที่ถูก

ใช้ไปกับระยะทางที่เดินทาง แต่เมื่อมีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการตรวจวัด และก็เริ่มมีการสร้างมาตรฐานเพื่อกำหนดการหาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการสิ้นเปลืองพลังงาน จึงพอจะสรุปการหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดังนี้

- การหาโดยคร่าวๆการคำนวณอย่างง่ายที่นำค่าน้ำมันที่เติมลงไปมาหารด้วยระยะทางที่เดินทางได้
- การหาโดยละเอียดทำได้จากห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องทดสอบในสภาวะปิด
- การตรวจวัดโดยก็ดึงข้อมูลโดยตรงจากECUของเครื่องยนต์โดยอุปกรณ์ OBD (On board diagnostic) ซึ่งมีการพัฒนาในรุ่นล่าสุดคือ OBDII

## 2.1 การหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงนี้มาจากผลของการทำงานของเครื่องยนต์ในการขับเคลื่อนรถยนต์ให้เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง โดยที่ จะมีปัจจัยที่มีผลให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่มากขึ้นหรือน้อยลงอันได้แก่

### 2.1.1 ปัจจัยทางด้านการเดินทาง (Travel-Related Factors)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางไปยังที่ต่างๆตามจุดประสงค์ของผู้เดินทาง รวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพการจราจร และยังรวมถึงความเร็วเฉลี่ยจำนวนครั้งที่จอดรถและเงื่อนไขการขับขี่แบบ cruise-typeหรือfree-flow ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่นการลดความเร็วเฉลี่ยลง 15 เปอร์เซ็นต์ อาจลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลง 20 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอีก 6 เท่าเพื่อให้รถเริ่มออกตัวการหยุดนิ่ง เมื่อเทียบกับการออกตัวของรถที่ไม่หยุดนิ่ง (Baker 1995)

### 2.1.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขับขี่ (Driver-Related Factors)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขับขี่เกี่ยวข้องกับการขับรถเร่ง เบรคหรือเปลี่ยนเกียร์ การเร่งความเร็วอย่างทันทีทันใด (aggressive driving) และเบรคจะมีผลให้เกิดการบริโภคน้ำมันมากกว่าการขับขี่แบบความเร็วคงที่ (cruise-type driving) ตัวอย่างเช่นในเขตเมืองที่การจราจรแออัดการขับขี่ aggressive driving จะทำให้เพิ่มปริมาณการใช้เชื้อเพลิงยานพาหนะมากขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ (Council 1995) หรือแม้แต่ในกรณีที่ใช้ความเร็วเฉลี่ยเท่ากันแต่ใช้เชื้อเพลิงระหว่างคนขับรถทั้งสองก็มีความแตกต่างกันได้ถึงร้อยละ 20 เนื่องจากความแตกต่างในการเปลี่ยนเกียร์อุปกรณ์ควบคุมการจราจร เช่น การกำหนดเวลาสัญญาณไฟต่างๆ ในระหว่างวัน การวางแผนการจราจรให้การจราจรคล่องตัว และ



การเพิ่มความจุถนน อาจส่งผลต่อสภาพการจราจรและพฤติกรรมของผู้ขับขี่ทำให้ลดการขับขี่ที่ aggressive และความแออัดซึ่งจะช่วยลดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้

### 2.1.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพทาง (Highway-Related Factors)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพทางได้แก่ ถนนและความหยาบของถนน ปัจจัยเหล่านี้สามารถนำไปสู่ความหลากหลายในการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง ตัวอย่างเช่น (Communications 1982) สรุปรว่าการขับขี่บนถนนลูกรังทำให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะเพิ่มขึ้น 35 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับถนนที่ราบเรียบและใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะเพิ่มขึ้น 15 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับยางมะตอย นอกจากนี้ต้องใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นเพื่อขับรถขึ้นถนนที่ลาดชันและคดเคี้ยวสูงเมื่อเทียบกับถนนสายตรง

### 2.1.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะ (Vehicle-Related Factors)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะ ได้แก่ ปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องยนต์และการบำรุงรักษา เป็นที่ทราบกันดีว่าการบำรุงรักษายานพาหนะที่ดีที่สุดช่วยลดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ขึ้นกับอายุและการใช้ประโยชน์ของยานพาหนะ นอกจากนี้อุปกรณ์เสริม เช่น เครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์เสริมกำลังและเกียร์อัตโนมัติจะทำให้เพิ่มการใช้เชื้อเพลิงอย่างมาก ยานพาหนะยังใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในบางขณะแม้ช่วงเวลาไม่ได้เดินทาง ตัวอย่างเช่นระยะเวลาของการจอดรถแช่ เวลาสตาร์ทเครื่องยนต์ตอนเครื่องเย็นหรือสตาร์ทเครื่องยนต์ตอนเครื่องร้อนแล้วหรือร้อนได้ที่แล้ว โดยทั่วไปรถจะต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นในระหว่างโหมดสตาร์ทตอนเครื่องยนต์เย็นเพื่ออุ่นเครื่อง รายละเอียดคุณลักษณะอื่นๆ เช่น น้ำหนักและขนาดมีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ยกตัวอย่างเช่นยานพาหนะขนาดเล็กมักสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่ายานพาหนะขนาดใหญ่ นอกจากนี้สภาวะอากาศเช่นอุณหภูมิความชื้นและลมอาจมีผลต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ตัวอย่างเช่นในยุโรปมีการคาดการณ์ว่าการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงในฤดูหนาวจะเลวร้ายยิ่งกว่าฤดูร้อนร้อยละ 15 ถึง 20 (Baker 1995)

## 2.2 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption Models)

มีงานวิจัยหลายชิ้นได้นำเสนอแบบจำลองเพื่อประเมินอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ยานพาหนะ โดยที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ (1) Instantaneous models ซึ่งเป็นแบบจำลองขนาดย่อย โดยการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์กับเวลาบนข้อมูลรูปแบบการขับขี่และความลาดของถนน (2) Modal models ประมาณการส่วนของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องสภาพการทำงานแต่ละครั้งตลอดการเดินทาง (3) Average-speed models  
 คาดการณ์การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงตามความเร็วในการเดินทางโดยเฉลี่ย

### 2.2.1 Instantaneous Fuel Consumption Models

แบบจำลองประเภทนี้คำนวณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะโดยอาศัยการวัด  
 ตัวแปรในทันทีทันใด ตัวอย่างของตัวแปร ได้แก่ ความเร็วของรถยนต์ ระดับความลาดของถนนและ  
 กำลังขับของยานพาหนะแบบจำลองนี้ใช้แนวทางการเปรียบเทียบผลกระทบด้านพลังงานที่เกี่ยวข้อง  
 กับการปรับปรุงระดับการให้บริการการจราจร

โดยทั่วไปส่วนใหญ่ของแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะใช้กำลังยานพาหนะแบบ  
 instantaneous เป็นตัวแปรบนหลักการอนุรักษ์พลังงาน เชื้อเพลิงทั้งหมดที่ถูกใช้เป็นแหล่งพลังงาน  
 โดยเปลี่ยนไปในรูป kinetic energy ของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและต้องเอาชนะพลังงาน  
 ภายในที่เป็นผลมาจากแรงเสียดทานหรือความต้านทาน แบบจำลองนี้พยายามที่จะหาสัดส่วนของ  
 พลังงานที่ใส่เข้าไปทั้งหมดที่ทำให้รถยนต์เพื่ออุดรถยนต์ และกำลังเครื่องช่วงเริ่มต้นที่ต้องการสำหรับ  
 การเร่งยานพาหนะ

- แบบจำลองต้นแบบpower-based ได้รับการพัฒนาโดย (Post, Kent et al. 1984) ซึ่ง  
 คำนวณผลรวมปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จากการขับขึ้นบนถนนภายใน 2  
 เพอร์เซ็นต์ของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จริงที่ใช้ไปจากแต่ละยานพาหนะ  
 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจะแสดงเป็นสมการที่  
 2-1

$$FC = a + bP \quad P > 0 \quad (2-1)$$

$$= a \quad P \leq 0$$

$FC$  = Instantaneous Fuel Consumptionrate (ml/s)

$a$  = Idle Fuel ConsumptionRate (ml/s)

$b$  = An Average Efficiency Factor (ml/s/kw)

$P$  = Instantaneous Total Power (kw)

ค่าสัมประสิทธิ์  $a$  และแตกต่างกันไปสำหรับแต่ละคันตามสภาพเงื่อนไขและสภาพการปรับแต่ง อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ( $a$ ) มีความสัมพันธ์กับความจุของเครื่องยนต์และสามารถแสดงเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของความจุเครื่องยนต์กับการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อกำลังเครื่อง ( $b$ ) เป็นตัววัดประสิทธิภาพที่ยานพาหนะจะผลิตกำลังเครื่องเพิ่มขึ้นแต่ละครั้ง แบบจำลองนี้สามารถประยุกต์ใช้กับสถานการณ์การจราจรใด ๆ ความต้องการกำลังเครื่อง ณ เวลาหนึ่งๆ อยู่ในรูปฟังก์ชันของมวลของรถยนต์ การฉุดลาก ความเร็ว ความเร่ง ความลาดของถนน

- The Australian Road Research Board ได้นำแบบจำลองเริ่มต้นของ (Post, Kent et al. 1984) มาพัฒนาเพื่อให้สามารถประมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในโหมดการขับขี่ที่แตกต่างกันได้โดยขึ้นกับความเร็วของรถและข้อมูลทางเรขาคณิตของถนน (Akcelik 1989) ดังแสดงในสมการที่ 2-2

$$FC = a + b_c P_c + b_a P_a \quad (2-2)$$

$b_c, b_a$  = Efficiency parameters applicable to constant-speed, and acceleration modes of driving;

$P_c$  = Total drag power during constant-speed driving;

$P_a$  = Total inertia drag power

แบบจำลองนี้มีความแตกต่างจากแบบจำลอง power-based ของ (Post, Kent et al. 1984) ที่ว่าแบบจำลองนี้หาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากโหมดการขับขี่ที่แตกต่างโดยที่ประยุกต์ใช้ประสิทธิภาพพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันในบางตัวแปร อันเป็นผลมาจากการใช้ปัจจัยที่มีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยสำหรับโหมดการขับขี่ทั้งหมด

- แบบจำลอง power-based model อีกแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย (An and Ross 1993) เป็นการแสดงถึงการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะในแง่ของลักษณะเฉพาะของยานพาหนะและลักษณะเฉพาะของการเดินทางใด ๆ ดังแสดงในสมการที่ 2-3

$$Fuel = \left[ \alpha_{f.pwr} (1 - t_c - t_D) \left( \frac{v_{gear}}{\bar{v}} \right) + \alpha_{f.idle} \frac{(t_c + t_D)}{\bar{v}} \right] + (\alpha_{nre} + \alpha_{air} \lambda v_r^2 + \alpha_{brake} \beta v_p^2 m + \frac{\alpha_{acc}}{\bar{v}}) \quad (2-3)$$

*Fuel = Fuel consumption per unit distance*

*v = Overall average speed*

*v<sub>r</sub> = Average running speed*

*v<sub>p</sub> = Average peak speed (root-mean-square of subcycle peak speeds)*

*n = Number of stops per mile (or major slowdowns)*

*v<sub>gear</sub> = Average vehicle speed in gear used in neighborhood of v<sub>r</sub>  
times the gear ratio relative to that in top gear*

*λ = Average of cubed running speed divided by the cube of the  
average running speed;*

*θ = Fraction of vehicle kinetic energy absorbed by brakes*

*t<sub>c</sub>, t<sub>D</sub> = Fraction of time braking and stopped, respectively*

*a<sub>f,pwr</sub>, a<sub>f,idle</sub> = Generalized engine friction in powered operation and idle  
operation, respectively*

*a<sub>tire</sub> = Coefficient related to tire rolling resistance*

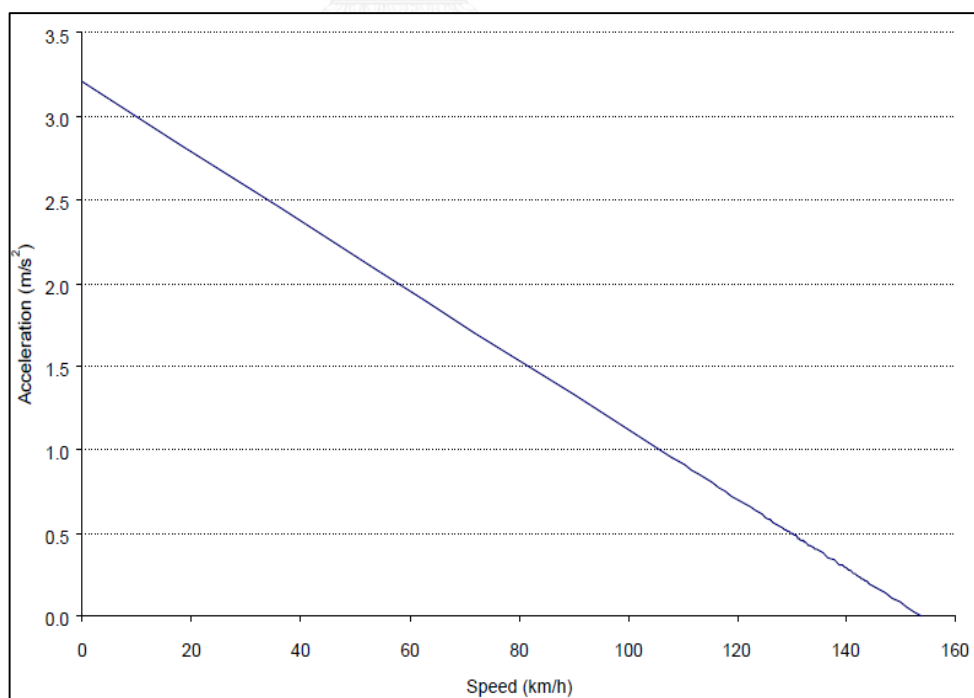
*a<sub>air</sub> = Coefficient related to air resistance*

*a<sub>brake</sub> = Coefficient related to brakes*

*a<sub>acc</sub> = Coefficient related to vehicle accessories.*

- (Rakha, Medina et al. 2000) และ (Rakha, Van Aerde et al. 2000) ได้พัฒนารูปแบบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในระดับ microscopic โดยแบบจำลองอาศัยข้อมูลความเร็วทุกๆนาที่ อัตราการเร่งและการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเก็บข้อมูลโดย Oak Ridge National Laborator (ORNL) จากรถยนต์และรถบรรทุกทุกขนาดเล็กจำนวน 8 คัน รายละเอียดรถยนต์ประกอบไปด้วยยานพาหนะโดยทั่วไปโดยการใช้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและอัตราการปล่อยก๊าซเฉลี่ยสำหรับรถทั้ง 8 คัน ด้วยความเร็วและความเร็วที่หลากหลาย
- ยานพาหนะที่ใช้ในการทดสอบของ ORNL เป็นยานพาหนะที่ใช้ในปี ค.ศ. 1995 ของสหรัฐอเมริกาโดยประเภทเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดของเครื่องยนต์เฉลี่ยสำหรับรถทดสอบคือ 3.3 ลิตรจำนวนกระบอกสูบเฉลี่ย 5.8 และน้ำหนักบรรทุกเฉลี่ย 1497 กิโลกรัม (3300 ปอนด์) ยานพาหนะได้รับการทดสอบบนท้องถนนและในห้องปฏิบัติการ

เพื่อทดสอบในฟังก์ชันของความเร็วและความเร่งและการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คาร์บอนไดออกไซด์และ NOx การทดสอบแต่ละครั้งบันทึกข้อมูล 1,300-1,600 จุดบันทึกทุกๆวินาที ข้อมูลที่เก็บรวบรวมครอบคลุมความเร็วที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0 ถึง 120 กม. / ชม. (110 ฟุต / วินาที) เพิ่มขึ้นทีละ 1.1 กม. / ชม. (1 ฟุต / วินาที) และความเร่งตั้งแต่ -1.5 เมตร / วินาทีถึง 3.7 เมตร / วินาที (-5 ถึง 12 ฟุต / วินาที) เพิ่มขึ้นทีละ 0.3 m / s<sup>2</sup> (1 ฟุต / วินาที) ข้อมูล ORNL ไม่ได้รวมถึง high emitter vehicles และยานพาหนะที่ผ่านการทดสอบแล้วภายใต้สภาวะความร้อนที่เสถียร ข้อสังเกตคือข้อมูลดิบที่เก็บโดย ORNL แสดงลักษณะเฉพาะของประสิทธิภาพการทำงานของยานพาหนะ ยกตัวอย่างเช่น รถยนต์ที่มีอัตราส่วนระหว่างกำลังกับน้ำหนักที่มีค่าสูงจะสามารถเร่งบนความเร็วสูงได้ดีกว่ารถที่มีอัตราส่วนระหว่างกำลังกับน้ำหนักที่มีค่าต่ำ (Ahn, Rakha et al. 2002) สมรรถนะการเร่งความเร็วโดยธรรมชาตินี้ถูกนำมารวมไว้ในแบบจำลองแบบ microscopic models และแสดงในรูปที่ 2.1 สำหรับความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความเร็วและความเร่ง แสดงให้เห็นว่าการเร่งด้วยความเร็วที่แน่นอนจะไม่เกินขอบเขตที่จำกัดด้วยการเคลื่อนที่ด้วยพลังงานจลเชิงกายภาพ



รูปที่ 2.1 Speed and Acceleration Envelop for a Composite Vehicle

(Ahn, Rakha et al. 2002)

สมการ 2-4 แสดงสมการแบบจำลอง ที่สร้างในรูปแบบ log-transformed มาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองเพื่อป้องกันไม่ให้ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงติดลบ

$$\log(\text{Fuel}) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 (k_{i,j} * s^i * a^j) \quad (2-4)$$

*Fuel* = Fuel consumption (l/s)

*k* = Model regression coefficients

*s* = Vehicle instantaneous speed (m/s)

*a* = Vehicle instantaneous acceleration (m/s<sup>2</sup>)

*i* = Power to speed (i.e.  $s, s^2, s^3$ )

*j* = Power to acceleration (i.e.  $a, a^2, a^3$ )

แบบจำลองนี้ประเมินการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงใกล้เคียงภายใน 2.5 เปอร์เซ็นต์จากค่าจริง

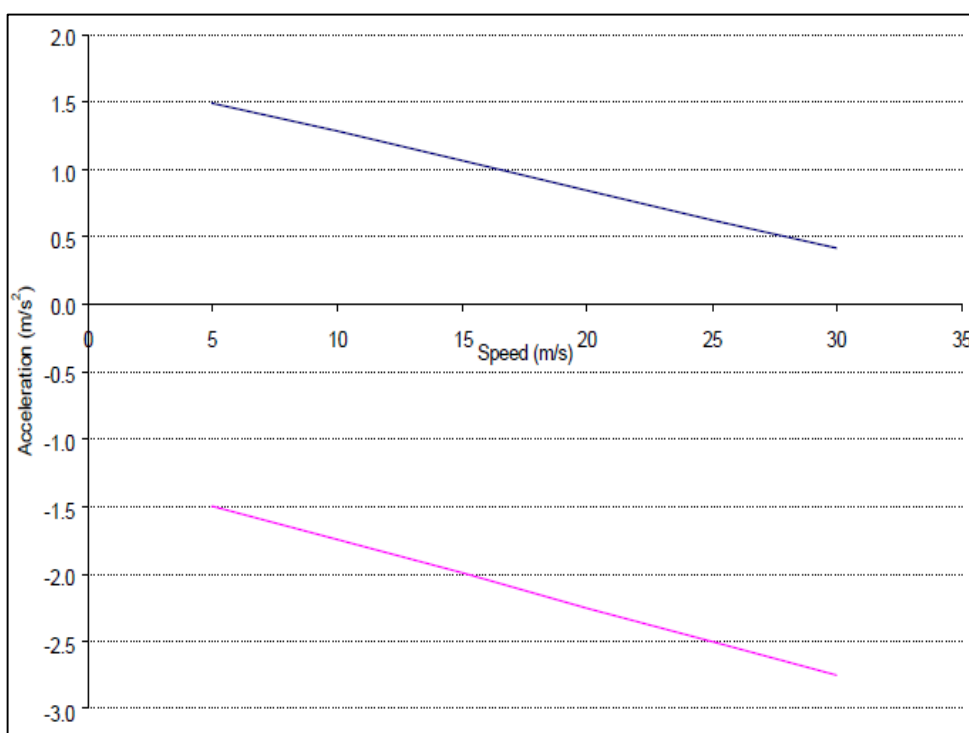
### 2.2.2 Drive Modal Fuel Consumption Models

Drive modal fuel consumption models จะความคล้ายคลึงกับ instantaneous models โดยเฉพาะแบบจำลองนี้ใช้กับการประเมินผลกระทบด้านพลังงานที่เกี่ยวข้องกับโครงการปรับปรุงการจราจรในระดับการให้บริการ

Drive modal fuel consumption models พยายามจะจับสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการใช้เชื้อเพลิงที่เป็นผลจากกับสภาพการใช้งานยานพาหนะที่แตกต่างกันในการเดินทาง แบบจำลองขึ้นอยู่กับสมมติฐานของโหมดการขับขี่ยานพาหนะแต่ละแบบเช่น การแซ่ความเร็ว การแซ่ความหน่วง และ ช่วง Idling จะไม่มีความสัมพันธ์กันและปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทางเท่ากับผลรวมของเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับโหมดการขับขี่แต่ละแบบ ซึ่งไม่เหมือน instantaneous models แต่ Drive modal fuel consumption models จำเป็นต้องมีตัวแปรอธิบายจำนวนมากรวมทั้งความเร็วช่วง cruise ของยานพาหนะ (หรือความเร็วเริ่มต้นหรือความเร็วปลายของแต่ละโหมดการขับขี่) จำนวนการหยุดรถ (การหยุดแบบสมบูรณ์, ประสิทธิภาพการหยุด, การหยุดครั้งแรก, ภายหลังการหยุด) เวลาการหยุดและ/หรือความล่าช้าทั้งหมดตามการเดินทาง

ข้อได้เปรียบของแบบจำลองคือมีความเรียบง่ายและเป็นทั่วไปและมีแนวคิดที่ชัดเจนรวมถึงความสัมพันธ์โดยตรงกับการหาเทคนิคการสร้างแบบจำลองการจราจร (Richardson and Akcelik 1981) อย่างไรก็ตามเนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ "ค่าเฉลี่ย" ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับ "ค่าเฉลี่ยความแปรปรวน" ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะการทำงานของโหมดที่แตกต่างกันหรือความแตกต่างใด ๆ ที่เกิดขึ้นจากสภาพการเดินทางที่แตกต่างจาก "สภาพการเดินทางโดยเฉลี่ย"

ความพยายามที่จะเอาชนะข้อจำกัดโดย (Baker 1995) ซึ่งใช้การเร่งความเร็ว / การลดความเร็ว ความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันในการจับความแตกต่างในพฤติกรรมของคนขับดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 Acceleration Rates vs. Speed (Baker 1995)

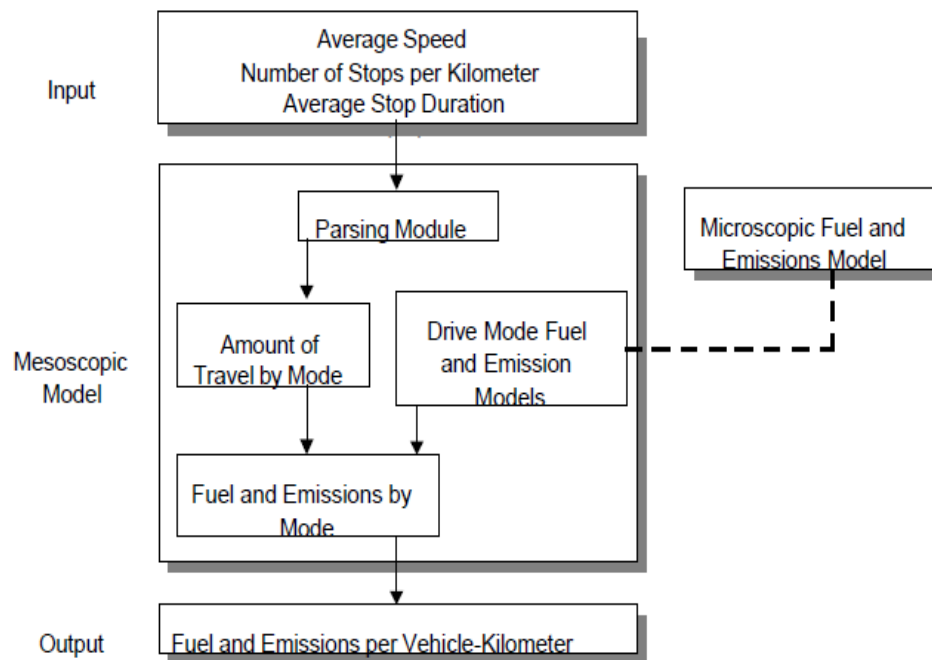
แบบจำลองพื้นฐานได้มาจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดย TravTek ใน Orlando รัฐ Florida แบบจำลองพัฒนาขึ้นนี้ทำนายอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในรูปของความเร็วในช่วง idle cruise หยุดและออกตัว ของโหมดของการขับขี่ การใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว / การลดความเร็ว รูปแบบของความเร็วแบบ microscopic หลายรูปแบบสำหรับรถได้มากขึ้นและใช้เพื่อคำนวณเวลาที่ใช้ในแต่ละโหมด (ช่วงโหมดcruise, ช่วงโหมดลดความเร็ว, และช่วงโหมดการเร่งความเร็ว) น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปตลอดการเดินทางจะแบ่งเป็นส่วนของการเร่งความเร็วและการลดความเร็วของรูปแบบความเร็วโดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้:

- (1) ในระหว่างการเดินทางด้วยความเร็วคงที่คำนวณเฉพาะช่วงcruiseเท่านั้น
- (2) ในช่วงการลดความเร็วจะคำนวณการใช้เชื้อเพลิงเฉพาะช่วงidle เท่านั้น
- (3) ในช่วงการเร่งความเร็ว (1) การใช้ใช้น้ำมันในช่วง cruise ที่ความเร็วเฉลี่ยใดๆและปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มเติมที่ใช้ในขณะที่วงจรถูกหยุด/การออกตัวแบบสมบูรณ์ (ลดลงจากความเร็วปลายเป็นความเร็วต้น จากนั้นให้เร่งความเร็วจากความเร็วต้นถึงความเร็วปลาย (2) เวลาในการลดความเร็วที่สอดคล้องกันระหว่างความเร็วปลายกับความเร็วต้น ในช่วงการลดความเร็วจะคำนวณขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างการเร่งความเร็ว/การลดความเร็ว (3) เวลาเป็นตัวคูณโดยที่อัตราช่วงที่ cruise ที่ความเร็วเฉลี่ย , ช่วงidleอัตราติดลบ เพื่อสร้างปริมาณสุทธิของเชื้อเพลิง จากผลรวมของปริมาณเชื้อเพลิงทั้ง3นี้มาจากช่วงการเร่งความเร็ว

แบบจำลองนี้ได้รับการสุ่มจากข้อจำกัดทั่วไปของ modal models ในกรณีที่เหมาะสมคิดว่าคนขับสองคนขับรถด้วยความเร็วเท่ากันจะมีลักษณะการเร่งความเร็วและการชะลอตัวเช่นเดียวกันและไม่สามารถแสดงความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากสภาพการเดินทางที่แตกต่างกันได้

(Dion, Van Aerde et al. 2000) ได้พัฒนาแบบจำลอง mesoscopic เพื่อประเมินการใช้เชื้อเพลิงโดยเฉลี่ยของรถยนต์โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยจำนวนรถยนต์เฉลี่ยต่อหน่วยและระยะเวลาหยุดเฉลี่ยสำหรับรถเบนซิน8คันภายใต้สภาวะความร้อนสูง รูปแบบการประมาณอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่แยกจากกันในแต่ละช่วงของการทำงานของยานพาหนะ (ช่วงลดความเร็ว, ช่วงเพิ่มความเร็ว, ช่วง idling และ ช่วงcruising) โดยใช้ความสัมพันธ์ที่ได้จากแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแบบ microscopic (Rakha, Van Aerde et al. 2000, Ahn, Rakha et al. 2002) ดังแสดงในรูปที่ 2.3

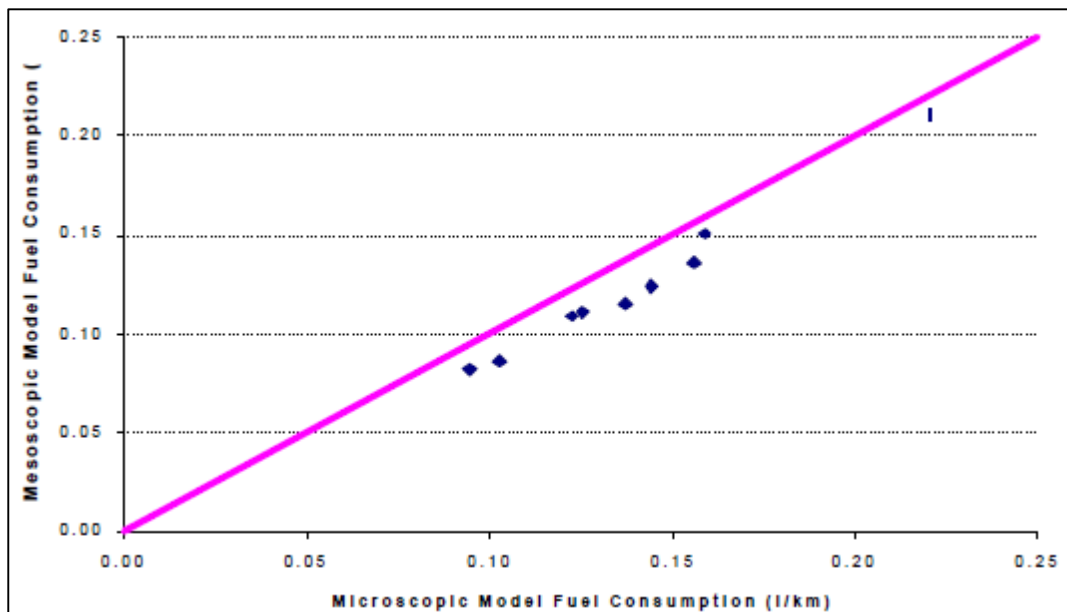




รูปที่ 2.3 Flow of Information within Mesoscopic Fuel Consumption and Emission Model (Dion, Van Aerde et al. 2000)

1) แบบจำลอง(Parsing Module) สร้างจากวัฏจักรรูปแบบการขับขี่จากข้อบ่งชี้ของยานพาหนะบนพื้นฐานค่าความเร็วเฉลี่ย,จำนวนคันเฉลี่ยที่หยุดรถต่อระยะทางและระยะเวลาหยุดพักเฉลี่ย 2) การหาจำนวนการเดินทางโดยรูปแบบการเดินทาง จะคำนวณสัดส่วนเวลาส่วนใหญ่อยานพาหนะใช้ใน ช่วง cruising, ช่วงลดความเร็ว, ช่วงเร่งความเร็ว, ช่วงหยุด) จากนั้นการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จากแต่ละโหมดการทำงานจะคำนวณโดยการคูณเวลาที่สอดคล้องกันกับการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและอัตราการการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (มลพิษ)ต่อหน่วยเวลาที่ได้จากแบบจำลองแบบ microscopic สำหรับแต่ละโหมด ผลลัพธ์ที่ได้คือปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สิ้นเปลืองและมลพิษที่ปล่อยออกมาสำหรับแต่ละโหมดในวงจรโดยทั่วไปจะรวมอยู่ในข้อสมมติฐานแล้วคำนวณอัตราเฉลี่ยต่อกิโลเมตร

การใช้แบบจำลองก็ครอบคลุมการขับขี่ของเมืองและทางหลวงของ United States Environmental Protection Agency (US EPA) บ่งบอกถึงความสามารถในการคาดการณ์อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่สอดคล้องกับอัตราที่คาดการณ์ไว้ในรูปแบบ microscopic รวมถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของ US EPA ดังแสดงไว้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Mesoscopic and Microscopic Fuel Consumption for EPA Urban Drive Cycle (Dion, Van Aerde et al. 2000)

### 2.2.3 Fuel Consumption Models Based on Average Speed

แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงความเร็วเฉลี่ยหมายถึงการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นเวลาเดินทางหรืออัตราการเดินทางโดยเฉลี่ย (Evans and Herman 1978) ตามที่แสดงในสมการที่ 2-5 แบบจำลองนี้เหมาะสำหรับการประมาณปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมดในระบบการจราจรในเมืองใหญ่และเพื่อประเมินผลกระทบของแผนการจัดการขนส่งที่อาจส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยและระดับความต้องการเดินทาง

$$Fuel = k_1 + k_2 \bar{t} = k_1 + \frac{k_2}{\bar{v}} \quad (2-5)$$

$Fuel$  = Fuel consumption per unit distance;

$\bar{t}$  = Average trip time per unit distance;

$\bar{v}$  = Average trip speed

$k_1$   $k_2$  = Constants

แบบจำลองความเร็วเฉลี่ยสามารถใช้งานได้เมื่อความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10 ถึง 50 กม. / ชม. อย่างไรก็ตามโมเดลมีข้อจำกัดที่ความเร็วต่ำมาก ๆ และความเร็วสูงซึ่งอากาศพลศาสตร์กลายเป็นปัจจัยสำคัญและทำให้การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงไม่สามารถอธิบายได้โดยความเร็วเฉลี่ย

(Lam 1985) ได้พัฒนาแบบจำลองทางสถิติแบบขั้นที่สองสำหรับการประเมินการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงยานยนต์โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ แบบจำลองได้รับการพัฒนาโดยใช้ความเร็วสูงและรอบการขับขี่สม่ำเสมอโดย Lam เสนอสองแบบ แบบแรกของแบบจำลองเหล่านี้เกี่ยวข้องกับ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะไปจนถึงความเร็วในการเดินทางโดยเฉลี่ยขนาด เครื่องยนต์และมวลรถยนต์สำหรับการขับขี่ในเมืองตามที่แสดงไว้ในสมการ 2-6 แบบที่สองคำนวณ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ตัวแปรอธิบายเดียวกันยกเว้นว่าแบบจำลองนี้ใช้ได้สำหรับสภาพ การขับขี่ในชนบทตามที่แสดงในสมการที่ 2-7

$$Fuel = w(cE^d)(1 + \frac{u}{v}) + wL \quad (2-6)$$

$$Fuel = w(cE^d) + Bv^2 + wL \quad (2-7)$$

*Fuel* = Fuel consumption per unit distance

*E* = Engine displacement in cubic centimeters

*v* = Average speed

*L* = Payload

*w, c, d, B* = Constants

## 2.3 แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

แบบจำลองการปลดปล่อยปล่อยมลพิษ(ก๊าซเรือนกระจก) Fuel-Based Emission Models ได้รับการพัฒนาโดย (Singer and Harley 1996) ในวิธีการนี้ แสดงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นกรัมของการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>ต่อแกลลอนของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยการใส่สมมูลคาร์บอนสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยสารมลพิษหรือ "p" โดยใช้สมการที่ 2-8

$$E_p = \left( \frac{[p]}{[CO_2] + [CO] + [HC]} \right) * \frac{w_c \rho_f M_p}{12} \quad (2-8)$$

$E_p$  = Emission rate of pollutant  $p$  in unit of grams per gallon of fuel consumed

$[p]$  = Exhaust concentration of pollutant  $p$

$W_C$  = Carbon weight fraction of the fuel

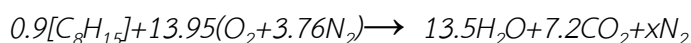
$\rho_f$  = Fuel density

$M_p$  = Molecular weight of  $p$

แบบจำลองนี้ รูปแบบการขับซึ่งรถยนต์จะวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้มากกว่าระยะทางที่เดินทาง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยสำหรับแต่ละกลุ่มของยานพาหนะจะคำนวณส่วนของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ยานพาหนะใช้ไปแต่ละกลุ่มเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม ข้อได้เปรียบที่สำคัญของวิธีนี้ คือ ปัจจัยการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะแปรผันน้อยกว่าปัจจัยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามการเดินทางเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบ ผู้เขียนแนะนำให้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเช่นจากการตรวจวัดระยะไกลและข้อมูลการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้รับจากบันทึกภาษีของรัฐ อย่างไรก็ตามข้อมูลเหล่านี้ยากที่จะหาได้และต้องใช้เทคโนโลยีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีราคาแพงมาก

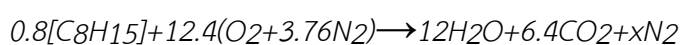
การคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากOBD ในงานวิจัยนี้จะยึดทฤษฎีการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ซึ่งหมายความว่าจะมีการปลดปล่อยเฉพาะ  $CO_2$  เท่านั้นเนื่องจากอุปกรณ์ที่นำมาใช้เพื่อเก็บข้อมูลไม่มีอุปกรณ์ตรวจวัดที่จะเก็บค่าแยก อาทิ  $CO_2$ ,  $NO_x$  หรือ HC ดังแสดงในสมการ (2-9)กับ(2-11)

น้ำมันเชื้อเพลิง E10



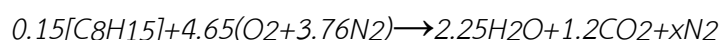
$$CO_2 = \left( \frac{MAF \times 3600}{VSS} \right) \times \left( \frac{1}{32 + 3.76(28)} \right) \times \left( \frac{7.2}{13.95} \right) \times 44 \quad (2-9)$$

น้ำมันเชื้อเพลิง E20



$$CO_2 = \left( \frac{MAF \times 3600}{VSS} \right) \times \left( \frac{1}{32 + 3.76(28)} \right) \times \left( \frac{6.4}{12.4} \right) \times 44 \quad (2-10)$$

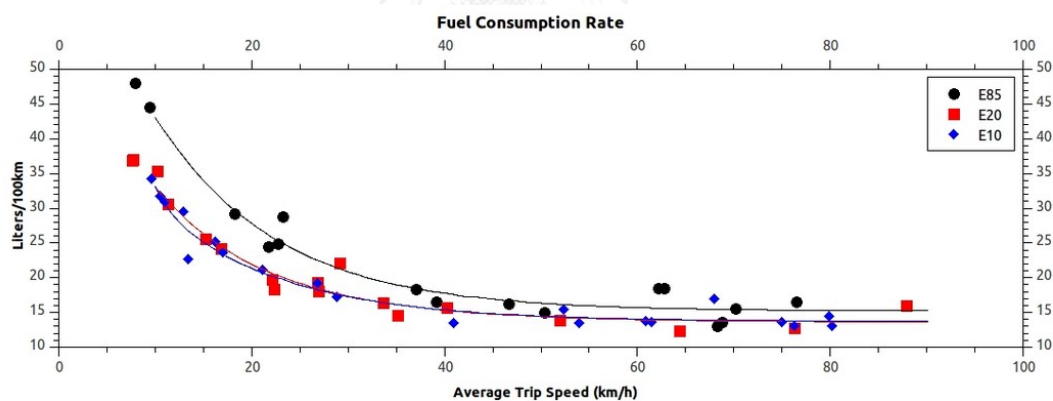
### น้ำมันเชื้อเพลิง E85



$$CO_2 = \left( \frac{MAF \times 3600}{VSS} \right) \times \left( \frac{1}{32 + 3.76(28)} \right) \times \left( \frac{1.2}{4.65} \right) \times 44 \quad (2-11)$$

## 2.4 ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ(Tanmee, Laohalidanond et al. 2012)ศึกษาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงผสมเบนซิน - เอทานอลในสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงในกรุงเทพฯ ซึ่งงานวิจัยนี้เก็บข้อมูลการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงหลายประเภทโดยเลือกใช้ถนนพหลโยธินเป็นเส้นทางการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และมีการแบ่งสภาพการจราจรจากพื้นที่เมืองออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่ กลางเมือง , ภายในเมือง , ชานเมือง และทางหลวง เพื่อให้ครอบคลุมการขับขี่ในทุกสภาพแวดล้อม งานวิจัยได้ใช้วิธีการนำอุปกรณ์ที่สามารถดึงข้อมูลโดยตรงจากกล่องECUหรือกล่องควบคุมการทำงานของรถยนต์ และนำข้อมูลที่ได้นำมาสร้างกราฟการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับความเร็วเฉลี่ยรวมถึงค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างกราฟอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงประเภทต่างๆกับค่าความเร็วเฉลี่ย (Tanmee, Laohalidanond et al. 2012)

ข้อสรุปในการศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ทราบการประหยัดพลังงานและการประหยัดค่าใช้จ่ายในถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานครหากมีการใช้น้ำมันเบนซินเอทานอลประเภทต่างๆคือ E10 E20 และ E85 การทดสอบ ได้แก่ ความแออัดและสภาพเส้นทางที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่าอัตราการใช้น้ำมัน

เชื้อเพลิง การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานและต้นทุนการผลิต มีผลต่อความแออัดและสภาพเส้นทางที่แตกต่างกันสรุปได้ดังนี้

- อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของ E10 ต่ำกว่า E20 และ E85
- การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของ E10 สูงกว่า E20 และ E85
- ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ E10 สูงกว่า E20 และ E85
- การประหยัดค่าใช้จ่ายของ E10 สูงกว่า E20 และ E85

จะเห็นว่าการดึงข้อมูลออกจากกล่องECUหรือกล่องควบคุมการทำงานของรถยนต์โดยตรงสามารถได้ ข้อมูลมีความแม่นยำและเชื่อถือได้เหมาะที่จะนำมาใช้ในการทดสอบวิจัย

ในส่วนของความพยายามในการพัฒนาการสร้างความจำลองการเปลี่ยนแปลงน้ำมันเชื้อเพลิงมีงานที่น่าสนใจของ (Ahn, Rakha et al. 2002) การประมาณการเปลี่ยนแปลงน้ำมันเชื้อเพลิงบนพื้นฐานของความเร็วแบบทันทีทันใด (Instantaneous Speed) และระดับความเร่ง (Acceleration Levels) งานวิจัยนี้ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ตัวแปรความเร็ว และความเร่งเป็นสิ่งสำคัญเพื่อประมาณการเปลี่ยนแปลงน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้ข้อมูลจาก Oak Ridge National Laboratory (ORNL) การทดสอบได้ยึดถือรถยนต์ที่มีสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ที่ร้อนคงที่แล้ว โดยสิ่งสำคัญคือสามารถนำมาใช้ควบคุมไปกับการวัดความเร็วของระบบ GPS ได้

ปัจจัยที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นอยู่กับลักษณะของการจราจร, ยานพาหนะและโครงสร้างถนนซึ่งพบว่าจะส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะ (Ahn, Rakha et al. 2002) ; (Pandian, Gokhale et al. 2009) ; (Guo, Yang et al. 2015) ตัวแปรต่างๆเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็น 6 ประเภทหลัก คือ travel-related (เช่นการเคลื่อนที่) weather-related (เช่นผลกระทบลม, ความดันบรรยากาศ, ความชื้นในอากาศ, หิมะหรือน้ำบนถนน) vehicle-related (เช่นความเร็ว, ความเร่ง, ความต้องการพลังงานและกลไกการเคลื่อนที่) roadway-related (เช่นพื้นผิวที่ขรุขระและเกรดถนน) traffic-related (เช่นความแออัดและสี่แยก) และ driver-related factors (เช่นความเสี่ยงและการขับรถที่ก้าวร้าว) โดยทั่วไปแล้วการเลือกปัจจัยเหล่านี้มาทำการประเมินการเปลี่ยนแปลงน้ำมันเชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มักจะขึ้นอยู่กับบริบทของการศึกษาความสะอาดในการวัดและความสะอาดในการคำนวณ

## บทที่ 3

### วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้อุปกรณ์สำคัญสองชิ้นได้แก่ อุปกรณ์ On board diagnostic system (OBDII) ซึ่งจะเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์จากกล่อง ECU และ อุปกรณ์ Global Positioning System หรือ GPS ในการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถยนต์โดยจะติดตั้งอุปกรณ์ทั้งสองชนิดพร้อมกันในรถยนต์คันเดียวกัน

กลุ่มรถยนต์ตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลนี้จะมาจากจังหวัดที่มีขนาดและความหนาแน่นของประชากรที่อยู่อาศัยแตกต่างกัน นั่นคือทำให้ข้อมูลที่เกิดขึ้นมีความหลากหลายของสภาพการจราจรมากขึ้น โดยเก็บข้อมูลจากจังหวัดต่อไปนี้ กรุงเทพมหานคร ขอนแก่น นครราชสีมา และ พะเยา ซึ่งกำหนดระยะเวลาในการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งวันนั้นจะอยู่ที่ประมาณ 2-3 สัปดาห์ จึงรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์

จากทฤษฎีเราทราบว่าอุปกรณ์ OBDII มีความแม่นยำและสามารถนำมาหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดังนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ OBDII มาสร้างแบบจำลองหรือโมเดลการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยจะนำแบบจำลองหรือโมเดลที่ได้ดังกล่าวนี้มาศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS เพื่อหาคำตอบของสมมติฐานต่อไป

### 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

ภาพรวมของงานแสดงเป็นขั้นตอนการวิจัยในรูปที่ 3.1 แบ่งการศึกษาข้อมูลเป็นส่วนหลักๆ ดังนี้

ส่วนแรกนี้จะศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆ โดยค้นหาทฤษฎี หลักการ รูปแบบการคำนวณที่จำเป็นต้องทราบและทำความเข้าใจมาศึกษา จากงานวิจัยที่ใกล้เคียงหรือมีความเกี่ยวข้อง

ส่วนถัดมาเป็นการวางแผนการทำงานและการรวบรวมข้อมูล ส่วนนี้จะเน้นในการวางแผนเพื่อเตรียมการลงพื้นที่เก็บข้อมูล ซึ่งส่วนนี้จะรวมไปถึงการกำหนดขอบเขตในการเก็บข้อมูลและรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องของกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนที่สามนี้กล่าวถึงการตรวจสอบลักษณะข้อมูลที่ได้โดยทั่วไปเป็นอย่างไร อาทิ ปริมาณ คุณภาพ เป็นต้น รวมถึงปัญหาของข้อมูลที่จะนำมาใช้งาน ฯลฯ

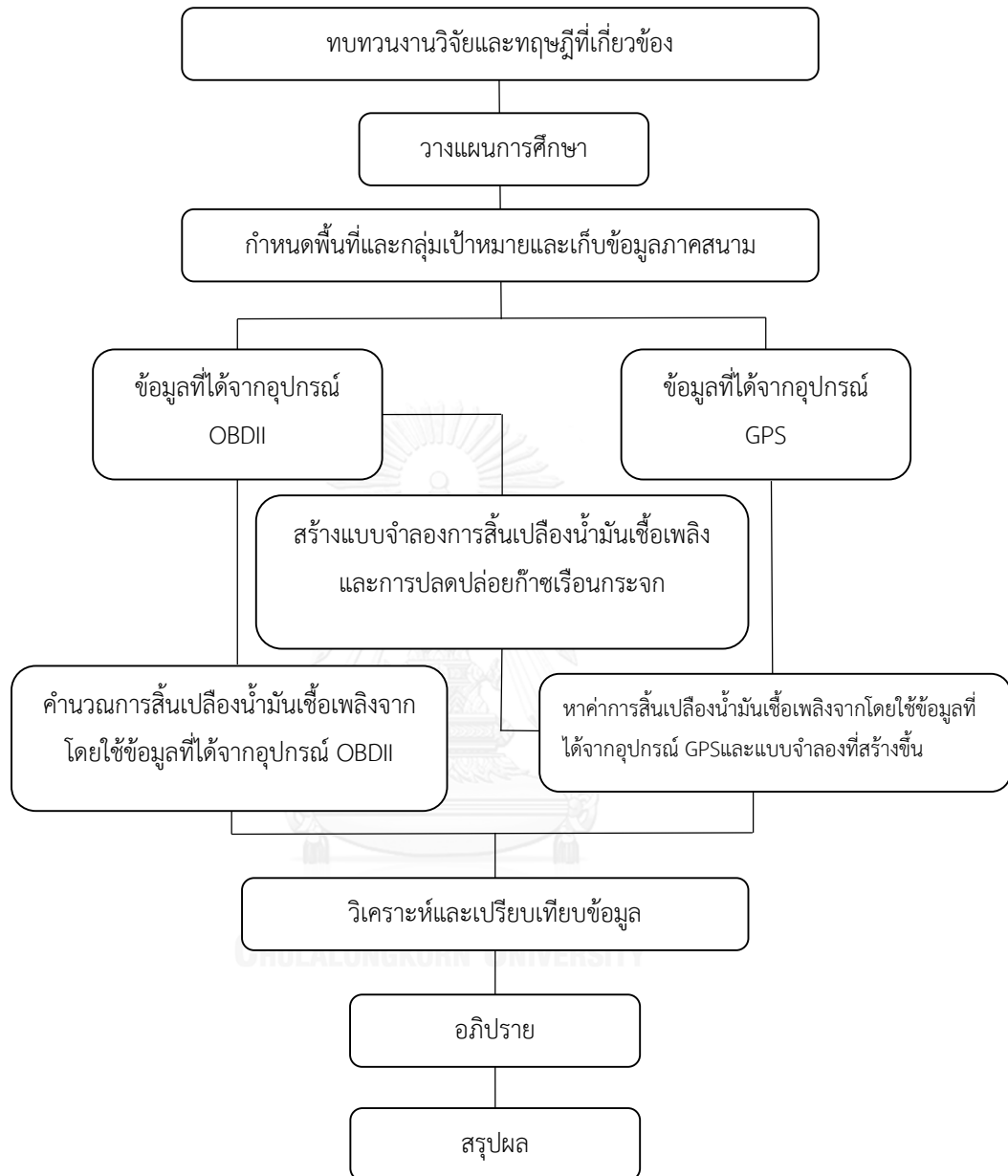
ส่วนที่สี่จะเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูล วิธีการคำนวณเพื่อหาการเปลี่ยนแปลง น้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก การสร้างแบบจำลอง การหาความสัมพันธ์

ส่วนที่ห้ากล่าวถึงการอภิปรายคือการนำสิ่งที่ได้ทำในส่วนก่อนหน้านี้อามาวิเคราะห์ข้อมูลทาง สถิติ เชื้อโงงและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น

ส่วนสุดท้ายคือสรุปผลการนำสิ่งที่ได้มาทั้งหมดมาหาข้อสรุปจากสมมติฐานข้างต้นของเราที่ได้ ตั้งต้นไว้ว่าเป็นอย่างไร ข้อเสนอแนะสิ่งที่ควรปรับปรุงและสิ่งที่เราได้เรียนรู้เพิ่มเติม







รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### 3.2 การวางแผนการศึกษาและรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

ในงานวิจัยนี้มุ่งหวังในการประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption) รวมถึงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) บนสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงของรถยนต์ซึ่งถูกใช้งานในประเทศไทย จากอุปกรณ์ OBD และอุปกรณ์ GPS

ซึ่งจากข้อมูลที่ได้จาก OBD นั้นสามารถนำมาคำนวณหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยข้อมูลที่ได้จะมีตัวแปรหลายอย่างโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความเร็ว, ความเร่ง, ระยะทาง, เวลาฯ ซึ่งพบว่าตัวแปรเหล่านี้ที่ได้จาก OBD ก็สามารถบันทึกได้จาก อุปกรณ์ GNSS หรือ GPS เช่นกัน

ดังนั้นจากสมมติฐานเราน่าจะสามารถหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงรวมถึงการปลดปล่อย ก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลของ GPS ได้ อีกทั้งข้อมูลที่เก็บจากอุปกรณ์ GPS เป็นข้อมูลที่สามารถเก็บ ได้ได้อย่างง่ายดายและมีการเก็บข้อมูลอยู่อย่างหลากหลายแหล่งข้อมูล อาทิ ระบบนำทางของรถยนต์, ระบบนำทางในโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือแม้กระทั่งจากหน่วยงานรัฐหรือเอกชนซึ่งเก็บข้อมูลอยู่แล้วเป็นประจำ

ขั้นตอนเริ่มต้นจากที่ได้ข้อมูล OBD มาเรียบร้อยแล้ว จะถูกมาคำนวณหาสิ้นเปลืองน้ำมัน เชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนั้นจะนำไปสร้างแบบจำลองหรือโมเดลการ สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงรวมถึงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากนั้นจะถูกนำไปใช้กับข้อมูลที่เก็บจากอุปกรณ์ GPS โดยประกอบกับแบบจำลองที่ได้สร้างไว้ แล้ว และนำไปทำการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความเกี่ยวเนื่องต่อไป

#### ข้อมูล

- ข้อมูลจะมาจากอุปกรณ์สองชนิดได้แก่ ข้อมูลจากอุปกรณ์ OBD ซึ่งส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องยนต์ และข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS เป็นข้อมูลของการ ระบุตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของรถยนต์โดยรายละเอียดของข้อมูลจะบรรยายหัวข้อ ถัดไป
- ในส่วนขอบเขตของข้อมูลนั้น ในเบื้องต้นเนื่องด้วยเป็นงานวิจัยร่วมกับสำนักงาน คณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติซึ่งเป็นผู้สนับสนุน อุปกรณ์และทุนงานวิจัย จึงได้ขอกำหนดขอบเขตกลุ่มตัวอย่างตัวรถยนต์ที่มีความ แตกต่างกันของสภาพการจราจร 4 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร ขอนแก่น นครราชสีมา และ พะเยาจังหวัดละประมาณ 15 คัน เป็นยี่ห้อ โตโยต้า และฮอนด้า ประเภทกลุ่ม รถยนต์ Sedan SUV และ Compact Car

ซึ่งหลังจากเก็บข้อมูลครบทุกคันเรียบร้อยแล้วจะมีการพิจารณาจากข้อมูลอีกครั้งว่าจะใช้ข้อมูลมากน้อยหรือเพียงพอแค่ไหนอย่างไร ในหัวข้อที่ 3.5 ต่อไป

จากการรวบรวมทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องพบว่า การเปลี่ยนแปลงน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ดังนั้นการวิจัยนี้จะกำหนดขอบเขตของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

### ตารางที่ 3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

	ตัวแปร	เงื่อนไขของตัวแปร
ปัจจัยด้านการเดินทาง - สภาพการจราจร - สภาพการขับขี่ - Cruise - Acceleration - Deceleration	- ความเร็ว - ความเร่ง	- สะท้อนการขับที่จริง - ต้องการข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อเป็นตัวแทนของสภาพการจราจรต่าง ๆ เช่น มีข้อมูลทุกช่วงความเร็ว
ปัจจัยด้านการขับขี่	ผู้ขับขี่ - Aggressiveness	- กำหนดผู้ขับขี่แบบจำกัด(ควบคุม) - ตรวจสอบว่าเป็น normal driver ที่ไม่โหมเอียง (aggressive driver)
ปัจจัยด้านทาง	- สภาพทาง - ความชัน	- ไม่สามารถควบคุม เพราะเป็นการทดสอบ open road - รวบรวมข้อมูลที่มีลักษณะสภาพทาง/ความชันหลากหลาย เพื่อให้มีตัวแทนของสภาพทางต่างๆ
ปัจจัยด้านยานพาหนะ	- ประเภทรถ - รุ่น/ปี - การบำรุงรักษา - ประเภทน้ำมัน	- ตัวแปรควบคุม - เลือกรถ/รุ่น/การบำรุงรักษาใกล้เคียงกัน - เลือเบนซิน 91 E10
ปัจจัยอื่นๆ	สภาพอากาศ - อุณหภูมิ - ความชื้น	- ไม่สามารถควบคุม เพราะเป็นการทดลอง Road test - รวบรวมข้อมูลให้มีสภาพอากาศที่หลากหลาย

ดังนั้นจึงเลือกกำหนดตัวแปรควบคุม ได้แก่

- ยานพาหนะ
  - รุ่น Toyota vios ปี 2010 – 2012
  - สภาพใกล้เคียงกัน
  - น้ำมันเชื้อเพลิงเบนซิน 91 E10
- ผู้ขับขี่
  - อาสาสมัคร
  - ตรวจสอบว่าเป็น normal driver (ไม่ใช่ aggressive driver)

ตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ (ต้องการความหลากหลาย)

- ด้านการเดินทาง
  - เส้นทาง
- ด้านทาง
  - สภาพทาง
  - ความชัน
- สภาพอากาศ
  - อุณหภูมิ
  - ความชื้น

ตัวแปรที่สนใจ สะท้อนสภาพการจราจร การขับขี่บนถนนจริง

- ความเร็ว
- ความเร่ง

ข้อกำหนด จำนวนข้อมูลจะต้องมีข้อมูลมากเพียงพอที่จะครอบคลุมการใช้ความเร็ว/ความเร่ง หรือสภาพการจราจรที่หลากหลายได้

ระยะทางเล่นรวม มากกว่า 1500 กิโลเมตรขึ้นไป

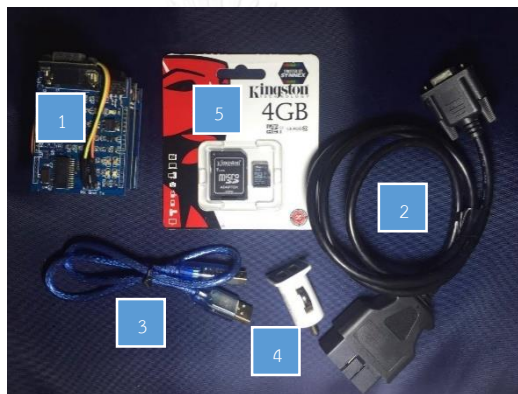
ตรวจสอบให้มีข้อมูลในแต่ละช่วงความเร็ว มากกว่า 100 จุดข้อมูล (กม.) ขึ้นไป

### 3.3 อุปกรณ์และการบันทึกข้อมูล

การติดตั้งอุปกรณ์การวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลจาก OBD (on-board diagnosis system) ประกอบไปด้วย

- 1) แผงวงจร OBD
- 2) สายเชื่อมต่อเข้ากล่อง ECU ระหว่างรถยนต์กับ OBDII
- 3) สายเชื่อมต่อUSB
- 4) ตัวชาร์จไฟจากที่เขี่ยบุหรี่
- 5) SD Memory Card

ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลจาก OBD

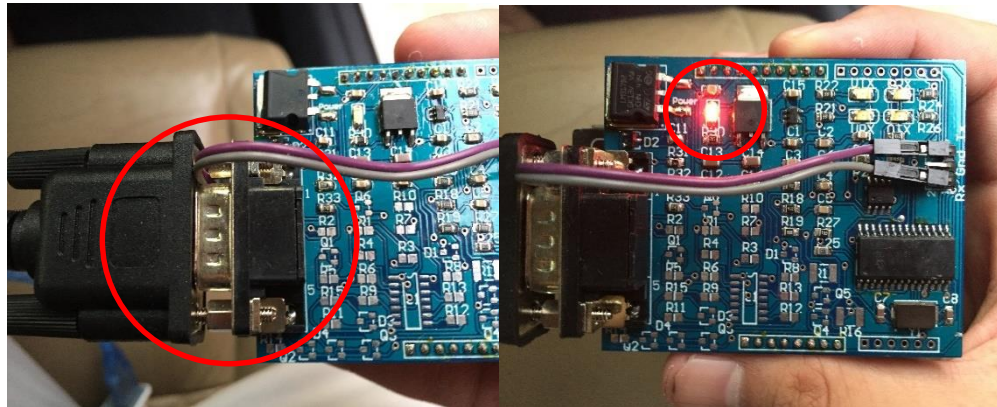
#### 3.3.1 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์

- 1) นำ SD Memory Card เสียบไปในช่องเสียบของแผงวงจร OBD (on-board diagnosis system) เพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลการทำงานของรถยนต์



รูปที่ 3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ OBD

- 2) ต่อสายเชื่อมต่อเข้ากับกล่อง ECU กับ แผงวงจร OBD จะพบว่าที่แผงวงจรขึ้นไฟสีแดงซึ่งจะแสดงว่า อุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจร OBD กับ ECU ของรถยนต์นั้นทำงานได้ปกติ



รูปที่ 3.4 การตรวจสอบการทำงานอุปกรณ์ OBD

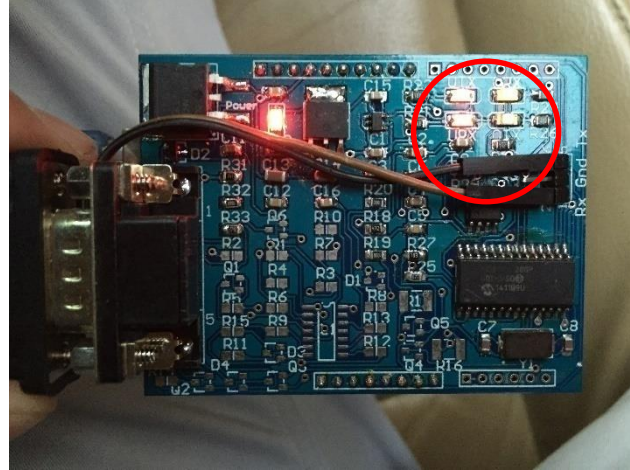
- 3) ต่อสาย USB เข้ากับแผงวงจร OBD และ ตัวชาร์จไฟจากที่เขี่ยบุหรี่ จะพบว่า มีไฟสีส้มกระพริบทั้งสี่ดวงและดับลง ซึ่งหมายถึงแผงวงจร OBD นั้นสามารถรับไฟจากตัวชาร์จไฟจากที่เขี่ยบุหรี่ได้



รูปที่ 3.5 การติดตั้งเชื่อมโยงอุปกรณ์ OBD กับตัวรถ

- 4) ทดสอบการทำงานของทั้งระบบว่าทำงานปกติหรือไม่ โดยการเสียบกุญแจรถ และบิดกุญแจไปที่ “ON” เพื่อตรวจสอบการทำงาน จะพบว่าที่แผงวงจร OBD มีไฟสีส้ม

กระพริบทั้งสี่ดวงกระพริบตลอดเวลา แสดงว่าอุปกรณ์ทั้งหมดทำงานปกติและพร้อมในการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.6 การตรวจสอบสถานะความพร้อมของอุปกรณ์ OBD ในการบันทึกข้อมูล

- 5) หลังจากเก็บข้อมูลถึงกำหนด เราสามารถดึง SD Memory Card และนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อไป

### 3.3.2 GPS Logger

อุปกรณ์ GPS Logger ประกอบไปด้วย

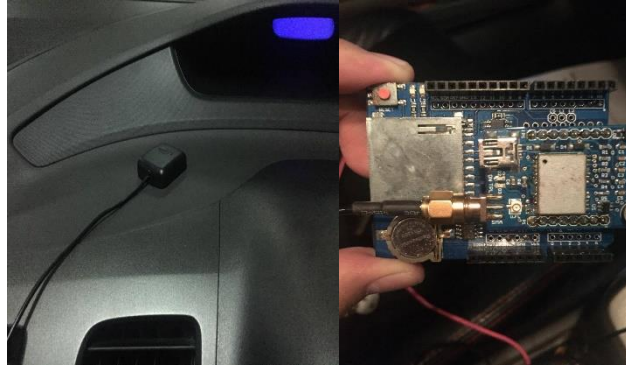
- 1) เสาอากาศรับสัญญาณดาวเทียม
- 2) สายเชื่อมต่อต่อUSB
- 3) ตัวชาร์จไฟจากที่เขี่ยบุหรี่
- 4) SD Memory Card การเพื่เก็บข้อมูล
- 5) GPS Logger



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลจาก GPS Logger

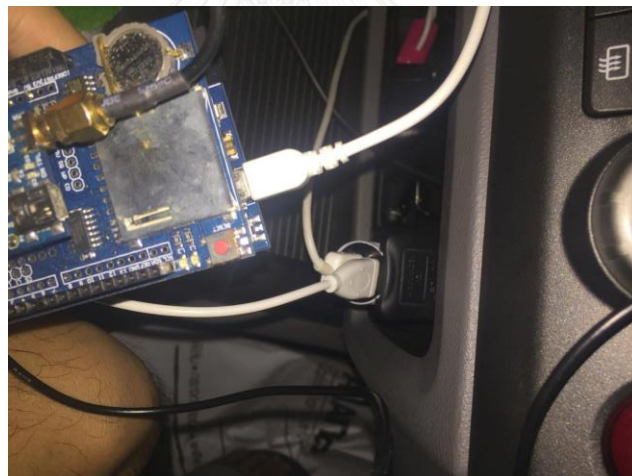
### 3.3.3 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์

- 1) หาดำแหน่งติดตั้งเสารับสัญญาณและเชื่อมต่อ GPS Logger



รูปที่ 3.8 การติดตั้งอุปกรณ์ GPS Logger

- 2) ต่อสายไฟจากช่องเสียบบุหรี่กับGPS



รูปที่ 3.9 การต่อเชื่อมอุปกรณ์ GPS Logger กับที่เสียบบุหรี่

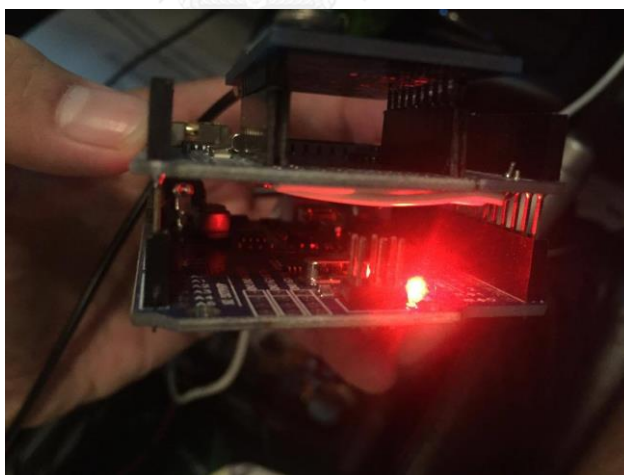


3) นำ SD Memory Card เสียบไปในช่องเสียบของแผงวงจร GPS เพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.10 การเสียบแท่งบันทึกลงในอุปกรณ์ GPS Logger

4) ทดสอบการทำงานโดยปิดกุญแจรถยนต์ไปที่ ON จากนั้นสังเกตไฟที่แผงวงจรว่าติดหรือไม่ ถ้าติดแปลว่าอุปกรณ์สามารถใช้งานได้ปกติ



รูปที่ 3.11 การตรวจสอบสถานะการทำงานอุปกรณ์ GPS Logger

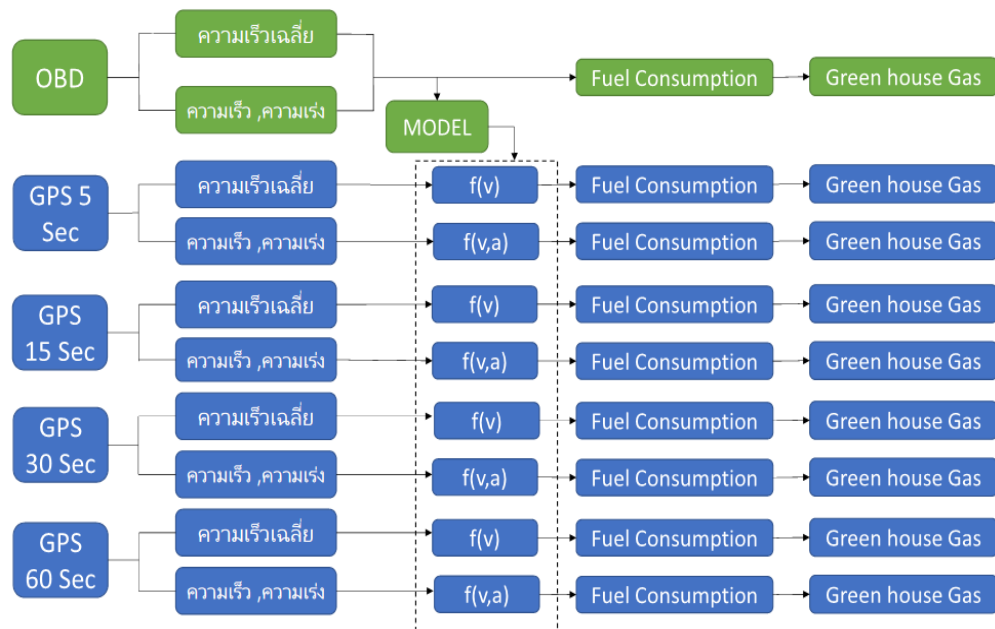
เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ทั้งสองชนิดบนรถยนต์ แล้วปิดกุญแจอุปกรณ์จะเริ่มการทำงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งหมายความว่าหากผู้ขับขี่ทำการขับรถยนต์เพื่อเดินทางอุปกรณ์จะเริ่มเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ

### 3.4 วิธีวิเคราะห์

กระบวนการวิเคราะห์จะใช้ทฤษฎีหรือข้อมูลที่ได้อีกต่อไปแล้วในบทที่ 2 เพื่อสร้างแบบจำลองหรือโมเดล ซึ่งพื้นฐานก็มาจากการสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ต้องการ คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับตัวแปรจากการแล่นของรถในสภาพการจราจรเบื้องต้นจะนำข้อมูลจาก OBD มาสร้างแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลจาก GPS กับการสิ้นเปลืองพลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลที่เก็บมาโดยอุปกรณ์ OBD

โดยจากข้อมูลตัวแปรที่เก็บมาได้และทฤษฎีในบทที่ 2 จะเห็นว่ามีแบบจำลองที่น่าสนใจ คือ แบบจำลองในลักษณะของ Instantaneous และ Average จึงจะถูกนำมาใช้สร้างแบบจำลอง และเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้หลากหลายแง่มุมมากขึ้น ยังจะทำการแบ่งช่วงความถี่ในลักษณะที่มากหรือน้อยเพื่อวิเคราะห์ดูความเกี่ยวเนื่องอีกด้วย

ในเบื้องต้นเราคาดว่าแบบจำลองในลักษณะของแบบจำลอง Instantaneous จะมีความแม่นยำมากกว่าแบบจำลอง Average และยังอยากทราบว่าความถี่ที่กรมขนส่งทางบกใช้ในการเก็บข้อมูล GPS 30 วินาที นั้นมีความแม่นยำเพียงพอเมื่อเทียบกับความถี่สูง ดังแสดงในรูปที่ 3.11

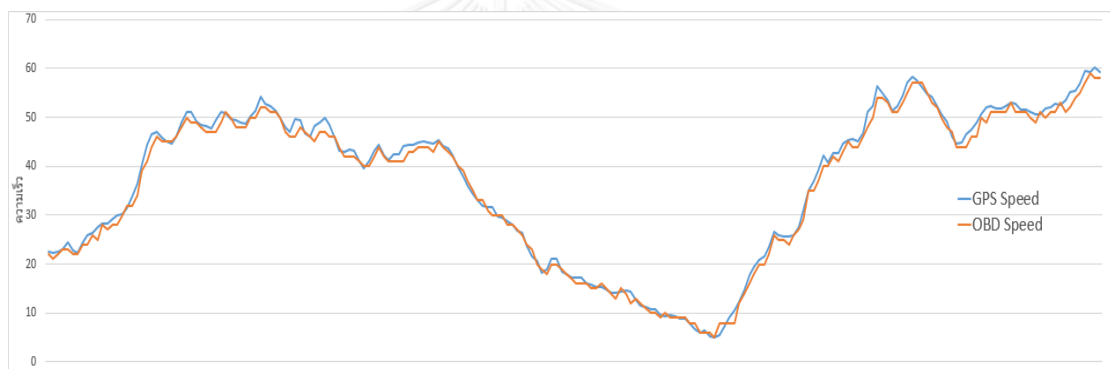


รูปที่ 3.12 แนวทางการสร้างแบบจำลอง

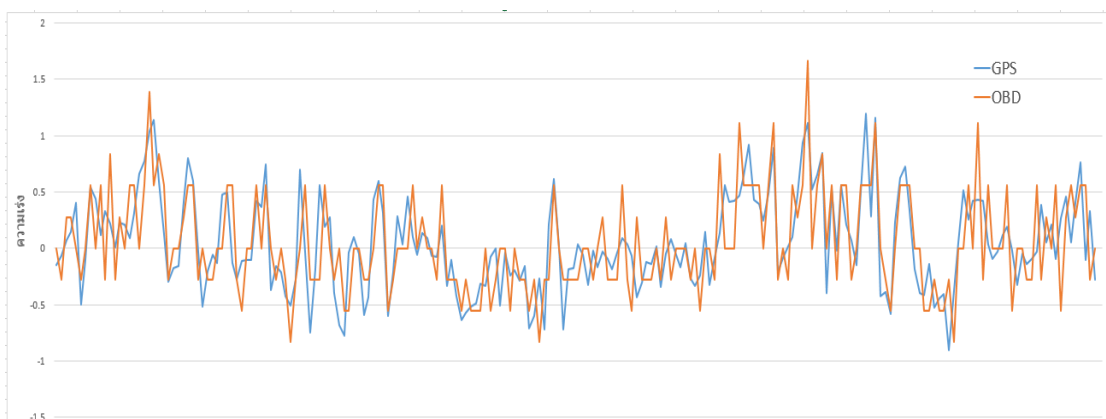
### 3.5 ข้อมูลดิบที่ได้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

รายละเอียดข้างต้นของข้อมูลดิบจากรถยนต์ที่เก็บข้อมูลประมาณ 2-3 สัปดาห์จากทั้ง 4 จังหวัดพบว่า การขับขี่ของรถทดสอบทั้งหมดมีลักษณะการแล่นที่มีความหลายหลายกันสามารถดูได้เบื้องต้น อาทิ ความเร็ว ความเร่ง ทริปการเดินทาง ระยะทางในการเดินทาง โดยสามารถสังเกตได้ว่าหนึ่งทริปการเดินทางจะมีระยะทางเฉลี่ยประมาณ 12 กม. สูงสุดที่ 25 กม. ต่ำสุดที่ 4 กม. รถทดสอบมีที่ใช้ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางทั้งสูงและใช้ความเร็วต่ำซึ่งรายละเอียดที่ได้จากอุปกรณ์จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

จากรูปที่ 3.13 และ 3.14 เป็นลักษณะตัวอย่างข้อมูลความเร็วและความเร่งจากอุปกรณ์ OBD และ GPS ซึ่งจะเห็นว่าแม้ว่าความเร็วจะดูใกล้เคียงกันแต่ความเร่งไม่ได้แสดงข้อมูลที่ดูคล้ายกันมากนักเหมือนข้อมูลความเร็ว



รูปที่ 3.13 ข้อมูลความเร็วจากอุปกรณ์ OBD และ GPS



รูปที่ 3.14 ข้อมูลความเร่งจากอุปกรณ์ OBD และ GPS

### 3.5.1 ลักษณะข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ OBD

จากข้อมูลดิบที่บันทึกได้จากอุปกรณ์ OBD จะแสดงเป็นตัวอย่างในตารางที่ 3.1 ลักษณะข้อมูลถูกบันทึกเป็นรายวินาที ค่าที่สำคัญที่จะถูกนำไปหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงคือค่า MAF (Mass Air Flow Rate) โดยเนื้อหาการคำนวณนั้นจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

### ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างลักษณะข้อมูลดิบที่ได้จากอุปกรณ์ OBD

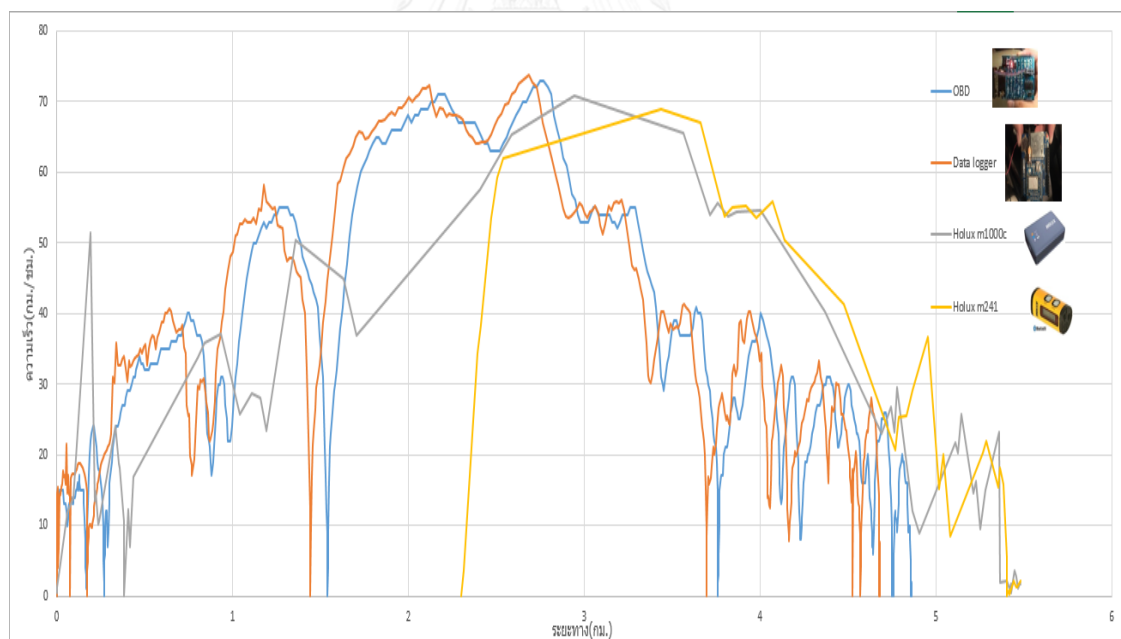
Time	Date	RPM	LOAD	MAF	TEMP	VSS
7:20:28	9/7/2015	1422	28	4	34	0
7:20:29	9/7/2015	1406	26	5	34	0
7:20:30	9/7/2015	1402	26	5	34	0
7:20:31	9/7/2015	1388	26	4	34	0
7:20:32	9/7/2015	1012	46	5	34	0
7:20:33	9/7/2015	1110	42	5	34	0
7:20:34	9/7/2015	1157	51	7	34	2
7:20:35	9/7/2015	1083	53	6	34	1
7:20:36	9/7/2015	1063	52	6	34	1
7:20:37	9/7/2015	1073	50	6	34	0
7:20:38	9/7/2015	1054	54	6	34	1
7:20:39	9/7/2015	1075	49	6	34	3
7:20:40	9/7/2015	1074	52	6	35	2
7:20:41	9/7/2015	1060	52	6	35	2
7:20:42	9/7/2015	1061	52	6	35	3
7:20:43	9/7/2015	1105	50	6	35	2
7:20:44	9/7/2015	1048	51	6	35	1
7:20:45	9/7/2015	1086	49	6	35	0
7:20:46	9/7/2015	1122	50	6	35	0
7:20:47	9/7/2015	960	59	6	35	0

ลักษณะการบันทึกข้อมูลของอุปกรณ์ OBD จะทำการบันทึกทันทีเมื่อผู้ขับขี่เริ่มติดเครื่องยนต์ ซึ่งหมายความว่าหากไม่มีการดับเครื่องยนต์ก็就会被บันทึกข้อมูลไปด้วย เช่น การจอดรถเพื่อลงไปทำธุระ หรือการจอดรอรับคน การติดเครื่องเฉยๆโดยไม่ได้ขับขี่จากเหตุผลต่างๆ จะถูกเก็บข้อมูลไปด้วย ดังนั้นข้อมูลเหล่านี้จะต้องถูกตัดทิ้งเพื่อไม่ให้แบบจำลองคลาดเคลื่อน

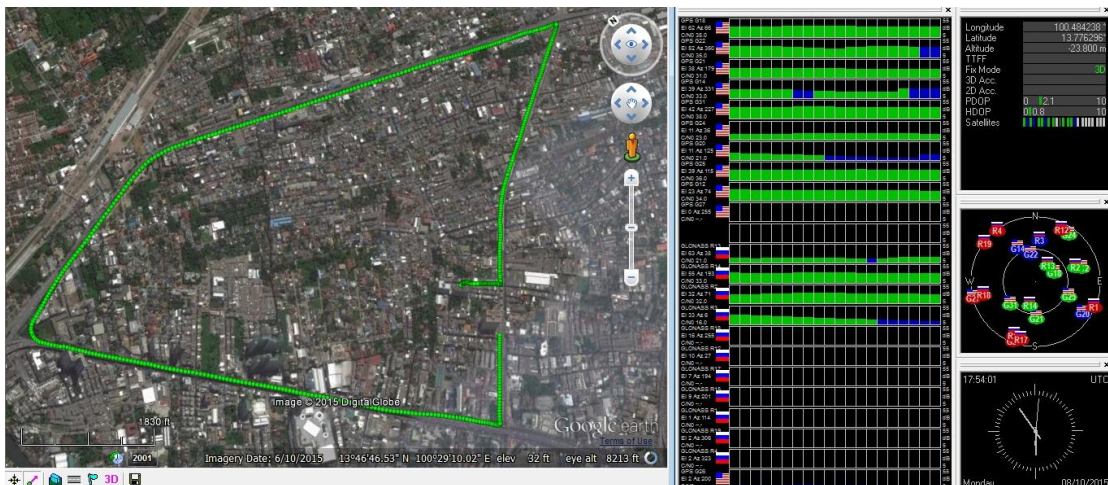
หลังจากเราได้ข้อมูลดิบแล้วนั้นก็ทำการคำนวณหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก(การคำนวณจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป) รวมถึงค่าอื่นๆ อาทิ ระยะทาง ความเร่ง ความเร็ว เป็นต้น

### 3.5.2 ลักษณะข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS

งานวิจัยได้นำอุปกรณ์GPS ที่แตกต่างชนิดมาใช้งาน ซึ่งจากการนำมาเปรียบเทียบพบว่าคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์GPS จาก HOLUX M1000c และ HOLUX M241 มีคุณภาพที่ไม่ดีและไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานวิจัย ดังนั้นเราจึงเลือกนำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS loggerมาใช้วิเคราะห์ เนื่องจากมีความแม่นยำมากกว่าอุปกรณ์อื่นดังแสดงในรูปที่ 3.15 และ 3.16



รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS ที่แตกต่างชนิดกัน



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างข้อมูลการเคลื่อนที่ของ GPS Logger จาก U-center

ในส่วนของลักษณะข้อมูลที่ถูกบันทึกโดยอุปกรณ์ GPS Logger นั้น จะมีลักษณะรูปแบบเป็นในรูปแบบ TEXT MESSAGE ซึ่งแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.17 ภายในข้อความจะถูกเขียนเป็นภาษาในรูปแบบของ Protocol Message ซึ่งจะต้องนำมากรอง Protocol Message ที่ต้องการโดยต้องทำความเข้าใจว่าจะต้องเลือกใช้ Protocol Message ใดเพื่อนำมาถอดความหมายเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ เช่น ตำแหน่งความเร็ว เวลา

ซึ่งอุปกรณ์ GPS Logger แต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติบันทึก Protocol Message ได้แตกต่างกัน เช่น อุปกรณ์ GPS Logger บางรุ่นมีความสามารถที่ดีกว่าจะสามารถบันทึก Protocol Message ได้หลากหลายรูปแบบมากกว่าบางรุ่น

```

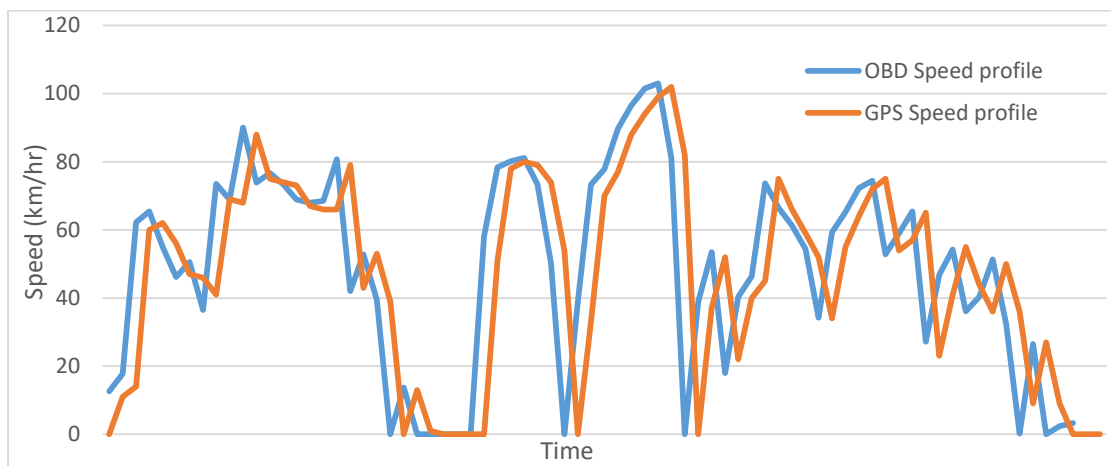
New Text Document.txt - Notepad
File Edit Format View Help
"$GNRMC,032748.00,V,,,,,200416,,,N*68"
"$GNGGA,032748.00,,,,,0,00,0.0,0.0,M,0.0,M,,.0.0*70"
"$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,0.0,0.0,0.0,0.0*32"
"$BDGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,0.0,0.0,0.0,0.0*23"
"$GPGSV,2,1,7,04,00,000,44,14,00,000,39,16,00,000,31,22,00,000,36*46"
"$GPGSV,2,2,7,26,00,000,40,31,00,000,44,32,00,000,41*78"
"$BDGSV,2,1,6,01,00,000,26,03,00,000,36,06,00,000,33,07,00,000,34*58"
"$BDGSV,2,2,6,09,00,000,38,10,00,000,35*5B"
"$GNTXT,01,01,01,ANTENNA OK*2B"
"$GNRMC,032749.00,V,,,,,200416,,,N*69"
"$GNGGA,032749.00,,,,,0,00,0.0,0.0,M,0.0,M,,.0.0*71"
"$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,0.0,0.0,0.0,0.0*32"
"$BDGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,0.0,0.0,0.0,0.0*23"
"$GPGSV,2,1,7,04,00,000,44,14,00,000,38,16,00,000,30,22,00,000,37*47"
"$GPGSV,2,2,7,26,00,000,40,31,00,000,44,32,00,000,41*78"
"$BDGSV,2,1,6,01,00,000,25,03,00,000,36,06,00,000,34,07,00,000,34*5C"

```

รูปที่ 3.17 ตัวอย่างข้อมูลดิบจาก TEXT MESSAGE จากอุปกรณ์ GPS Logger

หลังจากได้ทราบ Protocol Message แล้วก็นำมาจัดทำตารางข้อมูลและทำการคำนวณค่าที่ต้องการ เช่น ความเร็ว เนื่องจากค่าหลายค่าต้องถูกปรับหน่วยให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันเพื่อให้สามารถใช้งานได้

จากข้อมูลของอุปกรณ์ GPS Logger พบว่าจะมีความคลาดเคลื่อนล่าช้ากว่าอุปกรณ์ OBD ประมาณ 20 วินาทีซึ่งแสดงในรูปที่ 3.18 ความคลาดจะเกิดขึ้นหลังการสตาร์ทเครื่องยนต์ทุกครั้ง โดยพบว่าสาเหตุเกิดจากระบบการทำงานของอุปกรณ์ GPS จะล่าช้ากว่าเนื่องจากจะต้องค้นหาดาวเทียมเพื่อทำการยืนยันตำแหน่ง ทำให้ขณะนำไปใช้งานต้องปรับค่าความแตกต่างตรงนี้ด้วย



รูปที่ 3.18 ความคลาดเคลื่อนอันมาจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ GPS

ในลักษณะเดียวกันของข้อมูล OBD การบันทึกข้อมูล GPS จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ขับขี่เริ่มติดเครื่องยนต์ ดังนั้นจะต้องมีการตัดทิ้งข้อมูลในกรณีการจอดรถติดเครื่องยนต์เฉยๆเช่นเดียวกับอุปกรณ์ OBD เพื่อไม่ทำให้แบบจำลองคลาดเคลื่อน

### 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.6.1 การคำนวณค่าที่ได้จากอุปกรณ์ OBD

การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ OBD จะถูกกล่าวโดยละเอียดแล้วไปในบทที่ 2 ซึ่งในส่วนนี้จะขออธิบายโดยพอสังเขป ดังนี้

ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันจาก OBD จะสามารถคำนวณได้จาก

$$FCR = \frac{\int_0^i \frac{VSS}{3600} dt}{\int_0^i FFR_V dt} \quad (\text{km/l}) \quad (3.1)$$

เมื่อ  $FCR = \text{Fuel Consumption Rate (km/l)}$

$FFR_v = \text{อัตราการเผาเชื้อเพลิง (l/s)}$

$V_{ss} = \text{Speed (km/hr)}$

$$FFR_v = \frac{MAF}{AFR \times \rho} (l/s) \quad (3.2)$$

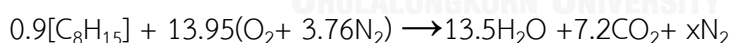
เมื่อ  $AFR = \text{อัตราส่วนผสมของอากาศ ต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี (stoichiometric ratio)}$

### ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเอทานอลที่ใช้ในการทดสอบ

Type	Air/Fuel Ratio	HHV (MJ/kg)	Density (kg/m <sup>3</sup> )
E10 (แก๊สโซฮอล)	14.365	46.324	742
E20 (แก๊สโซฮอล E20)	14.086	45.445	747
E85 (แก๊สโซฮอล E85)	10.678	34.742	781

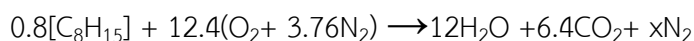
การคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก OBD ในงานวิจัยนี้จะใช้ทฤษฎีการเผาไหม้โดยสมบูรณ์เนื่องจากอุปกรณ์ไม่ได้ติดตั้งเซนเซอร์การวัดค่ามลพิษอื่นๆ ซึ่งหมายความว่ามีความมีการปลดปล่อยเฉพาะ CO<sub>2</sub> เท่านั้น ดังนี้

E10



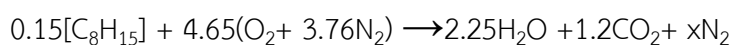
$$CO_2 = \left( \frac{MAF \times 3600}{VSS} \right) \times \left( \frac{1}{32 + 3.76(28)} \right) \times \left( \frac{7.2}{13.95} \right) \times 44 \quad (3.3)$$

E20



$$CO_2 = \left( \frac{MAF \times 3600}{VSS} \right) \times \left( \frac{1}{32 + 3.76(28)} \right) \times \left( \frac{6.4}{12.4} \right) \times 44 \quad (3.4)$$

E85



$$CO_2 = \left( \frac{MAF \times 3600}{VSS} \right) \times \left( \frac{1}{32 + 3.76(28)} \right) \times \left( \frac{1.2}{4.65} \right) \times 44 \quad (3.5)$$



ตารางที่ 3. 4 ตัวอย่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>)

Time	Date	RPM	LOAD	MAF	TEMP	VSS	ACC	Distance	Fuel	CO2
8:38:38	4/25/2016	1393	36	6	32	0	0	0	0.009007	0
8:38:39	4/25/2016	1001	54	6	32	0	0	0	0.00957	0
8:38:40	4/25/2016	1069	51	6	32	2	2	0.000556	0.010132	1786.600496
8:38:41	4/25/2016	1088	50	6	32	4	2	0.001667	0.010695	893.3002481
8:38:42	4/25/2016	1065	49	6	36	4	0	0.002778	0.011258	893.3002481
8:38:43	4/25/2016	1221	38	5	36	5	1	0.004167	0.011727	595.5334988
8:38:44	4/25/2016	1206	39	5	36	6	1	0.005833	0.012196	496.2779156
8:38:45	4/25/2016	1238	38	5	36	7	1	0.007778	0.012666	425.3810705
8:38:46	4/25/2016	1270	37	5	36	8	1	0.01	0.013135	372.2084367
8:38:47	4/25/2016	1295	45	6	36	8	0	0.012222	0.013698	446.6501241
8:38:48	4/25/2016	1294	42	6	36	8	0	0.014444	0.01426	446.6501241
8:38:49	4/25/2016	1303	41	6	36	9	1	0.016944	0.014823	397.0223325
8:38:50	4/25/2016	1293	40	6	36	9	0	0.019444	0.015386	397.0223325
8:38:51	4/25/2016	1296	41	6	36	9	0	0.021944	0.015949	397.0223325
8:38:52	4/25/2016	1283	41	6	36	8	-1	0.024167	0.016512	446.6501241
8:38:53	4/25/2016	1313	36	5	36	8	0	0.026389	0.016981	372.2084367
8:38:54	4/25/2016	1234	38	5	39	7	-1	0.028333	0.01745	425.3810705
8:38:55	4/25/2016	1193	38	5	39	6	-1	0.03	0.017919	496.2779156
8:38:56	4/25/2016	1151	40	5	39	4	-2	0.031111	0.018389	744.4168734
8:38:57	4/25/2016	1100	42	5	39	2	-2	0.031667	0.018858	1488.833747
8:38:58	4/25/2016	999	58	6	39	1	-1	0.031944	0.019421	3573.200993
8:38:59	4/25/2016	1100	50	6	39	4	3	0.033056	0.019983	893.3002481
8:39:00	4/25/2016	1050	52	6	39	4	0	0.034167	0.020546	893.3002481

โดยที่หลังจากได้ค่าที่คำนวณจากตารางที่ 3.3 จะนำค่าที่ได้ไปสร้างแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) โดยจะมีสองส่วนคือแบบจำลองแบบ Instantaneous และ แบบจำลองแบบ Average โดยการสร้างแบบจำลองจะเป็นไปตามทฤษฎีในบทที่ 2 ที่ได้กล่าวไปแล้ว

### 3.6.2 การคำนวณค่าที่ได้จากอุปกรณ์ GPS

ในส่วนของวิจัยนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้ Protocol \$GPRMC มาใช้งานเนื่องจากเราต้องการค่าที่สำคัญอันได้แก่ ค่าความเร็ว โดยรายละเอียด Protocol จะแสดงในตารางที่ 3.4

### ตารางที่ 3.5 Protocol Message GRMC จาก GNSS (GPS) Receiver (Description 2013)

EXAMPLE : \$GPRMC,083559.00,A,4717.11437,N,00833.91522,E,0.004,77.52,091202,,,A\*57

Field No.	Example	Format	Name	Unit	Description
0	\$GPRMC	string	\$GPRMC	-	MessageID,RMCprotocolheader
1	083559.00	hhmmss.sss	hhmmss.ss	-	UTCTime,Timeofpositionfix
2	A	character	Status	-	Status,V=Navigationreceiverwarning,A=Datavalid,seePositionFixFlag
3	4717.11437	ddmm.mmmm	Latitude	-	Latitude,Degrees + minutes, see
4	N	character	N	-	N/SIndicator,hemisphereN=northor
5	00833.91522	dddmm.mmmm	Longitude	-	Longitude,Degrees+minutes,seeFormatdescription
6	E	character	E	-	E/WIndicator,E=eastorW=west
7	0.004	numeric	Spd	knots	Speed over ground
8	77.52	numeric	Cog	degrees	Course over ground
9	091202	ddmmyy	date	-	Date in day,month,year format
10	-	numeric	mv	degrees	Magnetic variation value,notbeingoutputbyreceiver
11	-	character	mvE	-	Magnetic variation E/WIndicator,notbeingoutputbyreceiver
12	-	character	mode	-	Mode
13	*57	hexadecimal	cs	-	Checksum
14	-	character	<CR><LF>	-	Carriage Return and Line Feed

โดยหลังจากนำไฟล์TEXT มาจัดทำตารางแล้วจะคำนวณค่าที่ต้องการ อาทิ ความเร็วที่ต้องแปลงจาก น็อตเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง ( 1 knots = 1.825 km/h) ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3. 6 ตัวอย่างค่าที่ได้จากอุปกรณ์ GPS

Protocol	UTC Time	Latitude	N/S Indicator	Longitude	E/W indicator	Speed (knots)	Course	Date	Speed (km/h)	a	Distance
\$GNRMC	32810	1901.9	N	9954	E	0.1	98.1	200416	0.1825	0.1825	5.06E-05
\$GNRMC	32811	1901.9	N	9954	E	0.1	93.8	200416	0.1825	0	5.06E-05
\$GNRMC	32812	1901.9	N	9954	E	9.2	90.7	200416	16.79	16.6075	0.00466
\$GNRMC	32813	1901.9	N	9954	E	11.8	88	200416	21.535	4.745	0.0059
\$GNRMC	32814	1901.9	N	9954	E	13.9	85.4	200416	25.3675	3.8325	0.0070
\$GNRMC	32815	1901.9	N	9954	E	13.9	83.6	200416	25.3675	0	0.0070
\$GNRMC	32816	1901.9	N	9954	E	12.6	83.2	200416	22.995	-2.3725	0.0063
\$GNRMC	32817	1901.9	N	9954	E	10.5	93.9	200416	19.1625	-3.8325	0.0053
\$GNRMC	32818	1901.9	N	9954	E	9.1	110.1	200416	16.6075	-2.555	0.0046
\$GNRMC	32819	1901.9	N	9954	E	9.5	118.2	200416	17.3375	0.73	0.0048
\$GNRMC	32820	1901.9	N	9954	E	10.3	121.9	200416	18.7975	1.46	0.0052
\$GNRMC	32821	1901.9	N	9954	E	11.2	124.7	200416	20.44	1.6425	0.0056
\$GNRMC	32822	1901.9	N	9954	E	12.1	127.8	200416	22.0825	1.6425	0.0061
\$GNRMC	32823	1901.9	N	9954	E	13.1	126.9	200416	23.9075	1.825	0.0066

### 3.7 การอภิปรายผล

การอภิปรายผลจะนำแบบจำลองที่วิเคราะห์ได้ มาดูความสัมพันธ์ประกอบกับใช้ข้อมูลทางสถิติมาเป็นตัวอภิปราย

โดยที่แบบจำลองทั้งสองแบบที่สนใจคือ Instantaneous และ Average ที่คำนวณจากชุดข้อมูลที่มีความถี่ทุก 5 15 30 และ 60 วินาที

จากข้อมูลที่สามารถเก็บรวบรวมมาได้นั้น การวิเคราะห์ค่าความถูกต้อง (%แตกต่าง) ของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากข้อมูล OBD และ ข้อมูล GPS จะพิจารณาจำนวนของข้อมูลสะสม

เมื่อคิดค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(การปลดปล่อย CO<sub>2</sub>) ทุกๆ 1 กิโลเมตร ซึ่งรายละเอียดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะขออธิบายในเชิงลึกในบทถัดไป

### 3.8 สรุปผล

เราได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความถูกต้องระหว่างแบบจำลองแบบที่ใช้ความเร็วเฉลี่ย(Average) และ แบบจำลองแบบที่ใช้ความเร็วและความเร่ง(Instantaneous) ในลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างเทียบกับค่าจาก OBD กับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูล และความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ทำการประมาณได้(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จากข้อมูล GPS กับค่าที่วัดได้ โดยพบว่าแบบจำลองแบบที่ใช้ความเร็วและความเร่ง(Instantaneous) ให้ค่าความถูกต้องที่ดีกว่าแบบจำลองแบบที่ใช้ความเร็วเฉลี่ย(Average) และความถี่สูงให้ค่าที่ถูกต้องกว่าค่าที่มีความถี่ต่ำโดยบทสรุปโดยละเอียดจะกล่าวต่อไปในบทที่5



## บทที่ 4

### ผลการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะเป็นการรวบรวมข้อมูลในด้านต่างๆที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 3 โดยแสดงรายละเอียด ลักษณะข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ OBD (on-board diagnosis system) และ GPS (Global Positioning System) การนำข้อมูลการเคลื่อนที่จาก OBD มาสร้างแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมัน เชื้อเพลิง การนำค่าจาก GPS มาใช้ประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เปรียบเทียบความถูกต้องของค่าประมาณที่ได้เมื่อเทียบกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจาก GPS ที่คำนวณโดยใช้วิธีพิจารณาความเร็วและความเร่ง กับค่าความเร็วเฉลี่ยโดยใช้วิธีพิจารณาความเร็วและความเร่ง กับค่าความเร็วเฉลี่ยที่ความถี่ของข้อมูลที่ได้จาก GPS ที่หลากหลาย

#### 4.1 ลักษณะทั่วไปของข้อมูลจาก OBD

ข้อมูลจาก OBD มาจากรถทดสอบที่เก็บข้อมูลการเคลื่อนที่รถจากกลุ่มอาสาสมัคร รถยนต์ที่ใช้ทดสอบ คือ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลสี่ล้อ โตโยต้า วีออส ขนาดเครื่องยนต์ความจุ 1.6 ลิตร ซึ่งเป็นรถยนต์จดทะเบียนในช่วงปี 2010 - 2012 ที่ใช้งานอยู่ในจังหวัด กรุงเทพมหานคร ,ขอนแก่น,พะเยา โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากรถทั้งหมด 8 คัน

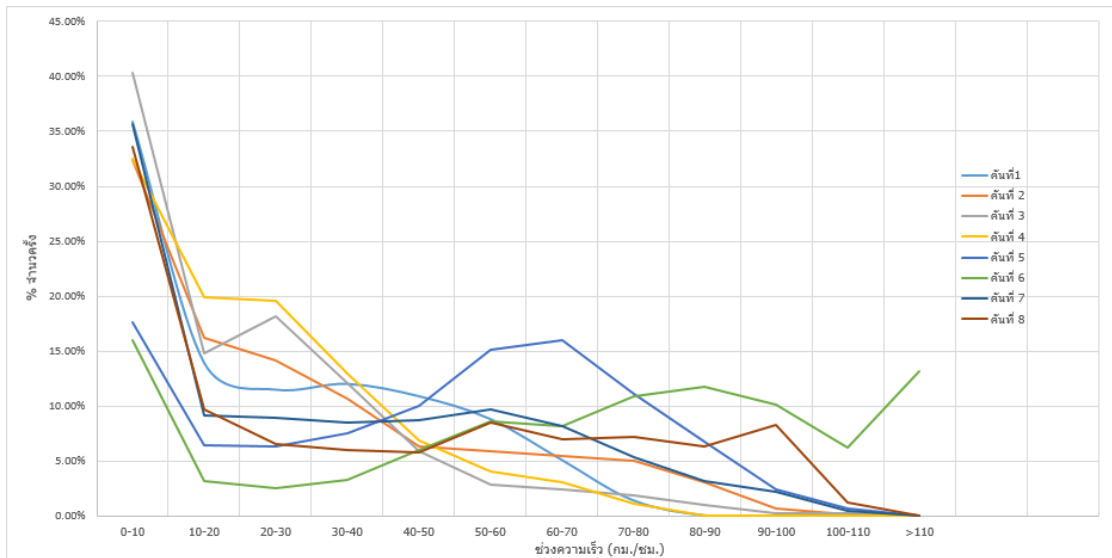
ทั้งนี้พบว่าจากข้อมูลรถยนต์ตัวอย่างจะนำข้อมูลจากรถแต่ละคัน เป็นระยะทาง 200 กิโลเมตร มาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ โดยสรุปข้อมูลไว้ในตารางที่ 4.1

จากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามี จุดข้อมูลความเร็วทั้งหมดมากกว่าสี่หมื่นจุดข้อมูล ซึ่งพอเพียงในการสร้างแบบจำลอง

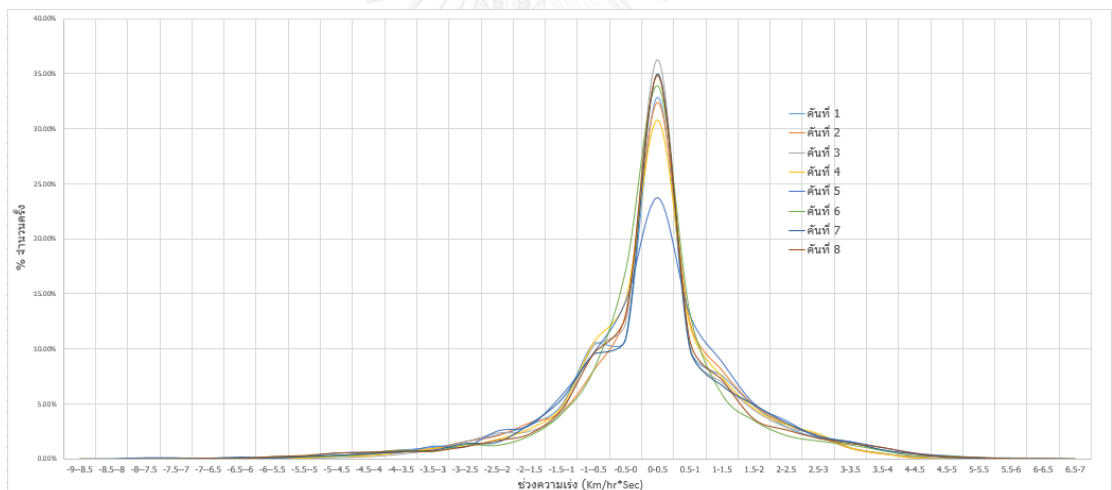
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดเบื้องต้นของข้อมูลที่ได้มาจากรถยนต์ทดสอบ

Car no.	Distance (km)	Average speed (Km/h)	Maximum Speed (Km/h)	MAF Range (g/s)	Trip	Average Time per Trip (hh:mm:ss)	Average Distance per Trip (Km)
1	202	23	88	1 - 42	13	0:39:05	15.54
2	200	27	107	1 - 33	27	0:16:36	7.41
3	200	20	113	1 - 27	45	0:13:25	4.44
4	190	21	81	1 - 29	42	0:12:50	4.53
5	195	46	111	0 - 41	11	0:23:10	17.73
6	256	65	139	1 - 53	10	0:23:24	25.60
7	228	31	113	0 - 35	28	0:15:50	8.14
8	205	37	112	1 - 72	24	0:14:00	8.54

จากข้อมูลที่ได้นำมาตรวจสอบความเร็วและความเร่งที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งพบว่าข้อมูลการแล่นของรถแต่ละคัน มีลักษณะแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มของความเร็วและความเร่งที่คล้ายกัน กล่าวคือ มีสัดส่วนของความเร็วต่ำสูง และมีสัดส่วนของจำนวนข้อมูลลดลงที่ความเร็วสูงขึ้น สัดส่วนนี้บ่งบอกถึงลักษณะการขับขึ้นบนเส้นทางและสภาพจราจรที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น รถคันที่ 6 มีข้อมูลของช่วงที่แล่นด้วยความเร็วสูงมาก บ่งบอกว่ามีการแล่นบนทางหลวงที่สามารถแล่นด้วยความเร็วสูงได้มากกว่าข้อมูลการแล่นของรถคันอื่นๆ สัดส่วนของข้อมูลบ่งบอกถึงปริมาณของข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงความเร็วต่างๆ



รูปที่ 4.1 ลักษณะข้อมูลความเร็วของรถยนต์ทดสอบ



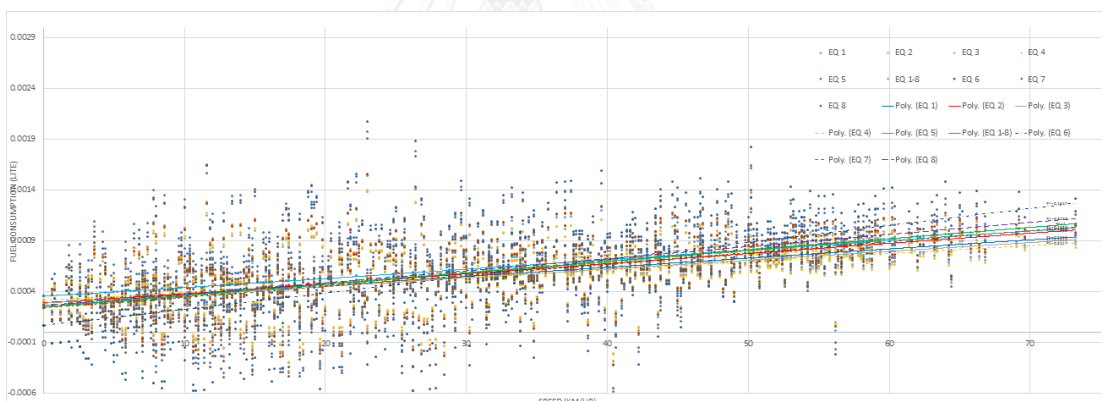
รูปที่ 4.2 ลักษณะข้อมูลความเร่งของรถยนต์ทดสอบ

รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะความเร่งที่เกิดขึ้นจากข้อมูลของรถยนต์ทดสอบแต่ละคัน ซึ่งจะสะท้อนพฤติกรรมการขับชี่ และ สภาพการจราจรที่เกิดขึ้น จากรูปแสดงให้เห็นว่า ในการขับชี่โดยทั่วไปของผู้ขับชี่แต่ละคน มีลักษณะการเร่งและชะลอความเร็วที่ไม่ต่างกัน ยกเว้นรถคันที่ 5 ที่มีสัดส่วนของการใช้ความเร่ง 0 หรือ แล่นด้วยความเร็วคงที่มากกว่ารถคันอื่นๆ ลักษณะที่สำคัญที่พิจารณาคือมีการเร่งแบบ aggressive มากแตกต่างกันเพียงใด ซึ่งพบว่ารถทุกคันมีข้อมูลการเร่งที่คล้ายคลึงกัน จึงน่าเชื่อถือที่จะเป็นลักษณะการเร่งจากการขับชี่โดยทั่วไป ไม่ใช่เป็นผู้ขับชี่ aggressive

นอกจากนี้จากรูปยังพิจารณาถึง noise ของข้อมูลที่อาจเกิดขึ้นเมื่อมีการบันทึกข้อมูลความเร็ว ใน ข้อมูลดิบมักมี noise มากับการรายงานค่า โดยเกิดจากการกระชากหรือการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ของการตรวจวัด การกระชากมักเกิดกับช่วงที่มีการเร่งแซงอย่างรวดเร็วหรือช่วงที่มีความเร็วสูง โดย ลักษณะข้อมูลประเภทนี้จะพิจารณาในการ cleanse ข้อมูลที่มีความเร็วสูงผิดปกติออกไปก่อนที่จะนำ ข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อไป

จากลักษณะข้อมูลรถยนต์ทดสอบได้ทดลองสร้างแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จากความเร็วแบบทันทีทันใด โดยใช้ข้อมูลจากรถยนต์ทดสอบทั้งหมดเพื่อเปรียบเทียบดูลักษณะการ สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ในระยะทางสั้นๆ ประมาณ 5 กิโลเมตร โดยใช้กราฟแสดงเบื้องต้นใน ลักษณะสองมิติเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากรถทดสอบแต่ละคัน

จากรูปที่ 4.3 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากแบบจำลองการ สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่สร้างจากความเร็วทันทีทันใด โดยข้อมูลจากรถยนต์ทดสอบรายคันและ ค่า การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจาก OBD (ค่าจริง) พบว่ามีความแตกต่างจากค่าจริงประมาณ 1 % โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 9%



รูปที่ 4.3 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อใช้ค่าความเร็วแบบทันทีทันใด  
(ไม่มีการพิจารณาความเร็ว)

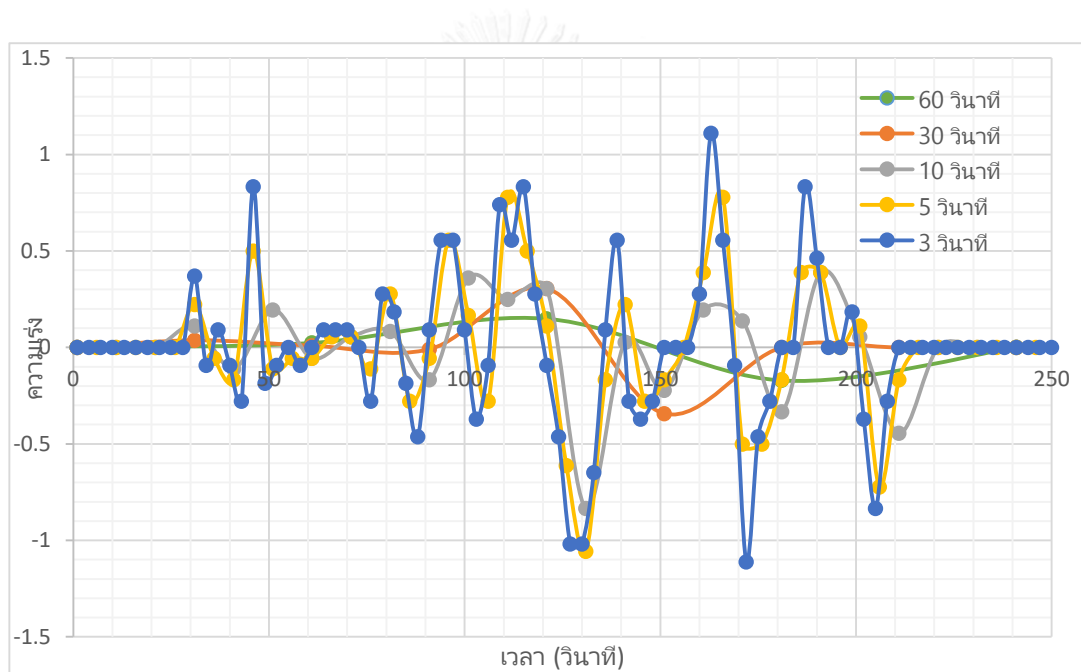
#### 4.2 ลักษณะทั่วไปของข้อมูลจาก GPS

จากรายละเอียดที่แสดงในบทที่ 3 ได้มีการทดลองใช้อุปกรณ์ GPS หลากหลายชนิด แต่ได้ เลื่อนำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS Data loggerมาใช้วิเคราะห์เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS ประเภทอื่นมีคุณภาพไม่เหมาะสม กล่าวคือมี noise และ ความคลาดเคลื่อนจากค่าจริง (OBD) มาก ทำให้มีข้อมูล GPS ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ จากรถทดสอบคันที่ 5-8 เท่านั้น



ข้อมูลจาก GPS จะนำมาตรวจสอบลักษณะข้อมูลที่ได้ โดยพิจารณาลักษณะข้อมูลหากมีช่วงเวลาระบบที่ข้อมูลแตกต่างกันไป

ในรูปที่ 4.4 เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกันแต่มีการแบ่งช่วงการบันทึกข้อมูลที่แตกต่างกันคือ 3 ,5 ,10 ,30 และ 60 วินาทีโดยที่จะสังเกตเห็นได้ว่าจะมีการแบ่งช่วงเวลาที่ยังห่างมากขึ้นเท่าไร การแสดงความเร่งที่สะท้อนความเป็นจริงในสภาพการขับขี่ยิ่งลดลงกล่าวคือไม่สามารถแสดงค่าเร่งสูงสุดหรือต่ำสุดได้ อันเป็นเพราะชุดข้อมูลมีช่วงเวลาข้อมูลกว้างกว่า local peak ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างค่าความเร่งเมื่อคำนวณจากช่วงเวลา 3 ,5 ,10 ,30 และ 60 วินาที

#### ตารางที่ 4.2 ลักษณะทั่วไปของข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS Logger เมื่อเทียบกับข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ OBD

Car no.	OBD				GPS		
	MAF Range (g/s)	Distance (km)	Average speed (Km/h)	Maximum Speed (Km/h)	Distance (km)	Average speed (Km/h)	Maximum Speed (Km/h)
5	0 - 41	171	46.69	111	173	47.26	113
6	1 - 46	161	59.44	136	149	55.14	139
7	0 - 35	206	30.67	113	207	30.82	114
8	1 - 72	169	37.34	110	170	37.62	112

ในตารางที่ 4.2 จะเห็นลักษณะทั่วไปเบื้องต้นของภาพรวมข้อมูลคร่าวๆ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากอุปกรณ์ OBD และ ข้อมูลจาก GPS เช่น ความเร็วเฉลี่ยหรือระยะทางเฉลี่ยของรถยนต์ที่เก็บข้อมูลจาก GPS Logger กับอุปกรณ์ OBD ไปพร้อมๆกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ GPS Logger สามารถทำงานได้ค่อนข้างดีโดยบันทึกค่าออกมาใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากอุปกรณ์ OBD

### 4.3 สมการการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>)

จากข้อมูลรถทดสอบพบว่ารถยนต์คันที่สามารถเก็บข้อมูลได้น้อยที่สุดมีระยะทางประมาณ 200 กิโลเมตร เพื่อไม่ให้เกิดความเอนเอียงของข้อมูลจึงเลือกสุ่มนำข้อมูลของรถรถยนต์แต่ละคันมา คั่นละ 200 กิโลเมตร ในการสร้างแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

#### 4.3.1 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ความเร็วเฉลี่ย

เป็นแบบจำลองที่ใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยและค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมาหาค่าความสัมพันธ์กันซึ่งเป็นแบบจำลองทางด้านยานยนต์ที่นิยมใช้ในการอ้างอิง โดยจากข้อมูลความเร็วเราจะสร้างความสัมพันธ์ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8

สมการการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแบบ Average

$$Y = 0.00025699 + 0.000016267v - 2.4076 \times 10^{-7}v^2 + 2.09249 \times 10^{-9}v^3$$

สมการการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Average

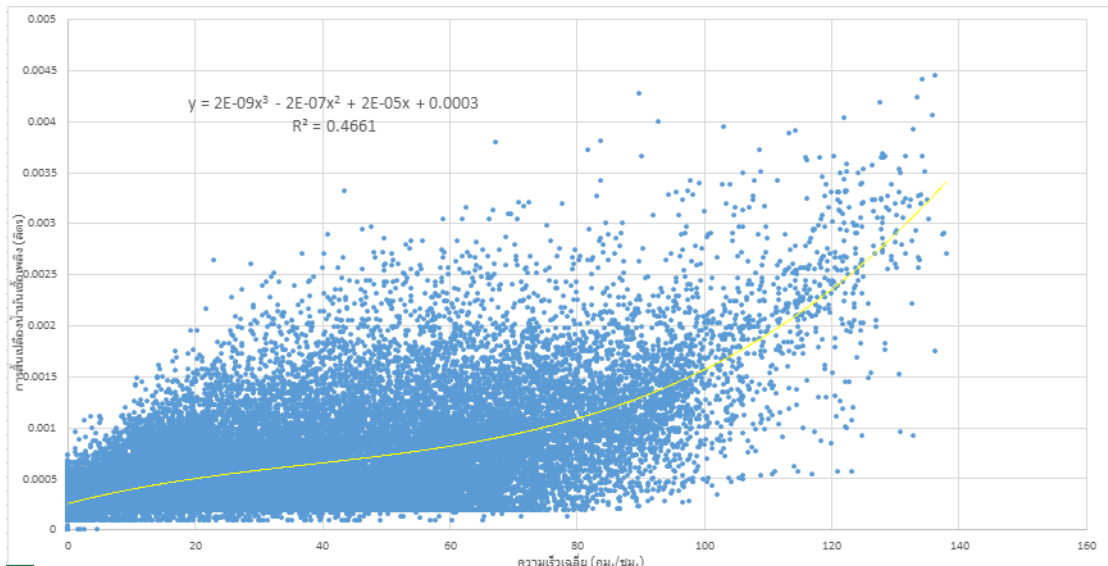
$$Y = 0.1144 + 0.054266383v - 0.0008974988v^2 + 0.00000613365v^3$$

\*แบบจำลองใช้ได้เฉพาะรถยนต์โตโยต้า วีออส ขนาดเครื่องยนต์ความจุ 1.6 ลิตรน้ำมันเชื้อเพลิง 91 และ 95

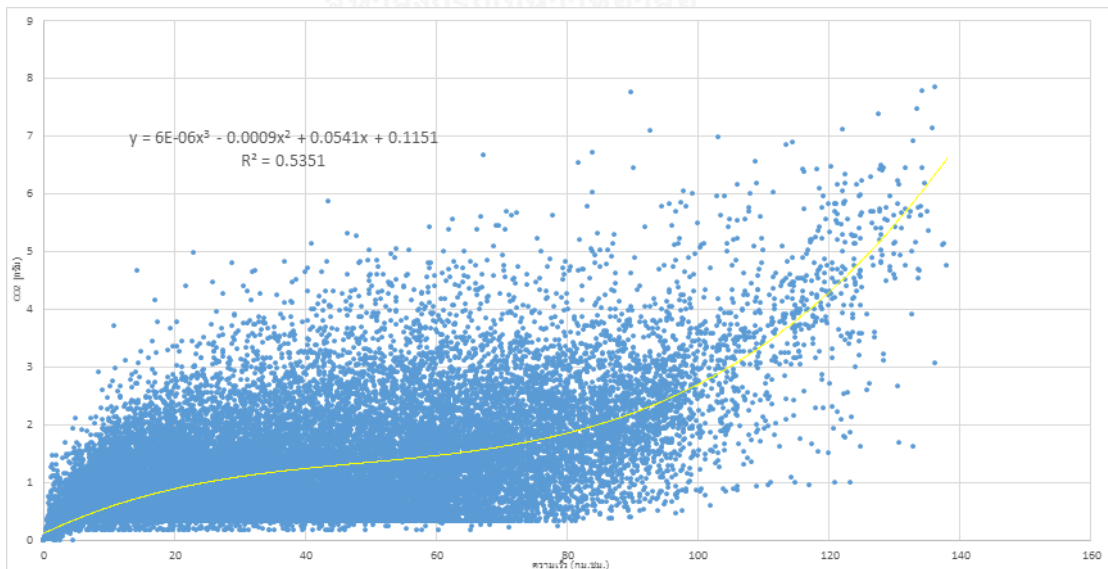
โดยที่ Y = การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (L/s) , การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (g/s)

a = ความเร่ง (km./hr\*sec)

v = ความเร็ว (km/hr)



รูปที่ 4.5 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ความเร็วเฉลี่ย



รูปที่ 4.6 แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ความเร็วเฉลี่ย

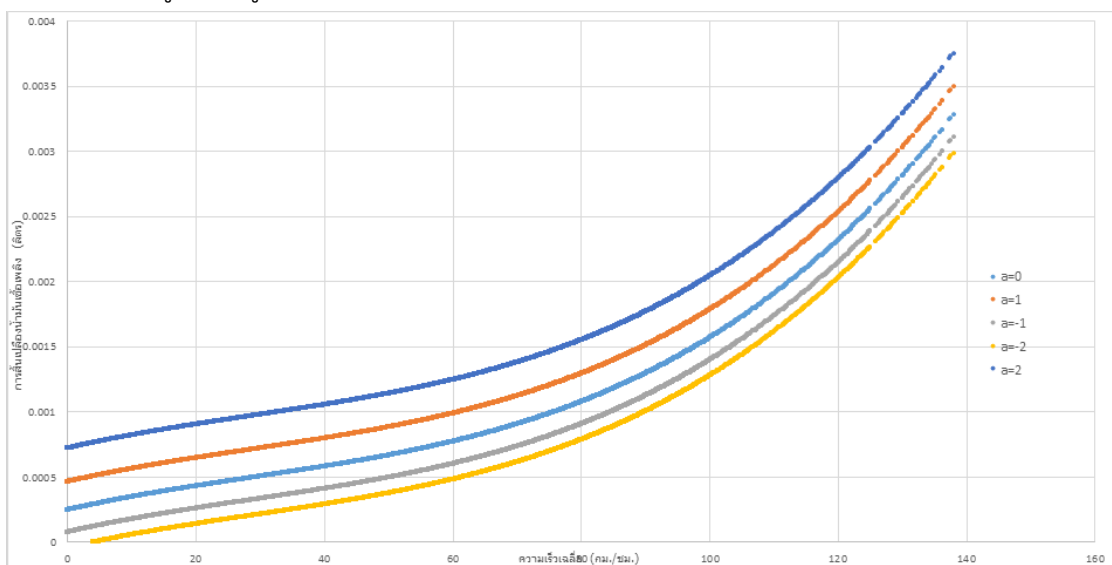
#### 4.3.2 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ความเร็วและความเร่ง

เป็นแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ค่าความเร็วและความเร่ง มาเป็นตัวแปรในแบบจำลอง เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณหา

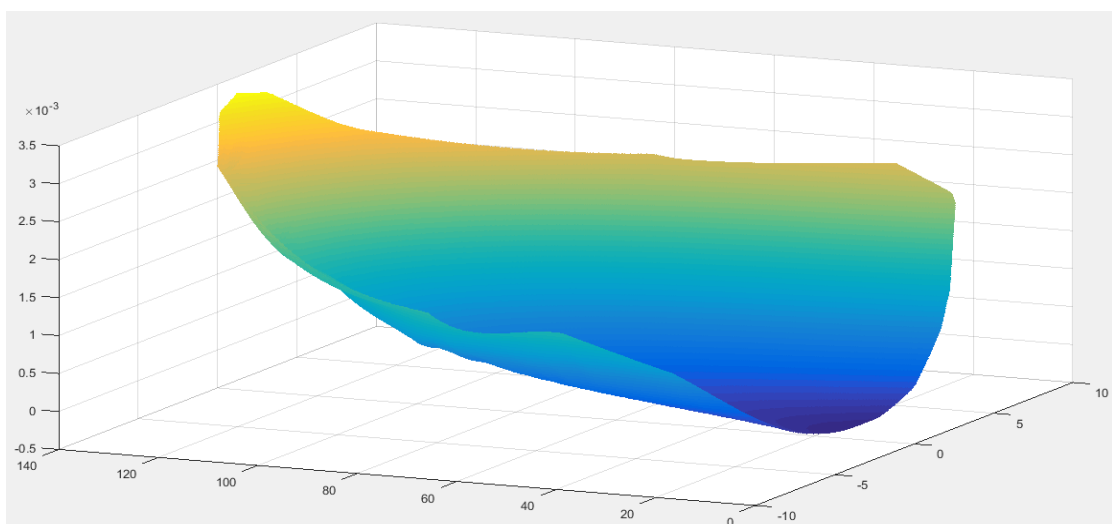
โดยสามารถสร้างแบบจำลองได้ดังนี้

$$Y = 0.0002478 + 0.00001118v + 0.0001941a - 1.316288 \times 10^{-7}v^2 + 0.00002299a^2 + 1.5197173 \times 10^{-9}v^3 - 7.383719 \times 10^{-7}a^3$$

โดย Y คือ การสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตร), v คือ ความเร็วทันทีที่ทันใด และ a คือ ความเร่ง ณ ขณะนั้น และแสดงเป็นรูปได้ในรูปที่ 4.7 และ 4.8



รูปที่ 4.7 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(2มิติ) โดยใช้ความเร็วต่าง ๆ แยกระดับความเร่ง

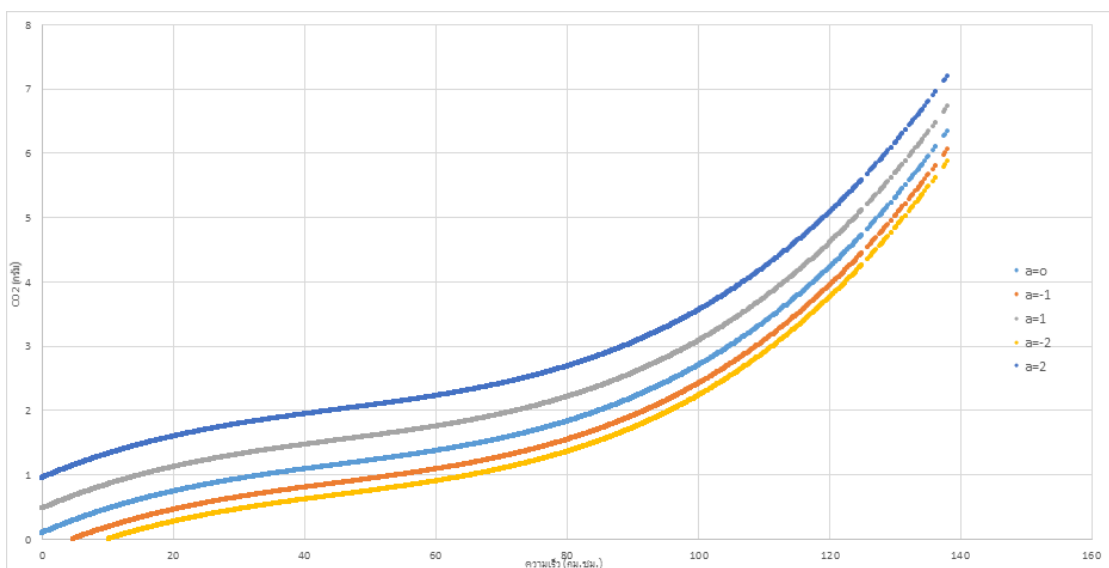


รูปที่ 4.8 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแบบสามมิติโดยใช้ความเร็วและความเร่ง

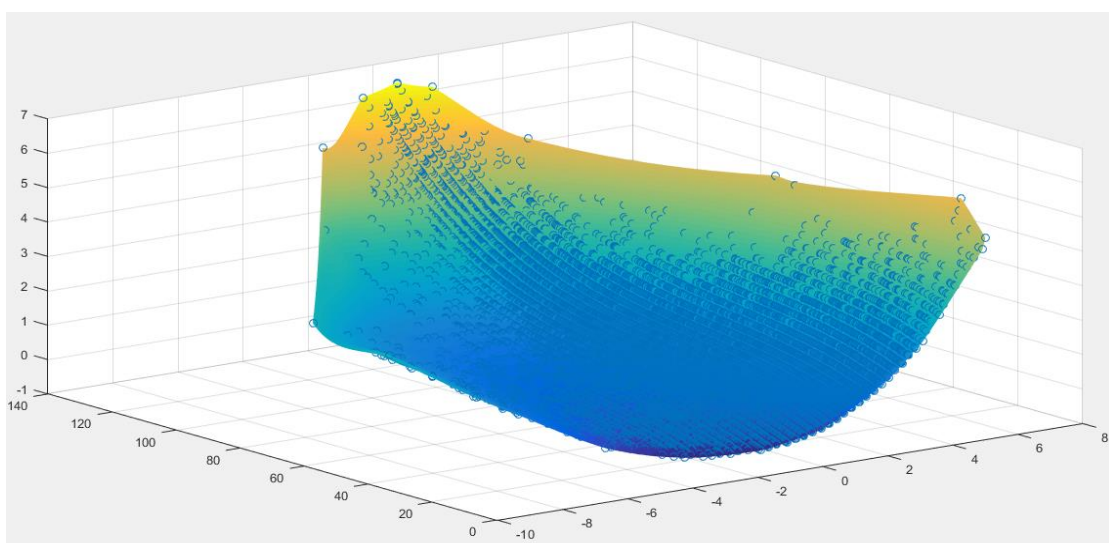
แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) ที่ใช้ค่าความเร็วและความเร่ง สามารถสร้างแบบจำลองได้ดังนี้

$$Y = 0.09439 + 0.04385v + 0.3329a - 0.000673v^2 + 0.048196a^2 + 4.9556 \times 10^{-6}v^3 - 0.0002376a^3$$

โดย Y คือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กรัม), v คือ ความเร็วทันทีทันใด และ a คือ ความเร่ง ณ ขณะนั้น และสามารถแสดงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก CO<sub>2</sub> กับความเร็วโดยที่แยกแต่ละช่วงความเร่งได้ดังแสดงในรูปที่ 4.9 และ 4.10



รูปที่ 4.9 แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก(2มิติ)โดยใช้ความเร็วต่าง ๆ แยกตามระดับความเร่ง



รูปที่ 4.10 แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบสามมิติโดยใช้ความเร็วและความเร่ง

จากนั้นได้สร้างแบบจำลองอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และ อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) ในแต่ละช่วงความเร็วและความเร่ง ซึ่งมีหน่วยเป็น ลิตรต่อวินาที และ กรัมต่อวินาทีตามลำดับ แบบจำลองนี้จะใช้ในการประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) เมื่อทราบความเร็ว ความเร่ง โดยสามารถคำนวณเป็นรายวินาที (หรือ ช่วงเวลาที่กำหนด) ผลการสร้างแบบจำลองแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

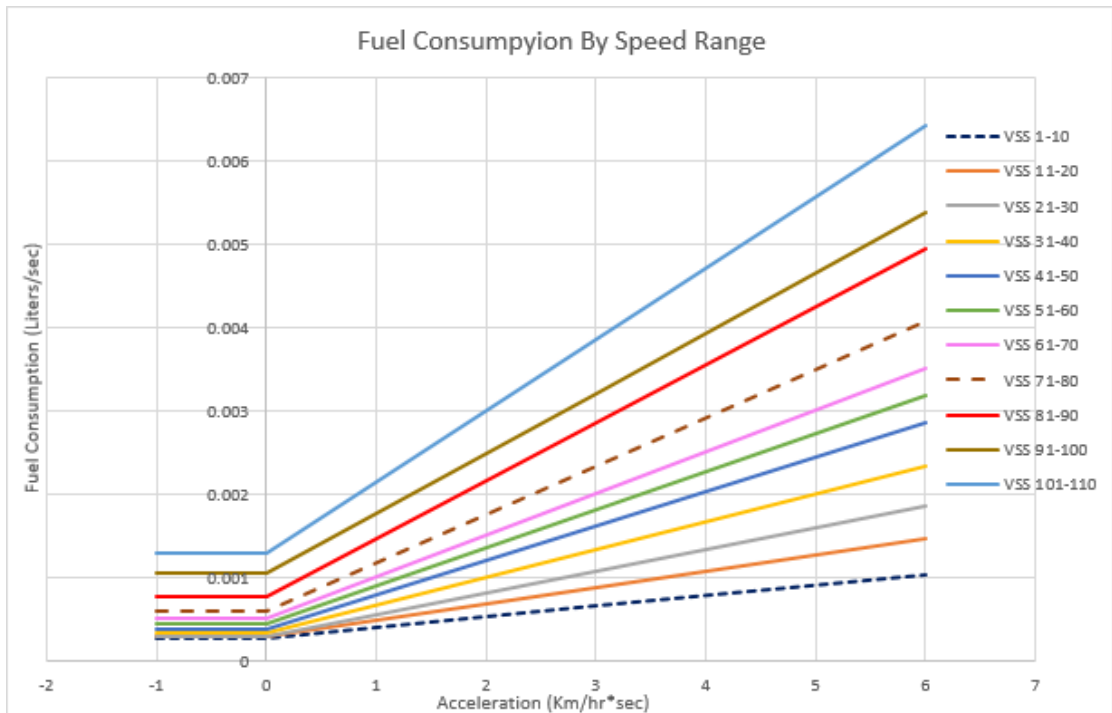
ตารางที่ 4. 3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละช่วงความเร็วและความเร่ง

ช่วงความเร็ว (กม./ชม.)	การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อวินาที)	
	ความเร่งน้อยกว่าหรือ เท่ากับ 0	ความเร่งมากกว่า 0
0-10	0.000278	FC1 = 0.000278 + 0.000127 A1
11-20	0.000297	FC2 = 0.000297 + 0.000195 A2
21-30	0.000303	FC3 = 0.000303 + 0.000258 A3
31-40	0.000331	FC4 = 0.000331 + 0.000333 A4
41-50	0.000370	FC5 = 0.000370 + 0.000414 A5
51-60	0.000441	FC6 = 0.000441 + 0.000457 A6
61-70	0.000508	FC7 = 0.000508 + 0.000500 A7
71-80	0.000599	FC8 = 0.000599 + 0.000579 A8
81-90	0.000773	FC9 = 0.000773 + 0.000695 A9
91-100	0.001043	FC10 = 0.001043 + 0.000722 A10
101-110	0.001297	FC11 = 0.001297+ 0.000855 A11

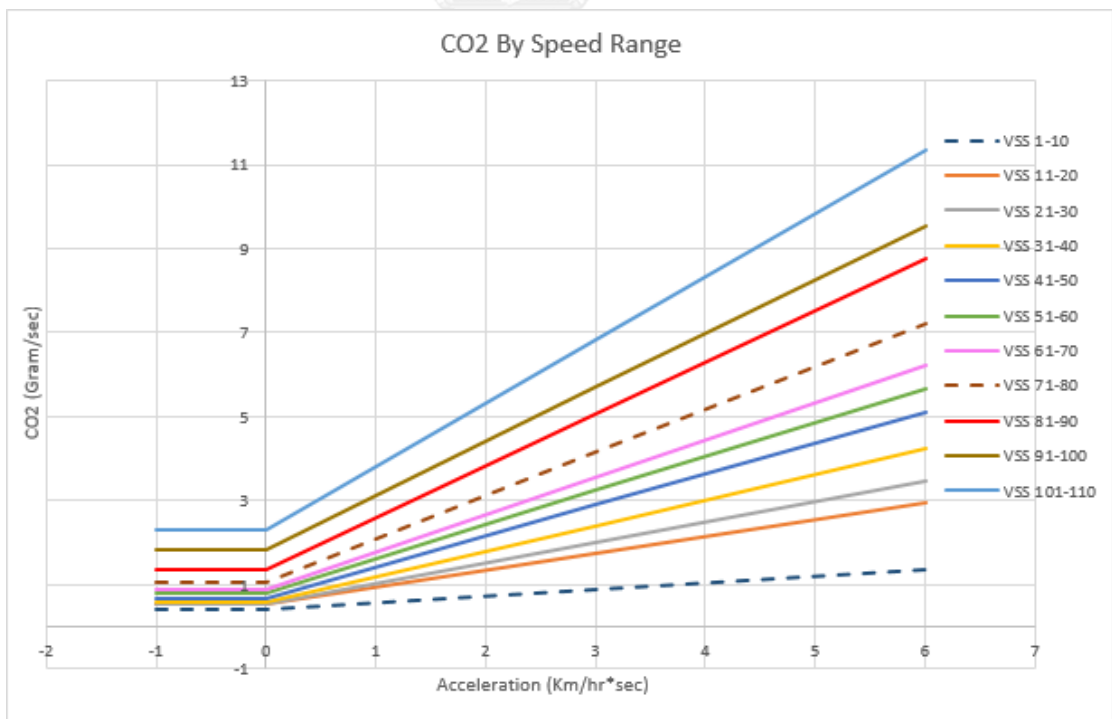
ตารางที่ 4.4 อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) ในแต่ละช่วงความเร็วและความเร่ง

ช่วงความเร็ว (กม./ชม.)	การปลดปล่อยก๊าซCO <sub>2</sub> (กรัมต่อวินาที)	
	ความเร่งน้อยกว่า 0	ความเร่งมากกว่า 0
0-10	0.416305	FC1 = 0.416305 + 0.159719 A1
11-20	0.558463	FC2 = 0.5584623 + 0.398818 A2
21-30	0.546202	FC3 = 0.546202 + 0.488692 A3
31-40	0.589447	FC4 = 0.589447 + 0.607295 A4
41-50	0.657983	FC5 = 0.657983 + 0.742610 A5
51-60	0.781281	FC6 = 0.781281 + 0.817011 A6
61-70	0.897034	FC7 = 0.897034 + 0.890225 A7
71-80	1.057036	FC8 = 1.057036 + 1.026612 A8
81-90	1.364532	FC9 = 1.364532 + 1.233696 A9
91-100	1.839783	FC10 = 1.839783 + 1.282031 A10
101-110	2.289500	FC11 = 2.289500+ 1.511433 A11

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 และ รูปที่ 4.13 และ 4.14 จะสามารถหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) ได้ตามช่วงความเร็วต่างๆ โดยใช้ค่าอัตราเร่ง เห็นว่าตัวแปรที่ใช้แทนในสมการ เนื่องด้วยค่าความเร่ง มีผลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) เป็นอย่างมาก และ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในช่วงที่มีความเร่ง และมีค่าคงที่ในช่วงที่ไม่มีความเร่ง หรือ มีความหน่วง แบบจำลองนี้สะท้อนถึงการใช้น้ำมันและปลดปล่อย CO<sub>2</sub>จริงได้ดี กล่าวคือ ในช่วงเร่งแซงจะทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันและปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>มาก เมื่อผ่อนคันเร่งหรือเบรค จะมีสิ้นเปลืองน้ำมันและปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>น้อยมาก (ตัดการส่งน้ำมันเข้าเครื่องยนต์)



รูปที่ 4.11 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละช่วงความเร็ว



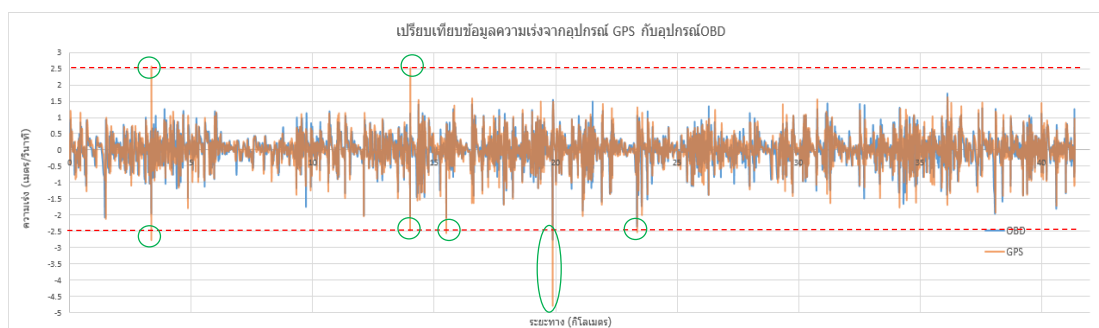
รูปที่ 4.12 อัตราการการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>ในแต่ละช่วงความเร็ว



จากรูปที่ 4.11 และ 4.12 เราสามารถหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้ โดยแทนอัตราเร่งลงในสมการ โดยใช้ช่วงความเร็วที่สอดคล้องกัน เช่น ที่ช่วงความเร็ว 0-10 km/hr. ใช้สมการ FC1 เป็นต้น

#### 4.4 ลักษณะความคลาดเคลื่อนที่ได้ข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS Logger

##### 4.4.1 ความคลาดเคลื่อนของความเร่ง

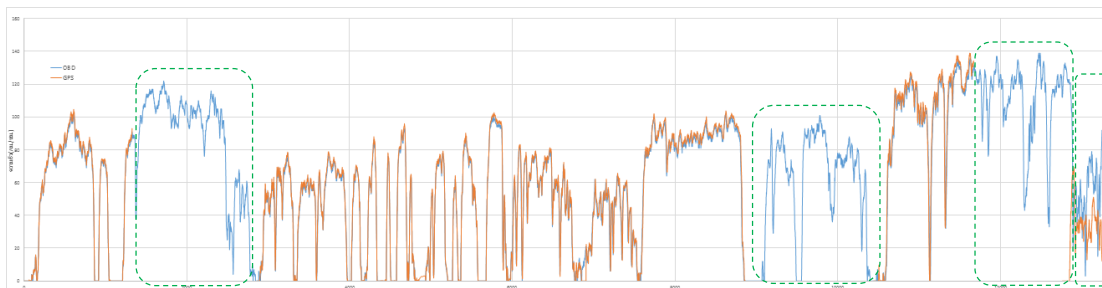


รูปที่ 4.13 ตัวอย่างความเร่งที่ได้จากอุปกรณ์ GPS Logger และ OBD

จากข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS Logger เราจะพบว่าความความเร่งที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง อันจะสังเกตได้จากรูปที่ 4.13 ที่เส้นประสีแดงซึ่งเห็นได้ว่าข้อมูลจาก GPS Logger หลายค่ามากกว่าข้อมูลจาก OBD ที่มีการรายงานเกินเส้นสีแดง และสามารถตรวจสอบความเร่งที่เป็นไปได้จริงจาก Arpan (Mehtar, Chandra et al. 2013) ซึ่งพบว่าความเร่งและหน่วงสูงสุดในการขับเคลื่อนความเป็นจริงในท้องถนนจะไม่เกิน  $2.5 \text{ m/s}^2$

ดังนั้นการนำไปใช้งานเพื่อป้องกันการการคลาดเคลื่อนจึงจะมีการตัดค่าความเร่ง-หน่วงที่สูงเกินกว่า  $2.5 \text{ m/s}^2$  ออกก่อนนำไปใช้การวิเคราะห์ต่อไป

#### 4.4.2 ความคลาดเคลื่อนจากการขาดหายของข้อมูล

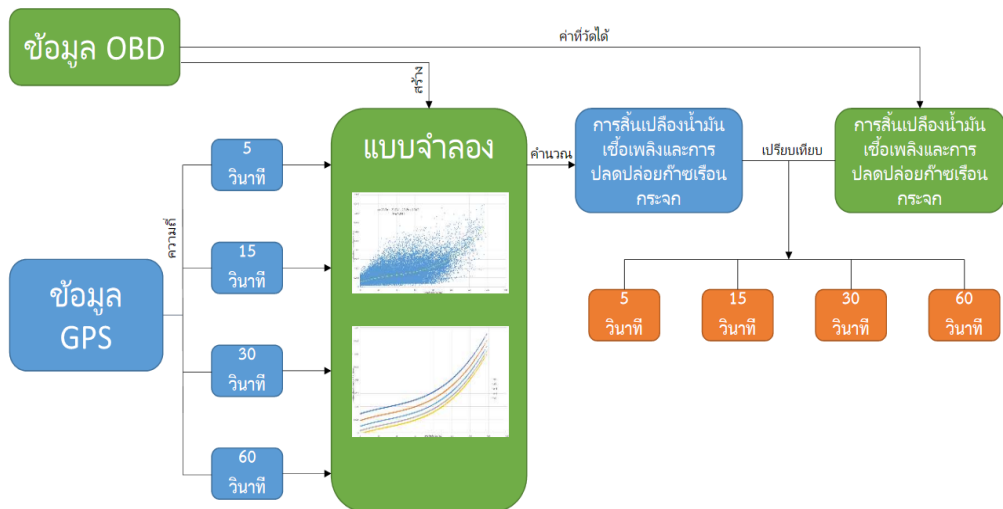


รูปที่ 4.14 ตัวอย่างข้อมูลการเคลื่อนที่ได้จากอุปกรณ์ GPS Logger และ OBD

จากการเปรียบเทียบข้อมูลการเคลื่อนที่ (ความเร็ว) ที่ได้จากทั้งสองอุปกรณ์ จะพบว่าข้อมูลบางส่วนมีการขาดหายของข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS Logger ในบางช่วงของรถทุกๆคัน ซึ่งจะเห็นได้จากตัวอย่างรูปที่ 4.14 ว่ามีบางช่วงในการเคลื่อนที่มีการขาดหายไป ซึ่งอาจจะเป็นไปได้จากการที่อุปกรณ์ทำงานผิดพลาดรวมถึงการอยู่ในสถานที่อับสัญญาณของ GPS

#### 4.5 การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS

ในส่วนการหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะคำนวณหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> จริงโดยนำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ OBD ในช่วง 5 วินาที มาสร้างแบบจำลอง Instantaneous Speed  $f(v,a)$  และ Average Speed  $f(v)$  ใช้เป็นค่าเปรียบเทียบความถูกต้องและคำนวณหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> โดยให้นำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS โดยนำข้อมูลในช่วงเวลา 5, 15, 30 และ 60 วินาทีโดยใช้แบบจำลอง Instantaneous Speed  $f(v,a)$  และ Average Speed  $f(v)$  ที่ได้สร้างไว้แล้ว โดยสามารถสรุปขั้นตอนในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 กรอบการวิเคราะห์การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

#### 4.5.1 การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงรายคัน

ผลการวิเคราะห์หาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง แบ่งคำนวณทุกๆ 1 กม ของการแล่นโดยใช้ข้อมูล GPS หลากหลายช่วงความถี่ข้อมูล แยกเป็นรายคัน แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้ข้อมูล GPS ที่มีความถี่และวิธีต่างๆกัน

Car No.	Interval		Fuel Consumption	Total Distance	%Diff Distance	Fuel Consumption (Liter/100km)	%Diff Fuel consumption
5	5 วินาที	OBD	2.01	34.41	0.00%	5.85	0.00%
		INST	2.09	34.58	0.49%	6.05	3.24%
		AVG	2.08	34.58	0.49%	6.02	2.87%
	15 วินาที	OBD	0.64	11.48	0.00%	5.58	0.00%
		INST	0.65	11.54	0.51%	5.63	1.00%
		AVG	0.70	11.54	0.51%	6.02	7.38%
	30 วินาที	OBD	0.31	5.75	0.00%	5.45	0.00%
		INST	0.32	5.78	0.51%	5.46	0.35%
		AVG	0.35	5.78	0.51%	6.02	9.59%
	60 วินาที	OBD	0.15	2.88	0.00%	5.33	0.00%
		INST	0.15	2.89	0.53%	5.34	0.18%
		AVG	0.17	2.89	0.53%	6.02	11.43%

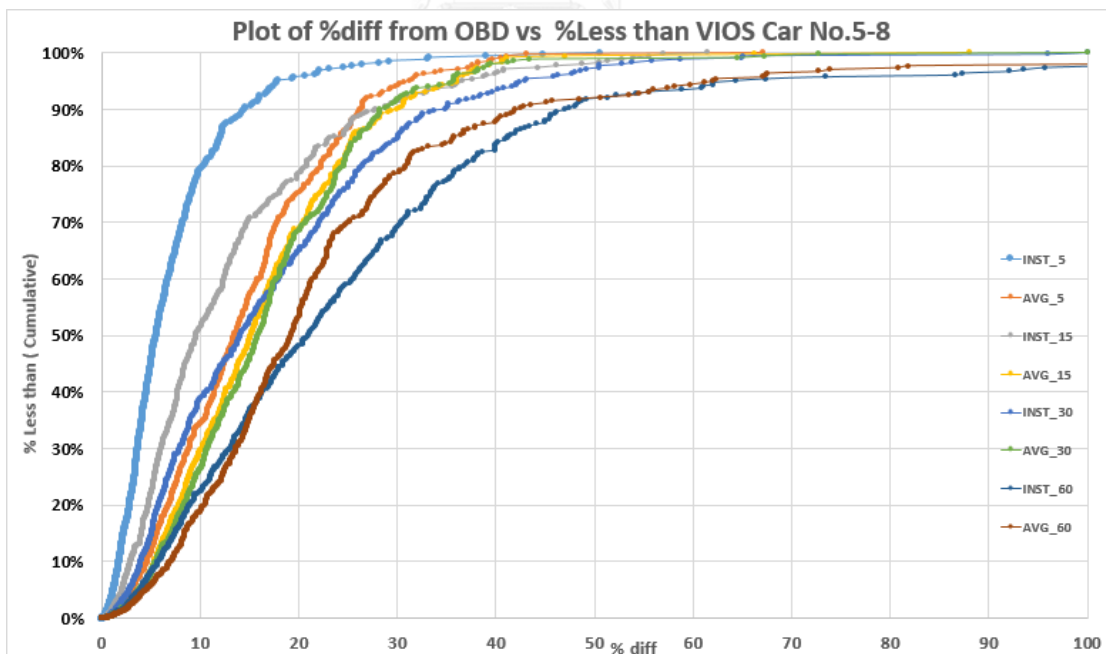
Car No.	Interval		Fuel Consumption (liter)	Total Distance	%Diff Distance	Fuel Consumption (Liter/100km)	%Diff Fuel consumption
6	5 วินาที	OBD	1.61	26.98	0.00%	5.98	0.00%
		INST	1.67	27.57	2.14%	6.05	1.26%
		AVG	1.55	27.57	2.14%	5.61	6.55%
	15 วินาที	OBD	0.53	8.97	0.00%	5.87	0.00%
		INST	0.54	9.17	2.14%	5.94	1.25%
		AVG	0.51	9.17	2.14%	5.61	4.57%
	30 วินาที	OBD	0.26	4.52	0.00%	5.78	0.00%
		INST	0.27	4.62	2.15%	5.86	1.26%
		AVG	0.26	4.62	2.15%	5.60	3.20%
	60 วินาที	OBD	0.13	2.26	0.00%	5.68	0.00%
		INST	0.13	2.31	2.14%	5.74	1.08%
		AVG	0.13	2.31	2.14%	5.60	1.29%
7	5 วินาที	OBD	2.81	41.14	0.00%	6.82	0.00%
		INST	2.82	41.34	0.48%	6.83	0.13%
		AVG	2.87	41.34	0.48%	6.95	1.79%
	15 วินาที	OBD	0.89	13.73	0.00%	6.51	0.00%
		INST	0.90	13.79	0.48%	6.54	0.44%
		AVG	0.96	13.79	0.48%	6.95	6.25%
	30 วินาที	OBD	0.44	6.86	0.00%	6.37	0.00%
		INST	0.44	6.90	0.48%	6.38	0.17%
		AVG	0.48	6.90	0.48%	6.95	8.26%
	60 วินาที	OBD	0.22	3.43	0.00%	6.27	0.00%
		INST	0.22	3.45	0.48%	6.28	0.18%
		AVG	0.24	3.45	0.48%	6.95	9.71%
8	5 วินาที	OBD	2.18	33.72	0.00%	6.48	0.00%
		INST	2.23	34.00	0.82%	6.57	1.43%
		AVG	2.19	34.00	0.82%	6.43	0.77%
	15 วินาที	OBD	0.70	11.25	0.00%	6.25	0.00%
		INST	0.72	11.34	0.76%	6.33	1.16%
		AVG	0.73	11.34	0.76%	6.43	2.75%
	30 วินาที	OBD	0.34	5.63	0.00%	6.13	0.00%
		INST	0.35	5.67	0.76%	6.17	0.72%
		AVG	0.36	5.67	0.76%	6.43	4.68%
	60 วินาที	OBD	0.17	2.81	0.00%	6.03	0.00%
		GPS	0.17	2.84	0.76%	6.06	0.52%
		AVG	0.18	2.84	0.76%	6.43	6.18%

จากตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จากข้อมูล OBD และ GPS (Instantaneous Speed  $f(v,a)$  และ Average Speed  $f(v)$ ) ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าหากดูข้อมูลที่ใช้แบบจำลอง Instantaneous Speed ส่วนใหญ่จะให้ค่าที่ดีกว่า Average Speed  $f(v)$  ที่มีการแบ่งช่วงเวลาต่างๆอย่างชัดเจน กล่าวคือ มีความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อเทียบกับค่าที่คำนวณจาก OBD น้อยและแนวโน้มการทำนายในความละเอียดของช่วงเวลาที่สูงจะให้ความแม่นยำที่ดี

- แบบจำลอง Instantaneous Speed ช่วง %ความแตกต่างอยู่ที่ประมาณ 0.13 - 3.24%
- แบบจำลอง Average Speed ช่วง %ความแตกต่างอยู่ที่ประมาณ 0.77 - 11.43%

#### 4.5.2 ความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อใช้ข้อมูล GPS ที่ช่วงความถี่ข้อมูลต่างๆ

เพื่อแสดงค่าความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการใช้ข้อมูล GPS ที่ช่วงความถี่ต่างๆ เทียบกับ ค่าจาก OBD จึงได้รวมข้อมูลของรถทดสอบทุกคัน และ หาช่วง%ความแตกต่างของค่าทั้งสองนำมาแสดงได้ในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเทียบกับค่าจาก OBD กับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลจากรถทดสอบทุกคัน

รูปที่ 4.16คือการนำข้อมูลการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงรวมทั้งหมดทุกคันมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่าง(ความถูกต้อง) ของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเทียบกับค่าจาก OBD กับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูล

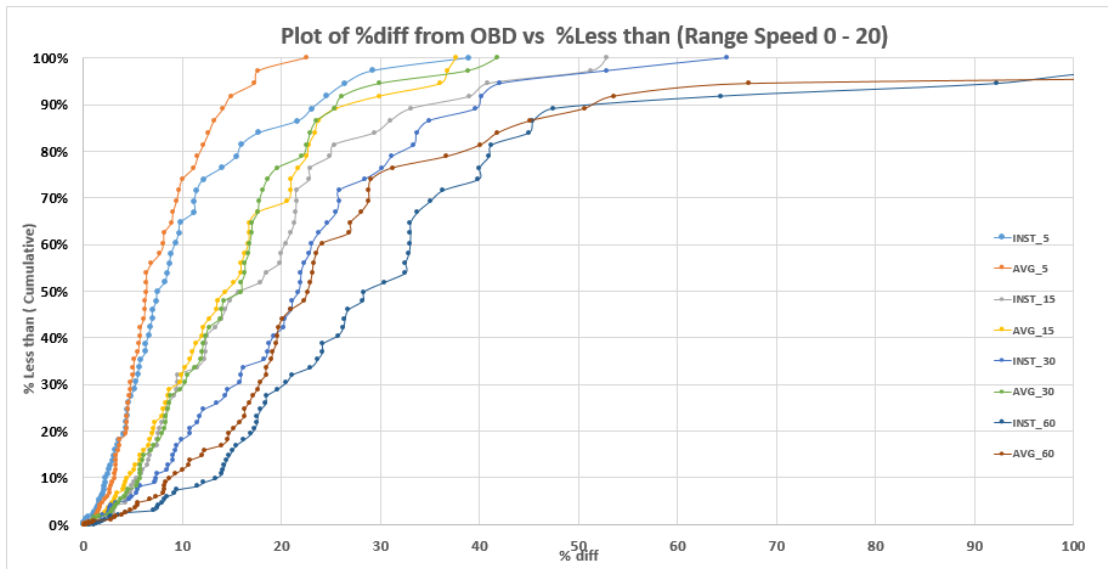
ในรูปกราฟจะเป็นการแสดงลักษณะความถูกต้องของข้อมูล เช่น การอ่านค่าในแกนY ที่จำนวนข้อมูลสะสม 90% พบว่าค่าที่คำนวณจากสมการ Instantaneous ที่ใช้ความถี่ของข้อมูล GPS ทุก 5 วินาทีจะมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน10% รองลงมาคือค่าที่คำนวณแบบ Average ที่ใช้ความถี่ของข้อมูล GPS ทุก 5 วินาที จะมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 20% ถัดมาคือ ค่าที่คำนวณจากแบบจำลอง Instantaneousที่ใช้ความถี่ของข้อมูล GPS ทุก 15 วินาที มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 30% และค่า Instantaneousที่ใช้ความถี่ของข้อมูล GPS ทุก 30 วินาที มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 32% และ ค่าที่คำนวณแบบ Instantaneousที่ใช้ความถี่ของGPS60 วินาที มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 33% ส่วนค่าที่คำนวณแบบ average ที่ใช้ความถี่ของข้อมูล GPS ทุก 1530 60 วินาที ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าหรือเท่ากับ 35%

จากรูปที่ 4.16เป็นสิ่งยืนยันว่าการคำนวณหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จากข้อมูล GPS ที่มีความถี่สูง และใช้แบบจำลองที่ใช้ทั้งความเร็ว ความเร่งในการคำนวณ Instantaneous ให้ค่าที่ถูกต้องมากขึ้น

#### 4.5.3 ความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ช่วงความเร็วต่างๆ

หลังจากที่ได้ตรวจสอบความแตกต่างของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงรวม เมื่อใช้ข้อมูล GPS ที่ช่วงความถี่ข้อมูลและวิธีต่างๆ ในหัวข้อ 4.5.2 ไปแล้วนั้น มีสมมติฐานที่ว่าค่าการประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อาจมีค่าความถูกต้องที่ไม่เท่ากันตลอดช่วงความเร็ว เหตุผล คือ ในแต่ละช่วงความเร็วจะมีสภาพการขับซึ่งจริงแตกต่างกัน โดยที่ความเร็วต่ำอาจการติดขัดของการจราจร การขับในช่วงที่มีสิ่งรบกวนหรือข้อบังคับ เช่น สัญญาณไฟจราจร หรือ รถจอด/รถเสีย ทำให้พฤติกรรมผู้ขับซึ่งเช่นการเร่ง แชนг ชะลอ แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะการขับซึ่งจะไม่เหมือนกันตลอดทุกช่วงความเร็ว อาจทำให้ความถูกต้องของการประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแตกต่างกันไปด้วย งานในส่วนนี้จึงวิเคราะห์รายละเอียดในเรื่องความถูกต้องหรือ%ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงพิจารณาในแต่ละช่วงของความเร็ว และได้ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4.17

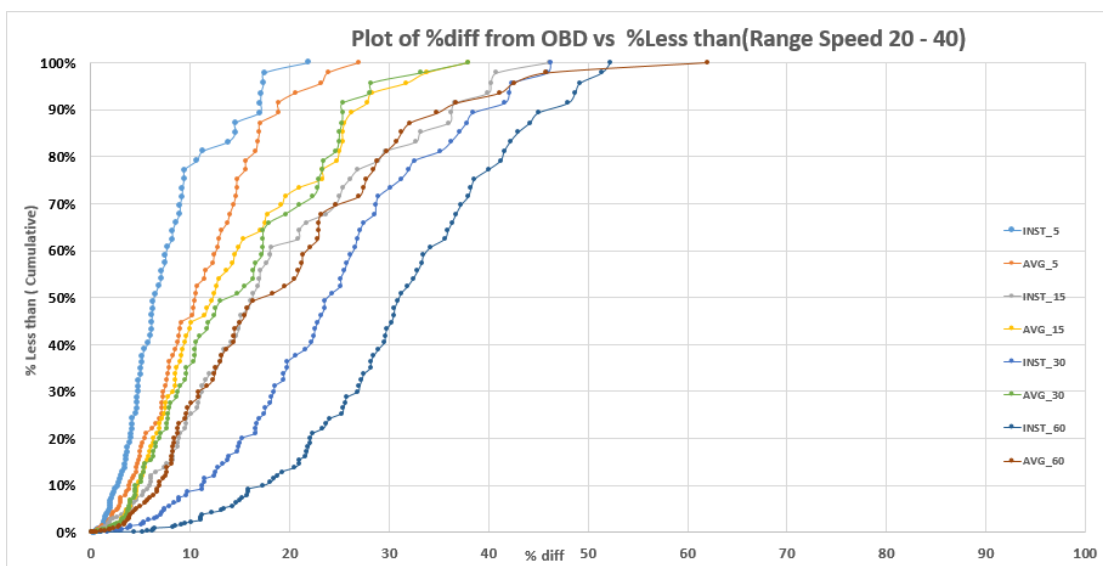
ลักษณะกราฟในรูปที่ 4.17นี้แกนYจะเป็นตัวแทนของปริมาณข้อมูลสะสม แกนX เป็นระดับความคลาดเคลื่อน (%diff คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ของค่าประมาณที่แตกต่างจากค่าจาก OBD)



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กับ % ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม.

จากข้อมูลที่ช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม. นั้น พบว่า ความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่คำนวณจากข้อมูลที่มีความถี่ที่ต่ำลงยิ่งจะมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลมากขึ้น ค่าจากแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Instantaneous กับ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Average ไม่มีการบอกแนวโน้มว่าแบบไหนดีกว่ากันอย่างไรอย่างชัดเจน

ตัวอย่างการอ่านค่าที่ระดับจำนวนข้อมูลสะสมที่ 70% จะพบค่าดังนี้ ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Instantaneous ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS ทุก 5 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 11% , ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Average ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS 5 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 10%, ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Instantaneous ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS ทุก 15 30 60 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 21%, 25%, 35% ตามลำดับ ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Average ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS 15 30 60 วินาทีจะ 20%, 19%, 28% ตามลำดับ

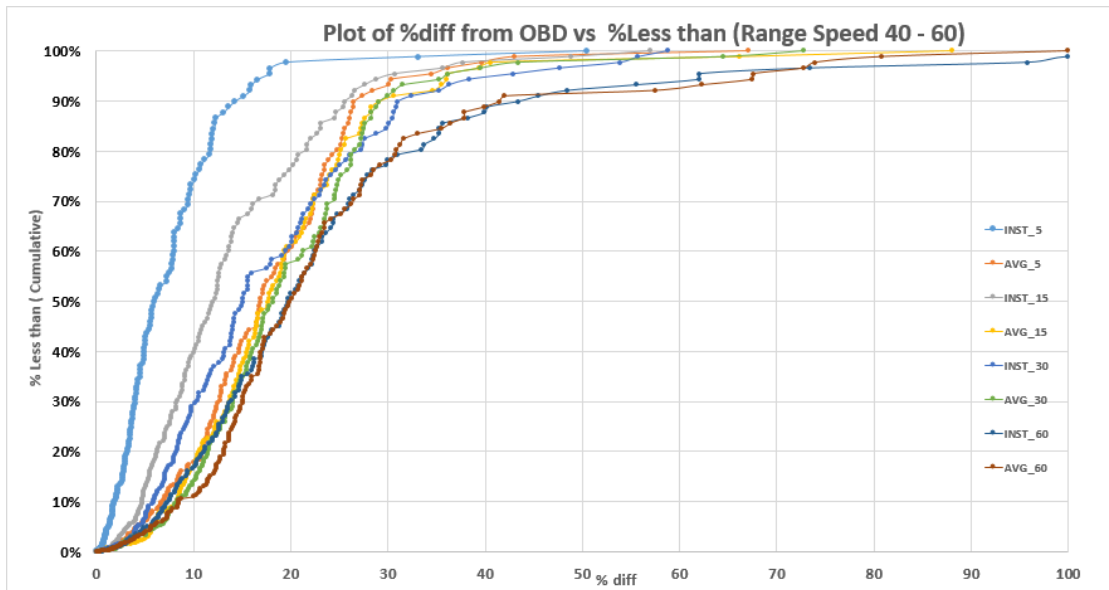


รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว 20-40 กม./ชม.

จากรูปที่ 4.18 ซึ่งสร้างจากข้อมูลที่ช่วงความเร็ว 20-40 กม./ชม.พบว่า ความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่คำนวณจากข้อมูลที่มีความถี่ที่ต่ำลงยิ่งจะมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลมากขึ้น ค่าจากแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Instantaneous กับ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Average ไม่มีการบอกแนวโน้มว่าแบบไหนดีกว่ากันอย่างไรอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม.

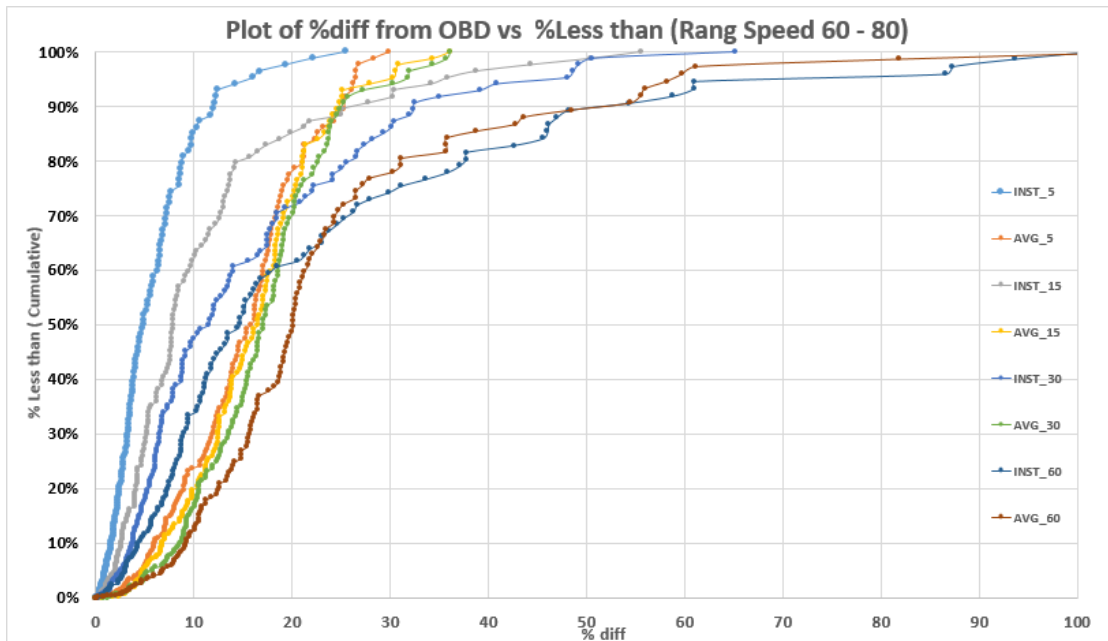
ตัวอย่างการอ่านค่าที่ระดับจำนวนข้อมูลสะสมที่ 70% จะพบค่าดังนี้ ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Instantaneous ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS ทุก 5 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 9% , ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Average ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS 5 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 15%, ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Instantaneous ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS ทุก 15 30 60 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 25%, 28%, 38% ตามลำดับ ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง Average ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS 15 30 60 วินาทีจะ 19%, 21%, 28% ตามลำดับ





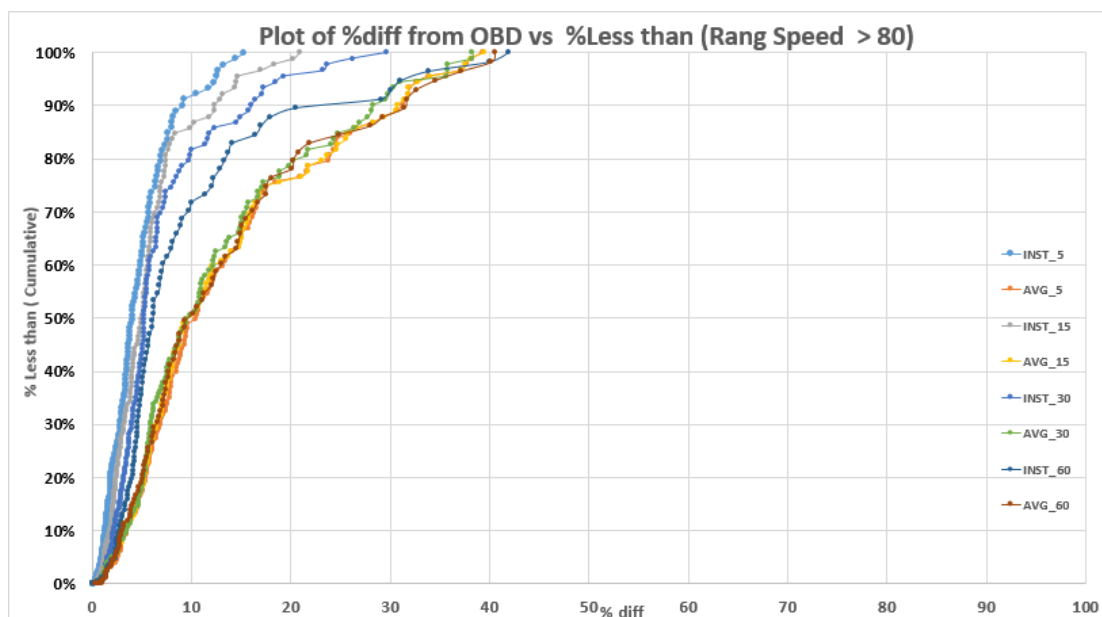
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว 40-60 กม./ชม.

จากข้อมูลที่ช่วงความเร็ว 40-60 กม./ชม. จากรูปที่ 4.19 จะสังเกตเห็นว่า ความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่คำนวณจากข้อมูลทุกช่วงความถี่ข้อมูลของแบบ Instantaneous ช่วงความถี่ทุกๆ 5 วินาทีที่มีความถูกต้องที่ชัดเจนเมื่อดูที่จำนวนข้อมูลสะสมที่ 90% จะมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 12% ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ข้อมูล GPS ช่วงความถี่อื่นๆ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 20-30% ยกเว้นข้อมูลที่ใช้ความถี่ที่ 60 วินาทีที่จะมีค่าเกิน 40%



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กับ % ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม.

จากข้อมูลที่ช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม. จากรูปที่ 4.20 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่คำนวณจากข้อมูลทุกช่วงความถี่ข้อมูลของแบบ Instantaneous ช่วงความถี่ทุกๆ 5 15 30 วินาทีที่มีความถูกต้องมากกว่าค่าจากแบบจำลอง Average และ มีค่าความถูกต้องที่ดี กล่าวคือ ความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่คำนวณจากข้อมูลทุกช่วงความถี่ข้อมูลของแบบ Instantaneous ช่วงความถี่ทุกๆ 5 วินาทีที่มีความถูกต้องที่ชัดเจนเมื่อดูที่จำนวนข้อมูลสะสมที่ 90% จะมีค่าความผิดพลาดแค่ 13% แต่พบว่า Average ที่ความถี่ 5 15 30 วินาที เส้นจะมีค่าจับกลุ่มใกล้เคียงกันมากๆ



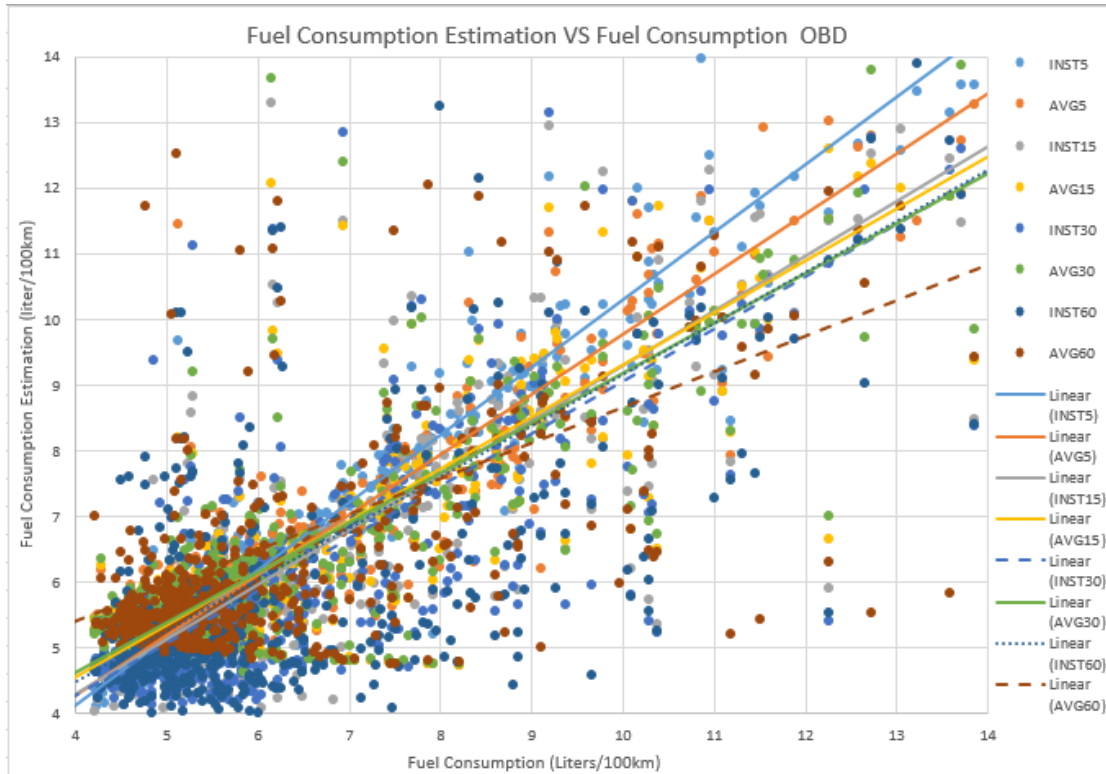
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กับ % ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม.

จากข้อมูลในช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม. จากรูปที่ 4.21 สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่คำนวณจากข้อมูลทุกช่วงความถี่ข้อมูลของแบบ Instantaneous แสดงค่าที่ตีเรียงจากดีที่สุดไปหาน้อยที่สุด ที่ความถี่ 5 15 30 60 วินาที และ ทุกข้อมูลทุกช่วงความถี่ข้อมูลที่คำนวณโดยใช้แบบจำลอง Instantaneous ยังแสดงค่าออกมาได้ดีกว่าค่า จากแบบจำลอง Average ซึ่งทุกความถี่ของค่าที่ได้จากแบบจำลอง Average จะจับกลุ่มกัน ตัวอย่างเช่น ที่จำนวนข้อมูลสะสมที่ 90% ความถูกต้องของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ แบบจำลอง Instantaneous จะมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 8% ซึ่งค่าที่ได้จากแบบจำลอง Average ที่ใช้ข้อมูลช่วงความถี่อื่นๆ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 30-40%

#### 4.5.4 ความแตกต่างของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อใช้ข้อมูล GPS กับค่าจาก OBD ทุกช่วง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ในส่วนนี้เราจะนำค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจาก GPS มาเปรียบเทียบกับค่าการ สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จากอุปกรณ์ OBD โดยคิดเป็นข้อมูล ทุกๆ 1 กิโลเมตรของการแล่น ของรถโดยใช้ความถี่ข้อมูล GPS ที่ 5 15 30 60 วินาทีดังแสดงในรูปที่ 4.22 โดย แกน X จะเป็นค่าที่ วัดได้จากอุปกรณ์ OBD และแกน Y จะเป็นค่าที่มาจาก การคำนวณ

ในรูปที่ 4.17 จะเป็นการแสดงภาพรวมในทุกๆ ช่วงความเร็ว และรูปที่ 4.23 ถึง รูปที่ 4.27 เป็นการแสดงการแบ่งช่วงความเร็วที่ 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, และมากกว่า 80 กม.ต่อชม.



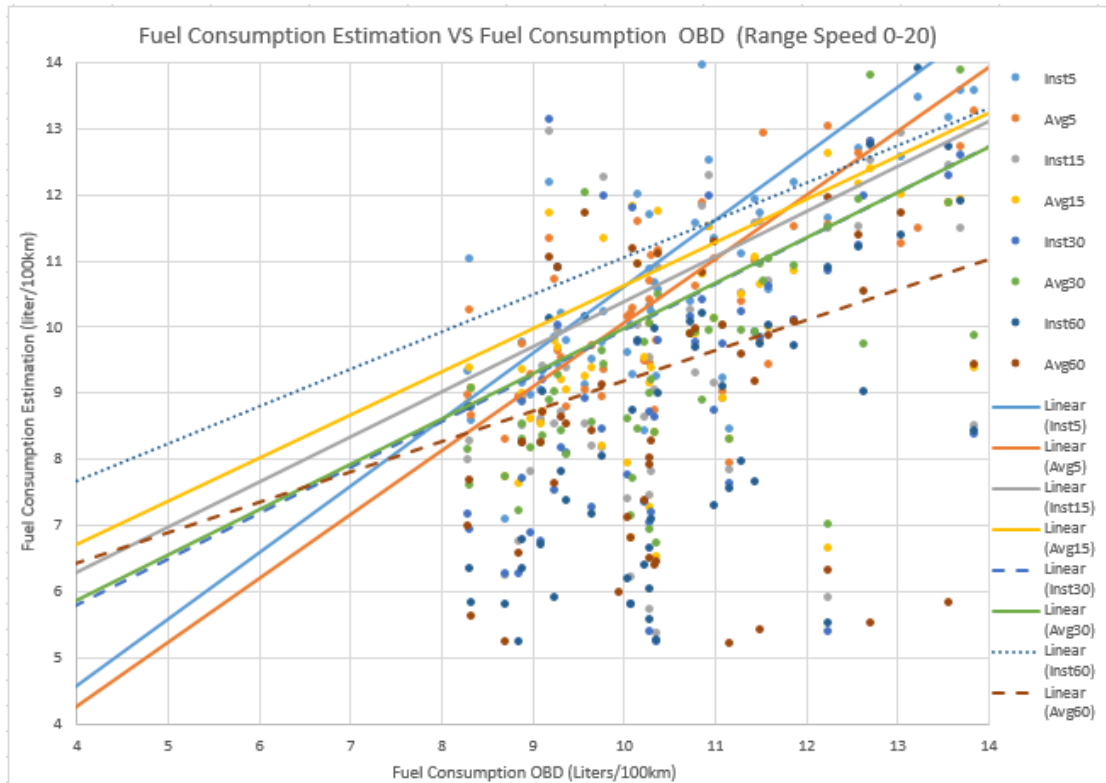
รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จากข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จาก OBD (รวมรถทดสอบทุกคัน)

ตารางที่ 4.6 ความชันจากแต่ละสมการจากรูปที่ 4.24

	ช่วงความเร็ว			
	5 วินาที	15 วินาที	30 วินาที	60 วินาที
Instantaneous	1.0282	0.8326	0.7969	0.779
Average	0.916	0.7917	0.7595	0.5423

จากรูปที่ 4.22 จะเห็นว่าค่าสมการที่มีการทำมุมเอียงได้ 45 องศาหรือแสดงค่าความชันที่ใกล้เคียง 1.0 จะหมายถึงว่ามีถูกต้องในการให้คำตอบ โดยสังเกตเห็นว่าข้อมูลจาก Instantaneous และตามมาด้วย Average ช่วงความเร็วที่ 5 วินาที จะสามารถหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้แม่นยำ เมื่อพิจารณาความถูกต้องที่เกิดขึ้นจากราคาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่คำนวณจากข้อมูล GPS ช่วงความเร็วต่างๆพบว่า ยิ่งใช้ข้อมูล GPS ความถี่สูงก็จะให้ค่าที่ถูกต้องและผลที่ชัดเจนอีกประการหนึ่ง คือสมการ Instantaneous มีความถูกต้องกว่า Average ในทุกช่วงความเร็วที่ค่าต่างๆ ความชัน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคำนวณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จาก OBD ดังแสดงในตารางที่ 4.6



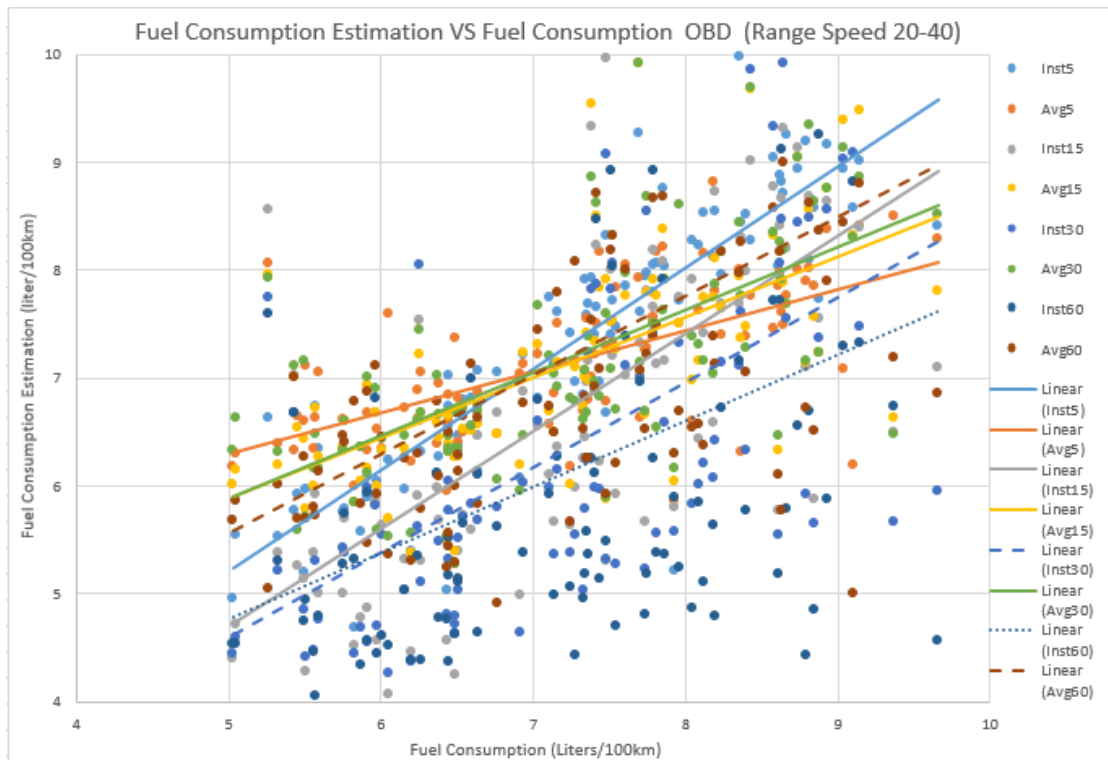
รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จากข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จาก OBD ในช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม.

ตารางที่ 4.7 ความชันในช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม.

	ช่วงความถี่			
	5 วินาที	15 วินาที	30 วินาที	60 วินาที
Instantaneous	1.0043	0.6806	0.6919	0.5626
Average	0.9646	0.6513	0.644	0.4588

หากพิจารณาเฉพาะช่วงความเร็วที่ 0-20 กม./ชม. เพื่อดูลักษณะของความถูกต้องของข้อมูล ประกอบกับตารางที่ 4.7 จะเห็นว่า ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่คำนวณจากแบบจำลอง Instantaneous ที่ความถี่ทุก ๆ 5 วินาทีจะมีความถูกต้องและมีค่าดีกว่าค่าจากแบบจำลอง Average เล็กน้อย แต่คำนวณค่าจากข้อมูลที่มีความถี่น้อยกว่าทุก ๆ 15 วินาทีขึ้นไป พบว่าค่าความชันต่างกับค่าความชันที่ความถี่ 5 วินาทีมากกว่า 40% ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก ในช่วงความเร็วนี้

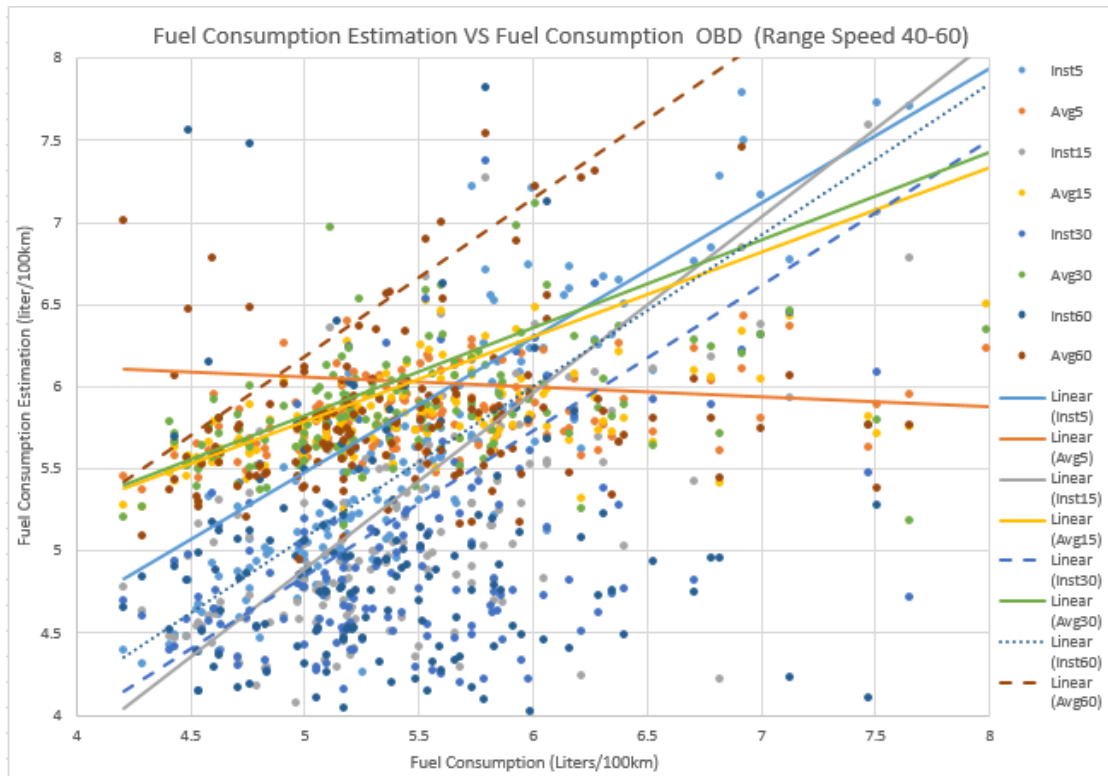
พบว่า ค่าการคำนวณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้แบบจำลอง Instantaneous จะยังให้ความถูกต้องกว่าค่าจากแบบจำลอง Average ความถี่ทุก ๆ 5 วินาที



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จากข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จาก OBD ในช่วงความเร็ว 20-40 กม./ชม. ตารางที่ 4.8 ความชันในช่วงความเร็ว 20-40 กม./ชม.

	ช่วงความถี่			
	5 วินาที	15 วินาที	30 วินาที	60 วินาที
Instantaneous	0.9359	0.904	0.7898	0.6113
Average	0.3814	0.5593	0.5827	0.7341

ในช่วงความเร็วที่ 20-40 กม./ชม. นั้นจะสังเกตเห็นว่าแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ใช้แบบจำลอง Instantaneous มีความถูกต้องกว่าแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ใช้ความเร็ว Average ยกเว้นในทุกๆ 60 วินาที โดยที่ค่าจากแบบจำลอง Instantaneous ในความถี่ทุกๆ 5 15 วินาที จะมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 10% ซึ่งแตกต่างกับค่าจากแบบจำลอง Average ความถี่ทุกๆ 5 15 30 วินาที ที่มีความคลาดเคลื่อนเกือบ 40-70% แต่ว่าค่าจะดีขึ้นเมื่อความถี่ต่ำลงอันเช่นที่ความถี่ทุกๆ 60 วินาทีที่คลาดเคลื่อนเพียง 30%ซึ่งจะเห็นได้จากตารางที่ 4.8

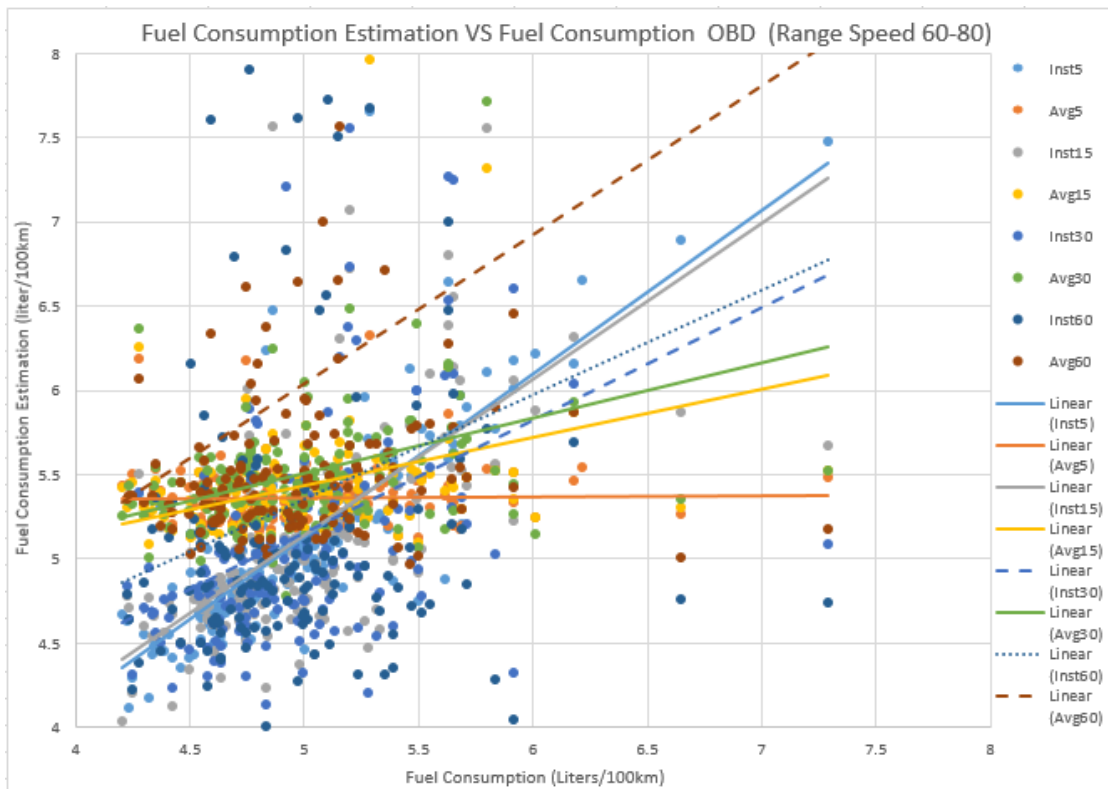


รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จากข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จาก OBD ในช่วงความเร็ว 40-60 กม./ชม.

ตารางที่ 4.9 ความชันในช่วงความเร็ว 40-60 กม./ชม.

	ช่วงความถี่			
	5 วินาที	15 วินาที	30 วินาที	60 วินาที
Instantaneous	0.8227	1.0754	0.8874	0.9234
Average	-0.0608	0.5165	0.5342	0.9627

จากรูปที่ 4.25 ในช่วงความเร็ว 40-60 กม./ชม. การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ข้อมูลแบบจำลอง Instantaneous ในทุกช่วงความถี่มีค่าความถูกต้องที่ดีมาก โดยที่ค่าจากแบบจำลอง Instantaneous ในความถี่ทุกๆ 5 15 30 60 วินาที มีความคลาดเคลื่อน 1-20% แต่ในส่วนของแบบจำลอง Average ความถี่ทุกๆ 5 15 30 วินาที ที่มีความคลาดเคลื่อนเกือบ 50-99% แต่ว่าค่าจะดีขึ้นเมื่อความถี่ต่ำลงอันเช่นที่ความถี่ทุกๆ 60 วินาทีที่คลาดเคลื่อนเพียง 5%ซึ่งเหมือนรูปแบบที่เกิดขึ้นในช่วงความเร็วที่ 20-40 กม./ชม.



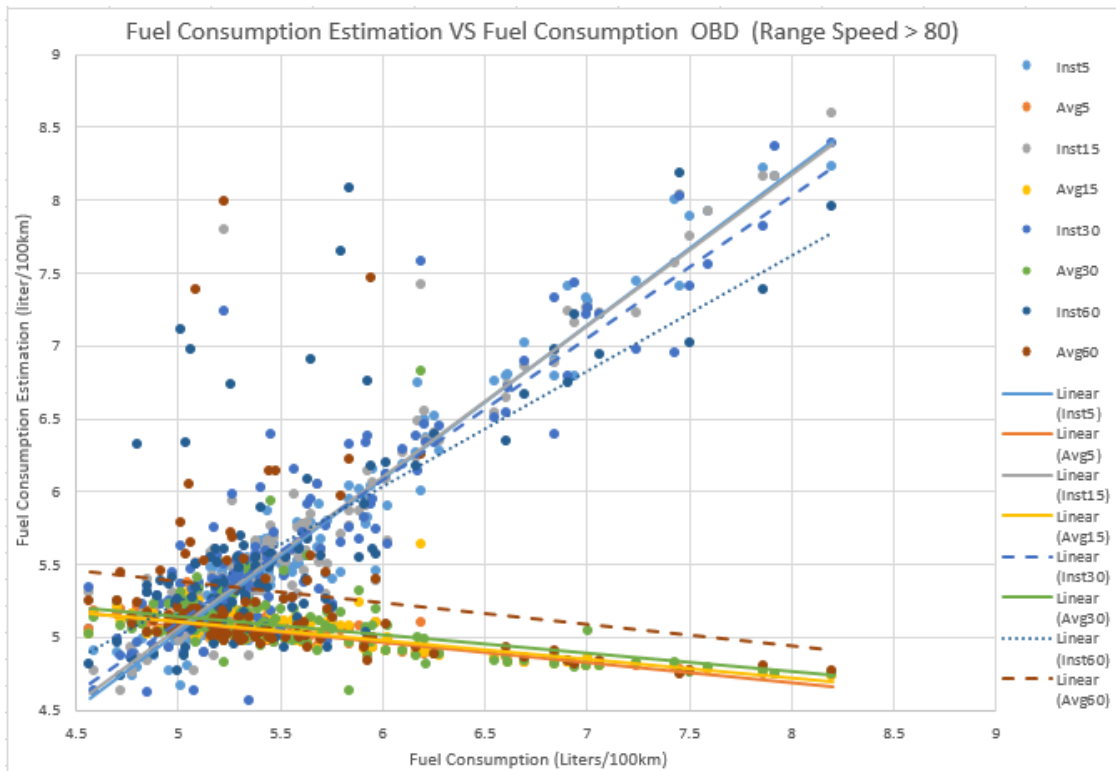
รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จากข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้ในช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม.

ตารางที่ 4.10 ความชันในช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม.

	ช่วงความถี่			
	5 วินาที	15 วินาที	30 วินาที	60 วินาที
Instantaneous	0.9696	0.9245	0.6691	0.6188
Average	0.0065	0.2867	0.3296	0.885

ในตารางช่วงความสัมพันธ์ช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม.พบว่าแบบจำลอง Instantaneous ความถี่ทุกๆ 5 15 วินาที มีความคลาดเคลื่อน 4-8% และความถี่ทุกๆ 30 60 วินาที มีความคลาดเคลื่อน 35-40% ส่วนแบบจำลองAverage ความถี่ทุกๆ 5 15 30 จะมีความคลาดเคลื่อน70-100% แต่กลับมีค่าที่ดีมากที่สุดความถี่ทุกๆ 60 นาที มีความคลาดเคลื่อนเพียงประมาณ 10% ซึ่งคล้ายๆกับช่วงของความเร็วต่างๆที่ผ่านมาที่ความถี่ทุกๆ 60 วินาที จะมีค่าความถูกต้องที่ค่อนข้างดี





รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(เคลื่อนที่ระยะทาง 1 กม) จากข้อมูล GPS กับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้ในช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม.

ตารางที่ 4.11 ความชันในช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม.

	ช่วงความถี่			
	5 วินาที	15 วินาที	30 วินาที	60 วินาที
Instantaneous	1.0368	1.0528	0.9759	0.7908
Average	-0.1358	-0.1281	-0.1229	-0.1487

การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากแบบจำลอง Instantaneous ในความถี่ทุกๆ 5 15 30 วินาทีที่มีความถูกต้องที่ดีซึ่งเกิดความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2% และในความถี่ทุกๆ 60 วินาที จะคลาดเคลื่อนประมาณ 20% แต่จากแบบจำลองAverageความคลาดเคลื่อนพบว่าส่วนใหญ่มากกว่า 98% ในทุกๆความถี่

ภาพรวมในทุกๆช่วงความเร็วพบว่าช่วงความเร็ว การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากแบบจำลอง Instantaneous จะสามารถรักษาระดับความถูกต้องของข้อมูลไว้ได้ดี ยิ่งในช่วงความถี่สูงจะเกิดค่าความคลาดเคลื่อนต่ำมาก แต่จะมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเมื่อ ความถี่ต่ำลง

ส่วนแบบจำลอง Average ในความถี่สูงจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูง แต่จะคลาดเคลื่อนน้อยลงเมื่อเราปรับความถี่ให้ต่ำ น่าจะมาจากสาเหตุที่ว่าที่ความเร็วสูงจะมีอิทธิพลของความเร่งเนื่องจากความเร็วที่ถูกนำมาเฉลี่ยดังสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 4.6 หัวข้อที่ 4.2 แต่อย่างไรก็ดีค่าความถูกต้องส่วนใหญ่ก็ไม่สามารถแสดงผลได้ดีกว่าแบบจำลอง Instantaneous ในทุกช่วงความเร็วและยิ่งในความถี่ที่มีความถี่สูงจะยิ่งเห็นได้ชัดเจนว่าแบบจำลอง Instantaneous มีความถูกต้องสูงกว่าแบบจำลอง Average ค่อนข้างมาก

#### 4.6 การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS

##### 4.6.1 การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) รายคัน

ผลการวิเคราะห์หาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) แบ่งคำนวณทุกๆ 1 กิโลเมตรของการเล่นโดยใช้ข้อมูล GPS หลายหลายช่วงความถี่ข้อมูลแยกเป็นรายคัน และ นำผลรวมของการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>) ตลอดระยะทางการเดินทางมาแสดงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าที่คำนวณโดยใช้ความถี่ของข้อมูล GPS และวิธีการคำนวณ (Instantaneous และ Average) ต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.12

#### ตารางที่ 4.12 ค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> โดยใช้ข้อมูล GPS ที่มีความถี่และวิธีต่างกัน

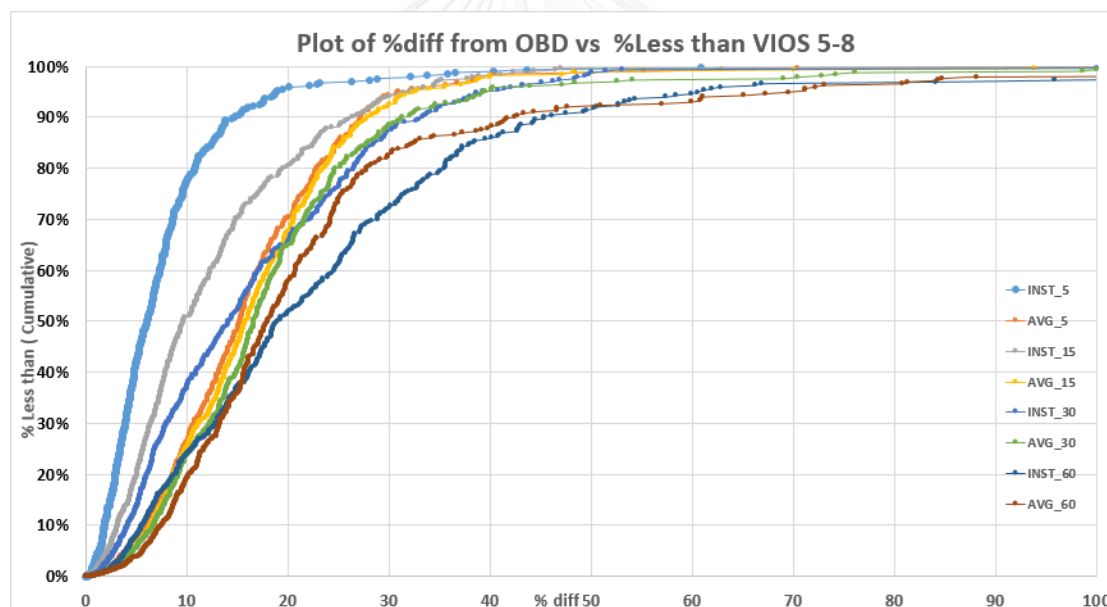
Car No.	Interval		CO <sub>2</sub> (g)	Total Distance	%Diff Distance	CO <sub>2</sub> (g/km)	%Diff CO <sub>2</sub>
5	5 วินาที	OBD	3439	34.41		9994	
		INST	3558	34.58	0.49%	10287	2.85%
		AVG	3585	34.58	0.49%	10368	3.60%
	15 วินาที	OBD	1089	11.48		9483	
		INST	1097	11.54	0.51%	9502	0.20%
		AVG	1197	11.54	0.51%	10368	8.53%
	30 วินาที	OBD	533	5.75		9273	
		INST	533	5.78	0.51%	9214	0.64%
		AVG	600	5.78	0.51%	10369	10.57%
	60 วินาที	OBD	263	2.88		9139	
		INST	262	2.89	0.53%	9072	0.73%
		AVG	300	2.89	0.53%	10364	11.82%

Car No.	Interval		CO <sub>2</sub> (g)	Total Distance	%Diff Distance	CO <sub>2</sub> (g/km)	%Diff CO <sub>2</sub>
6	5 วินาที	OBD	2742	26.98		10164	
		INST	2848	27.57	2.14%	10331	1.62%
		AVG	2746	27.57	2.14%	9960	2.04%
	15 วินาที	OBD	895	8.97		9971	
		INST	929	9.17	2.14%	10126	1.53%
		AVG	913	9.17	2.14%	9962	0.09%
	30 วินาที	OBD	446	4.52		9863	
		INST	463	4.62	2.15%	10021	1.58%
		AVG	460	4.62	2.15%	9956	0.93%
	60 วินาที	OBD	220	2.26		9743	
		INST	228	2.31	2.14%	9880	1.39%
		AVG	230	2.31	2.14%	9956	2.14%
7	5 วินาที	OBD	4472	41.14		10870	
		INST	4483	41.34	0.48%	10846	0.22%
		AVG	4662	41.34	0.48%	11278	3.62%
	15 วินาที	OBD	1413	13.73		10293	
		INST	1422	13.79	0.48%	10308	0.14%
		AVG	1556	13.79	0.48%	11279	8.74%
	30 วินาที	OBD	692	6.86		10080	
		INST	694	6.90	0.48%	10059	0.21%
		AVG	778	6.90	0.48%	11279	10.64%
	60 วินาที	OBD	344	3.43		10036	
		INST	346	3.45	0.48%	10041	0.05%
		AVG	389	3.45	0.48%	11279	11.02%
8	5 วินาที	OBD	3502	33.72		10385	
		INST	3596	34.00	0.82%	10576	1.81%
		AVG	3661	34.00	0.82%	10769	3.57%
	15 วินาที	OBD	1121	11.25		9961	
		INST	1147	11.34	0.76%	10115	1.52%
		AVG	1221	11.34	0.76%	10769	7.51%
	30 วินาที	OBD	549	5.63		9762	
		INST	559	5.67	0.76%	9866	1.06%
		AVG	611	5.67	0.76%	10767	9.34%
	60 วินาที	OBD	273	2.81		9692	
		GPS	277	2.84	0.76%	9760	0.69%
		AVG	305	2.84	0.76%	10767	9.99%

จากตารางที่ 4.12 เมื่อพิจารณาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากข้อมูล OBD และ GPS (Instantaneous Speed  $f(v,a)$  และ Average Speed  $f(v)$ ) ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีทิศทางไปในทางเดียวกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง คือ ค่าจากแบบจำลอง Instantaneous Speed ส่วนใหญ่จะมีความถูกต้องกว่าค่าจาก Average Speed  $f(v)$  กล่าวคือ มีความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เมื่อเทียบกับค่าที่คำนวณจาก OBD น้อย และ จะให้ค่าที่มีความถูกต้องสูงเมื่อใช้ข้อมูลที่มีความถี่สูง

#### 4.6.2 ความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อใช้ข้อมูล GPS ที่ช่วงความถี่ข้อมูลต่างๆ

เพื่อแสดงค่าความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากการใช้ข้อมูล GPS ที่ช่วงความถี่ต่างๆ เทียบกับ ค่าจาก OBD จึงได้รวมข้อมูลของรถทดสอบทุกคัน และ หาช่วง %ความแตกต่างของค่าทั้งสองนำมาแสดงได้ในรูปที่ 4.28



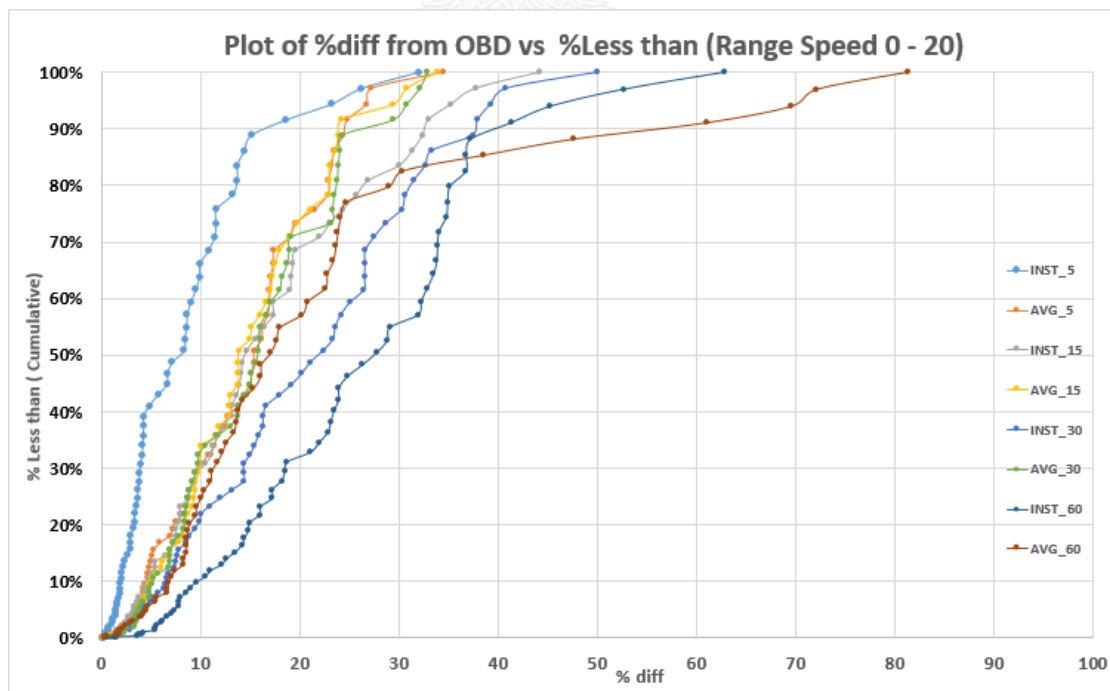
รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับค่าจาก OBD กับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลจากรถทดสอบทุกคัน

รูปที่ 4.28คือการนำการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมดทุกคันในลักษณะเดียวกับวิธีคิดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่แบ่งช่วงคิดที่ 1 กิโลเมตร มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่าง (ความถูกต้อง) ของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับค่าจาก OBD กับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูล

ในรูปกราฟจะเป็นการแสดงลักษณะความถูกต้องของข้อมูล การอ่านค่าในแกน Y ที่จำนวนข้อมูลสะสม 80% พบว่า ค่าที่คำนวณจากสมการ Instantaneous ที่ใช้ความถี่ของข้อมูล GPS ทุก ๆ 5 วินาที จะมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10% รองลงมาคือ Instantaneous ที่ใช้ความถี่ของข้อมูล GPS ทุก ๆ 15 วินาที คลาดเคลื่อนประมาณไม่เกิน 20% ถัดมาคือค่าที่คำนวณจากสมการ Average ที่ใช้ความถี่ของข้อมูล GPS ทุก ๆ 5 วินาที โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 22% ถัดมาคือ ค่าที่คำนวณจากสมการ Average ที่ใช้ข้อมูล GPS ทุก ๆ 15 วินาที มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 23% และค่าที่คำนวณจากแบบจำลอง Average ที่ใช้ข้อมูล GPS ที่มีความถี่ทุก ๆ 30 วินาที มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 25% และ ค่าที่คำนวณจากแบบจำลอง Instantaneous ที่ใช้ความถี่ 30 วินาที มีค่าความคลาดเคลื่อน 26% และที่เหลือคือ Average และ Instantaneous ที่ใช้ความถี่ 60 วินาที ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าหรือเท่ากับ 30%

#### 4.6.3 ความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่ช่วงความเร็วต่างๆ

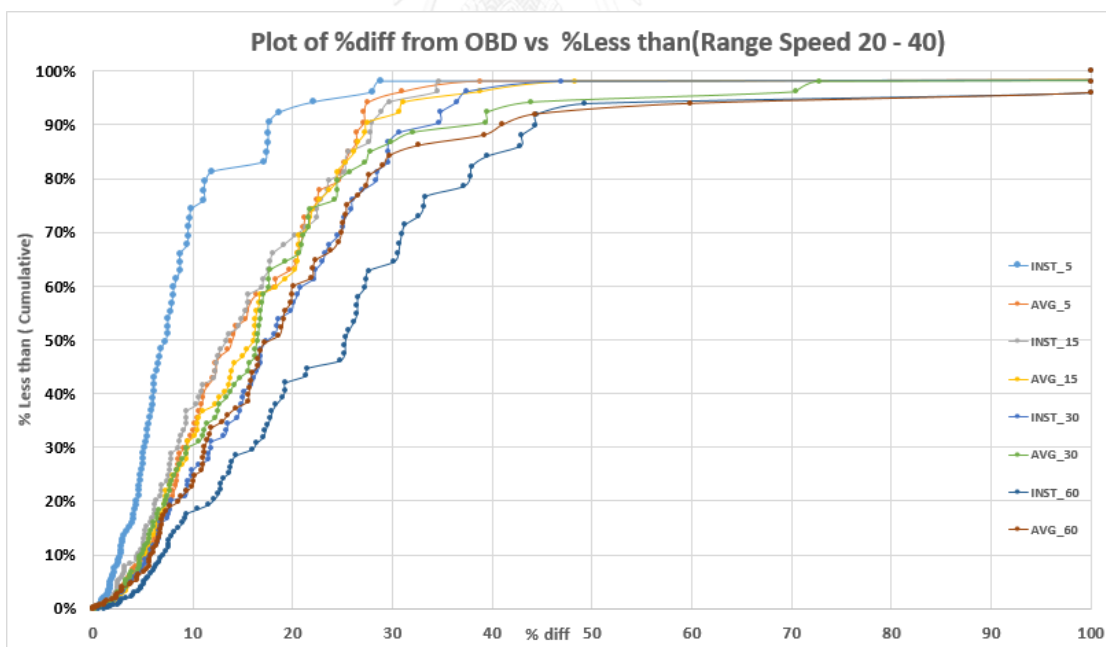
หลังจากที่วิเคราะห์ความสามารถการคำนวณของแบบจำลองไปแล้วนั้นในส่วนนี้จะเป็นรายละเอียดในเรื่องความถูกต้องหรือ % ความผิดพลาดของค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> โดยที่ยังพิจารณาในรูปแบบของช่วงความเร็ว



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับ % ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม.

จากข้อมูลที่ช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม. นั้น พบว่า ความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณจากข้อมูลที่มีความถี่ที่ต่ำลงยิ่งจะมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลมากขึ้น ค่าจากแบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบInstantaneousในความถี่ต่างๆ มีค่าความคลาดเคลื่อนกระจายตัวมากกว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบAverageซึ่งจะมีแนวโน้มค่าความคลาดเคลื่อนที่จับกับเป็นกลุ่มใกล้เคียงกัน

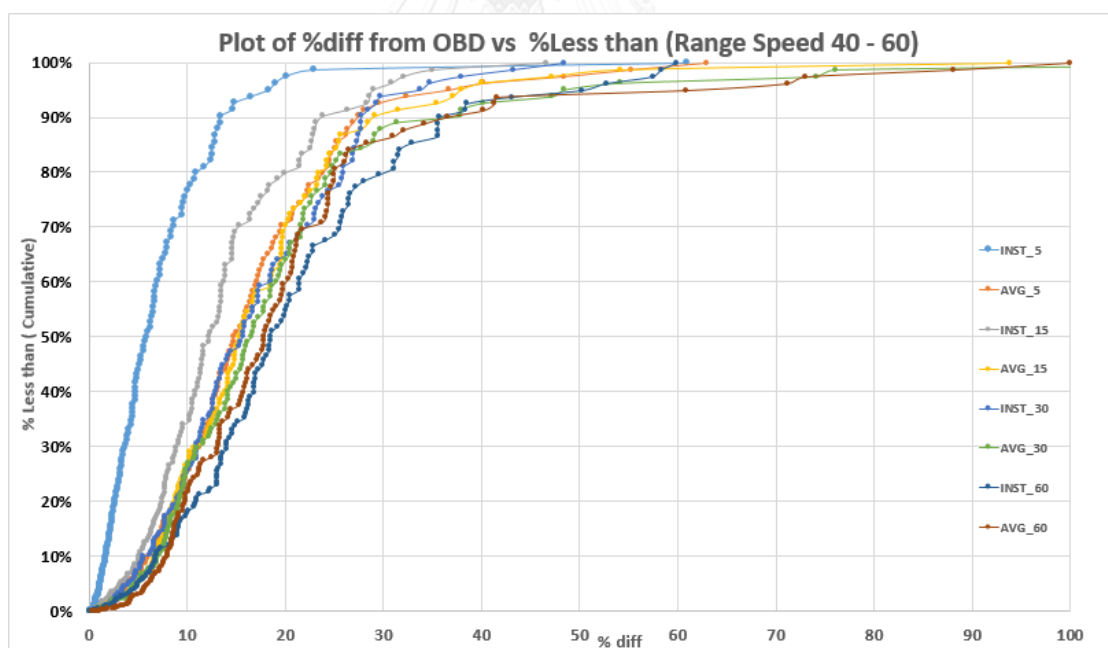
ตัวอย่างการอ่านค่าที่ระดับจำนวนข้อมูลสะสมที่70% จะพบค่าดังนี้ ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก Instantaneous ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS ทุก 5 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 11% และค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกAverage ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS 5 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 19% ซึ่งค่าเหมือนกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก Instantaneous ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS ทุก 15 30 60 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 21%, 25%, 35% ตามลำดับ และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก Average ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS 15 30 60 วินาทีจะ 19%, 19%, 25% ตามลำดับซึ่งค่าจะออกมาเหมือนใกล้เคียงกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว20-40 กม./ชม.

จากรูปที่ 4.30 ซึ่งสร้างจากข้อมูลที่ช่วงความเร็ว 20-40 กม./ชม.พบว่า ความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณจากข้อมูลที่มีความถี่ที่ต่ำลงยิ่งจะมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลมากขึ้น ค่าจากแบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบInstantaneous ในความถี่ต่างๆ มีความคลาดเคลื่อนกระจายตัวมากกว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Averageซึ่งจะมีแนวโน้มค่าความคลาดเคลื่อนที่จับกับเป็นกลุ่มใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม.

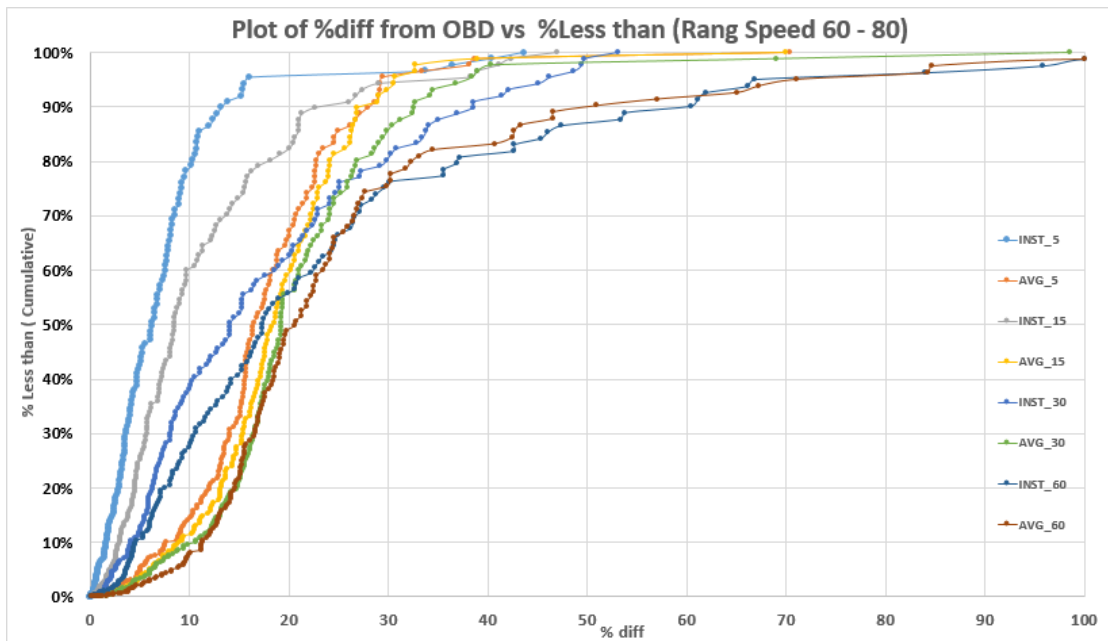
ตัวอย่างการอ่านค่าที่ระดับจำนวนข้อมูลสะสมที่70% จะพบค่าดังนี้ ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Instantaneous ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS ทุก 5 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 9%เหมือนกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ,ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Average ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS 5 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 21%, การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Instantaneous ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS ทุก 15 30 60 วินาทีจะคลาดเคลื่อนประมาณ 21%, 25%, 31% ตามลำดับ ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Average ที่คำนวณโดยใช้ข้อมูล GPS 15 30 60 วินาทีจะ 21%, 22%, 25% ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว40-60 กม./ชม.

จากข้อมูลที่ช่วงความเร็ว 40-60 กม./ชม.จากรูปที่ 4.31 จะสังเกตเห็นว่า ความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณจากข้อมูลทุกช่วงความถี่ข้อมูลของแบบInstantaneous

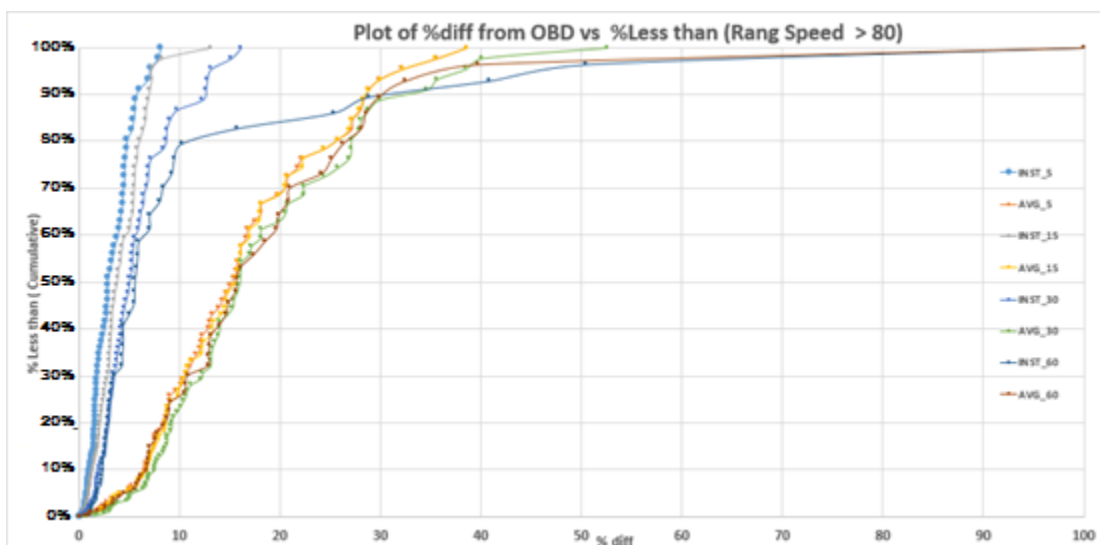
ช่วงความถี่ทุกๆ 5 วินาทีที่มีค่าความถูกต้องที่ชัดเจนเมื่อดูที่จำนวนข้อมูลสะสมที่ 80% จะมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 10% และความถี่ทุกๆ 15 วินาที ผิดพลาดน้อยกว่า 20% ซึ่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Average ที่ใช้ข้อมูล GPS ช่วงความถี่อื่นๆ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 20-30% ซึ่งเหมือนกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับ %ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม.

จากข้อมูลที่ช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม. จากรูปที่ 4.32 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณจากข้อมูลทุกช่วงความถี่ข้อมูลของแบบ Instantaneous ช่วงความถี่ทุกๆ 5 15 วินาทีที่มีความถูกต้องมากกว่าค่าจากแบบจำลอง Average โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากสังเกตในช่วงต้นของข้อมูลสะสมที่ 0-50% มีค่าความถูกต้องที่ดีกว่า กล่าวคือ ความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณจากข้อมูลทุกช่วงความถี่ข้อมูลของแบบ Instantaneous มีค่าความถูกต้องที่ชัดเจน เมื่อดูช่วงความถี่ทุกๆ 5 วินาที ที่จำนวนข้อมูลสะสมที่ 90% จะมีค่าความผิดพลาดแค่ 13% แต่พบว่า Average ที่ความถี่ 5 15 30 วินาที เส้นจะมีค่าจับกลุ่มใกล้เคียงกันมาก โดยทุกๆ ความถี่พบว่าที่จำนวนข้อมูลสะสมที่ 80% จะมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 24%





รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่าง %ความแตกต่างของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับ % ของค่าสะสมจำนวนข้อมูลโดยแบ่งตามช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม.

จากข้อมูลที่ช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม. จากรูปที่ 4.33 สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณจากข้อมูลทุกช่วงความถี่ข้อมูลของแบบ Instantaneous แสดงค่าที่ดีเรียงจากดีที่สุดไปหาแย่ที่สุด ที่ความถี่ 5 15 30 60 วินาที และ ทุกข้อมูลทุกช่วงความถี่ข้อมูลที่คำนวณโดยใช้แบบจำลอง Instantaneous ยังแสดงค่าออกมาได้ดีกว่าค่า จากแบบจำลอง Average ซึ่งทุกความถี่ของค่าที่ได้จากแบบจำลอง Average จะจับกลุ่มกัน ตัวอย่างเช่น ที่จำนวนข้อมูลสะสมที่ 80% ความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ แบบจำลอง Instantaneous จะมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 10% ซึ่งค่าที่ได้จากแบบจำลอง Average ที่ใช้ข้อมูลช่วงความถี่อื่นๆ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 25-30%

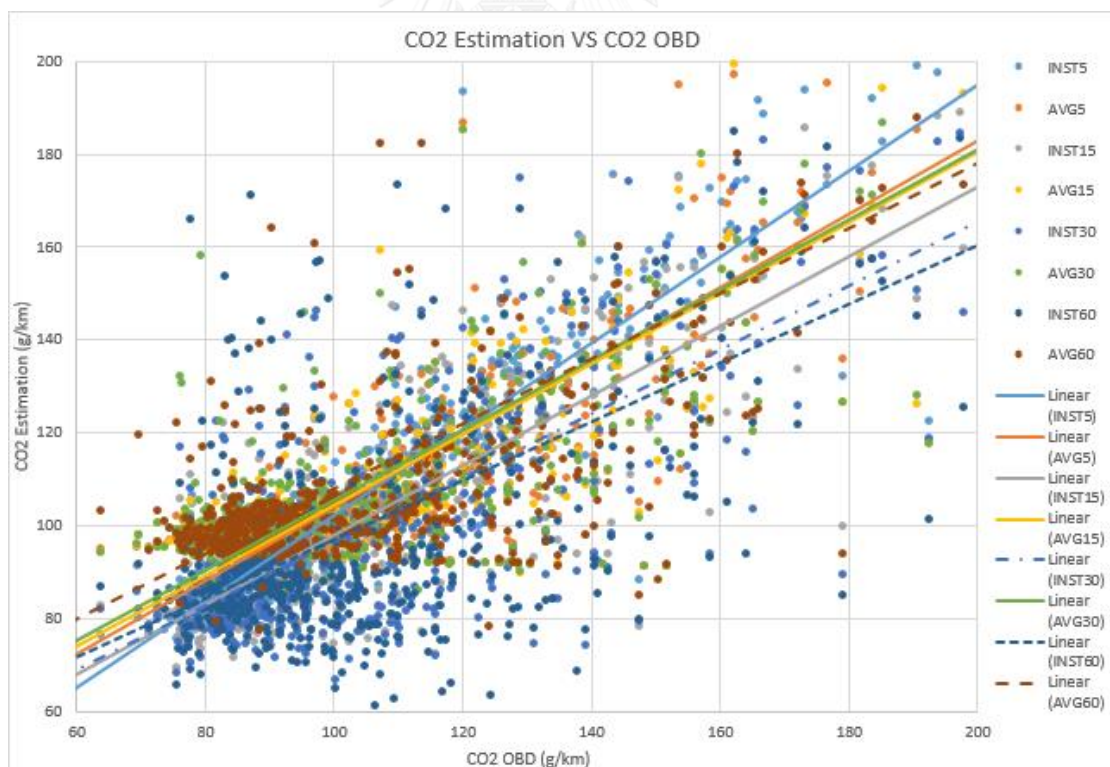
ในส่วนของหัวข้อดังกล่าวนี้ จะเห็นผลได้จากรูปที่ 4.29 ถึงรูปที่ 4.33 ในช่วงความเร็ว 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 และมากกว่า 80 กม./ชม. พบว่าค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีทิศทางเดียวกับการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างชัดเจน แต่จะแตกต่างกันเล็กน้อยในบางส่วน ทิศทางที่สังเกตเห็นว่าเหมือนกันอย่างชัดเจนคือที่ช่วงความเร็วสูงจะเห็นการแยกกลุ่มของค่าจากแบบจำลอง Instantaneous และ Average อย่างชัดเจน และค่าจากความถี่แต่ละความถี่จะเห็นว่าในแบบจำลอง Instantaneous ค่าจะเรียงกันจากความถี่สูงมากที่สุดไปหาต่ำสุดค่าความคลาดเคลื่อนก็จะเรียงจากน้อยสุดไปหามากที่สุด ซึ่งลักษณะแตกต่างจากแบบจำลอง Average ที่ค่าความถี่ที่แตกต่างกันแต่ค่าความคลาดเคลื่อนก็ดูใกล้เคียงกันจับตัวกันเป็นกลุ่ม

#### 4.6.4 ความแตกต่างของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเมื่อใช้ข้อมูล GPS ที่ช่วงความถี่ข้อมูล และวิธีต่างๆ

ในส่วนนี้เราจะนำข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาวิเคราะห์ในลักษณะที่เกี่ยวกับการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เปรียบเทียบกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่วัดได้จากอุปกรณ์ OBD แต่เป็นการเปรียบเทียบโดยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ แกน X จะเป็นค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ และแกน Y จะเป็นค่าที่มาจากการประมาณค่า

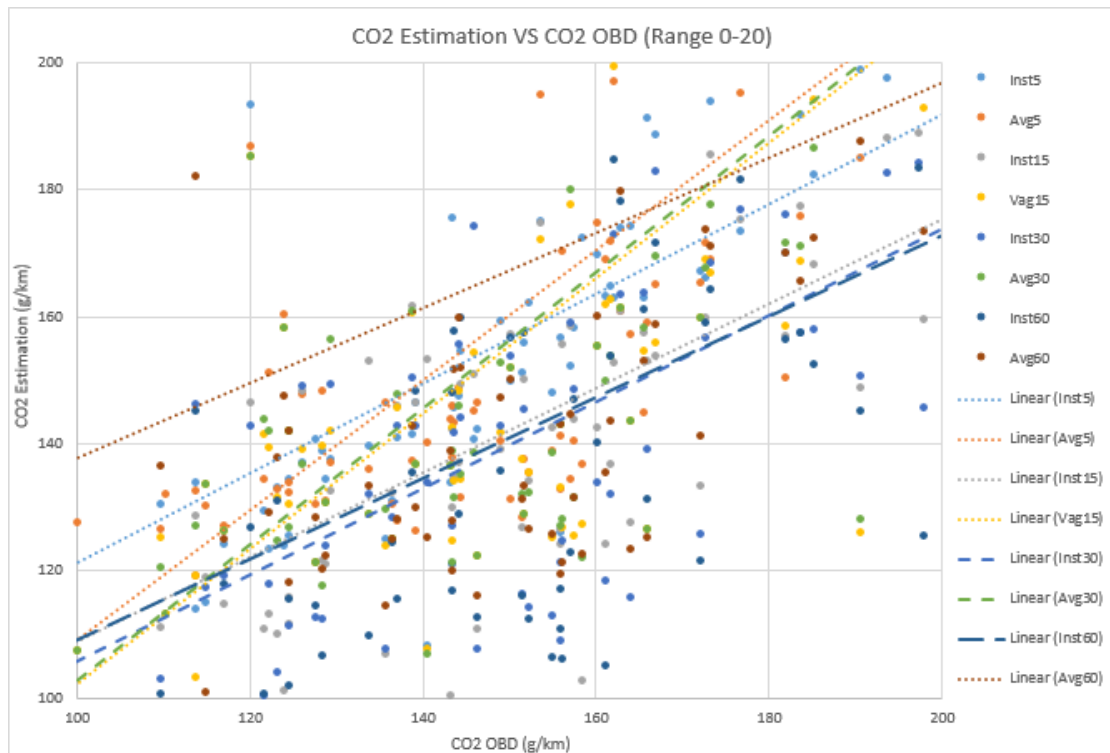
ในรูปที่ 4.33 จะเป็นการแสดงภาพรวมในทุกๆช่วงความเร็ว และรูปที่ 4.33 ถึง รูปที่ 4.37 เป็นการแสดงการแบ่งช่วงความเร็วที่ 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 และมากกว่า 80 กม.ต่อชม.

ในส่วนของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นจะมีทิศทางไปในทางเดียวกันกับการสิ้นเปลืองพลังงาน คือค่าที่ดีที่สุดมาจากแบบจำลอง Instantaneous ที่ความถี่ทุกๆ 5 วินาทีที่มีความชันประมาณ 0.93 และลดลงตามความถี่ที่ต่ำลง แต่ค่าโดยรวมทุกๆแบบจำลองและทุกความถี่มีค่าใกล้เคียงกันแตกต่างกันเล็กน้อยโดยรวมจะมีค่าความชันอยู่ระหว่าง 0.6-0.7 โดยภาพรวมจะแสดงในกราฟที่รูปที่ 4.33



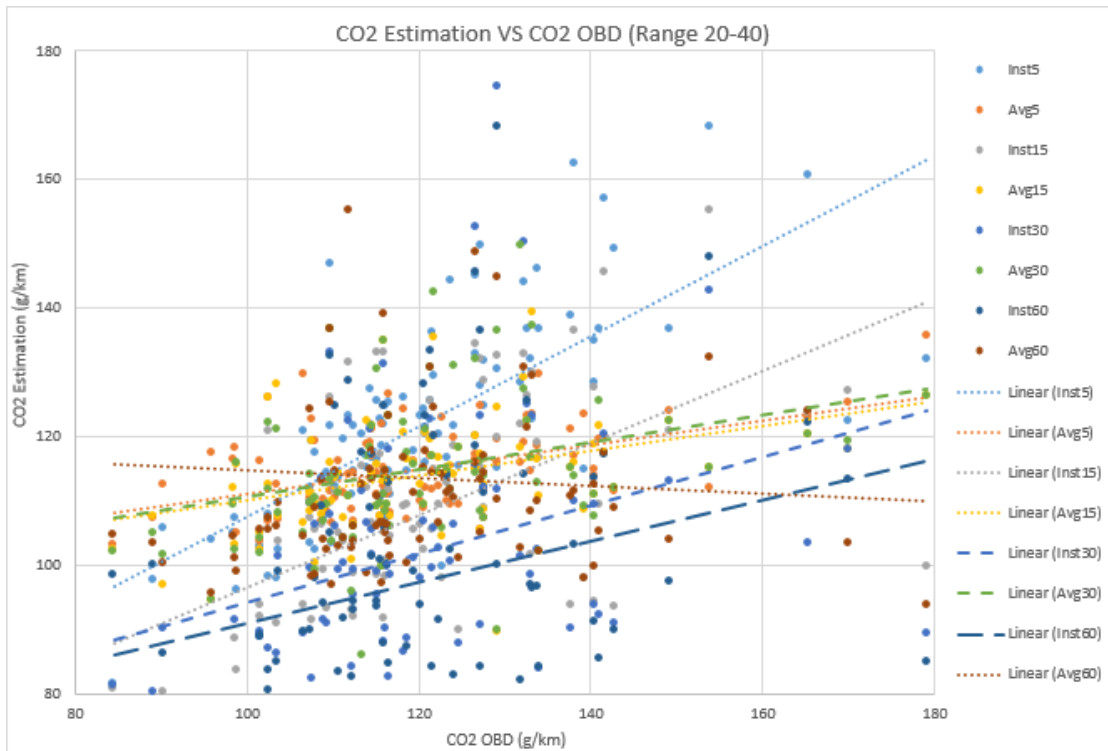
รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่วัดได้(รวมรถทดสอบทุกคัน)

จากรูปที่ 4.35 พิจารณาเฉพาะช่วงความเร็วที่ 0-20 กม./ชม. จะเห็นว่าค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณจากแบบจำลอง Instantaneous ที่ความถี่ทุก ๆ 5 วินาทีจะมีความถูกต้องดีที่สุดในความถี่ที่ต่ำลง แต่แบบจำลอง Average แสดงแนวโน้มไม่ชัดเจน ค่าความถูกต้องที่ดีในความถี่ที่ 15 และ 30 วินาที แต่ค่าความถูกต้องที่ไม่ดีใน 5 และ 60 วินาที



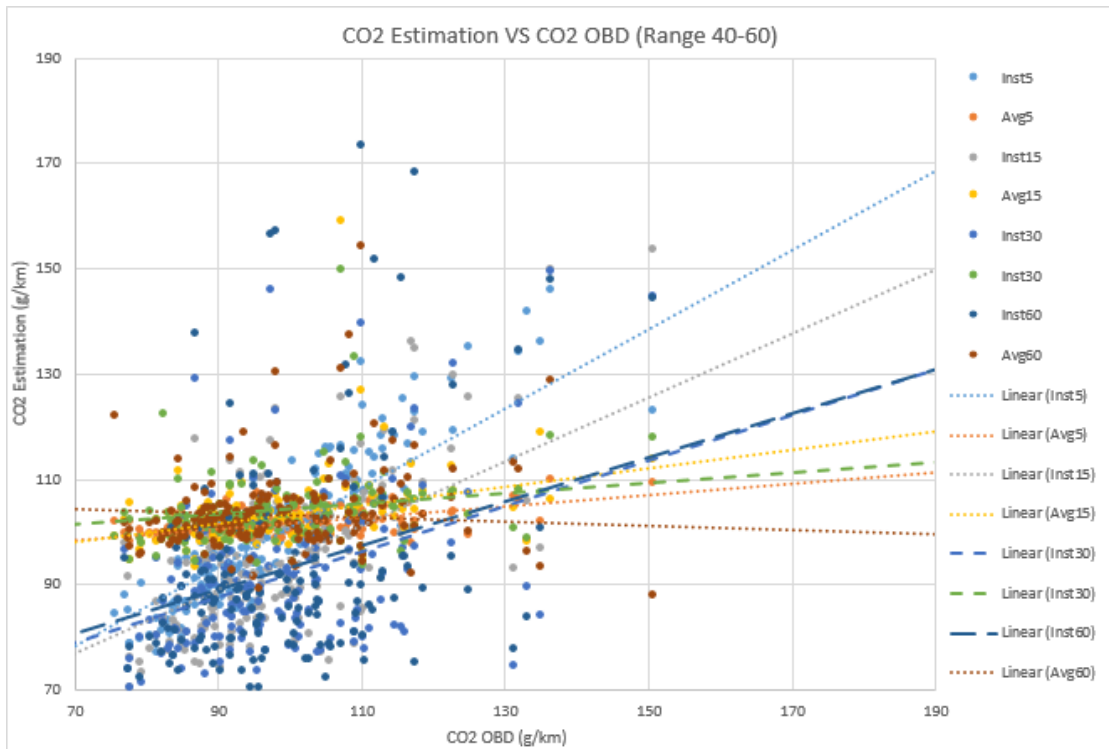
รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับที่วัดได้จากข้อมูลรถทุกคันในช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม.

จากรูปที่ 4.36 ในช่วงความเร็ว 20-40 กม./ชม. แบบจำลอง Instantaneous ยังคงแสดงรูปแบบที่คงที่เช่นเดียวกับช่วงความเร็ว 0-20 กม./ชม. ที่มีค่าที่ดีในช่วงความถี่ที่มีความถี่สูงและถูกต้องลดลงตามมีความถี่ต่ำ แบบจำลอง Average ดูจะไม่แสดงแนวโน้มดีขึ้นหรือลดลงที่ชัดเจนตามความถี่ที่เปลี่ยนไปแต่ดูจะคงที่ที่ความชันประมาณ 0.2



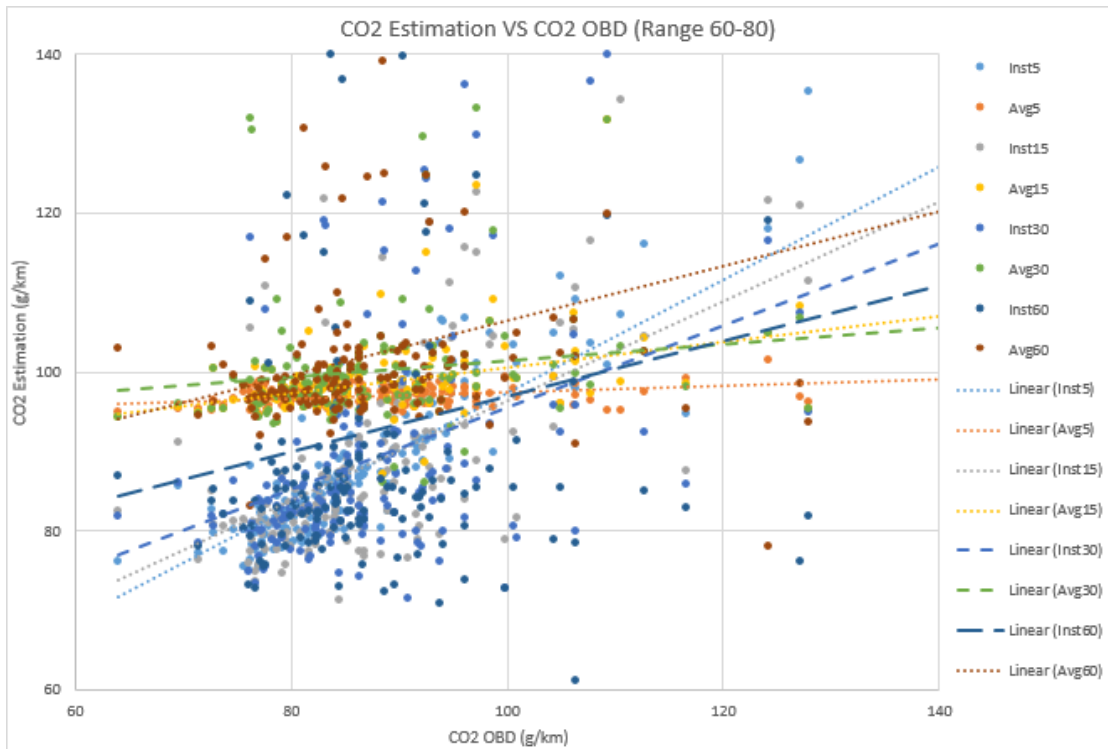
รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่วัดได้จากข้อมูลรถทุกคันในช่วงความเร็ว 20-40 กม./ชม.

จากรูปที่ 4.37 ในช่วงความเร็ว 40-60 กม./ชม. มีรูปแบบที่เหมือนกับช่วงความเร็วที่ 20-40 กม./ชม. คือแบบจำลอง Instantaneous ที่มีค่าที่ดีในช่วงความถี่ที่สูงและถูกต้องลดลงตามความถี่ต่ำลดลง แบบจำลอง Average ดูจะไม่แสดงแนวโน้มดีขึ้นหรือลดลงที่ชัดเจนตามความถี่ที่เปลี่ยนไปแต่ดูจะคงที่ที่ความชันประมาณ 0.2



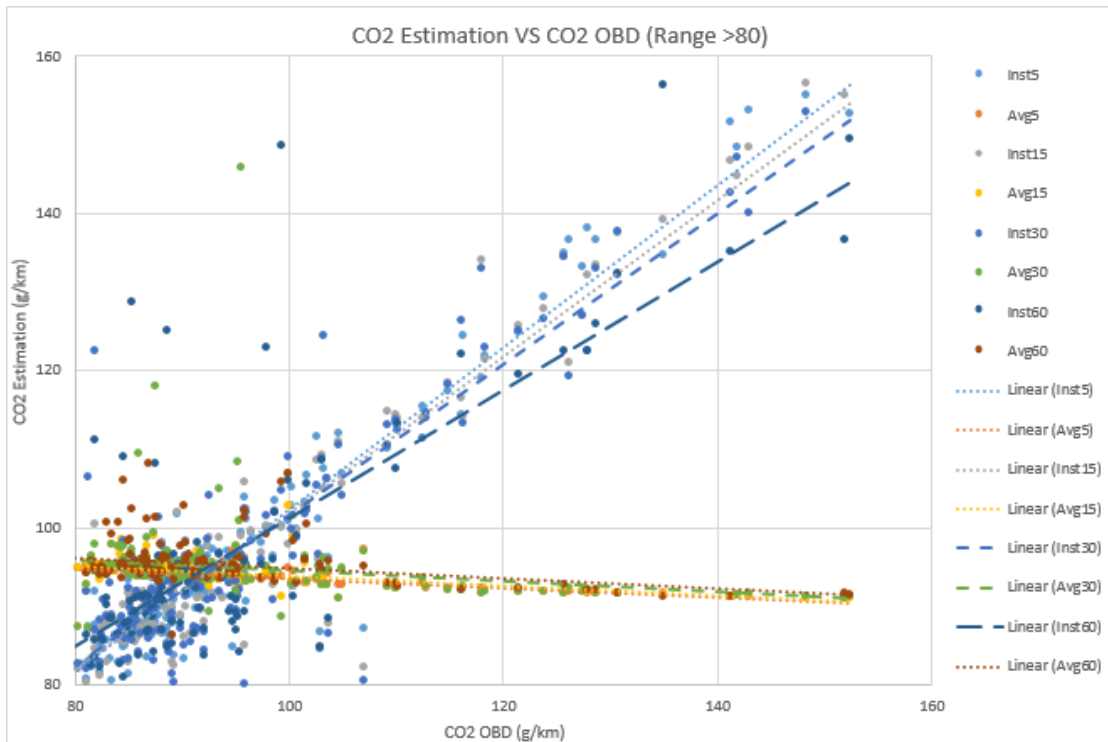
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่วัดได้จากข้อมูลรถทุกคันในช่วงความเร็ว 40-60 กม./ชม.

จากรูปที่ 4.38 ในช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม. มีรูปแบบที่เหมือนกับช่วงความเร็วที่ 20-40 กม./ชม. และ 40-60 กม./ชม. คือแบบจำลอง Instantaneous จะมีค่าที่ดีในช่วงความถี่ที่สูงและถูกต้องลดลงตามความถี่ที่ต่ำลง แบบจำลอง Average จะไม่แสดงแนวโน้มดีขึ้นหรือลดลงที่ชัดเจนตามความถี่ที่เปลี่ยนไปแต่จะคงที่ที่ความชันประมาณ 0.2



รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่วัดได้จากข้อมูลรถทุกคันในช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม.

จากรูปที่ 4.39 ในช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม. มีรูปแบบที่เหมือนกับช่วงความเร็วที่ 20-40 กม./ชม., 40-60 กม./ชม. และ 60-80 กม./ชม. คือแบบจำลอง Instantaneous ในความถี่ทุกๆ 5 15 30 วินาทีจะมีค่าที่ดี ค่าความถูกต้องลดลงตามความถี่ที่ต่ำลง แบบจำลอง Average จะไม่แสดงแนวโน้มดีขึ้นหรือลดลงที่ชัดเจนตามความถี่ที่เปลี่ยนไปแต่ดูจะคงที่ความคลาดเคลื่อนพบว่าส่วนใหญ่มากกว่า 98% ในทุกๆความถี่



รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่วัดได้จากข้อมูลรถทุกคันในช่วงความเร็วมากกว่า 80 กม./ชม.

จากรูปที่ 4.33 ถึงรูปที่ 4.39 แสดงการวิเคราะห์รายช่วงความเร็ว ในลักษณะการประมาณค่าปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ( $\text{CO}_2$ ) กับค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ( $\text{CO}_2$ ) ที่วัดได้จากข้อมูลรถยนต์ในช่วงความเร็ว 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 และมากกว่า 80 กม./ชม. ตามลำดับ โดยที่ผลความเร็วแต่ละช่วงมีลักษณะเป็นไปในแบบเดียวกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อใช้แบบจำลอง Instantaneous ความถี่ที่สูงจะสามารถให้ค่าที่ดีและจะให้ค่าไม่ดีเมื่อความถี่ต่ำลง แต่แบบจำลอง Average จะต่ำคือน้อยกว่า 0.4 และจะน้อยมาก ๆ ในช่วงความเร็ว 60-80 กม./ชม. หรือมากกว่า 80 กม./ชม.

ภาพรวมในทุกๆ ช่วงความเร็วพบว่าช่วงความเร็ว การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากแบบจำลอง Instantaneous จะสามารถรักษาระดับความถูกต้องของข้อมูลไว้ได้ดี ยิ่งในช่วงความถี่สูงจะเกิดค่าความคลาดเคลื่อนต่ำมาก แต่จะมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเมื่อ ความถี่ที่ต่ำลง

## บทที่ 5

### สรุปผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาหาวิธีประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(Fuel Consumption)และปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก(Greenhouse Gas, CO<sub>2</sub>) โดยใช้ข้อมูลจาก GPS(Global Positioning System)ในการศึกษาใช้อุปกรณ์ OBD (on-board diagnosis system) เพื่อสร้างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก CO<sub>2</sub> ที่ได้ข้อมูลจาก OBD จากยานพาหนะ และบันทึกข้อมูลการจราจรจากอุปกรณ์ GPS เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกงานวิจัยเปรียบเทียบวิธีการคำนวณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้วิธีการ Instantaneous และ Average ที่ความถี่ของข้อมูลต่างๆกันเพื่อตรวจสอบ เปรียบเทียบผลที่ได้กับค่าที่ได้จากอุปกรณ์ OBD

กระบวนการวิจัยประกอบด้วยการนำข้อมูลที่ลงไปเก็บจากภาคสนามจากหลายจังหวัดที่มีสภาพการจราจรที่แตกต่างกันด้วยอุปกรณ์ OBD และอุปกรณ์ GPS ข้อมูลที่ได้จาก OBD นำมาสร้างแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสองรูปแบบ ได้แก่ แบบจำลองแบบ Instantaneous Speed ซึ่งมีตัวแปรความเร่งและความเร็วในสมการ (  $f(v,a)$  ) และแบบจำลองแบบ Average Speed ซึ่งมีตัวแปรความเร็วในสมการ (  $f(v)$  )

หลังจากได้แบบจำลองทั้งสองแล้วจะนำไปคำนวณหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS (Global Positioning System) ซึ่งในการนำข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS ไปหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะใช้ข้อมูล GPS ที่ความถี่ต่าง ๆ กัน คือ ความถี่ที่ 5,15,30,60 วินาที เพื่อดูผลและความถูกต้องของค่าประมาณเมื่อใช้ข้อมูล GPS ที่มีความถี่ต่างๆกัน เทียบกับค่าจาก OBD จากนั้นนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบดูความถูกต้องของค่าที่ประมาณได้

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งเมื่อนำข้อมูลมาใช้งานควรมีการ Cleanse ข้อมูลคือการตัดความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นซึ่งจะมีส่วนทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน อันได้แก่การตัดข้อมูลความเร่งที่ไม่เป็นจริงเนื่องจากในข้อมูลที่ได้จาก GPS มีการแสดงค่าความเร่งมากกว่า 2.5 m/s ซึ่งเป็นความเร่งสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในขณะเบรค/เร่งรถยนต์



## 5.1 แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO<sub>2</sub>)

เมื่อนำข้อมูลจากอุปกรณ์ OBD (on-board diagnosis system) มาสร้างแบบจำลอง Instantaneous Speed และแบบจำลองแบบ Average Speed ได้ผลดังนี้

สมการการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแบบ Instantaneous

$$Y = 0.0002478 + 0.00001118v + 0.0001941a - 1.316288 \times 10^{-7}v^2 + 0.00002299a^2 + 1.5197173 \times 10^{-9}v^3 - 7.383719 \times 10^{-7}a^3$$

สมการการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Instantaneous

$$Y = 0.09439 + 0.04385v + 0.3329a - 0.000673v^2 + 0.048196a^2 + 4.9556 \times 10^{-6}v^3 - 0.0002376a^3$$

สมการการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงแบบ Average

$$Y = 0.00025699 + 0.000016267v - 2.4076 \times 10^{-7}v^2 + 2.09249 \times 10^{-9}v^3$$

สมการการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Average

$$Y = 0.1144 + 0.054266383v - 0.0008974988v^2 + 0.00000613365v^3$$

\*แบบจำลองใช้ได้เฉพาะรถยนต์โตโยต้า รือออส ขนาดเครื่องยนต์ความจุ 1.6 ลิตรน้ำมันเชื้อเพลิง 91 และ 95

โดยที่ Y = การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (L/s) , การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (g/s)  
a = ความเร่ง (km./hr\*sec)  
v = ความเร็ว (km/hr)

งานวิจัยพบว่าการใช้ข้อมูลความเร็วเฉลี่ยเพียงอย่างเดียวในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก) กับ ความเร็วเฉลี่ย จะมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก สังเกตได้จากความผันแปรของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก) ที่ความเร็วหนึ่ง เนื่องจากในการขับขี่จริง การสิ้นเปลืองน้ำมัน (หรือ เหยียบคันเร่ง) มาจากลักษณะการขับขี่ที่หลากหลายภายใต้ความเร็วเฉลี่ยหนึ่ง ดังนั้นในการศึกษาพบว่าการสร้างความสัมพันธ์โดยใช้ความเร็ว และ ความเร่งขณะใดๆ สามารถหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (และคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก) ได้แม่นยำกว่า

นอกจากนี้ยังได้สร้างสมการอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถใช้ในการหาการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถ และคำนวณหาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก(CO<sub>2</sub>) ได้โดยใช้ข้อมูลจาก OBD หรือ ข้อมูลจาก GPS โดยหาสมการความสัมพันธ์ของค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดังนี้

ช่วงความเร็ว (กม./ชม.)	การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อวินาที)	
	ความเร็วน้อยกว่าหรือ เท่ากับ 0	ความเร็วมากกว่า 0
0-10	0.000278	FC1 = 0.000278 + 0.000127 A1
11-20	0.000297	FC2 = 0.000297 + 0.000195 A2
21-30	0.000303	FC3 = 0.000303 + 0.000258 A3
31-40	0.000331	FC4 = 0.000331 + 0.000333 A4
41-50	0.000370	FC5 = 0.000370 + 0.000414 A5
51-60	0.000441	FC6 = 0.000441 + 0.000457 A6
61-70	0.000508	FC7 = 0.000508 + 0.000500 A7
71-80	0.000599	FC8 = 0.000599 + 0.000579 A8
81-90	0.000773	FC9 = 0.000773 + 0.000695 A9
91-100	0.001043	FC10 = 0.001043 + 0.000722 A10
101-110	0.001297	FC11 = 0.001297 + 0.000855 A11

\*แบบจำลองใช้ได้เฉพาะรถยนต์โตโยต้า วีออส ขนาดเครื่องยนต์ความจุ 1.6 ลิตรน้ำมันเชื้อเพลิง 91 และ 95

## 5.2 การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากแบบจำลอง Instantaneous และแบบจำลอง Average

ในการวิจัยนี้ได้นำค่าที่ได้จากข้อมูล GPS มาประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (และคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก) โดยพิจารณาสองปัจจัย คือ การใช้ความถี่ของข้อมูลทุกๆ 5 15 30 และ 60 วินาที และวิธีในการคำนวณสองวิธี ได้แก่ การใช้ความเร็วเฉลี่ย (Average) และ การใช้ความเร็วและความเร่ง (Instantaneous Speed) ที่ได้จากข้อมูล GPS และได้นำค่าประมาณของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (และคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก) มาเปรียบเทียบกับ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของค่าประมาณเมื่อเทียบกับ ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (และคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก) ที่ได้จาก OBD

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบสิ่งที่เกิดขึ้นเราพบว่าผลที่ได้จากแบบจำลอง Instantaneous Speed มีความถูกต้องมากกว่าแบบจำลอง Average Speed อย่างชัดเจน

การวิเคราะห์ค่าความถูกต้อง (%แตกต่าง)ของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากข้อมูล OBD และ ข้อมูล GPS โดยพิจารณาจำนวนของข้อมูลสะสมเมื่อคิดค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (การปลดปล่อย CO<sub>2</sub>) ทุกๆ 1 กิโลเมตร พบว่าเมื่อคำนวณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ ข้อมูล GPS ความถี่สูง แบบจำลอง Average Speed จะมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าแบบจำลอง

Instantaneous มากแต่ความคลาดเคลื่อนจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อประมาณค่าจากข้อมูล GPS ที่มีความถี่น้อยลง หรือ มีค่าความแตกต่างลดลง เช่น ในการประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ข้อมูล GPS ทุกๆ 60 วินาที เหลือช่วงความแตกต่างกันของสองแบบจำลองแค่ 5% แต่ในการประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ข้อมูล GPS ทุกๆ 5 วินาที ช่วงความแตกต่างกันของสองแบบจำลองห่างกันถึง 20%

การวิเคราะห์แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละความเร็วเป็นช่วงๆ เป็นช่วงกว้างที่ 20 กม./ พบว่าในช่วงความเร็วต่ำ เช่น 0-20 กม./ชม. แบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(การปลดปล่อย CO<sub>2</sub>) Instantaneous Speed และแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(การปลดปล่อย CO<sub>2</sub>)Average Speed จะให้ผลที่ใกล้เคียงกันโดยแบบจำลองการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(การปลดปล่อย CO<sub>2</sub>) Instantaneous Speed จะให้ค่าที่ดีกว่าเล็กน้อย เมื่อช่วงความเร็วเพิ่มขึ้นเป็นช่วงความเร็ว 20-40 กม./ชม.หรือ 40-60 กม./ชม. พบว่าแนวโน้มของค่าจากแบบจำลอง Average Speed จะมีค่าน้อยลงเรื่อยๆ (underestimate) แต่ค่าจากแบบจำลอง Instantaneous Speed กลับไม่ได้แสดงแนวโน้มเช่นเดียวกับแบบจำลอง Average Speed และยังคงแสดงค่าได้ดีในช่วงความเร็วสูงที่ 60-80 กม./ชม.หรือมากกว่า 80 กม./ชม. จะเห็นอย่างชัดเจนว่าค่าจากแบบจำลอง Average Speed มีความถูกต้องน้อยเมื่อเทียบกับการประมาณค่าในช่วงความเร็วสูง

จากผลที่ได้นี้จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองที่เหมาะสมในการหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ควรจะใช้แบบจำลอง Instantaneous มากกว่าแบบจำลอง Average เนื่องจากแบบจำลอง Instantaneous ให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องกว่าตลอดช่วงความเร็ว

การพิจารณาความถี่ของข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อนำไปใช้งาน พบว่าความถี่ที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้งานได้ควรเลือกใช้ข้อมูล GPS ทุกๆ 5 วินาที หรือ 15 วินาที เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนแล้ว เมื่อพิจารณาจำนวนข้อมูลสะสมที่ 90% มีความคลาดเคลื่อนในการทำนายไม่เกิน 20 %

จากตารางที่ 5.1 จะเป็นการพิจารณาที่ความผิดพลาดของข้อมูลที่ 20% เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจจะเห็นว่าเมื่อต้องการความถูกต้องของข้อมูลที่อยู่ในระดับที่สูง ความถี่และแบบจำลองที่มีใช้มีความสำคัญอย่างมากต่อความถูกต้องของข้อมูล ดังนั้นจึงเป็นข้อหนึ่งที่ใช้ใช้งานต้องพิจารณาการใช้ที่เหมาะสม

ตารางที่ 5.1 พิจารณาความผิดพลาดของข้อมูลที่ 20%

	ที่ข้อมูลสะสม ที่ 90%		ที่ข้อมูลสะสม ที่ 80%		ที่ข้อมูลสะสม ที่ 70%		ที่ข้อมูลสะสม 60%	
	INST	AVG	INST	AVG	INST	AVG	INST	AVG
5 วินาที	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15 วินาที			✓		✓		✓	✓
30 วินาที					✓		✓	
60 วินาที							✓	

Inst = Instantaneous

Avg = Average

### 5.3 การเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแบบจำลอง Instantaneous และแบบจำลองAverage

จากการวิเคราะห์ค่าการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ที่คำนวณโดยแบบจำลอง Instantaneous และแบบจำลอง Average พบว่า มีทิศทางไปในลักษณะเดียวกันกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กล่าวคือ ผลที่ได้จากแบบจำลอง Instantaneous Speed มีความถูกต้องมากกว่าแบบจำลอง Average Speed อย่างชัดเจน

เมื่อพิจารณาความถูกต้องของค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> พบว่ามีลักษณะในทิศทางเดียวกับการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กล่าวคือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง Instantaneous จะมีความถูกต้องมากกว่าค่าจากแบบจำลอง Average และความคลาดเคลื่อนจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อใช้ข้อมูล GPS ความถี่สูง

เมื่อเราทำการพิจารณาในลักษณะการแบ่งช่วงความเร็วเป็นช่วงๆ เป็นช่วงกว้างที่ 20 กม./ชม. โดยพิจารณาจากความชัน เราพบว่าในช่วงความเร็วต่ำ 0-20 กม./ชม. ค่าที่ได้จากแบบจำลอง Instantaneous สามารถแสดงค่าได้ดีที่สุดหรือใกล้เคียงกับค่าจากแบบจำลอง Average โดยที่หลังจากช่วงความเร็ว 20-40 กม./ชม. ค่าที่ได้จากแบบจำลอง Average มีความคลาดเคลื่อนมากกว่าค่าจากแบบจำลอง Instantaneous Speed อยู่อย่างมาก

การหาค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> โดยแบบจำลอง Instantaneous ให้ความถูกต้องค่อนข้างคงที่ ซึ่งแตกต่างจากการหาค่าจากแบบจำลอง Average ที่เมื่อความเร็วสูงค่าได้จะมีความถูกต้องลดลง ซึ่งผลเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการคำนวณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เมื่อพิจารณาการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> เมื่อใช้ข้อมูล GPS ที่มีความถี่ต่าง ๆ กันพบว่าให้ผลในทางเดียวกันกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง กล่าวคือ เมื่อคำนวณค่าปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> โดยใช้ข้อมูลความถี่น้อย (30 , 60 วินาที) ก็จะมีค่าความแม่นยำลดลง แต่การคำนวณโดยใช้แบบจำลอง Average Speed จะให้ผลที่แตกต่างคือ บางช่วงความเร็วเมื่อความถี่ของข้อมูลน้อยลงแต่กลับให้ค่าความถูกต้องมากขึ้น แม้บางช่วงความเร็วจะให้ผลในทางกลับกัน

การวิจัยสรุปได้ว่าทิศทางของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีทิศทางคล้ายกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง แบบจำลองที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นแบบจำลอง คือแบบจำลอง Instantaneous เนื่องจากแบบจำลอง Instantaneous จะให้ความถูกต้องสูงกว่าแบบจำลอง Average ทุกช่วงความเร็ว เมื่อพิจารณาความถี่ของข้อมูล GPS ที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้งาน โดยคิดที่ข้อมูลสะสม 90% ของข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนในการประมาณไม่เกิน 20 % บนเงื่อนไขเดียวกับการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ผลที่ได้ออกมาเป็นเช่นเดียวกันคือมีแค่แบบจำลอง Instantaneous Speed เท่านั้นที่สามารถรักษาระดับความคลาดเคลื่อนในการทำนายไม่เกิน 20 %

#### 5.4 ความคลาดเคลื่อนของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ความคลาดเคลื่อนในช่วงก่อนคำนวณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก สาเหตุมาจากข้อจำกัดของอุปกรณ์โดยพบว่ามีปัญหาจากอุปกรณ์ GPS หลักๆสองเรื่องได้แก่ การขาดหายของข้อมูล และการหลอ่อมกันข้อมูล

การขาดหายของข้อมูล GPS ในเรื่องความแม่นยำของอุปกรณ์ในการให้ค่าเพื่อนำไปใช้งาน อุปกรณ์สามารถให้ค่าความแม่นยำที่ดี อย่างไรก็ตาม พบว่าข้อมูลก็ขาดหายทั้งช่วงโดยไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด ซึ่งบางครั้งพบว่ารถยนต์ยังมีการเคลื่อนที่อยู่ โดยมีความเป็นไปได้หลายสาเหตุไม่ว่าจะเป็น อยู่ในพื้นที่อับสัญญาณดาวเทียมหรือสภาพอากาศ เป็นต้น จึงทำให้หากนำไปใช้งานต้องมีการพิจารณาถึงเงื่อนไขดังกล่าวนี้ด้วย

จากการนำอุปกรณ์ OBD และอุปกรณ์ GPS นำมาติดตั้งทดสอบในรถเดียวกันพบว่าเมื่อถอนข้อมูลเพื่อนำไปใช้งานอุปกรณ์ GPS จะอ่านค่าได้ช้ากว่าอุปกรณ์ OBD เนื่องจากอุปกรณ์ GPS จำเป็นต้องค้นหาสัญญาณดังนั้นทำให้เกิดการหลอ่อมล้ำของข้อมูลทุกครั้งที่ทำกรออกเดินทาง ซึ่งหมายความว่าหากมีการจอดรถดับเครื่องและสตาร์ทใหม่หลายครั้งข้อมูลที่เก็บได้ภายในช่วงของวันนั้นก็จะเกิดปัญหาการความคลาดเคลื่อนที่สูงตามไปด้วย

## 5.5 สิ่งที่ค้นพบและการนำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้

ในปัจจุบันมีการนำอุปกรณ์ GPS (Global Positioning System) มาติดตั้งในยานพาหนะเพื่อระบุตำแหน่งของยานพาหนะ ซึ่งมาจากหลายๆสาเหตุ ซึ่งอาจจะเกิดจากความสมัครใจของผู้ใช้งานเองหรือเป็นไปตามข้อบังคับของกฎหมายก็ตาม เช่น เพื่อความปลอดภัยในการขับขี่ หรือป้องกันการโจรกรรมยานพาหนะ ,การใช้ในการจัดการขนส่งสินค้าฯ จึงทำให้ในปัจจุบันปัจจุบันมีข้อมูลของ GPS ที่ถูกเก็บข้อมูลอยู่อย่างมากมาตลอดเวลา

หลักการการทำงานที่มีอยู่ในปัจจุบันคือส่งข้อมูลของยานพาหนะกลับไปยังศูนย์ควบคุมกลาง เพื่อนำข้อมูลไปใช้งาน แต่ว่าในปัจจุบันข้อมูลที่ส่งมาในส่วนใหญ่ไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร ซึ่งมักนำไปใช้เพื่อแค่ทราบตำแหน่งที่อยู่ของยานพาหนะหรือความเร็วในการขับขี่เป็นหลัก โดยที่ในความเป็นจริงข้อมูลดังกล่าวจะนำมาประยุกต์ใช้ได้มากกว่าที่ใช้งานกันในปัจจุบัน

ในกรณีที่น่าสนใจคือกฎการติดตั้งอุปกรณ์ GPS ของกรมขนส่งทางบกซึ่ง ณ ปัจจุบันมีการส่งข้อมูลกลับมายังศูนย์ข้อมูลทุกๆ 1 นาที โดยในอนาคตกรมขนส่งทางบกมีแนวโน้มในการแก้ไขให้อุปกรณ์ที่ติดตั้งจะต้องมีความถี่ที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามไม่มีแนวทางที่แน่ชัดหรือการให้นำหนักที่จะเลือกใช้ความถี่ใดๆ

ซึ่งจากงานวิจัยนี้เราได้มีการสร้างวิธีการประมาณค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการนำข้อมูล GPS ไปประยุกต์ใช้เพิ่มเติมนอกจากแนวทางเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน อีกทั้งในงานวิจัยได้มีการแสดงการนำค่าความถี่ที่แตกต่างกันมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างที่เกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจนำไปใช้งานต่อไป

## รายการอ้างอิง

Ahn, K., et al. (2002). "Estimating vehicle fuel consumption and emissions based on instantaneous speed and acceleration levels." Journal of transportation engineering **128**(2): 182-190.

Akcelik, R. (1989). "Efficiency and drag in the power-based model of fuel consumption." Transportation Research Part B: Methodological **23**(5): 376-385.

Akçelik, R., et al. (2012). Calibrating fuel consumption and emission models for modern vehicles. IPENZ transportation group conference, Rotorua, New Zealand.

An, F. and M. Ross (1993). "A Model of Fuel Consumption and Driving Patterns." SAE Paper.

Baker, M. A. (1995). Fuel consumption and emission models for evaluating traffic control and route guidance strategies.

Communications, O. M. o. T. a. (1982). "The Transportation Energy program." **A Technical Background Document for Automotive Fuel Economy. Report**(# DRS-82-01).

Council, N. R. (1995). Expanding Metropolitan Highways: Implications for Air Quality and Energy Use.

Description, u.-b. N. u.-b. R. (2013). u-blox 6 Receiver Description. **u-blox 6**

Dion, F., et al. (2000). Mesoscopic fuel consumption and vehicle emission rate estimation as a function of average speed and number of stops. Proc. TRB 79th Annual Meeting, no. 00-1134, CD-ROM.

Evans, L. and R. Herman (1978). "Automobile fuel economy on fixed urban driving schedules." Transportation Science **12**(2): 137-152.

Guo, C., et al. (2015). "EcoMark 2.0: empowering eco-routing with vehicular environmental models and actual vehicle fuel consumption data." Geoinformatica **19**(3): 567-599.

Lam, T. N. (1985). "Estimating fuel consumption from engine size." Journal of transportation engineering **111**(4): 339-357.

Mehar, A., et al. (2013). "Speed and acceleration characteristics of different types of vehicles on multi-lane highways." European Transport **55**: 1825-3997.

Pandian, S., et al. (2009). "Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections." Transportation Research Part D: Transport and Environment **14**(3): 180-196.

Panwai, S., et al. (2010). Development of SIDRA-TRIP integrated GPS model to evaluate fuel consumption/emission on expressway and alternative road. 17th ITS World Congress.

Post, K., et al. (1984). "Fuel consumption and emission modelling by power demand and a comparison with other models." Transportation Research Part A: General **18**(3): 191-213.

Rakha, H., et al. (2000). "Field evaluation of efficiency, energy, environmental and safety impacts of traffic signal coordination across jurisdictional boundaries." Transportation Research Record **1727**: 42-51.



Rakha, H., et al. (2000). "Requirements for evaluation of environmental impacts of intelligent transportation systems using speed and acceleration data." Transportation Research Record **1738**: 56-67.

Richardson, A. and R. Akcelik (1981). Fuel consumption models and data needs for the design and evaluation of urban traffic systems. Transportation Conference 1981: Preprints of Papers, Institution of Engineers, Australia.

Singer, B. C. and R. A. Harley (1996). "A fuel-based motor vehicle emission inventory." Journal of the Air & Waste Management Association **46**(6): 581-593.

Stevanovic, A., et al. (2013). "Optimization of traffic signal timings based on surrogate measures of safety." Transportation research part C: emerging technologies **32**: 159-178.

Tanmee, K., et al. (2012). "Gasoline-Ethanol Blend Fuel Consumption Study in Bangkok Traffic Condition." ratio **9**: 14.16.

กระทรวงพลังงาน, ก. (2017, 14 July). "สถิติและข้อมูลพลังงาน (Energy Statistics & Information) ". from [http://www.dede.go.th/ewt\\_news.php?nid=42079](http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=42079).



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจักริน ฅ บางช้าง เกิดวันที่ 6 เมษายน พ.ศ.2529 สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียน  
ราชสีมาวิทยาลัย จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2547 ระดับปริญญาตรีจบการศึกษาจาก  
มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ปี พ.ศ. 2551

