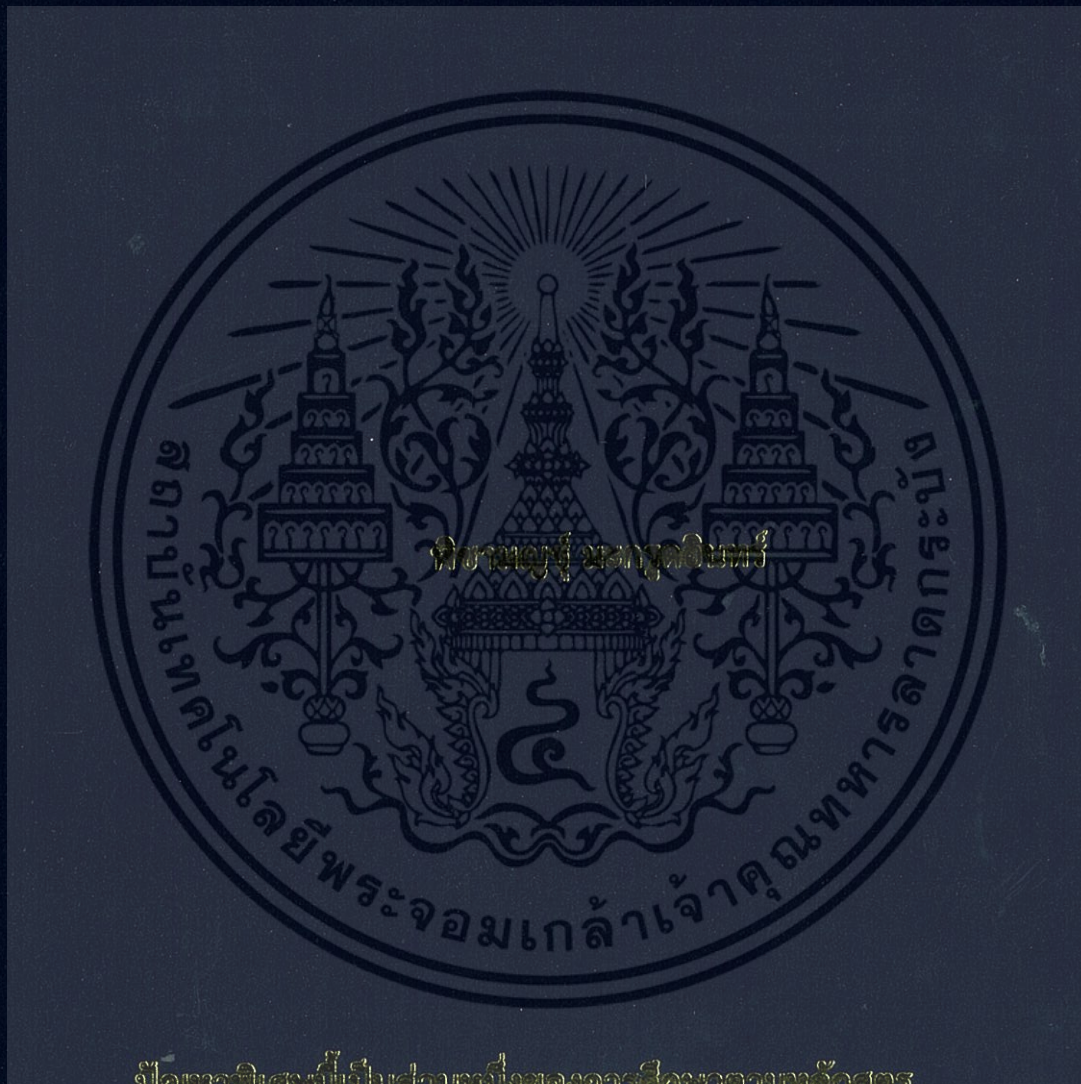


การตรวจจับพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์โดยใช้สมาร์ทโฟน

DETECTING MOTORCYCLE'S BEHAVIOR  
USING SMARTPHONE



ปัญหาพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำรงหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)  
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2558

การตรวจจับพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์โดยใช้สมาร์ทโฟน

DETECTING MOTORCYCLE'S BEHAVIOR  
USING SMARTPHONE



พิชามญช์ มะกรุดอินทร์

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)  
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DETECTING MOTORCYCLE'S BEHAVIOR USING SMARTPHONE



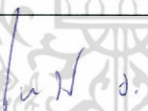
PICHAMON MAGROOD-IN

A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (COMPUTER SCIENCE)  
DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE, FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การตรวจจับพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์โดยใช้สมาร์ทโฟน  
Detecting Motorcycle's Behavior Using Smartphone  
ชื่อนักศึกษา นางสาวพิชามณูชู่ มะกรุดอินทร์ รหัสนักศึกษา 55050399  
ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)  
ภาควิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์  
ปีการศึกษา 2558  
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ไพรัตน์ ธรเจริญศรี

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้  
ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาการ  
คอมพิวเตอร์) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.รุ่งรัตน์ เวียงศรีพนาวัลย์ ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.วรางคณา กิมปาน กรรมการ	
ดร.ไพรัตน์ ธรเจริญศรี กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

7.149534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การตรวจจับพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์โดยใช้สมาร์ตโฟน Detecting Motorcycle's Behavior Using Smartphone
ชื่อนักศึกษา	นางสาวพิชามณูษ์ มะกรุดอินทร์ รหัสนักศึกษา 55050399
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)
ภาควิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ไพรัตน์ ธรเจริญศรี

### บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษนี้นำเสนอการสำรวจวิธีวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ในสมาร์ตโฟน เนื่องจากความสำคัญของอุตสาหกรรมเทคโนโลยีเครื่องมือสื่อสารที่พัฒนาอย่างรวดเร็ว และได้กลายเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของผู้คน การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้กับสมาร์ตโฟนทำให้เข้าถึงผู้คนจำนวนมากได้ ดังนั้นการเลือกใช้สมาร์ตโฟนมาเป็นเครื่องมือเพื่อการตรวจจับพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ โดยเซ็นเซอร์พื้นฐานที่ติดตั้งอยู่ในสมาร์ตโฟนอย่างเซ็นเซอร์วัดความเร่ง เซ็นเซอร์วัดความเอียง เซ็นเซอร์ระบุพิกัดจีพีเอสนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลเริ่มจากพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ให้อ่านค่าจากเซ็นเซอร์ 3 ชนิด คือ เซ็นเซอร์วัดความเร่ง เซ็นเซอร์วัดความเอียง และเซ็นเซอร์ระบุพิกัดด้วยจีพีเอส และบันทึกข้อมูลไว้ จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ด้วยการดูแนวโน้มของกราฟ สังเกตค่าที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าผิดปกติที่เกิดขึ้น ประกอบกับการดูวิดีโอที่บันทึกไว้เพื่อระบุพฤติกรรมที่ถูกต้อง ผลการทดลองพบว่า เพียงข้อมูลดิบอย่างเดียวนั้นระบุพฤติกรรมได้ยาก ต้องทำการกำจัดสัญญาณรบกวนเพื่อให้กราฟดูง่ายขึ้นจึงมองเห็นแนวโน้มของค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ พฤติกรรมที่เห็นได้ชัดเจนด้วยข้อมูลดิบเพียงอย่างเดียวคือการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ส่วนพฤติกรรมอื่น ๆ ต้องวิเคราะห์ด้วยการสังเกตค่าอย่างละเอียดจึงจะระบุพฤติกรรมได้ถูกต้อง

**คำสำคัญ :** การวิเคราะห์ข้อมูล การตรวจจับพฤติกรรม เซ็นเซอร์ในสมาร์ตโฟน พฤติกรรมรถจักรยานยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Title</b>	Detecting Motorcycle's Behavior Using Smartphone
<b>Student</b>	Miss Pichamon Magrood-in Student ID 55050399
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Computer Science)
<b>Department</b>	Computer Science
<b>Faculty</b>	Science
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
<b>Academic Year</b>	2015
<b>Advisor</b>	Dr.Pairat Thorncharoensri

### Abstract

Due to the importance of rapid development of the communication technology industry and smartphones have become a part of people's daily lives, developing software for smartphones can reach many people. Choosing a smartphone as a tool to detect the behavior of a motorcycle is an interesting topic. This research proposes a survey of analytical approaches for the series of data from various smartphone's sensors. The process starts from developing the application on the Android operating system to collect data from three sensors: the acceleration sensor, gyroscope sensor and GPS sensor. Then, the raw data is plotted on the graph in order to compare with the filtered data using Low Pass Filter method. After analysis, the filtered results should be differentiated from raw data and show motorcycle's behavior obviously. The analysis results show that the filtered data using Low Pass Filter can identify the data as turning, speed up or slow down.

**Keywords:** data analysis, detecting behavior, motorcycle behavior, sensor on smartphone

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยการประสิทธิ์วิชา และให้คำปรึกษาดูแลอย่างใกล้ชิดจากอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ดร.ไพรัตน์ ธรเจริญศรี และกรรมการสอบปัญหาพิเศษ ดร.รุ่งรัตน์ เวียงศรีพนาวลัย และ ผศ.ดร.วรางคณา กัมปาน ที่ได้ชี้แนะแนวทางในการทดลอง วิธีค้นคว้าหาข้อมูล เทคนิคการทบทวนวรรณกรรม รวมถึงการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในงาน ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากอาจารย์ทุกท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบคุณเพื่อนพี่น้องที่ให้คำปรึกษา กำลังใจ ความช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกเรื่องเสมอมา สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่เป็นขวัญและกำลังใจดูแลข้าพเจ้าด้วยความเข้าใจ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงในที่สุด คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากปัญหาพิเศษเล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

พิชามณูชั มะกรุดินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.1.1 ระบบขนส่งและจราจร.....	2
1.1.2 สมาร์ทโฟนในประเทศไทย.....	5
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	8
1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ.....	8
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	8
1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาปัญหาพิเศษ.....	9
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>10</b>
2.1 การศึกษาการใช้สมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์การตรวจจับ.....	10
2.1.1 เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ในสมาร์ทโฟน.....	11
2.1.2 การนำไปใช้งาน.....	18
2.2 การสำรวจการวิเคราะห์พฤติกรรมคนขับโดยใช้เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ในสมาร์ทโฟน.....	29
2.3 ตรวจจับเหตุการณ์การขับรถยนต์โดยใช้สมาร์ทโฟน.....	32
2.3.1 ภาพรวมของระบบ (Platform Overview).....	33
2.3.2 อัลกอริทึมที่ใช้.....	34
2.3.3 จัดการการทดลอง (Experiment Setup).....	41
2.3.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	41
2.3.5 สรุป.....	43
2.4 ระบบเพื่อการเข้าใจพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งและเซ็นเซอร์ตรวจจับการหมุนบนสมาร์ทโฟน.....	43
2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	45

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 ระบบเก็บข้อมูลการสังเกตพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟน.....	46
2.4.3 การเก็บข้อมูลจากสมาร์ทโฟนบนรถจักรยานยนต์.....	48
2.4.4 การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วย Low Pass Filter (LPF).....	49
2.4.5 การทดลอง.....	51
2.4.6 สรุป.....	54
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....</b>	<b>55</b>
3.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ.....	55
3.1.1 สถาปัตยกรรมของระบบ.....	56
3.1.2 การออกแบบแอปพลิเคชัน.....	59
3.2 การเตรียมการทดลอง.....	60
3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....	62
3.3.1 วิเคราะห์ข้อมูลดิบ.....	62
3.3.2 การกำจัดสัญญาณรบกวน.....	62
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....</b>	<b>63</b>
4.1 ผลการทดลอง.....	63
4.1.1 ค่าที่อ่านได้จาก accelerometer.....	68
4.1.2 ค่าที่อ่านได้จาก gyroscope.....	73
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	78
4.2.1 ตรวจสอบพฤติกรรมจาก accelerometer.....	82
4.2.2 ตรวจสอบพฤติกรรมจาก gyroscope.....	84
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>86</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	86
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	87
เอกสารอ้างอิง.....	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เหตุการณ์ของการขึ้นรถ.....	34
2.2 Thresholding Constraints .....	36
2.3 ลักษณะของรถยนต์และรถจักรยานยนต์.....	45
2.4 ความแตกต่างของ FIR และ IIR.....	50
3.1 พฤติกรรมของรถจัดกลุ่มตามพฤติกรรมของผู้ขับขี่.....	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	การจราจรหนาแน่นในกรุงเทพฯ..... 1
1.2	ศูนย์ควบคุมและสั่งการจราจรในกรุงเทพฯ ..... 2
1.3	แอปพลิเคชัน JS100 เปิดให้ดาวน์โหลดบนระบบปฏิบัติการ iOS และ Android..... 3
1.4	cityglide บริการค้นหาและบอกเวลารถสาธารณะ ..... 4
1.5	ช่องทางชำระเงินอัตโนมัติโดยใช้บัตร Easy Pass..... 5
1.6	สถิติผู้ครอบครองสมาร์ทโฟนจำแนกตามกลุ่มอายุ ..... 5
1.7	แอปพลิเคชันไลน์ ..... 6
1.8	สถิติจำนวนผู้ใช้ระบบปฏิบัติการของสมาร์ทโฟน ..... 7
1.9	การตัดสินใจในการเลือกซื้อสมาร์ทโฟนตามความต้องการของผู้ใช้ ..... 7
2.1	เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ในสมาร์ทโฟน ..... 11
2.2	เซ็นเซอร์ Accelerometer ใช้ตรวจจับลักษณะการเคลื่อนไหวของสมาร์ทโฟน ..... 11
2.3	การหมุนหน้าจอสมาร์ทโฟน ..... 12
2.4	ฟังก์ชันต่อเนื่องที่ใช้คำนวณการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ..... 12
2.5	สมการคำนวณการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุตามค่าที่ไม่ต่อเนื่อง ..... 13
2.6	สมการคำนวณความเร็วและการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ..... 13
2.7	สมการคำนวณค่าความเร่งต่อเนื่องของ accelerometer ที่คืนกลับมาเป็นค่าสามมิติ..... 14
2.8	เซ็นเซอร์ Gyroscope ใช้ตรวจจับลักษณะการหมุนของสมาร์ทโฟน..... 14
2.9	คำนวณความเร็วเชิงมุม ..... 15
2.10	คำนวณมุมของการวางจากการคืนค่าของ magnetometer..... 15
2.11	สมการคำนวณค่าชดเชยที่ผิดพลาดของ magnetometer..... 16
2.12	เสียงของไฟเลี้ยวรถยนต์ที่ถูกบันทึกไว้..... 16
2.13	ประมวลผลสัญญาณโดยการทำ cross-correlation..... 16
2.14	การทำ cross-correlation คลื่นเสียงด้วยตัวคลื่นเสียงเอง ..... 17
2.15	การคำนวณ Cross-correlation..... 17
2.16	เมทริกซ์การดำเนินการไปตามรูปแบบรูปร่าง ..... 18
2.17(a)	การอ่านค่าจาก accelerometer โดยการเดินของผู้ใช้..... 19
2.17(b)	ความผิดพลาดของการกระจัดที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้สองคน ..... 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.17(c)	ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในวิธีการนับก้าวเดิน.....	20
2.18	อัลกอริทึมในคำนวณเพื่อระบุการเลียของผู้ใช้.....	20
2.19	ข้อมูลดิบจาก accelerometer.....	23
2.20(a)	ข้อมูลดิบจาก accelerometer ขณะวาดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....	24
2.20(b)	การกำจัดสิ่งรบกวน (noise) ของ accelerometer.....	24
2.21(a)	การอ่านค่าของ accelerometer หลังจากตัด noise ออก.....	26
2.21(b)	รีเซ็ตค่าความเร็วไปเป็นศูนย์เพื่อหลีกเลี่ยงความเร็วสะสม.....	26
2.22	Sound fingerprints จากร้านค้า 3 ร้านที่อยู่ใกล้กัน.....	27
2.23	สีและแสงของ fingerprints ในรูปแบบ HSL จากร้านกาแฟ the Bean Traders.....	27
2.24	ภาพประกอบลำดับของเสียงบีบตั้งแต่เริ่มต้น.....	28
2.25	Rule-based Algorithm.....	35
2.26	$n \times m$ grid for DTW Calculation.....	37
2.27	Pattern Matching Algorithm.....	38
2.28	รูปแบบอ้างอิงสำหรับการตรวจจับเหตุการณ์การขับรถ.....	40
2.29	Confusion Matrix สำหรับ Rule-based Algorithm.....	41
2.30	Confusion Matrix สำหรับ Pattern Matching Algorithm.....	42
2.31	แกนต่าง ๆ ของเซ็นเซอร์ accelerometer และ gyroscope.....	47
2.32	ผลลัพธ์จาก Fast Fourier Transform (FFT) ของสัญญาณช่วง 10 เมตรในขณะรถวิ่ง... 49	49
2.33	FIR กำหนดค่า $N = 24$ .....	50
2.34	FIR กำหนดค่า $N = 50$ .....	51
2.35	ผลลัพธ์จาก GPS.....	52
2.36	ผลลัพธ์จาก Tri-axial acceleration sensor.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.21	ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 3-4 ..... 71
4.22	ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 4-5 ..... 71
4.23	ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 5-6 ..... 72
4.24	ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 6-7 ..... 72
4.25	ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 7-8 ..... 72
4.26	ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 8-9 ..... 73
4.27	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 1-2 ..... 73
4.28	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 2-3 ..... 73
4.29	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 3-4 ..... 74
4.30	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 4-5 ..... 74
4.31	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 5-6 ..... 74
4.32	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 6-7 ..... 75
4.33	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 7-8 ..... 75
4.34	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 8-9 ..... 75
4.35	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 1-2 ..... 76
4.36	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 2-3 ..... 76
4.37	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 3-4 ..... 76
4.38	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 4-5 ..... 77
4.39	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 5-6 ..... 77
4.40	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 6-7 ..... 77
4.41	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 7-8 ..... 78
4.42	ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 8-9 ..... 78
4.43	(1) ถึง (9) ค่าจาก accelerometer แกน X และ Y หลังจาก cut-off ..... 80
4.44	(1) ถึง (9) ค่าจาก gyroscope แกน Y และ Z หลังจาก cut-off ..... 82
4.45	พฤติกรรมการณ์เฉื่อยขวา ..... 83
4.46	พฤติกรรมการณ์เฉื่อยซ้าย ..... 84
4.47	พฤติกรรมการณ์เฉื่อยที่ได้จากการสังเกตค่า gyroscope ..... 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การกระตุ้นการพัฒนาชุมชนและเศรษฐกิจตามภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยนั้น ส่งผลให้มีความเจริญก้าวหน้าในหลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคมนาคม ถึงแม้จะมีการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะและถนนเพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางไปในพื้นที่ต่าง ๆ มากขึ้น แต่ปัญหาการจราจรติดขัดและหนาแน่นในเมืองหลักโดยเฉพาะเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลยังไม่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ ดังนั้นประชาชนจึงเลือกที่จะเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์ หรือใช้บริการรถจักรยานยนต์รับจ้างแทน เนื่องจากมีความคล่องตัวสูง สามารถขับแทรกช่องว่างระหว่างรถยนต์ได้ในกรณีที่ถนนมีหลายช่องทางจราจร ช่วยประหยัดเวลาในภาวะเร่งรีบได้



รูปที่ 1.1 การจราจรหนาแน่นในกรุงเทพฯ

([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bangkok\\_traffic\\_by\\_g-hat.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bangkok_traffic_by_g-hat.jpg). accessed 2016)

จากรูปที่ 1.1 จะเห็นได้ว่ารถจักรยานยนต์นั้นสามารถขับแทรกช่องว่างระหว่างรถยนต์ไปได้ ซึ่งทำให้ไปถึงที่หมายได้เร็วกว่ารถที่มีขนาดใหญ่กว่า โดยสถิติความเร็วของการเดินทางบนท้องถนนในกรุงเทพฯ นั้นอยู่ที่ราว 16 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเหลือเพียง 11 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเมื่ออยู่ในช่วงเวลาเร่งด่วน ซึ่งทำให้คนกรุงเทพฯ ใช้เวลาเฉลี่ยในการเดินทางมากถึง 2 ชั่วโมงต่อวัน [1]. เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้กับกระทรวงคมนาคม กรุงเทพมหานคร เมื่อผู้ใดเห็นว่าเป็นประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อปริมาณยานพาหนะมีจำนวนมาก โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุก็สูงขึ้น จากรายงานวิเคราะห์การเกิดอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทย [2] แสดงให้เห็นว่าประเภทยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือรถจักรยานยนต์ โดยเกิดเหตุบนทางตรงมากที่สุด สาเหตุอันดับหนึ่งมาจากการซ้รถเกินความเร็วที่กำหนด [2]

ถึงแม้ว่ารถจักรยานยนต์จะมีข้อดีด้านความคล่องแคล่ว ดูแลรักษาได้ง่ายกว่ารถยนต์ แต่ในแง่ของระบบความปลอดภัยนั้นต่างจากรถยนต์อยู่มาก รถยนต์มีห้องโดยสารและระบบช่วยลดความรุนแรงเมื่อเกิดอุบัติเหตุอยู่หลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นเข็มขัดนิรภัย ถุงลมนิรภัยเมื่อเกิดการชน และอื่น ๆ ส่วนรถจักรยานยนต์มีที่นั่งโดยสารจำกัด ไม่มีห้องโดยสารที่ช่วยปกป้องคนขับ รวมถึงข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่ด้วย ดังนั้นการติดตั้งระบบนิรภัยต่าง ๆ จึงทำได้ยากกว่ารถยนต์ และมีรูปแบบการขับขี่ที่แตกต่างกัน รถยนต์ไม่มีการเอียงตัวรถเมื่อเข้าโค้งมากเท่ากับรถจักรยานยนต์ การขับแบบซิกแซกของรถยนต์ก็ทำได้ยาก และแทบเป็นไปไม่ได้เลยบนถนนที่มีการจราจรแออัด ในขณะที่รถจักรยานยนต์ทำได้



รูปที่ 1.2 ศูนย์ควบคุมและสั่งการจราจรในกรุงเทพฯ  
(ภาพจาก สำนักข่าวไทย)

### 1.1.1 ระบบขนส่งและจราจร

นอกจากกฎการจราจรที่นำมาบังคับใช้กับผู้ใช้งานร่วมกันแล้ว การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนนเป็นอีกหนึ่งตัวช่วยสำคัญของการพัฒนาระบบจราจรที่ปลอดภัยมากขึ้น ในประเทศไทยมีการใช้ “ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transport Systems หรือ ITS)” [3] โดยอยู่ภายใต้การดูแลของศูนย์ควบคุมและสั่งการจราจรโดยกองบังคับการตำรวจจราจร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่เนื้อหาในเอกสารนี้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กองบัญชาการตำรวจนครบาล ซึ่งใช้เทคโนโลยีด้านการคำนวณเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่สอดคล้องกับเวลาจริงมากที่สุด (Real-time) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการจัดการจราจร ประกอบด้วยระบบที่สำคัญจำแนกเป็น 6 ระบบดังนี้

1) ระบบการจัดการจราจร เกี่ยวข้องกับการควบคุมการจราจรและสัญญาณไฟจราจร การจัดการอุบัติเหตุและให้ความช่วยเหลือ โดยใช้ทั้งซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบจำนวนของยานพาหนะเพื่อไปคำนวณรอบของสัญญาณไฟให้สอดคล้องกับความหนาแน่นของการจราจรในจุดต่าง ๆ แบบ real-time

2) ระบบการให้ข้อมูลข่าวสารการเดินทาง ให้ข้อมูลสภาพการจราจร อุบัติเหตุ ขอความช่วยเหลือผ่านช่องทางต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวิทยุกระจายเสียง ป้ายจราจรอัจฉริยะ (Smart Traffic Sign) แสดงความคล่องตัวของจราจรในแต่ละเส้นทาง และใช้เป็นป้ายบอกทางไปในตัว รวมถึงแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน เช่น JS100 (สถานีวิทยุ จส.100) สามารถเลือกดาวน์โหลดแอปพลิเคชันได้ฟรีหรือเข้าไปดูข้อมูลบนเว็บไซต์ของ จส.100 ได้ที่ [www.js100.com](http://www.js100.com)



รูปที่ 1.3 แอปพลิเคชัน JS100 เปิดให้ดาวน์โหลดบนระบบปฏิบัติการ iOS และ Android

3) ระบบความปลอดภัยในยานพาหนะและการจัดการเหตุฉุกเฉิน เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ นำมาประยุกต์ใช้ โดยระบบจะถูกติดตั้งมาจากโรงงานผลิต (Built-in Systems) เช่น ระบบถุงลมนิรภัย การควบคุมความเร็วอัตโนมัติ การแจ้งเตือนเมื่อมีรถในมุมอับที่สังเกตได้ยาก ระบบเบรกอัตโนมัติ ระบบป้องกันการชนด้านหน้า เป็นต้น

4) ระบบการบริหารจัดการรถสินค้า มีการติดตามรถบรรทุก ตรวจสอบความปลอดภัย ซึ่งส่งผลดีต่อระบบจราจรทางอ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ระบบการจัดการรถขนส่งสาธารณะ ในกรุงเทพฯ ได้นำเทคโนโลยีการบอกตำแหน่งด้วย GPS ร่วมกับสถิติข้อมูลของเวลาและสภาพจราจรมาใช้ในการประเมินเวลามาถึงของรถสาธารณะ ช่วยให้ผู้ใช้บริหารเวลาการเดินทางได้สะดวกขึ้น

# cityglide

ซิตีโกลด์

บริการใหม่จาก PLAN B MEDIA | ค่ะคลิก ชีวิตก็เปลี่ยน

จะดีแค่ไหนถ้าคุณไม่ต้องรอรถเป็นเวลานานๆ CityGlide.com  
เว็บไซต์เพื่อสังคมที่จัดทำขึ้นโดยบริษัท บริการค้นหาสายรถประจำทางปรับอากาศ  
พร้อมบอกตำแหน่งปัจจุบันของสายรถเพื่อการรอคอยอย่างมีจุดหมาย

[www.cityglide.com](http://www.cityglide.com)

INCORPORATION WITH  
**Plan-B**  
MEDIA

การประเมินเวลาในการมาถึง  
ช่วยลดระยะเวลา  
ในการยืนรอรถประจำทาง

บอกเวลาที่ใช้ในการเดินทาง  
ไปยังจุดหมายปลายทาง  
ช่วยให้ผู้ใช้บริการสามารถ  
วางแผนการเดินทางได้ดียิ่งขึ้น

พร้อมให้บริการข้อมูลสายรถ ปอ. 36 สาย ตั้งแต่วันนี้ เป็นต้นไป

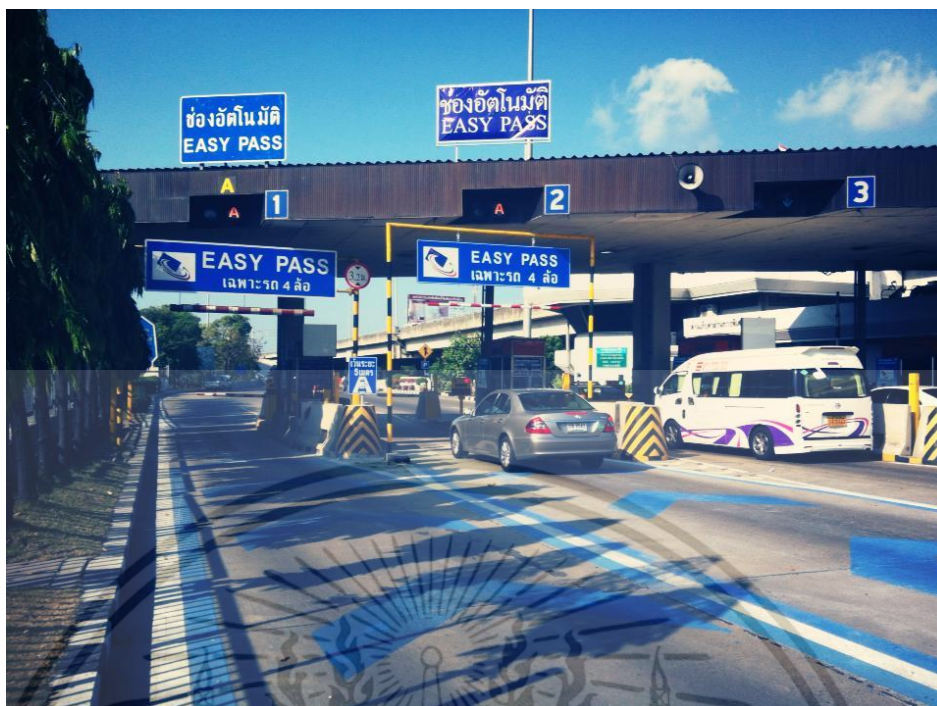
ชอบกด Like ใจกด Share ได้ที่ City Glide  
อย่าลืมบอกต่อสิ่งดีๆ ให้เพื่อนคุณ คล้ายๆ <https://www.facebook.com/cityglidebyplanb/>

สถานะ: กิ่งพันธุ์ CityGlide : 15, 20, 21, 25, 36, 39, 40, 50, 59, 60, 63, 70, 79, 80, 84, 100, 109, 118, 140, 145, 168, 204, 206, 209, 209, 509, 510, 511, 514, 515, 522, 555, 556, A1, A2  
สอบถามข้อมูลเพิ่ม: [marketing@planbmedia.co.th](mailto:marketing@planbmedia.co.th) | โทร. 029-999-9199 | © CityGlide

รูปที่ 1.4 cityglide บริการค้นหาและบอกเวลารถสาธารณะ

6) ระบบชำระค่าโดยสาร ค่าผ่านทางอัตโนมัติ การทางพิเศษแห่งประเทศไทยใช้ระบบเก็บค่าผ่านทางพิเศษอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection System: ETC) โดยผู้ใช้จะต้องมีบัตร Easy Pass เพื่อผ่านทางได้รวดเร็วขึ้น ช่วยลดเวลาในการต่อคิวจ่ายเงินสดด้วยตัวเองทำให้ประหยัดเวลาการเดินทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.5 ช่องทางชำระเงินอัตโนมัติโดยใช้บัตร Easy Pass  
([www.facebook.com/etceasypass](http://www.facebook.com/etceasypass))

### 1.1.2 สมาร์ทโฟนในประเทศไทย

**SMARTPHONES, FEATURE PHONES OR NO PHONES • BY AGE GROUP** **YOZZO**  
www.yozzo.com

PEOPLE WHO DO NOT HAVE - OR HAVE ONE OR MORE MOBILE, OR SMARTPHONES

AGE/PHONES	FEATURE PHONES ☰				SMARTPHONES 📱			
	HAVE NO MOBILE	1 MOBILE	2 MOBILES	3+ MOBILES	NO SMARTPHONE	1 PHONE	2 PHONES	3+ PHONES
<b>TOTAL</b>	<b>22,862,009</b>	<b>26,637,718</b>	<b>80,064</b>	<b>14,345</b>	<b>25,882,027</b>	<b>23,402,431</b>	<b>283,586</b>	<b>26,095</b>
Age 6-10	298,826	350,744	254	-	347,429	302,330	-	64
Age 11-14	1,319,863	683,272	1,504	80	671,322	1,331,156	1,552	688
Age 15 - 19	3,445,909	948,686	7,478	2,389	906,540	3,487,255	9,686	881
Age 20 - 24	3,445,771	1,233,866	1,859	675	1,148,667	3,505,607	24,946	2,950
Age 25 - 29	3,210,741	1,291,261	4,382	2,910	1,178,640	3,290,503	39,212	938
Age 30 - 34	2,952,228	1,681,901	6,965	169	1,579,617	3,007,003	50,637	4,008
Age 35 - 39	2,543,524	2,420,252	4,141	300	2,319,989	2,595,373	51,086	1,771
Age 40 - 49	3,336,821	6,622,269	19,841	4,020	6,451,160	3,463,652	61,857	6,282
Age 50 - 59	1,693,706	6,219,215	19,090	2,361	6,118,023	1,779,641	31,430	5,278
Age 60+	614,721	5,186,253	14,551	1,441	5,160,640	639,911	13,179	3,236

รูปที่ 1.6 สถิติผู้ครอบครองสมาร์ทโฟนจำแนกตามกลุ่มอายุ  
(นำเสนอโดยบริษัทโยซโซ จำกัด บริการให้คำปรึกษาทางด้าน ICT และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง)

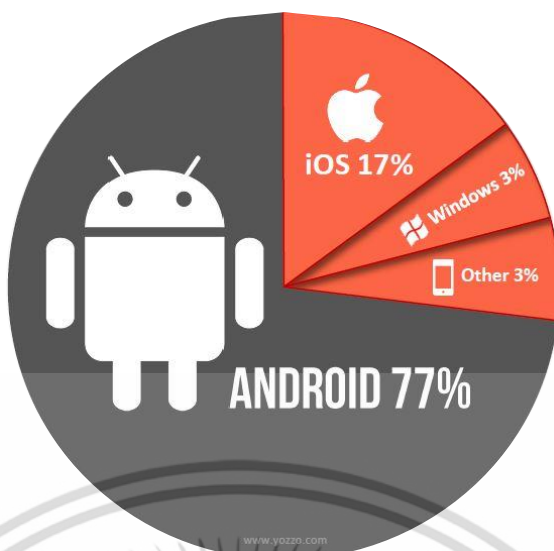
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนไทยช่วงอายุ 20 – 24 ปี มีการครอบครองสมาร์ทโฟนมากที่สุด โดยใช้เวลาดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน (Instant Messaging) ถึง 74% ผู้ให้บริการที่คนไทยนิยมใช้บริการมากที่สุดคือแอปพลิเคชันไลน์ (LINE, ข้อมูลปี 2558) [4]



รูปที่ 1.7 แอปพลิเคชันไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.8 สถิติจำนวนผู้ใช้ระบบปฏิบัติการของสมาร์ทโฟน  
(www.yozzo.com)

ระบบปฏิบัติการที่คนไทยใช้งานมากที่สุดคือ ANDROID รองลงมาคือ iOS [4][5]

มีการทำแบบสอบถามผู้ใช้งานเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้งานและเลือกซื้อสมาร์ทโฟนของคนไทย ผ่านทางระบบแบบสอบถามในแอปพลิเคชันดูแอด (Doo ADs) ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มเกี่ยวกับการรับชมโฆษณาและเก็บข้อมูลผู้บริโภค ในช่วงระหว่างวันที่ 25 มกราคม ถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2559 มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 9,970 คน

ประเด็นที่น่าสนใจจากผลสำรวจดังกล่าวคือ ราคาสมาร์ทโฟนที่คนเลือกซื้อมากที่สุดอยู่ในกลุ่มราคาที่ไม่เกิน 10,000 บาท คิดเป็น 55% ของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด โดยเน้นไปที่ความเร็วในการประมวลผลของเครื่องเป็นหลัก [6]



รูปที่ 1.9 การตัดสินใจในการเลือกซื้อสมาร์ทโฟนตามความต้องการของผู้ใช้  
(ภาพจาก www.whatphone.net)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าปัจจุบันคนไทยส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนมาใช้สมาร์ตโฟนกันมากขึ้น เนื่องจากผู้ให้บริการเครือข่ายมีการประชาสัมพันธ์การส่งเสริมการขายแข่งขันกันอย่างดุเดือด โฉมหน้าด้วยราคาค่าโทรที่ถูกลง ค่าบริการอินเทอร์เน็ตที่คุ้มต่อการใช้งาน ไปจนถึงการเปิดเบอร์โทรศัพท์ใหม่ภายในระยะเวลาส่งเสริมการขายจะได้ส่วนลดค่าเครื่องสมาร์ตโฟนเพิ่มขึ้นอีก จึงทำให้เกิดสังคมออนไลน์ขนาดใหญ่ขึ้น

สมาร์ตโฟนโดยทั่วไปแล้วมีส่วนประกอบขั้นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเพิ่มความสามารถและสนับสนุนการใช้งานกับแอปพลิเคชันต่าง ๆ อย่างเกมที่มีการเอียงหน้าจอขณะเล่น ตัวเกมจะเรียกใช้เซ็นเซอร์ accelerometer และ gyroscope เข้ามาสนับสนุน ซึ่งเซ็นเซอร์ทั้งสองจะติดมากับสมาร์ตโฟนแทบทุกเครื่อง โดยรายละเอียดจะกล่าวถึงในบทที่ 2 ดังนั้นสามารถนำจุดเด่นของสมาร์ตโฟนที่มีเซ็นเซอร์ในตัวมาประยุกต์ใช้กับการศึกษา และทดลองสังเกตพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ได้

## 1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) เพื่อเข้าใจพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์โดยทดลองขับขี่และใช้เซ็นเซอร์ในสมาร์ตโฟนเพื่อการตรวจจับ
- 2) เพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุและเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ใช้รถจักรยานยนต์
- 3) เพื่อเพิ่มทางเลือกในการพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในการจราจร

## 1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

การสังเกตพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ดำเนินการโดยพัฒนาแอปพลิเคชันและทำการติดตั้งบนสมาร์ตโฟน จากนั้นทำการทดลองและเก็บข้อมูลนำมาวิเคราะห์และสรุปผล โดยมีขอบเขตดังนี้

- 1) พัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ ANDROID โดยใช้งานเซ็นเซอร์ในสมาร์ตโฟน 3 ชนิดคือ accelerometer gyroscope และ GPS
- 2) ใช้ข้อมูลดิบที่ได้จากเซ็นเซอร์เป็นข้อมูลตัวอย่างในการอ้างอิงและกำหนดเงื่อนไข
- 3) มีการบันทึกวีดีโอเหตุการณ์เพื่อประกอบการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถจักรยานยนต์

## 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

- 1) ศึกษาการทำงานต่าง ๆ ของเซ็นเซอร์ในสมาร์ตโฟน และเลือกใช้เซ็นเซอร์ที่เหมาะสมต่อการทดลอง
- 2) ศึกษาการติดต่อใช้งานเซ็นเซอร์ผ่านการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ ANDROID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) ศึกษาค้นคว้างานวิจัยเพื่อการออกแบบการทดลองที่เหมาะสมกับปัญหาพิเศษมากที่สุด
- 4) พัฒนาแอปพลิเคชันและทดสอบใช้งานจริงบนสมาร์โฟน
- 5) ทำการทดลองและเก็บข้อมูลโดยแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น
- 6) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

### 1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาปัญหาพิเศษ

- 1) สมาร์โฟนระบบปฏิบัติการ ANDROID เวอร์ชัน 5.1.1 Lollipop ยี่ห้อ Vivo รุ่น V3Max
- 2) ซอฟต์แวร์ Android Studio เวอร์ชัน 2.1.2 (ขณะเริ่มพัฒนา) สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อใช้ในการทดลอง
- 3) รถจักรยานยนต์

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) จำแนกพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ได้
- 2) ลดความเสี่ยงของพฤติกรรมที่นำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้
- 3) แอปพลิเคชันสามารถนำไปศึกษาและพัฒนาอัลกอริทึมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ จำแนกพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ได้ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็น การสำรวจงานวิจัย และทฤษฎีต่าง ๆ เกี่ยวกับเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งมาในสมาร์ทโฟน คุณสมบัติของเซ็นเซอร์ การนำเซ็นเซอร์ไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ โดยเนื้อหาเน้นไปที่การใช้สมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์ตรวจจับพฤติกรรม การขับขี่รถยนต์ รถจักรยานยนต์ รวมถึงวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ในสมาร์ทโฟน และวิธีการทดลอง

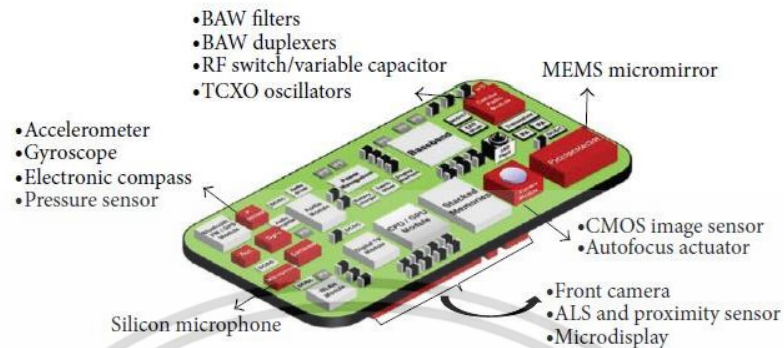
### 2.1 การศึกษาการใช้สมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์การตรวจจับ

การตรวจจับ (Sensing) เป็นการสร้างการเชื่อมต่อระหว่างโลกจริงและโลกเสมือน (Virtual World) ด้วยการใช้เซ็นเซอร์ต่าง ๆ โลกเสมือนเกิดขึ้นโดยการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของมนุษย์ ซึ่งความแตกต่างของโลกเสมือนกับโลกจริงนั้นคือโลกเสมือนต้องการข้อมูลเพื่อให้ทำงานได้ตลอดเวลา ดังนั้น การตรวจจับจึงเป็นส่วนสำคัญทั้งการศึกษาค้นคว้าและในวงการอุตสาหกรรม [7]

เดิมทีงานที่ใช้เซ็นเซอร์เป็นพื้นฐานนั้นส่วนใหญ่ใช้เพื่อการศึกษาวิจัยหรือใช้กับงานเฉพาะทาง อย่างเช่น การใช้เซ็นเซอร์หลายตัวฝังไว้ที่จักรยานของนักปั่นเพื่อเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ การขี่จักรยาน [8] ซึ่งข้อมูลนี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำแผนที่การขี่จักรยาน ส่วนในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Networks: WSN) มีการนำเซ็นเซอร์ไร้สายไปใช้เพื่อติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุอุปกรณ์เคลื่อนที่ [9][10]

การใช้เซ็นเซอร์โดยสนใจผู้ใช้เป็นศูนย์กลางนั้น [11] ในหลายปีที่ผ่านมาสมาร์ทโฟนเป็นที่นิยมของคนจำนวนมาก สมาร์ทโฟนนั้นได้ฝังเซ็นเซอร์มาหลายตัวและนำไปประยุกต์ใช้งานได้ที่น่าสนใจ ไม่เหมือนกับเซ็นเซอร์เฉพาะทางที่ใช้ได้กับงานเฉพาะทางเท่านั้น เซ็นเซอร์ในสมาร์ทโฟนทำให้เกิดความสามารถต่าง ๆ มากมายในการช่วยเหลือและเปลี่ยนแปลงชีวิตของผู้ใช้ ดังนั้นการใช้สมาร์ทโฟนแทนอุปกรณ์เฉพาะสำหรับการนำไปประยุกต์มีความง่ายกว่าและเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้

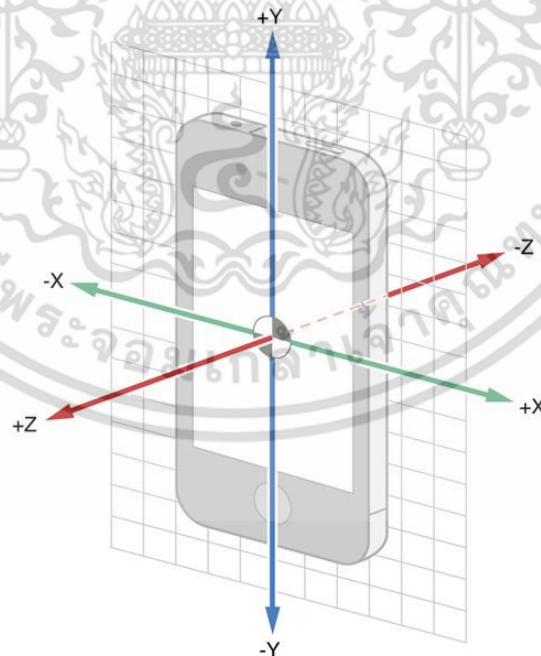
### 2.1.1 เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ในสมาร์ทโฟน



รูปที่ 2.1 เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ในสมาร์ทโฟน

จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่าสมาร์ทโฟนรุ่นใหม่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์หลายชนิด เซ็นเซอร์ที่นิยมใช้ส่วนใหญ่ในสมาร์ทโฟนจะมี accelerometer gyroscope magnetometer ไมโครโฟน และ กล้อง ซึ่งมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้ [7]

#### 1) เซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง (Accelerometer Sensor)

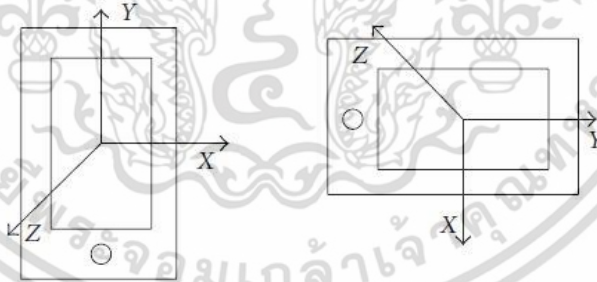


รูปที่ 2.2 เซ็นเซอร์ Accelerometer ใช้ตรวจจับลักษณะการเคลื่อนไหวของสมาร์ทโฟน โดยอ้างอิง 3 แกน (3-Axes)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Accelerometer ทำงานโดยตรวจวัดความเร่งที่เหมาะสม โดยความเร่งนั้นมีความเกี่ยวข้องกับการตกอย่างอิสระและความเร่งที่เกิดจากมนุษย์และวัตถุ ในอีกทางหนึ่ง ที่จุดใด ๆ ใน space-time กฎความสมดุลแสดงให้เห็นว่าทั่วไปแล้วมีองค์ประกอบของความเฉื่อยอยู่ และ accelerometer ก็ตรวจวัดความเร่งเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบนั้น โดยความเร่งมักจะวัดค่าอยู่ในรูปแบบของแรง G [12]

หลักการของ accelerometer คือใช้แรงเฉื่อย จินตนาการถึงกล่องที่มีกำแพง 6 ด้าน มีลูกบอลลอยอยู่ตรงกลางกล่องโดยไม่มีแรงใดกระทำกับลูกบอล (ตัวอย่างนี้ กล่องอยู่นอกโลก) เมื่อกล่องเคลื่อนที่ไปทางด้านขวา บอลจะกระแทกกับกำแพงด้านซ้าย กำแพงด้านซ้ายซึ่งไวต่อแรงกดจึงสามารถวัดแรงของการกระแทกที่เกิดขึ้นกับกำแพงด้านซ้ายได้ ดังนั้นจึงวัดความเร่งที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากแรงโน้มถ่วง เมื่อกล่องวางอยู่บนพื้นโลก ลูกบอลยังคงตกอยู่ (วางนิ่งอยู่กับที่) กับพื้นด้านล่างของกล่องและให้ค่าคงที่ของความเร่งประมาณ  $9.8\text{m/s}^2$  แรงโน้มถ่วงมีผลกับการตรวจวัดค่าของ accelerometer เมื่อมีการวัดค่าความเร็วหรือการทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในสามมิติ ต้องมีการหักค่าของแรงโน้มถ่วงออกก่อนการวัดค่าใด ๆ อย่างไรก็ตามแรงโน้มถ่วงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจจับการหมุนของอุปกรณ์ได้ เมื่อผู้ใช้หมุนสมาร์ตโฟนเนื้อหาที่ผู้ใช้กำลังดูอยู่จะเปลี่ยนไปมา ระหว่างแนวตั้งและแนวนอน จากรูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่าเมื่อหน้าจอสมาร์ตโฟนอยู่ในแนวตั้ง แกน y จะมีแรงโน้มถ่วง เมื่อสมาร์ตโฟนอยู่ในแนวนอนแกน x จะมีแรงโน้มถ่วง ดังนั้นผู้ใช้สามารถหมุนจอได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งาน



รูปที่ 2.3 การหมุนหน้าจอสมาร์ตโฟน

ในทางทฤษฎีแทนด้วยการคำนวณดังนี้

$$d(t) = d_0 + v_0 t + \iint_0^T a(t) d_t d_\tau,$$

รูปที่ 2.4 ฟังก์ชันต่อเนื่องที่ใช้คำนวณการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 d(t) &= \text{การกระจัด (การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ)} \\
 d_0 &= \text{การเคลื่อนที่เริ่มต้น} \\
 v_0 &= \text{ความเร็วเริ่มต้น} \\
 a(t) &= \text{ความเร่ง}
 \end{aligned}$$

จากรูปที่ 2.4 สมการเป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง โดย  $a(t)$  ได้มาจากสภาพแวดล้อมจริงซึ่งไม่ต่อเนื่อง เพราะการสุ่มตัวอย่าง ดังนั้นเพื่อที่จะคำนวณการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุตามค่าที่ไม่ต่อเนื่อง จึงต้องนำสมการในรูปที่ 2.5 มาใช้ดังนี้

$$\int_{t(0)}^{t(n)} a(t) dt = \sum_{i=1}^n \left( \frac{a(i-1) + a(i)}{2} \right) \Delta t,$$

รูปที่ 2.5 สมการคำนวณการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุตามค่าที่ไม่ต่อเนื่อง

$$\begin{aligned}
 a(t) &= \text{ความเร่งต่อเนื่อง} \\
 a(i) &= \text{ตัวอย่างที่ } i \\
 \Delta t &= \text{เวลาที่เพิ่มขึ้น}
 \end{aligned}$$

จากนั้นความเร็วและการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุสามารถคำนวณได้ดังนี้ [13]

$$\begin{aligned}
 v(i) &= v(i-1) + \frac{a(i-1) + a(i)}{2} \Delta t, \\
 d(i) &= d(i-1) + \frac{v(i-1) + v(i)}{2} \Delta t.
 \end{aligned}$$

รูปที่ 2.6 สมการคำนวณความเร็วและการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ

ค่าของ accelerometer ที่คืนกลับมาเป็นสามมิติแสดงดังรูปที่ 2.3 ดังนั้น  $a(t)$  สามารถคำนวณได้ดังนี้

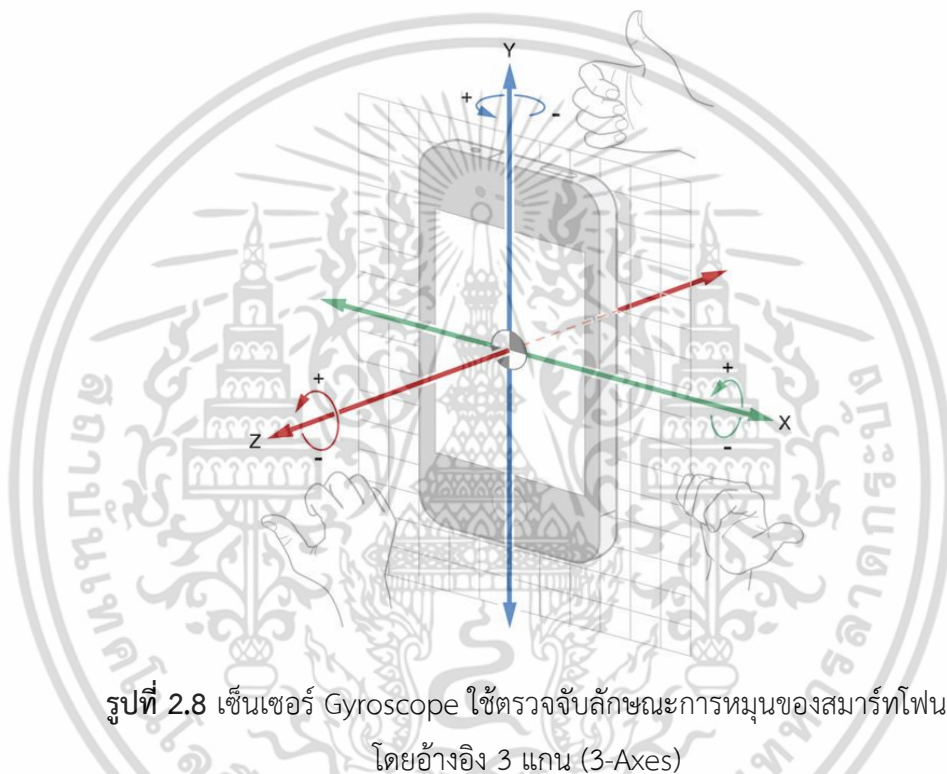
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mathbf{a}(t) = \vec{a}_x + \vec{a}_y + \vec{a}_z,$$

where  $\vec{a}_x$ ,  $\vec{a}_y$ , and  $\vec{a}_z$  are vectors.

รูปที่ 2.7 สมการคำนวณค่าความเร่งต่อเนื่องของ accelerometer ที่คืนกลับมาเป็นค่าสามมิติ

2) เซ็นเซอร์ตรวจจับการหมุน (Gyroscope Sensor)



Accelerometer สามารถวัดค่าการกระจัดของวัตถุได้ดี แต่ความแม่นยำในการวัดผลการเคลื่อนที่แบบหมุนของอุปกรณ์ gyroscope จะมีความแม่นยำกว่า

Gyroscope เป็นเครื่องมือในการวัดหรือการรักษาทิศทางโดยมีพื้นฐานมาจากหลักการของโมเมนตัมเชิงมุม โดยในทางกลไก gyroscope คือล้อที่กำลังหมุนหรือดิสก์ในแกนที่อิสระในทิศทางใด ๆ แม้ว่าทิศทางดังกล่าวไม่ได้อยู่คงที่ แต่ก็มีการเปลี่ยนแปลงตอบสนองต่อแรงบิดภายนอกและในทิศทางที่แตกต่างกันมากหรือน้อยกว่าที่จะเป็น โดยไม่มีโมเมนตัมเชิงมุมขนาดใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับอัตราการหมุนของดิสก์ที่สูง ๆ และช่วงเวลาของความเฉื่อย แนวการวางของอุปกรณ์เกือบจะคงที่ โดยไม่คำนึงถึงการติดตั้งการเคลื่อนที่ของแพลตฟอร์ม เพราะการติดตั้งอุปกรณ์ในกิมบอล (gimbal: อุปกรณ์มอเตอร์ 3 แกนหมุนอิสระ) ชวงลดแรงบิดภายนอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gyroscope เป็นเซ็นเซอร์ที่มีความไวมาก (sensitive) ซึ่งดีต่อการตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบหมุน เช่นเดียวกับ accelerometer กล่าวคือ gyroscope คำนวณค่าแบบสามมิติโดยมีระบบพิกัดดังรูปที่ 2.3 ค่าที่ gyroscope คำนวณคือความเร็วเชิงมุมซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์หมุนรอบแกนเร็วเพียงใด สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$g(t) = \vec{g}_x + \vec{g}_y + \vec{g}_z$$

รูปที่ 2.9 คำนวณความเร็วเชิงมุม

$g(t)$  = ความเร็วเชิงมุม

$\vec{g}_x$  = เวกเตอร์ความเร็วเชิงมุมรอบแกน x

$\vec{g}_y$  = เวกเตอร์ความเร็วเชิงมุมรอบแกน y

$\vec{g}_z$  = เวกเตอร์ความเร็วเชิงมุมรอบแกน z

3) เซ็นเซอร์ใช้วัดแรงและทิศทางของสนามแม่เหล็ก หรือใช้เป็นเข็มทิศในสมาร์ตโฟน (Magnetometer)

Magnetometer เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดแรงและทิศทางของสนามแม่เหล็ก ส่วน accelerometer และ gyroscope สามารถใช้ตรวจจับทิศทางของการเคลื่อนไหวได้ แต่ถึงอย่างนั้น ทิศทางก็มีความสัมพันธ์กับทิศทางที่ตอบสนองต่อระบบพิกัดที่สมาร์ตโฟนใช้ ในบางครั้งสมาร์ตโฟนที่ต่างกันก็ต้องมีการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลทิศทางของกันและกันให้สอดคล้อง (Synchronize) เพราะฉะนั้น magnetometer จำเป็นต้องได้ค่าทิศทางที่แน่นอน (ทิศทางที่เป็นไปตามระบบพิกัดของโลก)

magnetometer คำนวณค่าสามมิติ ถ้าวงอุปกรณ์แนวนอน มุมของการวางสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{angle} = \arctan \frac{M_y}{M_x}$$

รูปที่ 2.10 คำนวณมุมของการวางจากการค้นหาของ magnetometer

Accelerometer Gyroscope และ Magnetometer ด้วยเซ็นเซอร์ 3 ตัวนี้จะช่วยให้สมาร์ตโฟนสามารถระบุประเภทของการเคลื่อนไหวได้ทั้งหมด แต่ในสภาพแวดล้อมจริงมีความผิดพลาดของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ต่อไปนี้จะอธิบายเกี่ยวกับการแก้ไขข้อผิดพลาดของ magnetometer และเซ็นเซอร์ทั้งสอง

วาง magnetometer ในแนวนอน หมุนด้วยความเร็วคงที่แล้ววัดค่าของ  $M_x$  และ  $M_y$  วางแกน z แนวนอนและหมุนเพื่อวัดค่า  $M_z$  แล้วคำนวณค่าชดเชยบนสามแกนดังนี้

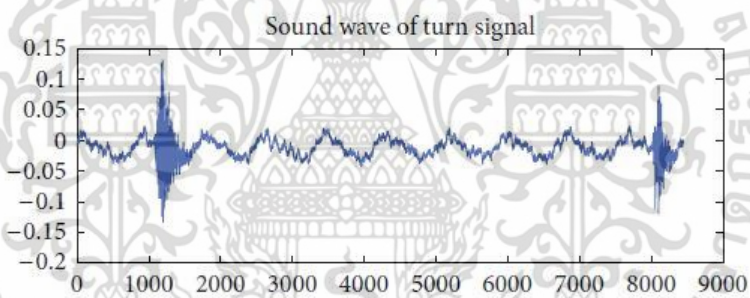
$$X_{\text{offset}} = \frac{(\text{MAX}(M_x) + \text{MIN}(M_x))}{2},$$

$$Y_{\text{offset}} = \frac{(\text{MAX}(M_y) + \text{MIN}(M_y))}{2},$$

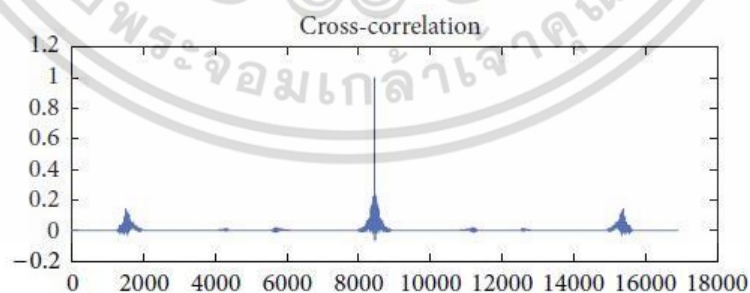
$$Z_{\text{offset}} = \frac{(\text{MAX}(M_z) + \text{MIN}(M_z))}{2},$$

รูปที่ 2.11 สมการคำนวณค่าชดเชยที่ผิดพลาดของ magnetometer

#### 4) ไมโครโฟน (Microphone)



รูปที่ 2.12 เสียงของไฟเลี้ยวรถยนต์ที่ถูกบันทึกไว้



รูปที่ 2.13 ประมวลผลสัญญาณโดยการทำ cross-correlation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M'_x = M_x - X_{\text{offset}},$$

$$M'_y = M_y - Y_{\text{offset}},$$

$$M'_z = M_z - Z_{\text{offset}}.$$

### รูปที่ 2.14 การทำ cross-correlation คลื่นเสียงด้วยตัวคลื่นเสียงเอง

ไมโครโฟนเป็นเซ็นเซอร์ที่พบได้ทั่วไป ส่วนใหญ่ใช้ในการบันทึกเสียง ปัญหาคือจะจัดการกับเสียงที่อัดมาแล้วได้อย่างไร วิธีส่วนใหญ่ที่ทราบกันดีคือ “ช่วงของเสียง” ในเสียงที่ถูกบันทึก Cross-correlation คือวิธีที่จะหาชิ้นส่วนของสัญญาณที่ปนอยู่ในสัญญาณ [14] ในการประมวลผลสัญญาณ cross-correlation คือการวัดความคล้ายคลึงกันของรูปแบบคลื่นสองคลื่นที่เป็นฟังก์ชันเวลาที่ซ้ำแล้วนำไปใช้กับคลื่นใดคลื่นหนึ่ง ซึ่งวิธีนี้ยังรู้จักกันในวิธีการแบบ sliding dot product หรือ sliding inner product ถูกใช้ในการแทนที่โดยทั่วไปของสัญญาณยาวด้วยสัญญาณที่สั้นกว่า ซึ่งเป็นลักษณะที่ทราบอยู่แล้ว มีการพบว่าถูกใช้งานในรูปแบบการรู้จำ (pattern recognition) การวิเคราะห์ท่อนุภาคเดี่ยว electron tomographic averaging การเข้ารหัส และสรีรวิทยา

Cross-correlation สามารถคำนวณได้ดังรูปที่ 2.15 สมมติให้สัญลักษณ์รูปแบบของคลื่นเสียงของสัญญาณไฟเลี้ยวคือ  $ts$  ของความยาว  $L, X(n)$  ซึ่งเป็นจำนวนเชิงซ้อน แทนด้วย  $n$ th เป็นสัญลักษณ์ที่ได้รับมา หลังจากนั้นทำการ Cross-correlation เปลี่ยนตำแหน่ง  $p$  คือ

$$C(ts, X, p) = \sum_{k=1}^L ts^* [k] X [k + p].$$

### รูปที่ 2.15 การคำนวณ Cross-correlation

ถ้าใช้คลื่นเสียงทำ cross-correlation ด้วยตัวเอง ตัวอย่างเช่น คลื่นเสียงในรูปที่ 2.12 จะได้ผลลัพธ์เป็นรูปที่ 2.13 โดยยอดแหลมนั้นแสดงให้เห็นการมีอยู่ของเศษสัญญาณ

#### 5) กล้อง

กล้องจับข้อมูลภาพในโลกจริงจากมุมมองของมนุษย์ จะได้ภาพที่แสดงให้เห็นข้อมูลส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามรูปแบบการรู้จำในส่วนของคอมพิวเตอร์ไม่สามารถทำงานได้เต็มที่เท่ามนุษย์ ในส่วนนี้จะอธิบายหลักการโดยย่อของรูปแบบการรู้จำ

รูปภาพที่กล้องได้บันทึกไว้สามารถแสดงให้เห็นในรูปแบบของเมทริกซ์ความเข้มแสงของแต่ละพิกเซล (ในที่นี้ใช้ภาพสีเทาเป็นตัวอย่าง) สมมติว่ามีเมทริกซ์ต้นแบบ (หรือเรียกว่าดิคชันนารี) ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$A_{s1}, A_{s2}, \dots, A_{sm}$  เป็นเมทริกซ์ที่จำเป็นต้องจำคือ  $A_d$  แล้วดำเนินการไปตามรูปแบบการรู้จำดังรูปที่ 2.16 เมทริกซ์ที่  $j$ th ในดิกชันนารีคือผลลัพธ์

$$j = \arg \max A_{sj} \cdot A_d$$

รูปที่ 2.16 เมทริกซ์การดำเนินการไปตามรูปแบบรู้จำ

รูปแบบการรู้จำมีความซับซ้อนมากกว่ารูปที่ 2.16 ซึ่งมีอัลกอริทึมดี ๆ มากมายในประเภทของรูปแบบการรู้จำ เช่น SIFT [15] และ SVM [16] แต่อัตราการรู้จำก็ยังไม่ดีพอสำหรับการนำไปใช้งานจริง

### 2.1.2 การนำไปใช้งาน

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงการนำเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นที่อยู่ในสมาร์ทโฟนและนำไปใช้งานในด้านการตรวจจับ (detect/sensing) ที่น่าสนใจ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท ประเภทที่ 1 คือ accelerometer gyroscope และ magnetometer ประเภทที่ 2 ไมโครโฟนและกล้อง

#### 1) Accelerometer Gyroscope และ Magnetometer

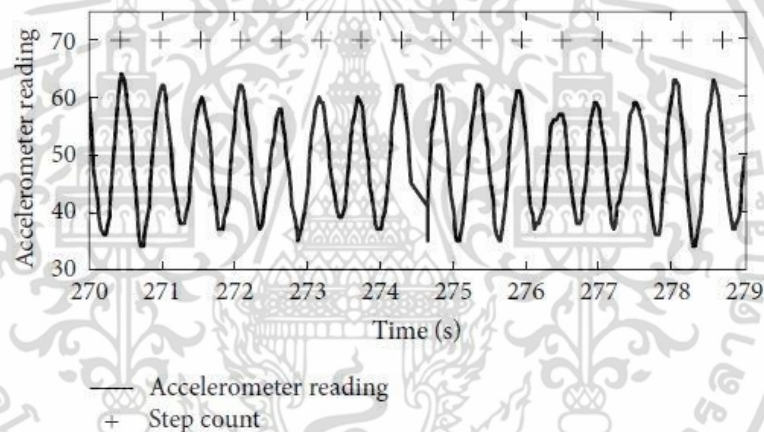
- การติดตามร่องรอย (Trace Track)

การหาคนในที่สาธารณะเป็นเรื่องยาก เช่น ในหอประชุม ห้องสมุด หรือห้างสรรพสินค้า ซึ่งมีความหนาแน่นอยู่โดยรอบ การหาบุคคลเป้าหมายนั้นทำได้ลำบาก ถึงแม้ว่าเป้าหมายจะบอกแล้วว่าอยู่ที่ใด ก็ค่อนข้างน่าผิดหวังเมื่อค้นหาในสภาพแวดล้อมที่ไม่คุ้นเคย แผนที่นั้นอาจช่วยได้แต่ก็ไม่ค่อยสะดวก สมาร์ทโฟนมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาบริการติดตามแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้การจำแนกผู้ใช้ ผ่านการเรียนรู้เป็นระยะ ๆ ของเส้นทางการเดินที่แตกต่างไปแต่ละบุคคล ตลอดจนวิธีที่พวกเขาพบกันในพื้นที่ ณ เวลานั้น เส้นทางสามารถคำนวณได้จากระยะเวลาห่างคู่ของคุณ [17] ระบบติดตามสามารถแนะนำเส้นทางให้ผู้ใช้เพื่อไปยังบริเวณที่ใกล้เคียงกับบุคคลที่ต้องการในที่สาธารณะ การติดตามนี้ไม่ได้พึ่งพา GPS WiFi หรือการขับรถเพื่อระบุบุคคล ผู้ใช้ที่กำลังติดตามเพียงแค่ตามลูกศรที่แสดงบนสมาร์ทโฟนไปเท่านั้น [17]

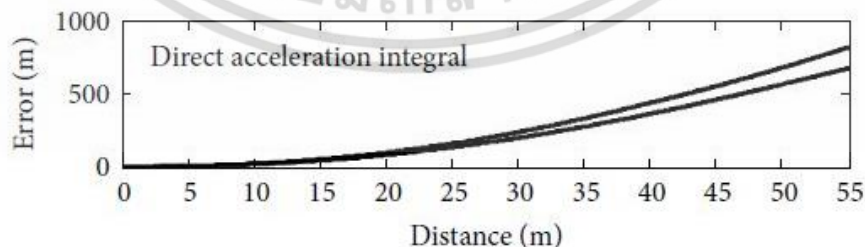
ระบบติดตามมีแนวคิดที่น่าสนใจคือสมาร์ทโฟนมีการติดตามแล้วบอกว่าผู้ใช้เดินไปแล้วก็ก้าวและกำลังเดินไปที่ใด [17] จากรูปที่ 2.17 (a) GPS เป็นวิธีการที่จะเข้าถึงแนวคิดนี้ได้ แต่ GPS ไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมแบบ indoor (ในตึก ในที่อับ ในบ้าน) ขอบเขตของ WiFi เป็นวิธีระบุขอบเขต indoor ได้ดี อย่างไรก็ตามไม่สามารถยืนยันได้ว่าจะมีร่องรอยของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WiFi ให้ระบุได้ ระบบติดตามจึงใช้ accelerometer และ gyroscope เข้ามาช่วย แต่การดูการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุที่คำนวณจาก accelerometer นั้นไม่แม่นยำเนื่องจากสมาร์ตโฟนที่มีการเคลื่อนไหวแบบเหวี่ยงไปเหวี่ยงมาในกระเป๋าเสื้อ ซึ่งเป็นธรรมชาติที่จะเกิดข้อผิดพลาดของการวัดค่า [18] ความผิดพลาดของการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุอาจเกิดขึ้นช่วง 100 เมตร หลังจากเดินไปได้ 30 เมตรแล้ว จากรูปที่ 2.17 (b) การระบุการติดตามลักษณะเฉพาะของความเร่งในรูปแบบการเดินของมนุษย์เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาหลักลักษณะเฉพาะนี้ เกิดขึ้นเมื่อร่างกายมนุษย์ตั้งขึ้นลงตามปกติระหว่างการเดินและสามารถใช้นับจำนวนก้าวได้ด้วย [17] การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในทางกายภาพสามารถคำนวณได้จากนำก้าวที่นับได้ไปคูณกับขนาดก้าวของผู้ใช้ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของน้ำหนักและส่วนสูงของผู้ใช้ [17] จากรูปที่ 2.17 (c) การติดตามมีความแปรปรวนโดยขนาดก้าวที่ผิดพลาดจากปัจจัยที่มาจาก การกระจายแบบ Gaussian โดยมีศูนย์กลางอยู่ที่จุดศูนย์กลางและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.15 เมตร ซึ่งดีกว่าในการรองรับการเปลี่ยนแปลงขนาดการก้าวเดินของมนุษย์ [17]

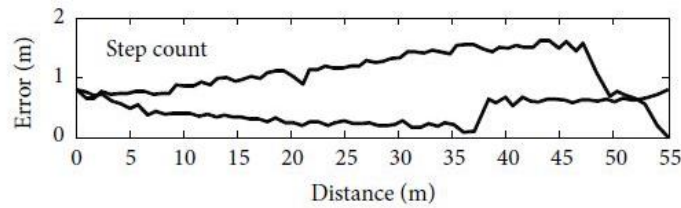


รูปที่ 2.17 (a) การอ่านค่าจาก accelerometer โดยการเดินของผู้ใช้



รูปที่ 2.17 (b) ความผิดพลาดของการกระจัดที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้งานสองคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 (c) ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในวิธีการนับก้าวเดิน

เข็มทิศ (magnetometer) ถูกใช้ในระบบติดตามเช่นเดียวกับ accelerometer ที่มีข้อผิดพลาดต่าง ๆ สัญญาณรบกวนเข็มทิศมาจากหลายปัจจัย รวมถึงการแกว่งไปแกว่งมาของผู้ใช้ ความผิดปกติของการเคลื่อนไหว สนามแม่เหล็กรอบ ๆ และความผิดปกติภายในเซ็นเซอร์ เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ สิ่งแวดล้อม และเซ็นเซอร์ สัญญาณรบกวนนั้นจึงยากต่อการคาดเดา และการชดเชยค่า เพื่ออธิบายลักษณะของสัญญาณรบกวนเข็มทิศจึงได้มีการทำการทดลองระบบติดตามด้วยสมาร์ตโฟน Nokia 6210 Navigator 2 เครื่อง (โทรศัพท์นำทาง) จำนวน 100 ครั้ง และสังเกตค่าเฉลี่ย bias (ความเอนเอียงในความผันแปรทางตำแหน่ง) ของ 8 องศา และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ 9 องศา [17] นอกจากนี้ในช่วงความกว้างของสัญญาณรบกวน การติดตามทำให้เกิดข้อสังเกตสองข้อที่สอดคล้องกันดังนี้ (1) เมื่อผู้ใช้เดินไปในทิศทางที่คงที่ เข็มทิศจะอ่านค่าอย่างรวดเร็วและคงที่บนค่า bias และแสดงให้เห็นเพียงความผันผวนเล็ก ๆ แบบสุ่ม และ (2) หลังจากเกิดการเลี้ยวแต่ละครั้งจะมีการกำหนด bias ขึ้นใหม่ [17] การติดตามระบุสถานะสองอย่างของผู้ใช้คือ เดินในทิศทางที่คงที่และเลี้ยว โดยมีการสังเกตสองครั้ง การเลี้ยวต่าง ๆ จะถูกกำหนดเมื่อทิศทางของเข็มทิศมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญที่มากกว่าค่าผันผวนเล็ก ๆ แบบสุ่ม อัลกอริทึมสำหรับระบุการเลี้ยวใช้การดำเนินการดังต่อไปนี้ [17]

$$\text{Avg}(t_{i+1}) - \text{Avg}(t_i) > \frac{\text{StdDev}(t_i) + \text{StdDev}(t_{i+1})}{2} + G,$$

รูปที่ 2.18 อัลกอริทึมในคำนวณเพื่อระบุการเลี้ยวของผู้ใช้

$\text{Avg}(t_i)$  ใช้แสดงค่าเฉลี่ยของการอ่านเข็มทิศบนค่า  $t_i$  ช่วงเวลา (ตัวอย่าง 1 วินาที)  $\text{StdDev}(t_i)$  คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการอ่านเข็มทิศระหว่าง  $t_i$  และ  $G$  ซึ่งเป็นตัวป้องกัน ในขณะที่เคลื่อนที่ไปแบบคงที่ การชดเชยการติดตาม การอ่านเข็มทิศที่เสถียรด้วยค่าเฉลี่ย bias และรายงานผลของค่าโดยทิศทางของผู้ใช้ ในขณะที่เลี้ยวนั้นการติดตามจะพิจารณาจากลำดับของการอ่านค่าที่รายงานโดยเข็มทิศ [17]

การใช้ประโยชน์ที่คล้ายคลึงกันของ accelerometer และ magnetometer งานวิจัย [19] ระบุว่า ใช้ accelerometer เพื่อคำนวณร่องรอยการเดินของคนและร่องรอยที่ถูกต้องด้วย GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Accelerometer ใช้เป็นส่วนเสริมในการระบุตำแหน่งของ GPS ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้งานกัน และงานวิจัยหลายงานก็มุ่งเน้นไปที่จุดนี้ สมาร์ทโฟนไม่ได้ใช้งานแค่กับคนที่เดินเท่านั้นแต่ยังมีการใช้งานกับคนบนรถยนต์ด้วย

- การขับรถยนต์อย่างอันตราย

เมื่อผู้ขับรถยนต์ในรถยนต์ สมาร์ทโฟนสามารถวัดความเร่ง ความเร็ว และการเลี้ยวผ่านเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งไว้ เนื่องด้วยสมาร์ทโฟนเป็นที่นิยมอย่างมาก การเลือกใช้สมาร์ทโฟนมาเป็นเครื่องตรวจจับนับว่าเป็นทางเลือกที่ดี

รูปแบบการขับที่แบ่งออกได้เป็นสองประเภท ไม่ก้าวร้าวและก้าวร้าว เพื่อศึกษาระบบความปลอดภัยของรถยนต์จำเป็นต้องเข้าใจและจดจำเหตุการณ์การขับขี่ พฤติกรรมการขับขี่รถยนต์อย่างก้าวร้าวที่อาจเกิดขึ้นยังคงเป็นปัญหาหลักของการเสียชีวิตจากการจราจรในประเทศสหรัฐอเมริกา และผู้ขับขี่ส่วนใหญ่ก็มักไม่รู้ตัวว่ากระทำผิดด้วยการกระทำที่ก้าวร้าวทุกวัน [20] เพื่อเพิ่มความตระหนักและรณรงค์การขับขี่อย่างปลอดภัย ระบบใหม่ที่ใช้ Dynamic Time Warping (DTW) (การแปรปรวนของเวลาแบบไดนามิก) และการใช้งานร่วมกับสมาร์ทโฟนที่มีเซ็นเซอร์พื้นฐาน (accelerometer gyroscope magnetometer GPS และ กล้อง) เพื่อตรวจจับ จดจำและบันทึกการกระทำโดยไม่มีการประมวลผลจากภายนอก [20]

ระบบเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวจาก accelerometer และ gyroscope ในสมาร์ทโฟนอย่างต่อเนื่องที่ค่าความถี่ 25 Hz เพื่อตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่ที่อันตรายโดยเฉพาะ ตัวอย่างพฤติกรรมการขับขี่ที่อันตรายคือการเลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวาอย่างรุนแรง เลี้ยวแบบหักกะทันหัน เบรกกะทันหัน และรูปแบบการเร่งความเร็ว พฤติกรรมการขับขี่ที่อันตรายเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการขับขี่ที่แบบก้าวร้าวมีโอกาสเกิดขึ้นและเป็นเหตุให้เกิดอันตรายกับทั้งคนที่เดินริมถนนและผู้ขับขี่คนอื่น ครั้งแรกระบบกำหนดไว้ว่าเมื่อพฤติกรรมการขับขี่ที่อันตรายเกิดขึ้นและจับลงโดยใช้การตรวจจับที่ปลายทาง เมื่อระบบมีสัญญาณที่แสดงการหลบหลีก มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปเปรียบเทียบกับรูปแบบที่เก็บไว้แล้วเพื่อตัดสินใจว่าตรงกับเหตุการณ์ที่ก้าวร้าวหรือไม่ [20]

จากงานวิจัย [21-23] ใช้ accelerometer และ gyroscope สำหรับจดจำเหตุการณ์การขับรถ ใน [21] มีการรวม accelerometer 2 แกน gyroscope 2 แกน และGPS (สำหรับความเร็ว) ใส่งานใน PC เพื่อทำการประมวลผล ในขณะที่ระบบมีการใช้ gyroscope ในการวัดครั้งแรกแต่ไม่ได้ถูกใช้ในโปรแกรม Hidden Markov Models (HMM) เป็นข้อมูลที่ถูกรวบรวม (training) และใช้เฉพาะกับข้อมูลความเร่งสำหรับการจดจำตัวอย่างรูปแบบการขับขี่

[22] ใช้ข้อมูลจาก accelerometer ที่บันทึกด้วยสมาร์ทโฟนเพื่อตรวจจับรูปแบบการขับขี่ของคนมาผ่านการ windowing และการเปลี่ยนแปลงเริ่มต้น

ระบบสังเกตการขับขี่ [23] เพื่อสังเกตรูปแบบการขับของผู้สูงอายุ ระบบนี้เกี่ยวกับการใช้

กล้องสามตัว accelerometer 2 แกน และ GPS receiver ติดตั้งไว้บน PC ผู้พัฒนาได้ทำการเก็บค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการวิจัยในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นว่ามีประโยชน์ในการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับผู้ขับจำนวน 647 คน ระบบมีส่วนประกอบหลายอย่าง หนึ่งในนั้นคือเริ่มต้นตรวจจับการขับรถที่ไม่แน่นอนโดยใช้ accelerometer มีการตรวจจับรูปแบบการเบรกและการเร่งตลอดจนการเลี้ยวด้วยความเร็วสูงเกินเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด นอกจากนี้ ข้อมูลยังใช้ระบุสภาพแวดล้อมการขับขี่ได้ด้วย (ระหว่าง freeway กับในเมือง) โดยดูจากรูปแบบของการเร่ง

มีการศึกษาโดยใช้ accelerometer เพื่อจดจำท่าทาง ใน [24] และการควบคุมท่าทาง (the gesture control) [25] ทดลองจดจำท่าทางโดยใช้อัลกอริทึม DTW and HMM ตามลำดับ ทั้งสองใช้ชุดตัวอย่างท่าทาง 8 ท่าเหมือนกัน รวมถึงขึ้น ลง ซ้าย ขวา วงกลมที่ต่างกันสองวง สีเหลี่ยม และการเคลื่อนไหวแบบตั้งฉาก 90 องศาสำหรับการรายงานที่แม่นยำครั้งล่าสุด 4 ใน 8 ของท่าทางเหล่านี้เป็น 1 มิติตามธรรมชาติ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการใช้ DTW กับการเทรนหนึ่งครั้งมีประสิทธิภาพเหมือนกับ HMMs

#### - การเข้าถึงข้อมูลในสมาร์ทโฟน (Phone Hack)

Accelerometer มีความไวต่อการรับรู้ (sensitive) มาก จึงทำได้แม้กระทั่งการตรวจจับการกดของนิ้วมือไปที่หน้าจอของสมาร์ทโฟน [26] แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งการแตะหน้าจอในสมาร์ทโฟนรุ่นใหม่ ๆ รวมถึงแท็บเล็ตสามารถระบุได้จากการอ่านค่า accelerometer และ gyroscope การวิจัยมีผลกระทบอย่างจริงจัง จากที่แสดงให้เห็นว่าการโจมตีสามารถกระทำ background process (ประมวลผลอยู่เบื้องหลัง) ได้บนสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตที่ใช้อยู่ และการจับตาดูการป้อนข้อมูลของผู้ใช้อย่างเงียบ ๆ เช่น การกดคีย์บอร์ดและแตะไอคอน [26] ขณะที่การตรวจจับการแตะได้อย่างแม่นยำเป็นเรื่องง่าย ๆ จึงกำหนดให้อัลกอริทึม machine-learning มาใช้ในการระบุลายนิ้วมือในคีย์ที่ใกล้ ๆ กัน sensitive sensors บนอุปกรณ์ใหม่ ๆ จะช่วยในเรื่องนี้ได้ [26]

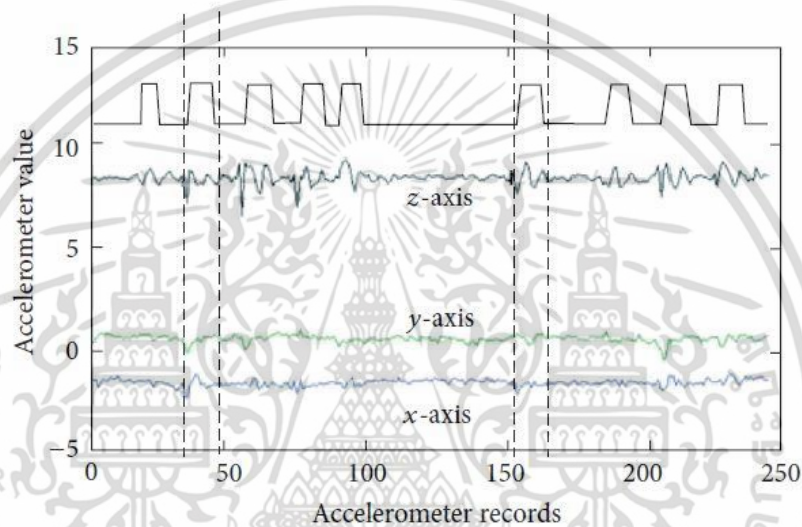
[26] นำเสนอ TapPrints ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์คสำหรับการดูตำแหน่งของการแตะบนโทรศัพท์สมาร์ทโฟนที่มีหน้าจอแบบสัมผัสโดยใช้ข้อมูล motion sensor ร่วมกับ machine-learning analysis โดยทำการทดสอบบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต ผลลัพธ์ที่ได้คือการระบุตำแหน่งที่แตะบนหน้าจอและระบุตัวอักษรภาษาอังกฤษสำเร็จที่ 90% มีความแม่นยำ 80% ตามลำดับ [26] ในการเพิ่มประสิทธิภาพของความสามารถในการตรวจจับการแตะด้วยข้อมูลเพิ่มเติม เช่น การดูบริบทความสำคัญก่อนหลัง อาจส่งผลให้การโจมตีทำได้มากขึ้น [26]

ทั้งระบบปฏิบัติการ Android และ iOS เช่นเซอร์ระบุตำแหน่งอย่าง GPS เป็นสิ่งเดียวที่ขอการอนุญาตการเข้าถึงของผู้ใช้อย่างชัดเจน เนื่องจากเป็นไปได้ที่ผู้ใช้ไม่เต็มใจในการให้ข้อมูลที่ถูกต้องถูกระบายและระบุตำแหน่งของเขาซึ่งเป็นเรื่องของความเป็นส่วนตัว แต่ accelerometer และ gyroscope ไม่ต้องการการอนุญาตจากผู้ใช้ทั้งสองระบบปฏิบัติการ เพราะเซ็นเซอร์ทั้งสองถูกใช้ในเกมเป็นส่วนใหญ่ Android ไม่จำกัดการเข้าถึง accelerometer และ gyroscope background service ของเซ็นเซอร์ทั้งสองสามารถใช้ได้ นอกจากนี้เซ็นเซอร์ทำงานเพื่อมาตรฐานของการเข้าถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ JavaScript เพื่อทะลุไปถึง accelerometer และ gyroscope ของอุปกรณ์เพื่อการแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชัน เช่น การเปลี่ยนมุมมองของเว็บได้

[26] แสดงให้เห็นว่าข้อมูล accelerometer และ gyroscope สามารถสร้างช่องโหว่ของความเป็นส่วนตัวได้อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีการแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะดูเมื่อคนแตะหน้าจอและเขียนอะไรด้วยการวิเคราะห์โดย machine-learning เพื่อดูสตรีมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ดูความเคลื่อนไหวสองตัวนี้ เหตุผลที่งานมุ่งเน้นศึกษา accelerometer และ gyroscope คือเซ็นเซอร์เหล่านี้สามารถตรวจจับการสั่นเล็กน้อย ๆ ของอุปกรณ์และมุมของการหมุนได้แม่นยำในระดับหนึ่ง



รูปที่ 2.19 ข้อมูลดิบจาก accelerometer

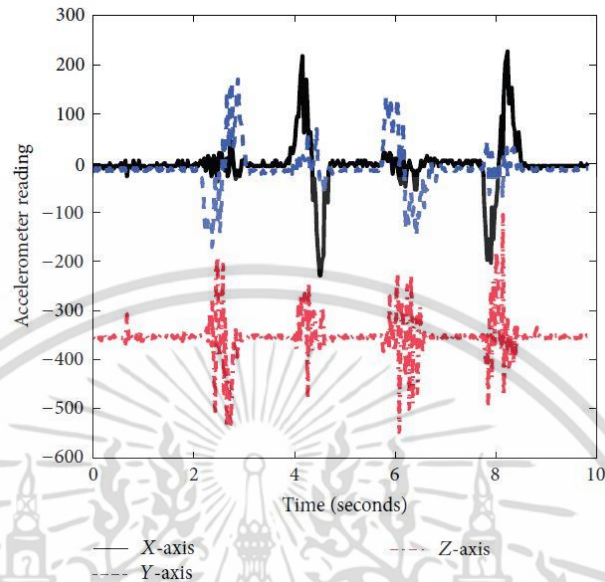
รูปที่ 2.19 แสดงให้เห็นข้อมูลดิบจาก accelerometer หลังจากที่ผู้ใช้แตะหน้าจอ เวลาของการแตะแต่ละครั้งจากสัญญาณดิจิทัลด้านบนสุด จะเห็นได้ว่าการแตะแต่ละครั้งจะมีผลให้เกิดกราฟดังกล่าวใน accelerometer ทั้งสามแกน โดยเฉพาะแกน z ซึ่งตั้งฉากกับหน้าจอโทรศัพท์ ข้อมูลจาก gyroscope มีพฤติกรรมคล้าย ๆ กัน แต่ไม่ได้แสดงไว้ และในงานวิจัยบางงานพบว่ามีการใช้ accelerometer และ gyroscope ในการเข้าถึงข้อมูลในโทรศัพท์เช่นเดียวกัน

#### - ท่าทางของโทรศัพท์ (Phone Gesture)

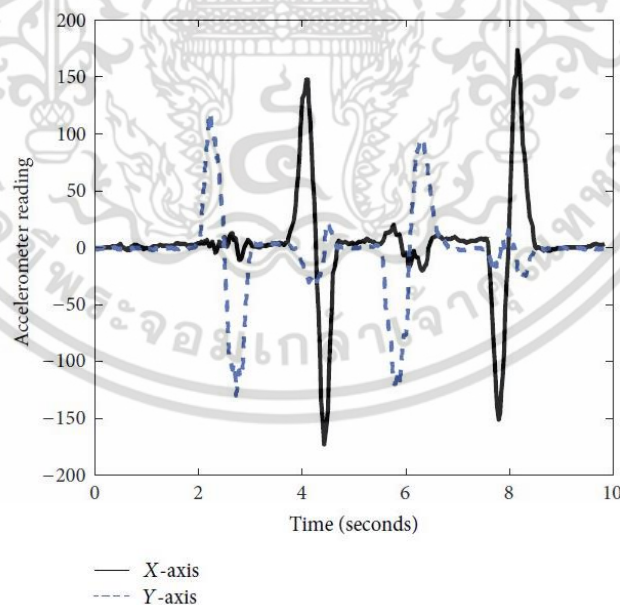
ความสามารถในการจดข้อมูลเล็กน้อย ๆ อย่างรวดเร็วและแพร่หลายทั่วไบนั้นมีประโยชน์ [27] นำเสนอระบบที่เรียกว่า PhonePoint Pen โดยใช้ accelerometer ในตัวของสมาร์ทโฟนเพื่อจดจำการเขียนของมนุษย์ โดยถือโทรศัพท์เหมือนกับปากกา ผู้ใช้สามารถเขียนข้อความสั้น ๆ หรือแม้กระทั่งไดอะแกรมง่าย ๆ ในอากาศ ความเร่งจากท่าทางของมือสามารถแปลงเป็นภาพและส่ง e-mail ไปให้ผู้ใช้ต่อไปได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานดังกล่าวสำเร็จได้โดยไม่ใช่ gyroscope เนื่องจากสมาร์ทโฟนไม่ได้ติดตั้งมาให้ จึงมีปัญหาหลักให้แก่คือ (1) รับมือกับการสั่นอื่น ๆ (noise) (2) การคำนวณการเคลื่อนที่ของโทรศัพท์



รูปที่ 2.20 (a) ข้อมูลดิบจาก accelerometer ขณะวาดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (แรงโน้มถ่วงอยู่ที่แนวแกน z)

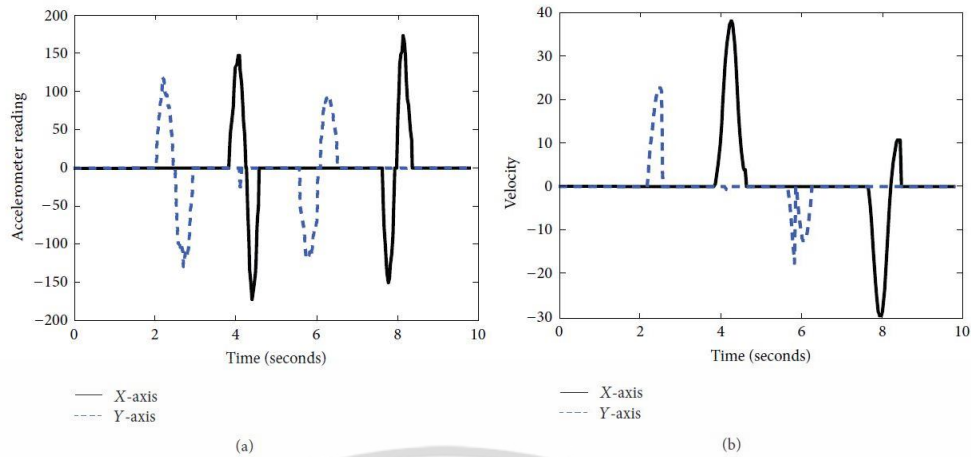


รูปที่ 2.20 (b) การกำจัดสิ่งรบกวน (noise) ของ accelerometer

Accelerometer มีความ sensitive ต่อแรงสั่นเล็ก ๆ จากรูปที่ 2.20 (a) พบว่าการอ่านค่าความเร่งจากผู้ใช้อั้ววาดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าใช้ 4 เส้น (ประมาณ -350 หน่วยบนแกน z ซึ่งขึ้นอยู่กับการเลือกสรรเป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงโน้มถ่วงโลก) จำนวนของค่าผิดพลาดทางเวลามีนัยสำคัญซึ่งเป็นธรรมชาติของการสั่นของมือ นอกจากนี้ accelerometer ยังมีการตรวจวัดผิดพลาดเนื่องมาจากตัวเซ็นเซอร์เองด้วย จึงจำเป็นต้องปรับค่านี้ลดลงเพื่อให้มีความผิดพลาดของท่าทางของปากกาน้อยลง เพื่อรับมือกับการสั่นที่รบกวนเข้ามา ทำให้ระบบการอ่านของ accelerometer ราบเรียบโดยใช้ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่บนค่าที่อ่านได้ล่าสุด ( $n = 7$ ) ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 2.20 (b) (การเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องเกิดขึ้นในระนาบ xy ซึ่งเอาแกน z ออกในตัวอย่างหลังเพื่อให้ดูได้ง่ายขึ้น)

การเคลื่อนที่ของโทรศัพท์นั้นเป็นตัวขนาดของลักษณะการเคลื่อนที่  $\delta$  คือการคำนวณเป็นหนึ่งคู่ของการเร่งความเร็ว นั่นคือ  $\delta = \int (\int a dt) dt$ , เมื่อ  $a$  คือความเร่งแบบฉบับพลัน กล่าวคือ อัลกอริทึมคำนวณความเร็วเป็นอันดับแรก (การอินทิเกรตความเร่ง) แล้วตามด้วยการเคลื่อนที่ (อินทิเกรตความเร็ว) แต่ถึงอย่างนั้น จากข้อผิดพลาดของ accelerometer ค่าความเร่งสะสมและความเร่งที่ลดลงสะสมรวมกันแล้วอาจไม่ใช่ศูนย์ ถึงแม้ว่าจะวางโทรศัพท์ไว้หนึ่ง ๆ ซึ่งจะกลายเป็นการทดแทนด้วยความเร็วคงที่ที่เหลืออยู่บางส่วน เมื่อความเร็วนี้ถูกอินทิเกรตแล้ว การเคลื่อนที่และการเคลื่อนไหวของทิศทางกลับไม่ถูกต้อง เพื่อลดความผิดพลาดของความเร็วที่เพี้ยนไป ค่าความเร็วที่เข้าใกล้ศูนย์ที่จุดที่สามารถระบุได้จำเป็นต้องรีเซ็ต จังหวะของกลไกที่อธิบายไว้ก่อนหน้านี้แล้วได้ถูกนำมาใช้ ลักษณะต่าง ๆ ถูกวาดโดยใช้เซตของจังหวะซึ่งแบ่งด้วยการหยุดสั้น ๆ การหยุดแต่ละครั้งมีเป้าหมายเพื่อรีเซ็ตความเร็วให้เป็นศูนย์ ดังนั้นจึงได้การเคลื่อนที่ที่ถูกต้อง การหยุดตรวจจับได้โดยใช้การย้าย window บน  $n$  แบบติดต่อกันด้วยการอ่านของ accelerometer ( $n = 7$ ) และมีการตรวจสอบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใน window เล็กกว่าค่าเริ่มต้นบ้างหรือไม่ ค่าเริ่มต้นนี้ถูกเลือกด้วยการสังเกต trial และ error โดยดูจากค่าเฉลี่ยของการสั่นที่มีสาเหตุมาจากโทรศัพท์ที่อยู่หนึ่ง ๆ ค่าความเร่งทั้งหมดระหว่างหยุดนั้นปรับเป็นศูนย์ รูปที่ 2.21 (a) แสดงให้เห็นถึงการทำ noise smoothing ร่วมกับการนำ noise ออก นอกจากนี้ความเร็วถูกเซตให้เป็นศูนย์ตั้งแต่เริ่มต้นของการหยุดในแต่ละช่วงเวลา รูปที่ 2.21 (b) แสดงผลลัพธ์ของการรีเซ็ตความเร็วตลอดจนความเร็วที่แกว่งไปเล็ก ๆ ก็มองเห็นได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อเล็กน้อยกับการเคลื่อนที่ของโทรศัพท์



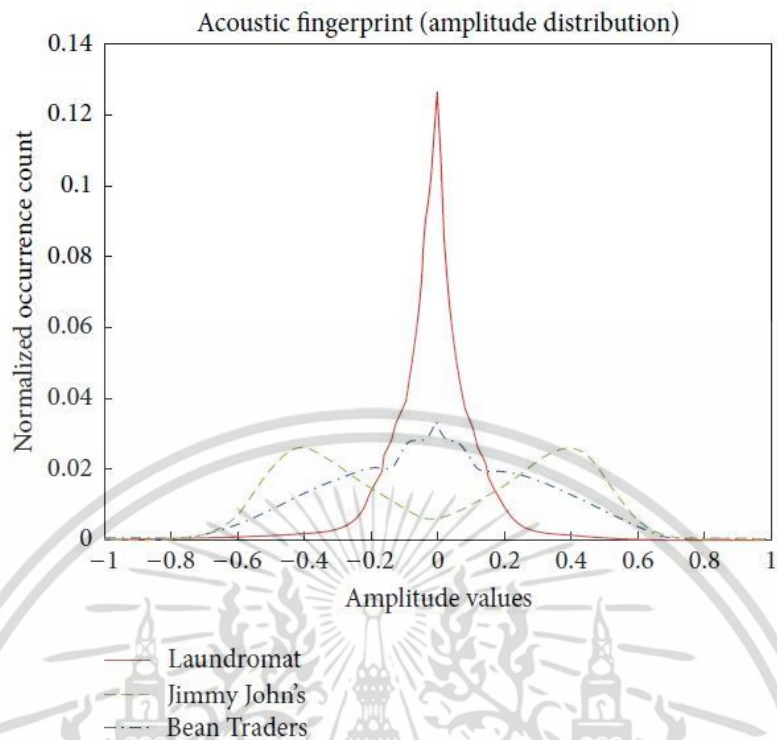
รูปที่ 2.21 (a) การอ่านค่าของ accelerometer หลังจากตัด noise ออก  
รูปที่ 2.21 (b) รีเซตค่าความเร็วไปเป็นศูนย์เพื่อหลีกเลี่ยงความเร็วสะสม

## 2) ไมโครโฟนและกล้อง

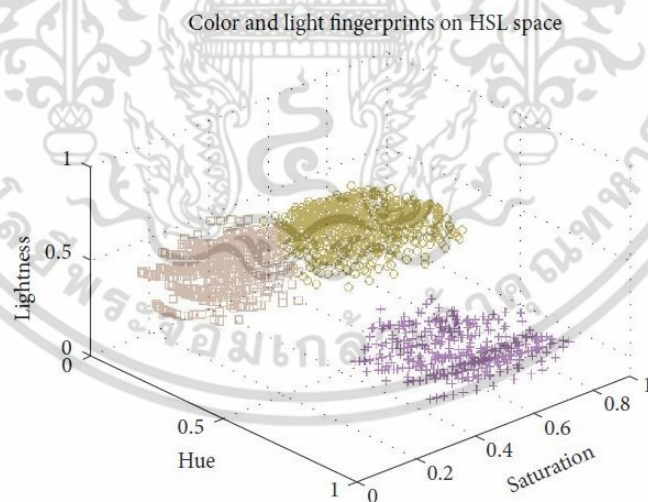
### - การสัมผัสรอบทิศทาง (Surround Sense)

มีงานวิจัยบางส่วนศึกษาเกี่ยวกับการใช้สมาร์ตโฟนเพื่อสัมผัสสิ่งแวดล้อมโดยรอบ จำนวนของแอปพลิเคชันที่ใช้ในการคำนวณโตขึ้นและมุ่งเน้นไปที่จุดเดียวคือตำแหน่งของผู้ใช้ แนวคิดของตำแหน่งค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่การใช้พิกัดทางกายภาพ (latitude/longitude) ไปจนถึง logical label (เช่น Starbucks McDonalds) ขณะที่งานวิจัยส่วนใหญ่ได้ดำเนินไปในเรื่องของการระบุตำแหน่งทางกายภาพ มีเพียงไม่กี่งานเท่านั้นที่พยายามจดจำตำแหน่ง ใน [28] ระบุว่า การเพิ่มขึ้นของจำนวนเซ็นเซอร์ในสมาร์ตโฟนแสดงให้เห็นถึงโอกาสที่จะระบุตำแหน่งแบบ logical เสียกรอบ ๆ แสง และสี ในสถานที่ถ่ายทอดการใช้ลักษณะของพลังงานแสงและคลื่นเสียง (Photoacoustic) ซึ่งสามารถรู้สึกได้โดยกล้องโทรศัพท์และไมโครโฟน accelerometer ในโทรศัพท์บางเครื่องอาจจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาได้อย่างมากในเรื่องของการเคลื่อนไหวของผู้ใช้ โดยมักจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสถานที่เมื่อผสมผสานการมองเห็น เรื่องของเสียง และลักษณะของการเคลื่อนไหว อาจเป็นไปได้ที่จะสร้างการระบุลายนิ้วมือสำหรับการระบุสถานที่แบบ logical ดังนั้น ผู้ใช้งานในร้านค้าใกล้เคียงจะสามารถจำแนกได้อย่างถูกต้อง ถึงแม้ว่าตำแหน่งทางกายภาพจะใกล้เคียงกันมาก ดูรูปที่ 2.22 และ รูปที่ 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 Sound fingerprints จากร้านค้า 3 ร้านที่อยู่ใกล้กัน



รูปที่ 2.23 สีและแสงของ fingerprints ในรูปแบบ HSL จากร้านกาแฟ the Bean Traders แต่แต่ละคลัสเตอร์แสดงเป็นสัญลักษณ์ที่ต่างกัน

[28] ใช้ประโยชน์จากไมโครโฟนและกล้องเพื่อเก็บ fingerprints รอบ ๆ จึงทำให้ระบุตำแหน่งแบบ logical ได้

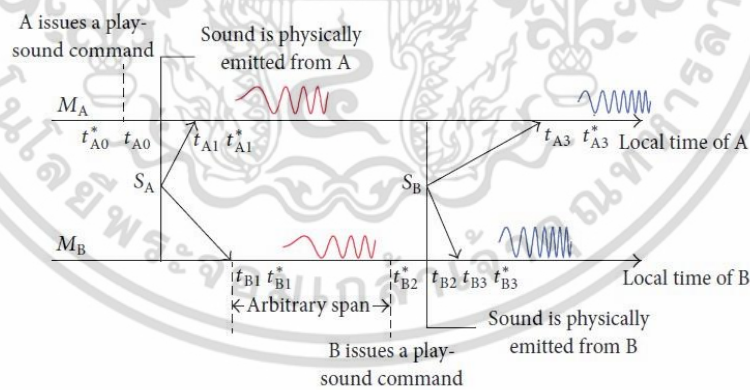
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การระบุตำแหน่ง (Localization)

ใน [29] ใช้เสียงเพื่อระบุตำแหน่งและเพิ่มความถูกต้องในระดับที่สูงขึ้น

[29] ดำเนินการอย่างฉับพลัน/เกิดขึ้นเอง เฉพาะงานและอุปกรณ์ต่ออุปกรณ์ โดยไม่ต้องใช้ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อม ปราศจากการวางโครงสร้างพื้นฐานไว้ก่อน วิธีการคือใช้ซอฟต์แวร์ล้วน ๆ และใช้เฉพาะชุดฮาร์ดแวร์ทั่วไปที่มีขาย ลำโพง ไมโครโฟน และชุดสื่อสารเครื่องต่อเครื่อง ดังนั้นจึงเหมาะสมและพร้อมใช้กับแพลตฟอร์มหลาย ๆ อย่างที่ต้นทุนต่ำ และอุปกรณ์มือถือที่ขายกันในท้องตลาดมีความเป็นไปได้สูงที่จะประสบความสำเร็จ ด้วยการรวม 3 เทคนิคเข้าด้วยกันคือ ตรวจสอบได้สองทิศทาง บันทึกได้ด้วยตัวเอง และมีการนับตัวอย่างเพื่อคาดเดาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ 2 อุปกรณ์ แต่ละตัวถูกออกแบบมาเป็นพิเศษโดยปล่อยเสียงสัญญาณ “บีบ” และเก็บบันทึกเสียงไปด้วยจากไมโครโฟนของตัวเอง การบันทึกแต่ละครั้งต้องบันทึกได้ทั้งเสียงบีบที่มาจากลำโพงตัวเองและของคู่อุปกรณ์ เมื่อนับตัวเลขระหว่างบีบสองบีบและแลกเปลี่ยนข้อมูลเวลาในขณะนั้นกับคู่อุปกรณ์ อุปกรณ์แต่ละตัวสามารถรับเวลาได้สองทางของการเดินทางของสัญญาณบีบที่ส่งสัญญาณแลกเปลี่ยนอัตราการสุ่มตัวอย่างของข้อมูลเสียง เทคนิคนี้เป็นการหลีกเลี่ยงอย่างชาญฉลาดจากแหล่งที่มาที่ไม่แม่นยำที่พบในรูปแบบเวลาปกติในการมาถึง เช่น การชิงคณาฬิกา การจัดการแบบไม่ใช่เวลาจริง และซอฟต์แวร์ดีเลย์

ในงานของ [29] ส่งเสียงบีบเพื่อคำนวณระยะทางระหว่างสองวัตถุ ไมโครโฟนจะแยกเสียงต้นฉบับและเสียงสะท้อนเพื่อรู้ช่วงเวลา ดังนั้นจึงได้ระยะทาง ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 ภาพประกอบลำดับของเสียงบีบบีบตั้งแต่เริ่มต้น ส่วนของเวลาแสดงไว้เพื่อให้ง่ายต่อการอธิบายและไม่มีการใช้ timestamp ในส่วนของวิธีการทำงานที่นำเสนอ

เซ็นเซอร์เป็นกุญแจสำคัญของการพัฒนาแอปพลิเคชันที่น่าสนใจบนสมาร์ตโฟน และเซ็นเซอร์นั้นทำให้สมาร์ตโฟนแตกต่างจากอุปกรณ์ประมวลผลทั่วไปอย่างคอมพิวเตอร์ แอปพลิเคชันส่วนใหญ่ใช้ accelerometer และ gyroscope เพราะว่าเป็นเซ็นเซอร์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดไม่

ทางใดก็ทางหนึ่ง ดังนั้นการมีข้อมูลขนาดใหญ่มาก ๆ เชื่อว่ากล้องและรูปแบบการรู้จำจะถูกนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต [7]

## 2.2 การสำรวจการวิเคราะห์พฤติกรรมคนขับโดยใช้เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ในสมาร์ทโฟน

1) [31] พัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยเก็บข้อมูลจาก accelerometer GPS รวมถึงเสียง โดยใช้ไมโครโฟนบันทึก เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อดูรูปแบบการขับรถที่ประมาทแบบต่าง ๆ เช่น เบรก การเปลี่ยนช่องจราจรซ้าย-ขวา เลี้ยวซ้าย-ขวา การเบรกกะทันหัน การเร่งความเร็วกะทันหัน ข้อมูลเหล่านี้ถูกวิเคราะห์และตรวจสอบโดยใช้ ground truth (ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตขณะทดลอง) ความสัมพันธ์ของเสียงและข้อมูล

accelerometer นั้น ทำเพื่อหารูปแบบใหม่ ๆ ตัวอย่างเช่น ถ้าการเปลี่ยนช่องจราจรไม่พร้อมกับเสียงขึ้นนำ (indicator) หมายความว่าเกิดเหตุการณ์การขับที่ประมาท ข้อจำกัดของงานนี้คือไม่ได้ใช้เทคนิค machine-learning มาช่วยจำแนกรูปแบบการขับรถ

2) [32] นำเสนอแอปพลิเคชันที่ประยุกต์ใช้สมาร์ทโฟนให้ทำงานร่วมกับรถยนต์ภายในเพื่อประเมินรูปแบบการขับรถ ใช้ accelerometer 3 แกนในแอนดรอยด์สมาร์ทโฟน เพื่อบันทึกและวิเคราะห์พฤติกรรมคนขับในแบบต่าง ๆ และรูปแบบถนนข้างนอกที่อาจเกิดอันตรายต่อร่างกายของคนขับ มีการใช้ข้อมูลจากแกน x และ y จาก accelerometer เพื่อวัดการควบคุมทิศทางของรถของคนขับจากการหมุนพวงมาลัย การเร่งความเร็ว และการใช้เบรก

การเร่งความเร็วที่ปลอดภัยหรือการลดความเร็วมักมีค่าไม่ถึงแรง  $g$  ที่มากกว่า  $\pm 0.3 g$  และการเร่งความเร็วกะทันหันและลดความเร็วกะทันหันเข้าใกล้  $\pm 0.5 g$  เปรียบเทียบได้คือ การเปลี่ยนช่องจราจรที่ปลอดภัยซ้ายขวาส่งผลให้เกิดค่าเฉลี่ยแรง  $g$  น้อยกว่า  $\pm 0.1 g$  ส่วนแบบที่ไม่ปลอดภัยของการเปลี่ยนช่องจราจรจะมากกว่า  $\pm 0.5 g$

สังเกตได้ว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้เปลี่ยนช่องจราจรอย่างปลอดภัยอยู่ที่ 75% ซึ่งมากกว่าการเปลี่ยนช่องจราจรแบบกะทันหัน ตำแหน่งการวางโทรศัพท์ที่ในรถยนต์นั้น สังเกตได้ว่าตำแหน่งการวางโทรศัพท์เมื่อวางตรงกลางแผงควบคุม จะได้ข้อมูลที่ดีที่สุดและสัญญาณรบกวนจากเครื่องยนต์ต่ำ ข้อเสียเปรียบของงานนี้คือผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของการคาดเดาพฤติกรรมการขับรถจะตรวจจับได้ เมื่อวางโทรศัพท์ไว้ตรงกลางแผงหน้ารถ แต่ในความเป็นจริงแล้วการวางโทรศัพท์ในรถไม่จำเป็นต้องวางไว้ตรงกลางแผงควบคุม ตำแหน่งของโทรศัพท์ควรขึ้นอยู่กับผู้ใช้ ดังนั้นควรจะมีกลไกสำหรับระบุการเปลี่ยนทิศทางตามจริงของ accelerometer ด้วย

3) [33] พัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ข้อมูลจาก accelerometer GPS และการบันทึกวิดีโอซึ่งช่วยให้คะแนนกับผู้ขับรถ ผลที่ส่งกลับมาจะช่วยเตือนให้คนขับระวังตัวและเพิ่มประสิทธิภาพการขับ ช่วงของค่าการเร่งความเร็วและลดความเร็วมิไว้เพื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แพ่ง เปรียบเทียบพฤติกรรมคนขับเช่นการควบคุมพวงมาลัย การเปลี่ยนเลน และระดับการจราจรโดยมีผู้เชี่ยวชาญการขับช่วยจำแนกรายละเอียดของหมวดหมู่ ค่าที่ป้อนเข้าไปคือค่าสัมประสิทธิ์ DFT ของมุมการหมุนของล้อและคันเร่ง ใช้ machine learning และ learning algorithm รวมถึงใช้เครือข่ายประสาทเทียมหลายชั้น (MLP-ANNs) decision tree และ support vector machines (SVMs) โดย SVM with polynomial kernel มีประสิทธิภาพสูงกว่า MLP-ANN และ decision tree

7) [37]. นำเสนอการวิเคราะห์พฤติกรรมคนขับและการรู้จำเส้นทางโดยใช้ Hidden Markov Models (HMM) ในวิธีที่แตกต่างกันสองวิธี วิธีแรกทำงานแบบล่างขึ้นบนใช้การแยกรูปแบบการรู้จำด้วยการเรียงโมเดลต่อกันแล้วสร้างเส้นทางทั่วไป วิธีที่สองทำงานแบบบนลงล่าง โดยใช้โมเดลตลอดเส้นทางเป็นเฟส (phrase) และปรับแต่งให้ HMM เพื่อพบการจัดทำแบบแผน ใช้เฉพาะสำหรับรูปแบบการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และเปลี่ยนเลนเท่านั้น

8) [38] สังเกตพฤติกรรมคนขับที่ผิดปกติที่มีสาเหตุมาจากการแข่งรถ โดยใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ Orientation sensor ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของรถยนต์ที่ไปซ้าย ขวา และมุ่งไปข้างหน้า GPS ใช้เพื่อทราบตำแหน่งของรถและความเร็วที่เคลื่อนที่และส่งต่อข้อมูลนี้ไปยังแอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์เพื่อทราบข้อมูลในเวลาจริงของตำแหน่งนี้ งานนี้แสดงเทคนิคที่ระบุรูปแบบการแข่งต่าง ๆ และจำแนกออกจากรูปแบบอื่นผ่านเครือข่ายประสาทเทียม มีการนำเสนอเทคนิคการจับคู่ของแผนที่เพื่อทำให้จับคู่และยืนยันรูปแบบการแข่งเหล่านั้นบนเครือข่ายถนนตามความเป็นจริง ข้อเสียของงานนี้คือระบบทำงานเต็มที่อยู่อย่างอิสระกับ GPS sensor แต่ GPS ไม่ได้ใช้งานได้ทุกที่บนทุกเงื่อนไข

แนวทางของการวิจัย ถึงแม้ว่างานวิจัยหลายงานสนับสนุนการจับตามองพฤติกรรมคนขับ [30] นอกจากที่นำเสนอมาแล้ว การสำรวจพบว่ามีแนวทางการวิจัยที่นักวิจัยสามารถศึกษาเพิ่มได้ดังนี้

- ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ฝน ลม ที่ต้องรายงานในขณะคาดเดาพฤติกรรมของคนขับ
- การหาความหนาแน่น ข้อมูลจากรถยนต์หลาย ๆ คันควรระบุได้ว่าเงื่อนไขใดที่ทำให้ผู้ขับขี่ขับรถแบบรุนแรง เช่น คนขับเบรกบ่อยเนื่องจากความแออัดหรือความเคยชินของผู้ขับ
- สภาพถนน ควรระบุสภาพถนนได้ถูกต้องเพื่อการพิจารณาถึงรูปแบบการขับรถได้
- Machine Learning Technique Machine learning algorithm ควรนำมาใช้ในการพิจารณาเหตุการณ์การขับรถแทนการกำหนดการสุ่มตัวอย่างหรือค่าเริ่มต้น
- การเก็บข้อมูลเป็นความลับ งานวิจัยส่วนใหญ่ใช้ GPS เพื่อการคาดเดารูปแบบการขับรถแต่ทำโดยระบุตำแหน่งซึ่งเป็นการละเมิดสิทธิส่วนบุคคลอย่างหนึ่ง ดังนั้นต้องมีเทคนิคบางอย่างปกปิดค่าเหล่านี้ได้
- การผสมผสานเซ็นเซอร์ ควรใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์หลาย ๆ ตัว ในการตรวจจับพฤติกรรมคนขับซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ เช่นการใช้ accelerometer magnetometer และ gyroscope ให้ทำงานร่วมกัน สามารถเพิ่มความแม่นยำในการอ่านการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำลองการเปลี่ยนทิศทางได้อีกครั้ง โทรศัพท์สามารถวางไว้ตำแหน่งใดในรถก็ได้ ดังนั้นควร มีกลไกที่ใช้จำลองการเปลี่ยนแนววางของอุปกรณ์เพื่อให้แกนของอุปกรณ์ตรงกับแกนของ รถยนต์[30]

### 2.3 ตรวจสอบเหตุการณ์การขับขี่รถยนต์โดยใช้สมาร์ทโฟน

[39] ในสภาพแวดล้อมที่มีการแข่งขันกันอย่างดุเดือดในสังคมปัจจุบัน การเดินทางจากที่หนึ่ง ไปสู่ที่หนึ่งในเวลาที่สั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ดูเหมือนว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นมาก ผลที่ตามมาั้นประเด็น เรื่องความปลอดภัยเมื่อสัญจรบนท้องถนนกลับไม่ได้รับความสำคัญเป็นอันดับแรก ด้วยเหตุนี้ พฤติกรรมการขับขี่ที่ก้าวร้าวอย่างการเปลี่ยนเลนอย่างรวดเร็ว การขับขี่จี้คันข้างหน้า และเบรก กะทันหัน ซึ่งนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุอยู่บ่อยครั้ง มีการค้นพบว่าเมื่อผู้ขับขี่ถูกเฝ้าสังเกตและมีการ บันทึกรายการขับขี่ โอกาสที่จะเกิดการขับขี่ที่มีพฤติกรรมก้าวร้าวและอันตรายลดลง [40] มีอุปกรณ์ที่ใช้ ตรวจสอบติดตั้งอยู่ภายในรถยนต์มากมายเช่น ตัวรับสัญญาณ GPS และที่พบได้บ่อยคือกล้องวิดีโอ [41] ตัวอย่างของการใช้อุปกรณ์เหล่านี้พบได้ในระบบขนส่ง และผู้ให้บริการแท็กซี่ ซึ่งสามารถติดตาม ผู้ขับขี่ได้ทุกคน เพื่อให้มั่นใจได้ว่าขับรถไม่ออกนอกเส้นทางและไม่ละเมิดความเร็วที่กำหนด

มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในระบบโลจิสติกส์และระบบขนส่งอัจฉริยะ ซึ่งได้ประโยชน์จาก การใช้เครือข่ายของอุปกรณ์ตรวจสอบ [42] สามารถพบได้ในรถที่มีระบบ real-time [43] ส่งข้อมูลการ ขับรถและควบคุมการชน โดยวิเคราะห์ความเป็นไปได้และความรุนแรงของการชนที่อาจเกิดขึ้น ผู้ ประกอบกิจการรถยนต์ได้นำแนวคิดนี้ไปพัฒนาระบบผู้ช่วยขับขี่ขั้นสูง เช่น การป้องกันการชนและ ระบบการหลีกเลี่ยง (ADAS) [44] ซึ่งในขณะนี้สามารถพบได้ในรถรุ่นสูง ๆ มีเซ็นเซอร์ที่ ADAS ต้องการ มีราคาแพงมาก และพบน้อยมากที่มีการนำมาใช้ในรถที่ราคาถูกลงมา

ความผิดพลาดของมนุษย์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุทางจราจร รองลงมาคือ สมรรถนะของรถยนต์ และโครงสร้างของถนน องค์ประกอบพื้นฐานที่นำไปสู่พฤติกรรมการขับขี่ที่ ก้าวร้าวนั้นมาจากการขับขี่ในสถานการณ์ที่แตกต่างกันในระหว่างเดินทาง เช่น การเบรกอย่างรุนแรง และเร่งความเร็ว เลี้ยวเร็วและเปลี่ยนเลนเร็ว ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจสถานการณ์การ ขับขี่พื้นฐานทั่วไปและระบุให้ได้ว่าเหตุการณ์ใดคือการขับขี่ที่ก้าวร้าว เพื่อทราบถึงความผิดปกติที่ เกิดขึ้น

ระบบสังเกตการขับขี่ทั้งหมดมีการกล่าวถึงมานาน โดยมีการเก็บบันทึกข้อมูลติดตั้งภายในรถ ซึ่งมีความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลขับขี่ที่สัมพันธ์กัน อย่างไรก็ตามบันทึกเหล่านั้นติดตั้งเพียงในรถ คันเดียวเท่านั้น ไม่สามารถถอดไปใช้กับรถคันอื่นได้ อีกทางเลือกหนึ่งที่มาแทนตัวบันทึกข้อมูลที่ติดตั้ง ภายในรถยนต์คือสมาร์ทโฟน ซึ่งสามารถทำได้ง่ายกว่า พบเห็นได้ทั่วไปและราคาถูก ในทางกลับกัน สมาร์ทโฟนรุ่นใหม่ ๆ ก็มีการติดตั้งเซ็นเซอร์มากับเครื่องมากมายและสามารถใช้เก็บข้อมูลได้พอ ๆ กับเครื่องเก็บข้อมูลที่ติดตั้งในรถยนต์ จากตัวเลือกที่กล่าวมาข้างต้น เห็นได้ชัดว่าสมาร์ทโฟนนั้นเหมาะ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับการนำมาเป็นเครื่องมือเพื่อใช้เก็บข้อมูล ดำเนินการและวิเคราะห์ข้อมูลการขับขี่พร้อมกับการตรวจจับ และระบุพฤติกรรมขับขี่ที่ก้าวร้าวและยังสามารถแจ้งเตือนคนขับได้เมื่อเกิดความประมาท

ในงานวิจัยนี้นำเสนอเครื่องมือที่มีอยู่แล้วในรูปแบบสมาร์ทโฟน ซึ่งผู้ใช้สามารถตรวจจับการ ขับรถได้เอง ได้ผลการศึกษา 2 ประการ ดังนี้

- นำเสนออัลกอริทึมสองแบบที่ใช้ในการตรวจจับและระบุสถานการณ์การขับขี่ อัลกอริทึม แรกที่ใช้ตรวจจับคือ rule-based algorithm ซึ่งต้องการเพียงข้อมูลจาก GPS receiver ในขณะที่อีกอัลกอริทึมนำเทคนิค pattern matching มาปรับใช้
- ผลการศึกษาอีกอย่างหนึ่งคือนำอัลกอริทึม 2 แบบมาเปรียบเทียบกันเพื่อดูว่าแบบใดมี ประสิทธิภาพดีกว่า

### 2.3.1 ภาพรวมของระบบ (Platform Overview)

[39] เสนอการใช้เซ็นเซอร์ 3 ชนิดในสมาร์ทโฟน อันดับแรก accelerometer แบบ 3 แกน ใช้วัดแรงของความเร่งเมื่อโทรศัพท์เกิดการเคลื่อนไหวและมีแรงโน้มถ่วง แกนทั้งสามสอดคล้องกับ ความเร่งในแนวขวาง แนวยาว และแนวตั้ง แต่ในการทดลองนี้สนใจเพียงการเคลื่อนที่ไปในแนวขวาง และตามยาวซึ่งเกี่ยวข้องกับเคลื่อนที่อีกข้างหนึ่งไปข้างหนึ่ง และการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและ ด้านหลัง ตามลำดับ เนื่องจากในความเป็นจริงความเร่งตามแนวขวางหรือความเร่งไปด้านข้างคือ สถานการณ์ที่ขับรถเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และเปลี่ยนเลน ในขณะที่ความเร่งตามแนวยาวคือการเบรก และการเหยียบคันเร่งของรถนั่นเอง

เซ็นเซอร์ตัวที่สอง magnetometer ใช้วัดสนามแม่เหล็ก ซึ่งทำให้รู้ว่าสมาร์ทโฟนหันหน้าไป ตามเข็มทิศทางทิศเหนือ ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในเข็มทิศ ข้อมูลดิบที่ได้จาก magnetometer จะใช้เป็น ตัวบ่งชี้การตรวจจับการขับรถในเรื่องของการเคลื่อนไปตามแนวขวาง

และสุดท้าย GPS receiver ใช้บอกตำแหน่งและข้อมูลความเร็วของรถที่ติดตั้งสมาร์ทโฟน เอาไว้ จากที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น ข้อมูลจาก accelerometer magnetometer ตั้งค่าไว้ที่ 5Hz เมื่อ บันทึกราค่าทุก ๆ 200ms ส่วนข้อมูลจาก GPS receiver ใช้ 1Hz

## การเคลื่อนที่ของรถยนต์

### ตารางที่ 2.1 เหตุการณ์ของการขับรถ[39]

แนวนอน (Lateral)	แนวยาว (Longitudinal)
เลี้ยวซ้าย/ขวา (ปกติและก้าวร้าว)	การเบรก (ปกติและก้าวร้าว)
เปลี่ยนเลนซ้าย/ขวา (ปกติและก้าวร้าว)	การเร่ง (ปกติและก้าวร้าว)
กลับรถ (U-tern)	

เมื่อดูข้อมูลจากข้อมูลดิบที่วัดได้จากส่วนที่แล้ว สถานการณ์การขับขี่ทั่วไปสามารถอธิบายและสรุปได้ดังตารางที่ 2.1 จากตารางมีการขับรถ 13 ครั้ง โดย 10 ครั้งขับตามแนวนอน และ 4 ครั้งขับตามแนวยาวโดยรวมการขับขี่แบบก้าวร้าวเข้าไปด้วย

### 2.3.2 อัลกอริทึมที่ใช้

อัลกอริทึมที่ใช้ตรวจจับการขับรถที่แตกต่างกัน 2 แบบมีความแตกต่างหลัก ๆ คือแหล่งข้อมูลดิบที่ได้จากเซ็นเซอร์และการนำไปประมวลผลและทฤษฎีที่ใช้ในอัลกอริทึม จะกล่าวถึงรายละเอียดทั้ง 2 วิธีต่อไปนี้ [39]

#### 1) Rule-based Algorithm

อัลกอริทึมนี้ใช้ stream ของข้อมูลดิบ (Raw data) จาก GPS receiver บนสมาร์ตโฟนเป็น input (ข้อมูลที่ถูกรับเข้า) รายการข้อมูลที่บันทึกไว้มีดังนี้

*ความเร็ว* – วัดความเร็วทันทีเมื่อรถกำลังเคลื่อนที่เพื่อเก็บกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง

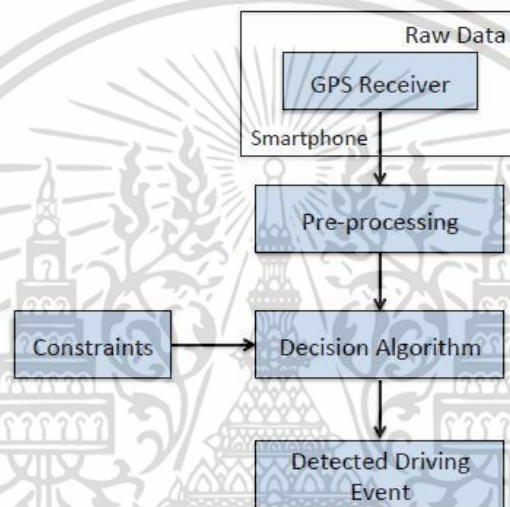
*ตำแหน่ง* – ที่ตั้งตามภูมิศาสตร์แสดงด้วยละติจูดและลองจิจูดสำหรับแต่ละกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง

*การมุ่งหน้า* – วัดจุดหมายการเดินทางโดยดูจากค่าจากตะวันออกของทางทิศเหนือ (อ้างอิงตามเข็มทิศ)

วัดค่าและเก็บข้อมูลโดยสุ่มตัวอย่างจากหนึ่งตัวอย่างต่อวินาที ความถี่ตัวอย่างที่ดีที่สุดคือ 1Hz ซึ่งสร้างช่วงเวลาการวัดตำแหน่งและความเร็วครอบคลุมเวลาทั้งหมด ในอัลกอริทึมนี้ ข้อมูลที่ได้จาก GPS receiver ใช้ตรวจจับและระบุเหตุการณ์การขับรถโดยสนใจความเคลื่อนไหวทั้งทางขวางและแนวยาว

### อธิบายอัลกอริทึม (Algorithm Discussion)

รูปที่ 2.25 แสดงให้เห็นถึงกระบวนการทำงานของอัลกอริทึม ข้อมูลเบื้องต้นก่อนเริ่มประมวลผลต้องมีก่อนการใช้อัลกอริทึม โดยเป็นข้อมูลดิบจาก GPS receiver ซึ่งมีแนวโน้มที่ข้อมูลจะมีความไม่สมบูรณ์ในบางช่วงเวลา อันเนื่องมาจากสัญญาณ GPS ขาดหายไป จึงใช้ simple linear เข้ามาช่วยแก้ไขในเรื่องของชุดข้อมูลที่หายไปในส่วนนี้ เมื่อถึงขั้นตอนนี้ข้อมูลพร้อมใช้สำหรับการประมวลผลด้วยอัลกอริทึมแล้ว ส่วนในเรื่องของการตรวจจับและระบุสถานการณ์การขับรถ เทคนิคที่นำมาใช้นั้นมีการจำกัดค่าขั้นต่ำไว้ดังตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.25 Rule-based Algorithm

จากตารางที่ 2.2 การเลี้ยวอย่างฉับพลันเกิดขึ้นเมื่อรถเลี้ยว 30 องศาต่อวินาที ( $\delta heading$ ) เหตุการณ์การขับรถถูกระบุเป็นการเร่งและเบรกแบบฉับพลัน เมื่อค่าที่แน่นอนของความเร่งมากกว่า 0.3G เมื่อ G คือความเร่งที่ขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก ( $9.8m/s^2$ ) [45] จึงเป็นข้อจำกัดขั้นต่ำของการนำไปใช้ในอัลกอริทึมดังกล่าวเพื่อการกำหนดการตรวจจับเหตุการณ์การขับรถ สุดท้าย output (ผลลัพธ์ที่ได้) ของเหตุการณ์การขับรถที่ได้เป็นไปตามที่คาดไว้ โดยกระบวนการนี้จะมีการทำซ้ำในระหว่างการเดินทางและส่งผลให้เกิดการตรวจจับเหตุการณ์การขับรถขึ้น

## ตารางที่ 2.2 Thresholding Constraints[39]

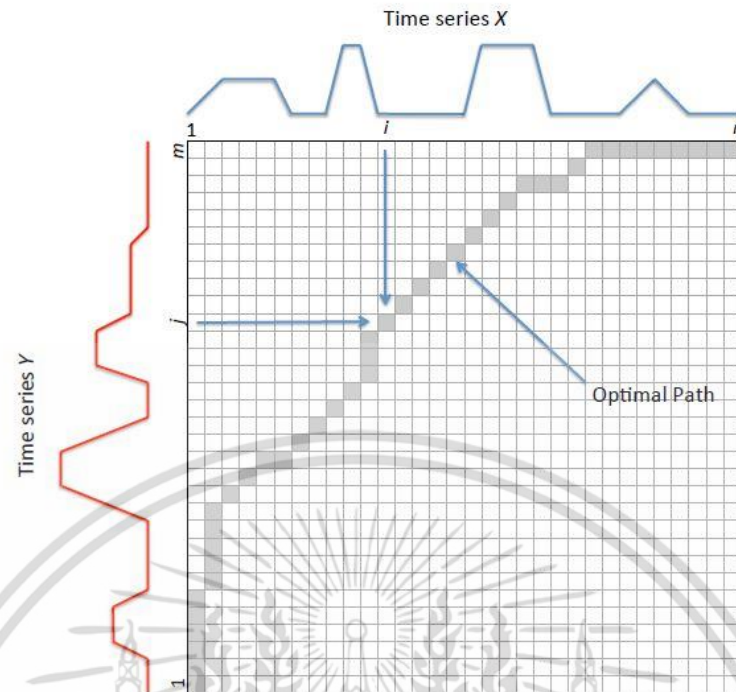
เหตุการณ์การขับขี่	การสังเกตสัญญาณ (Monitored Signals)	ค่าจำกัด (Constraints)
เลี้ยวซ้าย/ขวา	Heading (degree)	$\delta Heading = 20-30 \text{ deg/s}$
เลี้ยวซ้าย/ขวา อย่างรุนแรง	Heading (degree)	$\delta Heading > 30 \text{ deg/s}$
การเบรก/ความเร่ง	Acceleration ( $m/s^2$ )	$ Acceleration  < 0.3G$
การเบรกกะทันหัน/ความเร่ง	Acceleration ( $m/s^2$ )	$ Acceleration  > 0.3G$

ในส่วนของการนำไปใช้กับสมาร์ทโฟน rule-based algorithm สามารถนำไปใช้ได้กับสมาร์ทโฟนส่วนใหญ่ในท้องตลาดตั้งแต่ราคาต่ำไปจนถึงราคาสูง ถึงอย่างนั้น GPS receiver ยังคงต้องการการโต้ตอบ (สื่อสารระหว่างตัวส่งกับตัวรับ) ที่ีระหว่างตัวส่งและตัวรับ นั้นหมายความว่าถึงแม้สัญญาณจะแรงแต่ก็ไม่การันตีว่าสภาพอากาศจะดี สิ่งกีดขวางเช่นต้นไม้ ตึกสูง สายไฟ ด้วยเหตุนี้ข้อมูลที่ได้จาก GPS receiver จึงมักจะเก็บมาได้ค่อนข้างไม่สมบูรณ์

### 2) Pattern Matching Algorithm

Pattern matching algorithm มีความแตกต่างจาก Rule-based Algorithm กล่าวคือ pattern matching algorithm ใช้ข้อมูลดิบจากเซ็นเซอร์บนสมาร์ทโฟน accelerometer และ magnetometer ข้อได้เปรียบที่มากกว่า rule-based Algorithm คือ เมื่อนำข้อมูลจาก GPS receiver ไปใช้ เซ็นเซอร์ accelerometer และ magnetometer มีอิสระจากปัจจัยภายนอกที่มีข้อจำกัดของชุดข้อมูลที่ผิดพลาดจากการตรวจวัดทั้งหมดซึ่งบันทึกไปในตัวเซ็นเซอร์บนสมาร์ทโฟน ตัวอย่างเช่น เมื่อสัญญาณ GPS ขาดหายเนื่องจากความผิดพลาดทางการติดต่อสื่อสารทำให้ไม่มีการบันทึกข้อมูล

accelerometer ใช้วัดความเร่งของรถยนต์ซึ่งสมาร์ทโฟนติดตั้งมา 3 แกนหลัก ด้านข้าง ด้านยาว ส่วน magnetometer วัดส่วนที่เป็นส่วนประกอบของสนามแม่เหล็ก ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้งสองจะบันทึกไว้ที่ความถี่ 5Hz ในช่วงเวลาของความเร่งและสนามแม่เหล็กบนสมาร์ทโฟน



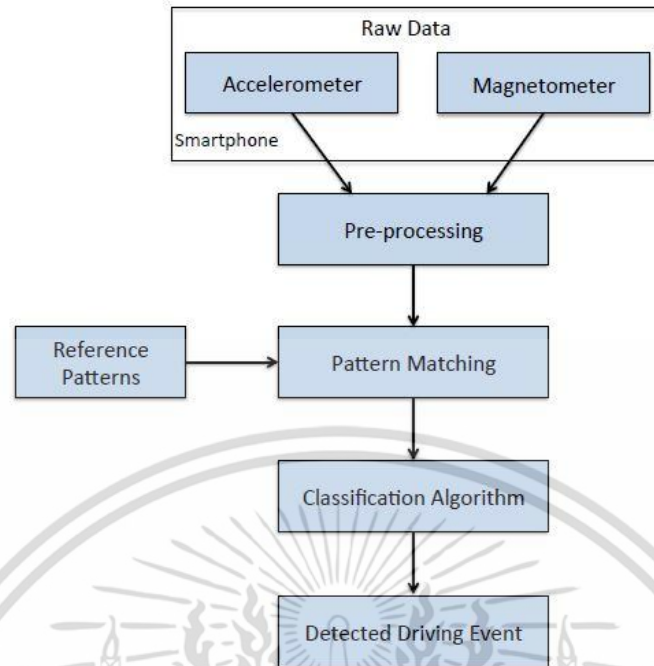
รูปที่ 2.26  $n \times m$  grid for DTW Calculation

pattern matching algorithm ที่แสดงไว้มีพื้นฐานมาจากเทคนิคความแปรปรวนของเวลาแบบไดนามิก (Dynamic Time Warping, DTW) DTW มาจากการนำไปใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพรู้จำเสียง [46] มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในวงการวิทยาการคอมพิวเตอร์ เช่น นำ DTW ไปใช้ในการหารูปแบบ (pattern) ของชุดเวลา [47] โดยทั่วไปแล้ว DTW ใช้วัดค่าระหว่างสัญญาณ 2 สัญญาณ เรียกว่าสัญญาณที่เข้ามากับสัญญาณอ้างอิง คุณสมบัติหลักของ DTW คือสามารถทำการยืดและหดส่วนซิกของสองสัญญาณได้เพื่อเปรียบเทียบโดยทำให้ความยาวของทั้งสองที่ต่างกันเท่ากัน ในขณะเดียวกันต้องคำนึงถึงความไม่เป็นเชิงเส้นของความแตกต่างของความยาวระหว่างสัญญาณที่เข้ามาและสัญญาณอ้างอิง คุณสมบัตินี้จะใช้ไม่ได้กับการเปรียบเทียบแบบดั้งเดิมระหว่างสองสัญญาณโดยใช้ Euclidean distance (ระยะทางแบบยูคลิด) สำหรับงานวิจัยนี้แนวคิดของ DTW จะใช้ในการตรวจจับเหตุการณ์การขับรถ อธิบายรายละเอียดอัลกอริทึมโดยย่อต่อไปนี้

แบ่งชุดของช่วงเวลาได้เป็น  $X$  และ  $Y$  โดยมีความยาวเป็น  $n$  และ  $m$  ตามลำดับ โดยแต่ละช่วงเวลาแสดงด้วย  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$  และ  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_m\}$  เมื่อเมทริกซ์  $n \times m$  แทนด้วยชุดของช่วงเวลา  $X$  และ  $Y$  ด้านบนฝั่งซ้ายของกริด (grid) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.26 แต่ละส่วนของเมทริกซ์  $(i, j)$  ประกอบด้วย Euclidean distance ระหว่างจุด  $x_i$  และ  $y_j$  บนช่วงของชุดเวลาที่สอดคล้องกันทั้งสอง เมื่อ

$$d(x_i, y_j) = (x_i - y_j)^2. [39]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 Pattern Matching Algorithm

ยิ่งค่าของ  $d$  น้อยลง จุดสองจุดจะเข้าใกล้กันมากขึ้น ทั่วไปแล้ว DTW จะหาจุดรวมที่ดีที่สุดของช่วงเวลาทั้งสอง ในงานนี้ได้นำแนวคิดนี้มาใช้งานในส่วนของรูปแบบชุดเวลาก่อนการบันทึกที่เข้ากันได้กับข้อมูลดิบ ขั้นตอนถัดไป DTW จะทำการระบุเส้นทางความผกผัน (warping path)  $W$  ประกอบด้วยระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างจุดสองจุดของสองช่วงเวลาเมื่อ  $k^{th}$  ซึ่งอยู่ใน  $W$  แสดงโดย  $w_k = (i, j)_k$  [48] จากนั้นจึงทำการรวมระยะห่างที่น้อยที่สุดเหล่านั้นตาม warping path  $W$  เพื่อให้ได้ค่าของฟังก์ชัน  $C$  ดังสมการต่อไปนี้

$$C(x, y) = \sum_{k=1}^k w_k(x_{nk}, y_{nk}).$$

[39]

สุดท้าย สัญญาณอ้างอิงกับค่าที่น้อยที่สุดของ  $C$  คือค่าที่เข้ากันได้ดีที่สุดกับสัญญาณที่ได้รับมา [40]

จากรูปที่ 2.27 แสดง Pattern Matching Algorithm สำหรับการสังเกตเหตุการณ์การขับรถ โดยใช้อัลกอริทึม DTW เป็นพื้นฐาน แบ่งกระบวนการการทำงานได้ 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

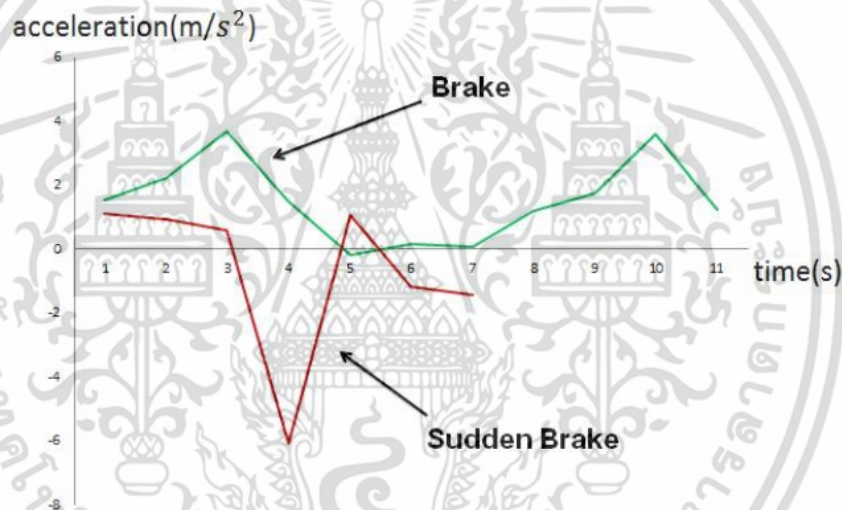
- ก่อนการประมวลผล (Pre-Processing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

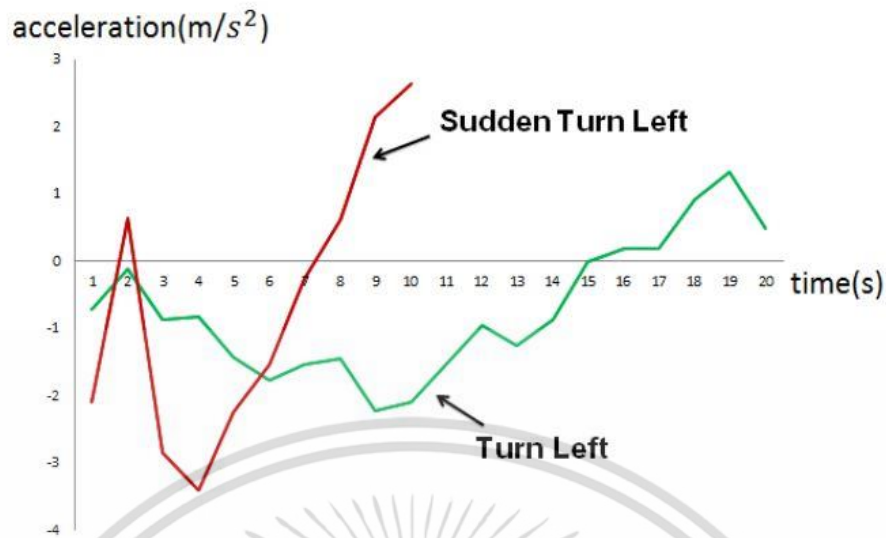
ข้อมูลก่อนการประมวลผลคือข้อมูลระยะแรกของ pattern matching algorithm เก็บข้อมูลดิบจากเซ็นเซอร์ accelerometer และ magnetometer เพื่อกำจัดผลกระทบที่เกิดจากสัญญาณรบกวน ในงานวิจัยนี้ได้นำค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่อย่างง่ายมาใช้เพื่อให้บรรลุผลตามเป้าหมาย

- การจับคู่แพทเทิร์น (pattern matching)

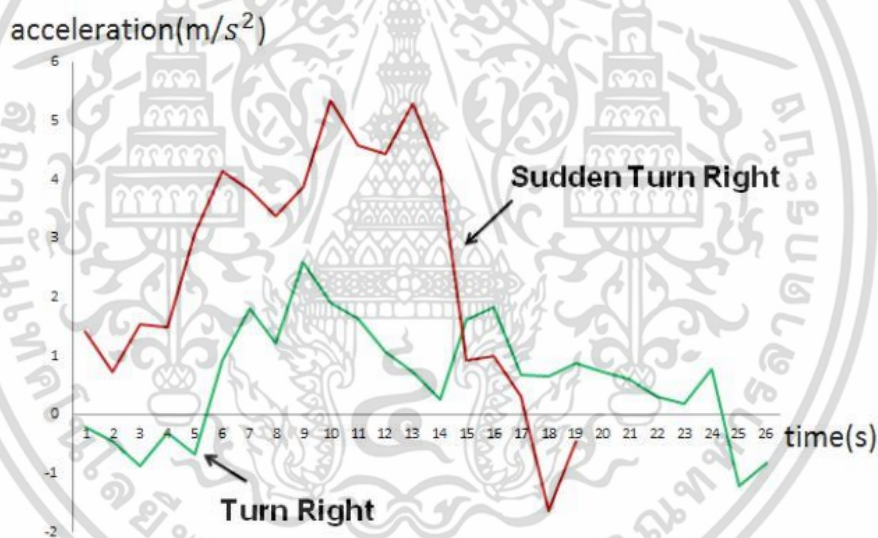
ขั้นตอนนี้เป็นการใช้อัลกอริทึม DTW เพื่อหารูปแบบที่เข้ากันได้ดีที่สุดที่สุดของเหตุการณ์การขับรถทั้งหมดในตารางที่ 2.1 ข้อมูลจาก accelerometer ใช้เพื่อสังเกตเหตุการณ์การขับรถในการเคลื่อนที่ตามแนวยาว ในขณะที่แนวขวางนั้นใช้ accelerometer และ magnetometer ในการตรวจจับข้อมูล เพื่อสร้างรูปแบบอ้างอิงของเหตุการณ์การขับรถที่เหมาะสมกับแต่ละเหตุการณ์ ชุดของข้อมูลเทรนนิ่ง (training data set) นำมาใช้กับ pattern matching algorithm



รูปที่ 2.28 (a) เบรกและการเบรกกะทันหัน



รูปที่ 2.28 (b) เลี้ยวซ้ายและเลี้ยวซ้ายกะทันหัน



รูปที่ 2.28 (c) เลี้ยวขวาและเลี้ยวขวากะทันหัน

รูปที่ 2.28 รูปแบบอ้างอิงสำหรับการตรวจจับเหตุการณ์การขับรถ

รูปแบบอ้างอิงดังกล่าวนำไปใช้เป็นแบบเพื่อจับคู่ (match) สัญญาณที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ accelerometer และ magnetometer ในชุดข้อมูลการทดลอง ซึ่งงานวิจัยนี้ 30% ของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างนำมาใช้เป็นข้อมูลเทรนนิ่ง ส่งผลให้ 70% ที่ใช้งานเป็นชุดข้อมูลเทรนนิ่ง เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการของอัลกอริทึม ค่าทั้งหมดของเส้นทางการจัดตำแหน่ง (alignment path) C คือค่าที่นำไปใช้กับรูปแบบที่ถูกเลือกสำหรับเหตุการณ์ทั้งหมด 13 เหตุการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### - วิธีการแบ่งประเภท (Classification Algorithm)

ส่วนนี้อัลกอริทึมจะทำการตัดสินใจโดยดูจากรูปแบบอ้างอิงที่ดีที่สุดเทียบกับสัญญาณที่ได้รับมา โดยจำกัดค่าเฉพาะตามเหตุการณ์การขับขี่ที่ต่างกัน 13 เหตุการณ์ ข้อเท็จจริงกล่าวคือเหตุการณ์การขับรถถูกแบ่งเป็นสองประเภทหลัก เคลื่อนที่ตามแนวขวางและแนวยาวดังอธิบายในตารางที่ 2.1 หมายความว่าเหตุการณ์ทั้งหลายจากเหตุการณ์สองแบบถูกเลือกโดยขึ้นอยู่กับที่มาของสัญญาณที่ได้รับ

### 2.3.3 จัดการการทดลอง (Experiment Setup)

ในการทดลอง [39] เก็บข้อมูลดิบโดยอุปกรณ์เดียวต่อรถยนต์หนึ่งคัน รุ่นของรถยนต์ที่ใช้คือ 2010 Toyota Vigo มีการทดลองขับประมาณ 120 ครั้งบนถนนในเมืองและชนบทและบันทึกข้อมูลไว้ โดยเส้นทางมีความยาวประมาณ 40 กิโลเมตร จากใจกลางกรุงเทพฯ จนถึงชานเมืองบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของเมือง เก็บข้อมูลโดยใช้แอนดรอยด์สมาร์ทโฟนซึ่งปรับแต่งให้ทดลองเก็บข้อมูลได้แบบ real-time ให้ตรงกับ timestamp ซึ่งบันทึกไว้ใน ground truth data

### 2.3.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

EVENT		Algorithm's Prediction														
		B	SB	A	SA	U	L	SL	R	SR	CL	SCL	CR	SCR	N/A	
Human's Observation	B	2 (8.33)	0	3 (12.5)	0	0	0	1 (4.17)	2 (8.33)	4 (16.67)	0	0	0	0	0	12 (50)
	SB	1 (4.29)	1 (14.29)	3 (42.86)	0	0	0	0	1 (4.29)	0	0	0	0	0	0	1 (14.29)
	A	3 (10.71)	1 (3.57)	12 (42.86)	0	0	3 (10.71)	0	0	0	0	0	0	0	0	9 (32.15)
	SA	1 (4.29)	0	0	0	0	0	0	0	1 (14.29)	0	0	0	0	0	5 (71.43)
	U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 (100)
	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6 (100)
	SL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 (100)
	R	0	0	1 (16.67)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 (83.33)
	SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 (100)
	CL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6 (100)
	SCL	1 (100)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CR	2 (40)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 (60)
	SCR	0	0	1 (100)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 2.29 Confusion Matrix สำหรับ Rule-based Algorithm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		Algorithm's Prediction														
		EVENT	B	SB	A	SA	U	L	SL	R	SR	CL	SCL	CR	SCR	N/A
Human's Observation	B	17 (70.83)	1 (4.17)	4 (16.67)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (9.32)
	SB	5 (71.43)	2 (28.57)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	A	3 (10.34)	1 (3.45)	18 (62.07)	4 (13.79)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (10.25)
	SA	0	0	0	7 (100)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	0	0	0	0	3 (75)	0	0	1 (25)	0	0	0	0	0	0	0
	L	0	0	0	0	0	6 (100)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SL	0	0	0	0	0	0	0 (0)	0	0	0	0	0	0	0	5 (100)
	R	0	0	0	0	0	0	0	5 (83.33)	0	0	0	0	0	0	1 (16.67)
	SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0)	0	0	0	0	0	5 (100)
	CL	0	0	0	0	0	0	0	1 (6.67)	0	3 (50)	0	2 (33.33)	0	0	0
	SCL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (100)	0	0	0	0
	CR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 (80)	0	1 (20)
	SCR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (100)	0

รูปที่ 2.30 Confusion Matrix สำหรับ Pattern Matching Algorithm

เปรียบเทียบระหว่าง Rule-based Algorithm และ Pattern Matching Algorithm

รูปที่ 2.29 และ 2.30 แสดงการประเมินผลลัพธ์ (Confusion matrices) ของ Rule-based Algorithm และ Pattern Matching Algorithm สำหรับการตรวจจับเหตุการณ์การขับรถ โดยมีเหตุการณ์ที่ทดลองทั้งหมด 13 เหตุการณ์ ประกอบด้วย

- 1) เบรก (brake - B)
- 2) เบรกกะทันหัน (sudden brake - SB)
- 3) การเร่ง (accelerate - A)
- 4) เร่งกะทันหัน (sudden accelerate - SA)
- 5) การถอยรถ (U-turn - U)
- 6) เลี้ยวซ้าย (left turn - L)
- 7) เลี้ยวซ้ายกะทันหัน (sudden left turn - SL)
- 8) เลี้ยวขวา (right turn - R)
- 9) เลี้ยวขวากะทันหัน (sudden right turn - SR)
- 10) เปลี่ยนเลนไปทางซ้าย (lane change left - CL)
- 11) เปลี่ยนเลนไปทางซ้ายกะทันหัน (sudden lane change left - SCL)
- 12) เปลี่ยนเลนไปทางขวา (lane change right - CR)
- 13) เปลี่ยนเลนไปทางขวากะทันหัน (sudden lane change right - SCR)

จากรูปที่ 2.29 และ 2.30 แนวทแยงที่ไฮไลท์สีเขียวคือตัวเลขของเหตุการณ์ที่ตรวจจับได้อย่างถูกต้องตาม ground truth data จากการสังเกตของคน ตัวเลขต่าง ๆ ในแต่ละช่องแสดงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลขของจำนวนเหตุการณ์ที่ตรวจจับแล้ว และตัวเลขสีแดงในวงเล็บแสดงเปอร์เซ็นต์ของการตรวจจับเหตุการณ์ทั้งหมดของการคาดการณ์ (prediction)

ผลลัพธ์ต่าง ๆ เป็นผลลัพธ์เริ่มต้นจากการศึกษาและจะเห็นได้ชัดขึ้นเมื่อ rule-based algorithm ที่ใช้ข้อมูลดิบจาก GPS receiver มีการบกร่องของการเก็บข้อมูลในเหตุการณ์การขับขี่ใด ๆ ตามทิศทางแนวขวาง และมีอัตราการตรวจจับต่ำในทิศทางแนวยาว เหตุผลที่เป็นไปได้สำหรับอัตราการสุ่มตัวอย่างของ GPS receiver ในสมาร์ตโฟนที่ 1Hz อาจไม่เพียงพอที่จะเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งในขณะที่เหตุการณ์กำลังดำเนินการอยู่ ในทางกลับกันอัลกอริทึม pattern matching ใช้ข้อมูลจาก accelerometer และ magnetometer ดำเนินการได้ดีกว่า rule-based algorithm อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยเปอร์เซ็นต์ที่สูงของเหตุการณ์ที่ระบุได้อย่างถูกต้องในทุกเหตุการณ์การขับขี่ทั้งแกนแนวขวางและแกนแนวยาว

### 2.3.5 สรุป

[39] แสดงให้เห็นอัลกอริทึมสองแบบที่ใช้ในการตรวจจับเหตุการณ์การขับขี่รถโดยใช้สมาร์ตโฟนโดยใช้เซ็นเซอร์ GPS accelerometer และ magnetometer ที่สำคัญอัลกอริทึมที่นำเสนอนี้สามารถระบุได้ว่าพฤติกรรมใดก้าวร้าวหรือไม่ อัลกอริทึมแรกนำไปใช้ในการตรวจจับการขับขี่โดยใช้ GPS receiver และอีกอัลกอริทึมที่นำ pattern matching มาวิเคราะห์ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ จาก accelerometer และ magnetometer ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า pattern matching algorithm มีประสิทธิภาพมากกว่าอีกอัลกอริทึมหนึ่ง

การพัฒนางานต่อไปควรปรับแต่งประสิทธิภาพของ pattern matching algorithm ให้ดีขึ้นเพื่อใช้สำหรับการตรวจจับการขับขี่รถได้ในทุกสถานการณ์[39]

## 2.4 ระบบเพื่อการเข้าใจพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งและเซ็นเซอร์ตรวจจับการหมุนบนสมาร์ตโฟน

[49]ITS (Intelligence Transport System) เป็นการนำเทคโนโลยีของข้อมูลไปใช้เพื่อความปลอดภัยและเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบนท้องถนน ITS มีการศึกษาหลายด้าน เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีระดับที่สูงขึ้นสำหรับระบบการนำทางในรถยนต์และการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการจราจร หนึ่งในนั้นเป็นระบบการขับขี่ที่ปลอดภัยซึ่งมีการศึกษาค่อนข้างมาก ในประเทศญี่ปุ่นบริษัทยานยนต์ขนาดใหญ่หลายบริษัท เข้าร่วมในโปรเจกต์ที่ชื่อว่า ASV (รถความปลอดภัยสูง) จัดตั้งขึ้นโดยรัฐบาลญี่ปุ่น โปรเจกต์ประกอบด้วยระบบหลีกเลี่ยงการปะทะกัน ขับขี่อย่างปลอดภัยโดยใช้ Stereo Camera เข้ามาช่วยเหลือ การกระจายข้อมูลการจราจรติดขัดและพื้นที่อันตรายโดยใช้การสื่อสารภายในรถและจากถนนสู่ในรถ ระบบเหล่านี้ไม่ได้พัฒนาเพื่อรถยนต์ (4 ล้อ) เท่านั้น แต่ก็ไม่ได้

นำไปใช้กับรถจักรยานยนต์อยู่ดี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[49] พฤติกรรมของรถจักรยานยนต์นั้นต่างจากรถยนต์อยู่มาก ตัวอย่างเช่น จักรยานยนต์สามารถวิ่งแทรกกรดใกล้เคียงได้ เอียงตัวเพื่อเลี้ยวได้แต่รถยนต์ทำไม่ได้ ความแตกต่างระหว่างรถยนต์และจักรยานยนต์จำแนกด้วยเหตุผลต่าง ๆ ดังนี้ ส่วนประกอบ วิธีการควบคุม ลักษณะการเคลื่อนไหว และการทำงานของตัวเครื่อง ด้วยความแตกต่างของส่วนประกอบฮาร์ดแวร์ ขนาดของรถจักรยานยนต์จึงเล็กกว่ารถยนต์ และรถจักรยานยนต์ไม่สามารถตั้งอยู่เองได้ เมื่อรถจักรยานยนต์เกิดอุบัติเหตุในการจราจร ผู้ขับขี่ตกอยู่ในสถานการณ์อันตรายง่ายมาก เนื่องจากตัวเครื่องที่มีขนาดเล็กและไม่ได้ปกป้องผู้ขับขี่ จากสถิติการจราจรโดย Japanese National Police Agency ในปี ค.ศ. 2011 ผู้ที่ขี่รถจักรยานยนต์มักมีอัตราการเสียชีวิตและบาดเจ็บสาหัสจากอุบัติเหตุจราจรมากกว่าผู้ขี้อัตราการเสียชีวิตเนื่องจากขนาดเล็กของจักรยานยนต์ ไม่ง่ายเลยที่ผู้ขับขี่คนอื่นจะสังเกตเห็น นอกจากนี้จักรยานยนต์ยังมีพื้นที่สำหรับติดอุปกรณ์ ITS น้อยกว่ารถยนต์ ดังนั้นจักรยานยนต์จึงไม่สามารถใช้อุปกรณ์ ITS ที่ออกแบบมาเพื่อรถยนต์ได้

[49] ในงานวิจัยนี้ มีเป้าหมายเพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุของจักรยานยนต์ เพื่อเข้าใจสถานะของรถจักรยานยนต์ จึงได้พัฒนาระบบเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมของจักรยานยนต์ โดยนำ acceleration sensor 3 แกน gyro sensor 3 แกน และ GPS receiver ในสมาร์ตโฟนมาใช้ในการเข้าใจระบบด้วยต้นทุนต่ำ

[49] การศึกษานี้นำเสนอระบบที่เก็บค่าข้อมูลพฤติกรรมของจักรยานยนต์จากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ในสมาร์ตโฟน ระบบ ITS นั้นมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว แต่ส่วนใหญ่ไม่ได้นำมาใช้ทั่วไป สาเหตุหลักคือยานพาหนะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีราคาสูงเพื่อรองรับประโยชน์สูงสุดของเซอร์วิส ITS เนื่องจากสมาร์ตโฟนมีเซ็นเซอร์อยู่ในตัวอยู่แล้วอย่าง GPS receiver acceleration sensor และ gyro sensor ด้วยเหตุนี้จึงใช้สมาร์ตโฟนเพื่อสังเกตพฤติกรรมของจักรยานยนต์ได้ โดยไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่ม นอกจากนี้สมาร์ตโฟนยังใช้เป็นแพลตฟอร์มของ ITS ได้อีกด้วย

[49] เพื่อสังเกตพฤติกรรมของจักรยานยนต์ จึงได้สร้างระบบที่แสดงให้เห็นความแตกต่างของพฤติกรรมต่าง ๆ ดังนี้ วิ่งไปข้างหน้า การหยุด เลี้ยวซ้าย/ขวา วิ่งแทรกกรดโดยรอบจากค่าที่วัดได้ ก่อนอื่น สร้างระบบให้มีความสามารถในการแยกแยะพฤติกรรมทั่วไปของจักรยานยนต์ซึ่งมีอยู่ 4 แบบคือ เพิ่มความเร็ว ชะลอ ความเร็วคงที่ และการหยุด และอีก 3 ลักษณะทั่วไป ได้แก่ การตั้งตรง เอียงซ้าย เอียงขวา พฤติกรรมต่าง ๆ ที่แตกต่างกันสามารถแสดงให้เห็นโดยการนำลักษณะทั้งสองแบบมารวมกัน ดังนั้น ถ้าเป็นไปได้ระบบควรจะสามารถจำแนกพฤติกรรมทั่วไปเหล่านี้ได้โดยค่าจากเซ็นเซอร์ ซึ่งทำให้ระบบสามารถระบุพฤติกรรมได้ เช่น เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นหรือลดลงหรือความเร็วคงที่ และจักรยานยนต์วิ่งไปตรง ๆ ระบบควรรู้ได้ว่าพฤติกรรมดังกล่าวคือการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า จึงนำมาซึ่งการพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจจับและมีการเก็บข้อมูลเพื่อระบุพฤติกรรมทั่วไป

### 2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[49]บริษัทยานยนต์รายใหญ่ของญี่ปุ่นเข้าร่วมโปรเจกต์ ASV (advanced safety vehicle) ฮอนด้าพัฒนาระบบป้องกันความผิดพลาดในการขับรถ โดยนำไปใช้ในรถที่มีระบบนำทาง มีการนำค่าจากเซ็นเซอร์วัดความเร็วและ Gyro sensor ไปคำนวณเส้นทางของรถด้วยข้อมูลที่มี ระบบนี้จะเตือนผู้ขับขี่เมื่อค่าที่ได้ออกมาผิดไปจากค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ระบบบริการของ ITS ส่วนใหญ่ออกแบบมาเพื่อรถยนต์และยังไม่ได้นำมาใช้กับรถจักรยานยนต์

รถยนต์กับรถจักรยานยนต์มีความแตกต่างกันหลายประการ แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ลักษณะของรถยนต์และรถจักรยานยนต์[49]

เปรียบเทียบ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์
การเลี้ยวโค้ง	เอียงตัวรถ	หมุนล้อ
การขับแทรก	แทรกได้	แทรกไม่ได้
ห้องเครื่องยนต์	น้อย	เพียงพอ
เมื่อเกิดอุบัติเหตุ	ปะทะโดยตรงกับผู้ขี่	ห้องผู้โดยสารป้องกันคนขับ
การมองเห็นได้บนถนน	ต่ำ	เห็นได้ง่าย

[49]ผู้ขี่รถจักรยานยนต์มีอันตรายมากกว่าผู้ขับรถยนต์เมื่อตกอยู่ในอุบัติเหตุ รถจักรยานยนต์ไม่มีการป้องกันให้ผู้ขี่ ในขณะที่รถยนต์มีการป้องกันคนขับและผู้โดยสารด้วยห้องโดยสาร ผู้ขี่รถจักรยานยนต์มีโอกาสบาดเจ็บสูงกว่าคนขับรถ ถึงอย่างนั้น ITS service สำหรับรถจักรยานยนต์ยังคงมีน้อยมาก

[49]ความแตกต่างระหว่างรถจักรยานยนต์กับรถยนต์แบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

อะไหล่ (hardware) วิธีการควบคุม ลักษณะตัวรถ และการเคลื่อนไหว ในแง่ของฮาร์ดแวร์ ตัวรถจักรยานยนต์เล็กกว่ารถยนต์ และรถจักรยานยนต์ไม่สามารถตั้งได้ (เพราะมี 2 ล้อ) และด้วยขนาดที่เล็กก็เป็นสิ่งที่สังเกตเห็นได้ยากบนท้องถนน มีพื้นที่ให้ติดตั้งอุปกรณ์ ITS น้อย ไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงทำได้ยากกว่าการติดตั้ง ITS บนรถยนต์

เมื่อรถจักรยานยนต์ทรงตัวด้วยตัวเองไม่ได้ คนขี่จึงต้องควบคุมสมดุลเองระหว่างขับขี่ เมื่อมีการเลี้ยวก็ต้องเอียงตัวรถ การขี่รถจักรยานยนต์จึงมีความแตกต่างจากการขับรถ รวมถึงพฤติกรรมต่าง ๆ ด้วย จากการทดลองเบื้องต้น ได้ใช้เซ็นเซอร์ accelerometer 3 แกน ติดตั้งบนรถจักรยานยนต์และรถยนต์ ข้อมูลที่ได้เมื่อเกิดการเลี้ยวในรถจักรยานยนต์มีความแตกต่างจากรถยนต์

เมื่อตัวรถมีขนาดเล็ก รถจักรยานยนต์จึงสามารถแทรกผ่านรถรอบ ๆ ได้ (วิ่งแทรกรถ) ซึ่งทำให้คนขับรถยนต์สังเกตเห็นรถจักรยานยนต์คันอื่นได้ยาก จึงเป็นอีกสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุกับรถจักรยานยนต์เพราะการมองไม่เห็นการแทรกรถขึ้นมานั่นเอง

ในการวิจัยดังกล่าว มีเป้าหมายเพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ เพื่อที่จะเข้าใจสถานะเครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์ และพัฒนาระบบเพื่อเก็บข้อมูลพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ มีการนำ accelerometer sensor 3 แกน gyroscope sensor 3 แกน และ GPS receiver ที่อยู่ในสมาร์ทโฟนมาใช้กับระบบด้วยต้นทุนต่ำ

#### การตรวจจับกิจกรรม (Activity Sensing)[49]

การวิจัยด้านการจับตามองกิจกรรมของมนุษย์เป็นที่น่าสนใจ มีงานวิจัยมากมายที่เก็บข้อมูลกิจกรรมของมนุษย์แล้วทำฐานข้อมูลไว้ สมาคมตรวจจับกิจกรรมมนุษย์ (HASC) ใช้ GPS acceleration sensor gyro sensor และ pneumatic sensor ถือว่าเป็นการทำหายอย่างมากในการจัดทำฐานข้อมูลของการตรวจจับกิจกรรมมนุษย์

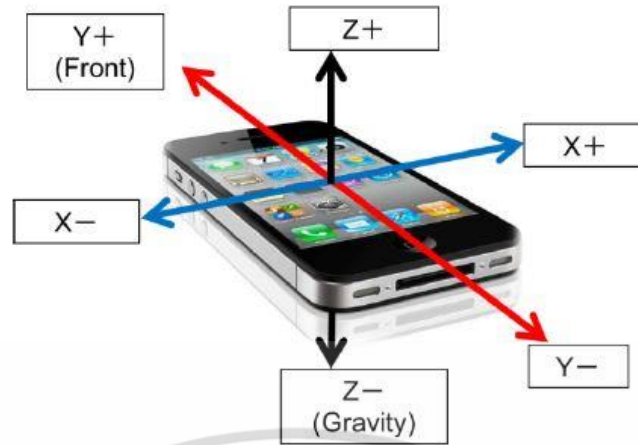
นอกจากนี้มีการวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ตรวจจับกิจกรรมของมนุษย์ด้วย acceleration sensors และวิเคราะห์การขับขี่โดยดูและเดาจากพฤติกรรมเคลื่อนไหวของรถยนต์ วิธีการเหล่านี้ไม่สามารถนำไปใช้กับรถจักรยานยนต์ได้โดยตรง เนื่องจากความแตกต่างของรถจักรยานยนต์กับรถยนต์และมนุษย์ การดูพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์นำไปใช้กับการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับ MotoGP (รถจักรยานยนต์แข่งชิงแชมป์โลก) ไม่ได้มุ่งเน้นไปที่รถจักรยานยนต์ทั่วไป

#### 2.4.2 ระบบเก็บข้อมูลการสังเกตพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ด้วยสมาร์ทโฟน

[49]เพื่อตระหนักถึงความปลอดภัยในการจราจรของรถจักรยานยนต์ จำเป็นต้องเข้าใจพฤติกรรมเหล่านั้นและพัฒนา ITS service โดยพิจารณาสถานะของตัวเครื่อง ในระยะแรกของการวิจัย ในการศึกษาได้พัฒนาแอปพลิเคชัน โดยใช้ acceleration sensor gyroscope sensor และ GPS receiver ในสมาร์ทโฟนเพื่อเก็บข้อมูลระหว่างการขี่รถจักรยานยนต์ ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแอปพลิเคชันและสถาปัตยกรรมของระบบ

##### 1) สถาปัตยกรรมของระบบ

[49]ติดตั้งสมาร์ทโฟนไว้ตรงที่ควบคุมรถจักรยานยนต์เพื่อเก็บข้อมูลของ acceleration sensor gyroscope sensor และ GPS



รูปที่ 2.31 แกนต่าง ๆ ของเซ็นเซอร์ accelerometer และ gyroscope

เซ็นเซอร์ accelerometer แบบ 3 แกนมีค่า 3 มิติคือ X, Y, Z เซ็นเซอร์ตัวนี้เป็นไปได้ที่จะหมุนไปหมุนมา เอียงข้างหนึ่งไปอีกข้างหนึ่งและมีแรงขึ้นลง ถ้าวางสมาร์ทโฟนไว้ในที่ราบ ให้หัวของโทรศัพท์ตั้งไปข้างหน้าทิศเดียวกับหน้ารถ (รูปที่ 2.31) เมื่อรถจักรยานยนต์เร็วขึ้น accelerometer จะได้ค่า Y เป็นลบ ถ้าช้าลง Y จะเป็นบวก

เช่นเดียวกัน เซ็นเซอร์ gyroscope แบบ 3 แกน มีแกนมุม 3 มิติ X, Y, Z gyroscope มีการกระด้างหมุน กลิ้ง และเอียงไปมา การเคลื่อนไหวแบบดั่งหมุน จะได้การเปลี่ยนแปลงของแกน X หมุนตามเข็มนาฬิกาและเป็นค่าบวก ส่วน rolling motion และ yawing motion จะได้จากแกน Y และ Z ตามลำดับ

## 2) จุดมุ่งหมายของระบบ

[49]ระบบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อรับรู้พฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ ดังนั้นจึงนำเสนอระบบที่มีพฤติกรรม 5 แบบที่ต่างกัันดังนี้ ไปข้างหน้า การหยุด เลี้ยวซ้ายหรือขวา การวิ่งแทรกรถคันอื่น ๆ จากค่าที่ตรวจจับได้

ก่อนอื่นนั้น ต้องทำให้ระบบสามารถรับรู้พฤติกรรมทั่วไปของรถจักรยานยนต์ได้ โดยพฤติกรรมทั่วไปประกอบด้วยสถานะของความเร็วทั่วไป ได้แก่ แรงความเร็ว ลดความเร็ว ความเร็วคงที่ และการหยุด ส่วนพฤติกรรมทั่วไปของท่าทางรถ ได้แก่ ตรงไปข้างหน้า เอียงซ้าย เอียงขวา พฤติกรรมต่าง ๆ เหล่านี้สามารถแสดงให้เห็นโดยการรวมเข้าด้วยกัน ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ ระบบควรแยกความแตกต่างของพฤติกรรมเหล่านี้ได้ด้วยค่าจากเซ็นเซอร์ ระบบจึงสามารถรับรู้พฤติกรรมได้ เช่น เมื่อรู้ว่าสถานะทั่วไปคือแรงความเร็ว ความเร็วลด หรือความเร็วคงที่ และท่าทางคือการตรงไปข้างหน้า ระบบควรจะต้องตัดสินได้ว่าพฤติกรรมดังกล่าวคือการวิ่งไปข้างหน้า จึงพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจจับข้อมูลเพื่อให้เห็นความแตกต่างของลักษณะที่ต่างกัันดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) การพัฒนาแอปพลิเคชัน

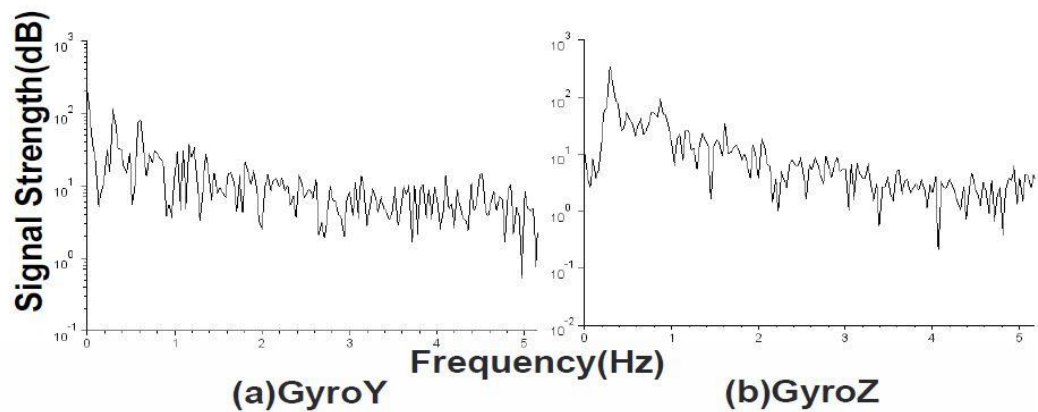
[49] พัฒนาแอปพลิเคชันบน iPhone4S output เป็น CSV-data ด้วย ค่าจาก accelerometer gyroscope และ GPS receiver รวมถึงเวลา จากการทดสอบแอปพลิเคชันบน iPhone4S สามารถเก็บค่าจากเซ็นเซอร์ได้ที่มากที่สุด 80Hz โดยไม่มีการเปิดแอปพลิเคชันอื่นไปด้วย มีการตั้งค่าเริ่มต้นที่เสถียรไว้ที่ 50Hz แอปพลิเคชันทำการเก็บค่าไว้ใน iPhone4S จากนั้นจึงตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลภายหลัง

#### 2.4.3 การเก็บข้อมูลจากสมาร์ทโฟนบนรถจักรยานยนต์

[49] ในส่วนนี้ นำข้อมูลที่เก็บได้จากสมาร์ทโฟนที่ติดตั้งไว้บนรถจักรยานยนต์ ผลที่ได้ปรากฏว่ามีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน

ข้อมูลที่สมาร์ทโฟนบันทึกได้รวมถึงพฤติกรรมขับขี่และสัญญาณรบกวน ความถี่ในการเคลื่อนไหวของมนุษย์นั้นมีข้อจำกัด แต่เรื่องของสัญญาณรบกวนนั้นทั่วไปแล้วจะต้องมีมากกว่าสมาร์ทโฟนบนรถจักรยานยนต์นั้นมีการสั่นสะเทือนจากเครื่องยนต์และถนนขณะวิ่ง การสั่นสะเทือนเหล่านี้ทำให้เกิดการรบกวนค่าที่ได้จาก accelerometer และ gyroscope ทำให้ยากต่อการสังเกตพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ในขณะที่มีสัญญาณรบกวนเข้ามาด้วย ดังนั้นจึงต้องกำจัดสัญญาณรบกวนออก เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและระบุพฤติกรรมได้ถูกต้อง สิ่งที่ทำให้เกิดความผิดพลาด ได้แก่ สัญญาณรบกวนจากเครื่องยนต์ ถนน และลม ในส่วนของความถี่ของเสียงเครื่องยนต์เป็นไปตามสัดส่วนการหมุนของรอบเครื่องยนต์ 20Hz เมื่อเครื่องยนต์อยู่นิ่ง ๆ และ 1200rpm 100Hz เมื่อมีการวิ่งที่ 6000rpm เสียงรบกวนจากถนนคือการสั่นจากล้อเมื่อเผชิญถนนที่ไม่เรียบ ความถี่ของสัญญาณรบกวนจากถนนและลมเป็นสัดส่วนตามความเร็วของรถจักรยานยนต์ ซึ่งสูงกว่าสัญญาณของพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ที่มนุษย์บังคับ โดยให้ความถี่ของการบังคับรถจักรยานยนต์เป็น  $H_{\text{behavior}}$  และความถี่ของสัญญาณรบกวนเป็น  $H_{\text{noise}}$  จะได้  $H_{\text{noise}} \gg H_{\text{behavior}}$

พฤติกรรมที่เร็วที่สุดของรถจักรยานยนต์คือการแข่งและแทรกรถคันอื่น สมมติให้พฤติกรรมเมื่อ 10m-interval slalom เป็นพฤติกรรมที่เร็วที่สุด และลบความถี่ของสัญญาณที่มากกว่า 10m-interval slalom ออก รูปที่ 2.32 แสดงให้เห็นถึงผลการวิเคราะห์ Fourier analysis ของสัญญาณจาก 10m-interval slalom ด้วยรถจักรยานยนต์ทั่วไปเครื่องยนต์ 600cc รุ่น Yamaha FZ6N จาก รูปที่ 2.32 แสดงถึงแต่ละสัญญาณของเซ็นเซอร์ gyroscope ในแกน Y และ Z มีจุดสูงสุด 2 ตำแหน่งที่ความถี่ประมาณ 0.3Hz และ 0.6Hz พิจารณาที่ความถี่สูงสุด 0.6Hz แสดงให้เห็นว่าเป็นการควบคุมคันเร่ง และที่ 0.3Hz แสดงถึงการหมุนของตัวรถอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงพิจารณาได้ว่าความถี่สูงสุดของพฤติกรรมรถจักรยานยนต์โดยผู้ขี่นั้นน้อยกว่า 1Hz



รูปที่ 2.32 ผลลัพธ์จาก Fast Fourier Transform (FFT) ของสัญญาณช่วง 10 เมตรในขณะรถวิ่ง

#### 2.4.4 การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วย Low Pass Filter (LPF)

[49]เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนจากข้อมูลดิบที่ได้มาจากเซ็นเซอร์ Low Pass Filter (LPF) จึงถูกนำมาใช้ โดยทดสอบด้วย LPF 2 ชนิดคือ วงจรแบบ finite impulse response (FIR) และ วงจรแบบ infinite impulse response (IIR) คุณลักษณะของ LPF แสดงดังตารางที่ 2.4

$M[x]$  หมายถึง การเปลี่ยนแปลงข้อมูล ณ เวลา  $x$

$R[x]$  หมายถึง ข้อมูลดิบ ณ เวลา  $x$

$N$  หมายถึง จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง และ

$x$  คือ ตัวระบุตัวอย่าง (index of sample)

IIR นั้นมีการใช้งานบ่อยมากในแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เนื่องจากใช้กำลังในการประมวลผลของ CPU ต่ำ และใช้พื้นที่น้อย ทั้งนี้ยังสามารถลดความแรงของสัญญาณความถี่สูงได้ แต่ไม่สามารถกำจัดออกไปได้ เนื่องจากขาดความยืดหยุ่นสำหรับพารามิเตอร์  $\alpha$  ด้วยเหตุนี้ในการศึกษานี้จึงนำ FIR มาใช้เป็น LPF

ตารางที่ 2.4 ความแตกต่างของ FIR และ IIR[49]

FIR	IIR
$M[x] = \sum_{i=0}^N \alpha_i R[x - i]$	$M[x] = \alpha \cdot R[x] + (1 - \alpha) \cdot M[x - 1]$
<ul style="list-style-type: none"> <li>- A lot of flexibility of <math>\alpha_i</math></li> <li>- It can remove over any frequency with apposite <math>\alpha_i</math></li> <li>- It needs to keep old data</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Just one flexibility of <math>\alpha</math></li> <li>- The cutoff performance is low</li> <li>- Amount of calculation is low</li> <li>- It is most commonly used in smartphone application</li> <li>- Do not need to keep old data</li> </ul>

ด้วยการประยุกต์ใช้ตัวกรองการออกแบบ (filter designing application) มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ FIR  $\alpha_i$  สัญญาณดั้งเดิมดังรูปที่ 2.33 และ 2.34 ซึ่งได้จากการเลี้ยว 12 ครั้ง รูปที่ 2.33 แสดงสัญญาณที่ผ่านการกรองด้วย FIR ที่มีการกำหนดค่าดังนี้

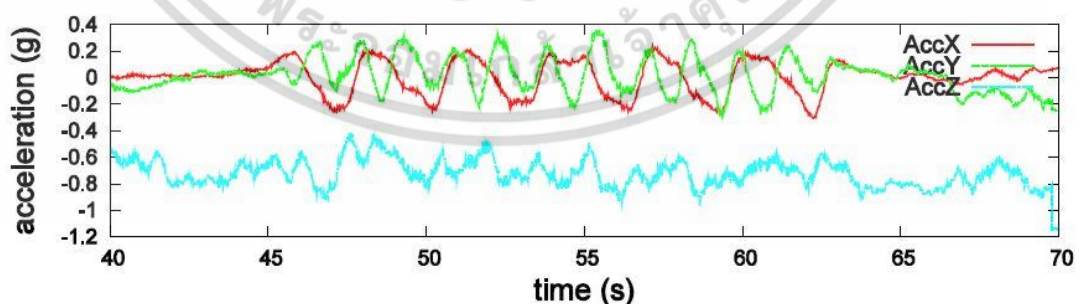
$$N = 24$$

อัตราการสุ่มตัวอย่าง 50Hz และ  
การตัดค่าความถี่ 1Hz

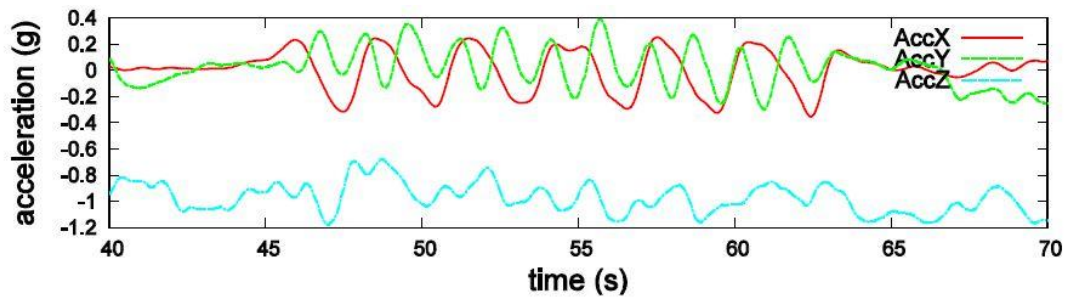
รูปที่ 2.34 กำหนดค่าดังนี้

$$N = 50 \text{ และพารามิเตอร์อื่น ๆ เหมือนกับรูปที่ 2.33}$$

การตัดค่าความถี่หมายถึงความถี่ที่ได้รับจากสัญญาณที่ความแรง -20dB

รูปที่ 2.33 FIR กำหนดค่า  $N = 24$ 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 FIR กำหนดค่า  $N = 50$

$N$  ขนาดใหญ่นั้นส่งผลให้เกิดการตัด (cutoff) ที่ดีกว่า แต่ใช้เวลานานในการตอบสนอง ในกรณีนี้ 50 กลุ่มตัวอย่างใช้เวลา 1 วินาที และสมมติให้ 1 วินาทีใช้ได้ในการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นจึงเลือกค่า FIR  $N=50$  มาใช้

#### 2.4.5 การทดลอง

##### 1) อธิบายการทดลอง

[49]มีการทดลอง 2 แบบดังนี้

- ตรวจสอบค่าของเซ็นเซอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกพฤติกรรมต่าง ๆ
- เพื่อยืนยันว่าเซ็นเซอร์บนสมาร์ตโฟนนั้นเพียงพอต่อการจำแนกพฤติกรรมต่าง ๆ

การทดลองแรก ทำการทดลองบนถนนรอบนอก (400m x 300m) ของมหาวิทยาลัย Shizuoka วิทยาเขต Hamamatsu โดยใช้รถจักรยานยนต์สกู๊ตเตอร์ (scooter-type) Suzuki Let's 4 50cc และสมาร์ตโฟน iPhone4S โดยทดลองขับทั้งหมด 6 ครั้ง

การทดลองครั้งที่สอง ติดตั้งตัวเซ็นเซอร์เฉพาะเพิ่มเติมเพื่อยืนยันว่าเซ็นเซอร์ในสมาร์ตโฟนนั้นเพียงพอต่อการจำแนกพฤติกรรมต่าง ๆ โดยเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งเพิ่มนั้นประกอบด้วย acceleration sensor 3 แกน gyro sensor 3 แกน และGPS receiver กำหนดการตั้งค่าอัตราการสุ่มตัวอย่างของ acceleration sensor และ gyro sensor อยู่ที่ 100Hz ใช้รถจักรยานยนต์สปอร์ต (sport-type) Honda RVF 400cc วางสมาร์ตโฟนไว้ตรงแฮนด์ควบคุมรถจักรยานยนต์ (handle control) และติดตั้งเซ็นเซอร์เพิ่มเติมทั้งสองอย่างไว้ที่ล้อหน้า และข้างบนถังแก๊ส เพื่อให้เห็นความแตกต่างระหว่างข้างบนและช่วงล่างด้านหน้า

##### 2) ผลการทดลอง

[49]การทดลองครั้งแรก รูปที่ 2.35 แสดงถึงข้อมูลที่ได้จาก GPS ทำให้ทราบว่ารถวิ่งไปอย่างไรจากข้อมูลที่เห็น แต่ไม่เพียงพอที่จะนำไปช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการขี่รถเพราะข้อมูลที่

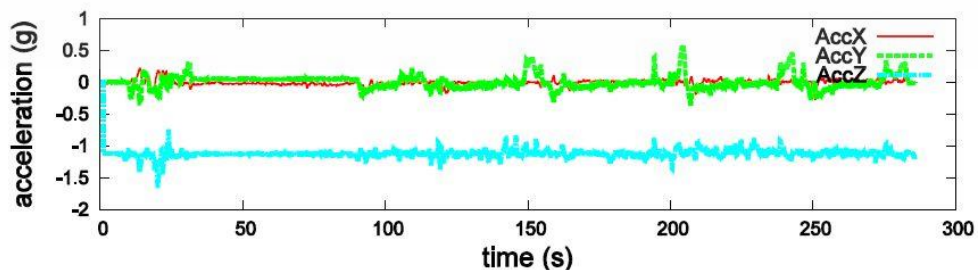
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 ผลลัพธ์จาก GPS

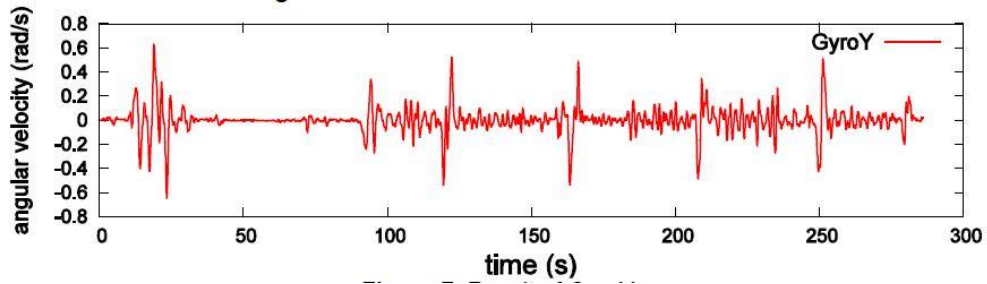
รูปที่ 2.36 แสดงข้อมูลที่ได้จาก acceleration sensor 3 แกน ซึ่งทำให้เห็นความแตกต่างของการ “ชะลอความเร็ว (slow down)” หรือ “เร่งความเร็ว (speed up)” ในค่าที่ได้จากแกน Y ตั้งแต่ค่าของแกน Y เพิ่มขึ้นที่เวลา 25 110 150 210 และ 240 วินาที ตามลำดับ จึงสามารถพิจารณาพฤติกรรมนี้ได้ว่าเป็นการชะลอความเร็ว

รูปที่ 2.37 แสดงความเร็วเชิงมุมของแกน Y จากเซ็นเซอร์ gyroscope และ รูปที่ 2.38 แสดงความเร็วเชิงมุมของแกน Z จากเซ็นเซอร์ gyroscope จากรูปที่ 2.37 นั้น ที่บางจุดค่าของ Gyro-Y เปลี่ยนจากลบเป็นบวก ซึ่งจุดของเวลาเหล่านี้สอดคล้องกับเวลาที่มีการเลี้ยวซ้าย เนื่องจากรถจักรยานยนต์เอียงไปทางซ้ายค่า ณ เวลานั้นจะกลายเป็นลบ และเมื่อมีการยกตัวรถกลับขึ้นมา ณ เวลานั้นค่าจะกลายเป็นบวก เช่นเดียวกับรูปที่ 2.38 ค่าของ Gyro-Z เป็นบวกเมื่อมีการเลี้ยวซ้าย ดังนั้นค่าของ Gyro-Y และ Gyro-Z สามารถใช้เพื่อการตรวจจับเมื่อรถจักรยานยนต์เลี้ยวเข้าโค้งและบอกทิศทางซ้ายหรือขวาได้

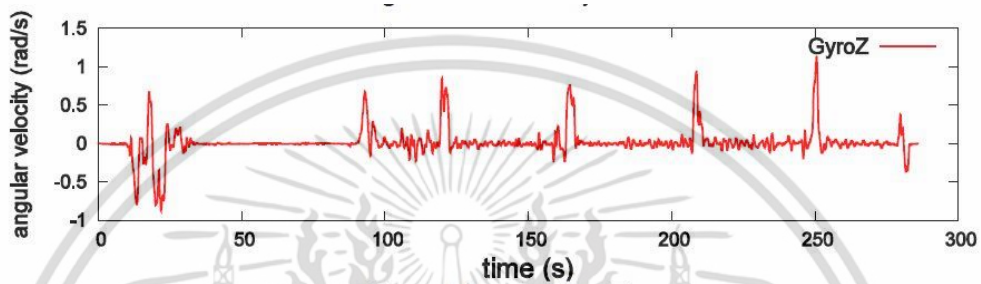


รูปที่ 2.36 ผลลัพธ์จาก Tri-axial acceleration sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37 ผลลัพธ์จาก gyroscope sensor แกน Y



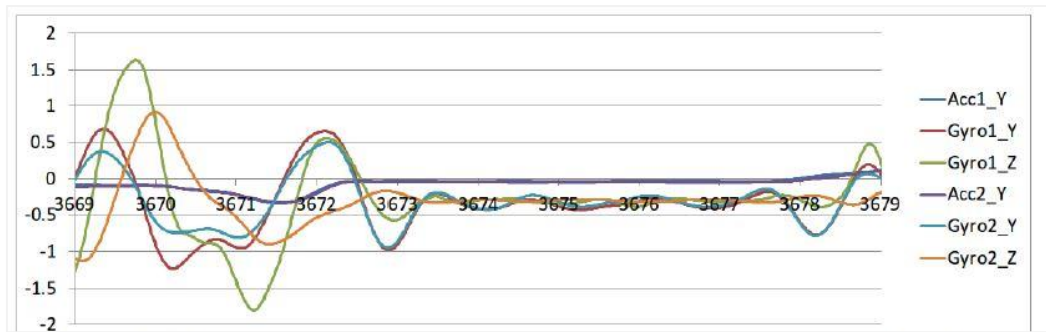
รูปที่ 2.38 ผลลัพธ์จาก gyroscope sensor แกน Z

การทดลองครั้งที่สองรูปที่ 2.39 แสดงข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ในสมาร์ทโฟน และรูปที่ 2.40 เป็นข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์เฉพาะ ค่าที่ได้จาก Gyro-Z ที่อยู่บนแฮนด์รถจักรยานยนต์ในรูปที่ 2.39 ใกล้เคียงกับค่าจากเซ็นเซอร์ที่อยู่ตรงล้อหน้ามาก (Gyro1\_Z) เป็นเพราะแฮนด์ควบคุมกับวงล้อนั้นมีลักษณะคงรูป (rigid body) เมื่อนำค่าทั้งสองแบบมาเปรียบเทียบ เซ็นเซอร์ในสมาร์ตโฟนนั้นสามารถให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกันกับเซ็นเซอร์เฉพาะ นอกจากนี้การใช้เซ็นเซอร์กับรถจักรยานยนต์ตั้งแต่สองตัวขึ้นไปให้ผลลัพธ์ที่น่าสนใจ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.40 ซึ่งจะมีการพิจารณาถึงคุณสมบัติเหล่านั้นต่อไปในอนาคต



รูปที่ 2.39 ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ในสมาร์ทโฟนที่วางไว้บนแฮนด์รถจักรยานยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.40 ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์เฉพาะ (\*1: จากล้อ \*2: จากบนถังแก๊ส)

#### 2.4.6 สรุป

[49]ระบบที่ได้นำเสนอในการศึกษาครั้งนี้เพื่อการเข้าใจพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์โดยใช้สมาร์ทโฟนเป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบการขี่อย่างปลอดภัยสำหรับรถจักรยานยนต์ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ในสมาร์ทโฟนและกำจัดสัญญาณรบกวนออกด้วยวิธี LPF โดย LPF นั้นได้นำ FIR และการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ FIR มาใช้ในระบบเพื่อเข้าใจพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์เพื่อเลือกค่าจากเซ็นเซอร์ที่ดีที่สุดในการระบุพฤติกรรมต่าง ๆ

การศึกษาในอนาคตต้องตรวจสอบข้อมูลได้มากขึ้นจากการพัฒนาซอฟต์แวร์ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบที่ได้นำเสนอไว้เพื่อรู้จำพฤติกรรมธรรมชาติของรถจักรยานยนต์ เช่น การขี่แทรกระหว่างรถยนต์

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

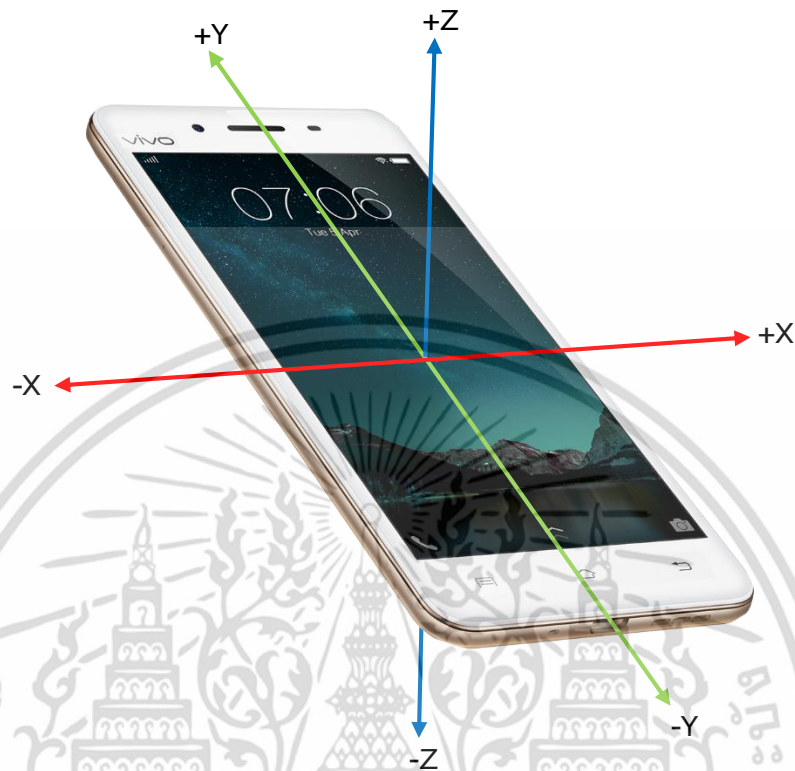
ส่วนนี้อธิบายถึงขั้นตอนในการศึกษาข้อมูล สํารวจวิธีการต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้กับการทดลอง การใช้ประโยชน์จากเซ็นเซอร์ในสมาร์ทโฟน ระบบที่ออกแบบเพื่อทดสอบการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสมาร์ทโฟนโดยการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ สถานที่ทดลองเก็บข้อมูล การตั้งสมมติฐาน พฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ และวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วย LPF

#### 3.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ในการศึกษาพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์โดยใช้สมาร์ทโฟนเป็นเครื่องมือสำหรับการสังเกตนี้ได้แนวคิดมาจากงานวิจัย [49] กล่าวคือ เน้นไปที่รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลแบบต่าง ๆ ซึ่งจะได้เห็นความแตกต่างในเรื่องประสิทธิภาพของวิธีการเหล่านั้น โดยได้จากการทดสอบด้วยสถานการณ์และตัวแปรที่เหมือนและต่างกัน

สมาร์ทโฟนที่ใช้ในการทดลองเป็นสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยเลือกใช้เซ็นเซอร์ที่มากับสมาร์ทโฟนดังนี้ accelerometer, gyroscope และ GPS receiver ร่วมกับบันทึกวิดีโอด้วยสมาร์ทโฟนอีกเครื่องเพื่อประกอบการสังเกตการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกต้อง

### 3.1.1 สถาปัตยกรรมของระบบ



รูปที่ 3.1 แกนของเซ็นเซอร์ accelerometer ทั้ง 3 แกนในระนาบ 3 มิติ  
(www.vivo.com)

จากรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นระบบพิกัดของเซ็นเซอร์แบบ 3 มิติ ส่วนการหมุนของแต่ละแกนในเซ็นเซอร์ gyroscope ดูจากรูปที่ 2.31

#### 1) การใช้งานเซ็นเซอร์

- *Accelerometer* ในระบบพิกัดแกน 3 มิติ คือ X, Y และ Z ใช้เพื่อสังเกตความเร่งที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ลดลง ตรวจสอบการหมุนของสมาร์ทโฟน พฤติกรรมการเอียงซ้ายขวาของรถ ในการทดลองนี้ติดตั้งสมาร์ทโฟนไว้ในแนวขนานกับตัวรถประมาณ 45 องศา ดังนั้นต้องมีการดูค่าการเปลี่ยนแปลงจากแกน X และแกน Y

- *Gyroscope* ใช้ระบบพิกัดแกน 3 มิติเช่นเดียวกับ accelerometer ใช้เพื่อสังเกตการหมุนของสมาร์ทโฟนในขณะที่มีรถมีการกระด้าง เอียง ซึ่งใช้หลักการ

โมเมนตัมเชิงมุมมีความแม่นยำในการอ่านค่าการหมุนสูง จึงใช้ค่าที่ได้ไปสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พฤติกรรมการเต็ง เอียงของรถได้ (rolling motion และ yawing motion)

- GPS receiver ใช้ระบุตำแหน่งรถจักรยานยนต์และประเมินความเร็วจากเวลาที่ใช้ในการทดลองในรูปของค่าประมาณการ

Accelerometer และ Gyroscope ด้วยเซ็นเซอร์ 2 ตัวนี้จะช่วยให้สมาร์ตโฟนสามารถระบุประเภทของการเคลื่อนไหวได้เกือบทั้งหมด [7] รวมถึงการใช้ GPS ระบุตำแหน่งร่วมด้วย ทำให้สะดวกต่อการวิเคราะห์ข้อมูลมากยิ่งขึ้น

## 2) การตั้งสมมติฐานและรูปแบบการจำลองเหตุการณ์

โดยทั่วไปแล้วการที่จะสังเกตพฤติกรรมได้นั้น ต้องทราบพฤติกรรมธรรมชาติของรถจักรยานยนต์เบื้องต้นก่อน ได้แก่สถานะความเร็วและท่าทางขณะขับขึ้นบนถนน คือ การเร่งความเร็ว การลดความเร็ว ความเร็วคงที่ การหยุดรถ ตรงไปข้างหน้า และการเอียงซ้าย/ขวา การจำลองเหตุการณ์ในการทดลองนี้ถูกสร้างมาจากพื้นฐานการขับขี่ของคนไทย มีการตั้งสมมติฐานพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ที่มีความเสี่ยงนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุอธิบายได้ดังต่อไปนี้

- การขับขี่ด้วยความเร็วสูง

เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น เครื่องยนต์มีแรงขับมากขึ้นทำให้ตัวรถมีแรงสั่นมากขึ้น แรงปะทะเพิ่มขึ้น และด้วยขนาดเล็ก น้ำหนักเบา จึงทำให้รถส่ายตามแรงเหวี่ยงรุนแรงขึ้น ดังนั้นความเร็วจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าว ทำให้ควบคุมรถได้ยาก และมีความเสี่ยงจากความผิดพลาดของมนุษย์ (Human error)

- ตัดหน้าระยะกระชั้นชิด

ข้อดีของรถจักรยานยนต์คือมีความคล่องตัวสูง เนื่องจากขนาดเล็กกว่ารถยนต์มาก จึงเกิดเหตุการณ์ที่มีการขับแทรกกระหว่างรถยนต์ในช่องทางเล็ก ๆ การที่รถจักรยานยนต์แทรกขึ้นมาเพื่อตัดหน้าระยะกระชั้นชิดมาก ผู้ที่จะมีการเบรกบ่อย รถเคลื่อนที่ช้าในขณะที่แทรกผ่าน และเร่งความเร็วขึ้นเมื่อต้องการเปลี่ยนช่องทาง ทำให้เกิดการเลี้ยวกะทันหัน ตัวรถเกิดการเอียง ทำให้สูญเสียการทรงตัวได้ง่ายเนื่องจากความเร็วที่ช้าอยู่แล้ว ผู้ขับขี่ไม่อาจสังเกตเห็นจึงทำให้เกิดอุบัติเหตุดังกล่าว

- ความชำนาญในการขับขี่

ผู้ที่มีทักษะในการขี่จักรยานยนต์ดีดำนั้น มักไม่ค่อยเคยกับการควบคุมตัวรถ ไม่ว่าจะเป็นเบรกมือ หรือเบรกเท้า การเปลี่ยนเกียร์ แม้กระทั่งความเร็ว ทั้งนี้การควบคุมรถแต่ละคันนั้นมีความแตกต่างกันไปในแต่ละยี่ห้อ แต่ละคลาส และรุ่นของรถนั้น ๆ ผู้ขี่มักจะพบกับเหตุการณ์ที่ควบคุมรถไม่ถนัด ทรงตัวได้ไม่ดี เกิดการส่ายไปมา ไม่มีตรง ความเร็วมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ระบุชื่อเป็นการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงบ่อย แนวโน้มของการเบรกกะทันหันสูง ทำให้ท้ายรถเหวี่ยงอย่างรุนแรง เป็นสาเหตุให้รถล้มและนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุกับผู้ร่วมทางได้อีกด้วย

- *ขาดสติเนื่องจากเมาสุราหรือหลับใน*

พบว่าในผู้ที่เมาสุราส่วนใหญ่จะใช้ความเร็วสูง ขับขี่ไม่ตรงทาง เหวี่ยงไปเหวี่ยงมา ซึ่งพฤติกรรมที่เกิดจากความสามารถในการควบคุมรถของผู้ที่ประเภนี้มักจะคาดเดาได้ยาก และท่าทางของรถแทบจะมีทุกรูปแบบเกิดขึ้นในกรณีนี้

จากการศึกษาพฤติกรรมการขับขี่จักรยานยนต์ของคนไทยที่นำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุข้างต้น สามารถแบ่งกลุ่มท่าทางของรถโดยจำแนกตามประเภทอุบัติเหตุได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พฤติกรรมของรถจัดกลุ่มตามพฤติกรรมของผู้ขับขี่

กลุ่มพฤติกรรม	ลักษณะพฤติกรรมผู้ขับขี่	ลักษณะพฤติกรรมของรถ
A	ขับขี่ด้วยความเร็วสูง ขาดสติ (เมาสุรา/หลับใน)	1. ความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว 2. ความเร็วลดลงอย่างรวดเร็ว 3. เอียงซ้ายมากไป 4. เอียงขวามากไป 5. รถส่ายไปมา การทรงตัวไม่มั่นคง
B	ตัดหน้าระยะกระชั้นชิด ไม่ชำนาญในการขับขี่	1. เบรกกะทันหัน 2. เลี้ยวซ้ายกะทันหัน 3. เลี้ยวขวากะทันหัน 4. เบรกสลับเร่งความเร็ว

ตารางที่ 3.1 พฤติกรรมของรถจัดกลุ่มตามพฤติกรรมของผู้ขับขี่ (ต่อ)

กลุ่มพฤติกรรม	ลักษณะพฤติกรรมผู้ขับขี่	ลักษณะพฤติกรรมของรถ
N	N1 – เร่งความเร็ว N2 – ลดความเร็ว N3 – ความเร็วคงที่ N4 – การหยุด	1. ตรงไปข้างหน้า รถตั้งตรง (N1, N3) 2. ตรงไปข้างหน้า มีการเบรกชะลอความเร็ว (N2) 3. ความเร็วลดลง เบรกชะลอเพื่อหยุด (N2, N4) 4. เลี้ยวซ้าย รถเอียงซ้าย 5. เลี้ยวขวา รถเอียงขวา

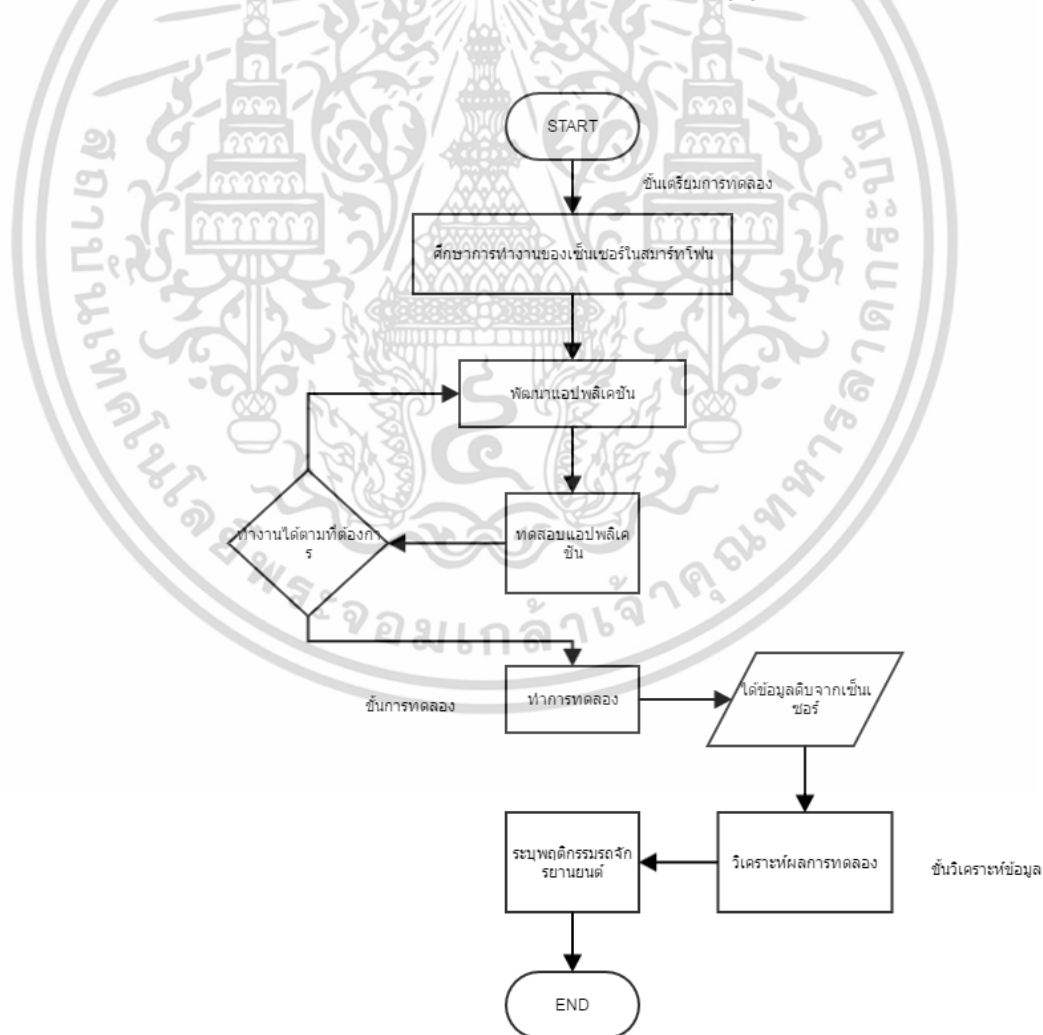
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นรูปแบบพฤติกรรมจึงจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม A, B และ N ให้ N คือกลุ่มพฤติกรรมทั่วไปของรถจักรยานยนต์สำหรับจำแนกออกจากกลุ่ม A และ B เป็นการกำหนดขอบเขตเพื่อนำไปใช้ในการทดลองขี่รถจักรยานยนต์บนถนนจริง และเลียนแบบพฤติกรรมของรถดังตารางที่ 3.1

### 3.1.2 การออกแบบแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ในสมาร์ตโฟน accelerometer, gyroscope, magnetometer และ GPS receiver ค่าที่อ่านได้เป็นข้อมูลดิบ (raw data) ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ แล้วจัดเก็บเป็นไฟล์ในรูปแบบ .csv

หลังจากได้ไฟล์ .csv แล้วให้นำไปพลอตกราฟเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าในช่วงเวลาต่าง ๆ ในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อระบุพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของรถจักรยานยนต์ และทำการ cut-off ด้วยวิธี LPF เพื่อตัดสัญญาณรบกวนออก

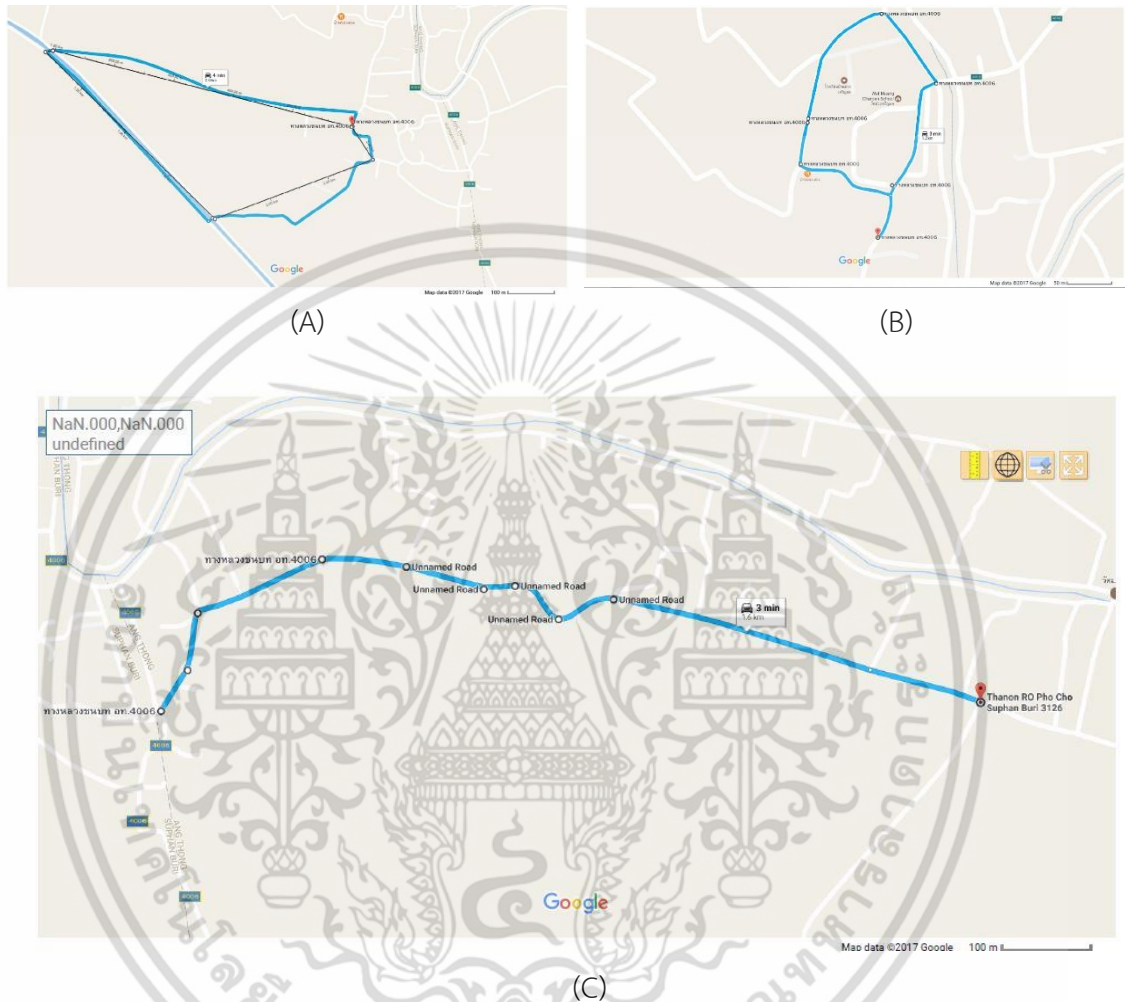


รูปที่ 3.2 กระบวนการศึกษาข้อมูล เตรียมการทดลอง ทดลอง และสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การเตรียมการทดลอง

เมื่อได้แอปพลิเคชันเพื่อการทดลองแล้ว จึงทำการสำรวจพื้นที่ถนนที่จะใช้ในการขี่รถจักรยานยนต์ ซึ่งได้ทำการสำรวจเส้นทางจริงทั้งหมด 3 เส้นทาง ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 (A) ระยะทาง 2.6 กม., (B) ระยะทาง 1.2 กม. และ (C) ระยะทาง 1.6 กม.



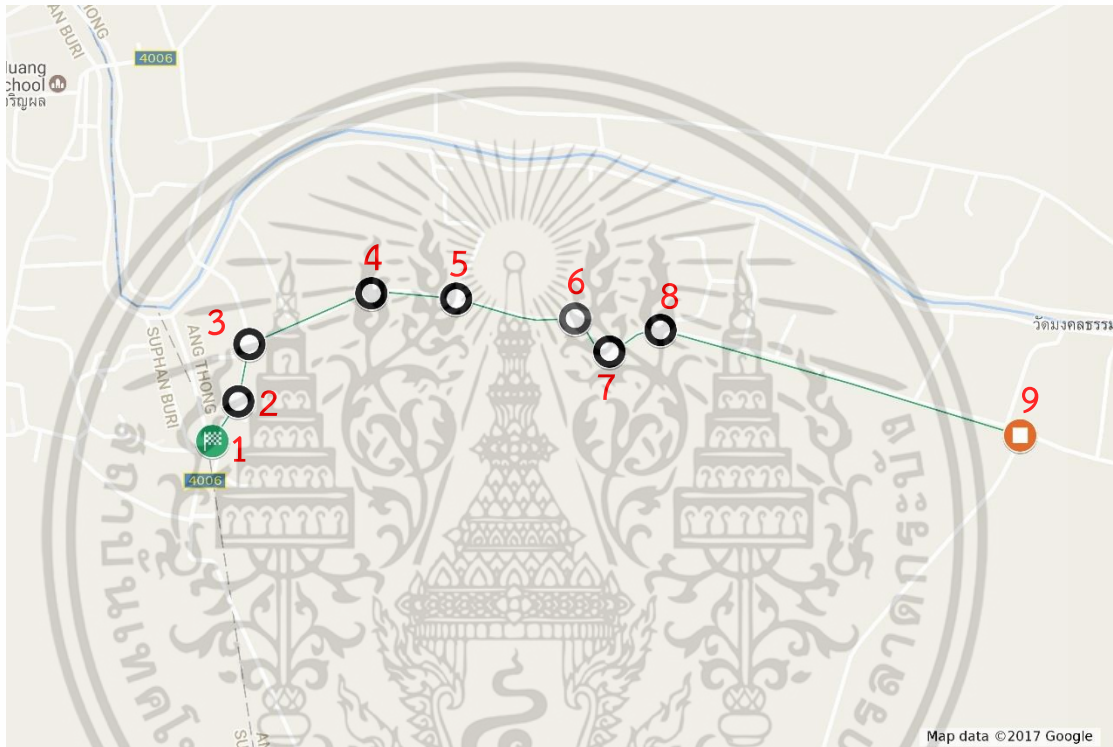
รูปที่ 3.4 เส้นทางที่ใช้ในการทดลองจริงจาก Google Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นทางโค้ง ทางตรงต่าง ๆ เมื่อได้สำรวจพื้นที่จริงแล้วพบว่ารูปที่ 3.3 (C) นั้นเหมาะกับการทดลองจริงมากที่สุด เพราะสภาพถนนที่เหมือนกันตลอดทาง เป็นทางชนบทและมีผู้ใช้ทางน้อย

อธิบายแผนการทดลองได้ดังนี้

จากรูปที่ 3.5 แสดงจุดที่กำหนดไว้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ระยะทาง และเวลา มีทั้งหมด 9 จุด ดังนี้



รูปที่ 3.5 จุดตรวจสอบข้อมูลทั้ง 9 จุด

จุดที่ 1 จุดเริ่มต้น สถานะรถจักรยานยนต์พร้อมทำการทดลอง

จุดที่ 2 ระยะทางจากจุดที่ 1  $\approx 81$  เมตร

จุดที่ 3 ระยะทางจากจุดที่ 2  $\approx 100$  เมตร

จุดที่ 4 ระยะทางจากจุดที่ 3  $\approx 229$  เมตร

จุดที่ 5 ระยะทางจากจุดที่ 4  $\approx 146$  เมตร

จุดที่ 6 ระยะทางจากจุดที่ 5  $\approx 209$  เมตร

จุดที่ 7 ระยะทางจากจุดที่ 6  $\approx 80$  เมตร

จุดที่ 8 ระยะทางจากจุดที่ 7  $\approx 97$  เมตร

จุดที่ 9 ระยะทางจากจุดที่ 8  $\approx 660$  เมตร รวมระยะทางทั้งสิ้น 1.6 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาจากจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 9 ใช้เวลาประมาณ 3 นาที (เวลาอาจจะมากหรือน้อยกว่า 3 นาที ขึ้นอยู่กับความเร็วในการชี้)

### 3.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

#### 3.3.1 วิเคราะห์ข้อมูลดิบ

ดูค่าการเปลี่ยนแปลงของเซ็นเซอร์ในช่วงเวลาและระยะทางจากจุดตรวจสอบข้อมูลจุดต่อจุด จดบันทึกเวลาโดยดูจากวิดีโอที่มีการบันทึกไว้เพื่อความถูกต้องของข้อมูล หลังจากได้ข้อมูลเวลา ระยะทางแล้ว ทำการพล็อตกราฟตั้งแต่เริ่มต้นจนจบไว้ และขยายกราฟย่อยแบ่งตามเวลาที่ใช้จากจุด หนึ่งไปอีกจุดหนึ่งเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์พฤติกรรมโดยรวม

เมื่อสังเกตค่าที่เปลี่ยนแปลงของแกน X Y และ Z จากเซ็นเซอร์ จะทำให้สามารถคาดเดา พฤติกรรมของจักรยานยนต์ ณ เวลานั้นได้

#### 3.3.2 การกำจัดสัญญาณรบกวน

[49] นำเสนอวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ Low Pass Filter (LPF) ชนิด Finite Impulse Response (FIR) ซึ่งวิธีนี้ค่าพารามิเตอร์มีความยืดหยุ่น สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนใด ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลดิบที่มีอยู่มาผ่านกระบวนการดังกล่าว พล็อตกราฟเพื่อดูแนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงของค่าจากเซ็นเซอร์ เมื่อตัดสัญญาณรบกวนออกได้แล้วจะทำให้ระบุพฤติกรรมได้ ชัดเจนยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ปรากฏในวิดีโอ

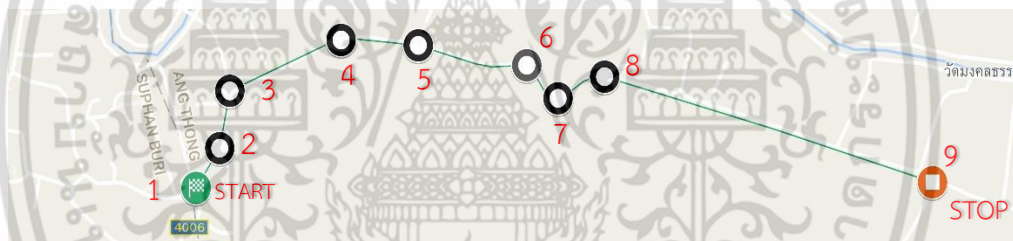
## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การอภิปรายต่อไปนี้จะแสดงผลการทดลองซึ่งรถจักรยานยนต์ทั้งหมด 9 ครั้ง การทดสอบวิเคราะห์ข้อมูลดิบ การระบุพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ที่ได้มาจากการวิเคราะห์ค่าที่เปลี่ยนแปลงไป ประกอบกับภาพพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ที่บันทึกวิดีโอไว้ ณ ช่วงเวลาของจุดตรวจสอบข้อมูลทั้ง 9 จุด พร้อมกราฟที่แสดงให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้

#### 4.1 ผลการทดลอง

ข้อมูลที่แสดงต่อไปนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ในสมาร์ทโฟน ให้ค่าจาก accelerometer เป็นตัวบ่งชี้ความเร็วที่เพิ่มขึ้นและลดลง ส่วนค่าจาก gyroscope เป็นตัวบ่งชี้การเอียงซ้ายหรือขวาของรถจักรยานยนต์



รูปที่ 4.1 เส้นทางและจุดที่ใช้แบ่งช่วงเวลาและลักษณะของถนน



รูปที่ 4.2 ถนนจุดที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ถนนจุดที่ 2



รูปที่ 4.4 ถนนจุดที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ถนนจุดที่ 4



รูปที่ 4.6 ถนนจุดที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ถนนจุดที่ 6



รูปที่ 4.8 ถนนจุดที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ถนนจุดที่ 8

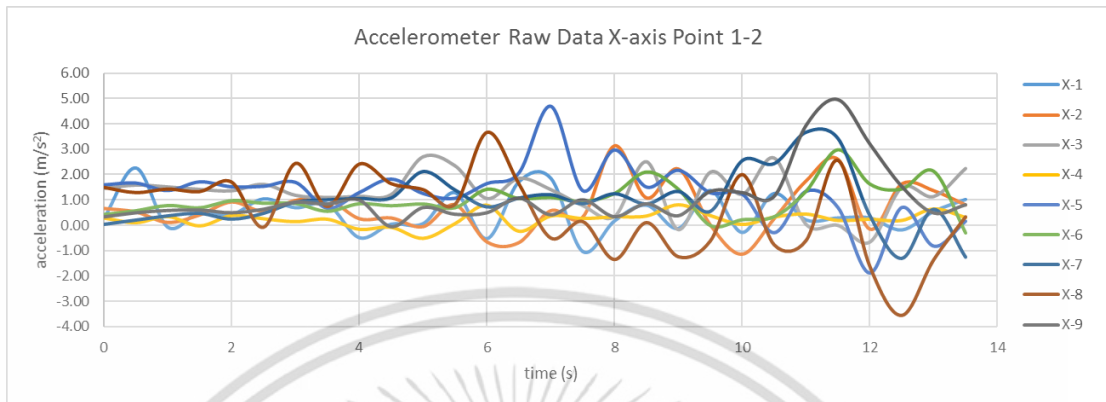


รูปที่ 4.10 ถนนจุดที่ 9

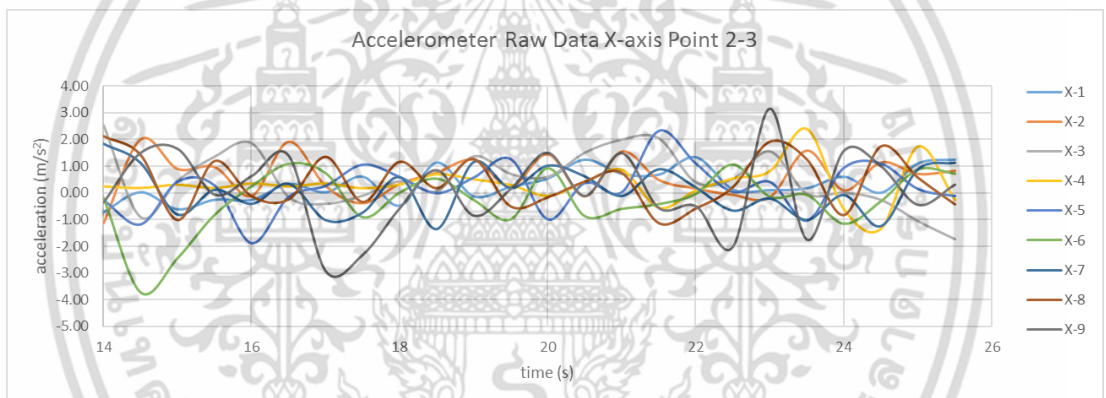
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.1 ค่าที่อ่านได้จาก accelerometer

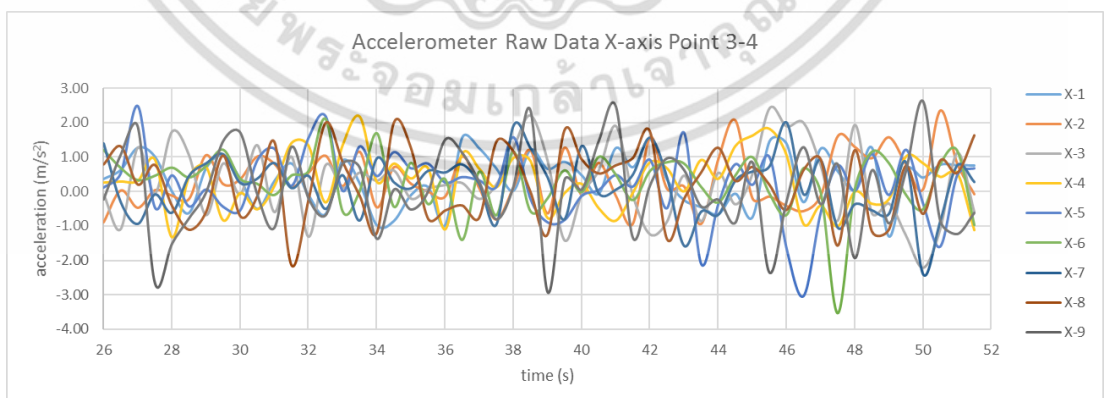
1) accelerometer แกน X ทดลอง 9 ครั้ง



รูปที่ 4.11 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน X จุดที่ 1-2

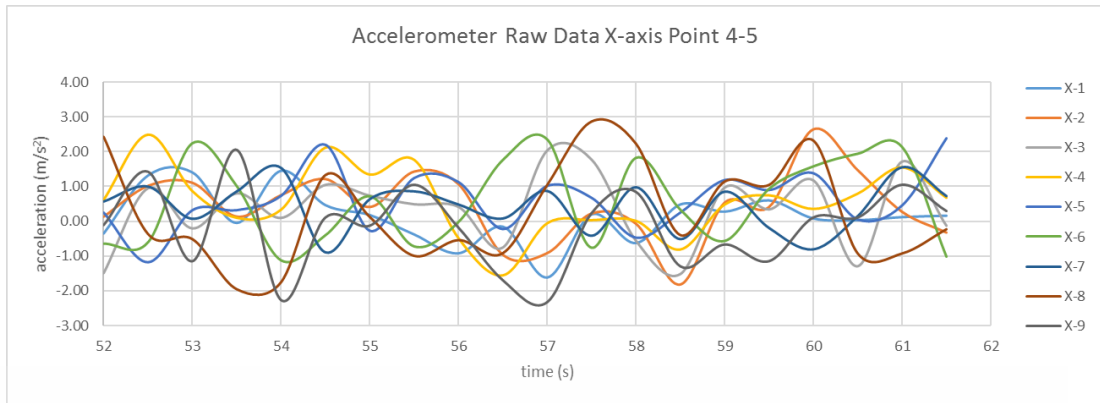


รูปที่ 4.12 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน X จุดที่ 2-3

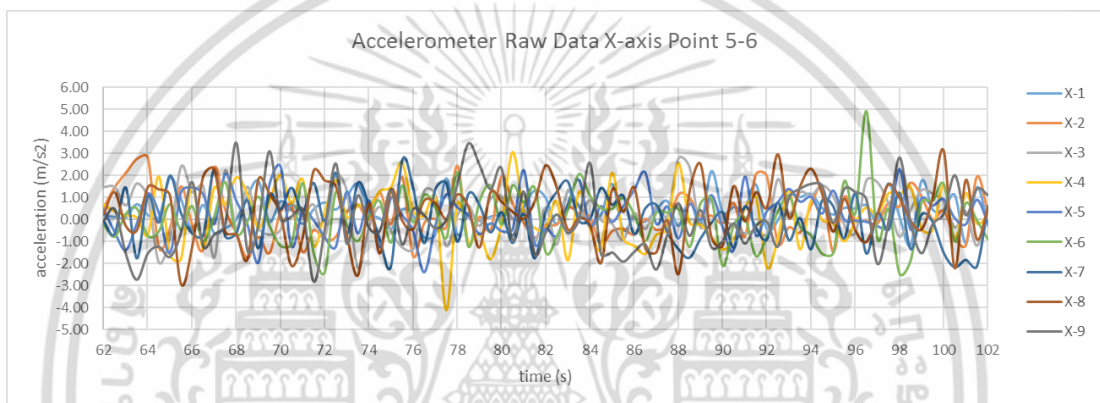


รูปที่ 4.13 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน X จุดที่ 3-4

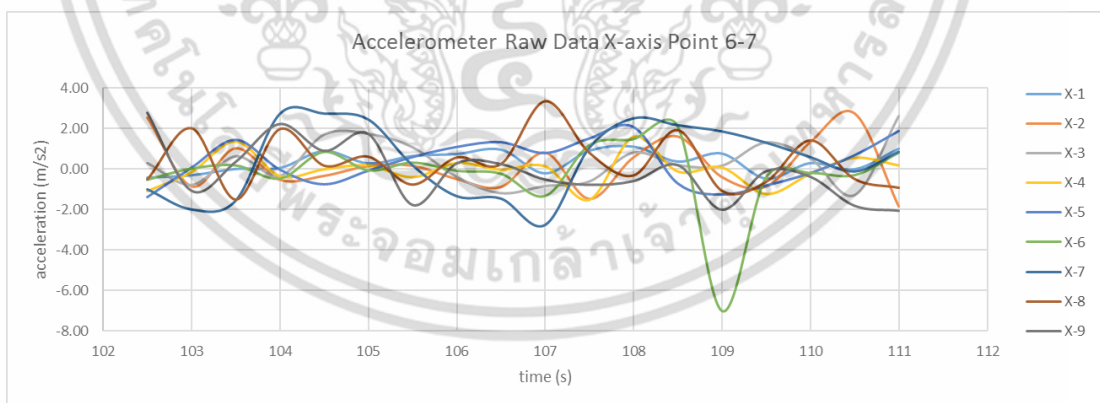
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน X จุดที่ 4-5

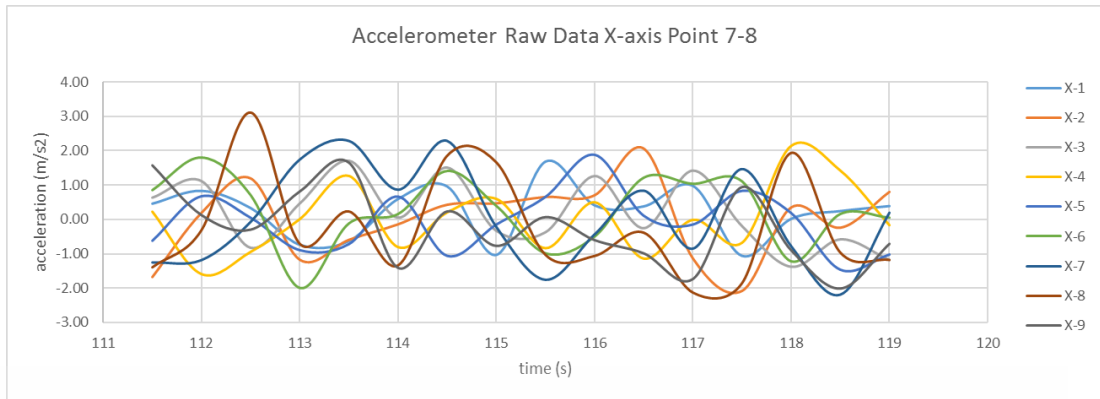


รูปที่ 4.15 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน X จุดที่ 5-6

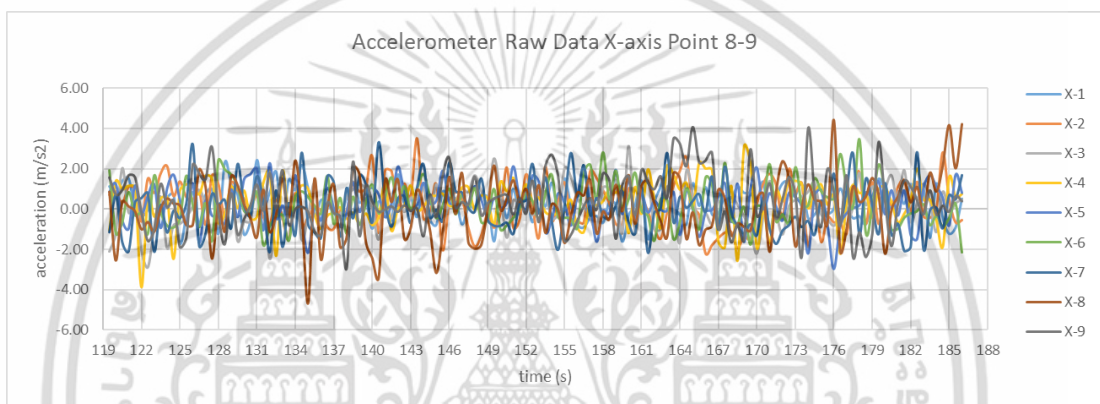


รูปที่ 4.16 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน X จุดที่ 6-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

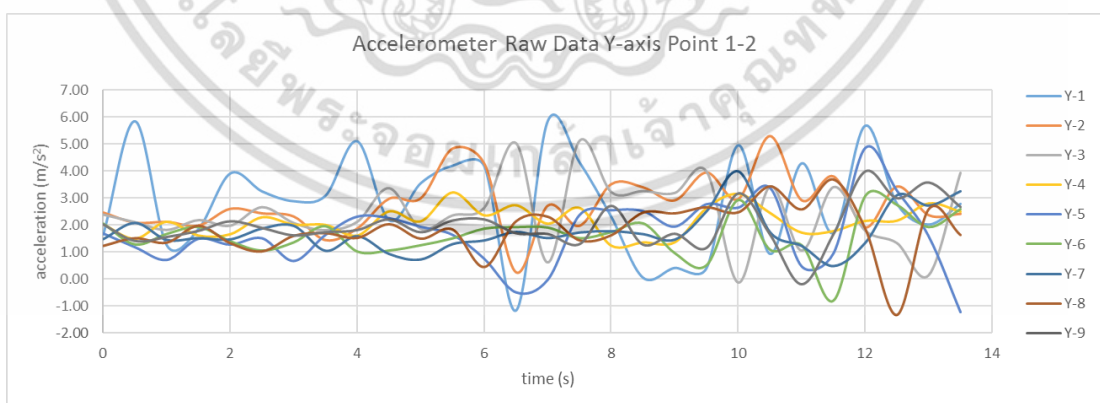


รูปที่ 4.17 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน X จุดที่ 7-8



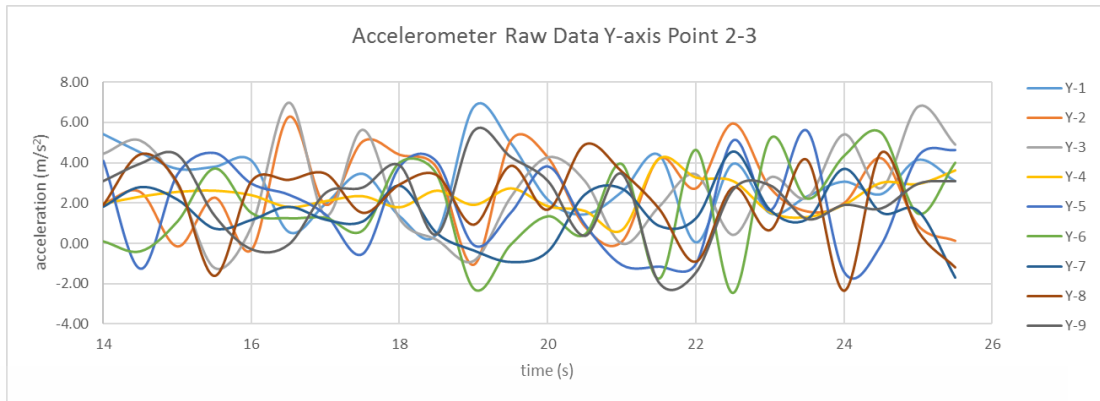
รูปที่ 4.18 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน X จุดที่ 8-9

2) accelerometer แกน Y ทดลอง 9 ครั้ง

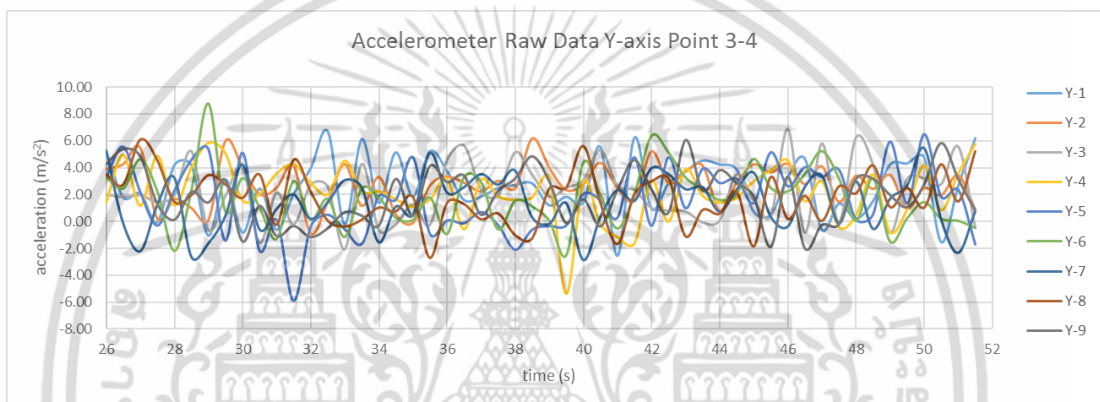


รูปที่ 4.19 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 1-2

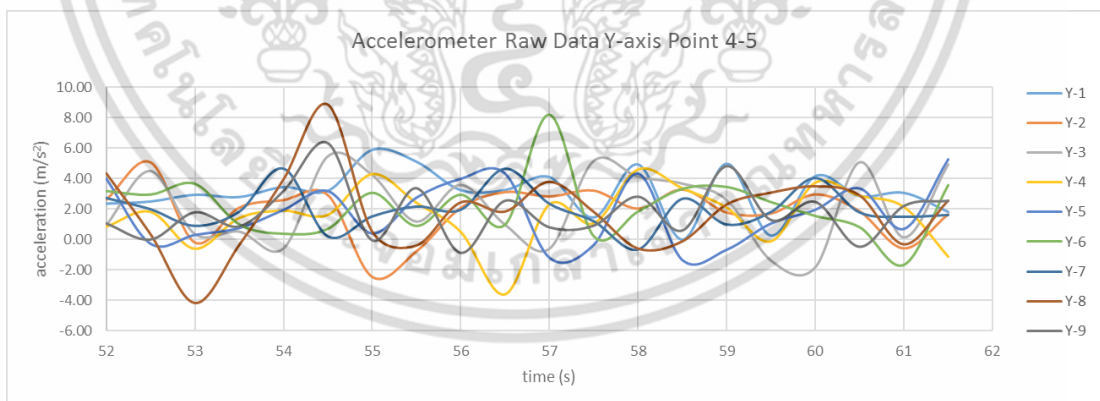
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 2-3

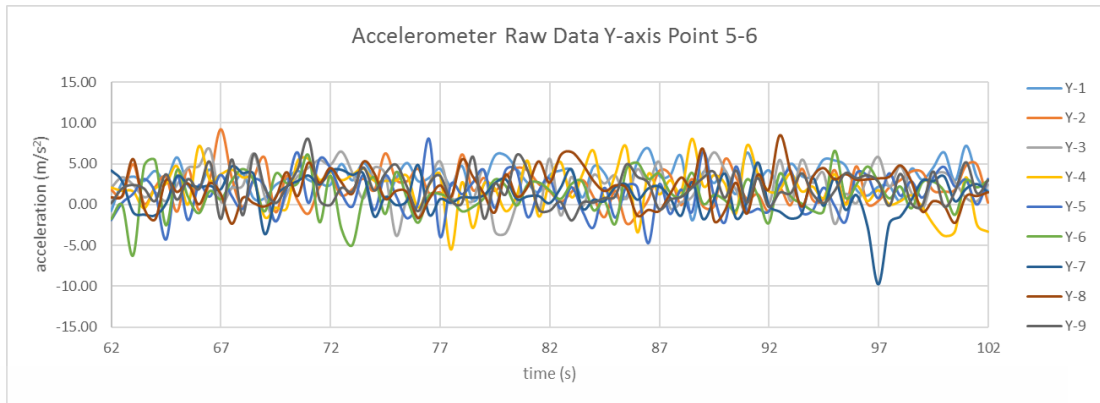


รูปที่ 4.21 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 3-4

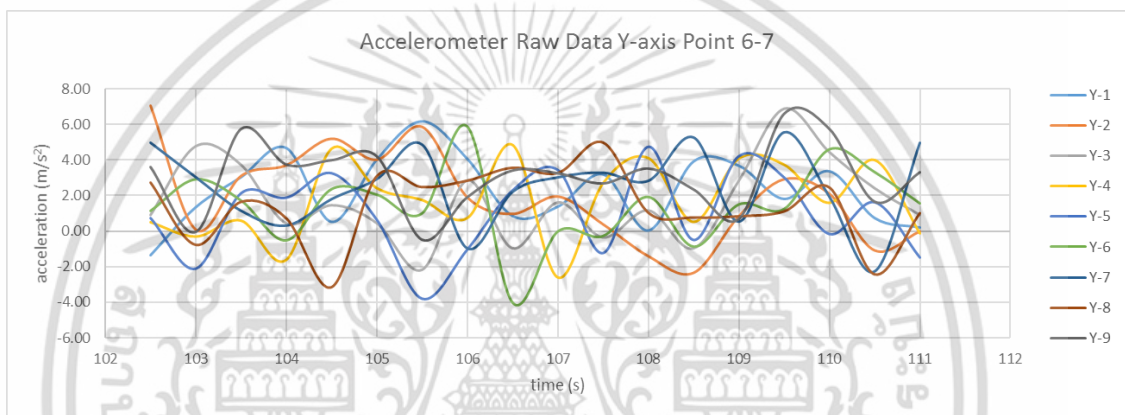


รูปที่ 4.22 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 4-5

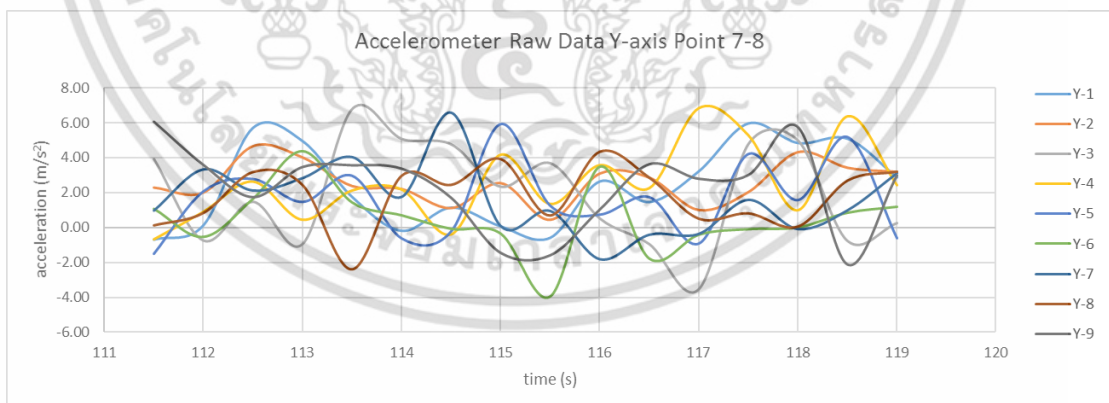
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 5-6

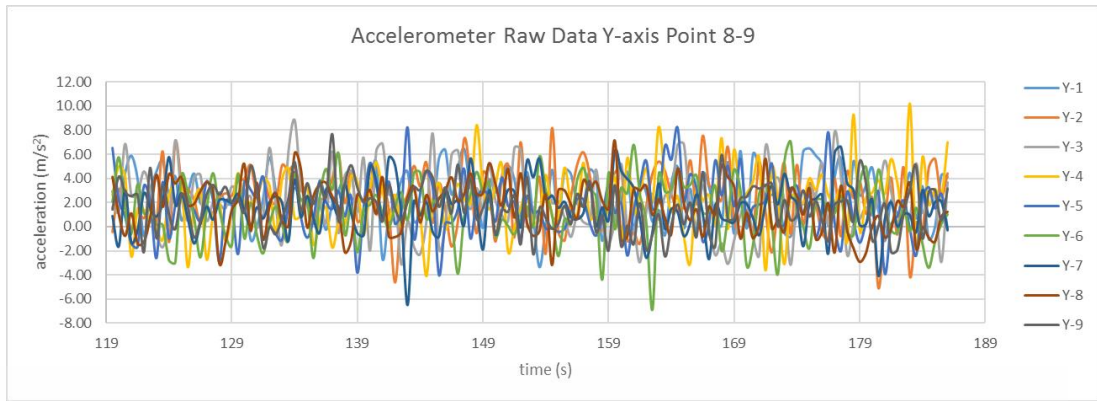


รูปที่ 4.24 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 6-7



รูปที่ 4.25 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 7-8

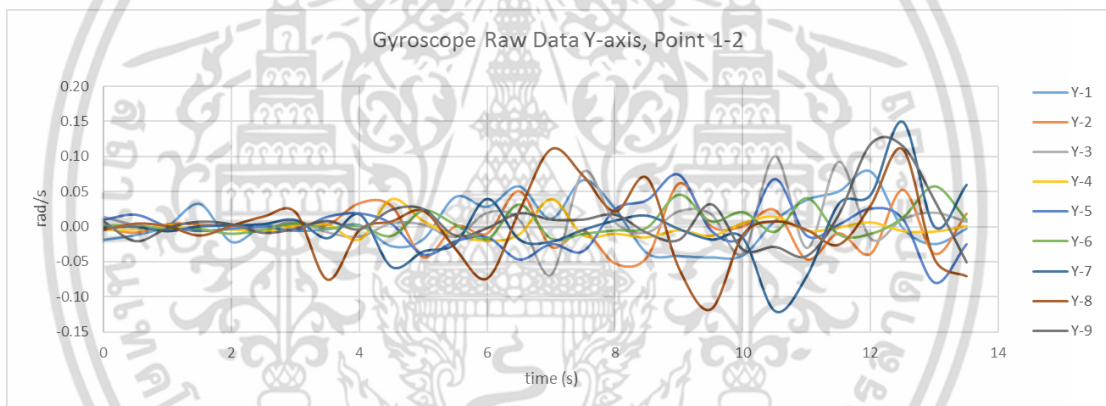
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



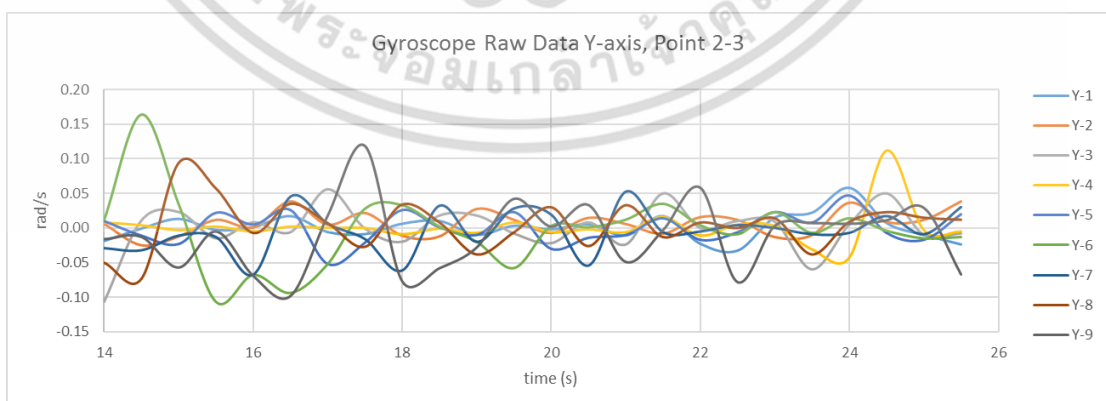
รูปที่ 4.26 ข้อมูลดิบ accelerometer แกน Y จุดที่ 8-9

#### 4.1.2 ค่าที่อ่านได้จาก gyroscope

1) gyroscope แกน Y ทดลอง 9 ครั้ง

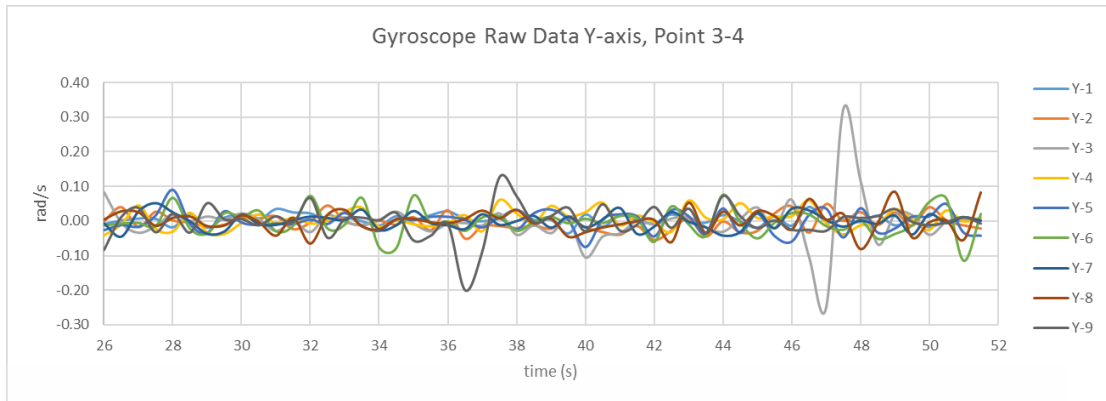


รูปที่ 4.27 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 1-2

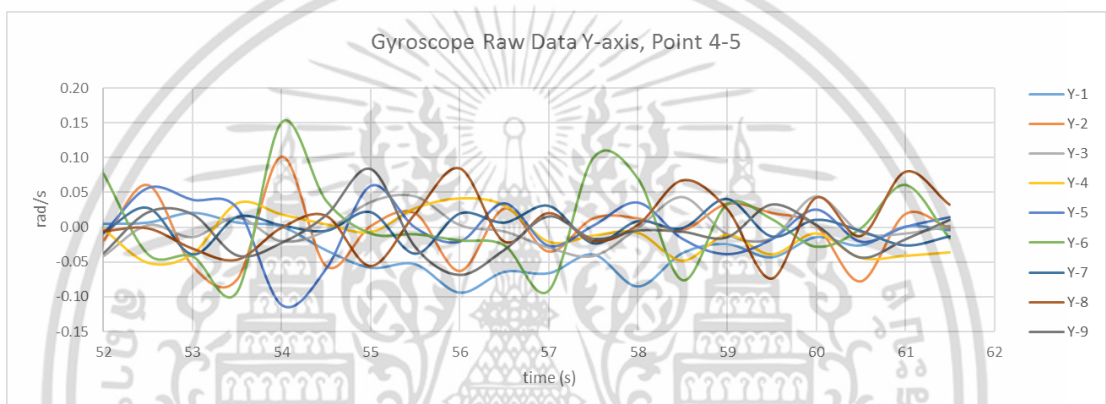


รูปที่ 4.28 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 2-3

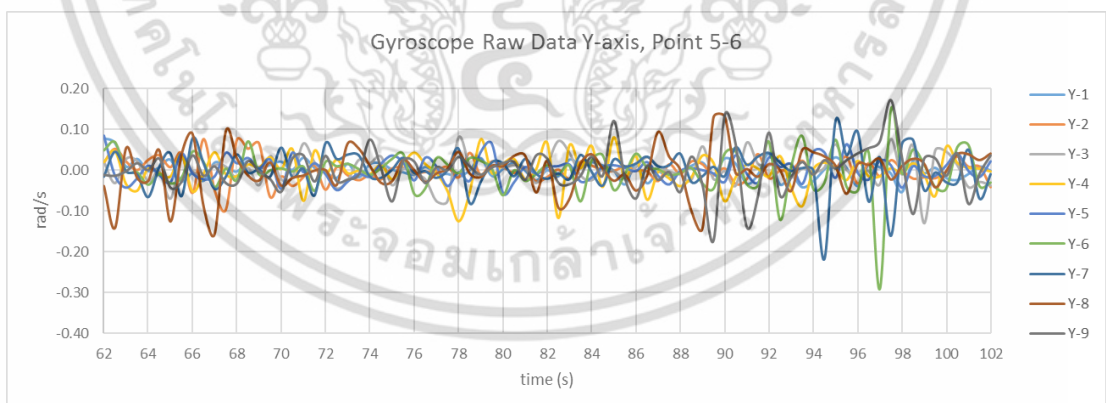
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 3-4

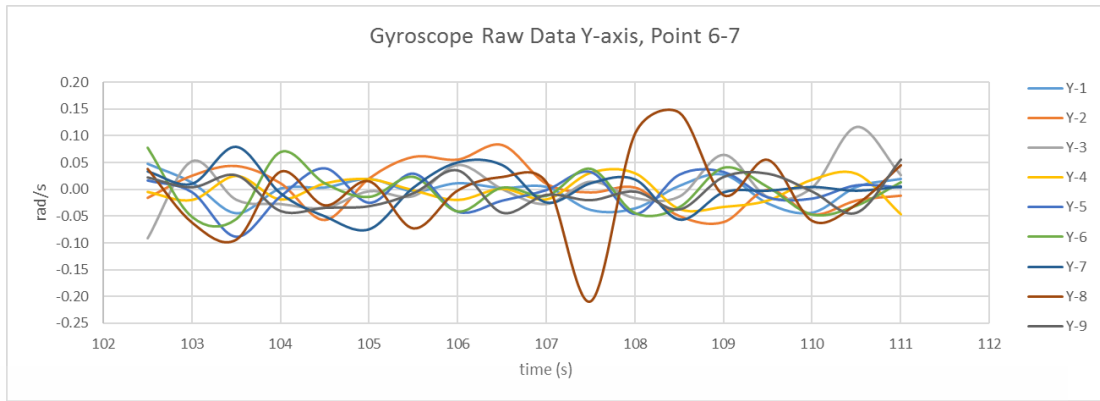


รูปที่ 4.30 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 4-5

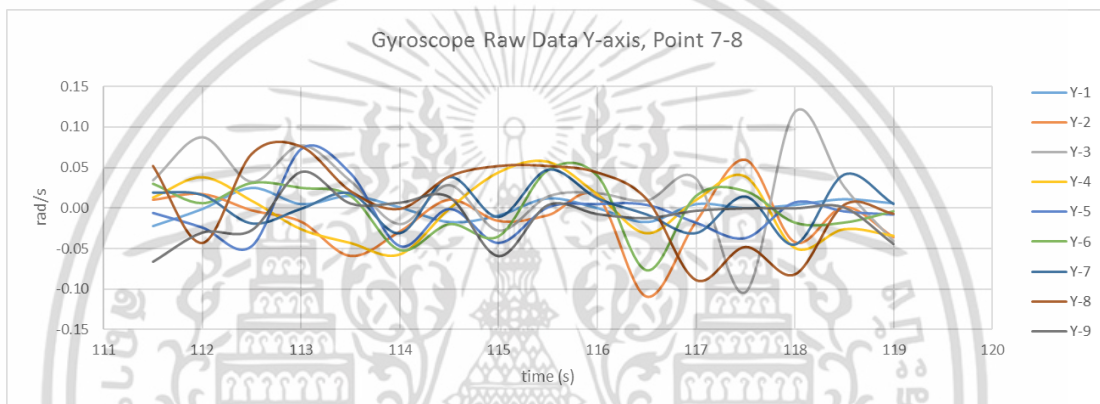


รูปที่ 4.31 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 5-6

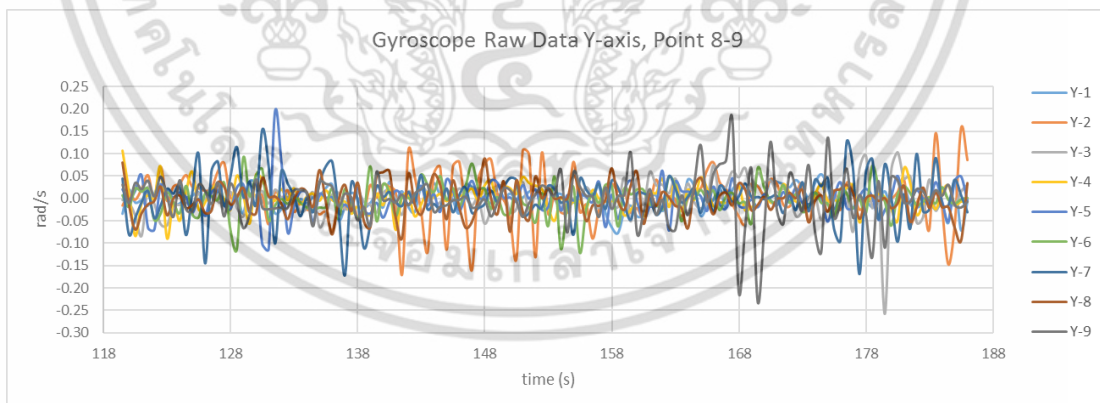
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 6-7



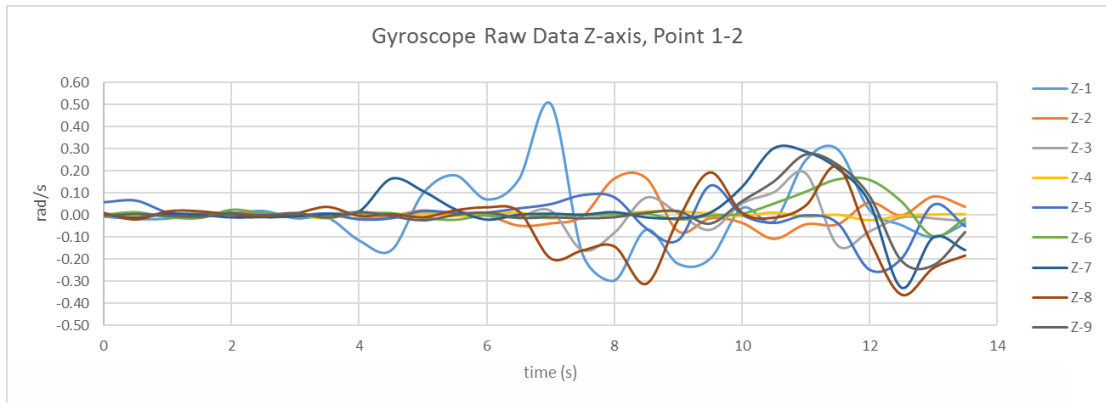
รูปที่ 4.33 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 7-8



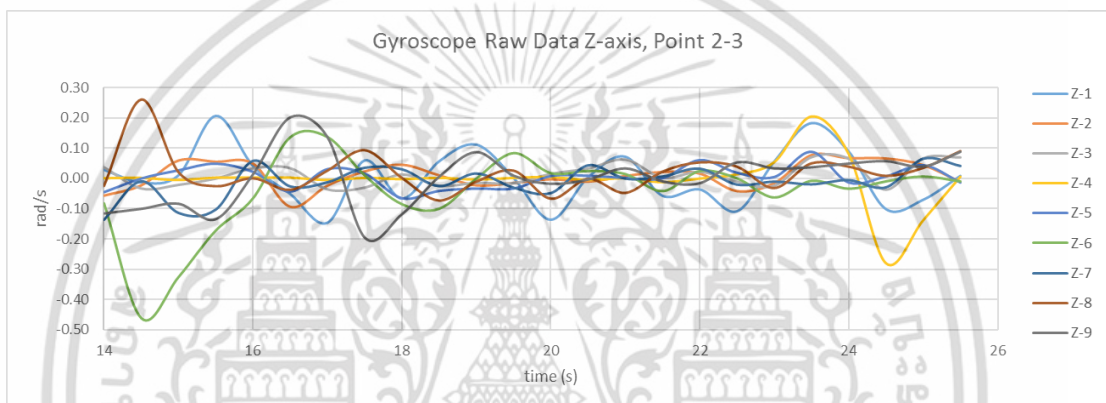
รูปที่ 4.34 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Y จุดที่ 8-9

## 2) gyroscope แกน Z ทดลอง 9 ครั้ง

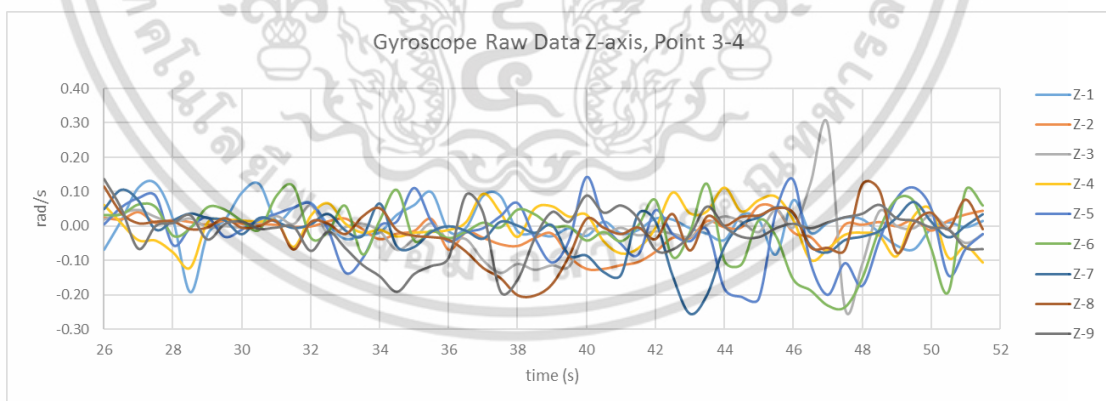
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 1-2

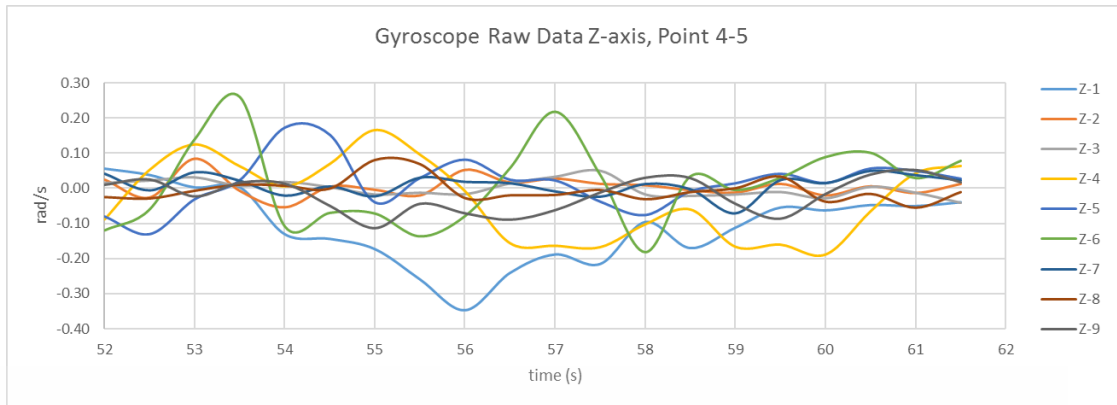


รูปที่ 4.36 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 2-3

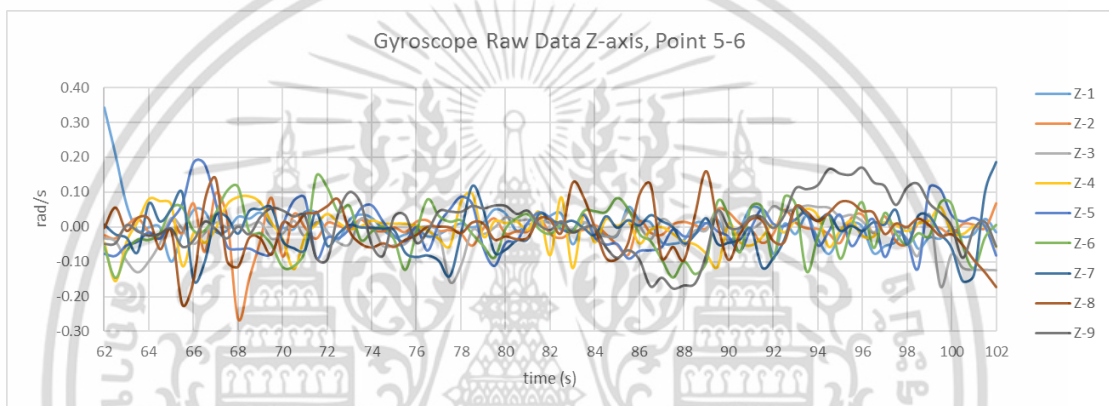


รูปที่ 4.37 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 3-4

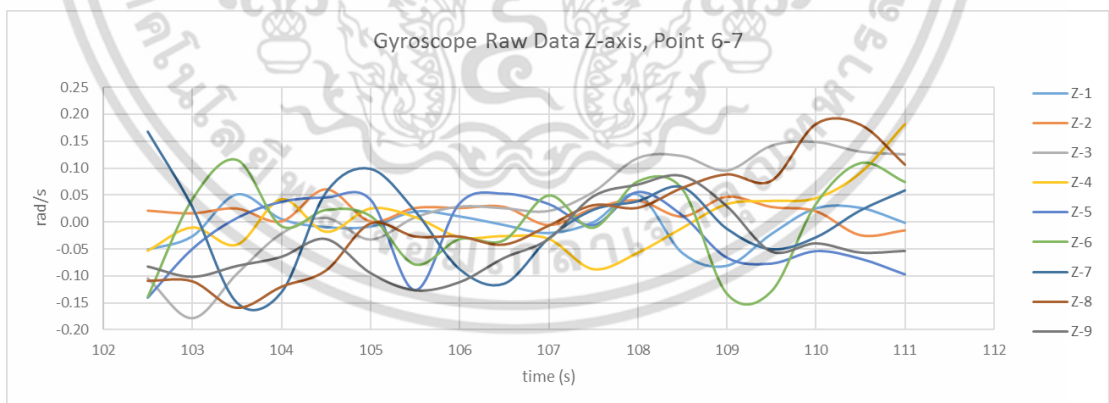
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 4-5

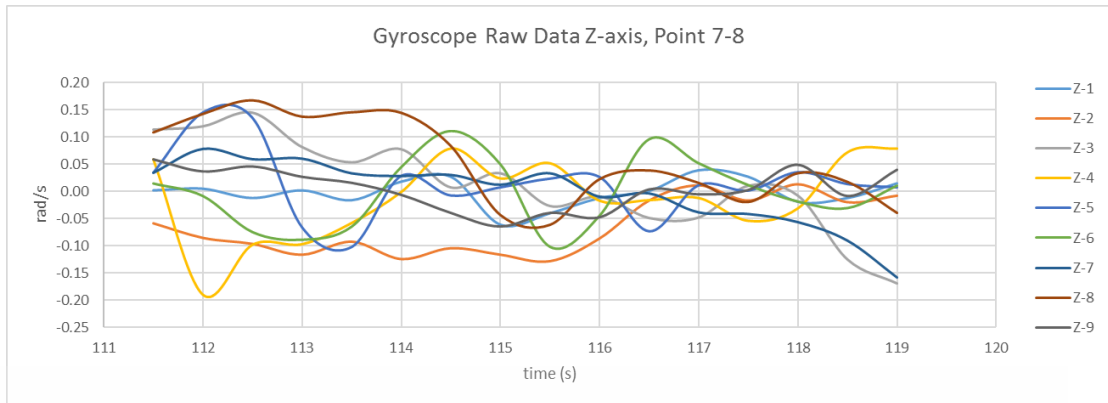


รูปที่ 4.39 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 5-6

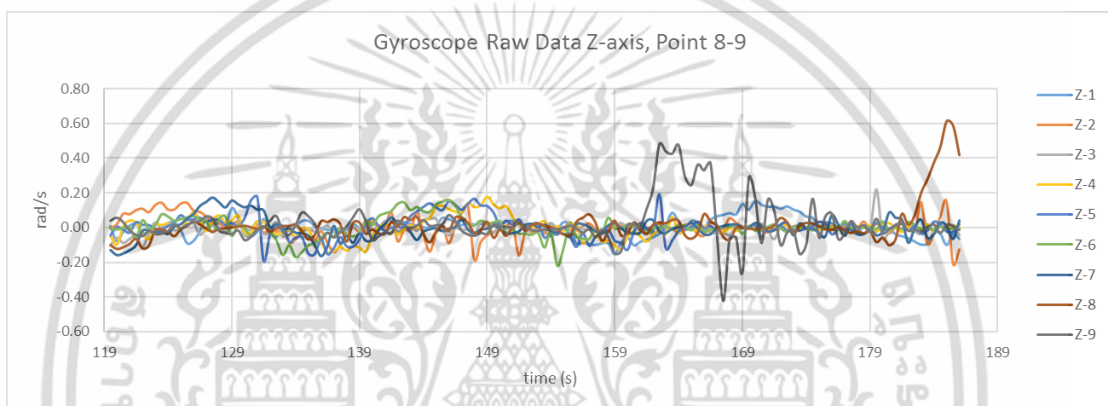


รูปที่ 4.40 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 6-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



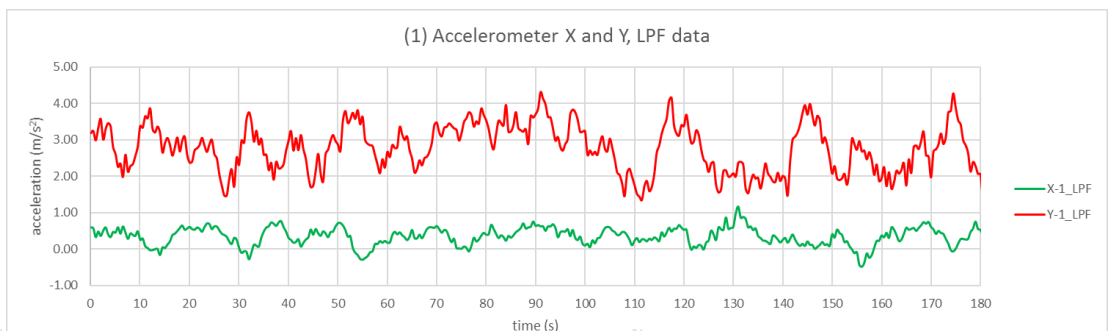
รูปที่ 4.41 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 7-8



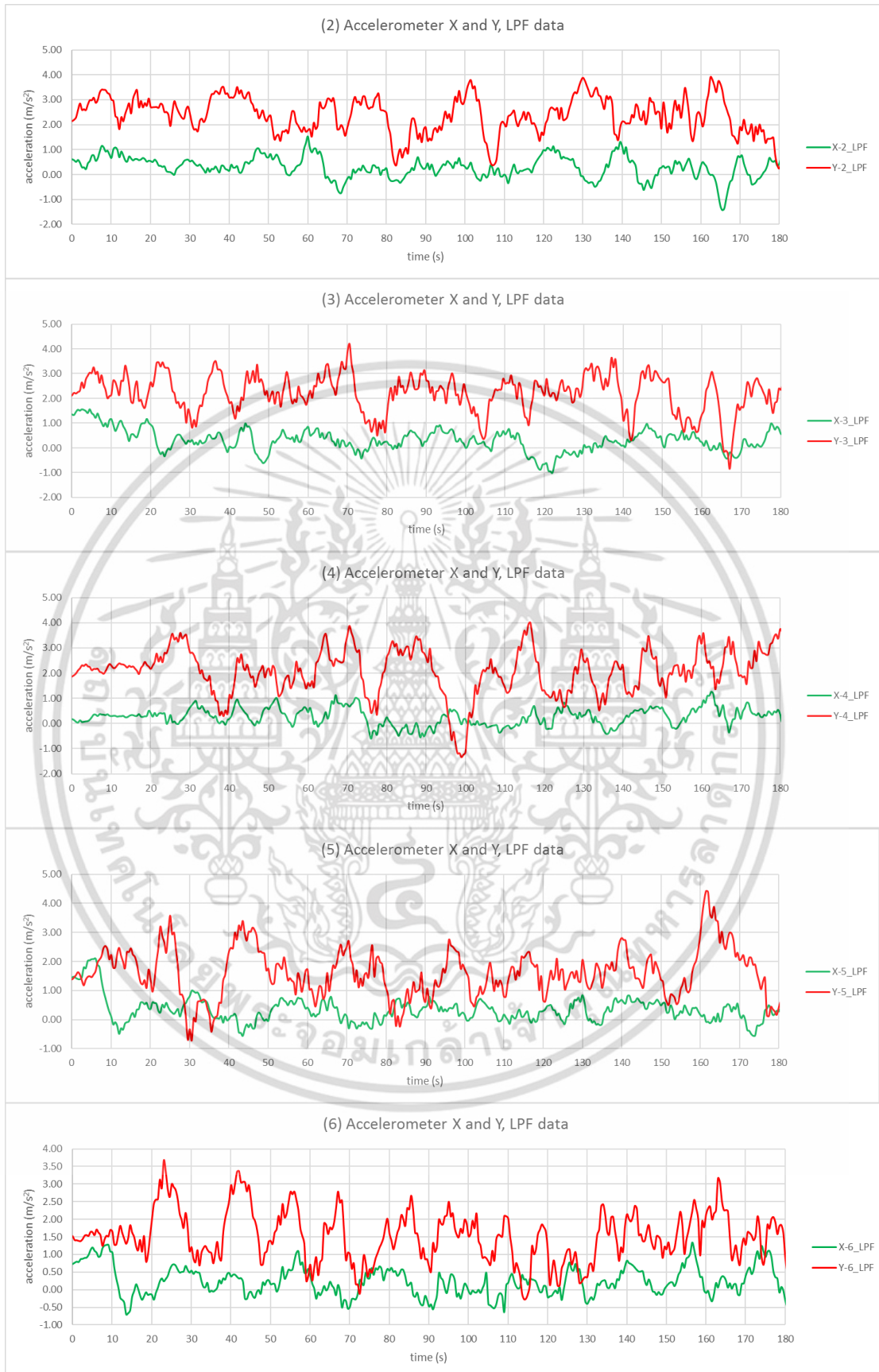
รูปที่ 4.42 ข้อมูลดิบ gyroscope แกน Z จุดที่ 8-9

## 4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

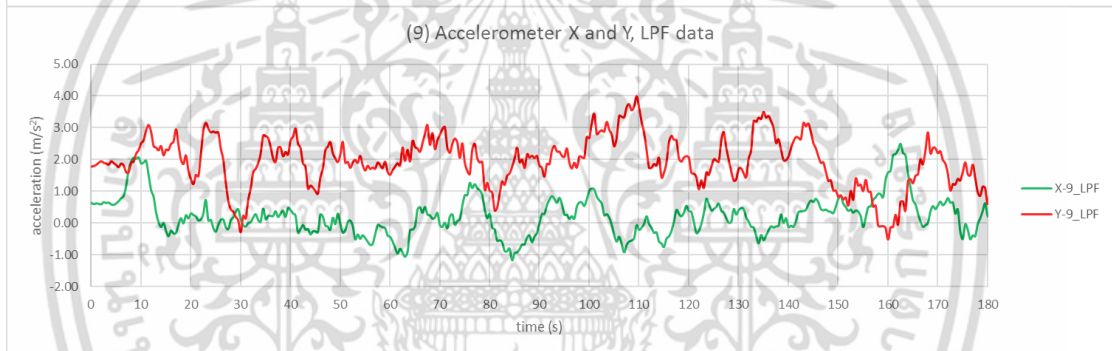
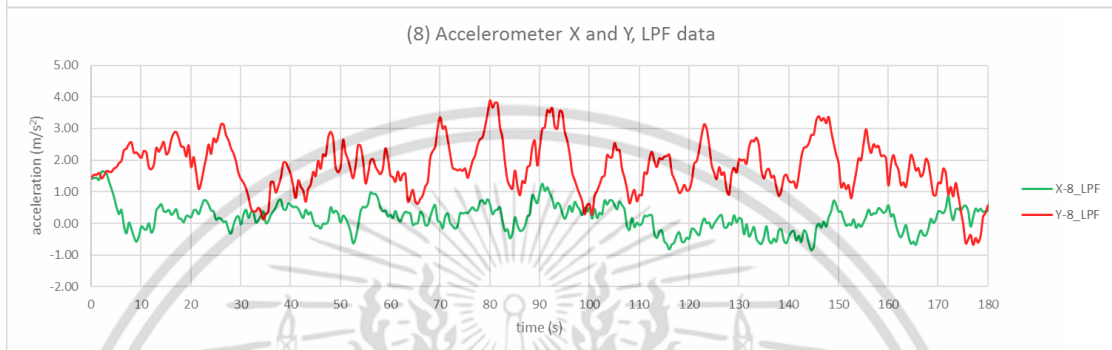
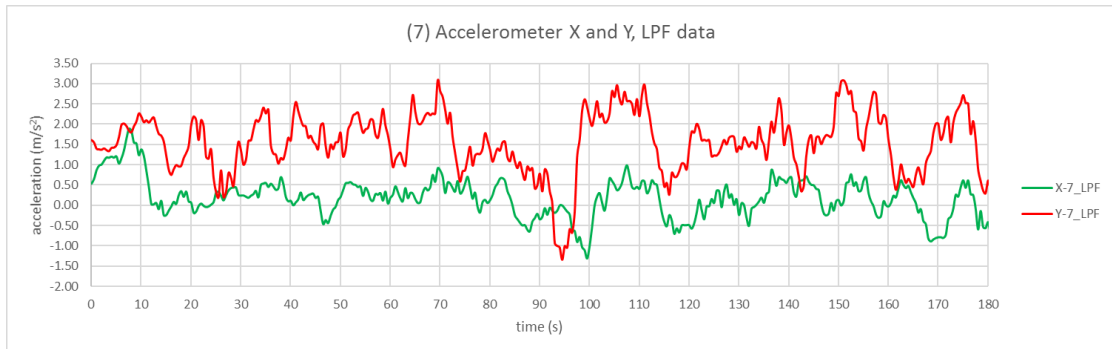
ต่อไปเป็นการอภิปรายการวิเคราะห์ข้อมูลจากค่าที่เก็บได้จากเซ็นเซอร์ accelerometer และ gyroscope โดยทำให้กราฟแสดงข้อมูลชัดเจนขึ้นด้วย Low Pass Filter กับการมองช่วงของข้อมูล โดยให้ช่วงกว้างมีขนาด  $N = 9$  (windowing) จำแนกพฤติกรรมที่สังเกตได้คือการเลี้ยวหรือเอียงซ้ายขวาและการเพิ่มหรือชะลอความเร็ว



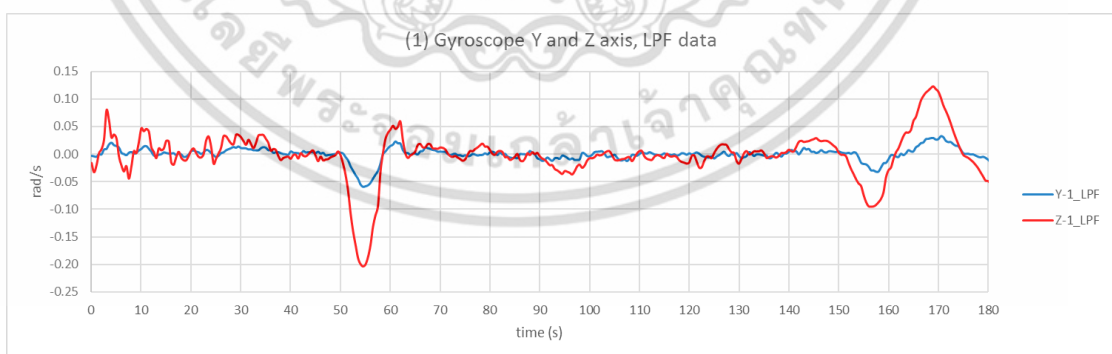
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



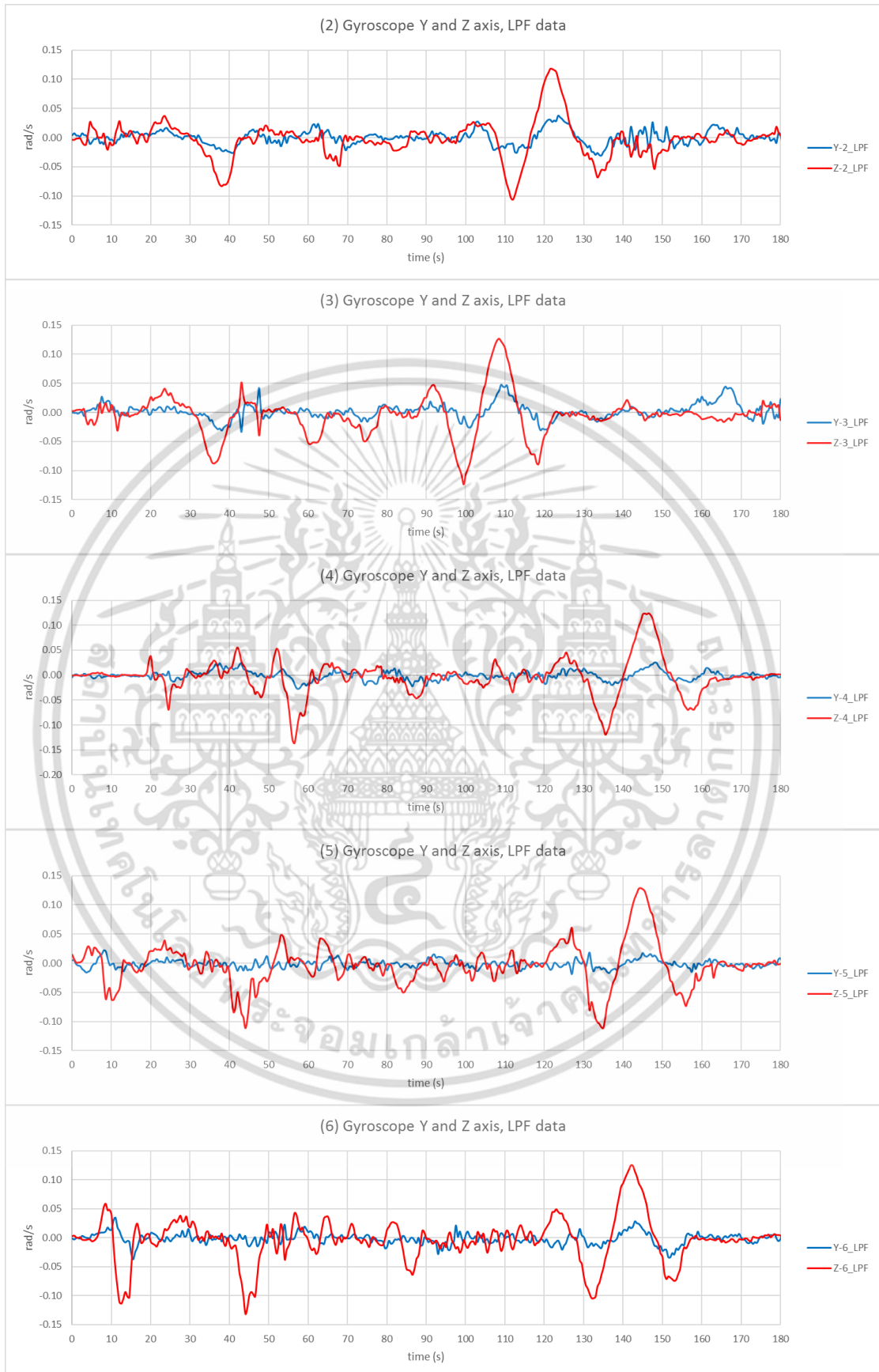
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



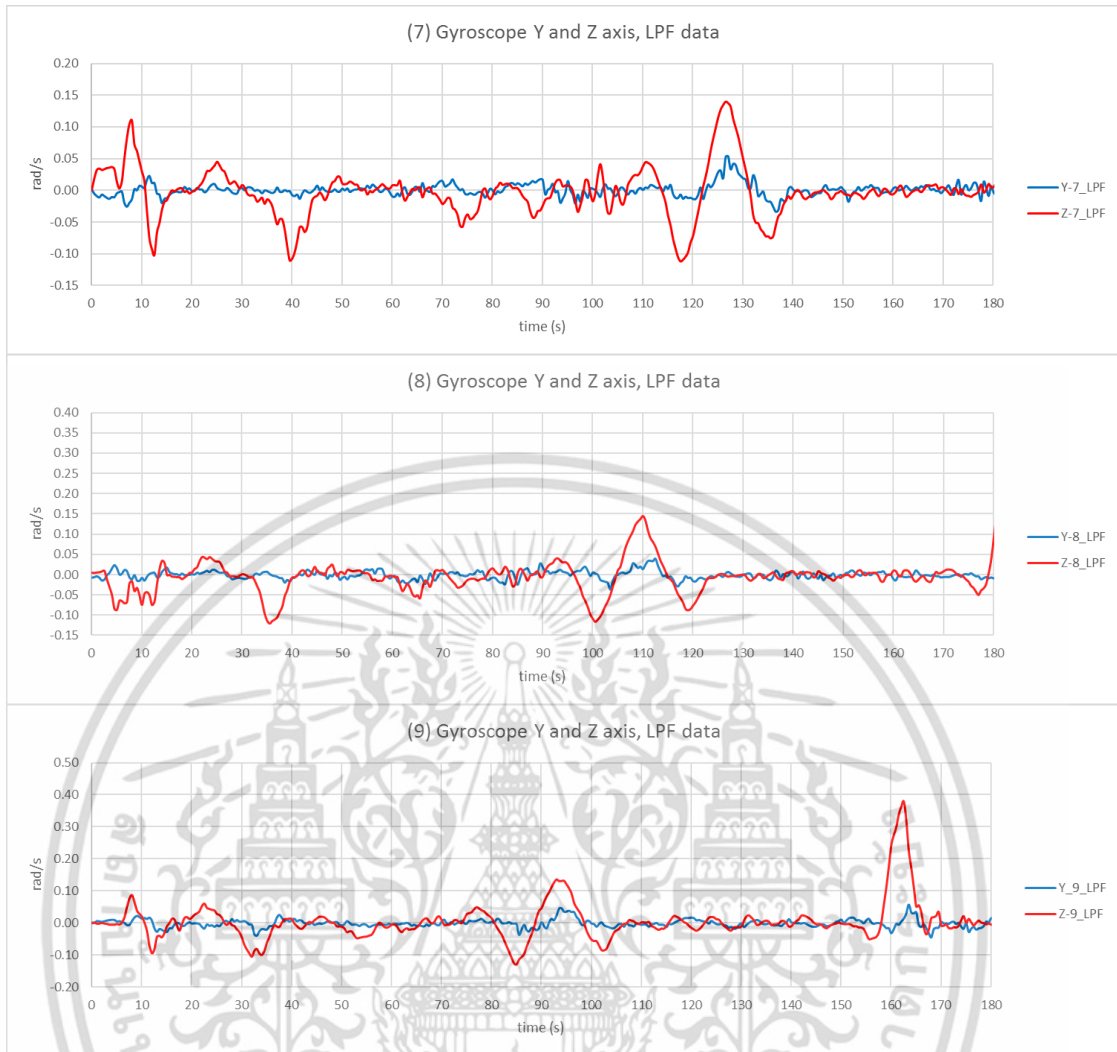
รูปที่ 4.43 (1) ถึง (9) ค่าจาก accelerometer แกน X และ Y หลังจาก cut-off



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

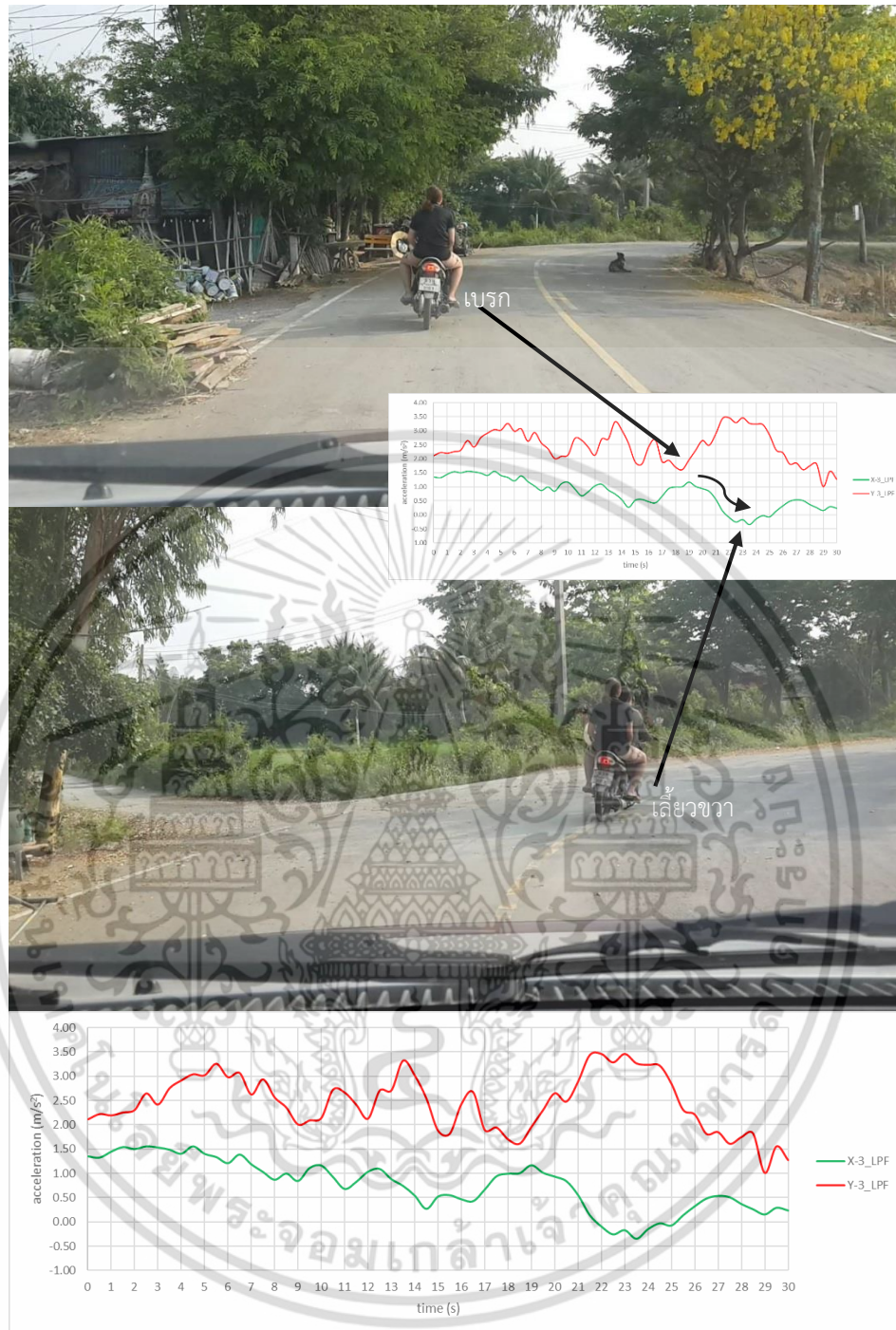


รูปที่ 4.44 (1) ถึง (9) ค่าจาก gyroscope แกน Y และ Z หลังจาก cut-off

#### 4.2.1 ตรวจสอบพฤติกรรมจาก accelerometer

พิจารณาจากรูปที่ 4.43 (3) ค่าของ accelerometer ที่เวลา 19 วินาที แกน Y ค่าลดลง ขณะเดียวกันแกน X ลดลงด้วย เมื่อตรวจสอบกับวิดีโอที่บันทึกไว้ พฤติกรรมที่สังเกตเห็นคือการชะลอความเร็วแล้วเข้าโค้งเลี้ยวขวา ดังรูปที่ 4.45

จากรูปที่ 4.46 เมื่อแกน Y ลดลงที่ 142 วินาที แกน X มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงระบุได้ว่าเป็นพฤติกรรมการชะลอความเร็วแล้วเข้าโค้งเลี้ยวซ้าย



รูปที่ 4.45 พฤติกรรมการเลี้ยวขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.46 พฤติกรรมการเลี้ยวซ้าย

#### 4.2.2 ตรวจสอบพฤติกรรมจาก gyroscope

พิจารณาจากรูปที่ 4.44 (3) ที่เวลา 92 ถึง 125 วินาที เป็นช่วงที่รถจักรยานยนต์วิ่งจากจุดที่ 6 ไปยังจุดที่ 8 สังเกตว่ากราฟลดลงที่ 100 วินาที ทั้งแกน Y และ Z ระบุได้ว่าเป็นพฤติกรรมรถเลี้ยวขวา ดังนั้นที่ 109 วินาทีจึงเป็นพฤติกรรมการเลี้ยวซ้าย โดยค่า Y คือความเอียงของตัวรถซ้ายขวา ค่า Z คือการเลี้ยวซ้ายหรือขวา แสดงเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.47 พฤติกรรมการเลี้ยวที่ได้จากการสังเกตค่า gyroscope

จากผลการทดลองและการวิเคราะห์สรุปได้ว่าพฤติกรรมการเลี้ยวซ้ายหรือขวา สังเกตได้จากค่าของ accelerometer แกน X และ gyroscope แกน Y และ Z ในการทดลองนั้นมีอุปสรรคที่การติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับแฮนด์ควบคุมของรถจักรยานยนต์ สมาร์ทโฟนไม่ได้ตั้งฉากกับแฮนด์พอดี ค่าจาก gyroscope แกน Y และ Z จึงมีแนวโน้มที่คล้ายกัน หากต้องการความแม่นยำของข้อมูลเพิ่ม ต้องมีวิธีการติดตั้งหรือการเก็บข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้น

พฤติกรรมเร่งความเร็วหรือชะลอความเร็ว สามารถสังเกตได้จากค่าที่แกน Y ของ accelerometer เมื่อชะลอความเร็วลงค่าลดลง เมื่อเร่งความเร็วค่าเพิ่มขึ้น

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัยที่จะกล่าวต่อไปนี้จะประกอบด้วย การพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้เก็บข้อมูลในการทดลอง การศึกษาข้อมูลงานวิจัย การออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลอง รวมถึงปัญหาที่พบในงานวิจัย และข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนางานวิจัยให้ดีขึ้น

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การศึกษาและการทดลองส่วนใหญ่เน้นพัฒนาสำหรับรถยนต์ รถโดยสารสาธารณะ ระบบขนส่งต่าง ๆ ส่วนที่นำมาประยุกต์ใช้กับรถจักรยานยนต์พบได้น้อย แต่การพัฒนาแอปพลิเคชันนั้นค่อนข้างกว้าง เนื่องจากความนิยมของสมาร์ตโฟนจึงมีแหล่งข้อมูลให้ศึกษาและทดลองพัฒนาได้สะดวก ทั้งนี้การพัฒนาแอปพลิเคชันต้องการทรัพยากรและเวลาจำนวนมากจึงจะได้มาซึ่งแอปพลิเคชันที่ตอบโจทย์การใช้งาน

อัลกอริทึมที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง การทำ windowing เป็นวิธีที่สะดวกและเร็วที่สุดที่ใช้ทำข้อมูลให้อ่านง่ายขึ้น หากเป็นข้อมูลดิบเพียงอย่างเดียว ค่อนข้างลำบากในการแปลผล รวมถึงจำนวนครั้งของการทดลองที่ต้องมากพอเพื่อสังเกตเห็นรูปแบบของแนวโน้มข้อมูล ค่าต่าง ๆ ที่ชัดเจนขึ้น ความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลที่ใส่ระบุพฤติกรรมจะเพิ่มขึ้น

แอปพลิเคชันที่ใช้อ่านค่าจากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งมากับสมาร์ตโฟนนั้น ค่อนข้างเพียงพอต่อการระบุการเคลื่อนไหว ท่าทางต่าง ๆ ของสมาร์ตโฟนได้ในระดับหนึ่ง เมื่อนำมาใช้กับการสังเกตพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ จึงต้องสนใจที่ค่าการเปลี่ยนแปลงของเซ็นเซอร์ในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดขึ้น แล้วเปรียบเทียบกับวิดีโอที่บันทึกขณะทดลอง จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลแล้วสามารถจำแนกพฤติกรรมออกได้เป็น 3 แบบคือ ตรงไปข้างหน้า เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา ด้วยท่าทางเหล่านี้สามารถแยกการเดาพฤติกรรมออกไปได้อีก เช่น ตรงไปข้างหน้าและเอียงขวาจากเวลาหนึ่งถึงเวลาหนึ่ง สรุปได้ว่ารถกำลังเข้าโค้งขวา หากรถกำลังมุ่งตรงไปข้างหน้าอยู่บนทางตรง ความแรงคงที่ แนวโน้มของกราฟจะเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยวิธี Low Pass Filter ในการทดลองอย่างง่าย ช่วยทำให้มองเห็นแนวโน้มของค่าจากเซ็นเซอร์และระบุพฤติกรรมได้ดีระดับหนึ่ง แต่ทั้งนี้การทดลองดังกล่าวต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์พิจารณาแนวโน้มอย่างละเอียด และดูค่าจากแกนหลายค่านำมาเปรียบเทียบกับกันจึงจะทราบได้ว่ากำลังเกิดพฤติกรรมแบบใดอยู่ ถึงแม้จะกำจัดสัญญาณรบกวนไปแล้วก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองเบื้องต้นนี้มีข้อจำกัดหลายประการ คือ ขนาดของข้อมูล อัลกอริทึมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล รูปแบบการชี้รถจักรยานยนต์ที่แตกต่างไปในแต่ละบุคคล ซึ่งข้อจำกัดต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้การระบุพฤติกรรมนั้นมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ในระดับที่ไม่มากนักเนื่องมาจากปัจจัยดังกล่าว

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) การทดลองควรมีการเก็บข้อมูลที่มากพอที่จะสามารถเห็นความแตกต่างของพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ได้ด้วยตัวข้อมูลตัวเอง
- 2) วิธีการทางคณิตศาสตร์ อัลกอริทึมที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ควรเป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการทดลอง มุ่งเน้นไปที่ความถูกต้อง แม่นยำ เชื่อถือได้เพิ่มขึ้น
- 3) พัฒนาแอปพลิเคชันสมาร์ตโฟนให้มีคุณสมบัติที่สามารถเก็บรายละเอียดการทดลองได้มากขึ้น เพื่อลดเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการสังเกตของผู้ทดลอง
- 4) เพิ่มประสิทธิภาพอัลกอริทึมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Susie Boniface. “How long does it take you to get to work.” [Online]. Available : [www.express.co.uk/life-style/life/493116/Commuting-facts-from-around-the-world](http://www.express.co.uk/life-style/life/493116/Commuting-facts-from-around-the-world). accessed November 2016.
- [2] สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร สำนักแผนความปลอดภัย กลุ่มพัฒนาความปลอดภัย. “รายงานการวิเคราะห์อุบัติเหตุทางถนน ประจำปี 2555.” [Online]. Available : <http://slbkb.psu.ac.th/xmlui/bitstream/handle/2558/2003/รายงานวิเคราะห์การเกิดอุบัติเหตุ.pdf>. accessed November 2016.
- [3] กองบังคับการตำรวจจราจร “ระบบการขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transport Systems).” [Online]. Available : [www.trafficpolice.go.th/download/ระบบการขนส่งและจราจรอัจฉริยะ.pdf](http://www.trafficpolice.go.th/download/ระบบการขนส่งและจราจรอัจฉริยะ.pdf). accessed November 2016.
- [4] YOZZO. “Thailand’s Telecom Market End of 2015.” [Online]. Available : [www.slideshare.net/yozzo1/thailands-telecom-market-end-of-2015](http://www.slideshare.net/yozzo1/thailands-telecom-market-end-of-2015). accessed November 2016.
- [5] @veedvil. “สถิติผู้ใช้งาน Mobile และ Smartphone ของประเทศไทยปี 2016.” [Online]. Available : [www.veedvil.com/news/mobile-users-and-smartphone-in-thailand-2016](http://www.veedvil.com/news/mobile-users-and-smartphone-in-thailand-2016). accessed November 2016.
- [6] gogolico. “ผลสำรวจชี้ คนไทยเลือกซื้อ smartphone ราคาไม่เกินหมื่น เน้นเครื่องแรง แบตฯ ใช้งานได้นาน.” [Online]. Available : [www.whatphone.net/news/smartphone-thailand-2016](http://www.whatphone.net/news/smartphone-thailand-2016). accessed November 2016.
- [7] Ming Liu. “A Study of Mobile Sensing Using Smartphones.” [Online]. Available : <https://doi.org/10.1155/2013/272916>. 2013.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [8] S.B. Eisenman, E. Miluzzo, N. D. Lane, R. A. Peterson, G. S. Ahn, and A. T. Campbell. “BikeNet: a mobile sensing system for cyclist experience mapping.” *ACM Transactions on Sensor Networks*. vol. 6, no. 1, pp. 1–39, 2009.
- [9] A. Arora, P. Dutta, S. Bapat et al. “A line in the sand: a wireless sensor network for target detection, classification, and tracking.” *Computer Networks*. vol. 46, no. 5, pp. 605–634, 2004.
- [10] Y. C. Tseng, S. P. Kuo, and H.W. Lee. “Location tracking in a wireless sensor network by mobile agents and its data fusion strategies.” *Information Processing in Sensor Networks*. pp. 554–554, 2003.
- [11] A. T. Campbell, S. B. Eisenman, N. D. Lane et al. “The rise of people-centric sensing,” *IEEE Internet Computing*. vol. 12, no. 4, pp. 12–21, 2008.
- [12] Starlino. “A Guide To using IMU (Accelerometer and Gyroscope Devices) in Embedded Applications.” [Online]. Available : [www.starlino.com/imu\\_guide.html](http://www.starlino.com/imu_guide.html).
- [13] M. Arraigada and M. Partl. “Calculation of displacements of measured accelerations, analysis of two accelerometers and application in road engineering.” in **Proceedings of the Swiss Transport Research Conference**. 2006.
- [14] S. Sen, R. Roy Choudhury, and S. Nelakuditi. “CSMA/CN: carrier sense multiple access with collision notification,” *IEEE/ACM Transactions on Networking*. vol. 20, no. 2, pp. 544–556, 2012.
- [15] D. G. Lowe. “Distinctive image features from scale-invariant keypoints,” *International Journal of Computer Vision*. vol. 60, no. 2, pp. 91–110, 2004.
- [16] C. Cortes and V. Vapnik. “Support-vector networks,” *Machine Learning*. vol. 20, no. 3, pp. 273–297, 1995

- [17] I. Constandache, X. Bao, M. Azizyan, and R. R. Choudhury. “Did you see Bob? : human localization using mobile phones.” in **Proceedings of the 16th Annual Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom '10)**. pp. 149–160, September 2010.
- [18] D. M. Boore. “Effect of baseline corrections on displacements and response spectra for several recordings of the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake,” *Bulletin of the Seismological Society of America*. vol. 91, no. 5, pp. 1199–1211, 2001.
- [19] I. Constandache, R. R. Choudhury, and I. Rhee. “Towards mobile phone localization without war-driving.” in **Proceedings of the IEEE INFOCOM**. pp. 1–9, March 2010.
- [20] D. A. Johnson and M. M. Trivedi. “Driving style recognition using a smartphone as a sensor platform.” in **Proceedings of the 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC '11)**. pp. 1609–1615, 2011.
- [21] D. Mitrović. “Reliable method for driving events recognition,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. vol. 6, no. 2, pp. 198–205, 2005.
- [22] J. Dai, J. Teng, X. Bai, Z. Shen, and D. Xuan. “Mobile phone based drunk driving detection.” in **Proceedings of the 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare**. pp. 1–8, March 2010.
- [23] K. C. Baldwin, D. D. Duncan, and S. K. West. “The driver monitor system: a means of assessing driver performance,” *Johns Hopkins APL Technical Digest*. vol. 25, no. 3, pp. 269–277, 2004.
- [24] J. Liu, L. Zhong, J. Wickramasuriya, and V. Vasudevan. “uWave: accelerometer-based personalized gesture recognition and its applications,” *Pervasive and Mobile Computing*. vol. 5, no. 6, pp. 657–675, 2009.

- [25] J. Kela, P. Korpiö, and J. Mäntyjärvi. “Accelerometer-based gesture control for a design environment,” *Personal and Ubiquitous Computing*. vol. 10, no. 5, pp. 285–299, 2006.
- [26] E. Miluzzo, A. Varshavsky, S. Balakrishnan et al. “Tapprints: your finger taps have fingerprints.” in **Proceedings of the 10th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services**. pp. 323–336, LowWood Bay, Lake District, UK, 2012.
- [27] S. Agrawal, I. Constandache, and S. Gaonkar. “PhonePoint pen: using mobile phones to write in air.” in **Proceedings of the 1st ACM Workshop on Networking, Systems, and Applications for Mobile Handhelds**. pp. 1–6, Barcelona, Spain, 2009.
- [28] M. Azizyan and R. R. Choudhury. “SurroundSense: mobile phone localization using ambient sound and light,” *SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*. vol. 13, no. 1, pp. 69–72, 2009.
- [29] C. Peng, G. Shen, Y. Zhang, Y. Li, and K. Tan. “BeepBeep: a high accuracy acoustic ranging system using COTS mobile devices.” in **Proceedings of the 5th ACM International Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys '07)**. pp. 1–14, Sydney, Australia, November 2007.
- [30] N. Kalra and D. Bansal. “Analyzing Driver Behavior using Smartphone Sensors: A Survey,” *International Journal of Electronic and Electrical Engineering*. vol.7, no. 7, pp. 697-702, 2014.
- [31] Singh P., Juneja N. and Kapoor S. “Using mobile phone sensors to detect driving behavior.” in **Proceedings of the 3rd ACM Symposium on Computing for Development, ACM**. 2013.

- [32] Fazeen M., Gozick B., Dantu R., Bhukhiya M. and Gonzalez M.C. “Safe Driving Using Mobile Phones.” in **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**. 2012.
- [33] Chigurupa S., Polavarap S., Kancherla Y. and Nikhath K.A. “Integrated Computing System for measuring Driver Safety Index,” *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. vol. 2, 2012.
- [34] Johnson D.A. and Trivedi M.M. “Driving Style Recognition using a smartphone as a sensor platform.” in **IEEE 14th International Conference on Intelligent Transportation system**. October 2011.
- [35] Dai J., Tang J., Bai X., Shen Z. and Xuan D. “Mobile phone based drunk driving detection.” in **Proc. 4th Int. Conf. Pervasive Health NO PERMISSIONS**. pp. 18, 2010.
- [36] Zhang Y., Lin W. and Chin Y.K. “A pattern-recognition approach for driving skill characterization.” in **IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.** vol. 11, no. 4, pp. 905-916, 2010.
- [37] Sathyanarayana A., Boyraz P. and Hansen J.H.L. “Driver behavior analysis and route recognition by hidden Markov models.” in **Vehicular Electronics and Safety, ICVES, IEEE International Conference on IEEE**. 2008.
- [38] Gazali H. “Monitoring Erratic Driving Behavior caused by Vehicle Overtaking using Off-the shelf Technologies”. [Online]. Available : [www.scss.tcd.ie/publications/techreports/reports11/TCD-CS-2011-03.pdf](http://www.scss.tcd.ie/publications/techreports/reports11/TCD-CS-2011-03.pdf). 2010.
- [39] C. Saiprasert, T. Polprasit and W. Pattara-atikom. “Detecting Driving Events Using Smartphone”. [Online]. Available : [www.researchgate.net/publication/279949922\\_Detecting\\_Driving\\_Events\\_Using\\_Smartphone](http://www.researchgate.net/publication/279949922_Detecting_Driving_Events_Using_Smartphone). accessed 2016.

- [40] J. S. Hickman and E. S. Geller. "Self-management to increase safe driving among short-haul truck drivers," *Journal of Organizational Behavior Management*. 2005.
- [41] The Driver Science Company. "DriveCam". [Online]. Available : [www.drivecam.com](http://www.drivecam.com). December 2012.
- [42] S. Amin, S. Andrews, S. Apte, J. Arnold, J. Ban, M. Benko, R. M. Bayen, B. Chiou, C. Claudel, C. Claudel, T. Dodson, O. Elhamshary, C. Flens-Batina, M. Gruteser, J.-C. Herrera, R. Herring, B. Hoh, Q. Jacobson, T. Iwuchukwu, J. Lew, X. Litrico, L. Luddington, J. Margulici, A. Mortazavi, X. Pan, T. Rabbani, T. Racine, E. Sherlock-Thomas, D. Sutter, and A. Tinka. "Mobile century Using GPS mobile phones as traffic sensors: A field experiment." in **Proceedings 15th World Congress Intelligent Transport Systems**. New York, November, 2008.
- [43] C.-Y. Chan. "On the detection of vehicular crashes-system characteristics and architecture," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. vol. 51, no. 1, pp. 180–193, Jan. 2002.
- [44] P. Needham. "Collision prevention: The role of an accident data recorder (ADR)." in **Proceedings International ADAS Conference**. pp. 48–51, 2001.
- [45] I.K. Hong, J.B. Ryu, J.H. Cho, K.H. Lee and W.S. Lee. "Development of a Driving Simulator for Virtual Experience and Training of Drunk Driving." in **Proceedings of the 3rd International Conference on Road Safety and Simulation**, 2011.
- [46] H.Sakoe and S.Chiba. "Dynamic Programming Algorithm Optimization for Spoken Word Recognition," *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing In Acoustics*. vol. 26, no. 1, pp. 43–49, 1978.
- [47] D.J. Berndt and J. Clifford. "Using Dynamic Time Warping to Find Patterns in Time Series," *AAA1-94 Workshop on Knowledge Discovery in Databases*. pp 359–370, 1994.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [48] E. Keogh and M. Pazzani. “Derivative Dynamic Time Warping.” in **Proceedings 1st SIAM International Conference on Data Mining**. 2001.
- [49] T. Kamimura, T. Kitani and T. Watanabe. “A System to Comprehend a Motorcycle's Behavior using the Acceleration and Gyro Sensors on a Smartphone.” in **Inter-Academia 2012**, Budapest, Hungary, pp. 405-414, 27–30 August, 2012.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้