

แอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟน  
เพื่อใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว ในเวอร์ชันภาษาไทย  
A SMARTPHONE BASED APPLICATION  
TO MONITOR PHYSICAL ACTIVITY IN THAI VERSION



นางสาวปวีณา ผ่องโสภา

MS. PAWEENA PONGSOPHA

นางสาวรวีพร ศรีวิไล

MS. RAWIPORN SRIVILAI

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2557

แอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟน  
เพื่อใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว ในเวอร์ชันภาษาไทย  
A SMARTPHONE BASED APPLICATION  
TO MONITOR PHYSICAL ACTIVITY IN THAI VERSION



นางสาวปวีณา ผ่องโสภา  
MS. PAWEENA PONGSOPHA  
นางสาววิพร ศรีวิไล  
MS. RAWIPORN SRIVILAI

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้ง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขอสงวนสิทธิ์ในการนำออกไปใช้  
ปีการศึกษา 2557

A SMARTPHONE BASED APPLICATION  
TO MONITOR PHYSICAL ACTIVITY IN THAI VERSION



MS. PAWEENA PONGSOPHA  
MS. RAWIPORN SRIVILAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

แอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟน เพื่อใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว  
ในเวอร์ชันภาษาไทย  
A SMARTPHONE BASED APPLICATION TO MONITOR  
PHYSICAL ACTIVITY IN THAI VERSION

นักศึกษา

นางสาวปวีณา ผ่องใสภา รหัสนประจำตัว 54010805  
นางสาวรวิพร ศรีวิไล รหัสนประจำตัว 54011063

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์

มนิรชนก จงประสิทธิ์พร  
(ดร.มนิรชนก จงประสิทธิ์พร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	แอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟน เพื่อใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว ในเวอร์ชันภาษาไทย
นักศึกษา	นางสาวปวีณา ผ่องโสภา นางสาววิพร ศรีวิไล
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ดร.มนัสชนก จงประสิทธิ์พร

### บทคัดย่อ

โครงการปริญญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้น เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจจับการเคลื่อนไหว ในเวอร์ชันภาษาไทย มีชื่อว่า “ไทยเคลื่อนที่ 3 แกนแกน (TH 3AXIS)” ได้ทำการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น (Linear Acceleration Sensor) ที่มีอยู่บนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ นำมาวิเคราะห์ลักษณะของความเร่งเชิงเส้นที่เปลี่ยนไปตามค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ เพื่อสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยการทำงานของแอปพลิเคชันนี้ ประกอบด้วย การตรวจจับการยืง การเดิน และการวิ่ง นอกจากนี้งานปริญญานิพนธ์ได้มีการหารูปแบบของสัญญาณความเร่งในการเคลื่อนไหว 5 กิจกรรม ได้แก่ การเดิน การวิ่ง การนั่ง การนอน และการล้ม แอปพลิเคชันนี้สามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบข้อมูลเชิงตัวเลข และกราฟ สามารถทำการบันทึกผลลัพธ์ในแต่ละช่วงเวลา สามารถส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของแต่ละเซ็นเซอร์ และคำอธิบายขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis Title</b>	A Smartphone Based Application to Monitor Physical Activity in Thai Version
<b>Student</b>	Ms. Paweena Pongsopha Ms. Rawiporn Srivilai
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
<b>Academic Year</b>	2014
<b>Thesis Advisor</b>	Dr. Manutchanok Jongprasithporn

### ABSTRACT

The purpose of this project is to develop a smartphone based application, TH 3AXIS to monitor physical activity in Thai version. Linear acceleration sensors on android smartphones have been utilized to collect linear acceleration data for activity monitoring. This application was designed to detect linear acceleration data changing in order to recognize physical activities such as standing, walking and running. Moreover, this project also focused on analyzing patterns of linear acceleration for five activities such as walking, running, sitting, lying down and falling to understand acceleration pattern for each activity. TH 3AXIS application can show data as number and figure graphic, record data and send data through e-mail. TH 3AXIS application has a description about sensors and activity monitoring in Thai language.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ เรื่อง แอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ตโฟน เพื่อใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว ในเวอร์ชันภาษาไทย สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ส่งผลให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ดร.มนัสชนก จงประสิทธิ์พร อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้ความเอาใจใส่ ให้ความรู้ คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา เอื้อเฟื้อเอกสารและหนังสืออ้างอิงที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดี มาโดยตลอดจนกระทั่งปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ดร.กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข และ ผศ.ดร.ชุมพล ยวงโย กรรมการที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ที่คอยให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขที่ดีมาโดยตลอด

คณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาปริญญาานิพนธ์นี้ให้ดียิ่งๆ ขึ้นไปในอนาคต

ขอบคุณเพื่อนทุกคนที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ สำหรับการทดลองเก็บข้อมูลต่างๆ และความช่วยเหลือทุกๆ ด้าน เพื่อนำมาข้อมูลมาใช้ในการทำปริญญาานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายปริญญาานิพนธ์นี้จะสำเร็จไม่ได้ ถ้าไม่ได้บิดา มารดา ที่คอยให้ความรัก ความห่วงใย กำลังใจในการทำงาน และสมาชิกในกลุ่มที่คอยให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทำปริญญาานิพนธ์ คุณค่า และประโยชน์ใดๆ จากปริญญาานิพนธ์นี้ขอมอบแต่บิดา มารดา คณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

นางสาวปวีณา ผ่องโสภา  
นางสาวรวีพร ศรีวิไล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
<b>บทที่ 1    บทนำ</b>	
1.1    ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....	1
1.2    วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	2
1.3    ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	2
1.4    ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
<b>บทที่ 2    ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1    สมาร์ทโฟน.....	3
2.1.1    ความหมายของสมาร์ทโฟน.....	3
2.1.2    กำเนิดของสมาร์ทโฟน.....	3
2.1.3    ประโยชน์ของสมาร์ทโฟน.....	4
2.2    ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	4
2.2.1    วิวัฒนาการของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	5
2.2.2    ลักษณะของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	6
2.2.3    สถาปัตยกรรมของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	6
2.2.4    ความสามารถของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รุ่นไอศกรีม แซนวิช.....	9
2.3    ภาษาจาวา.....	9
2.3.1    ข้อดีของภาษาจาวา.....	10
2.3.2    เครื่องมือที่ใช้พัฒนาโปรแกรม.....	11
2.4    แอนดรอยด์ สตูดิโอ.....	12
2.5    เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น.....	12
2.5.1    โครงสร้างของเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น.....	14
2.5.2    ประเภทของเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น.....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญ (ต่อ)

หน้า

2.6	การเคลื่อนไหวของร่างกาย.....	16
2.6.1	ชีวกลศาสตร์กับการเคลื่อนไหวของร่างกาย.....	16
2.6.2	การเดิน.....	17
2.6.3	การวิ่ง.....	20
2.6.4	การหกล้ม.....	21
2.7	ทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณ.....	22
2.7.1	ความไวในการตรวจจับ.....	23
2.7.2	ความจำเพาะเจาะจง.....	23
2.7.3	ความแม่นยำ.....	23

### บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1	การศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	25
3.1.1	สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	25
3.1.2	เซ็นเซอร์.....	25
3.1.3	โปรแกรมและเครื่องมือสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์.....	25
3.2	การออกแบบของแอปพลิเคชัน.....	31
3.2.1	การออกแบบภาพรวมทั้งหมดของแอปพลิเคชัน.....	31
3.2.2	การออกแบบหน้าต่างของแอปพลิเคชัน.....	37
3.3	การตรวจสอบความถูกต้องของแอปพลิเคชัน.....	40
3.3.1	การตรวจสอบระหว่างสมาร์ทโฟน 2 เครื่อง ในแอปพลิเคชัน TH 3AXIS เดียวกัน.....	40
3.3.2	การตรวจสอบระหว่างแอปพลิเคชัน Physics Toolbox กับ TH 3AXIS ในสมาร์ทโฟนเดียวกัน.....	43

### บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

4.1	รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการเคลื่อนไหวแต่ละกิจกรรม.....	45
4.1.1	การเดิน.....	46
4.1.2	การวิ่ง.....	47
4.1.3	การนั่ง.....	48
4.1.4	การนอน.....	49
4.1.5	การล้ม.....	50
4.2	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการเคลื่อนไหวแต่ละกิจกรรม.....	52
4.3	การตรวจจับการเคลื่อนไหวแต่ละกิจกรรม.....	53

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 5</b> <b>สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1    สรุปผล.....	58
5.2    ข้อจำกัด.....	58
5.3    ข้อเสนอแนะ.....	59
5.4    งานในอนาคต.....	59
<b>บรรณานุกรม</b> .....	<b>60</b>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	คำสั่งที่ในการสร้างโปรแกรมจาวา.....	11
ตารางที่ 3.1	ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกิจกรรม.....	35
ตารางที่ 3.2	รูปแบบสัญญาณความเร่งที่ได้จากสมาร์ตโฟน HTC ONE M7 และ HTC ONE M8....	41
ตารางที่ 3.3	กราฟเปรียบเทียบรูปแบบสัญญาณความเร่งที่ได้จากสมาร์ตโฟน HTC ONE M7 และ HTC ONE M8.....	42
ตารางที่ 3.4	รูปแบบสัญญาณความเร่งที่ได้จากแอปพลิเคชัน TH 3AXIS และ Physics Toolbox.....	43
ตารางที่ 3.5	กราฟเปรียบเทียบรูปแบบสัญญาณความเร่งที่ได้จากแอปพลิเคชัน TH 3AXIS และ Physics Toolbox.....	44
ตารางที่ 4.1	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกิจกรรม.....	52
ตารางที่ 4.2	ระดับนัยสำคัญ (p-value) ของแต่ละกิจกรรม.....	53
ตารางที่ 4.3	การสู่มกิจกรรมการเคลื่อนไหว.....	54
ตารางที่ 4.4	ผลการทดลองการใช้งานแอปพลิเคชันของการยืนนิ่ง.....	54
ตารางที่ 4.5	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจจับการยืนนิ่ง.....	55
ตารางที่ 4.6	ผลการทดลองการใช้งานแอปพลิเคชันของการเดิน.....	55
ตารางที่ 4.7	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจจับการเดิน.....	55
ตารางที่ 4.8	ผลการทดลองการใช้งานแอปพลิเคชันของการวิ่ง.....	56
ตารางที่ 4.9	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจจับการวิ่ง.....	56
ตารางที่ 4.10	เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการตรวจจับการเคลื่อนไหวในแต่ละกิจกรรม.....	56
ตารางที่ 4.11	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดชนิดที่ 1 ( $\alpha$ ) หรือ Type I error และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดชนิดที่ 2 ( $\beta$ ) หรือ Type II error.....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

หน้า

รูปที่	2.1	สถาปัตยกรรมของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	6
รูปที่	2.2	ชั้นแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค.....	7
รูปที่	2.3	ชั้นไลบรารี.....	8
รูปที่	2.4	แกน X, Y และ Z บนสมาร์ตโฟนและแท็บเล็ต ที่ขึ้นอยู่กับการใช้งาน.....	12
รูปที่	2.5	ลักษณะการเอียงในทิศทางต่างๆ.....	13
รูปที่	2.6	ลักษณะการเอียงของแกน Z.....	13
รูปที่	2.7	ลักษณะโครงสร้างของเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น.....	14
รูปที่	2.8	โครงสร้างพื้นฐานของมอเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก.....	15
รูปที่	2.9	ขั้นตอนการเดินปกติของมนุษย์.....	17
รูปที่	2.10	ขั้นตอนการเดินช่วงที่เท้าลอยอยู่ในอากาศ.....	19
รูปที่	2.11	ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงการเดิน.....	20
รูปที่	2.12	ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงการวิ่ง.....	21
รูปที่	2.13	ความแตกต่างของลักษณะการเดินและการวิ่ง.....	21
รูปที่	2.14	ลักษณะการล้ม.....	22
รูปที่	2.15	ทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณ.....	22
รูปที่	3.1	การเช็คระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์.....	25
รูปที่	3.2	การดาวน์โหลด JDK.....	26
รูปที่	3.3	การดาวน์โหลด JDK ตามระบบปฏิบัติการ.....	26
รูปที่	3.4	ไฟล์ JDK ที่ได้จากการดาวน์โหลด.....	26
รูปที่	3.5	หน้าต่าง Setup.....	27
รูปที่	3.6	หน้าต่าง Custom Setup.....	27
รูปที่	3.7	หน้าต่าง Destination Folder.....	28
รูปที่	3.8	หน้าต่าง Complete.....	28
รูปที่	3.9	การดาวน์โหลดโปรแกรมแอนดรอยด์ สตูดิโอ.....	29
รูปที่	3.10	หน้าต่าง Android Studio Setup.....	29
รูปที่	3.11	หน้าต่าง Android Studio Setup : Choose Components.....	30
รูปที่	3.12	หน้าต่าง Android Studio Setup : Configuration Setting.....	30
รูปที่	3.13	สิ้นสุดการติดตั้งโปรแกรม.....	31
รูปที่	3.14	ภาพรวมทั้งหมดของแอปพลิเคชัน.....	32
รูปที่	3.15	กราฟส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกิจกรรม.....	34
รูปที่	3.16	กราฟความเร่งเชิงเส้นในแต่ละกิจกรรม.....	35
รูปที่	3.17	แผนภาพเงื่อนไขการตรวจจับการเคลื่อนไหว.....	36
รูปที่	3.18	หน้าหลักของแอปพลิเคชัน.....	37
รูปที่	3.19	กราฟความเร่งในแนวแกน X, Y และ Z.....	37

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.20 เวลากำกับในแต่ละข้อมูล.....	38
รูปที่ 3.21 การเลื่อนแสดงข้อมูลก่อนหน้า และการขยายกราฟ.....	38
รูปที่ 3.22 การส่งข้อมูล.....	39
รูปที่ 3.23 คู่มือการใช้งาน.....	39
รูปที่ 3.24 ตำแหน่งตรวจจับที่สะโพกด้านขวา.....	40
รูปที่ 3.25 สมาร์ทโฟนรุ่น HTC ONE M7 และ HTC ONE M8.....	40
รูปที่ 4.1 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นของการเดินในแนวแกน X, Y และ Z.....	46
รูปที่ 4.2 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นของการวิ่งในแนวแกน X, Y และ Z.....	47
รูปที่ 4.3 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นของการนั่งในแนวแกน X, Y และ Z.....	48
รูปที่ 4.4 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นของการนอนในแนวแกน X, Y และ Z.....	49
รูปที่ 4.5 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นของการนอนในแนวแกน X, Y และ Z.....	50
รูปที่ 4.6 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการเดิน.....	51
รูปที่ 4.7 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการวิ่ง.....	51
รูปที่ 4.8 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการนั่ง.....	51
รูปที่ 4.9 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการนอน.....	52
รูปที่ 4.10 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการล้ม.....	52
รูปที่ 5.1 ช่วงที่มีการทำกิจกรรมการวิ่ง ต่อจากการเดิน.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันเครื่องมือสื่อสารประเภทสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้รับความนิยมและมีผู้ใช้งานมากขึ้น นอกจากนี้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ยังมีส่วนช่วยในการพัฒนาแอปพลิเคชันภายใต้ภาษาจาวา ทำให้นอกจากสมาร์ทโฟนจะมีประโยชน์ในด้านการสื่อสารแล้ว ยังสามารถเข้าถึงแอปพลิเคชันต่างๆ ที่หลากหลายได้สะดวกและรวดเร็ว เช่น การเชื่อมต่อเข้าสู่อินเทอร์เน็ต การเปิดรับข้อมูลข่าวสาร การดูหนังหรือฟังเพลง การเล่นเกม ทั้งออนไลน์และออฟไลน์ ทั้งนี้เป็นผลมาจากแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่มีการพัฒนาต่อยอดมากขึ้น (สุชาติดา พลาชัยภิรมย์ศิลป์, 2553) ปัจจุบันมีแอปพลิเคชันมากมายที่สามารถปฏิบัติการได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นแอปพลิเคชันที่มาจากต่างประเทศและจำเป็นต้องใช้ความสามารถในด้านภาษาอังกฤษโดยเฉพาะ ซึ่งแอปพลิเคชันตรวจจับการเคลื่อนไหวนี้ได้ทำการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ที่มีอยู่ในสมาร์ทโฟน คือ เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น (Linear Accelerometer Sensor) เพื่อเป็นตัวตรวจจับความเร่งในแนวแกน X, Y และ Z โดยการใช้งานแอปพลิเคชันตรวจจับการเคลื่อนไหวดังกล่าว สำหรับคนไทยนั้นยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากไม่มีคำอธิบายภาษาไทยที่เกี่ยวกับการใช้งาน และแสดงผลที่ได้จากแอปพลิเคชันนั้น

โครงการนี้จึงทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟน เพื่อใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวในเวอร์ชันภาษาไทย ทำให้คนไทยสามารถใช้งานแอปพลิเคชันดังกล่าวนี้ได้สะดวกขึ้นในการตรวจจับการเคลื่อนไหว เพราะมีคำอธิบายขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของเซ็นเซอร์ ที่แสดงในรูปแบบข้อมูลเชิงตัวเลข และกราฟ และสามารถทำการบันทึกผลลัพธ์ในแต่ละช่วงเวลาได้ รวมถึงคำอธิบายคุณสมบัติต่างๆ ของเซ็นเซอร์ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจการทำงานของเซ็นเซอร์มากยิ่งขึ้น จากนั้นจะนำเอาผลลัพธ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น เช่น การตรวจจับการเดิน การวิ่ง การนั่ง การนอน ซึ่งเป็นกิจกรรมการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน และการตรวจจับการล้ม (Fall Detection) ที่เกิดจากการเปลี่ยนท่าทางการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว (Williams et al., 1998) โดยมีการนำสมาร์ทโฟนที่ผ่านการติดตั้งแอปพลิเคชัน ยึดติดกับส่วนสะโพกด้านขวา โดยเซ็นเซอร์ที่มีอยู่ในสมาร์ทโฟนจะถูกใส่กับสายรัด เพื่อใช้คาดส่วนสะโพก

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น แอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟน เพื่อใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวในเวอร์ชันภาษาไทย ที่มีการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นนี้ จะใช้ภาษาจาวาเป็นหลักสำคัญในการพัฒนาแอปพลิเคชันในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รวมทั้งใช้โปรแกรมแอนดรอยด์ สตูดิโอ (Android Studio) ในการเขียนภาษาจาวา และทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันนี้ในสมาร์ทโฟนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของปฏิญานิพนธ์

1. เพื่อพัฒนาแนวคิดในการออกแบบและทักษะการพัฒนาแอปพลิเคชันในสมาร์ตโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันในเวอร์ชันภาษาไทยและสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น ให้อำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น
3. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันให้สามารถใช้งานได้จริง และสามารถเผยแพร่ให้คนไทยได้ใช้งาน

## 1.3 ขอบเขตของปฏิญานิพนธ์

1. ศึกษาลักษณะการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นที่มีอยู่ในสมาร์ตโฟน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. ศึกษาการเขียนภาษาจาวา และโปรแกรมที่เลือกใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ คือ โปรแกรมแอนดรอยด์ สตูดิโอ (Android Studio)
3. พัฒนาแอปพลิเคชันตรวจจับการเคลื่อนไหว ในเวอร์ชันภาษาไทย ให้สามารถแสดงผลในรูปแบบข้อมูลเชิงตัวเลข และกราฟ สามารถทำการบันทึกผลลัพธ์ในแต่ละช่วงเวลา และสามารถส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของเซ็นเซอร์ ในแนวแกน X, Y และ Z ได้
4. สร้างตัวอย่างการประยุกต์แอปพลิเคชันตรวจจับการเคลื่อนไหวในบางกิจกรรม คือ การยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง รวมทั้งการหารูปแบบของสัญญาณความเร่ง สำหรับกิจกรรมการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน คือ การเดิน การวิ่ง การนั่ง และการนอน และการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว คือ การล้ม

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น มาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวได้
2. สามารถนำหลักการเขียนภาษาจาวาและโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันด้านอื่นๆ ได้
3. สามารถนำตัวอย่างการประยุกต์แอปพลิเคชันตรวจจับการเคลื่อนไหวนี้ มาพัฒนาในการตรวจจับการเคลื่อนไหวอื่นๆ อีกได้ เช่น การตรวจจับการนั่ง การนอน การล้ม เป็นต้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจจับให้กับแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในการทำปฏิญญาพันธบัตรฉบับนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจจับการเคลื่อนไหว และทฤษฎีการเคลื่อนไหวต่างๆ ของร่างกาย เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและได้ข้อมูลอ้างอิงที่สามารถนำมาพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจจับการเคลื่อนไหวได้อย่างถูกต้อง

#### 2.1 สมาร์ทโฟน

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารสมัยใหม่เกิดขึ้นและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โทรศัพท์มือถือกลายเป็นปัจจัยสำคัญของทุกคน เพื่อประโยชน์ในการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้รับและผู้ส่งสาร การพัฒนาเทคโนโลยีบนความต้องการพื้นฐานของผู้ใช้ จากโทรศัพท์มือถือธรรมดาทั่วไปได้พัฒนาขึ้นเป็น “โทรศัพท์มือถืออัจฉริยะ” หรือ “สมาร์ทโฟน”

##### 2.1.1 ความหมายของสมาร์ทโฟน

สมาร์ทโฟน หมายถึง โทรศัพท์มือถือที่มีคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติมมากกว่าคุณสมบัติของโทรศัพท์มือถือทั่วไป ทำให้มีประสิทธิภาพพิเศษที่ช่วยสนับสนุนการใช้งานของผู้ใช้งานในด้านต่างๆ มากขึ้น เช่น การรับส่งอีเมล (E-Mail) การจัดทำตารางนัดหมาย ปฏิทิน การถ่ายภาพ การฟังเพลง เป็นต้น หรือเป็นการรวมตัวกันระหว่างโทรศัพท์มือถือกับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ซึ่งมีระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกันออกไป เช่น ระบบปฏิบัติการซิมเบียน วินโดวส์โมบายล์ ปาล์ม ลินุกซ์ บาดา ไอโฟน และ แอนดรอยด์ เป็นต้น

##### 2.1.2 กำเนิดของสมาร์ทโฟน

สมาร์ทโฟนเครื่องแรกของโลกได้พัฒนาขึ้นเมื่อ 20 ปีที่แล้ว โดยใช้ชื่อว่า “Simon” คิดค้นโดยค่ายไอบีเอ็ม (IBM) ในปี พ.ศ. 2535 ถัดจากนั้นในปี พ.ศ. 2543 บริษัทโนเกีย จำกัด ผู้ให้บริการโทรคมนาคมรายใหญ่ของโลกได้พัฒนาระบบปฏิบัติการซิมเบียน พร้อมกันกับ ปาล์มพีดีเอ (Palm PDA) วินโดวส์ สมาร์ทโฟน (Window Smartphone) และ แบล็คเบอร์รี่ (Black Berry) โดยบริษัท Research In Motion Limited จากนั้นในปี พ.ศ. 2548 ได้กำเนิดนวัตกรรมการสื่อสารอีกครั้งโดยบริษัทแอปเปิล กับสมาร์ทโฟนที่เรียกว่า ไอโฟน จากการสำรวจของบริษัท Kantar Worldpanel ComTech (2011) พบว่า สมาร์ทโฟนนั้นเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องราว 1 ใน 3 หรือ ประมาณ 29% ของตลาดผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ โดยเฉพาะสมาร์ทโฟนที่มีหน้าจอนขนาดใหญ่ 4.5 นิ้ว (ศุภศิลา กุลจิตต์เจี๊วงค์, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 ประโยชน์ของสมาร์ทโฟน

สมาร์ทโฟนมีความคล้ายกับโทรศัพท์มือถือทั่วไป แต่สามารถทำได้มากกว่าการโทรออกและรับสายเพียงอย่างเดียว ด้วยคุณสมบัติพิเศษในตัวเครื่องที่ช่วยสนับสนุนความสะดวกสบายและความต้องการของผู้ใช้ในด้านต่างๆ เช่น อินเทอร์เน็ต และหน้าที่อื่นๆ อีกมากมายตามระบบปฏิบัติการที่มีพร้อมกับค่ายของมือถือรุ่นนั้นๆ พิสุทธา อารีราษฎร์ (2555) ได้อธิบายประโยชน์ของสมาร์ทโฟน ดังนี้

1. ผู้ใช้สามารถติดตั้งแอปพลิเคชันที่ต้องการใช้งานได้หลากหลาย
2. ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายได้ทุกที่
3. ผู้ใช้สามารถรับส่งอีเมลได้อย่างสะดวกสบาย
4. ผู้ใช้สามารถสร้างงานเอกสารได้
5. ผู้ใช้สามารถสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตได้ง่าย
6. ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้หลากหลาย
7. ง่ายต่อการโอนถ่ายและแลกเปลี่ยนข้อมูล

และจากการศึกษาวิจัยของ Nielsen Mobile (2011) ได้อธิบายการใช้สมาร์ทโฟนในการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตและใช้งานในด้านอื่นๆ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าสมาร์ทโฟนมีความสามารถที่ช่วยสนับสนุนผู้ใช้ในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ค้นหาข้อมูลอ้างอิงการใช้โทรศัพท์มือถือ เพื่อค้นหาข้อมูลอ้างอิงในเว็บไซต่นั้นทำได้อย่างสะดวกและรวดเร็วพอสมควร เช่น การเช็คข่าว ผลการแข่งขันกีฬา การพยากรณ์อากาศ สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ส่งอีเมล สำหรับสมาร์ทโฟนแล้ว การส่งอีเมลถือเป็นคุณสมบัติขั้นพื้นฐาน เพราะฉะนั้นการส่งอีเมลสั้นๆ หรือเช็คอีเมลผ่านโทรศัพท์มือถือ ช่วยให้ผู้ใช้ทำการติดต่อสื่อสารโดยผ่านการรับส่งอีเมลได้สะดวกมากยิ่งขึ้น
3. เป็นจีพีเอส (GPS) เป็นอีกความสามารถหนึ่งที่สมาร์ทโฟนสามารถทำได้ดี แม้ว่าจะไม่ใช่การเป็นจีพีเอสโดยตรง แต่อาจจะใช้เข้าเว็บไซต์แผนที่อย่าง กูเกิล แมพ (Google Map) เพื่อค้นหาทิศทางที่จะไปได้ด้วย
4. เล่นอินเทอร์เน็ต เป็นคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของสมาร์ทโฟน ที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ง่าย

### 2.2 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

แอนดรอยด์ (Android) เป็นระบบปฏิบัติการที่มีพื้นฐานอยู่บนลินุกซ์ ในอดีตถูกออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้จอสัมผัส เช่น สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันได้แพร่ไปยังอุปกรณ์หลายชนิด เช่น กล้องดิจิทัล หม้อหุงข้าว สมาร์ททีวี นาฬิกาข้อมือระบบแอนดรอยด์ เป็นต้น

แอนดรอยด์ถูกคิดค้นและพัฒนาโดยบริษัทแอนดรอยด์ (Android, Inc.) ซึ่งต่อมาถูกเปิดได้ทำการซื้อต่อบริษัทในปี พ.ศ. 2548 แอนดรอยด์ถูกเปิดตัวเมื่อ ปี พ.ศ. 2550 พร้อมกับการก่อตั้งโอเพนแฮนด์เซตอัลไลแอนซ์ (Open Handset Alliance) เป็นกลุ่มของบริษัทผลิตฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และการสื่อสารคมนาคม ที่มีจุดมุ่งหมายร่วมกันเพื่อสร้างมาตรฐานระบบปฏิบัติการแบบโอเพนซอร์ส ไม่ว่าจะใครใดก็ตาม อีกทั้งยังมีให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอเอทีเอทีทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Open Source) สำหรับอุปกรณ์พกพา โดยใช้มือถือที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เครื่องแรกของโลก คือ เอชทีซี ดรีม (HTC Dream) วางจำหน่ายเมื่อปี พ.ศ. 2551 (Panomkorn, 2013)

แอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการโอเพนซอร์ส ซึ่งจะอนุญาตให้ผู้ผลิตปรับแต่งและวางจำหน่ายได้ รวมไปถึงนักพัฒนาและผู้ให้บริการเครือข่ายด้วย อีกทั้งแอนดรอยด์ยังเป็นระบบปฏิบัติการที่รวมนักพัฒนาที่เขียนโปรแกรมประยุกต์มากมาย ภายใต้ภาษาจาวา ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 มีโปรแกรมมากกว่า 700,000 โปรแกรมสำหรับแอนดรอยด์ และยอดดาวน์โหลดจากกูเกิลเพลย์มากถึง 2.5 หมื่นล้านครั้ง จากการสำรวจในปี พ.ศ. 2556 พบว่าแอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่นักพัฒนาเลือกที่จะพัฒนาโปรแกรมมากที่สุดถึง 71%

ความสำเร็จของระบบปฏิบัติการทำให้เกิดคดีด้านการละเมิดสิทธิบัตรที่เรียกว่า สงครามสมาร์ตโฟน (Smartphone Wars) ระหว่างบริษัทผู้ผลิตจำนวนมาก

### 2.2.1 วิวัฒนาการของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

กูเกิลได้สังเกตเห็นถึงอัตราการเติบโตการใช้งานอินเทอร์เน็ตบนอุปกรณ์พกพา จึงก่อตั้งบริษัทแอนดรอยด์ ขึ้นมาในปี พ.ศ. 2548 แอนดรอยด์ถูกพัฒนาอย่างรวดเร็วโดยนำคุณสมบัติต่างๆ มากมายรวมไว้ในระบบปฏิบัติการและทำให้การรองรับการทำงานแบบมัลติทาสกิ้ง ด้วยการทำงานร่วมกับระบบงานที่รองรับการทำงานระบบองค์กร เช่น ระบบเครือข่ายแบบส่วนตัวแบบเสมือน (Virtual Private Network, VPN) หรือการลบข้อมูลจากอุปกรณ์พกพาจากระยะไกล

คุณสมบัติในการรองรับอุปกรณ์ที่หลากหลายและสามารถทำงานร่วมกันได้นั้น ทำให้ระบบแอนดรอยด์ ได้รับความนิยมอย่างสูง แต่ในขณะเดียวกัน กลับกลายเป็นปัญหาค่อนข้างใหญ่สำหรับนักพัฒนาเช่นกัน เพราะนักพัฒนาจะต้องพัฒนาแอปพลิเคชันให้ใช้งานได้กับอุปกรณ์แทบทั้งหมด ซึ่งอุปกรณ์ในท้องตลาดนี้มีความแตกต่าง ทั้งขนาดของหน้าจอ ความละเอียดของหน้าจอ รูปแบบของแป้นพิมพ์ อุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ อัตราการส่งข้อมูล ความเร็วในการประมวลผล จึงทำให้ผลลัพธ์ในการทำงานของแอปพลิเคชันที่แสดงออกมาบนอุปกรณ์แต่ละรุ่นแตกต่างกันไป นอกจากนี้ยิ่งขาดความรวดเร็วในการทำงานได้ยาก และคงเป็นไปได้ยาก ถ้าจะนำแอปพลิเคชันไปลองทดสอบกับอุปกรณ์ทุกรุ่น

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์พยายามแก้ไขปัญหาลำบากเหล่านี้ด้วยการทำให้รูปแบบการพัฒนาแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม และได้รับประสบการณ์การใช้งานใกล้เคียงกัน โดยแยกการทำงานของแอปพลิเคชันออกจากรูปแบบการติดต่อกับฮาร์ดแวร์โดยตรง มาเป็นการติดต่อกับไลบรารีของระบบปฏิบัติการแทน ซึ่งทำให้มีการยืดหยุ่นต่อการปรับแต่งมากขึ้น ในกรณีที่ปรับเปลี่ยนฮาร์ดแวร์เป็นรุ่นอื่นๆ ที่ใหม่ขึ้น แอปพลิเคชันที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันจะยังทำงานได้ปกติ

ดังนั้น ในขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชัน สภาพแวดล้อมของระบบที่จะใช้ในการพัฒนาและทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันจึงเป็นสิ่งสำคัญ ทางกูเกิลจึงได้เสนอปลั๊กอิน (Plug In) ที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ชื่อว่า ADT (Android Development Tool) ซึ่งจะทำงานร่วมกับโปรแกรมอีclipse (Eclipse) จึงทำให้สภาพแวดล้อมในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่สามารถจำลองการทำงานบนโปรเซสเซอร์ APM ได้ และถ้าผู้ใช้แอปพลิเคชันนั้นๆ พบข้อผิดพลาดในการทำงานของแอปพลิเคชัน แอปพลิเคชันจะแจ้งข้อผิดพลาดดังกล่าวกลับไปยังผู้พัฒนาแอปพลิเคชันผ่านทางกูเกิลเพลย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

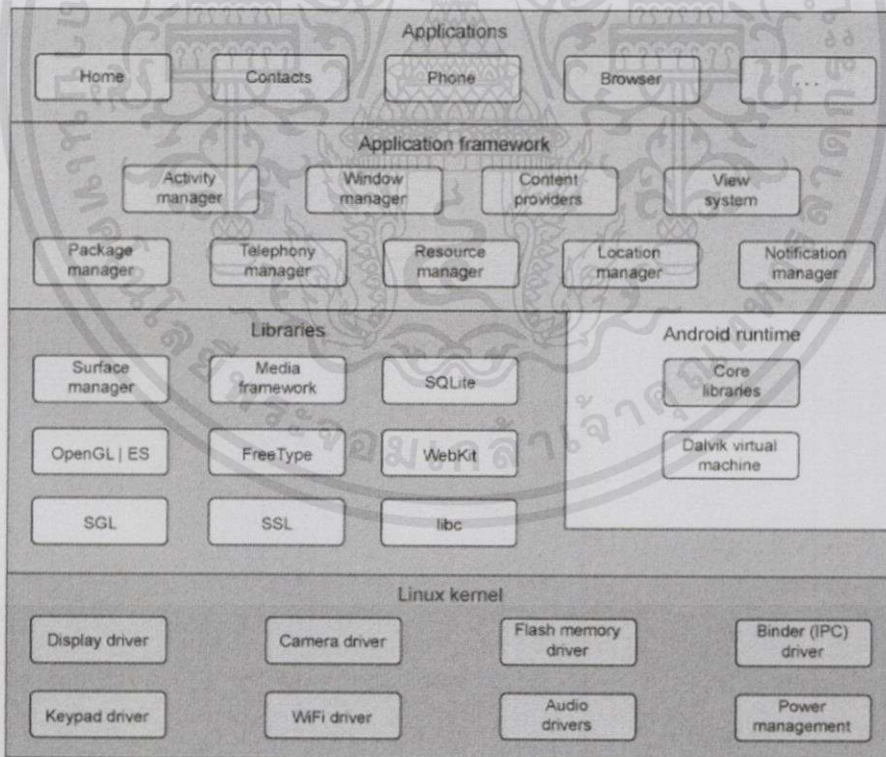
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 ลักษณะของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีลักษณะเป็นระบบระบบปฏิบัติการแบบเปิด คือ นักพัฒนาสามารถดูแลและใช้งานซอร์สโค้ดของระบบปฏิบัติการได้ รวมทั้งการเข้าถึงเรดิโอสแต็ค (Radio Stack) เพื่อควบคุมการใช้งานระบบสื่อสารต่างๆ บนฮาร์ดแวร์ได้ โดยที่ซอร์สโค้ดเหล่านี้ถือเป็นแหล่งข้อมูลอันดับต้นๆ สำหรับการศึกษาการทำงานของแอนดรอยด์ ในกรณีที่ไม่สามารถหาเอกสารอ้างอิงการทำงาน นักพัฒนาจึงสามารถเขียนแอปพลิเคชันให้การทำงานในแบบที่แอนดรอยด์ทำได้ และสามารถสร้างคอมโพเนนต์ (Component) ที่มีการทำงานใกล้เคียงกับคอมโพเนนต์ของระบบได้ด้วย อย่างไรก็ตาม ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ยังคงมีฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์บางส่วนที่เปิดให้นักพัฒนาเข้าถึงได้โดยตรง เช่น การทำงานระบบระบุพิกัด หรือระบบตรวจจับ เป็นต้น

## 2.2.3 สถาปัตยกรรมของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

แอนดรอยด์เป็นซอฟต์แวร์ที่มีโครงสร้างแบบเรียงทับซ้อนหรือแบบสแต็ก (Stack) ซึ่งรวมเอาระบบปฏิบัติการมิดเดิลแวร์ (Middleware) และแอปพลิเคชันที่สำคัญเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งใช้ Android SDK (Software Development Kit) เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และใช้ภาษาจาวาในการพัฒนาสถาปัตยกรรมของแอนดรอยด์ (Android Architecture) นั้นถูกแบ่งออกเป็น 4 ลำดับชั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.1 สถาปัตยกรรมของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลในเอกสารฉบับนี้ที่มีการนำไปใช้  
(หนังสือ Basic Android App Development, 2555)

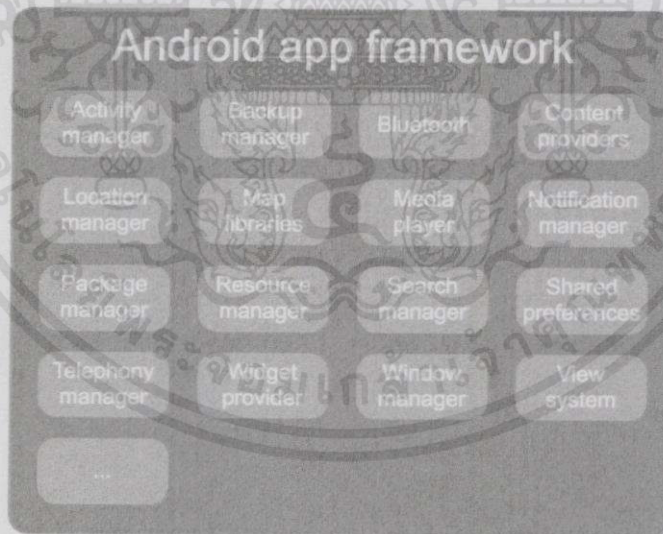
## 1. ชั้นแอปพลิเคชัน

ชั้นแอปพลิเคชันเป็นชั้นที่อยู่บนสุดของโครงสร้างสถาปัตยกรรมแอนดรอยด์ ซึ่งเป็นส่วนของแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมาใช้งาน เช่น แอปพลิเคชันรับส่งอีเมล ปฏิทิน แผนที่ เว็บเบราว์เซอร์ รายชื่อผู้ติดต่อ เป็นต้น ซึ่งแอปพลิเคชันจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์ .apk โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ในไดเรกทอรี data/app

## 2. ชั้นแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค

ชั้นแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์คเป็นชั้นที่อนุญาตให้นักพัฒนาสามารถเข้าเรียกใช้งาน โดยผ่าน API (Application Programming Interface) ซึ่งแอนดรอยด์ได้ออกแบบไว้เพื่อลดความซ้ำซ้อนในการใช้งาน โดยในชั้นนี้ประกอบด้วยแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค ดังแสดงในรูปที่ 2.2

- ส่วนควบคุมการทำงานสำหรับการสร้างแอปพลิเคชัน คือ View System
- ส่วนจัดการค่าตำแหน่งของเครื่องอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่ คือ Location Manager
- ส่วนควบคุมการเข้าถึงข้อมูลที่มีการใช้งานร่วมกัน ระหว่างแอปพลิเคชันที่แตกต่างกัน คือ Content Provider
- ส่วนจัดการข้อมูลต่างๆ ที่ไม่ใช่ส่วนของโค้ดโปรแกรม คือ Resource Manager
- ส่วนที่ควบคุมอีเว้นท์ต่างๆ ที่แสดงบนแถบสถานะ คือ Notification Manager เช่น ในกรณีที่รับข้อความหรือสายที่ไม่ได้รับและการแจ้งเตือนอื่นๆ เป็นต้น
- ส่วนควบคุมวงจรชีวิต (Life Cycle) ของแอปพลิเคชัน คือ Activity Manager



รูปที่ 2.2 ชั้นแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค (www.viddy-up.com, 2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ชั้นไลบรารี

แอนดรอยด์ได้รวบรวมกลุ่มของไลบรารีต่างๆ ที่สำคัญและมีความจำเป็นไว้มากมาย เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับนักพัฒนาและง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรม ตัวอย่างของไลบรารีที่สำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เช่น

- กลุ่มไลบรารีมาตรฐานที่อยู่บนพื้นฐานของภาษา C คือ System C Library
- กลุ่มการทำงานมัลติมีเดีย คือ Media Libraries
- กลุ่มการจัดการรูปแบบหน้าจอ การวาดหน้าจอ คือ Surface Manager
- กลุ่มกราฟิกแบบ 2 มิติ และแบบ 3 มิติ คือ 2D/3D Library
- กลุ่มบิตแมป (Bitmap) และเวกเตอร์ (Vector) สำหรับการเรนเดอร์ (Render)

ภาพ คือ Free Type

ได้ คือ SQ Lite

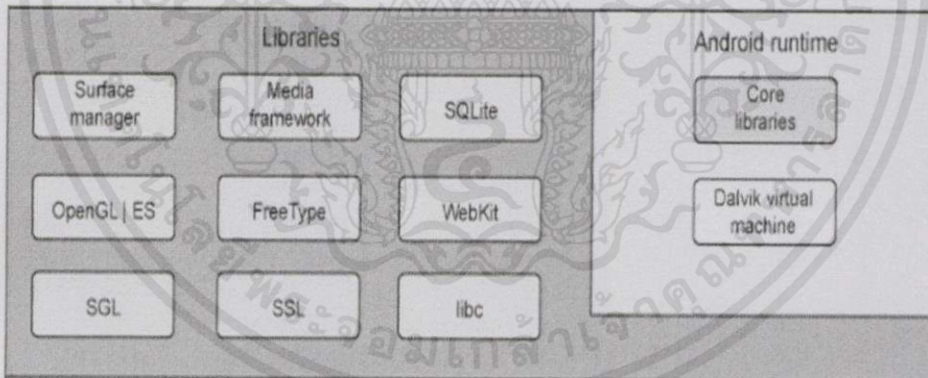
- กลุ่มฐานข้อมูล โดยนักพัฒนาสามารถใช้ฐานข้อมูลนี้เก็บข้อมูลแอปพลิเคชันต่างๆ

- กลุ่มการแสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์ คือ Browser Engine และแอนดรอยด์รันไทม์ (Android Runtime) เป็นชั้นย่อยที่อยู่ในชั้นไลบรารี ซึ่งจะ

ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

- กลุ่มการใช้งานในอุปกรณ์เคลื่อนที่ คือ Dalvik VM
- กลุ่มไลบรารีมาตรฐาน คือ Core Java Library แต่มีความแตกต่างจากไลบรารีของ

Java SE (Java Standard Edition) และ Java ME (Java Mobile Edition)



รูปที่ 2.3 ชั้นไลบรารี (หนังสือ Basic Android App Development, 2012)

### 4. ชั้นลินุกซ์เคอร์เนล

ระบบแอนดรอยด์นั้นถูกสร้างบนพื้นฐานของระบบปฏิบัติการลินุกซ์ โดยในชั้นนี้จะมีฟังก์ชันการทำงานหลายๆ ส่วน แต่โดยส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์โดยตรง เช่น การจัดการหน่วยความจำ (Memory Management) การจัดการโพรเซส (Process Management) การเชื่อมต่อเครือข่าย (Networking) เป็นต้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกหนึ่งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.4 ความสามารถของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์รุ่นไอศกรีม แซนวิช

แอปพลิเคชันตรวจสอบการเคลื่อนไหวนี้ได้ทำการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์รุ่นไอศกรีม แซนวิช (Android ICS : Ice Cream Sandwich) โดยความสามารถของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์รุ่นไอศกรีม แซนวิช มีดังนี้

- ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ เป็นการผสมผสานกันระหว่างระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2.3 จิงเบอร์เบรด (Gingerbread) และระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 3.0 ฮันนี่คอม (Honeycomb) โดยเป็นการผสมผสานเพื่อความสะดวกสบายในการใช้งานที่ง่ายขึ้น ทั้งการนำระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์รุ่นนี้ไปใช้งานกับแท็บเล็ตและสมาร์ทโฟน แต่โดยรวมระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รุ่นนี้จะโน้มเอียงมาทางฮันนี่คอม

- ระบบแจ้งเตือน โดยระบบนี้ได้ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นจากเวอร์ชันก่อนหน้า โดยระบบแจ้งเตือนนี้จะสามารถเรียกใช้งานได้ที่หน้าจอล็อคได้ทันที เช่นเดียวกับหมวดกล้องถ่ายรูป โดยไม่ต้องทำการปลดล็อคเหมือนแต่ก่อน ทำให้เพิ่มความรวดเร็วในการตรวจเช็ค และเข้าถึงการแจ้งเตือนอย่างรวดเร็ว

- วิชาลมัลติทาสกิ้ง (Visual Multitasking) โดยระบบนี้จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้งานแอปพลิเคชันที่ถูกเปิดใช้งานก่อนหน้านี้ ได้จากกดปุ่มนี้เพียงปุ่มเดียว โดยที่ไม่จำเป็นต้องปิดแอปพลิเคชันที่ได้ใช้งานอยู่ ณ ปัจจุบัน ทำให้มีการเปลี่ยนหน้าจอ หรือสลับหน้าจอ เพื่อไปใช้งานแอปพลิเคชันก่อนหน้านี้ที่เคยเปิดใช้งาน ได้อย่างง่ายดาย

- การควบคุมการใช้ข้อมูล โดยระบบนี้จะเป็นการควบคุม ป้องกันการใช้งานข้อมูลเกินขอบเขตที่ต้องการ ทำให้ผู้ใช้งานไม่เสียเงินกับการใช้งานเกินกำหนดของแพ็คเกจที่ซื้อไว้

- ระบบสั่งงานด้วยเสียง โดยระบบนี้ทำให้สามารถสั่งงานด้วยเสียง ค้นหาด้วยเสียง ใช้เสียงในการพิมพ์ แทนการพิมพ์ด้วยคีย์บอร์ด ทำให้การทำงานเร็วขึ้น แต่สำเนียงภาษาต้องได้พอสมควร

- ระบบบันทึกเว็บไซต์ โดยระบบนี้ทำให้สามารถบันทึกหรือเซฟเว็บไซต์ เพื่อไว้ดูแบบออฟไลน์ และดีไซน์แท็บใหม่ ให้สามารถเพิ่มแท็บใหม่ ได้สูงสุดถึง 16 แท็บด้วยกัน นอกจากนี้ยังสามารถดูเว็บไซต์ในโหมดเดสก์ท็อปได้อีกด้วย

- การปลดล็อคหน้าจอด้วยใบหน้า โดยระบบนี้จะเป็นการปลดล็อคโดยการสแกนใบหน้าของผู้ใช้งาน แต่ต้องคำนึงถึงความละเอียดกล้อง แสงสว่างด้วย

## 2.3 ภาษาจาวา

จาวาเป็นภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนคำสั่งสั่งงานคอมพิวเตอร์ ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยบริษัทซันไมโครซิสเต็มส์ จำกัด (Sun Microsystems Inc.) ในปี พ.ศ. 2534 เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์ โทรศัพท์มือถือ โดยมีเป้าหมายการทำงานเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง และมีประสิทธิภาพ ใช้เวลาน้อย รวดเร็วในการพัฒนาโปรแกรม และสามารถเชื่อมต่อไปยังแพลตฟอร์มอื่นๆ ได้ง่าย จาวาเป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่งที่มีลักษณะสนับสนุนการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Programming, OOP) ที่ชัดเจน โปรแกรมต่างๆ ถูกสร้างภายในคลาส (Class) โปรแกรมเหล่านั้น เรียกว่า เมธอด (Method) โดยปกติจะเรียกแต่ละคลาสว่า ออฟเจ็ค (Object) โดยแต่ละออฟเจ็ค มีพฤติกรรมมากมาย โปรแกรมที่สมบูรณ์จะเกิดจากหลายออฟเจ็ค หรือหลายคลาส มารวมกัน โดยแต่ละคลาสจะมีเมธอดแตกต่างกันไป

### 2.3.1 ข้อดีของภาษาจาวา

1. ภาษาจาวาเป็นภาษาโปรแกรมที่ง่ายในการเรียนรู้ ภาษาจาวามีคุณลักษณะต่างๆ เช่น เชื่อมต่อข้ามแพลตฟอร์มต่างๆ ได้ สามารถเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุได้ง่ายมาก โปรแกรมมีขนาดเล็ก และมีวิธีการเขียนไม่ยุ่งยากซับซ้อน ดังนั้น โปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาจาวาจึงคอมไพล์ได้ง่าย ตลอดจนตรวจสอบหาข้อผิดพลาดโปรแกรมได้ง่ายด้วย ภาษาจาวาเป็นภาษาที่ทำความเข้าใจได้ง่ายมาก มีขนาดเล็กและยากที่จะเกิดข้อผิดพลาดเขียนคำสั่งได้ง่าย มีประสิทธิภาพในการทำงานและมีความยืดหยุ่นสูง

2. ภาษาจาวาเป็นการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ เป็นเทคนิคการเขียนโปรแกรมให้มีลักษณะเป็นโมดูล (Module) แบ่งโปรแกรมเป็นส่วนๆ ตามสภาวะแวดล้อมการทำงานของโปรแกรมซึ่งเรียกว่า เมธอด โดยทุกเมธอด คือ ระเบียบวิธี หรือการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยจะถูกรวบรวมอยู่ในคลาส ซึ่งหลักการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุจะมององค์ประกอบของโปรแกรมต่างๆ เป็นคลาสหรือวัตถุ เรียกว่า ออฟเจ็ค ตัวอย่างวัตถุที่มองเห็นได้ เช่น รถ สินค้า หรือ วัตถุที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เช่น เหตุการณ์ต่างๆ ข้อมูลต่างๆ ของออฟเจ็คจะถูกซ่อนไว้คลาส ซึ่งมีประโยชน์ในการแก้ไขข้อมูลหรือเมธอดใดๆ ที่อยู่ในคลาส โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานหรือเรียกใช้งานของออฟเจ็คนั้น นอกจากนี้ ภาษาจาวายังมีคุณสมบัติการสืบทอด (Inheritance) เพื่อส่งผ่านและถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ของคลาสแม่ไปยังคลาสลูก ทำให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้น และมีโครงสร้างการทำงานที่เข้าใจง่ายและมีความสัมพันธ์กัน

3. ภาษาจาวาเป็นอิสระต่อแพลตฟอร์ม ทั้งระดับซอร์สโค้ด และ ไบนารี โค้ด (Binary Code) ช่วยให้สามารถเคลื่อนย้ายโปรแกรมจากระบบคอมพิวเตอร์หนึ่งไปยังระบบคอมพิวเตอร์อื่นได้อย่างง่ายดาย เพราะโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาจาวาได้รวบรวมคำสั่งต่างๆ ไว้ในไลบรารีคลาสพื้นฐานต่างๆ ช่วยอำนวยความสะดวกในการเขียนคำสั่ง เมื่อย้ายโปรแกรมไปยังแพลตฟอร์มอื่น โดยไม่จำเป็นต้องเขียนซอร์สโค้ดขึ้นใหม่ ทำให้ประหยัดเวลามาก เมื่อคอมไพล์ซอร์สโค้ด จะได้ไฟล์ไบนารี โค้ด การรันโปรแกรมของจาวาจะทำงานในลักษณะอินเทอร์พรีเตอร์ (Interpreter) ซึ่งสามารถรันบนแพลตฟอร์มใดๆ ก็ได้ รวมทั้งระบบปฏิบัติการต่างๆ โดยการแปลคำสั่งทีละคำสั่ง แพลตฟอร์มที่จาวาทำงานได้จะต้องประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Java Virtual Machine (JVM) และ Java Application Programming Interface (Java API) โดย Java Virtual Machine คือ เครื่องมือที่รวบรวมคำสั่งคอมไพล์และสั่งปฏิบัติการโปรแกรมจาวา ส่วน Java API เป็นกลุ่มของคลาส และอินเตอร์เฟซที่รวมอยู่ในไลบรารี ลักษณะการทำงานของจาวาเป็นอิสระต่อแพลตฟอร์ม โดยการเขียนโปรแกรมเพียงครั้งเดียว แต่สามารถนำไปใช้ทำงานยังเครื่องอื่นๆ ได้ นั่นเรียกว่า Write Once, Run Anywhere นั่นเอง

4. ภาษาจาวามีระบบการทำงานและมีระบบความปลอดภัยที่ดี โดยมีการรวบรวมเป็นคลาสต่างๆ ไว้มากมาย ช่วยอำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรม นอกจากนั้นยังมีระบบจัดการหน่วยความจำ เพื่อเก็บขยะของโปรแกรมและคืนหน่วยความจำให้กับระบบ โปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาจาวามีระบบจัดการข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทำงานของโปรแกรม ทำให้สามารถตรวจสอบโปรแกรม (Debug) ได้ง่ายขึ้น จาวามี

ระบบความปลอดภัยที่ดี เช่น โปรแกรมจาวาที่ทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์นั้นจะทำงานเฉพาะบนเครื่องแม่ข่าย (Server) โดยไม่สามารถเข้าถึงเครื่องลูกข่าย (Client) ไปทำลายไฟล์ หรือไฟล์ระบบ (System File) ได้ ทำให้มีระบบความปลอดภัยที่ดี ป้องกันข้อมูลจากไวรัส และโปรแกรมที่เขียนด้วยจาวา ไม่มีพฤติกรรมเป็นไวรัสได้ (Settawut Namkam, 2013)

### 2.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาจาวาจะต้องมีโปรแกรมที่รวมคำสั่งต่างๆ ให้สามารถคอมไพล์ และสั่งปฏิบัติการโปรแกรมได้ที่เรียกว่า จาวาวิซวลแมชชีน (Java Virtual Machine) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเขียน และพัฒนาโปรแกรมจาวาวิซวลแมชชีนจะอยู่ในโปรแกรมชุดพัฒนาจาวา ที่เรียกว่า จาวา ดีเวลลอปเม้นท์คิต (Java Development Kit, JDK) เป็นลิขสิทธิ์ของบริษัทซันไมโครซิสเต็มส์ จำกัด ที่ให้บริการฟรีบนอินเทอร์เน็ต ซึ่งประกอบด้วยคำสั่งต่างๆ และเครื่องมือที่ใช้ในการคอมไพล์ และสั่งปฏิบัติการโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาจาวา โดยการดาวน์โหลดโปรแกรมชุดพัฒนาจาวา ได้ที่เว็บไซต์ [www.java.sun.com](http://www.java.sun.com) เครื่องมือและคำสั่งที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมจาวาจะถูกเก็บไว้ในโฟลเดอร์ของจาวา ที่ชื่อ bin เช่น C:\java\bin เป็นต้น ประกอบด้วยคำสั่งที่สำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คำสั่งที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมจาวา

ไฟล์	คำอธิบาย
javac.exe	คอมไพเลอร์ของจาวา เป็นคำสั่งที่ใช้คอมไพล์ ตรวจสอบไวยากรณ์ของโปรแกรม โดยการแปลงไฟล์ซอร์สโค้ดให้เป็นไฟล์ไบต์โค้ดที่เป็นคลาสของโปรแกรม
java.exe	อินเทอร์พรีเตอร์ของจาวา เป็นคำสั่งที่ใช้ในการสั่งปฏิบัติการไฟล์ไบต์โค้ดที่คอมไพล์แล้วให้ทำงานตามคำสั่งของโปรแกรม
appletviewer.exe	แอปเพล็ต วิวเวอร์ (Applet Viewer) เป็นคำสั่งที่ใช้ทดสอบและสั่งปฏิบัติการโปรแกรมแอปเพล็ต
javadoc.exe	ผลิตเอกสารของคำสั่ง API ใช้สร้างเอกสารของ Java API ในรูปแบบของ HTML จากซอร์สโค้ดของจาวา
javap.exe	การแยกและถอดไฟล์ของจาวา และพิมพ์ออกมาเป็นตัวแทนของไบต์โค้ด
jdb.exe	ดีบั๊กเกอร์ของจาวา ใช้ในการตรวจสอบข้อผิดพลาดในโปรแกรมพร้อมรายงานข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ที่มา : ศูนย์พัฒนาทรัพยากรการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

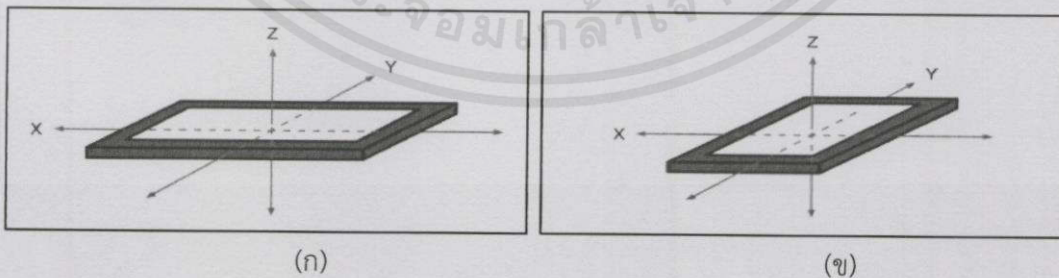
## 2.4 แอนดรอยด์ สตูดิโอ

แอนดรอยด์ สตูดิโอ (Android Studio) เป็นโปรแกรมประยุกต์ซอฟต์แวร์ล่าสุดจากกูเกิลไว้พัฒนาโปรแกรมแอนดรอยด์โดยเฉพาะ โดยพัฒนาจากแนวคิดพื้นฐานคล้ายกับการทำงานของโปรแกรมอีคิปส์และปลั๊กอินของโปรแกรมอีคิปส์ โดยวัตถุประสงค์ของแอนดรอยด์ สตูดิโอ คือ ต้องการพัฒนาเครื่องมือประยุกต์ซอฟต์แวร์ที่สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งด้านการออกแบบระบบการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้งาน ที่ช่วยให้สามารถแสดงผลของแอปพลิเคชันมุมมองที่แตกต่างกันบนสมาร์ทโฟนแต่ละรุ่น สามารถแสดงผลบางอย่างได้ทันที โดยไม่ต้องทำการส่งปฏิบัติการแอปพลิเคชันบนโปรแกรมจำลองการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ บนคอมพิวเตอร์ (Emulator)

โดยพื้นฐานทั่วไปแล้ว แอนดรอยด์ สตูดิโอ จะยังมีแนวคิดในการออกแบบและใช้งานเช่นเดียวกับโปรแกรมอีคิปส์ แต่จะเพิ่มความสามารถในการเขียนแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ให้มีความสะดวกยิ่งขึ้น และเพิ่มความสามารถและข้อจำกัดที่อยู่บนโปรแกรมอีคิปส์ และคาดว่าในอนาคต อาจมีการใช้แอนดรอยด์ สตูดิโอมากขึ้น เพราะลักษณะที่ดีบางตัวอาจจะสามารถเขียนได้เฉพาะบนแอนดรอยด์ สตูดิโอ (THAICREATE.COM, 2015)

## 2.5 เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น

เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น (Accelerometer Sensor) คือ อุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร่ง วัดการสั่นสะเทือน วัดความเร่งในระบบควบคุมตัวทำงานแบบเชิงเส้น หรือ ข้อต่อที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง วัดการสั่นสะเทือนในเครื่องจักรต่างๆ เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น มี 2 แบบ คือ แบบเชิงกล และแบบอิเล็กทรอนิกส์ เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นตอบสนองต่อความเร่งด้วยการส่งสัญญาณไฟฟ้าออกมา ซึ่งแปรผันตามค่าความเร่งที่ตรวจวัดได้ เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นเป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เมื่อเอียงเครื่องไปทางซ้าย ขวา ข้างหน้า ข้างหลัง หรือกลับหัว จะกลับการแสดงผลหน้าจอให้ตรงกับแนวแกนที่ถืออยู่นอกจากนี้จะใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นเป็นตัวชี้ว่าอยู่ในสถานะนิ่งเฉย (Static) หรือ เคลื่อนไหวทันทีทันใด หรือหยุดทันทีทันใด (Dynamic) นั่นทำให้เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นเป็นเซ็นเซอร์สำหรับบอกสถานะการเอียง (Tilt Sensor) ได้เป็นอย่างดี โดยที่เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นจะวัดความเร่งในการเอียงเครื่องทั้ง 3 ทิศ สำหรับแกน X, Y และ Z บนอุปกรณ์แอนดรอยด์ใดๆ จะมีตำแหน่งดังแสดงในรูปที่ 2.4

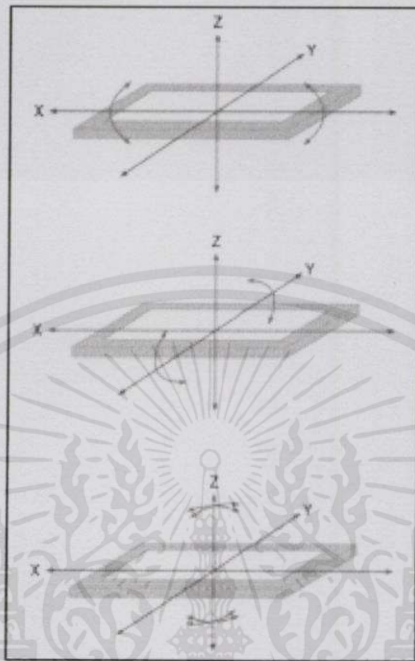


รูปที่ 2.4 แกน X, Y และ Z บนสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต ที่ขึ้นอยู่กับการใช้งาน อยู่ในลักษณะการถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสาร (ก) แนวนอน (หน้าจอใหญ่กว่า 7 นิ้ว) (ข) แนวตั้ง (หน้าจอเล็กกว่า 7 นิ้ว) ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

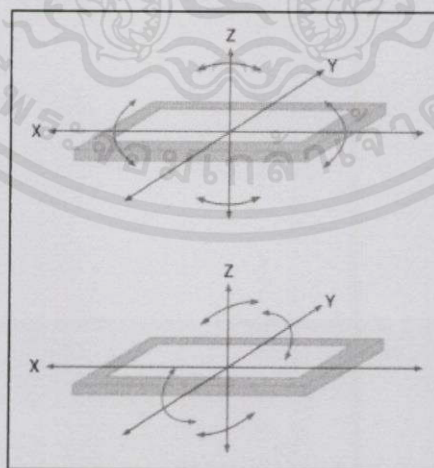
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น (สารบัญบทความแอนดรอยด์, 2556) และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการวัดความเร่งในการเอียง คือ การเอียงในแต่ละทิศที่จะมีลักษณะการเอียงในทิศทางต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ลักษณะการเอียงในทิศทางต่างๆ (สารบัญบทความแอนดรอยด์, 2556)

สังเกตว่าแกน X และ Y จะมีทิศทางการเอียงแค่ชั้นลงเท่านั้น แต่แกน Z จะมีทิศทางการเอียงได้ถึง 2 ทิศทาง คือ เมื่อแกน X เอียง แกน Z จะเอียงด้วย และ เมื่อแกน Y เอียง แกน Z ก็จะเอียงด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะการเอียงของแกน Z (สารบัญบทความแอนดรอยด์, 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ส่วนรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

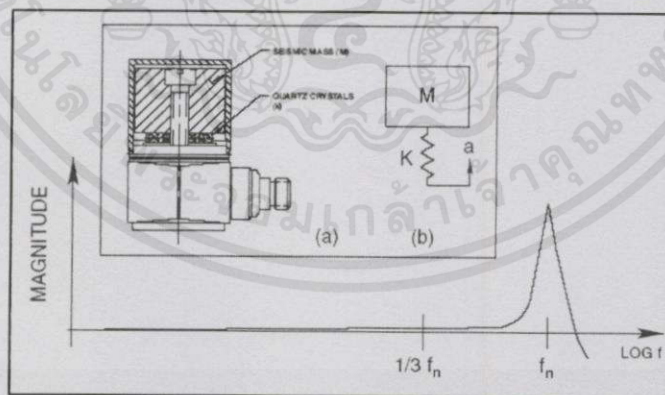
เมื่อสมาร์ตโฟนและแท็บเล็ตอยู่หนึ่ง ไม่มีการขยับ ความเร่งในแต่ละแกนจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ยกเว้นแกนที่ตั้งฉากกับพื้นโลก จะมีค่าความเร่งเท่ากับ 9.8 เมตร/วินาที<sup>2</sup> ซึ่งความเร่งแรงโน้มถ่วงโลก (Gravity, g) มีค่าประมาณ 32.2 ฟุต/วินาที หรือ 9.8 เมตร/วินาที<sup>2</sup> ประเทศไทยจะมีค่าระหว่าง 9.780 เมตร/วินาที<sup>2</sup> ถึง 9.785 เมตร/วินาที<sup>2</sup> ค่านี้ขึ้นกับละติจูดของจุดที่ทดลอง ค่าความเร่งแรงโน้มถ่วงโลก คือ หน่วยที่ใช้บอกปริมาณของความเร่ง มีค่าเท่ากับ 9.8 เมตร/วินาที<sup>2</sup>

ค่าความเร่งแรงโน้มถ่วงของโลก สามารถเปรียบเทียบได้กับเหตุการณ์ต่อไปนี้

1g	ค่าความเร่งของวัตถุหรือบุคคลตามแรงดึงดูดของโลก
เช่น โทรศัพท์มือถือวางอยู่บนโต๊ะทำงาน	จะมีค่าความเร่งตามแรงดึงดูดของโลกเท่ากับ 1g เป็นต้น
0 - 2g	ค่าความเร่งที่เกิดจากการเดินของคน
2 - 3g	ค่าแรงกระแทกบนถนน
10 - 50g	ค่าความเร่งที่เกิดจากการชนกันของรถยนต์
100 - 2,000g	ค่าความเร่งของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ตกลงมาบนพื้นคอนกรีตจากระดับความสูง 3 ฟุต
50,000g	ค่าความเร่งของลูกกระสุนปืนใหญ่ที่ออกจากลำกล้องของปืนใหญ่ (โครงการเครื่องวัดและบันทึกแรงกระแทก มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554)

### 2.5.1 โครงสร้างของเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น

เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น (Accelerometer Sensor) จะประกอบด้วยสปริงและลูกตุ้มน้ำหนัก เมื่อมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งลูกตุ้มน้ำหนักจะถูกกดไปอีกฝั่งตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ สปริงจะทำหน้าที่ดึงกลับเข้าที่อีกครั้งเมื่อหยุดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ คือ ความเร่งเท่ากับศูนย์ ค่าที่วัดได้ก็จะไม่เปลี่ยนแปลง ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ลักษณะโครงสร้างของเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น (Biomedical Engineering, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนตัวเซ็นเซอร์ภายในที่จะใช้ในการตรวจวัดความเร่งของลูกตุ้มที่อยู่ในระบบนั้นมีหลายชนิด เช่น เพียโซอิเล็กทริก สเตรเนกจชนิดใช้แสงตรวจวัด วัดแรงเฉือน เป็นต้น โดยสามารถแบ่งลักษณะการตรวจวัด ได้ 2 ลักษณะ คือ

1. การตรวจวัดการช็อก (Shock) และการสั่นสะเทือน (Vibration)

-การช็อก คือ อัตราเร่งขนาดมหาศาลที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ

-การสั่นสะเทือน คือ อัตราเร่งขนาดเล็กที่เกิดขึ้นซ้ำกันไปเรื่อยๆ

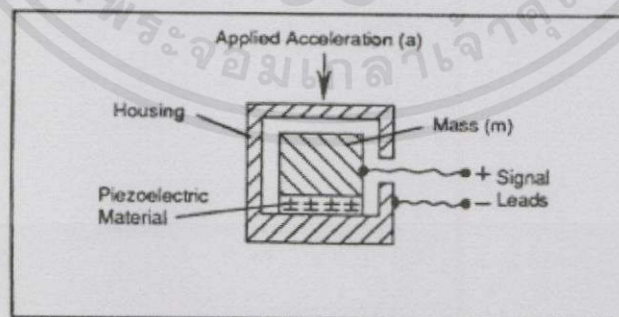
2. การตรวจวัดอัตราเร่งของวัตถุ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการระบุตำแหน่ง ความเร็ว และ ระยะทางที่ได้จากการเคลื่อนที่

### 2.5.2 ประเภทของเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น

เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น มี 2 ประเภท คือ มิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบไซซมิกแมส (Seismic Mass Accelerometer) และมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Accelerometer) โดย แอปพลิเคชันการตรวจจับการเคลื่อนไหวนั้น จะเกี่ยวข้องกับการทำงานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบ เพียโซอิเล็กทริก

มิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก จะมีคุณสมบัติพื้นฐานทางไฟฟ้าของผลึก เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Crystal) ถูกค้นพบโดย Pierre และ Jacques Curie ในราวปี พ.ศ. 2423 ซึ่งผลึกเพียโซอิเล็กทริกนี้มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อผลึกถูกแรงทางกลมากระทำ ผลึกจะสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นมา โดยเป็นสัดส่วนกับแรงกระทำนั้น ซึ่งจากคุณสมบัติพิเศษนี้ได้ถูกดัดแปลงนำไปใช้สร้างอุปกรณ์ต่างๆ มากมาย เช่น ใช้เป็นแบตเตอรี่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับนาฬิกาข้อมือดิจิตอลทั่วไป และยังใช้สร้างมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริกอีกด้วย

โครงสร้างของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก ดังแสดงในรูปที่ 2.8 จะประกอบด้วย ไซซมิกแมส ยึดติดกับผลึกเพียโซอิเล็กทริก และบรรจุอยู่ในตัวถังป้องกัน โดยผลึกเพียโซอิเล็กทริกที่นิยมนำมาใช้งาน ได้แก่ ผลึกควอตซ์ และผลึกโซเดียมโพแทสเซียมตาร์เตรต เพราะมีความทนทานต่อแรงกระทำ และราคาไม่แพงมากนัก



รูปที่ 2.8 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก (Biomedical Engineering, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อโซซมิกแมสถูกทำให้เกิดอัตราเร่งขึ้น หรือ ถูกกด จะส่งผ่านแรงกดไปกระทำกับผลึกเพียโซอิเล็กทริก ที่ถูกยึดติดอยู่ด้วยกัน ด้วยคุณสมบัติพิเศษนี้จะทำให้ประจุไฟฟ้าถูกสร้างขึ้น และถูกสายนำสัญญาณออกไปยังเอาต์พุตของวงจร โดยด้านเอาต์พุตจะต้องมีวงจรขยายประจุไฟฟ้า (Charge Amplifier) เพื่อขยายค่าประจุไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นแรงดันเอาต์พุตตามสัดส่วนของอัตราเร่งที่เกิด ทำให้สามารถแสดงผลได้ด้วยโวลต์มิเตอร์

มิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริกตอบสนองต่อทางด้านความถี่สูงได้ดี แต่ในทางกลับกันจะมีผลตอบสนองทางด้านความถี่ต่ำที่ไม่ดีนัก มีขนาดค่อนข้างเล็ก น้ำหนักเบา และสามารถใช้งานที่มีอัตราเร่งได้สูงถึง 250,000 เมตร/วินาที<sup>2</sup>

## 2.6 การเคลื่อนไหวของร่างกาย

การเคลื่อนไหว คือ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่ต่อเนื่องกัน โดยส่วนที่เกี่ยวข้องที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ได้แก่ กลไกการทำงานของข้อต่อ กล้ามเนื้อ และระบบประสาท

การเคลื่อนไหวเบื้องต้นของร่างกายโดยทั่วไปมี 2 ลักษณะ คือ การเคลื่อนไหวแบบไม่เคลื่อนที่และการเคลื่อนไหวแบบเคลื่อนที่

1. การเคลื่อนไหวแบบไม่เคลื่อนที่ เป็นการใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายเคลื่อนไหว โดยที่ร่างกายอยู่กับที่ เช่น การอ้าปาก การยกไหล่ขึ้นลง การกระพริบตา เป็นต้น
2. การเคลื่อนไหวแบบเคลื่อนที่ เป็นการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ได้แก่ การเดิน (Walking) การวิ่ง (Running) การกระโดดเขย่ง (Hopping) การกระโดด (Jumping) เป็นต้น

### 2.6.1 ชีวกลศาสตร์กับการเคลื่อนไหวของร่างกาย

การนำชีวกลศาสตร์มาประยุกต์เพื่อศึกษาการเคลื่อนไหวร่างกายมนุษย์ เช่น

1. จุดศูนย์กลางของร่างกาย (Center of Gravity, CG) คือ จุดศูนย์กลางสมมติของวัตถุ หรือร่างกายมนุษย์ที่ถูกแรงโน้มถ่วงกระทำ ซึ่งเป็นจุดสมมติที่แทนถึงน้ำหนักตัวทั้งหมด ในทางฟิสิกส์ คำว่าจุดศูนย์กลางของมวล และ จุดศูนย์กลาง นั้นมีความหมายแตกต่างกันดังกล่าวข้างต้น แต่โดยทั่วไปมักใช้แทนกันได้ หากเป็นการศึกษาถึงวัตถุหรือมนุษย์ที่อยู่ในอาณาเขตของโลก มนุษย์ในท่ายืนตรงจุดศูนย์กลางจะอยู่ที่หน้าต่อกระดูกสันหลังส่วนก้นกบอันที่ 2 (The Second Sacral Vertebral Bone, S2) ประมาณ 1-2 เซนติเมตร

2. สแตตค คือ สภาพขณะที่ยูนิ่ง ไม่มีการเคลื่อนไหว

3. ไดนามิค คือ สภาพขณะเคลื่อนไหว หรือมีแรงมากระทำ ทำให้ไม่อยู่นิ่งและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

4. การวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Gait Analysis) คือ การศึกษาถึงรูปแบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความมั่นคงของร่างกาย (Stability) คือ การที่มนุษย์สามารถคงท่าทางเอาไว้ได้ โดยที่ไม่ล้มลงไป เช่น สามารถยืนตัวตรงได้ สามารถนั่งได้ โดยไม่ล้มลง เป็นต้น ซึ่งประกอบไปด้วยหลายปัจจัย เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความสามารถของระบบประสาท และปัจจัยต่างๆ ทางชีวกลศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งสำหรับปัจจัยทางชีวกลศาสตร์ที่สำคัญ ทำให้ร่างกายมนุษย์สามารถคงความมั่นคงของร่างกายเอาไว้ได้ ได้แก่

-ระดับความสูงของจุดศูนย์ถ่วง (Height of C.G.) หากจุดศูนย์ถ่วง คือ จุดศูนย์กลางสมมติของร่างกายมนุษย์ ซึ่งแทนน้ำหนักตัวทั้งหมด และถูกกระทำด้วยแรงโน้มถ่วงอยู่ตลอดเวลา อยู่สูงร่างกายย่อมมีแนวโน้มที่จะไม่สามารถตั้งตรงอยู่ได้และล้มลงมาได้ง่ายกว่า

-น้ำหนักตัว (Body Weight) หากน้ำหนักตัวมากกว่า ร่างกายย่อมมีแนวโน้มที่ล้มลงมาได้ง่ายกว่าเช่นกัน

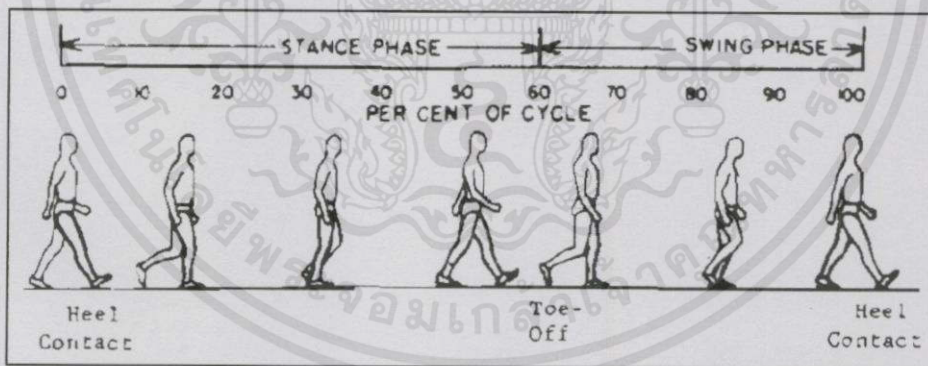
-ขนาดของพื้นที่ฐานรองรับ (Area of Base of Support) หากพื้นที่ฐานรองรับแคบของส่วนที่สัมผัสกับพื้นหรือพื้นที่ ร่างกายย่อมมีแนวโน้มที่จะไม่สามารถตั้งตรงอยู่ได้และล้มลงมาได้ง่ายกว่า

### 2.6.2 การเดิน

การเดิน คือ การเคลื่อนไหวของขา 2 ข้างสลับกันอย่างเป็นจังหวะ และมีการเคลื่อนไหวของลำตัว เพื่อให้จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

การเดิน เกิดจากวงจรการเคลื่อนไหวของขาทั้ง 2 ข้าง ซึ่งแบ่งวงจรออกเป็น 2 ช่วง (Phase) ดังแสดงในรูปที่ 2.9

1. ช่วงที่เท้ายันอยู่กับพื้นดิน (Stance Phase)
2. ช่วงที่เท้าลอยอยู่ในอากาศ (Swing Phase)



รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการเดินปกติของมนุษย์ (สุธี สุทัศน์ ณ อยุธยา, 2533)

จากรูปที่ 2.9 เมื่อก้าวออกเดินด้วยเท้าขวา ในช่วงแรกเท้าขวาจะยันพื้นรับน้ำหนักตัว (Stance Phase) ลำตัวจะเคลื่อนไปข้างหน้า โดยเท้าซ้ายจะดันตัวไป เมื่อลำตัวเคลื่อนไปข้างหน้า เท้าซ้ายซึ่งลอย จะมาแตะพื้นเพื่อจะรับน้ำหนัก เท้าขวาจะกลายเป็นตัวดันลำตัวให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า และจะลอยจากพื้น (Swing Phase) เพื่อจะไปคอยรับน้ำหนักตัวต่อไป ช่วงการเดินที่กล่าวถึงนี้ คือ การศึกษาขาข้างใดข้างหนึ่ง ซึ่งจะเห็นว่าขาขวามีช่วงที่เท้ายันอยู่กับพื้นดิน และช่วงที่เท้าลอยอยู่ในอากาศ ตามกันไป เมื่อขาขวา

เป็นช่วงที่เท้าลอยอยู่ในอากาศ ขาซ้ายต้องเป็นช่วงที่เท้ายันอยู่กับพื้นดิน สลับกันไป จึงทำให้การเดินเป็นไปตามธรรมชาติ และช่วงต่างๆ ยังแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนดังนี้

1. ช่วงที่เท้ายันอยู่กับพื้นดิน ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ระยะเวลาที่ส้นเท้ากระทบกับพื้น (Heel Strike) กล้ามเนื้อที่ทำงานระยะนี้ คือ

-กล้ามเนื้อควอดริเซ็ป (Quadriceps) ทำหน้าที่ให้เข่าเหยียด

-กล้ามเนื้อกลูเตียสแมกซิมัส (Gluteu Maximus) ทำหน้าที่เหยียดสะโพก

ให้ส้นเท้ากดกับพื้น

-กล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstrings) ทำหน้าที่ช่วยเหยียดสะโพกให้ส้นเท้า

กดกับพื้น

-กล้ามเนื้อกลุ่มกระดูกข้อเท้าขึ้น ทำให้เท้ากระทบพื้น

1.2 ระยะเวลาของการเดินที่เท้าแตะพื้น (Foot Flat) ใช้กล้ามเนื้อเหมือนกับระยะที่ส้นเท้ากระทบกับพื้น เว้นแต่ข้อเท้าอยู่ในท่ากระดูกกลาง 15 องศา

1.3 ระยะเวลาของการเดินที่มีการเคลื่อนไหวของลำตัวมาด้านหน้ามากขึ้น (Mid Stance) นำหนักตัวตกลงในแนวศูนย์กลางมวลของร่างกาย ผ่านหลังข้อสะโพกหน้า ข้อเข่าและข้อเท้า กล้ามเนื้อที่ทำงานระยะนี้คือ

-กล้ามเนื้ออิลิโอโซแอส (Iliopsoas) ทำหน้าที่ให้สะโพกงอ กันไม่ให้มีการเหยียดสะโพกจนเกินไป

-กล้ามเนื้อกลูเตียสมีเดียส (Gluteus Medius) กลูเตียสมินิมัส (Gluteus Minimus) และ เทนเซอร์ฟาสเซียลาตา (Tensor Fascia Lata) ทำหน้าที่ให้กระดูกเชิงกรานอยู่ในระดับ ไม่ให้อเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง และไม่ให้เสียหลักง่าย

-กล้ามเนื้อควอดริเซ็ป (Quadriceps) ทำหน้าที่ไม่ให้เข่างอพับลงมา

-กล้ามเนื้อกระดูกเท้า ทำหน้าที่ให้ฝ่าเท้าแนบพื้น

1.4 ระยะเวลาที่ส้นเท้ายกสูงจากพื้น (Heel Off) ลำตัวจะเอนไปข้างหน้ามากขึ้น กล้ามเนื้อที่ทำงานในระยะนี้ คือ

-กล้ามเนื้ออิลิโอโซแอส (Iliopsoas) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ข้อสะโพกเหยียดสะโพกจนเกินไป

-กล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstrings) ทำหน้าที่งอเข่า

-กล้ามเนื้อกระดูกเท้าลง ทำหน้าที่กระดูกข้อเท้าลง

1.5 ระยะเวลาที่นิ้วเท้าดันให้ขาไปข้างหน้า (Toe Off) เพื่อเข้าสู่ระยะช่วงที่เท้าลอยอยู่ในอากาศ กล้ามเนื้อที่ทำงานในระยะนี้ คือ

-กล้ามเนื้ออิลิโอโซแอส (Iliopsoas) ทำหน้าที่งอข้อสะโพก เพื่อเหวี่ยงขาไปข้างหน้า

-กล้ามเนื้อควอดริเซ็ป (Quadriceps) ทำหน้าที่ป้องกันการงอเข่าเร็วเกินไป

-กล้ามเนื้อกระดูกเท้าลง ทำหน้าที่ดันให้ขาเหวี่ยงไปข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องสมุดเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ช่วงที่เท้าลอยอยู่ในอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ใช้เวลาประมาณ 1/3 ของวงจรการเดิน แบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

2.1 ระยะที่ขาเหวี่ยงไปข้างหน้าด้วยความเร็วจากแรงเฉื่อยมาความเร่ง (Acceleration) กล้ามเนื้อที่ทำงานระยะนี้ คือ

ด้านหน้า - กล้ามเนื้ออิเลียโอโซแอส (Iliopsoas) ทำหน้าที่เหวี่ยงและงอข้อศอกไป

เกินไป - กล้ามเนื้อควอดริเซ็ป (Quadriceps) ทำหน้าที่ป้องกันการงอเข่ามาก

พื้น ก้นล้ม - กล้ามเนื้อกระดูกเท้าขึ้น ทำให้ข้อเท้ากระดูกขึ้น เพื่อไม่ให้ปลายเท้าแตะ

2.2 ระยะที่ขาข้างนั้นถูกดึงให้ลอยมาอยู่ใต้ลำตัว (Mid Swing) กล้ามเนื้อที่ใช้เหมือนระยะที่ขาเหวี่ยงไปข้างหน้าด้วยความเร็วจากแรงเฉื่อยมาความเร่ง

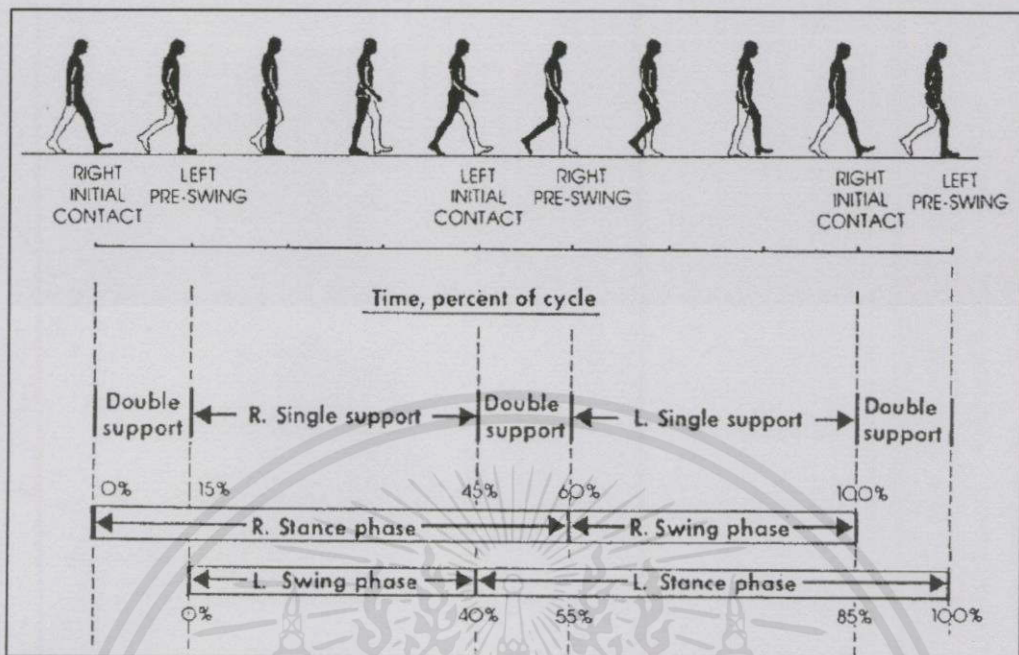
2.3 ระยะการเดินที่ขาที่ถูกเหวี่ยงไปข้างหน้า (Deceleration) จากแรงกล้ามเนื้อที่กล่าวมา ถูกชะลอให้ช้าลงเพื่อเข้าสู่ช่วงที่เท้ายันอยู่กับพื้นดินอีกครั้ง เป็นวงจรการเดินใหม่ต่อไป



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการเดินช่วงที่เท้าลอยอยู่ในอากาศ (สุธี สุทัศน์ ณ อยุธยา, 2533)

นอกจากนี้การเดินยังมีช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นเวลาเดียวกัน (Double Support) โดยที่ขาข้างหนึ่งอยู่ในระหว่างระยะที่ส้นเท้ายกสูงจากพื้น และระยะที่นิ้วเท้าดันให้ขาไปข้างหน้า ส่วนขาอีกข้างอยู่ในระหว่างระยะที่ส้นเท้ากระทบกับพื้น และระยะของการเดินที่เท้าแตะพื้น ซึ่งจะพบช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นเวลาเดียวกัน โดยระยะเวลาที่ใช้ในช่วงการเดินของช่วงที่เท้ายันอยู่กับพื้นดิน ใช้เวลา 60% ช่วงที่เท้าลอยอยู่ในอากาศ ใช้เวลา 40% และช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นเวลาเดียวกัน ใช้เวลา 15% ของวงจรการเดิน (Gait Cycle) ดังแสดงในรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงการเดิน (เชิดพงศ์ หังสสุต, 2552)

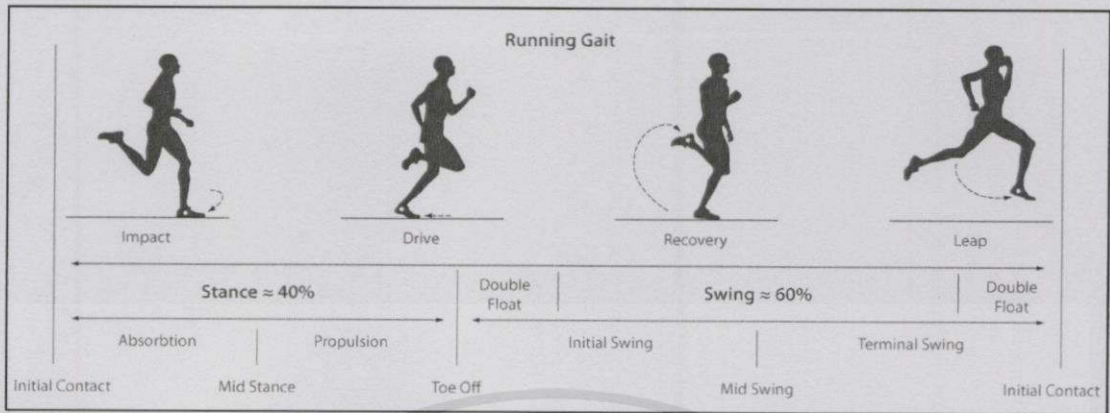
### 2.6.3 การวิ่ง

การวิ่ง คือ การเคลื่อนที่บนพื้นดินของมนุษย์ที่ใช้เท้าเคลื่อนที่อย่างฉับไว ซึ่งการวางเท้าของการวิ่งจะแตกต่างกับการเดิน โดยการเดินจะมีเท้าอย่างน้อยเท้าหนึ่งรับน้ำหนักอยู่ แต่การวิ่งจะมีช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองข้างลอยพ้นพื้น ดังนั้น ในการวิ่ง ช่วงที่เท้าลงแตะพื้น เท้าจะรับน้ำหนักค่อนข้างมาก การวางเท้าขณะวิ่งจึงมีความสำคัญมาก ควรลงน้ำหนักด้วยสันเท้า โดยสันเท้าจะสัมผัสพื้นก่อน และทั้งฝ่าเท้าจะตามมา และเมื่อปลายเท้าแตะพื้น จะเป็นจังหวะที่ส้นเท้ายกขึ้น แตกต่างกับการวิ่งระยะสั้น หรือการวิ่งเร็วจะลงน้ำหนักที่ปลายเท้า ในการวิ่งออกกำลังกายต้องวิ่งนานและวิ่งระยะทางค่อนข้างมาก การลงน้ำหนักด้วยปลายเท้าจะทำให้ปลายเท้ารับน้ำหนักไม่ไหว

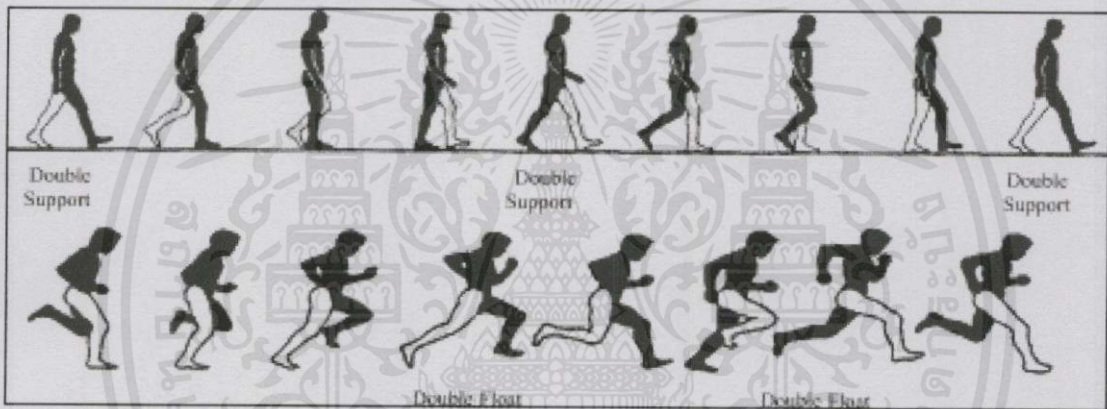
การที่จะให้เท้าและข้อเข่ารับน้ำหนักให้น้อยที่สุด จะต้องไม่ยกเท้าสูง การยกเท้าสูง ช่วงเท้าลงแตะพื้น เท้าและข้อเข่าจะรับแรงกระแทกมาก การก้าวเท้า ไม่ควรก้าวเท้ายาวเกินไป ควรก้าวเท้าให้พอดี จะช่วยลดแรงกระแทกที่เท้าและข้อเข่าได้มาก (นายรอบรู้, 2553)

นอกจากนี้ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงการวิ่งของช่วงที่เท้ายังอยู่กับพื้นดิน ใช้เวลา 40% ช่วงที่เท้าลอยอยู่ในอากาศ ใช้เวลา 60% ดังแสดงในรูปที่ 2.12 และจะพบว่าการวิ่งจะไม่มีช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะแตกต่างกับการเดิน ที่จะพบช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นในเวลาเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงการวิ่ง (Crystal Evans, 2015)



รูปที่ 2.13 ความแตกต่างของลักษณะการเดินและการวิ่ง (Stephen M. Pribut, 2015)

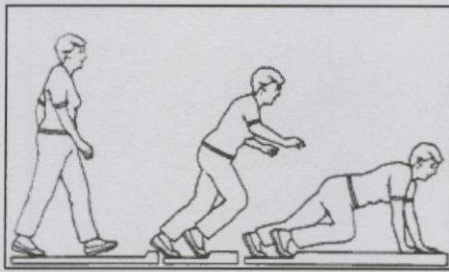
#### 2.6.4 การหกล้ม

คำจำกัดความของการหกล้มนั้นแตกต่างกันออกไปตามการให้ความหมายของแต่ละบุคคล หรือแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

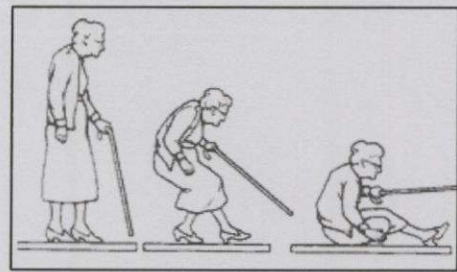
สำหรับการศึกษานี้ จะให้นิยามของการล้ม คือ เหตุการณ์ที่ทำให้บุคคลเสียการทรงตัว โดยไม่ได้ตั้งใจ ด้วยอัตราเร่งที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ และไม่ได้เกิดจากแรงกระทำภายนอก

ลักษณะของการล้มขึ้นอยู่กับอายุ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 กรณีที่มีอายุไม่มากยังเดินได้คล่องแคล่ว มักจะล้มไปข้างหน้า พร้อมกับใช้มือยันพื้น ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักที่ปลายแขน ส่วนกรณีที่มีอายุมาก เดินช้า มักเสียการทรงตัวล้มมาด้านหลัง และมักเกิดการกระดูกหักที่ข้อสะโพก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.14 ลักษณะการล้ม (ก) การหกล้ม กรณีที่มีอายุไม่มาก (ข) การหกล้ม กรณีที่มีอายุมาก (วสุวัฒน์ กิตติสมประยูรกุล, 2552)

## 2.7 ทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณ

ทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณ เป็นทฤษฎีที่นำมาใช้ในการประเมินผลการทำงานของระบบได้ ซึ่งตัวแบบที่ควรได้รับการประเมิน เพื่อให้มั่นใจว่าตรงกับหลักเกณฑ์ความสำเร็จและผ่านหลักเกณฑ์การทดสอบเทคนิคการประเมินทั้งหมดนี้มาจากผลลัพธ์ของขั้นตอนการสร้างตัวแบบ โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้องต่างๆ จาก Confusion Matrix (การพัฒนารูปแบบด้วยเทคนิคการทำเหมือง, 2558) ดังแสดงในรูปที่ 2.15

-ถ้ามีการเคลื่อนไหวในกิจกรรมหนึ่งๆ (Present) และแอปพลิเคชันสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว (Detect) ในกิจกรรมนั้นๆ ได้ คือ ลักษณะของ True Positive

-ถ้าไม่มีการเคลื่อนไหวในกิจกรรมหนึ่งๆ (Not Present) และแอปพลิเคชันไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว (Not Detect) ในกิจกรรมนั้นๆ ได้ คือ ลักษณะของ True Negative

-ถ้ามีการเคลื่อนไหวในกิจกรรมหนึ่งๆ (Present) และแอปพลิเคชันไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว (Not Detect) ในกิจกรรมนั้นๆ ได้ คือ ลักษณะของ False Negative

-ถ้าไม่มีการเคลื่อนไหวในกิจกรรมหนึ่งๆ (Not Present) และแอปพลิเคชันสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว (Detect) ในกิจกรรมนั้นๆ ได้ คือ ลักษณะของ False Positive

		Signal	
		Present	Not Present
Detection	Detect	Hit (True Positive)	False Alarm (False Positive)
	Not Detect	Miss (False Negative)	Correct Rejection (True Negative)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกรูปที่ 2.15 ทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณ (Damien François, 2009) รังที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณจะพิจารณาจาก ค่าความไวในการตรวจจับ (Sensitivity) ค่าความจำเพาะเจาะจง (Specificity) และค่าความแม่นยำ (Accuracy) (การพัฒนาตัวแบบด้วยเทคนิคการทำเหมือง, 2558) ดังนี้

### 2.7.1 ความไวในการตรวจจับ

ความไวในการตรวจจับเป็นคุณลักษณะที่บอกถึงสัดส่วนของการรับรู้ว่ามีสัญญาณเกิดขึ้นเมื่อมีการแสดงสัญญาณออกมา โดยในระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว คือ สัดส่วนที่ระบบแจ้งว่ามีการเคลื่อนไหวในกิจกรรมนั้นๆ ซึ่งมีการเคลื่อนไหวในกิจกรรมนั้นจริง สามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการ 2.1

$$\text{ความไวในการตรวจจับ} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2.1)$$

เมื่อ TP คือ จำนวนเหตุการณ์ลักษณะ Hit หรือ True Positive ทั้งหมด  
FN คือ จำนวนเหตุการณ์ลักษณะ Miss หรือ False Negative ทั้งหมด

### 2.7.2 ความจำเพาะเจาะจง

ความจำเพาะเจาะจงเป็นคุณลักษณะที่บอกถึงสัดส่วนของการรับรู้ว่ามีสัญญาณเกิดขึ้นเมื่อไม่มีการแสดงสัญญาณออกมา โดยในระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว คือ สัดส่วนที่ระบบแจ้งว่าไม่มีการเคลื่อนไหวในกิจกรรมนั้นๆ ซึ่งไม่มีการเคลื่อนไหวในกิจกรรมนั้นจริง สามารถคำนวณได้ดังแสดงใน สมการ 2.2

$$\text{ความจำเพาะเจาะจง} = \frac{TN}{TN+FP} \quad (2.2)$$

เมื่อ TN คือ จำนวนเหตุการณ์ลักษณะ Correction rejection หรือ True Negative ทั้งหมด  
FP คือ จำนวนเหตุการณ์ลักษณะ False alarm หรือ False Positive ทั้งหมด

### 2.7.3 ความแม่นยำ

ความแม่นยำเป็นคุณลักษณะที่บอกถึงสัดส่วนของการรับรู้ที่เที่ยงตรงใกล้เคียงกับเป้าหมายเพียงใด สามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ความแม่นยำ} = \frac{TP+TN}{TN+TP+FN+FP} \quad (2.3)$$

เมื่อ TP คือ จำนวนเหตุการณ์ลักษณะ Hit หรือ True Positive ทั้งหมด  
 TN คือ จำนวนเหตุการณ์ลักษณะ Correction rejection หรือ True Negative ทั้งหมด  
 FP คือ จำนวนเหตุการณ์ลักษณะ False alarm หรือ False Positive ทั้งหมด  
 FN คือ จำนวนเหตุการณ์ลักษณะ Miss หรือ False Negative ทั้งหมด

นอกจากนี้ สามารถคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดชนิดที่ 1 ( $\alpha$ ) หรือ Type I error และค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดชนิดที่ 2 ( $\beta$ ) หรือ Type II error ดังแสดงในสมการ 2.4 และสมการ 2.5

$$\begin{aligned} \text{ความผิดพลาดชนิดที่ 1} &= \text{False Positive Rate} \\ &= 1 - \text{ความจำเพาะเจาะจง} \\ &= \frac{FP}{TN+FP} \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} \text{ความผิดพลาดชนิดที่ 2} &= \text{False Positive Rate} \\ &= 1 - \text{ความไวในการตรวจจับ} \\ &= \frac{FN}{TP+FN} \end{aligned} \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## วิธีดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- 3.1 การศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
- 3.2 การออกแบบของแอปพลิเคชัน
- 3.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแอปพลิเคชัน

### 3.1 การศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่สำคัญสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจจัดการเคลื่อนไหว มีดังนี้

#### 3.1.1 สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

สมาร์ทโฟนที่ใช้ในการทดลอง ตั้งแต่เวอร์ชัน 4.0V ขึ้นไป

#### 3.1.2 เซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง คือ เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น (Linear Accelerometer Sensor) เป็นตัวตรวจจัดการเคลื่อนไหว

#### 3.1.3 โปรแกรมและเครื่องมือสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์

##### 1. JDK (Java Development Kit)

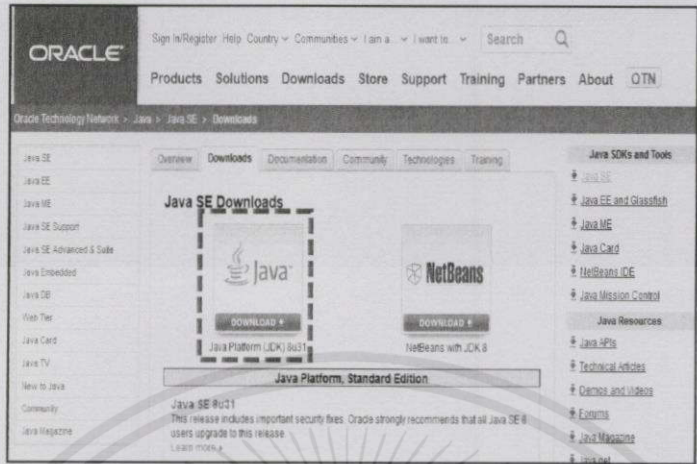
JDK เป็นชุดพัฒนาสำหรับจาวา และเนื่องจากแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ ถูกพัฒนาด้วยภาษาจาวา จึงมีความจำเป็นต้องติดตั้ง JDK

-ตรวจสอบเช็คระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็น Window 32 bit หรือ Window 64 bit โดยคลิกที่ Start > คลิกขวาที่ Computer > คลิก Properties > เช็คที่ Operating System ดังแสดงในรูปที่ 3.1

System	
Rating:	System rating is not available
Processor:	AMD A6-5350M APU with Radeon(tm) HD Graphics 2.90 GHz
Installed memory (RAM):	4.00 GB (3.21 GB usable)
System type:	64-bit Operating System
Pen and Touch:	No Pen or Touch Input is available for this Display

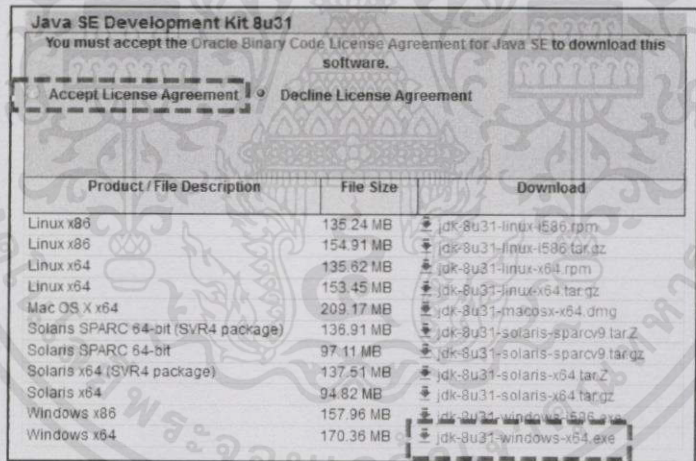
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 3.1 การเช็คระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ดาวน์โหลด JDK ได้ที่ <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads> ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การดาวน์โหลด JDK

-เลือก Accept License Agreement และเลือกระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การดาวน์โหลด JDK ตามระบบปฏิบัติการ

-ทำการติดตั้งไฟล์ที่ดาวน์โหลดมา โดยการดับเบิลคลิกที่ไฟล์ ดังแสดงในรูปที่ 3.4

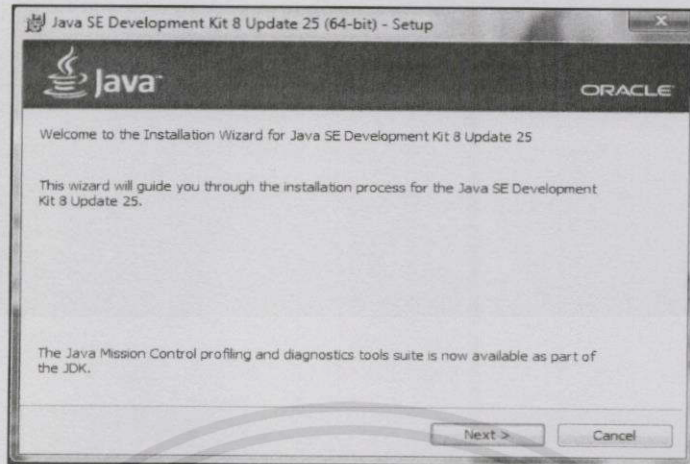


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

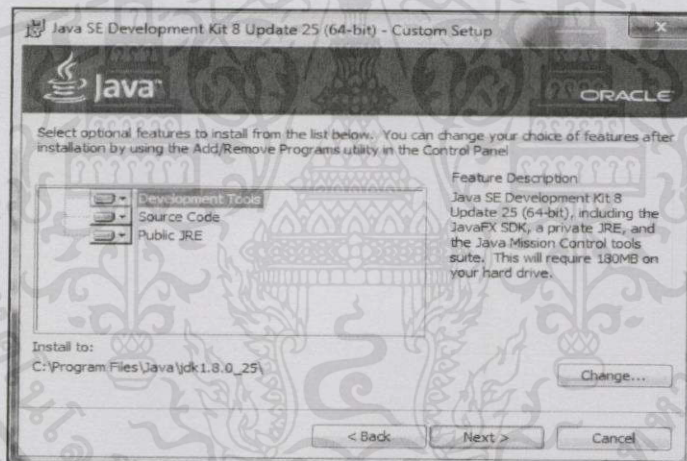
รูปที่ 3.4 ไฟล์ JDK ที่ได้จากการดาวน์โหลด

-เมื่อปรากฏหน้าต่าง Setup ให้คลิกที่ปุ่ม Next ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 หน้าต่าง Setup

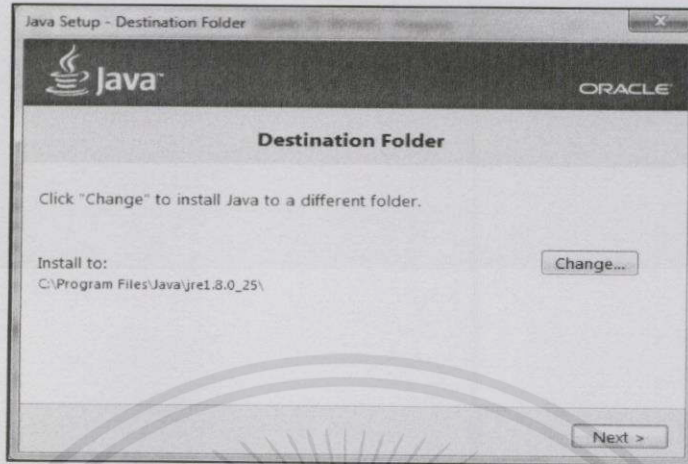
-จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Custom Setup ให้คลิกที่ปุ่ม Next ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 หน้าต่าง Custom Setup

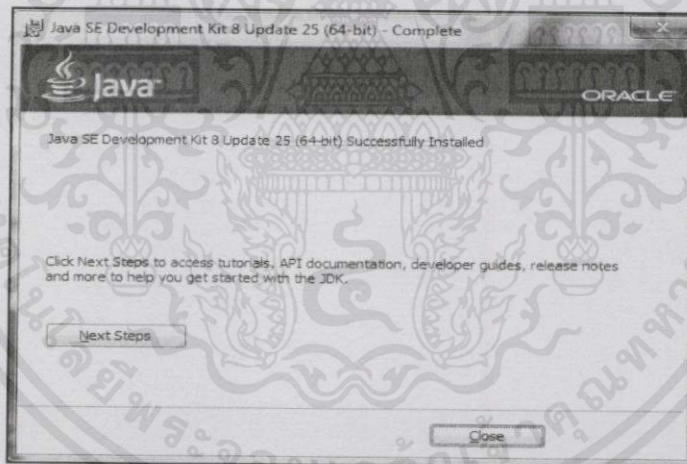
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Destination Folder ให้คลิกที่ปุ่ม Next ดังรูปที่ 3.7 และ  
รอกการติดตั้งซ้กครู่



รูปที่ 3.7 หน้าต่าง Destination Folder

-จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Complete แสดงว่าการติดตั้งเสร็จเรียบร้อย จึงคลิกปุ่ม  
Close ดังรูปที่ 3.8

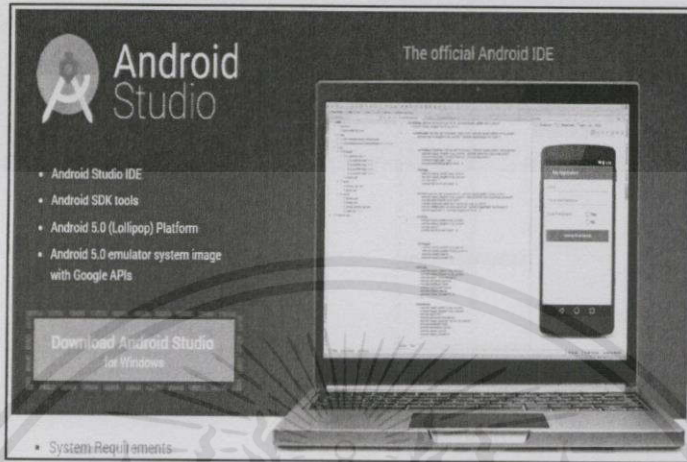


รูปที่ 3.8 หน้าต่าง Complete

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

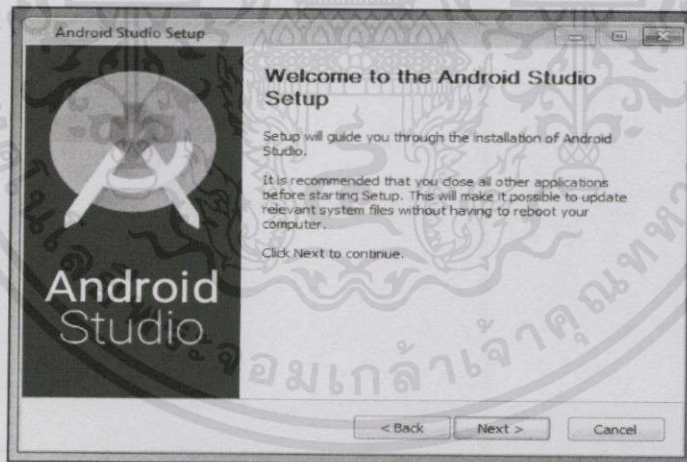
## 2. แอนดรอยด์ สตูดิโอ

แอนดรอยด์ สตูดิโอ เป็นตัวช่วยเขียนโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน โดยมีวิธีการติดตั้ง ดังนี้  
-เปิดเว็บ <https://developer.android.com/sdk/index.html> คลิก Download  
Android studio ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การดาวน์โหลดโปรแกรมแอนดรอยด์ สตูดิโอ

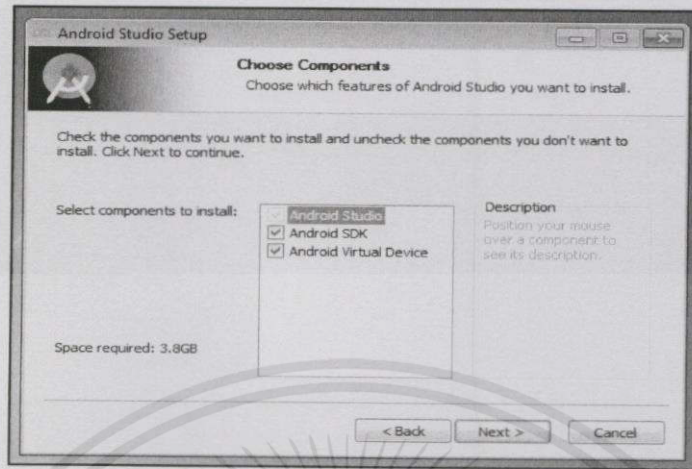
-เมื่อดาวน์โหลดโปรแกรมแอนดรอยด์ สตูดิโอ เรียบร้อยแล้ว ทำการติดตั้งโปรแกรม โดยจะปรากฏหน้าต่าง Android Studio Setup ทำการคลิก Next ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 หน้าต่าง Android Studio Setup

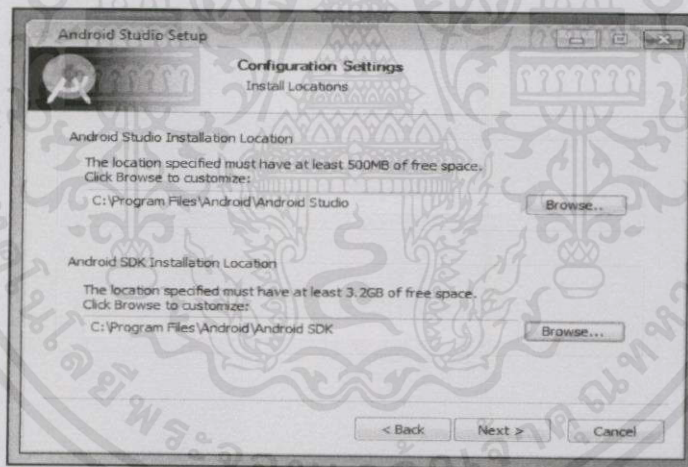
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-จากนั้น จะปรากฏหน้าต่าง Android Studio Setup : Choose Components ทำการคลิก Next ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 หน้าต่าง Android Studio Setup : Choose Components

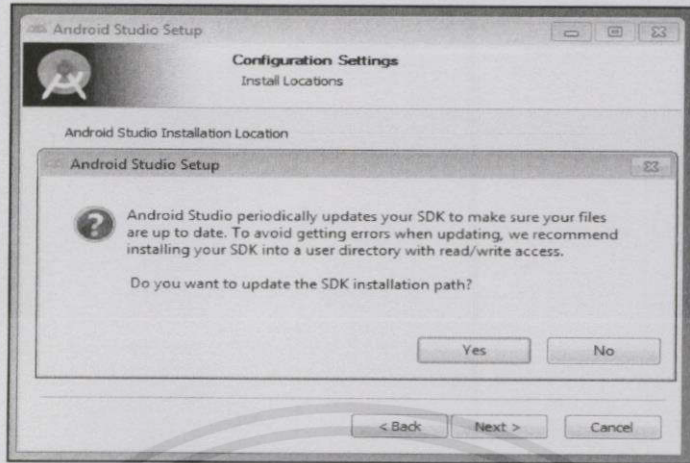
-จากนั้น จะปรากฏหน้าต่าง Android Studio Setup ; Configuration Setting เพื่อเลือก Installation Location ดังแสดงในรูป 3.12



รูปที่ 3.12 หน้าต่าง Android Studio Setup : Configuration Setting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-จากนั้น คลิก Yes เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 สิ้นสุดการติดตั้งโปรแกรม

### 3. Android SDK (Android Software Development Kit)

Android SDK เป็นซอฟต์แวร์ ซึ่งเป็นชุดโปรแกรมที่ทางกูเกิลพัฒนาออกมาเพื่อแจกจ่ายให้นักพัฒนาแอปพลิเคชัน หรือผู้สนใจทั่วไปดาวน์โหลดไปใช้งานกันได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์นั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในชุด Android SDK นั้นจะมีโปรแกรมและไลบรารีต่างๆ ที่จำเป็นต่อการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

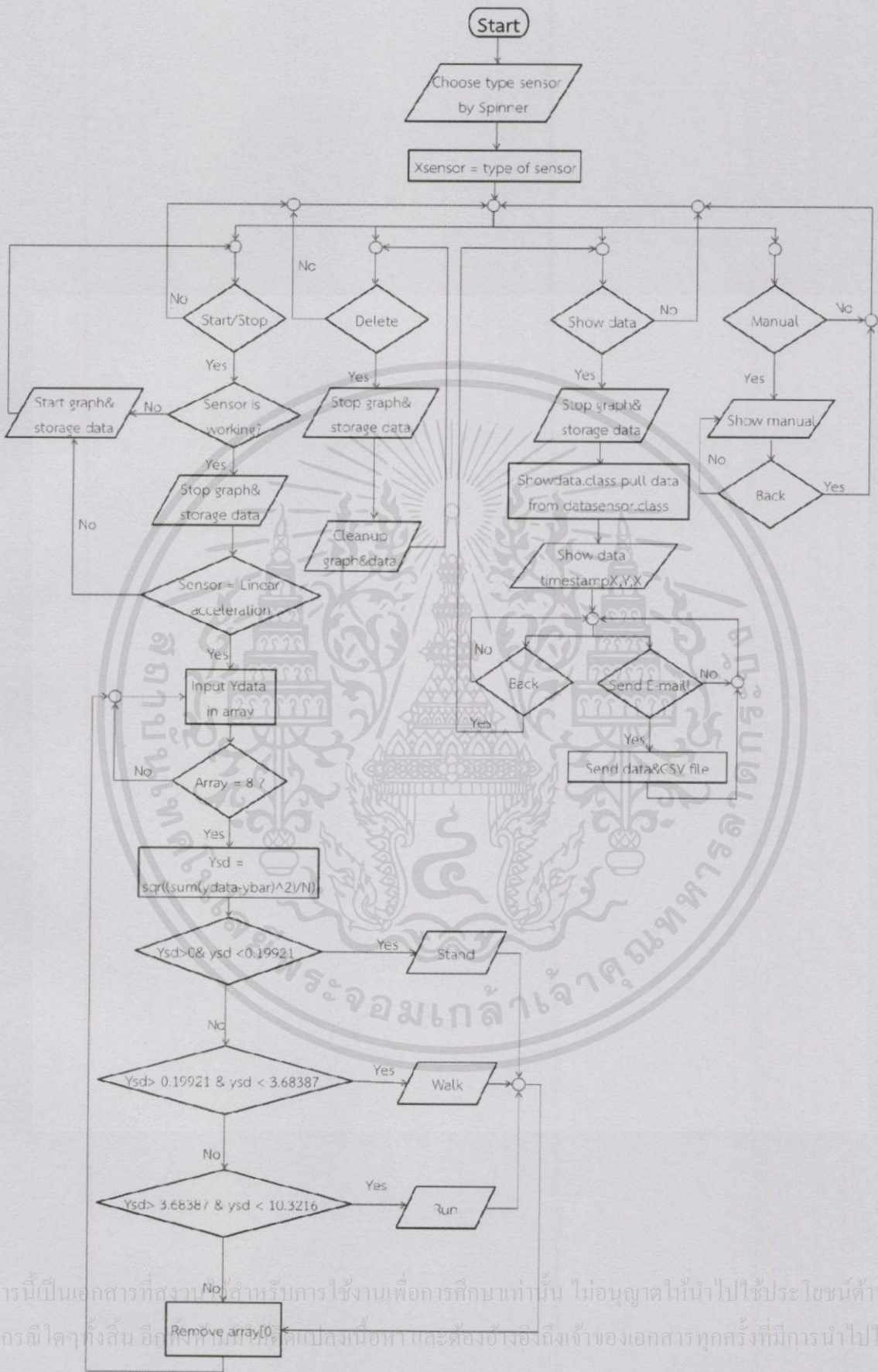
#### 3.2 การออกแบบของแอปพลิเคชัน

สมาร์ทโฟนจะมีแอปพลิเคชันที่สามารถตรวจจับการยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำไปประมวลผลบนสมาร์ทโฟน เมื่อมีการตรวจจับการเคลื่อนไหว จะส่งข้อมูลในรูปแบบเชิงตัวเลขและกราฟ จากการบันทึกผลลัพธ์ในแต่ละช่วงเวลา และส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของเซ็นเซอร์มายังหน้าจอสัมผัสสมาร์ทโฟน

##### 3.2.1 การออกแบบภาพรวมทั้งหมดของแอปพลิเคชัน

ภาพรวมทั้งหมดของแอปพลิเคชันนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3.14 อธิบายลักษณะการทำงานในแต่ละส่วนของแอปพลิเคชัน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ภาพรวมทั้งหมดของแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีการดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.14 ภาพรวมทั้งหมดของแอปพลิเคชัน เมื่อกด เริ่ม แอปพลิเคชันจะต้องทำการเลือกเซ็นเซอร์จากสปรินเนอร์บาร์ (Spinner Bar) โดยเซ็นเซอร์ที่เลือกจะเท่ากับตัวแปร xsensor ในหน้าหลักของแอปพลิเคชัน จะมีปุ่มการทำงาน 4 ปุ่ม คือ

### 1. ปุ่มเริ่ม/หยุด

ปุ่มเริ่ม/หยุด (Start/Stop) จะมีการตรวจสอบเงื่อนไขการทำงานของเซ็นเซอร์ ถ้าเซ็นเซอร์ทำงานอยู่ จะสั่งให้หยุดกราฟและการเก็บข้อมูล หรือ ถ้าเซ็นเซอร์ไม่ทำงาน จะสั่งให้เริ่มกราฟและการเก็บข้อมูล จากนั้นจะมีการใส่ข้อมูลค่าความเร่งเชิงเส้นในแนวแกน Y ลงในอาร์เรย์ แล้วตรวจสอบเงื่อนไขขนาดของอาร์เรย์ว่ามีขนาดเท่ากับ 8 หรือไม่ ถ้าขนาดของอาร์เรย์ไม่เท่ากับ 8 จะทำการวนไปรับค่าความเร่งเชิงเส้นอีกครั้ง จนกระทั่งขนาดของอาร์เรย์เท่ากับ 8 จะนำค่าความเร่งเชิงเส้นในอาร์เรย์มาคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วจะนำมาตรวจสอบช่วง (Range) ของแต่ละกิจกรรม คือ การยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง จากนั้นจะแสดงผลของกิจกรรมนั้นๆ หรือ ถ้าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่อยู่ในช่วงของกิจกรรมใดๆ จะไม่มีการแสดงผล และข้อมูลในอาร์เรย์ตำแหน่งแรกจะถูกลบออก แล้วกลับไปรับค่าความเร่งเชิงเส้นในแนวแกน Y อีกครั้ง

### 2. ปุ่มลบข้อมูล

ปุ่มลบข้อมูล (Delete) ทำหน้าที่หยุดกราฟ หยุดการเก็บข้อมูล และลบข้อมูลทั้งหมด

### 3. ปุ่มแสดงข้อมูล

ปุ่มแสดงข้อมูล (Show Data) ทำหน้าที่หยุดกราฟ หยุดการเก็บข้อมูล และดึงข้อมูลจาก datasensor.class เพื่อแสดงผลข้อมูล เวลาแต่ละจุดข้อมูล (Timestamp) และค่าความเร่งในแนวแกน X, Y และ Z ซึ่งภายในหน้าจอการทำงานนี้ จะมีปุ่มการทำงานอีก 2 ปุ่ม คือ

-ปุ่มย้อนกลับ (Back) ทำหน้าที่ย้อนกลับไปสู่หน้าหลักของแอปพลิเคชัน

-ปุ่มส่งอีเมล (Send E-Mail) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลเข้าสู่อีเมล ซึ่งข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบ CSV

ไฟล์

-ปุ่มคู่มือ (Manual) ทำหน้าที่แสดงภาพคู่มือการใช้งานแอปพลิเคชัน และหน้าจอการทำงานนี้จะประกอบด้วย ปุ่มย้อนกลับ เพื่อกลับไปยังหน้าหลักของแอปพลิเคชัน

สำหรับการกำหนดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นเงื่อนไขการตรวจจับการเคลื่อนไหวในแต่ละกิจกรรมนั้น จะเลือกพิจารณาค่าความเร่งเชิงเส้นที่แนวแกน Y เพราะเป็นแนวแกนที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเร่งมากที่สุดในแต่ละกิจกรรม โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{N}} \quad (3.1)$$

เมื่อ	S.D.	คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$x$	คือ ข้อมูล (ตัวที่ 1,2,3...,n)
	$\bar{x}$	คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
	N	คือ จำนวนข้อมูล

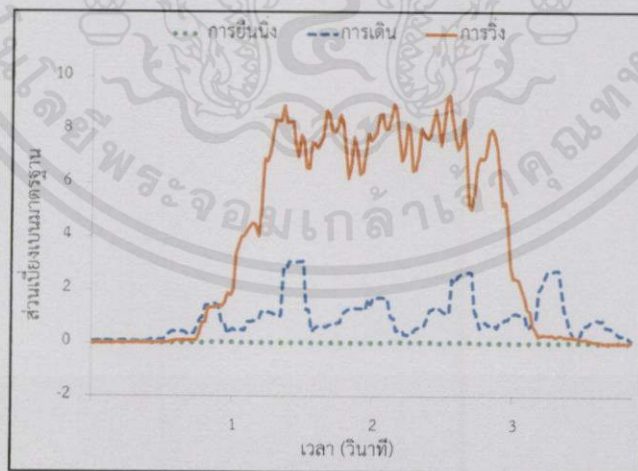
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ใช้เป็นเงื่อนไขการตรวจจับการเคลื่อนไหวในแต่ละกิจกรรมนั้น ได้มาจากการทดลอง ซึ่งวิธีการทดลองมีรายละเอียดสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ใส่สมาร์ตโฟนในสายรัด ที่คาดกับตำแหน่งสะโพกด้านขวา หลังจากนั้นกดปุ่มเริ่มเพื่อให้แอปพลิเคชันทำงาน
2. เริ่มทำกิจกรรมต่างๆ โดยกิจกรรมที่ใช้ในการทดลอง คือ การยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง

กำหนดให้ -ทดสอบการเดินและการวิ่งบนพื้นเรียบ จำนวนกิจกรรมละ 10 ก้าว  
-ทดสอบการยืนนิ่ง ใช้เวลาครั้ง 10 วินาที

3. ทดลองกิจกรรมละ 5 ครั้ง โดยผู้ทดลองจำนวน 10 คน คือ ชาย 5 คน และ หญิง 5 คน มีอายุเฉลี่ย  $20.6 \pm 3.6$  ปี น้ำหนัก  $58.5 \pm 26.5$  กิโลกรัม และส่วนสูง  $165.4 \pm 12.6$  เซนติเมตร โดยการทดลองเป็นแบบสุ่ม และมีเวลาพักเพียงพอระหว่างกิจกรรม

เงื่อนไขการตรวจจับการเคลื่อนไหว พิจารณาจากค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกิจกรรมของผู้ทดลองทั้งหมด 10 คน ดังแสดงในรูปที่ 3.15

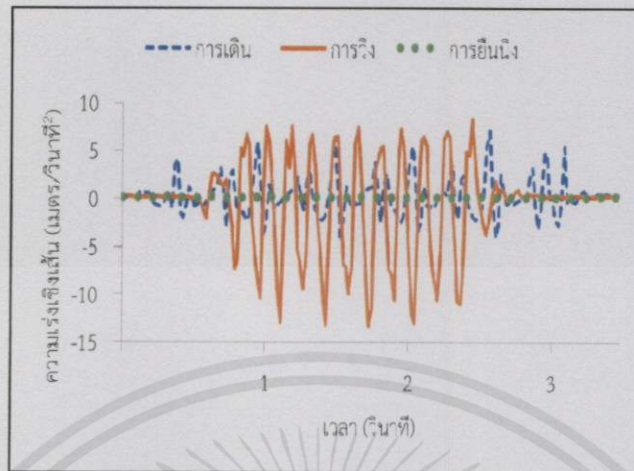


รูปที่ 3.15 กราฟส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด จากรูปที่ 3.15 แสดงให้เห็นลักษณะกราฟส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง ที่มีความแตกต่างกันเด่นชัด และไม่มีส่วนที่ทับซ้อนกัน ซึ่งจะต่างจากการนำผลลัพธ์ค่าความเร่งเชิงเส้นของแต่ละกิจกรรมมาเป็นเงื่อนไขในการตรวจจับการเคลื่อนไหว เพราะค่าความเร่งเชิงเส้นในแต่ละ

กิจกรรมนั้นมีส่วนที่ทับซ้อนกันมาก ยากต่อการนำมากำหนดเป็นเงื่อนไขในการตรวจจับการเคลื่อนไหว ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 กราฟความแรงเชิงเส้นในแต่ละกิจกรรม

ตารางที่ 3.1 ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกิจกรรม

	การยืนนิ่ง		การเดิน		การวิ่ง	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ชาย 1	0.014284	0.063542	0.315425	3.023946	4.920677	9.066691
ชาย 2	0.023044	0.073713	0.293071	4.001673	7.017575	9.500027
ชาย 3	0.059325	0.130383	0.43564	3.808801	5.614667	10.32161
ชาย 4	0.033992	0.126863	0.514329	3.785166	5.696694	9.5258
ชาย 5	0.031115	0.081669	0.353906	3.34983	3.993057	7.566228
หญิง 1	0.018502	0.036065	0.358584	3.859496	5.65067	8.703483
หญิง 2	0.012122	0.035942	0.308698	3.247354	4.933288	8.462941
หญิง 3	0.031302	0.135724	0.187087	2.459992	5.782857	9.103266
หญิง 4	0.021575	0.211339	0.260267	2.851059	4.829626	10.23246
หญิง 5	0.043366	0.129608	0.565693	3.730855	3.366074	7.786211
สรุป	0.01212	0.21134	0.18709	4.00167	3.36607	10.3216

จากตารางที่ 3.1 แสดงค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในกิจกรรมการยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง ซึ่งจะได้ช่วงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกิจกรรมดังนี้

-ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการยืนนิ่ง อยู่ในช่วง 0.01212-0.21134

-ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเดิน อยู่ในช่วง 0.18709-4.00167

-ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิ่ง อยู่ในช่วง 3.36607-10.3216

จะเห็นได้ว่าช่วงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกิจกรรมมีการทับซ้อนกัน และไม่ต่อเนื่องกัน จึงทำการเฉลี่ยขอบเขตช่วงข้อมูล ดังนี้

$$\text{การเฉลี่ยขอบเขตช่วงข้อมูลระหว่างการยืนนิ่งกับการเดิน} = \frac{0.21134+0.18709}{2}$$

$$= 0.19921$$

$$\text{การเฉลี่ยขอบเขตช่วงข้อมูลระหว่างการเดินกับการวิ่ง} = \frac{4.00167+3.36607}{2}$$

$$= 3.68387$$

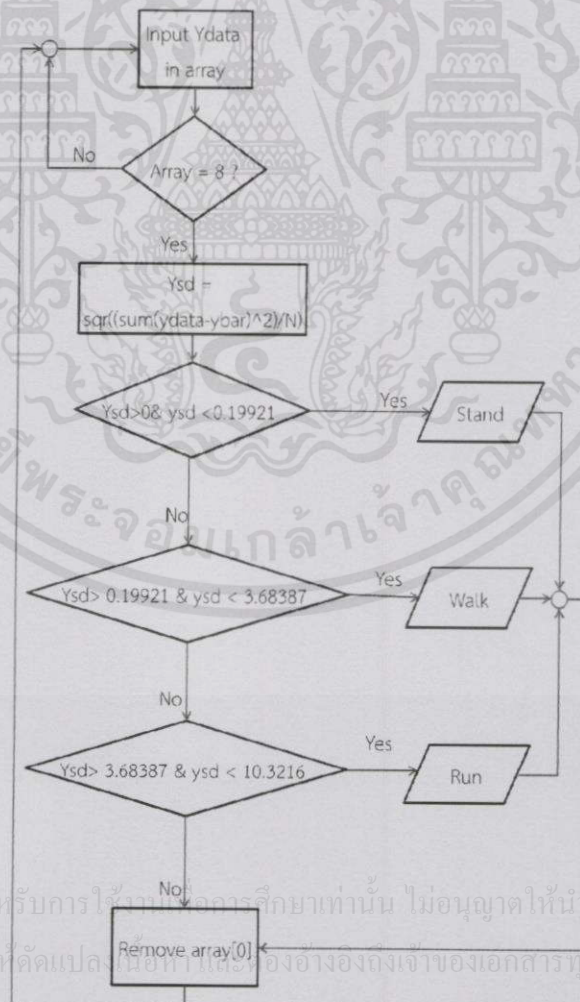
จะได้เงื่อนไขของการตรวจจับการเคลื่อนไหว ดังนี้

-ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการยืนนิ่ง อยู่ในช่วง 0-0.19921

-ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเดิน อยู่ในช่วง 0.19921-3.68387

-ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิ่ง อยู่ในช่วง 3.68387-10.3216

จะได้แผนภาพเงื่อนไขการตรวจจับการเคลื่อนไหว ดังแสดงในรูปที่ 3.17



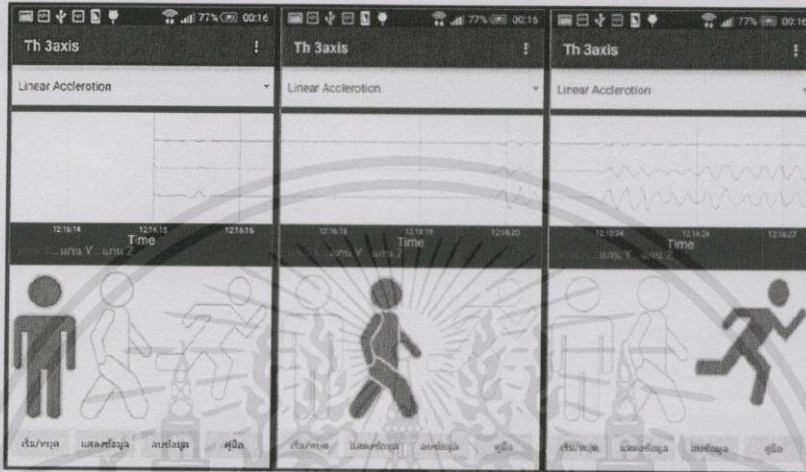
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้" ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาสาระของอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### รูปที่ 3.17 แผนภาพเงื่อนไขการตรวจจับการเคลื่อนไหว

#### 3.2.2 การออกแบบหน้าต่างของแอปพลิเคชัน

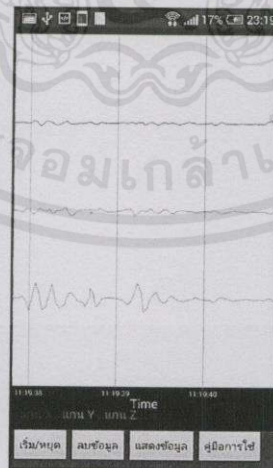
การออกแบบหน้าต่างของแอปพลิเคชัน ทำโดยใช้โปรแกรมแอนดรอยด์ สตูดิโอ

1. เมื่อกดที่ไอคอนแอปพลิเคชัน TH 3AXIS จะปรากฏหน้าต่างหลักของแอปพลิเคชัน ซึ่งจะแสดงรูปสัญลักษณ์การตรวจจับการเคลื่อนไหว 3 กิจกรรม คือ การยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 หน้าหลักของแอปพลิเคชัน

2. เมื่อกดปุ่มเริ่มการทำงานแอปพลิเคชัน จะมีการแสดงผลพิกัดในรูปแบบกราฟ ในแนวแกน X, Y และ Z โดยค่าความเร่งที่วัดได้จากเซ็นเซอร์จะผ่านการประมวลผลบนสมาร์ตโฟน และมีการเลือกใช้ไลบรารี AChartEngine ในโปรแกรมแอนดรอยด์ สตูดิโอ เป็นเครื่องมือสำหรับการสร้างกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.19

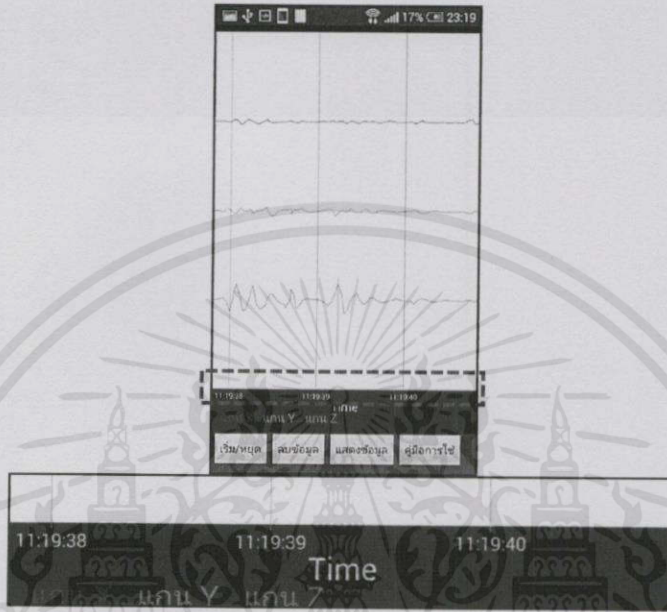


รูปที่ 3.19 กราฟความเร่งในแนวแกน X, Y และ Z

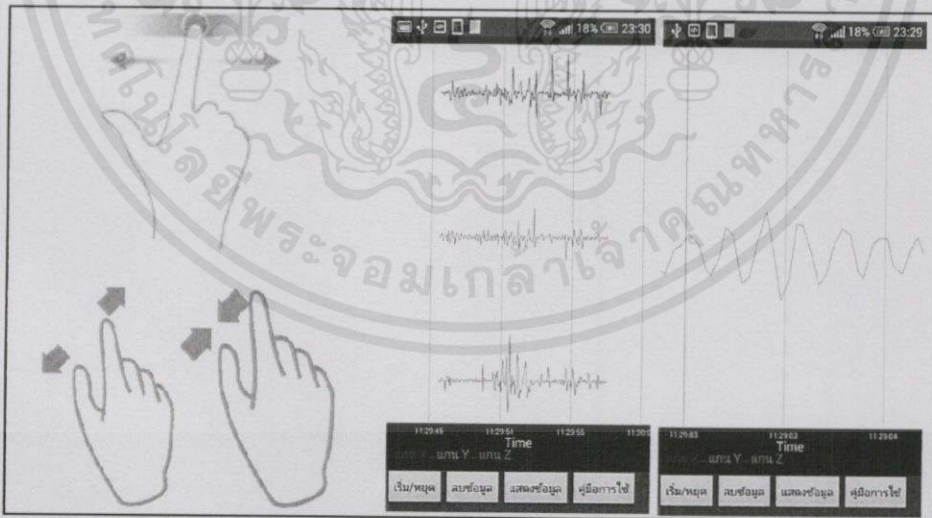
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เฉพาะภายในเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หลังจากการกดปุ่มเริ่มการทำงานแอปพลิเคชัน จะมีการสร้างเวลากำกับในแต่ละข้อมูล (Plot Time Stamp) ของกราฟความเร่ง โดยกำหนดให้แนวแกน Y เป็นแกนของค่าความเร่งเชิง

เส้น (เมตร/วินาที<sup>2</sup>) และแกน X เป็นแกนเวลา (วินาที) ดังแสดงในรูปที่ 3.20 นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการเลื่อนแสดงข้อมูลก่อนหน้า (Scrolling data) และการขยายกราฟ (Zooming) โดยแอปพลิเคชันได้ทำการเก็บข้อมูลก่อนหน้า และสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นกลับมาแสดงอีกได้ โดยการเลื่อนหน้าจอซ้าย-ขวา ตามต้องการ อีกทั้งยังช่วยให้กราฟสามารถดูได้ง่ายขึ้น เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่สะดวกยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.21



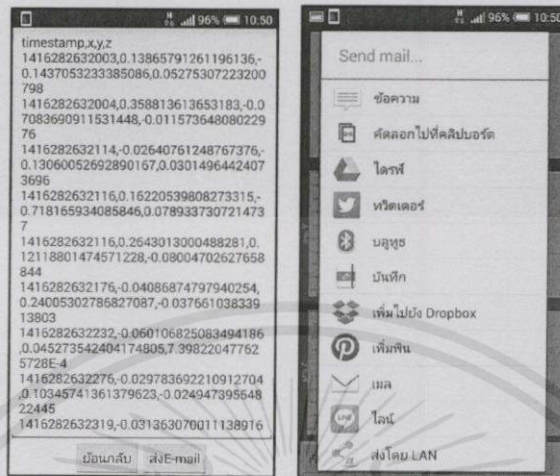
รูปที่ 3.20 เวลากำกับในแต่ละข้อมูล



รูปที่ 3.21 การเลื่อนแสดงข้อมูลก่อนหน้า และการขยายกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 4. เมื่อกดปุ่มหยุดการทำงานของแอปพลิเคชัน กราฟความเร่งและกิริตรวจจับการเคลื่อนไหวจะหยุดการทำงาน และเมื่อกดปุ่มลบข้อมูล กราฟความเร่งและรูปแบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่มีอยู่เดิม จะถูกลบออก

5. เมื่อกดปุ่มแสดงข้อมูล จะมีการแสดงหน้าต่างของข้อมูลความเร่งในแนวแกน X, Y และ Z ดังแสดงในรูปที่ 3.22 (ก) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ สามารถส่งข้อมูลได้หลายช่องทาง เช่น อีเมล โลก ไลน์ เป็นต้น ดังแสดงในรูป 3.22 (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 3.22 การส่งข้อมูล  
(ก) หน้าต่างข้อมูลความเร่ง (ข) ตัวเลือกการส่งข้อมูล

6. เมื่อกดปุ่มคู่มือการใช้งาน จะแสดงการอธิบายลักษณะของแอปพลิเคชัน โดยให้ชื่อแอปพลิเคชันนี้ว่า “TH 3AXIS” เป็นแอปพลิเคชันตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกาย ซึ่งมีการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งเชิงเส้น อธิบายวิธีการใช้งาน รวมทั้งคณะผู้จัดทำ อาจารย์ที่ปรึกษา และสถานศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแอปพลิเคชัน

การตรวจสอบความถูกต้องของแอปพลิเคชันในที่นี่ ประกอบไปด้วย 2 วิธี คือ การตรวจสอบระหว่างสมาร์ทโฟน 2 เครื่อง ในแอปพลิเคชัน TH 3AXIS เดียวกัน และการตรวจสอบระหว่างแอปพลิเคชัน Physics Toolbox กับ แอปพลิเคชัน TH 3AXIS ในสมาร์ทโฟนเดียวกัน โดยสมาร์ทโฟนที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องครั้งนี้ คือ สมาร์ทโฟนเวอร์ชัน 4.0 ขึ้นไป และติดตั้ง Delay sensor UI หรือ เท่ากับ 60,000 ไมโครวินาที

วิธีการทดลองมีรายละเอียดสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ใส่สมาร์ทโฟนในสายรัด ที่คาดกับตำแหน่งสะโพกด้านขวา ดังแสดงในรูปที่ 3.24 หลังจากนั้นกดปุ่มเริ่ม เพื่อให้แอปพลิเคชันทำงาน

2. เริ่มทำกิจกรรมต่างๆ โดยกิจกรรมที่ใช้ในการทดลอง คือ การเดิน การวิ่ง การนั่ง และการนอน

- กำหนดให้
- ทดลองการเดินและการวิ่งบนพื้นเรียบ จำนวนกิจกรรมละ 10 ก้าว
  - ทดลองการนั่งบนเก้าอี้ที่ความสูงมาตรฐาน
  - ทดลองการนอนบนพูก โดยมีท่าทางการนอนแบบนอนหงาย

3. ทดลองกิจกรรมละ 5 ครั้ง โดยผู้ทดลองจำนวน 1 คน คือ เพศหญิง อายุ 22 ปี และมีเวลาพักเพียงพอระหว่างกิจกรรม



รูปที่ 3.24 ตำแหน่งตรวจจับที่สะโพกด้านขวา

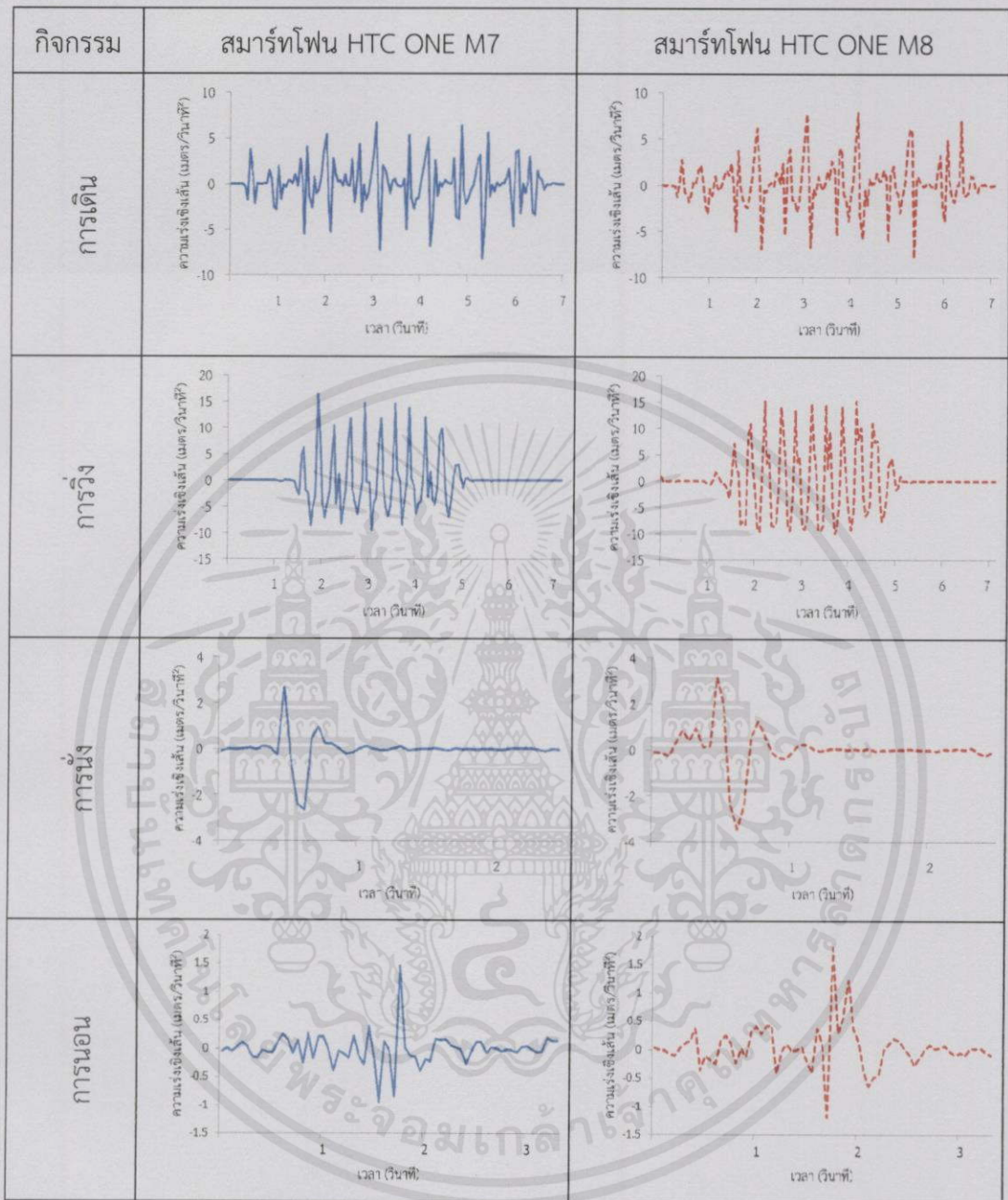
#### 3.3.1 การตรวจสอบระหว่างสมาร์ทโฟน 2 เครื่อง ในแอปพลิเคชัน TH 3AXIS เดียวกัน

เพื่อตรวจสอบความสามารถของแอปพลิเคชัน TH 3AXIS ที่สามารถนำมาติดตั้งใช้กับสมาร์ทโฟนเครื่องอื่นๆได้ โดยสมาร์ทโฟนที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องครั้งนี้ คือ สมาร์ทโฟน HTC ONE M7 ที่มีชนิดเซ็นเซอร์ คือ BOSCH BMA250 และ HTC ONE M8 ที่มีชนิดเซ็นเซอร์ คือ HTC Group Ltd. Ver1 ดังแสดงในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 สมาร์ทโฟนรุ่น HTC ONE M7 และ HTC ONE M8 ตามลำดับ

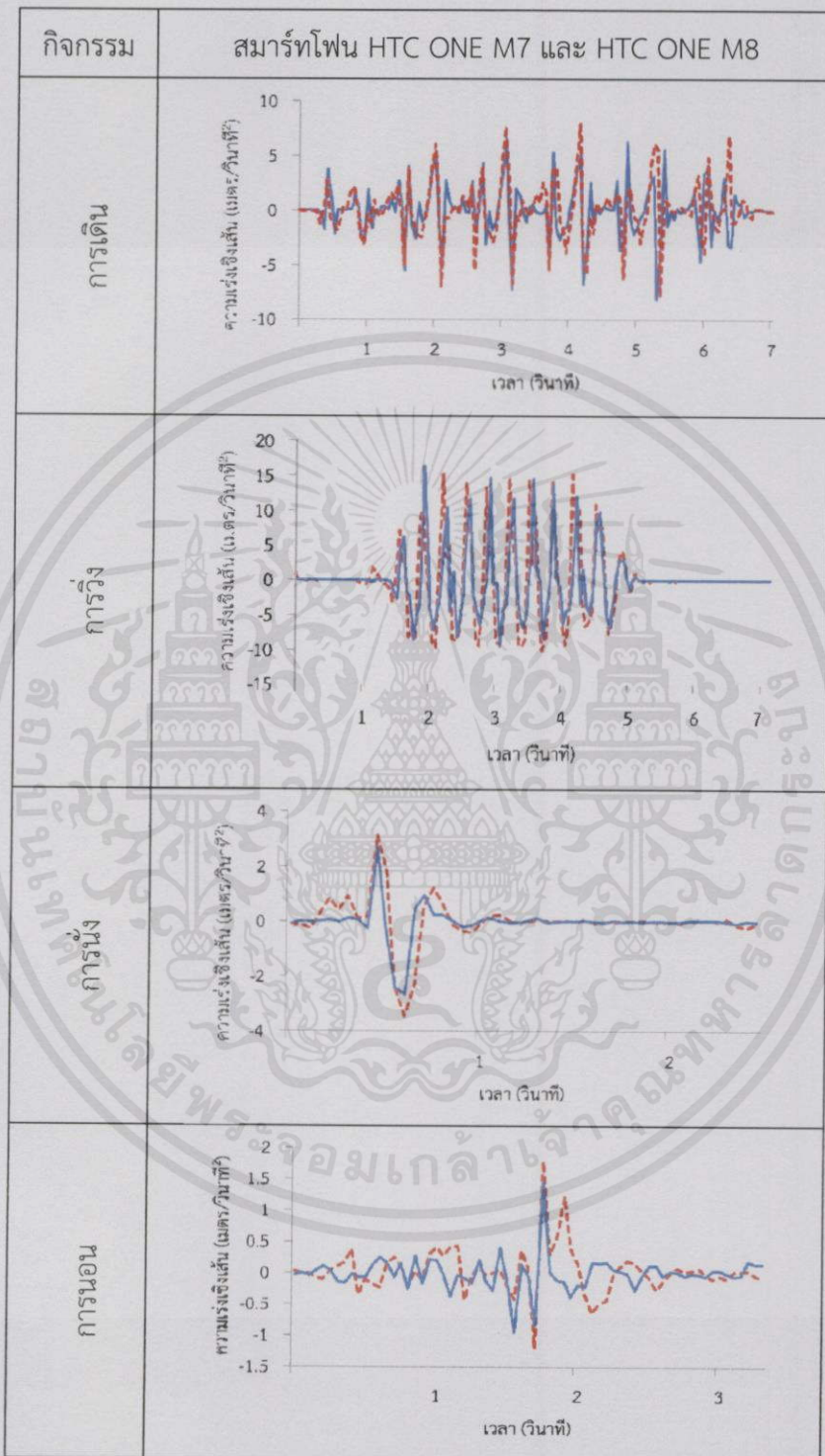
ตารางที่ 3.2 รูปแบบสัญญาณความเร่งที่ได้จากสมาร์ทโฟน HTC ONE M7 และ HTC ONE M8



จากตารางที่ 3.2 แสดงรูปแบบสัญญาณความเร่งที่ได้จากสมาร์ทโฟน HTC ONE M7 และ HTC ONE M8 ในแต่ละกิจกรรม และมีความคล้ายคลึงกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.3 แสดงว่าแอปพลิเคชัน TH 3AXIS สามารถนำมาติดตั้งใช้กับสมาร์ทโฟนเครื่องอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 กราฟเปรียบเทียบรูปแบบสัญญาณความเร่งที่ได้จากสมาร์ทโฟน HTC ONE M7 และ HTC ONE M8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การตรวจสอบระหว่างแอปพลิเคชัน Physics Toolbox กับ TH 3AXIS ในสมาร์ตโฟนเดียวกัน

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแอปพลิเคชัน TH 3AXIS ที่สามารถให้ค่าความเร่งที่ถูกต้องเหมือนแอปพลิเคชันอื่นๆ ซึ่งได้เลือกใช้แอปพลิเคชัน Physics Toolbox มาใช้ในการตรวจสอบกับแอปพลิเคชัน TH 3AXIS เพราะ แอปพลิเคชัน Physics Toolbox นี้ได้รับการยอมรับ มีการใช้แพร่หลาย โดยสามารถวัดค่าความเร่งเชิงเส้นได้ สามารถบันทึกข้อมูล ส่งข้อมูล และสามารถกำหนดค่าความละเอียดในการบันทึกข้อมูล (Sampling Rate) ได้ ซึ่งกำหนดให้แอปพลิเคชันทั้งสอง มีค่าความละเอียดในการบันทึกข้อมูลที่เท่ากัน คือ Delay Sensor UI หรือ เท่ากับ 60,000 ไมโครวินาที

ตารางที่ 3.4 รูปแบบสัญญาณความเร่งที่ได้จากแอปพลิเคชัน TH 3AXIS และ Physics Toolbox

กิจกรรม	แอปพลิเคชัน TH 3AXIS	แอปพลิเคชัน Physics Toolbox
การเดิน		
การวิ่ง		
การนั่ง		
การนอน		

จากตารางที่ 3.4 แสดงรูปแบบสัญญาณความเร่งที่ได้จากแอปพลิเคชัน TH 3AXIS และ Physics Toolbox ในแต่ละกิจกรรม และมีความคล้ายคลึงกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.5 แสดงว่าค่าความเร่งที่ได้จากแอปพลิเคชัน TH 3AXIS มีความถูกต้องเหมือนกับแอปพลิเคชันอื่น

ตารางที่ 3.5 กราฟเปรียบเทียบรูปแบบสัญญาณความเร่งที่ได้จากแอปพลิเคชัน TH 3AXIS และ Physics Toolbox

กิจกรรม	แอปพลิเคชัน TH 3AXIS และ Physics Toolbox
การเดิน	
การวิ่ง	
การนั่ง	
การนอน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการเคลื่อนไหวแต่ละกิจกรรม

การหารูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการเคลื่อนไหวแต่ละกิจกรรมนี้ ประกอบด้วย การเดิน การวิ่ง การนั่ง การนอน และการล้ม ซึ่งมีวิธีการทดลองมีรายละเอียดสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ใส่สมาร์ตโฟนในสายรัด ที่คาดกับตำแหน่งสะโพกด้านขวา หลังจากนั้นกดปุ่มเริ่ม เพื่อให้แอปพลิเคชันทำงาน

2. เริ่มทำกิจกรรมต่างๆ โดยกิจกรรมที่ใช้ในการทดลอง คือ การเดิน การวิ่ง การนั่ง การนอน และการล้ม

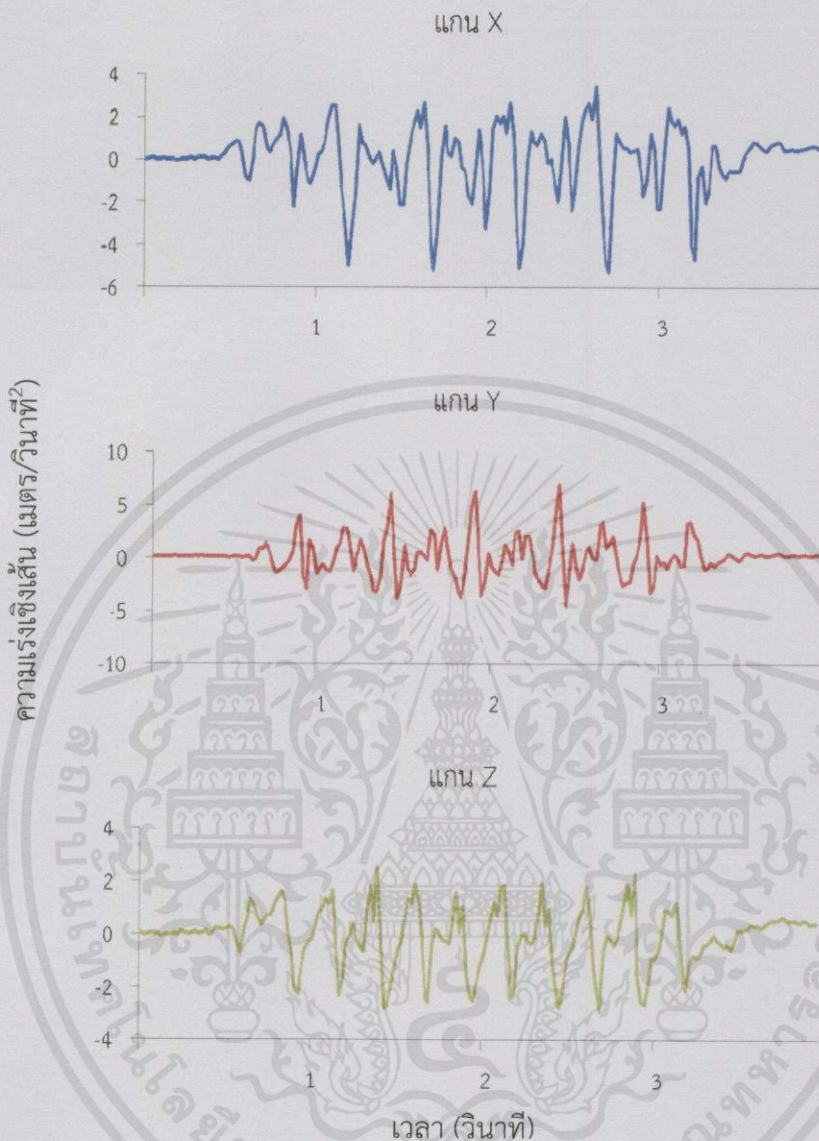
- กำหนดให้
- ทดลองการเดินและการวิ่งบนพื้นเรียบ จำนวนกิจกรรมละ 10 ก้าว
  - ทดลองการนั่งบนเก้าอี้ที่ความสูงมาตรฐาน
  - ทดลองการนอนและการล้มบนพูก โดยมีท่าทางการนอนแบบนอนหงาย และล้มแบบตะแคงด้านซ้าย

3. ทดลองกิจกรรมละ 5 ครั้ง โดยผู้ทดลองจำนวน 10 คน คือ ชาย 5 คน และ หญิง 5 คน มีอายุเฉลี่ย  $20.6 \pm 3.6$  ปี น้ำหนัก  $58.5 \pm 26.5$  กิโลกรัม และส่วนสูง  $165.4 \pm 12.6$  เซนติเมตร โดยการทดลองเป็นแบบสุ่ม และมีเวลาพักเพียงพอรหว่างกิจกรรม

ตัวอย่างรูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการเคลื่อนไหวแต่ละกิจกรรมนี้ จะมีความแตกต่างกัน โดยจะพบว่าความเร่งเชิงเส้นในแนวแกน Y จะมีค่าความเร่งเชิงเส้นสูงสุดจากทั้ง 3 แนวแกน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.1 การเดิน

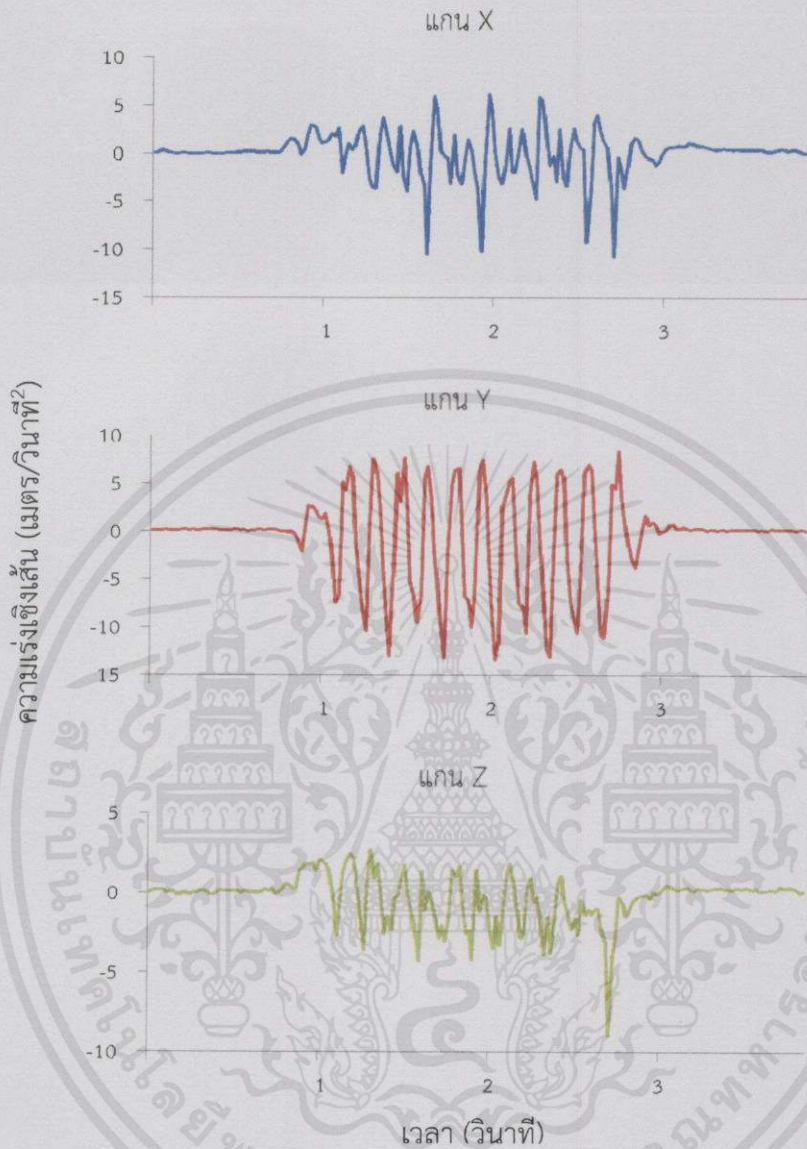


รูปที่ 4.1 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นของการเดินในแนวแกน X, Y และ Z

จากรูปที่ 4.1 เป็นตัวอย่างของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นที่ได้จากการทดลองเดินบนพื้นราบ ทำให้ทั้ง 3 แนวแกน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทาง เมื่อเดิน กราฟทั้ง 3 แนวแกนจะมีลักษณะเส้นขึ้นๆ ลงๆ แต่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าเริ่มต้นมากนัก และเมื่อหยุดเดิน กราฟทั้ง 3 แนวแกนจะมีการสั่นไหวที่น้อยมาก และเมื่อพิจารณาความเร่งเชิงเส้นที่แนวแกน Y ซึ่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเร่งเชิงเส้นมากที่สุด จะพบว่าจุดความเร่งเชิงเส้นสูงสุด (Positive Peaks) จะมีความสม่ำเสมอมากกว่าจุดความเร่งเชิงเส้นต่ำสุด (Negative Peaks) โดยจุดความเร่งเชิงเส้นสูงสุด จะมีความเร่งเชิงเส้นที่มากกว่า 4 เมตร/วินาที<sup>2</sup> ขึ้นไป และมีระยะห่างระหว่างจุดความเร่งเชิงเส้นสูงสุด อยู่  $0.524 \pm 0.017$  วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 การวิ่ง

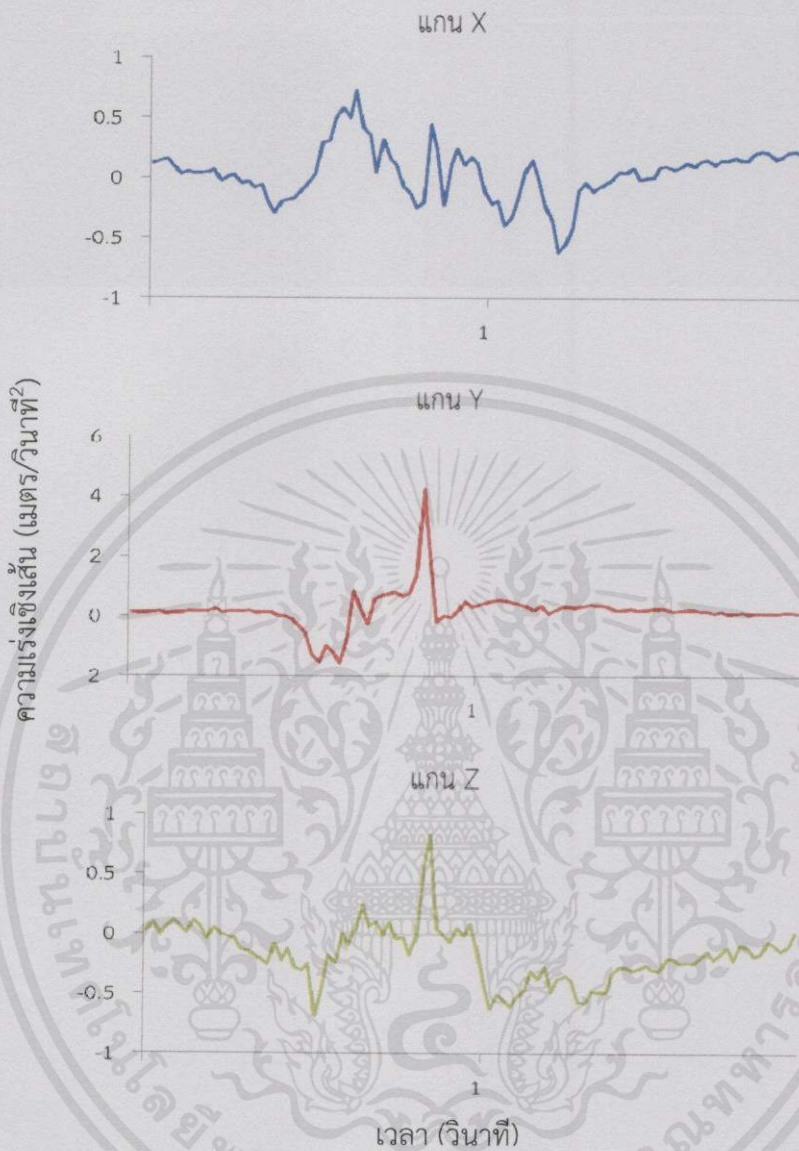


รูปที่ 4.2 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นของการวิ่งในแนวแกน X, Y และ Z

จากรูปที่ 4.2 เป็นตัวอย่างของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นที่ได้จากการทดลองวิ่งบนพื้นราบ ทำให้ทั้ง 3 แนวแกน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทาง ซึ่งการวิ่งจะมีการสั่นไหวในเวลาที่ช่วงแคบมากกว่าการเดิน เพราะ ช่วงก้าวของการวิ่งนั้นเร็วกว่าการเดิน และเมื่อพิจารณาความเร่งที่แนวแกน Y ซึ่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเร่งเชิงเส้นมากที่สุด จะพบว่าจุดความเร่งเชิงเส้นต่ำสุด จะมีความสม่ำเสมอมากกว่าจุดความเร่งเชิงเส้นสูงสุด โดยจุดความเร่งเชิงเส้นต่ำสุด จะมีความเร่งที่ต่ำกว่า  $-8$  เมตร/วินาที<sup>2</sup> ลงไป และมีระยะห่างระหว่างจุดความเร่งเชิงเส้นต่ำสุด อยู่  $0.142 \pm 0.008$  วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

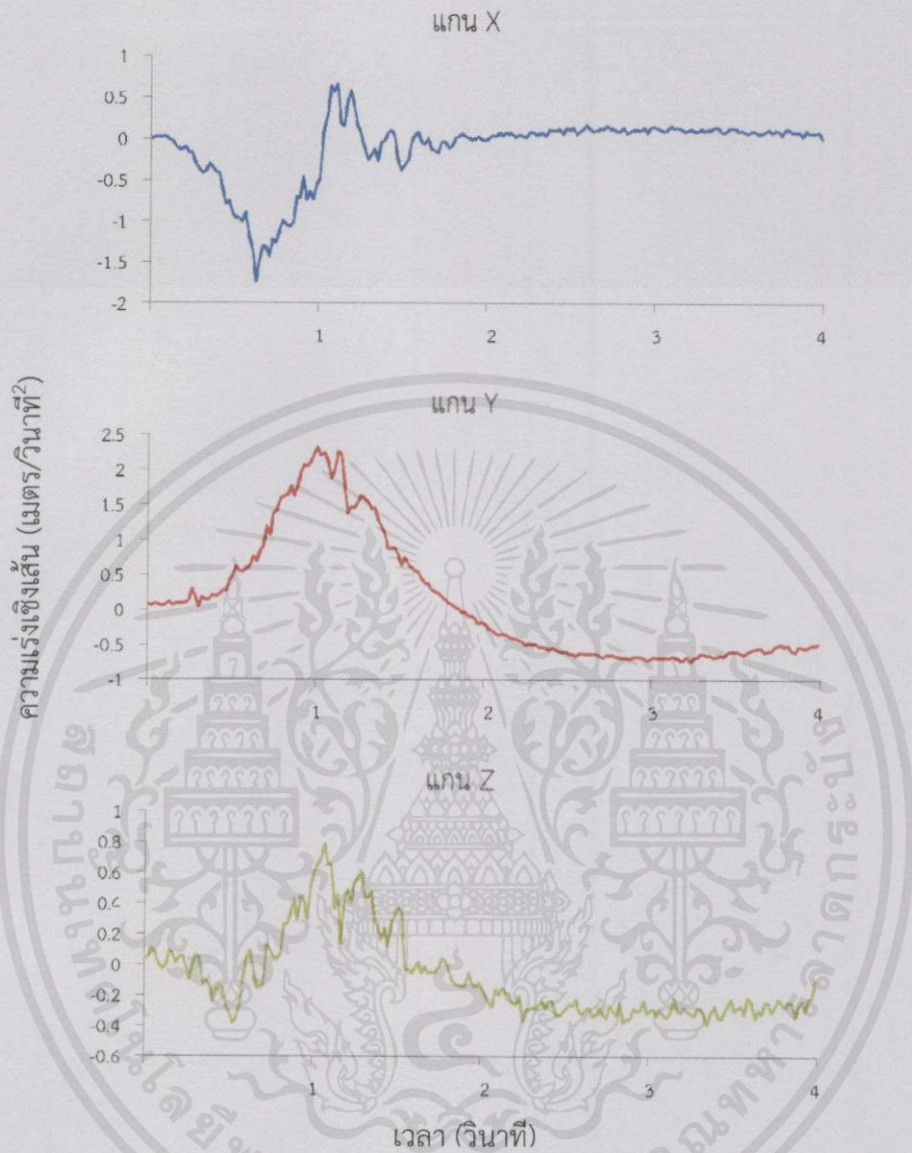
### 4.1.3 การนั่ง



รูปที่ 4.3 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นของการนั่งในแนวแกน X, Y และ Z

จากรูปที่ 4.3 เป็นตัวอย่างของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นที่ได้จากการทดลองนั่งบนเก้าอี้ความสูงมาตรฐาน การนั่งเป็นลักษณะที่แตกต่างโดยสิ้นเชิงกับการเดินและการวิ่ง เนื่องจากระหว่างนั่งแทบจะไม่มี การเคลื่อนไหว ซึ่งทั้ง 3 แนวแกนยังไม่มี การเปลี่ยนแปลงทิศทางเกิดขึ้นเช่นกัน และเมื่อพิจารณาความเร่ง ที่แนวแกน Y ซึ่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเร่งเชิงเส้นมากที่สุด จะพบว่าจุดความเร่งเชิงเส้นสูงสุด และจุดความเร่งเชิงเส้นต่ำสุด จะมีระยะห่างที่น้อยมาก หรือ จุดความเร่งเชิงเส้นทั้งสองอาจอยู่ติดกัน และ จะมีจุดความเร่งเชิงเส้นที่ต่ำรองลงมาอีก 1 จุดตามมา ทำให้เป็นลักษณะเด่นของรูปแบบสัญญาณนี้ที่จะ เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในการนั่ง 1 ครั้ง โดยจุดความเร่งเชิงเส้นสูงสุด จะมีความเร่งเชิงเส้นที่มากกว่า 3 เมตร/วินาที<sup>2</sup> ขึ้นไป และมีระยะห่างระหว่างจุดความเร่งเชิงเส้นสูงสุดกับจุดความเร่งเชิงเส้นต่ำสุด อยู่  $0.032 \pm 0.012$  วินาที

#### 4.1.4 การนอน

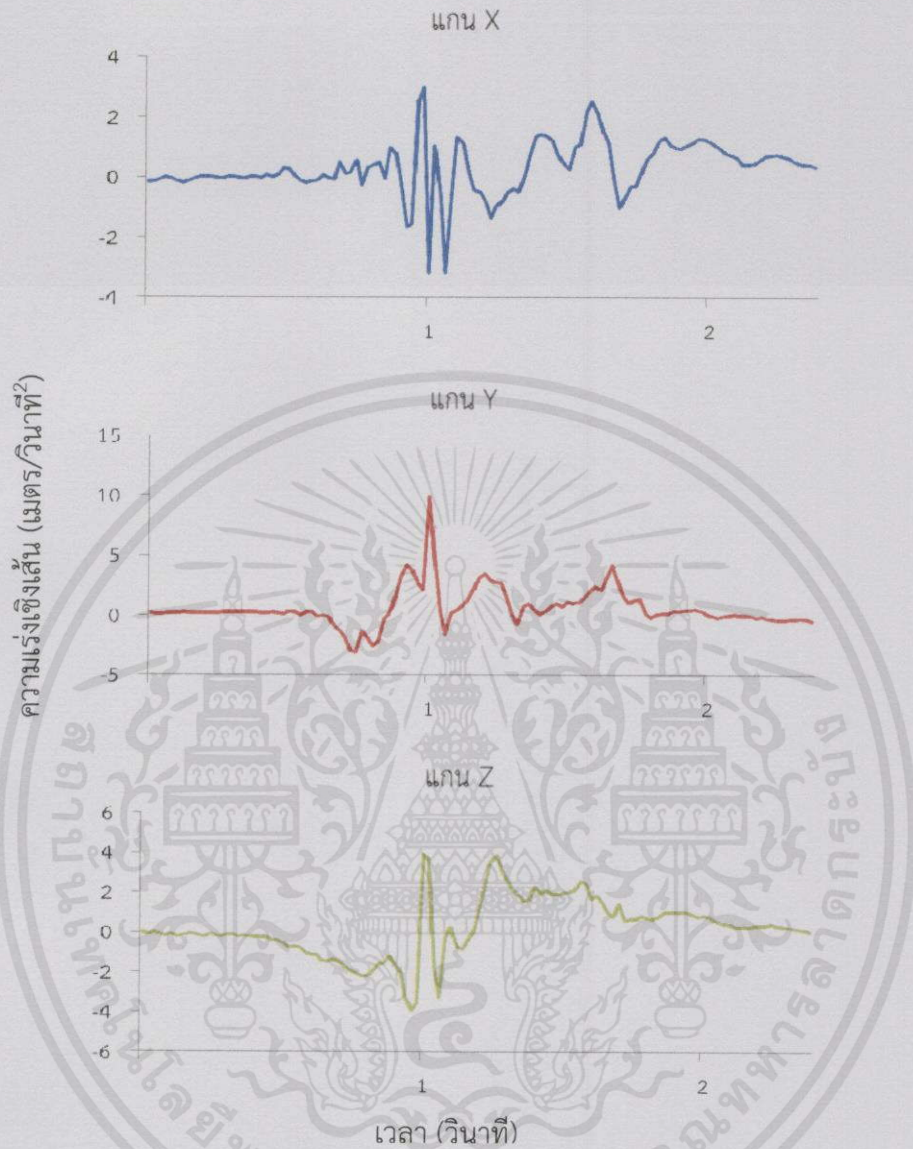


รูปที่ 4.4 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นของการนอนในแนวแกน X, Y และ Z

จากรูปที่ 4.4 เป็นตัวอย่างของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นที่ได้จากการทดลองนอน ซึ่งการนอนจะทำให้แนวแกนทั้ง 3 แนวแกน เปลี่ยนทิศทาง และเมื่อพิจารณาความเร่งที่แนวแกน Y ซึ่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเร่งมากที่สุด จะพบว่าลักษณะกราฟคล้ายรูปประฆังคว่ำ (Bell Curve) และมีระยะห่างระหว่างจุดความเร่งเชิงเส้นสูงสุดกับจุดความเร่งเชิงเส้นที่ศูนย์ อยู่  $0.704 \pm 0.167$  วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.5 การล้มน

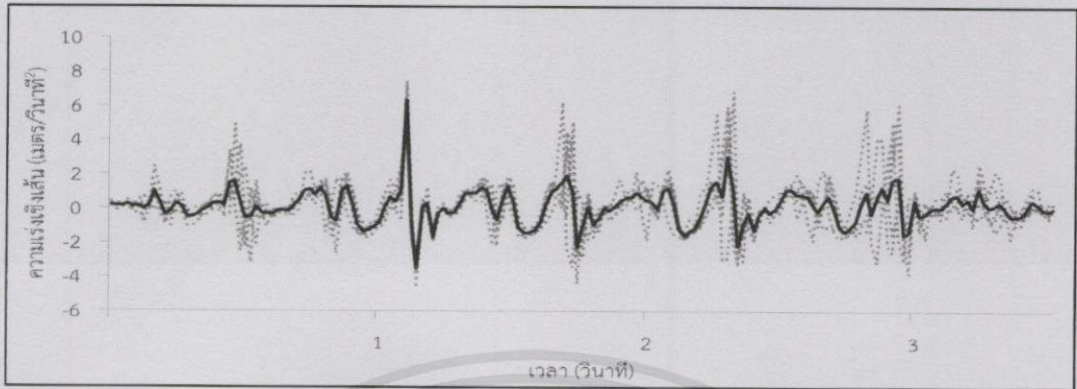


รูปที่ 4.5 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นของการนอนในแนวแกน X, Y และ Z

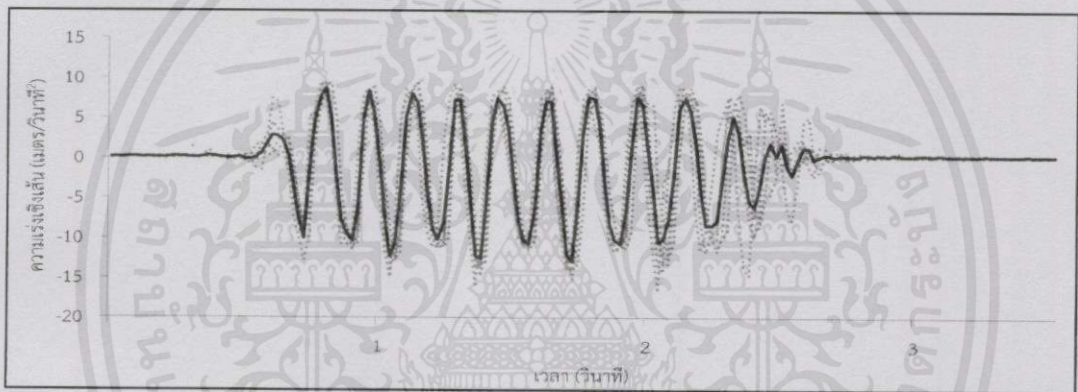
จากรูปที่ 4.5 เป็นตัวอย่างของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นที่ได้จากการทดลองล้มน เมื่อพิจารณาความเร่งที่แนวแกน Y ซึ่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเร่งมากที่สุด จะพบว่าจุดความเร่งเชิงเส้นสูงสุดจะมีค่าความเร่งเชิงเส้นที่สูงมากกว่ากิจกรรมอื่นๆ ที่ได้กล่าวไป หรือ มีความเร่งที่มากกว่า 8 เมตร/วินาที<sup>2</sup> ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

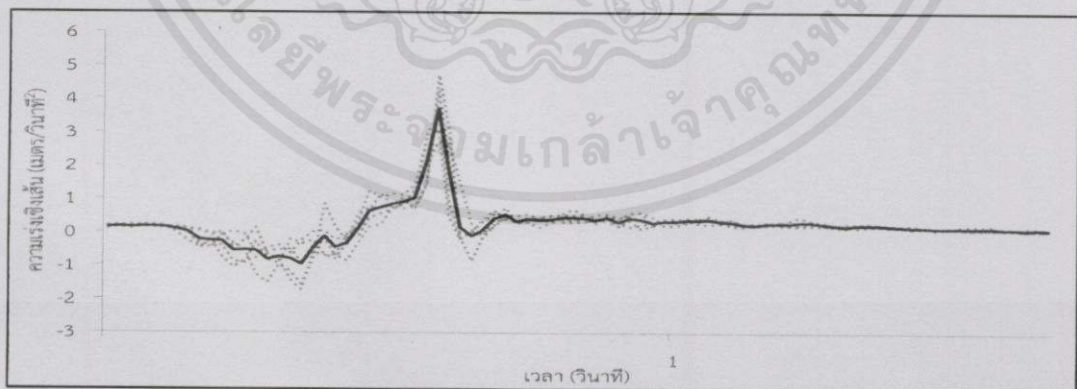
จากรูปที่ 4.6 ถึง รูปที่ 4.10 แสดงรูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในแต่ละกิจกรรม คือ การเดิน การวิ่ง การนั่ง การนอน และการล้ม ที่ได้จากการทดลองกิจกรรมละ 5 ครั้ง



รูปที่ 4.6 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการเดิน

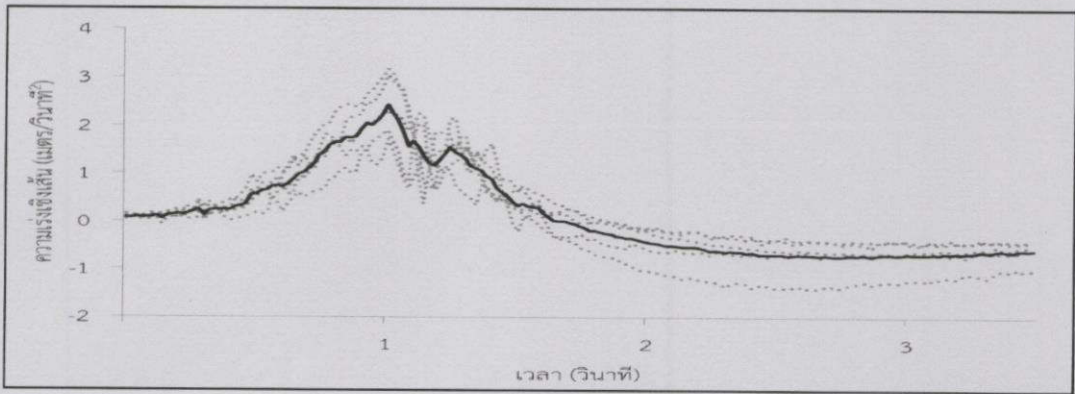


รูปที่ 4.7 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการวิ่ง

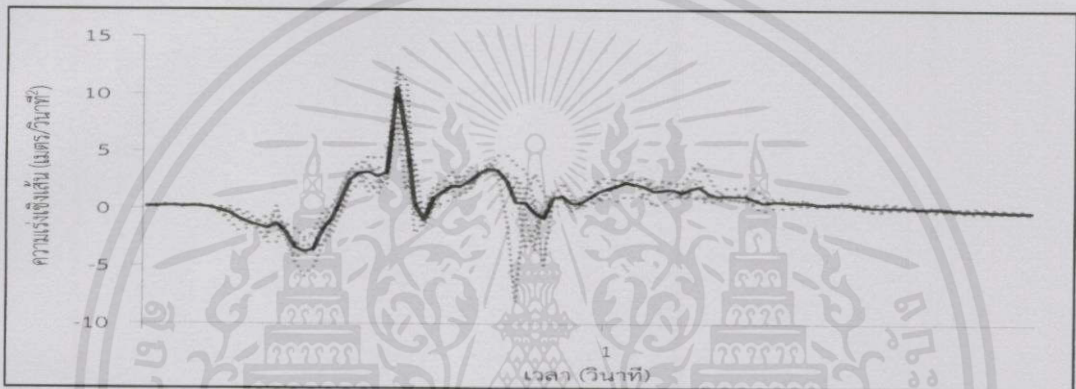


รูปที่ 4.8 รูปแบบของสัญญาณความเร่งเชิงเส้นในการนั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 รูปแบบของสัญญาณความแรงเชิงเส้นในการนอน



รูปที่ 4.10 รูปแบบของสัญญาณความแรงเชิงเส้นในการล้ม

#### 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการเคลื่อนไหวแต่ละกิจกรรม

จากตารางที่ 4.1 นี้ แสดงค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกิจกรรมการเดิน การวิ่ง การนั่ง การนอน และการล้ม จากผู้ทดลองทั้งหมด 10 คน โดยการเดิน การนั่ง การนอน และการล้ม จะพิจารณาจากความแรงเชิงเส้นที่จุดความแรงเชิงเส้นสูงสุด ส่วนการวิ่ง จะพิจารณาจากความแรงเชิงเส้นที่จุดความแรงเชิงเส้นต่ำสุด

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกิจกรรม

ครั้งที่ทดลอง	ความแรงเชิงเส้น (เมตร/วินาที <sup>2</sup> ) ในแนวแกน Y				
	การเดิน	การวิ่ง	การนั่ง	การนอน	การล้ม
1	5.15 (1.50)	-11.28 (1.93)	4.66 (2.05)	2.63 (0.70)	9.89 (1.50)
2	5.05 (1.38)	-11.28 (2.20)	3.87 (1.52)	2.84 (0.62)	9.89 (2.32)
3	5.35 (1.51)	-11.11 (2.23)	5.01(2.39)	2.98 (0.83)	11.00 (2.23)
4	5.54 (1.29)	-11.25 (2.02)	4.43 (1.55)	2.67 (0.94)	10.46 (1.86)
5	5.15 (1.24)	-11.53 (1.99)	4.50 (2.45)	2.50 (0.76)	11.48 (2.17)
ค่าเฉลี่ย	5.25 (1.39)	-11.29 (2.07)	4.49 (1.98)	2.78 (0.87)	10.54 (2.05)

จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกิจกรรม มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า ลักษณะการเคลื่อนไหวของผู้ทดลองแต่ละคนจะมีความคล้ายคลึงกัน จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way ANOVA) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของแต่ละคน มีความแตกต่างกันหรือไม่ ที่ช่วงความเชื่อมั่น เท่ากับ 95%

ตารางที่ 4.2 ระดับนัยสำคัญ (p-value) ของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม	ระดับนัยสำคัญ
การเดิน	0.3947
การวิ่ง	0.2421
การนั่ง	0.7918
การนอน	0.6854
การล้ม	0.3367

จากตารางที่ 4.2 สามารถสรุปได้ว่า ระดับนัยสำคัญที่ได้ของแต่ละกิจกรรมที่ได้จากการทดลอง มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าลักษณะการเคลื่อนไหวของผู้ทดลองแต่ละคนจะมีความคล้ายคลึงกัน ทำให้สามารถนำข้อมูลค่าความเร่งเชิงเส้นต่างๆนี้มาวิเคราะห์หาเงื่อนไขข้อควรระวังต่อไปได้

#### 4.3 การตรวจจับการเคลื่อนไหวแต่ละกิจกรรม

การตรวจจับการเคลื่อนไหวของแอปพลิเคชัน TH 3AXIS นี้ จะประกอบไปด้วยการตรวจจับการยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง ซึ่งสามารถทำการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันนี้ โดยอาศัยการทดลอง ซึ่งวิธีการทดลองมีรายละเอียดสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ใส่สมาร์ตโฟนลงในสายรัด ที่คาดกับตำแหน่งสะโพกด้านขวา หลังจากนั้นกดปุ่มเริ่มเพื่อให้แอปพลิเคชันทำงาน
2. เริ่มทำกิจกรรมต่างๆ โดยกิจกรรมที่ใช้ในการทดลอง คือ การยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง
  - กำหนดให้
    - ทดลองการเดินและการวิ่งบนพื้นเรียบ จำนวนกิจกรรมละ 10 ก้าว
    - ทดลองการยืนนิ่ง ใช้เวลาครั้ง 10 วินาที
3. ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง โดยผู้ทดลองจำนวน 6 คน คือ ชาย 2 คน และ หญิง 4 คน มีอายุเฉลี่ย  $21.33 \pm 2.33$  ปี น้ำหนัก  $48.83 \pm 8.83$  กิโลกรัม และส่วนสูง  $165.67 \pm 12.33$  เซนติเมตร โดยการทดลองเป็นแบบสุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และมีเวลาพักเพียงพอระหว่างกิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การสุ่มกิจกรรมการเคลื่อนไหว

การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3
การเดิน	การยืนนิ่ง	การวิ่ง
การวิ่ง	การวิ่ง	การยืนนิ่ง
การวิ่ง	การยืนนิ่ง	การวิ่ง
การยืนนิ่ง	การเดิน	การยืนนิ่ง
การเดิน	การยืนนิ่ง	การเดิน
การยืนนิ่ง	การวิ่ง	การยืนนิ่ง
การวิ่ง	การเดิน	การเดิน
การยืนนิ่ง	การเดิน	การวิ่ง
การเดิน	การวิ่ง	การเดิน

4. ประเมินประสิทธิภาพการตรวจจับในแต่ละกิจกรรม โดยพิจารณาจาก ค่าความไวในการตรวจจับ (Sensitivity) ค่าความจำเพาะเจาะจง (Specificity) และค่าความแม่นยำ (Accuracy) และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดชนิดที่ 1 ( $\alpha$ ) และความผิดพลาดชนิดที่ 2 ( $\beta$ ) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ถึง ตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการใช้งานแอปพลิเคชันของการยืนนิ่ง

ผู้ทดลอง	แอปพลิเคชันแสดงการยืนนิ่ง		แอปพลิเคชันไม่แสดงการยืนนิ่ง	
	เกิดการยืนนิ่ง	ไม่เกิดการยืนนิ่ง	เกิดการยืนนิ่ง	ไม่เกิดการยืนนิ่ง
คนที่ 1	1201	11	0	1384
คนที่ 2	583	23	34	1281
คนที่ 3	566	10	47	1410
คนที่ 4	665	1	0	1292
คนที่ 5	845	44	10	1351
คนที่ 6	491	7	19	1354
รวม	4351	96	110	8072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจจับการยีนนิ่ง

ผู้ทดลอง	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจจับการยีนนิ่ง	
	ความผิดพลาดชนิดที่ 1 ( $\alpha$ )	ความผิดพลาดชนิดที่ 2 ( $\beta$ )
คนที่ 1	0	0.91
คนที่ 2	2.59	3.80
คนที่ 3	3.23	1.74
คนที่ 4	0	0.15
คนที่ 5	0.73	4.95
คนที่ 6	1.38	1.41
เฉลี่ย	1.32	2.16

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการใช้งานแอปพลิเคชันของการเดิน

ผู้ทดลอง	แอปพลิเคชันแสดงการเดิน		แอปพลิเคชันไม่แสดงการเดิน	
	เกิดการเดิน	ไม่เกิดการเดิน	เกิดการเดิน	ไม่เกิดการเดิน
คนที่ 1	909	4	19	1711
คนที่ 2	876	67	26	974
คนที่ 3	948	51	10	1024
คนที่ 4	841	0	3	1068
คนที่ 5	913	13	44	1280
คนที่ 6	885	32	12	942
รวม	5372	167	114	6999

ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจจับการเดิน

ผู้ทดลอง	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจจับการเดิน	
	ความผิดพลาดชนิดที่ 1 ( $\alpha$ )	ความผิดพลาดชนิดที่ 2 ( $\beta$ )
คนที่ 1	1.10	0.44
คนที่ 2	2.60	7.10
คนที่ 3	0.97	5.11
คนที่ 4	0.28	0
คนที่ 5	3.32	1.40
คนที่ 6	1.26	3.49
เฉลี่ย	1.59	2.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการใช้งานแอปพลิเคชันของการวิ่ง

ผู้ทดลอง	แอปพลิเคชันแสดงการวิ่ง		แอปพลิเคชันไม่แสดงการวิ่ง	
	เกิดการวิ่ง	ไม่เกิดการวิ่ง	เกิดการวิ่ง	ไม่เกิดการวิ่ง
คนที่ 1	510	0	4	2129
คนที่ 2	394	3	8	1538
คนที่ 3	458	0	2	1571
คนที่ 4	446	2	2	1507
คนที่ 5	435	0	3	1812
คนที่ 6	451	5	13	1402
รวม	2694	10	32	9959

ตารางที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจจับการวิ่ง

ผู้ทดลอง	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจจับการวิ่ง	
	ความผิดพลาดชนิดที่ 1 ( $\alpha$ )	ความผิดพลาดชนิดที่ 2 ( $\beta$ )
คนที่ 1	0.19	0
คนที่ 2	0.52	0.76
คนที่ 3	0.13	0
คนที่ 4	0.13	0.45
คนที่ 5	0.17	0
คนที่ 6	0.92	1.10
เฉลี่ย	0.34	0.38

ผลการทดลองพบว่าเงื่อนไขในการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ใช้นั้น ดังแสดงในตารางที่ 4.10 ทำให้ทราบประสิทธิภาพของเงื่อนไขในการตรวจจับการเคลื่อนไหวแต่ละกิจกรรม และตารางที่ 4.11 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดแต่ละกิจกรรมการเคลื่อนไหว ดังนี้

ตารางที่ 4.10 เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการตรวจจับการเคลื่อนไหวในแต่ละกิจกรรม

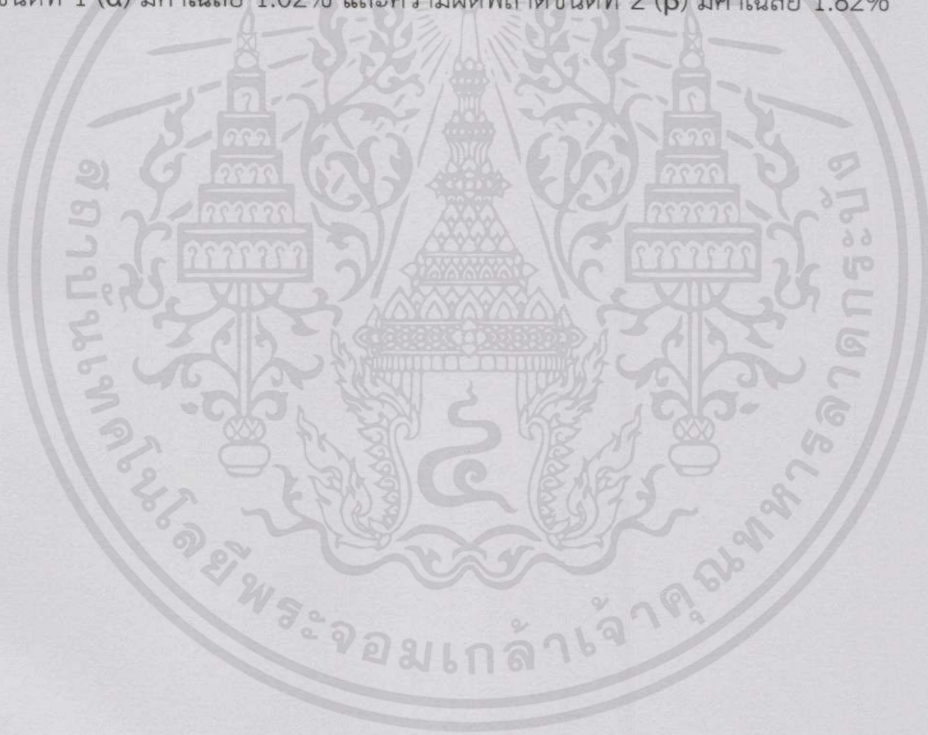
กิจกรรม	การยืนนิ่ง	การเดิน	การวิ่ง	เฉลี่ย
ความไวในการตรวจจับ	97.53	97.92	98.83	98.09
ความจำเพาะเจาะจง	98.82	97.67	99.9	98.80
ความแม่นยำ	98.37	97.78	99.67	98.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 เปอร์เซนต์ความผิดพลาดชนิดที่ 1 ( $\alpha$ ) หรือ Type I error  
และเปอร์เซนต์ความผิดพลาดชนิดที่ 2 ( $\beta$ ) หรือ Type II error

	การยืนนิ่ง	การเดิน	การวิ่ง	เฉลี่ย
ความผิดพลาดชนิดที่ 1 ( $\alpha$ )	1.12	1.59	0.34	1.02
ความผิดพลาดชนิดที่ 2 ( $\beta$ )	2.16	2.92	0.38	1.82

จากการทดลองใช้แอปพลิเคชันพบว่าประสิทธิภาพของการตรวจจับการเคลื่อนไหวของทั้ง 3 กิจกรรม มีค่ามากกว่า 97% โดยพิจารณาจากทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณ ประกอบด้วย ความไวในการตรวจจับ มีค่าเฉลี่ย 98.09% ความจำเพาะเจาะจง มีค่าเฉลี่ย 98.80% และความแม่นยำ มีค่าเฉลี่ย 98.61% โดยทุกฟังก์ชันของแอปพลิเคชันการตรวจจับการเคลื่อนไหวนี้สามารถนำไปใช้ได้จริง แต่ยังมี ความผิดพลาดในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของทั้ง 3 กิจกรรมเกิดขึ้น ซึ่งความผิดพลาดในการตรวจจับการเคลื่อนไหว มี 2 ประเภท คือ ความผิดพลาดชนิดที่ 1 ( $\alpha$ ) และความผิดพลาดชนิดที่ 2 ( $\beta$ ) พบว่าความผิดพลาดชนิดที่ 1 ( $\alpha$ ) มีค่าเฉลี่ย 1.02% และความผิดพลาดชนิดที่ 2 ( $\beta$ ) มีค่าเฉลี่ย 1.82%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจจับการเคลื่อนไหว (TH 3AXIS Application) ในเวอร์ชันภาษาไทย บนสมาร์ตโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ทำให้สมาร์ตโฟนเป็นอุปกรณ์ทางเลือกในการตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยการประยุกต์ใช้สมาร์ตโฟนที่รองรับเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น (Linear Acceleration Sensor) มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ทางผู้จัดทำได้มีการออกแบบแอปพลิเคชันการตรวจจับการเคลื่อนไหว ประกอบด้วย 3 ฟังก์ชันการทำงาน คือ การตรวจจับการยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง นอกจากนี้งานปริญญานิพนธ์ได้มีการหารูปแบบของสัญญาณความเร่งในการเคลื่อนไหว 5 กิจกรรม ได้แก่ การเดิน การวิ่ง การนั่ง การนอน และการล้ม ซึ่งแอปพลิเคชันสามารถส่งข้อมูลค่าความเร่งเชิงเส้น ในรูปแบบของสัญญาณความเร่งทั้ง 3 แนวแกน และรูปแบบเชิงตัวเลข และสามารถทำการวิเคราะห์กิจกรรม การยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง ซึ่งแสดงผลออกมาในรูปแบบภาพกราฟิก เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ

จากการทดลองใช้แอปพลิเคชันตรวจจับการเคลื่อนไหวทั้ง 3 กิจกรรม คือ การยืนนิ่ง การเดิน และการวิ่ง พบว่ามีประสิทธิภาพการตรวจจับการเคลื่อนไหว มากกว่า 97% และมีความผิดพลาดในการตรวจจับการเคลื่อนไหว น้อยกว่า 2% ซึ่งแอปพลิเคชันนี้สามารถนำไปใช้ได้จริง แต่ยังคงมีความผิดพลาดเกิดขึ้นอยู่บ้าง

#### 5.2 ข้อจำกัด

5.2.1 ความผิดพลาดในการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่เกิดในช่วงระยะเริ่มการเคลื่อนไหว (Transition Time) ในแต่ละกิจกรรมการเคลื่อนไหว เช่น การเริ่มกิจกรรมการวิ่ง ซึ่งแอปพลิเคชันจะตรวจจับการเคลื่อนไหวและแสดงผลลัพธ์เป็นสัญลักษณ์ของการเดิน ในช่วงแรกของการวิ่ง นอกจากนี้ยังมีความผิดพลาดในการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่เกิดในช่วงการเคลื่อนไหวในสถานะที่ไม่สม่ำเสมอ (Non-Steady State) หรือ ช่วงที่มีการทำกิจกรรมต่างๆ ต่อเนื่องกัน เช่น การยืนนิ่ง-การเดิน การยืนนิ่ง-การวิ่ง หรือ การเดิน-การวิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 5.1 เป็นต้น ซึ่งช่วงระหว่างกิจกรรมทั้งสอง แอปพลิเคชันยังไม่สามารถแยกกิจกรรมการเคลื่อนไหวได้ แต่ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เกิดเพียงเล็กน้อย ในระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1 ช่วงที่มีการทำกิจกรรมการวิ่ง ต่อจากการเดิน

5.2.2 เวลาในการตรวจจับการเคลื่อนไหว สามารถตรวจจับและบันทึกข้อมูลได้ภายใน 4 นาที และหลังจากนั้นแอปพลิเคชันจะหยุดการทำงาน เนื่องจากข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้มีจำนวนมาก

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การนำเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงมุม (Gyroscope Sensor) มาใช้ควบคู่กับเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น เพื่อลดข้อผิดพลาดในการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่เกิดในช่วงระยะเริ่มการเคลื่อนไหวในแต่ละกิจกรรม และลดข้อผิดพลาดในการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่เกิดในช่วงที่มีการทำกิจกรรมต่างๆ ต่อเนื่องกัน เช่น ช่วงที่มีการทำกิจกรรมการวิ่ง ต่อจากการเดิน เป็นต้น

5.3.2 การสร้างเงื่อนไขการตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยใช้การคำนวณเวกเตอร์ความเร่งรวม (Sum Vector Magnitude) ดังแสดงในสมการที่ 5.1 ซึ่งเป็นเงื่อนไขในการตรวจจับการเคลื่อนไหว ซึ่งจะช่วยให้การตรวจจับการเคลื่อนไหวมีประสิทธิภาพมากขึ้น และป้องกันการเปลี่ยนทิศทางของความเร่ง ที่จากเดิม พิจารณาแค่ความเร่งในแนวแกน Y เท่านั้น

$$A = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (5.1)$$

เมื่อ A คือ ความเร่งรวม (เมตร/วินาที<sup>2</sup>)  
x<sup>2</sup> คือ ความเร่งในแนวแกน x (เมตร/วินาที<sup>2</sup>)  
y<sup>2</sup> คือ ความเร่งในแนวแกน y (เมตร/วินาที<sup>2</sup>)  
z<sup>2</sup> คือ ความเร่งในแนวแกน z (เมตร/วินาที<sup>2</sup>)

5.3.3 การปรับปรุงโครงสร้างการเขียนแอปพลิเคชันในโปรแกรมแอนดรอยด์ สตูดิโอ ส่วนของโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูล เพื่อให้สามารถรองรับการจัดเก็บข้อมูลได้มากขึ้น

### 5.4 งานในอนาคต

5.4.1 การเพิ่มความสามารถในการตรวจจับการเคลื่อนไหวต่างๆ ให้มากขึ้น โดยการวิเคราะห์และสร้างเงื่อนไขการตรวจจับการเคลื่อนไหวต่างๆ เช่น การนั่ง การนอน การล้ม เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายกลุ่มมากขึ้น เช่น ผู้ป่วยสูงอายุในโรงพยาบาล ในแผนกกายภาพบำบัด ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มความสะดวกในการทำงานของผู้ดูแล หรือ นางพยาบาล ที่สามารถตรวจสอบการท่ากายภาพของผู้ป่วยได้ เมื่อไม่ได้ดูแลผู้สูงอายุตลอดเวลา ซึ่งแอปพลิเคชันนี้จะมีส่วนช่วยในการตรวจจับการท่ากายภาพบำบัดของการเดิน และการวิ่ง นอกจากนี้ แอปพลิเคชันนี้ยังมีส่วนช่วยในการตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุของคณงานที่ทำงานในเมือง หรือ ในอุโมงค์ลึก ที่มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ หรือประสบอันตราย โดยที่ผู้อื่นไม่สามารถสังเกตเห็น หรือ ดูแลได้ตลอดเวลา แอปพลิเคชันจะแสดงสัญญาณความเร่งตลอด เมื่อคณงานปฏิบัติงาน แต่เมื่อใดที่คณงานเกิดอุบัติเหตุ หรือล้มลงไป สัญญาณความเร่งที่ปรากฏในแอปพลิเคชันจะนิ่งหรือ ค่าความเร่งเชิงเส้นเข้าใกล้ศูนย์ จะสามารถเตือนให้ผู้ที่ดูแล หรือผู้สังเกตการณ์บนหน้าจอบนคอมพิวเตอร์ ที่แอปพลิเคชันได้ทำการเชื่อมต่อข้อมูลนั้นได้ทราบ เป็นต้น

5.4.2 การเชื่อมต่อข้อมูลหรือการแสดงผลลัพธ์ของหน้าจอบนแอปพลิเคชัน ให้สามารถแสดงข้อมูลมายังคอมพิวเตอร์ได้ โดยให้มีความล่าช้าในการแสดงข้อมูลน้อยที่สุด

## บรรณานุกรม

- จักรชัย โสอินทร์ และ พงษ์ศธร จันทร์ยอย, 2554. Basic Android App Development. หนองคาย : สำนักพิมพ์ ไอดีซี พรีเมียร์, บจก.
- พิสุทธา อารีราษฎร์, 2555. Smartphone. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2558. จากหลักสูตรไอทีสำหรับผู้บริหาร, เว็บไซต์: [http://pisutta.ning.com/group/ict\\_4\\_manager/forum/topics/4-smart-phone?xg\\_source=activity](http://pisutta.ning.com/group/ict_4_manager/forum/topics/4-smart-phone?xg_source=activity)
- วสุวัฒน์ กิตติสมประยูรกุล, 2552. การล้มและการป้องกัน. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2558, เว็บไซต์: [http://medinfo2.psu.ac.th/cancer/db/news\\_ca.php?newsID=106&typeID=20](http://medinfo2.psu.ac.th/cancer/db/news_ca.php?newsID=106&typeID=20)
- ศุภศิลป์ กุลจิตต์เจี๊วงค์, 2555. โทรศัพท์มือถืออัจฉริยะ ทศวรรษใหม่ของนวัตกรรมการสื่อสารแห่งอนาคต. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2558, เว็บไซต์: <http://www.ejournal.su.ac.th/upload/560.pdf>
- สารบัญบทความแอนดรอยด์, 2556. การใช้งาน Accelerometer. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2558, เว็บไซต์: <http://www.akexorcist.com/2013/03/android-code-accelerometer.html>
- สุชาดา พลาชัยภรณ์มศิลป์, 2553. แนวโน้มการใช้โมบายแอปพลิเคชัน. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2558, เว็บไซต์: [http://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive\\_journal/oct\\_dec\\_11/pdf/aw018.pdf](http://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive_journal/oct_dec_11/pdf/aw018.pdf)
- สุธิ สัทศัน ฌ อยุธยา, กายวิภาคศาสตร์ระบบการเคลื่อนไหว (Anatomy of the Locomotors System), คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2533.
- Biomedical Engineering, 2011. ลักษณะโครงสร้างของเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2558, เว็บไซต์: <http://zygomatca.exteen.com/20100727/sensor>
- PANOMKORN, 2013. ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2558, เว็บไซต์: <https://panomkorn.wordpress.com/2013/07/26/ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์-android/>
- Putruksa Pattanasiri, 2013. การเคลื่อนไหวร่างกาย. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2558, เว็บไซต์: [http://putruksa.blogspot.com/2013/04/blog-post\\_10.html](http://putruksa.blogspot.com/2013/04/blog-post_10.html)
- Settawut Namkam, 2013. การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Java. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2558, เว็บไซต์: <http://settawut123456.blogspot.com/2013/05/java.html>
- THAICREATE.COM, 2015. แอนดรอยด์ สตูดิโอ. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2558, เว็บไซต์: <http://www.thaicreate.com/mobile/android-studio-ide.html>
- Wikipedia, 2015. Detection theory. วันที่สืบค้น 26 เมษายน 2558, เว็บไซต์: [http://en.wikipedia.org/wiki/Detection\\_theory](http://en.wikipedia.org/wiki/Detection_theory)
- Williams, G.; Doughty, K; Cameron, K.; Bradley, D.A. A smart fall and activity monitor for telecare applications. In Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Hong Kong, 29 October–1 November 1998; pp. 1151-1154.