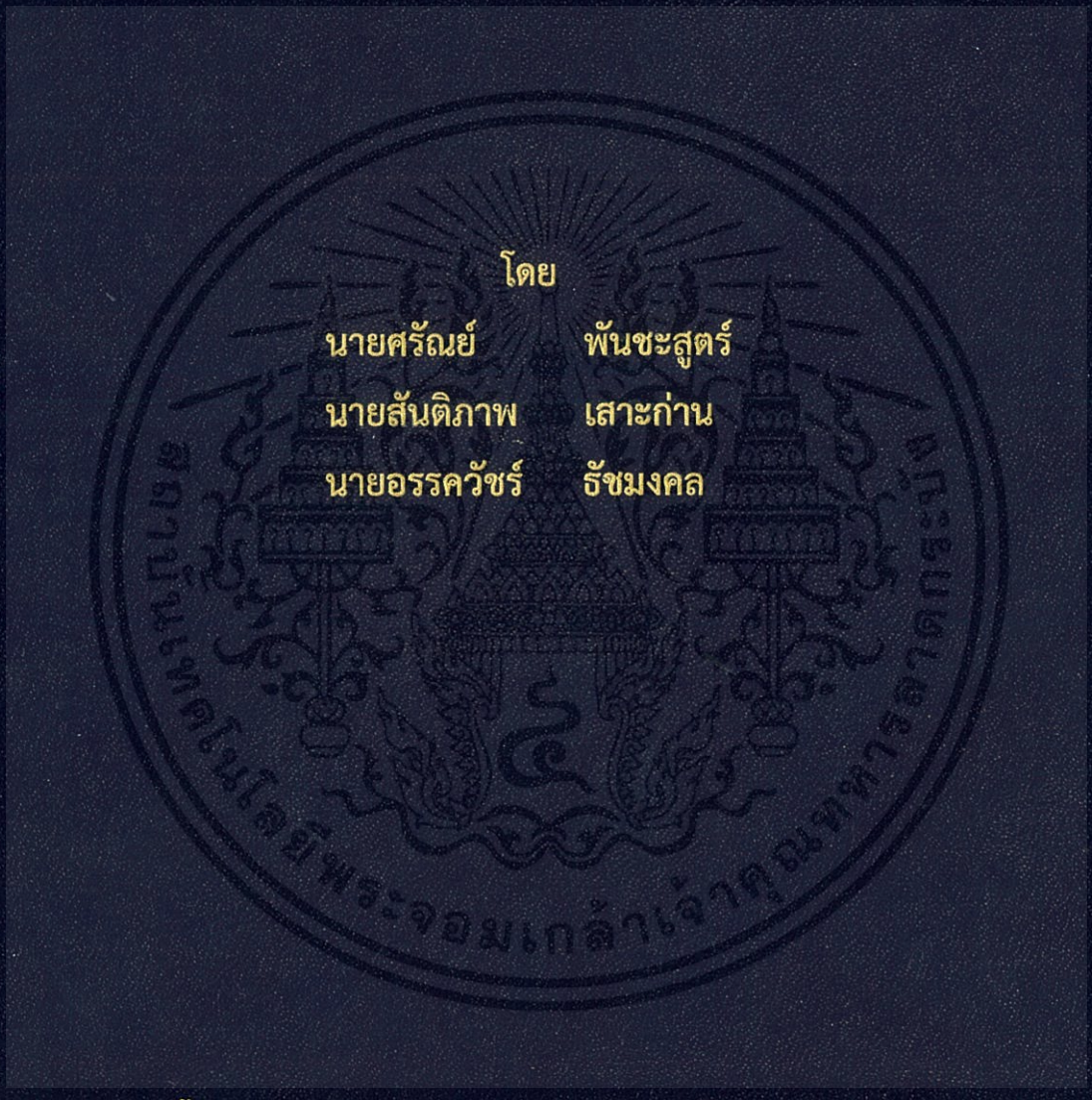
อุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง
RUNNING TRACKING AND MONITORING DEVICE

โดย

นายศรัณย์ พันชะสูตร

นายสันติภาพ เสาะก่าน

นายอรรควัชร์ ธัชมงคล



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

อุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง

RUNNING TRACKING AND MONITORING DEVICE

โดย

นายศรัณย์	พันชะสูตร	58011194
นายสันติภาพ	เสาะก่าน	58011293
นายอรรควัชร์	ธัชมงคล	58011423

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ชูวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษา

17/พ.ค./62

KMITL วิศวกรรมโทรคมนาคม Telecommunications Engineering

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(.....)

กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน

17/พ.ค./62

KMITL วิศวกรรมโทรคมนาคม Telecommunications Engineering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง

RUNNING TRACKING AND MONITORING DEVICE

ผู้จัดทำ

1.	นายศรัณย์	พันชะสูตร์	58011194
2.	นายสันติภาพ	เสาะก่าน	58011293
3.	นายอรรควัชร์	ธัชมงคล	58011423

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. ชูวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ รศ.ดร. ชูวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์ ที่ให้คำแนะนำ แนวคิด คำสั่งสอน ให้ความรู้ความเข้าใจตลอดระยะเวลาที่ทำโครงงานนี้ ขอขอบพระคุณท่านในความห่วงใยและความหวังดีที่ให้แก่ผู้จัดทำเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณพี่ทุกท่านในห้องปฏิบัติการทดลองและวิจัยที่ช่วยให้คำปรึกษา ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และคำแนะนำอย่างดีมาโดยตลอด ขอขอบคุณสถานที่ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกเรื่องสถานที่ให้สามารถทำโครงงานนี้จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณท่านอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้จัดทำ

นายศรัณย์ พันชะสูตร
นายสันติภาพ เสาะก่าน
นายอรรควัชร์ ธัชมงคล
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง
RUNNING TRACKING AND MONITORING DEVICE

โดย นายศรัณย์ พันชะสูตร 58011194
นายสันติภาพ เสาะก่าน 58011293
นายอรรควัชร์ ธัชมงคล 58011423

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ชูวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเซนเซอร์กลุ่ม IMU (Inertial Measurement Unit) มาศึกษาและประยุกต์ใช้โดยการออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดการวิ่งโดยใช้เซนเซอร์ดังกล่าว แล้วนำไปประมวลผลและแสดงผลผ่านแอพพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นผ่าน Bluetooth ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพการวิ่งในแต่ละวัน และหาความสัมพันธ์ของค่า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกายได้

ABSTRACT

This Thesis aims to study about IMU (Inertial Measurement Unit) sensor and application to design a Running Tracking and Monitoring Device. The purpose is to analyze the pace characteristics and display the result on our developed application by transferring data via Bluetooth. Result achieved from device can use to be analyzed running performance and find a meaning of value changed in each day to improve for better performance in exercise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		III
สารบัญรูป		VI
สารบัญตาราง		VIII
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	**2**
	2.1 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	2
	2.1.1 Arduino ESP8266 WeMos D1 R2	2
	2.1.2 MPU-6050 (GY-521)	4
	2.1.3 เซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ	8
	2.1.4 โมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่	9
	2.2 โปรแกรมที่ใช้งาน	12
	2.2.1 Arduino IDE	12
	2.2.2 Blynk	14
	2.2.3 MATLAB	15
	2.3 หลักการที่เกี่ยวข้อง	16
	2.3.1 ลักษณะการเดินของมนุษย์	16
	2.3.2 การตรวจจับก้าวเดินผ่านโมดูล GY-521	17
	2.3.3 การคำนวณค่าที่ใช้ในการบ่งบอกประสิทธิภาพการวิ่ง	18
	2.3.4 หลักการที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการวิ่ง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	2.3.5 หลักการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ	23
บทที่ 3	**หลักการทำงานและการออกแบบแอปพลิเคชัน**	**26**
	3.1 การออกแบบ	26
	3.1.1 การออกแบบระบบ	26
	3.1.2 การออกแบบอุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง	27
	3.1.3 การออกแบบหลักการตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง	27
	3.1.4 การออกแบบแอปพลิเคชัน	30
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	32
	3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการรับค่าและประมวลผล	33
	3.2.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการประมวลผล	35
	3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	36
	3.3.1 ทดสอบการทำงานของโมดูล MPU-6050	36
	3.3.2 การสังเกตพฤติกรรมการก้าวผ่านโปรแกรม MATLAB	36
	3.3.3 การทำงานของฟังก์ชันในแอพพลิเคชั่น	38
	3.3.4 การทดสอบการสังเกตพฤติกรรมการก้าว	39
	3.3.5 การนำค่าจากเซนเซอร์มาหาค่าพารามิเตอร์พื้นฐาน	39
	3.3.6 การหาค่าพารามิเตอร์ประสิทธิภาพการวิ่ง	39
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	**41**
	4.1 ผลการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ผ่านโปรแกรม MATLAB	41
	4.1.1 การระบุการก้าวจากค่าของเซนเซอร์	41
	4.1.2 ผลการทดลองตรวจสอบซีพจร	44
	4.2 ผลการทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันกับอุปกรณ์	48
	4.3 ผลการทดสอบการวัดประสิทธิภาพการวิ่ง	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	4.3.1 จำนวนก้าว ความเร็ว และระยะทาง	49
	4.3.2 อัตราการเต้นของหัวใจ และระดับความหนักการออกกำลังกาย	50
	4.3.3 การเผาผลาญของการออกกำลังกาย	52
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	**53**
	5.1 สรุปผล	53
	5.2 ข้อเสนอแนะ	54
บรรณานุกรม		**55**
ภาคผนวก	คำสั่งที่ใช้ในการประมวลผลบน Arduino ESP8266 WeMos D1 R2	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	บอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2	2
2.2	แผนภาพแสดงขาของบอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2	3
2.3	ผังวงจรของบอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2	5
2.4	MPU-6050 (GY-521)	6
2.5	แผนภาพแสดงขาของโมดูล MPU-6050	7
2.6	ผังวงจรของของโมดูล MPU-6050	8
2.7	เซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ	9
2.8	โมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่	10
2.9	ผังวงจรของโมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่	11
2.10	หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE 1.8.8	12
2.11	หน้าต่าง Serial Monitor	13
2.12	หน้าต่างการทำงานของแอพพลิเคชั่น Blynk	14
2.13	หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม MATLAB	15
2.14	ลักษณะการเดินของคนทั่วไป	16
2.15	องค์ประกอบเวกเตอร์ของการก้าวเดินเทียบกับเท้า	17
2.16	พัลส์ของสัญญาณหลังผ่านค่าการตัดสินใจ	23
2.17	ระยะเวลาที่ห่างของแต่ละพัลส์	23
2.18	พัลส์ชีพจรที่มีการระบุ Time 1 และ Time 2	24
2.19	พัลส์ของชีพจรเมื่อเราเราทำการวัดชีพจรไม่ตรงจุด	24
2.20	พัลส์ชีพจรที่เกิดพัลส์รบกวนจากการเคลื่อนไหว	25
3.1	บล็อกไดอะแกรมระบบติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง	26
3.2	แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด	27
3.3	แผนภาพการทำงานของการตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง	28
3.4	แผนภาพการทำงานของการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.5	หน้าการทำงานส่วนฟังก์ชันตัวแปรขั้นต้น	31
3.6	หน้าการทำงานส่วนตัวแปรจับเวลา	31
3.7	หน้าการทำงานส่วนแสดงผล	32
3.8	บอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2	33
3.9	MPU-6050 (GY-521)	33
3.10	เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ	34
3.11	โมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่	34
3.12	แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 3.7 โวลต์	35
3.13	ค่าจากเซนเซอร์แสดงผลบน Serial Monitor ที่ส่งมาจาก Arduino	36
3.14	ลักษณะก้าวเดินของคนทั่วไป	37
3.15	เงื่อนไขในการระบุช่วงของการก้าว	38
3.16	การทดสอบโดยการสวมอุปกรณ์แล้วเก็บผลการทดลอง	39
4.1	ผลลัพธ์ที่ได้จากเซนเซอร์ในช่วงเวลาหนึ่งของการเดิน	42
4.2	ผลลัพธ์ที่ได้เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการกำจัดสัญญาณรบกวน	42
4.3	ผลลัพธ์การใช้คำสั่ง MATLAB ในการตรวจจับช่วงก้าว	43
4.4	ผลลัพธ์การตรวจจับช่วงก้าว 1,000 ค่าที่นำมาวิเคราะห์	43
4.5	ข้อมูลค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดได้จากเซนเซอร์	44
4.6	ข้อมูลหลังจากผ่านการปรับระดับข้อมูล	45
4.7	การระบุเวลาของแต่ละพัลส์	45
4.8	การหาระยะห่างของพัลส์ที่อยู่ติดกัน	46
4.9	พัลส์ไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวที่ไม่แน่นอน	46
4.10	การแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจและระดับโซนในการออกกำลังกาย	47
4.11	รูปแบบและการทำงานของแอปพลิเคชัน	48
5.1	ชิ้นงานอุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2	3
2.2	การทำงานแต่ละขาของบอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2	4
2.3	คุณสมบัติทางเทคนิคของโมดูล MPU-6050	6
2.4	การทำงานแต่ละขาของโมดูล MPU-6050	7
2.5	คุณสมบัติทางเทคนิคของเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ	9
2.6	คุณสมบัติทางเทคนิคของโมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่	10
2.7	การทำงานของแต่ละพอร์ตของโมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่	11
2.8	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเชิงมุมกับช่วงการเดิน	18
2.9	อัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละวัน	20
2.10	วัตถุประสงค์ของการออกกำลังกายในแต่ละโซน	21
2.11	ความสัมพันธ์ของความเร็วหน่วยไมล์และ METs	22
4.1	การทำงานของอุปกรณ์ในการแสดงจำนวนก้าวเทียบกับก้าวเดินจริง	49
4.2	การทำงานของอุปกรณ์ในการแสดงระยะทางที่วิ่งเทียบกับระยะทางจริง	49
4.3	การทำงานของอุปกรณ์ในการแสดงผลการเต้นของหัวใจ	50
4.4	ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในการแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจในกิจกรรมแต่ละประเภท	51
4.5	ผลการทดสอบการแสดงผลความหนักของการออกกำลังกาย	51
4.6	ผลการทดสอบการเผาผลาญของร่างกายจากการเดินและวิ่ง	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสังคมทุกวันนี้เรื่องสุขภาพเป็นสิ่งที่มีการให้ความสำคัญมากยิ่งขึ้น ผู้คนเริ่มใส่ใจในรายละเอียดของสุขภาพมากขึ้น ซึ่งการออกกำลังกายเป็นส่วนหนึ่งของการที่มีสุขภาพดีเช่นกัน โดยประเภทของการออกกำลังกายมีหลายประเภท กีฬาวิ่งก็เป็นอีกหนึ่งประเภทการออกกำลังกายที่ทำได้ง่าย ซึ่งในปัจจุบันมีเทคโนโลยีมากมายที่ช่วยในการวัดหรือเพิ่มประสิทธิภาพการวิ่ง โดยคณะผู้จัดทำมีความเห็นว่า สามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษา มาสร้างเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยตรวจวัดประสิทธิภาพการวิ่งได้ โดยใช้เซนเซอร์กลุ่ม IMU (Inertial Measurement Unit) และแอปพลิเคชันสมาร์ทโฟนมาประยุกต์

1.2 วัตถุประสงค์

1) นำเซนเซอร์กลุ่ม IMU (Inertial Measurement Unit) มาประยุกต์ใช้โดยออกแบบให้สามารถตรวจสอบลักษณะการก้าวเดินของมนุษย์ได้
2) ออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดการวิ่งโดยใช้เซนเซอร์กลุ่ม IMU (Inertial Measurement Unit)
3) สามารถนำอุปกรณ์ที่ออกแบบมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการออกกำลังกายได้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถวัดค่าตัวแปรเพื่อคำนวณพารามิเตอร์ที่บ่งบอกประสิทธิภาพการวิ่ง เช่น จำนวนก้าว ระยะทาง โซนการออกกำลังกาย แคลอรี่ เป็นต้น โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ประมวลผลค่าจากโมดูลที่ประกอบด้วยเซนเซอร์กลุ่ม IMU (Inertial Measurement Unit) และส่งค่าไปแสดงผลยังอุปกรณ์สมาร์ทโฟนโดยผ่านแอปพลิเคชันที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

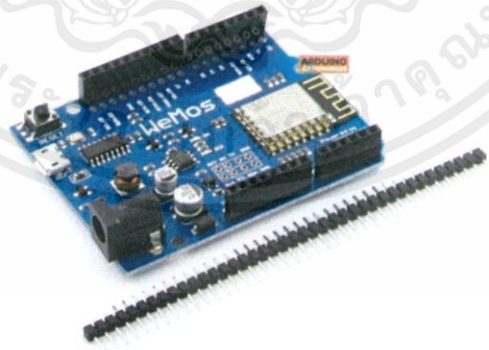
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ปริญญานิพนธ์ในส่วนนี้ จะกล่าวถึงการสร้างตัวอุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง ซึ่งเป็นการนำอุปกรณ์มาใช้ร่วมกันในการประมวลผล โดยจะประกอบไปด้วย บอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2 โมดูล MPU-6050 เซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ และโมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่ โดยมีซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจำลอง กำหนดค่า ประมวลผล และแสดงผลได้แก่ Arduino IDE Blynk และ MATLAB ซึ่งอุปกรณ์ ซอฟต์แวร์ และหลักการที่เกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์ จะถูกอธิบายในส่วนต่อไปนี้

2.1 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Arduino ESP8266 WeMos D1 R2

บอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2 เป็นบอร์ดที่นำเอา Arduino UNO R3 กับ ESP8266 WIFI มารวมไว้ในบอร์ดเดียวทำให้ผู้ใช้งานไม่ต้องต่อสายไฟเอง หรือก็คือ Arduino Uno ที่มี Wi-Fi ในตัว ออกแบบให้มีขนาดและขาใช้งานคล้ายบอร์ด Arduino Uno โดยใช้ ESP8266 รุ่น ESP-12S ชิฟ USB TTL CH340 มีขาขยายให้ทดลองเพิ่ม สามารถเขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE คล้ายกับเขียน Arduino จึงทดลองและใช้งานได้ง่ายเหมือนบอร์ด Arduino ซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2 [1]

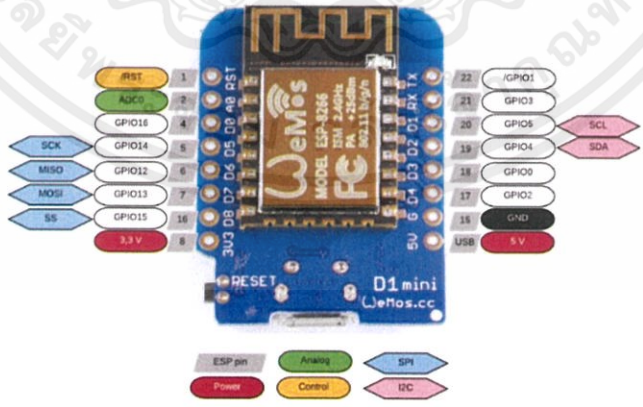
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 คุณสมบัติทางเทคนิค - บอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2 นั้นมีคุณสมบัติทางเทคนิคซึ่งประกอบไปด้วยรุ่นไมโครคอนโทรลเลอร์ แรงดันไฟฟ้าใช้งาน ขาดิจิตอลอินพุตและเอาต์พุต ขาอนาล็อกอินพุต ความเร็วของสัญญาณนาฬิกา และขนาดของบอร์ด ดังอธิบายได้ในตารางที่ 2.1 [1]

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2

คุณสมบัติทางเทคนิค	คำอธิบาย
ไมโครคอนโทรลเลอร์	ESP-8266EX
แรงดันไฟฟ้าใช้งาน	3.3 โวลต์
ขาดิจิตอลอินพุตและเอาต์พุต	11
ขาอนาล็อกอินพุต	1 (แรงดันสูงสุด 3.2 โวลต์)
ความเร็วของสัญญาณนาฬิกา	80 เมกะเฮริตซ์ หรือ 160 เมกะเฮริตซ์
แฟลช	4 ล้านไบต์
ความยาว	68.6 มิลลิเมตร
ความกว้าง	53.4 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	25 กรัม

2.1.1.2 ขาการทำงาน (Pin) - ขาของบอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งมีหลายประเภทประกอบไปด้วยขาการทำงานสำหรับอนาล็อก แรงดัน SPI I2C และขาควบคุม โดยการทำงานของแต่ละขาอธิบายได้ตามตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงขาของบอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2 [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การทำงานแต่ละขาของบอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2 [2]

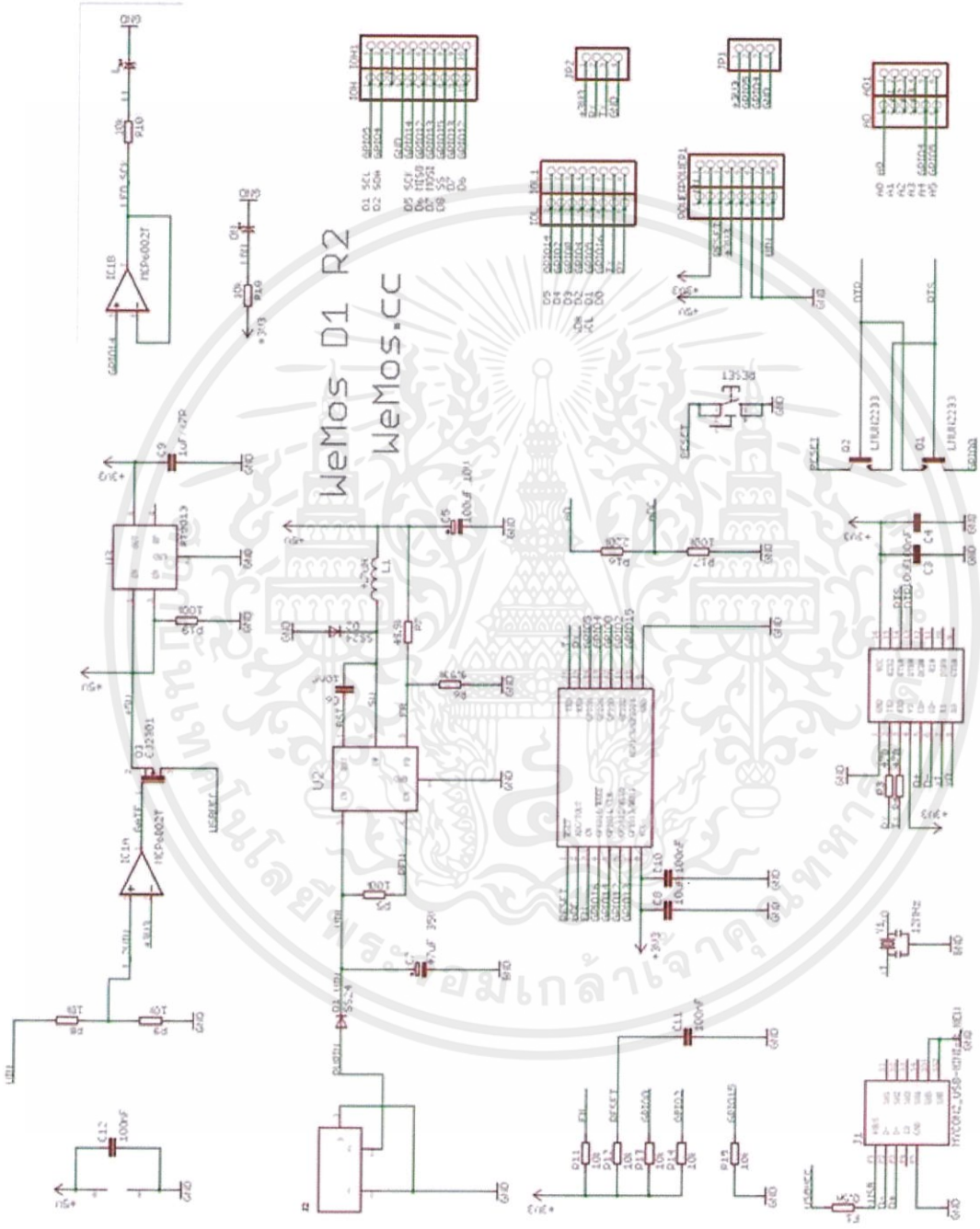
ขา	การทำงาน	ขาของ ESP-8266
TX	TXD	TXD
RX	RXD	RXD
A0	อนาล็อกอินพุต (แรงดันสูงสุด 3.3 โวลต์)	A0
D0	IO	GPIO16
D1	IO, SCL	GPIO5
D2	IO, SDA	GPIO4
D3	IO, 10K Pull-Up	GPIO0
D4	IO, 10K Pull-Up, BUILTIN_LED	GPIO2
D5	IO, SCK	GPIO14
D6	IO, MISO	GPIO12
D7	IO, MOSI	GPIO13
D8	IO, 10K Pull-Down, SS	GPIO15
G	Ground	GND
5V	5V	-

2.1.1.3 ผังวงจร (Schematic Layout) – การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการวางอุปกรณ์ในบอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3

2.1.2 MPU-6050 (GY-521)

MPU-6050 เป็นเทคโนโลยีการประมวลผลการเคลื่อนไหวแบบละเอียด ด้วยการรวม Gyroscope แบบ 3 แกนและ Accelerometer แบบ 3 แกนบนบอร์ดเดียวกันร่วมกับตัวประมวลผลการเคลื่อนไหวแบบดิจิตอล (Digital Motion Processor) ในตัวบอร์ด ที่มีความสามารถในการประมวลผลอัลกอริทึมเคลื่อนไหว 9 แกนที่ซับซ้อน โมดูลนี้มีอินเตอร์เฟสแบบ I2C ใช้สายสัญญาณ 2 เส้น ใช้ไฟ 3.3 โวลต์ ซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ผังวงจรของบอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2 [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 MPU-6050 (GY-521) [4]

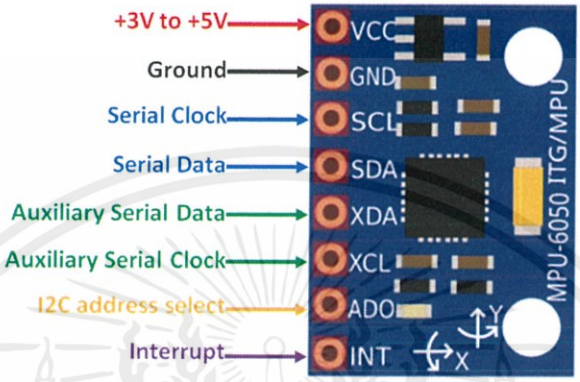
2.1.2.1 คุณสมบัติทางเทคนิค - โมดูล MPU-6050 หรือ GY-521 นั้นมีคุณสมบัติทางเทคนิคซึ่งประกอบไปด้วยรุ่นของโมดูล ชิป แรงดันไฟฟ้าใช้งาน โหมดการสื่อสาร ความเร็วการวัดของไจโรสโคป ความเร็วการวัดของเครื่องวัดความเร่ง ขนาดของโมดูล และชื่อของขา ดังอธิบายได้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางเทคนิคของโมดูล MPU-6050 [5]

คุณสมบัติทางเทคนิค	คำอธิบาย
รุ่นของโมดูล	GY-521
ชิป	MPU-6050
แรงดันไฟฟ้าใช้งาน	3 ถึง 5 โวลต์
โหมดการสื่อสาร	โพรโทคอล I2C
ชิปที่มากับโมดูล	ตัวแปลง AD 16 บิต
ความเร็วการวัดของไจโรสโคป	+ 250 500 1000 2000 ° / s
ความเร็วการวัดความเร่ง	± 2 ± 4 ± 8 ± 16 g
ความยาว	20 มิลลิเมตร
ความกว้าง	16 มิลลิเมตร
ระยะห่างระหว่างขา	2.54
ชื่อของขา	VCC GND SCL SDA XDA XCL ADO INT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 ขาการทำงาน (Pin) - ขาของโมดูล MPU-6050 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งมีหลายประเภทประกอบไปด้วยขาการทำงานสำหรับ อนาล็อก แรงดัน SPI I2C และขาควบคุม โดยการทำงานของแต่ละขาอธิบายได้ตามตารางที่ 2.4



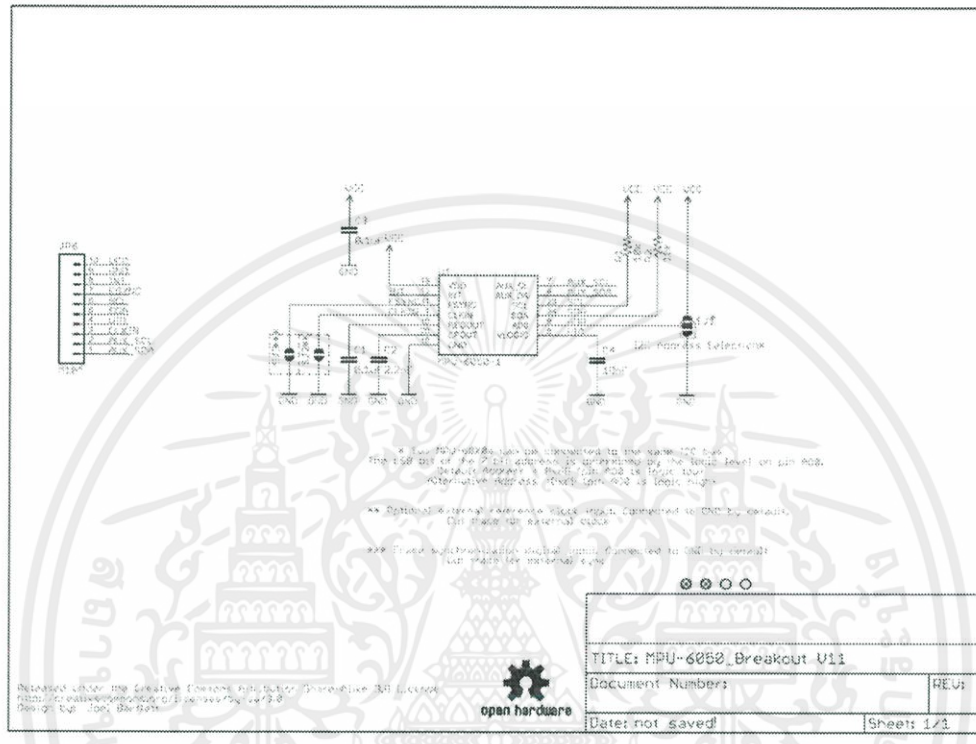
รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงขาของโมดูล MPU-6050 [6]

ตารางที่ 2.4 การทำงานแต่ละขาของโมดูล MPU-6050 [6]

ขาที่	ชื่อของขา	คำอธิบาย
1	VCC	จ่ายไฟให้กับโมดูล ส่วนใหญ่ใช้ 5 โวลต์
2	GND	ต่อกับกราวนด์
3	SCL	กำหนดสัญญาณนาฬิกาสำหรับการสื่อสารโพรโทคอล I2C
4	SDA	ใช้ส่งข้อมูลสำหรับการสื่อสารโพรโทคอล I2C
5	XDA	สามารถใช้เพื่อเชื่อมต่อโมดูล I2C อื่น ด้วย MPU-6050
6	XCL	สามารถใช้เพื่อเชื่อมต่อโมดูล I2C อื่น ด้วย MPU-6050
7	AD0	สามารถใช้เลือกแอดเดรสเมื่อใช้ MPU-6050 มากกว่าหนึ่งตัว
8	INT	เพื่อระบุว่าข้อมูลพร้อมให้โมดูลอ่านแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 ผังวงจร (Schematic Layout) – การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการวางอุปกรณ์ในโมดูล MPU-6050 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ผังวงจรของของโมดูล MPU-6050 [7]

2.1.3 เซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Pulse Heart Rate Sensor)

Pulse Heart Rate Sensor เป็นเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยสามารถใช้งานได้โดยนักเรียน ศิลปิน นักกีฬา ผู้ผลิตหรือนักพัฒนาเกม และนักพัฒนาโทรศัพท์มือถือที่ต้องการรวมข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจเข้ากับอุปกรณ์ของพวกเขา โดยพื้นฐานแล้วเป็นการรวมเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจเข้ากับวงจรขยายและตัดสัญญาณรบกวน ทำให้สามารถอ่านค่าชีพจรที่ได้ง่าย รวดเร็ว และเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังใช้พลังงานเพียง 4 มิลลิแอมแปร์ และกระแสที่ 5 โวลต์ จึงเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในแอปพลิเคชันมือถือ โดยเซนเซอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 เซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ [8]

2.1.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิค - เซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจนั้นมีคุณสมบัติทางเทคนิคซึ่งประกอบไปด้วยเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนา แรงดันไฟฟ้าใช้งาน และกระแสไฟฟ้าใช้งาน ดังอธิบายได้ในตารางที่ 2.5

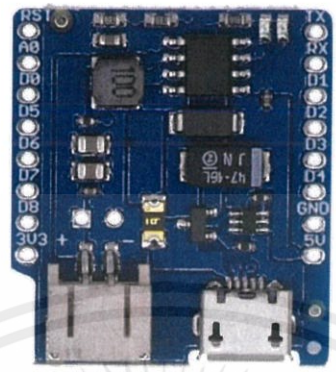
ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติทางเทคนิคของเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ [9]

คุณสมบัติ	คำอธิบาย
เส้นผ่านศูนย์กลาง	0.625 นิ้ว (ประมาณ 16 มิลลิเมตร)
ความหนา	0.125 นิ้ว (ประมาณ 3 มิลลิเมตร)
แรงดันไฟฟ้าใช้งาน	3 ถึง 5 โวลต์
กระแสไฟฟ้าใช้งาน	ประมาณ 4 มิลลิแอมแปร์ที่ 5 โวลต์

2.1.4 โมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่ (Battery Shield)

โมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่เป็นโมดูลที่ใช้สำหรับบอร์ด WeMos D1 หรือบอร์ดอื่นที่มีขาตรงกัน และมีขนาดเท่ากัน ใช้ไอซีควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่เบอร์ TP5410 สามารถใช้ได้กับแบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้า 3.7 โวลต์ ใช้หัวเชื่อมต่อแบบ JST สามารถเลือกกระแสชาร์จได้ที่ 500 มิลลิแอมแปร์ หรือ 1 แอมแปร์ มีหลอด LED แสดงผลสถานะการชาร์จ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่ [10]

2.1.4.1 คุณสมบัติทางเทคนิค – โมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่นั้นมีคุณสมบัติทางเทคนิคซึ่งประกอบไปด้วยแรงดันไฟฟ้าในการชาร์จ กระแสไฟฟ้าในการชาร์จ แรงดันของแบตเตอรี่ลิเธียม และแรงดันที่จ่ายได้เพิ่ม ดังอธิบายได้ในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติทางเทคนิคของโมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่ [10]

คุณสมบัติ	คำอธิบาย
แรงดันไฟฟ้าในการชาร์จ	แนะนำ 5 โวลต์ มากสุด 10 โวลต์
กระแสไฟฟ้าในการชาร์จ	มากสุด 1 แอมแปร์
แรงดันของแบตเตอรี่ลิเธียม	3.3 ถึง 4.2 โวลต์
แรงดันที่จ่ายได้เพิ่ม	5 โวลต์ (กระแสสูงสุด 1 แอมแปร์)

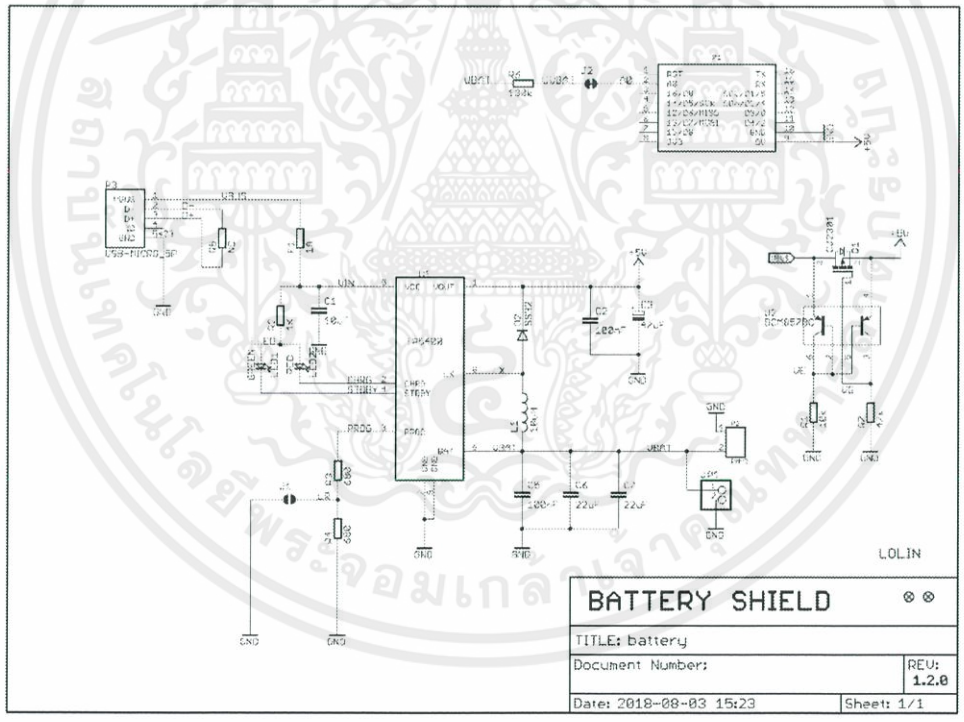
2.1.4.2 พอร์ตการทำงาน (Port) - การทำงานของแต่ละพอร์ตของโมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งจะประกอบไปด้วย PH2-2.0MM Micro USB ไดโอดเปล่งแสง สีเขียวและสีแดง J1 และ J2 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 การทำงานของแต่ละพอร์ตของโมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่ [10]

พอร์ต	คำอธิบาย
PH2-2.0MM (พอร์ต 1)	เชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ลิเธียม (แรงดันปกติ 3.3 ถึง 4.2 โวลต์)
Micro USB (พอร์ต 2)	พอร์ตสำหรับชาร์จ (แรงดันปกติ 5 โวลต์)
ไดโอดเปล่งแสงสีเขียว	ขึ้นไฟสีเขียวเมื่อชาร์จเรียบร้อย
ไดโอดเปล่งแสงสีแดง	ขึ้นไฟสีแดงเมื่อกำลังชาร์จ
J1	ตั้งค่ากระแสสูงสุดที่ชาร์จ 0.5 หรือ 1 แอมแปร์
J2	เชื่อมต่อแบตเตอรี่กับ A0

2.1.4.3 ผังวงจร (Schematic Layout) – การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการวางอุปกรณ์ในโมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ผังวงจรของโมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่ [11]

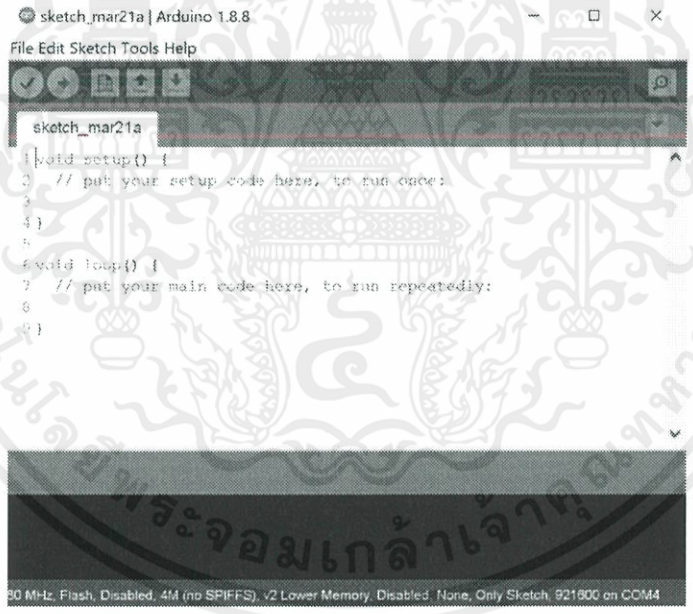
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โปรแกรมที่ใช้งาน

สำหรับกระบวนการติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่งนั้น ประกอบไปด้วยหลายขั้นตอน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์เข้ามาช่วย ตั้งแต่การจำลองและทดสอบหลักการคำนวณด้วยโปรแกรม MATLAB การรับค่าจากเซนเซอร์และประมวลผลในโปรแกรม Arduino IDE และการแสดงผลผ่านทางแอพพลิเคชั่น Blynk โดยรายละเอียดของซอฟต์แวร์จะถูกอธิบายดังต่อไปนี้

2.2.1 Arduino IDE

Arduino IDE เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนภาษา C สำหรับบอร์ด Arduino โดยเวอร์ชั่นที่ใช้คือเวอร์ชั่น 1.8.8 ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งในระบบปฏิบัติการวินโดว์ แมคโอเอส และลินุกซ์ โดยใช้ภาษา C++ มาประยุกต์ในการเขียนคำสั่ง ซึ่งได้มีการลดความซับซ้อนลง ทำให้ผู้ใช้งานเขียนได้ง่าย และสะดวกกว่าภาษา C มาตรฐาน โดยสามารถใช้คำสั่งมาตรฐานของ ANSI-C เขียนโปรแกรมได้ทันที ซึ่งมีลักษณะของโปรแกรมดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.10 หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE 1.8.8

สำหรับโปรแกรม Arduino IDE คำสั่งทั่วไปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1 เมนู - ทำหน้าที่เลือกคำสั่งในโปรแกรม

2.2.1.2 แถบเครื่องมือ - ทำการจัดเรียงคำสั่งที่ใช้งานตามความถี่การใช้งาน

2.2.1.3 แถบเลือกโปรแกรม - เป็นแถบที่ใช้เลือกไฟล์โปรแกรมแต่ละตัว (กรณีที่เขียนโปรแกรมขนาดใหญ่ จะประกอบด้วยไฟล์หลายตัว)

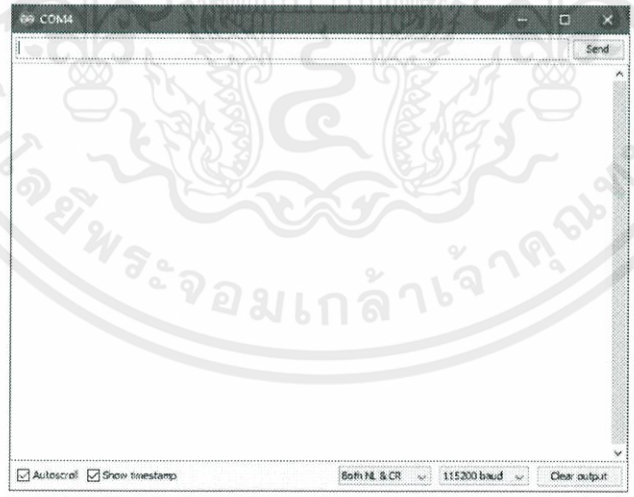
2.2.1.4 พื้นที่เขียนโปรแกรม - พื้นที่สำหรับเขียนโปรแกรมภาษา C/C++

2.2.1.5 พื้นที่แสดงสถานการณ์ทำงาน - พื้นที่โปรแกรมใช้แจ้งสถานะการทำงานของโปรแกรม เช่น ผลการรันโปรแกรม แสดงความผิดพลาดระหว่างประมวลผลคำสั่ง

2.2.1.6 พื้นที่แสดงข้อมูล - แสดงขนาดโปรแกรมที่ผ่านการประมวลผลแล้วว่ามีขนาดกี่ไบต์

2.2.1.7 ปุ่มสำหรับเปิดหน้าต่าง Serial Monitor - ปุ่มนี้จะอยู่ที่มุมบนด้านขวามือ โดยสามารถแสดงผลจากการคอมไพล์คำสั่งที่มีการสั่งให้แสดงผลได้ รวมถึงสามารถสื่อสารกับบอร์ด Arduino ได้โดยต้องมีการต่อบอร์ด Arduino และเลือกพอร์ตการเชื่อมต่อให้ตรงกัน

หน้าต่าง Serial Monitor ใช้ในการแสดงผลการทำงานของโปรแกรม รวมถึงส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ Arduino ผ่านแถบ Command Bar สามารถกำหนดอัตราการส่งข้อมูลหรือ Baud Rate เพื่อให้แสดงผลตรงกับอัตราการส่งที่กำหนด ดังแสดงได้ในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 หน้าต่าง Serial Monitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 Blynk

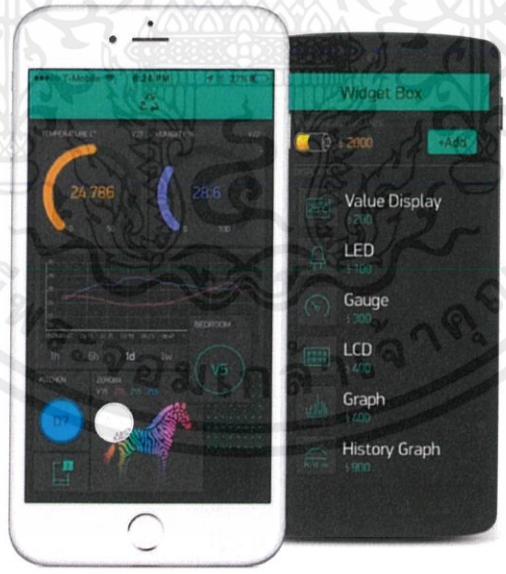
Blynk คือแอพพลิเคชั่นสำเร็จรูปที่ถูกออกแบบมาสำหรับการประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเชื่อมโยงหรือส่งข้อมูลถึงกันได้ด้วยอินเตอร์เน็ต (Internet of Things) โดยสามารถควบคุมฮาร์ดแวร์จากระยะไกล แสดงข้อมูลเซ็นเซอร์ จัดเก็บข้อมูลจำลองได้ในแบบ Real-Time ซึ่งแพลตฟอร์ม Blynk นั้นประกอบไปด้วย 3 อย่างคือ

2.2.2.1 Blynk App - แอพพลิเคชั่นสำหรับการสร้างอินเตอร์เฟสสำหรับงานที่ต้องการโดยมีวิดเจ็ตให้เลือกใช้งานมากมาย

2.2.2.2 Blynk Server - ส่วนที่รับผิดชอบการสื่อสารทั้งหมดระหว่างสมาร์ทโฟนและฮาร์ดแวร์ โดยสามารถใช้ Blynk Cloud ของผู้ใช้หรือเรียกใช้เซิร์ฟเวอร์ Blynk ได้ เป็นโอเพ่นซอร์สที่สามารถจัดการกับอุปกรณ์นับพันได้อย่างง่ายดายและสามารถทำงานได้บน Raspberry Pi

2.2.2.3 Blynk Libraries - ไลบรารี่สำหรับแพลตฟอร์มฮาร์ดแวร์ยอดนิยมทั้งหมด โดยสามารถสื่อสารกับเซิร์ฟเวอร์และประมวลผลคำสั่งขาเข้าและขาออกทั้งหมด

โดยแอพพลิเคชัน Blynk มีลักษณะของโปรแกรมดังรูปที่ 2.12

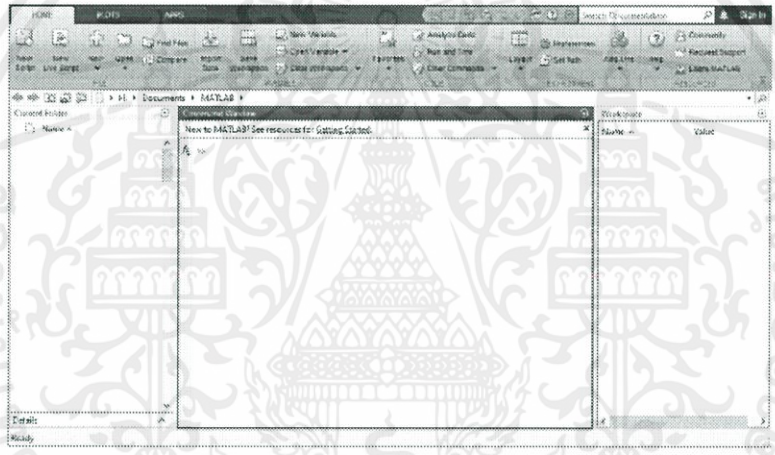


รูปที่ 2.12 หน้าต่างการทำงานของแอพพลิเคชั่น Blynk [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 MATLAB

เป็นซอฟต์แวร์ในการคำนวณและการเขียนโปรแกรม ที่มีความสามารถครอบคลุมตั้งแต่ การพัฒนาอัลกอริทึม การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการจำลองระบบ การสร้างระบบควบคุม และโดยเฉพาะการสร้างเมทริกซ์ ผลิตโดยบริษัทแมตเวิรกส์ ตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยคือ บริษัท เทคซอร์ส ซิสเท็มส์ (ประเทศไทย) จำกัด MATLAB เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในแวดวงของนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรในปัจจุบัน MATLAB ได้เริ่มต้นขึ้นเพื่อต้องการให้เราสามารถแก้ปัญหาตัวแปรที่มีลักษณะเป็นเมตริกซ์ได้ง่ายขึ้น MATLAB เริ่มพัฒนาครั้งแรกโดย Dr. Cleve Molor ซึ่งเขียนโปรแกรมนี้ขึ้นมาด้วยภาษาฟอร์แทรน โดยโปรแกรมนี้ได้พัฒนาภายใต้โครงการ LINPACK และ EISPACK ซึ่งมีลักษณะของโปรแกรมดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม MATLAB [13]

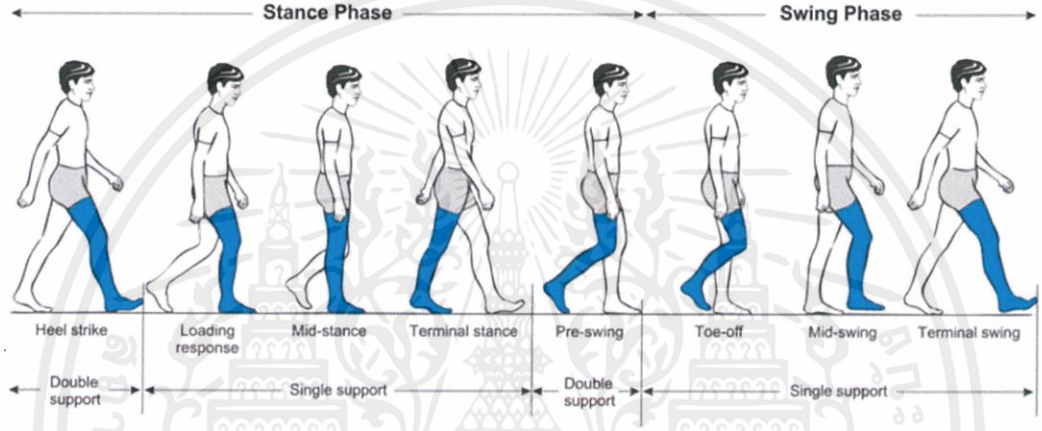
การทำงานของ MATLAB คือจะสามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง คือการเขียนคำสั่งเข้าไปทีละคำสั่ง เพื่อให้ MATLAB ประมวลผลอย่างต่อเนื่อง หรือสามารถที่จะรวบรวมชุดคำสั่งเรานั้นเป็นโปรแกรมก็ได้ ข้อสำคัญอย่างหนึ่งก็คือข้อมูลจะถูกเก็บแบบแถวลำดับ ซึ่งเราไม่จำเป็นที่จะต้องจองมิติเหมือนกับการเขียนโปรแกรมในภาษาทั่วไป ทำให้เราแก้ปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะของเมทริกซ์และเวกเตอร์ได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 ลักษณะการเดินของมนุษย์

การก้าวเดินของมนุษย์แต่ละคนนั้นมีรูปแบบการเดินแบบเป็นคาบตายตัวจากรูปที่ 2.14 สามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วงหลัก คือ ช่วง Stance Phase เป็นช่วงที่เท้าของขาที่พิจารณาของผู้เดินยังสัมผัสอยู่กับพื้น และ ช่วง Swing Phase เป็นช่วงที่เท้าของขาที่พิจารณาของผู้เดินทำการเหวี่ยงเพื่อก้าวเดิน โดยการเดินจะมีลักษณะแบบนี้อย่างต่อเนื่องไป ซึ่งรายละเอียดแต่ละช่วงมีดังนี้



รูปที่ 2.14 ลักษณะการเดินของคนทั่วไป [14]

2.3.1.1 ช่วงการเดิน Stance Phase – เป็นช่วงการเดินที่ช่วงที่เท้าของขาที่พิจารณาของผู้เดินยังสัมผัสอยู่กับพื้นซึ่งประกอบไปด้วย 5 ช่วง ช่วงแรกคือ Heel Strike เป็นช่วงที่เริ่มสังเกตการเดิน โดยเป็นช่วงที่เท้าที่พิจารณาของผู้เดินเพิ่มเริ่มสัมผัสพื้น โดยใช้ส้นลงก่อนแล้วฝ่าเท้าลงตาม ต่อมาเป็น Loading Response เป็นช่วงที่ขาช่วงบนและลำตัวได้ถ่ายเทน้ำหนักมาลงที่เท้าข้างที่พิจารณา ต่อมาเป็น Mid Stance เป็นช่วงที่ขาข้างที่พิจารณารับน้ำหนักของทั้งตัว และในขณะเดียวกันขาอีกข้างกำลังเหวี่ยงเท้าเพื่อก้าวเดิน ต่อมาเป็น Terminal Stance เป็นช่วงสุดท้ายที่ฝ่าเท้าของข้างที่พิจารณาสัมผัสพื้น เต็มเท้า เป็นช่วงที่ผู้เดินกำลังเตรียมถ่ายเทน้ำหนักทั้งตัวไปยังขาอีกข้าง และยกเท้าเพื่อเตรียมตัวก้าวเดิน และสุดท้ายคือช่วง Pre-Swing เป็นช่วงที่ผู้เดินได้ถ่ายเทน้ำหนักไปยังขาอีกข้าง และเท้าข้างที่พิจารณากำลังยกส้นเท้าเพื่อเตรียมตัวก้าวเดิน ซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของ Stance Phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 ช่วงการเดิน Swing Phase – เป็นช่วงการเดินที่เท้าของขาที่พิจารณาของผู้เดินทำการเหวี่ยงเพื่อก้าวเดินซึ่งประกอบไปด้วย 3 ช่วง ช่วงแรกคือ Toe-Off เป็นช่วงที่เท้าข้างที่พิจารณาได้ยกพ้นจากพื้น เพื่อเตรียมเหวี่ยงไปข้างหน้าในการก้าวเดิน ต่อมาเป็น Mid-Swing เป็นช่วงที่เท้าข้างที่พิจารณาเหวี่ยงเพื่อก้าวเดิน โดยเป็นช่วงที่ขาเหยียดสุดเพื่อได้ระยะเต็มที่ในการก้าว และสุดท้ายคือช่วง Terminal-Swing เป็นช่วงที่ขาอีกข้างและลำตัวได้โน้มน้ำหนักมาลงที่ขาข้างที่พิจารณา พร้อมกับเตรียมดึงขางลงสัมผัสพื้น

2.3.2 การตรวจจับก้าวเดินผ่านโมดูล GY-521

ในการพิจารณาการก้าวจะมีตัวแปรที่สามารถใช้ในการคำนวณได้ โดยตัวแปรที่ผู้จัดทำนำมาพิจารณาการก้าวนั่นคือค่าความเร็วเชิงมุมของเท้าขณะเดิน โดยมีการกระจายองค์ประกอบเวกเตอร์ของการก้าวเดินเทียบกับเท้าดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 องค์ประกอบเวกเตอร์ของการก้าวเดินเทียบกับเท้า

เมื่อกำหนดทิศทางเวกเตอร์ให้กับทิศทางการเดินโดยที่ เวกเตอร์ x คือทิศด้านซ้ายของผู้เดิน เวกเตอร์ y คือทิศแนวเดียวกับขาของผู้เดิน เวกเตอร์ z คือทิศที่ชี้ไปแนวเทียบกับปลายเท้าของผู้เดิน แต่ละช่วงการเดินมีความสัมพันธ์กับความเร็วเชิงมุมในทิศ x ที่เท้าของผู้เดินดังตารางที่ 2.8

ในการตรวจจับการก้าวนั้นจะแบ่งช่วงการเดินดังต่อไปนี้ ช่วง Toe-off เป็นจุด A ช่วง Terminal Swing เป็นจุด B ช่วง Heel Strike เป็นจุด C ช่วง Mid-Stance เป็นจุด D (Zero Point) โดยการนับก้าวเดินจะใช้การกำหนดเงื่อนไขของค่าความเร็วเชิงมุม ซึ่งจะมีค่าอยู่ 3 ค่าที่เป็นเงื่อนไขเพื่อใช้ในการระบุช่วงของการก้าวแต่ละจุด ประกอบไปด้วย เทรสโฮลด์ต่ำ ค่าที่ศูนย์ เทรสโฮลด์สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการนับก้าวนั้น ค่าความเร็วเชิงมุมจะต้องผ่านเงื่อนไขต่อไปนี้ทีละข้อจนครบทั้ง 4 ข้อจึงจะนับว่าเป็นการก้าวหนึ่งครั้ง

2.3.2.1 เงื่อนไขที่ 1 - ค่าความเร็วเชิงมุมต้องมีค่าต่ำกว่าค่าที่ศูนย์

2.3.2.2 เงื่อนไขที่ 2 - ค่าความเร็วเชิงมุมต้องมีค่าสูงกว่าเทรสโฮลด์สูง

2.3.2.3 เงื่อนไขที่ 3 - ค่าความเร็วเชิงมุมต้องมีค่าต่ำกว่าเทรสโฮลด์ต่ำ

2.3.2.4 เงื่อนไขที่ 4 – ค่าความเร็วเชิงมุมต้องมีค่าสูงกว่าค่าที่ศูนย์

ตารางที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเชิงมุมกับช่วงการเดิน

ช่วงการเดิน	ความเร็วเชิงมุมในทิศ X (ω_x)
Mid-Stance	ความเร็วเชิงมุมมีค่าใกล้เคียง 0 เพราะเป็นช่วงที่ขาที่สังเกตไม่ได้มีการขยับ
Terminal Stance จนถึง Toe-Off	ความเร็วเชิงมุมมีค่าเป็นลบ เนื่องจากเป็นการขยับข้อเท้าเพื่อเตรียมที่จะก้าวเดินไปข้างหน้า
Toe-Off จนถึง Terminal-Swing	มีความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้นจนมีค่าเป็นบวกมากที่สุด เนื่องจากเป็นการเหวี่ยงเท้าไปข้างหน้าเพื่อก้าวเดิน
Terminal-Swing จนถึง Heel Strike	มีความเร็วเชิงมุมลดลงเนื่องจากเป็นช่วงที่ขยับเท้าลงมาเพื่อก้าวเดิน

เงื่อนไขแต่ละเงื่อนไขต้องถูกกระทำไล่ไปจนครบ จึงจะถือว่าเป็นการก้าวหนึ่งครั้งของขาข้างหนึ่ง ซึ่งขาอีกข้างหนึ่งก็จะมีพฤติกรรมเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากเซนเซอร์ได้ถูกติดไว้ที่ขาข้างใดข้างหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นค่าก้าวที่แท้จริงจะเป็นสองเท่าจากค่าที่เซนเซอร์วัดได้ ซึ่งเทรสโฮลด์ที่นำมาสร้างเป็นเงื่อนไขนั้น จะนำมาจากการทดลองหลายครั้ง แล้วจึงเลือกค่าที่ดีที่สุด โดยค่าที่ดีที่สุดนั้นต้องไม่น้อยจนตรวจจับการสั่นธรรมดาเป็นหนึ่งก้าว และไม่มากจนไม่สามารถตรวจจับก้าวได้

2.3.3 การคำนวณค่าที่ใช้ในการบ่งบอกประสิทธิภาพการวิ่ง

การพิจารณาค่าที่ใช้ในการบ่งบอกประสิทธิภาพการวิ่งจะประกอบไปด้วย ระยะทาง ความเร็ว และอัตราการก้าว ซึ่งรายละเอียดของการคำนวณแต่ละค่าถูกแสดงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1 ระยะทางที่เดิน – การคำนวณระยะทางที่เดินจะเป็นการนำค่าที่ได้จาก GPS 2 จุดมาหาระยะห่างกันทุก 2 วินาที เก็บค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการคำนวณจะเริ่มจากการหาระยะห่างของละติจูดและลองจิจูด ซึ่งจะเป็นไปตามสมการที่ (2.1) และ (2.2)

$$dlon = lon2 - lon1 \tag{2.1}$$

$$dlat = lat2 - lat1 \tag{2.2}$$

โดยที่ $dlat$ คือ ระยะห่างของละติจูดตำแหน่งอ้างอิงกับตำแหน่งปัจจุบัน

$dlon$ คือ ระยะห่างของลองจิจูดตำแหน่งอ้างอิงกับตำแหน่งปัจจุบัน

$lat1$ คือ ละติจูดของตำแหน่งอ้างอิง

$lon1$ คือ ลองจิจูดของตำแหน่งอ้างอิง

$lat2$ คือ ละติจูดของตำแหน่งปัจจุบัน

$lon2$ คือ ลองจิจูดของตำแหน่งปัจจุบัน

ระยะห่างของละติจูดและลองจิจูดที่ได้สามารถนำมาหาค่าคงที่และระยะทางที่เดินได้ โดยจะต้องใช้ทศนิยมของตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดประมาณ 5 ถึง 6 ตำแหน่งเพื่อสำหรับการแปลงค่าระยะทางที่เดินให้ได้ในหน่วยเมตรโดยมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ในการคำนวณหาระยะทางที่เดินจะเป็นไปตามสมการที่ (2.3) และ (2.4)

$$a = (sin(dlat \div 2))^2 + cos(lat1) \times cos(lat2) \times (sin(dlon \div 2))^2 \tag{2.3}$$

$$d = 2 \times R \times atan2\left(sqrt(a) \div sqrt(1-a)\right) \tag{2.4}$$

โดยที่ d คือ ระยะทางที่เดิน

R คือ รัศมีของโลก (6,371 กิโลเมตร)

2.3.3.2 ความเร็วที่เดิน – การคำนวณความเร็วจะนำระยะทางที่เดินมาเทียบกับเวลาที่เดิน ค่าที่ได้จะบ่งบอกว่าใน 1 ชั่วโมงนั้นเดินได้เป็นระยะทางกี่กิโลเมตร โดยการคำนวณจะเป็นไปตามสมการที่ (2.5)

$$v = s \div t \tag{2.5}$$

โดยที่ v คือ ความเร็วที่เดิน

s คือ ระยะทางที่เดิน

t คือ เวลาที่เดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.3 อัตราการก้าว – การคำนวณอัตราการก้าวจะคล้ายกับการคำนวณความเร็ว แต่ค่าที่ได้จะแตกต่างกับความเร็ว โดยจะบ่งบอกว่าใน 1 กิโลเมตรนั้นใช้เวลาในการเดินกี่นาที โดยการคำนวณจะเป็นไปตามสมการที่ (2.6)

$$c = t \div s \tag{2.6}$$

โดยที่ c คือ อัตราการก้าว

s คือ ระยะทางที่เดิน

t คือ เวลาที่เดิน

2.3.4 หลักการที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการวิ่ง

2.3.4.1 การออกกำลังกายแบบแบ่งโซน (Zone) - การออกกำลังกายแบบ In Zone คือเราสามารถโฟกัสให้ตรงกับความต้องการของเราได้ ถึงแม้จะไม่ร้อยเปอร์เซ็นต์ แต่ก็สามารถกำหนดแนวโน้มได้อย่างดี การเลือกโซนที่เหมาะสมสำหรับการออกกำลังกายนั้นมีผลดีทั้งเรื่องการลดน้ำหนัก เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของร่างกาย เพิ่มสมรรถภาพ หรือขีดจำกัดของร่างกาย หรือเพื่อฟื้นฟูร่างกาย แล้วยังจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอาการบาดเจ็บ หรือเสียชีวิตขณะออกกำลัง เพราะเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจผิดปกติ หรือเข้าใกล้อัตราการเต้นสูงสุด เราจะสามารถลดระดับการออกกำลังกายของเราได้ทันเวลานั่นเอง โดยอัตราการเต้นของหัวใจแต่ละช่วงจะถูกกำหนดด้วยโซนดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 อัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละวัน [15]

โซน	อัตราการเต้นของหัวใจ (นาที)	พฤติกรรมการเดิน
1	MHR 50 ถึง 60%	เดินช้า เดินสบาย
2	MHR 60 ถึง 70%	เดินเร็วกว่าปกติเล็กน้อย
3	MHR 70 ถึง 80%	วิ่งจ๊อกกิ้ง หรือเดินเร็ว
4	MHR 80 ถึง 90%	วิ่งเร็ว
5	MHR 90 ถึง 100%	วิ่งโดยความเร็วสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจว่าอยู่ในโซนไหน จะมีค่าหนึ่งที่ใช้ในการอ้างอิงก็คือค่า Max Heart Rate (MHR) หรือค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่รับได้สูงสุด ซึ่งถ้าอัตราการเต้นของหัวใจเกินค่านี้ไปอาจทำให้เป็นลมได้ โดยค่า MHR คำนวณได้ดังสมการที่ (2.7)

$$MHR = 220 - AGE \tag{2.7}$$

โดยที่ MHR คือ อัตราการเต้นของหัวใจที่รับได้สูงสุด

AGE คือ อายุของผู้ออกกำลังกาย

จุดประสงค์ของการวัดอัตราการเต้นของหัวใจคือเพื่อวิเคราะห์ว่า ความสามารถร่างกายของผู้ออกกำลังกายเป็นอย่างไร ควรออกกำลังกายต่อ หรือหยุดออกกำลังกาย โดยในแต่ละโซนมีวัตถุประสงค์ต่างกัน ดังอธิบายได้ในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 วัตถุประสงค์ของการออกกำลังกายในแต่ละโซน [16]

โซน	วัตถุประสงค์ของการออกกำลังกาย
1	พัฒนาการซ่อมแซมแต่ละส่วนของร่างกาย เหงื่อซึมนิดหน่อย หายใจไม่หอบ
2	ร่างกายดึงพลังงานจากไขมันมาใช้ได้อย่างเต็มที่ ทำให้การลดน้ำหนักเห็นผลมาก
3	ร่างกายมีการดูดซึมออกซิเจนอย่างเต็มที่ เพิ่มความอึดในร่างกาย
4	เพิ่มศักยภาพของร่างกายโดยเฉพาะ อาจมีการปวดกล้ามเนื้อและหายใจหอบมาก
5	เหมาะสำหรับพวกนักกีฬาที่ต้องทำความเร็วสูงระยะสั้น

2.3.4.2 แคลอรี่ – ปริมาณแคลอรี่ใช้เพื่อบ่งบอกว่าร่างกายได้เผาผลาญพลังงานในร่างกายไปเท่าใด โดยมักจะนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณอาหารที่รับประทานเข้าไป เช่น ถ้าร่างกายได้เผาผลาญแคลอรี่มากกว่าสารอาหารที่เข้าไปในร่างกาย ร่างกายก็จะนำไขมันสะสมมาใช้ ดังนั้นค่าแคลอรี่จึงถูกนำมาใช้วัดประสิทธิภาพการออกกำลังกาย โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการเพิ่มหรือลดน้ำหนัก โดยในที่นี้การคำนวณค่าแคลอรี่จะเป็นไปตามสมการที่ (2.8)

$$cal = (bmr \times mets \times t) \div 24 \tag{2.8}$$

โดยที่ cal คือ ประมาณแคลอรี่

bmr คือ ค่า Basal Metabolic Rate ของผู้ออกกำลังกาย

$mets$ คือ ค่า Metabolic Equivalent ของผู้ออกกำลังกาย

t คือ เวลาในการออกกำลังกายหน่วยชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ค่า BMR นั้นจะขึ้นอยู่กับเพศ น้ำหนัก ส่วนสูง และอายุของผู้ออกกำลังกาย การคำนวณจะเป็นไปตามสมการที่ (2.9) และ (2.10) ส่วนค่า METs มีหน่วยเป็น METs ต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นค่า Metabolic Equivalent ของผู้ออกกำลังกาย โดยมีความสัมพันธ์กับความเร็วที่มีหน่วยเป็นไมล์ต่อชั่วโมง ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 2.11

$$m = (13.397 \times w) + (4.799 \times h) - (5.677 \times a) + 88.362 \quad (2.9)$$

$$f = (9.247 \times w) + (3.098 \times h) - (4.33 \times a) + 447.593 \quad (2.10)$$

โดยที่ m คือ Basal Metabolic Rate สำหรับเพศชาย

f คือ Basal Metabolic Rate สำหรับเพศหญิง

w คือ น้ำหนักของผู้ออกกำลังกาย

h คือ ความสูงของผู้ออกกำลังกาย

a คือ อายุของผู้ออกกำลังกาย

ตารางที่ 2.11 ความสัมพันธ์ของความเร็วหน่วยไมล์และ METs [17]

ความเร็วปกติ	ค่า METs
3.0 ไมล์ต่อชั่วโมง	4.5 METs ต่อชั่วโมง
4.0 ไมล์ต่อชั่วโมง	6.0 METs ต่อชั่วโมง
5.0 ไมล์ต่อชั่วโมง	8.3 METs ต่อชั่วโมง
5.2 ไมล์ต่อชั่วโมง	9.0 METs ต่อชั่วโมง
6.0 ไมล์ต่อชั่วโมง	9.8 METs ต่อชั่วโมง
6.7 ไมล์ต่อชั่วโมง	10.5 METs ต่อชั่วโมง
7.5 ไมล์ต่อชั่วโมง	11.0 METs ต่อชั่วโมง
8.0 ไมล์ต่อชั่วโมง	11.8 METs ต่อชั่วโมง
8.6 ไมล์ต่อชั่วโมง	11.8 METs ต่อชั่วโมง
9.0 ไมล์ต่อชั่วโมง	12.3 METs ต่อชั่วโมง
10.0 ไมล์ต่อชั่วโมง	14.5 METs ต่อชั่วโมง
11.0 ไมล์ต่อชั่วโมง	16.0 METs ต่อชั่วโมง
12.0 ไมล์ต่อชั่วโมง	19.0 METs ต่อชั่วโมง
13.0 ไมล์ต่อชั่วโมง	19.8 METs ต่อชั่วโมง

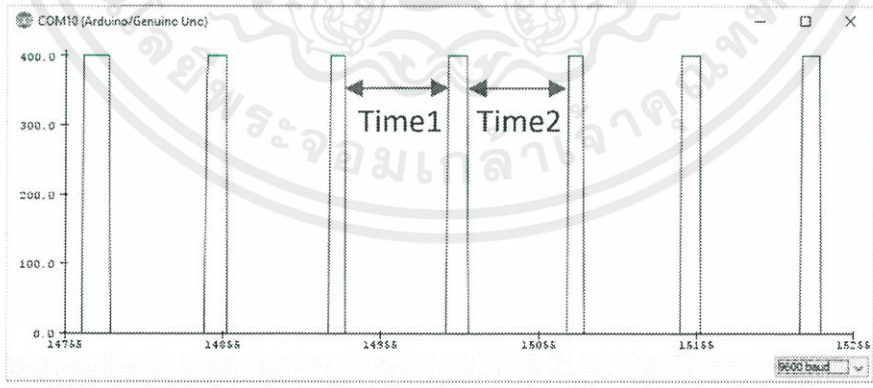
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 หลักการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

เมื่อทำตรวจจับสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจได้แล้วเราจะทำการปรับค่ารูปสัญญาณที่เรารับได้ ให้มีการแสดงค่าช่วงสัญญาณที่เป็นการเต้นของชีพจรอย่างชัดเจน โดยการใช้ค่าอ้างอิงช่วยในการตัดสินใจ ให้ช่วงค่ามากกว่าค่าการตัดสินใจมีค่าเป็นการเต้นของชีพจรมีค่าเป็นพัลส์ และช่วงที่ต่ำกว่าค่าการตัดสินใจเป็นช่วงไม่มีการเต้นของชีพจรให้มีค่าเป็น 0 เพื่อความชัดในการแสดงค่าช่วงสัญญาณชีพจรดังรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 พัลส์ของสัญญาณหลังผ่านค่าการตัดสินใจ

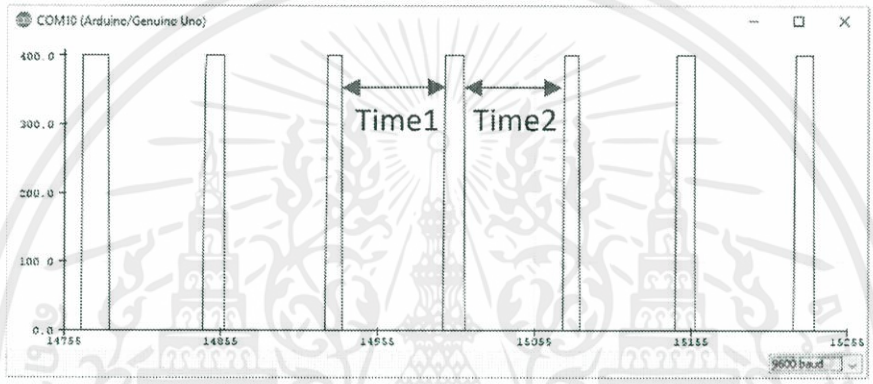
จากนั้นจะทำการหาช่วงเวลาที่ห่างกันของแต่ละพัลส์ เพื่อนำช่วงเวลาที่แน่นอนว่าเป็นของพัลส์ชีพจรที่ไม่มีการรบกวนจากการเคลื่อนไหวของร่างกายและการวางอุปกรณ์ไม่ตรงกับตำแหน่งชีพจร ไปทำการทำการหาระยะเวลาที่ห่างกันของแต่ละพัลส์ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ระยะเวลาที่ห่างของแต่ละพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

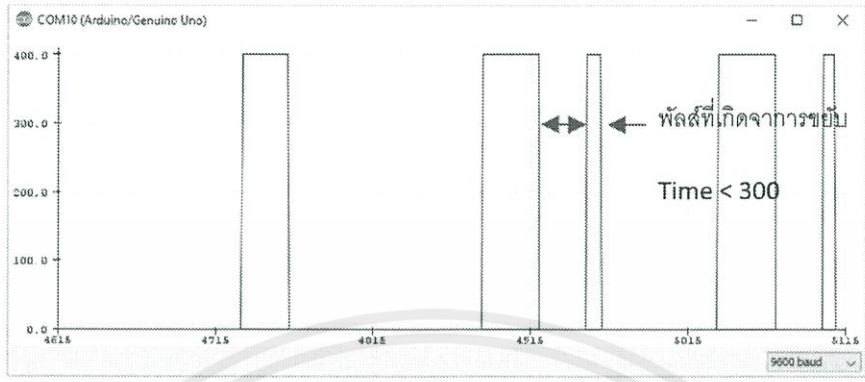
เมื่อเราได้ระยะเวลาที่ห่างกันของแต่พัลส์มาแล้ว เราจะคิดพิจารณา 3 พัลส์ที่ติดกัน โดยจะมีระยะห่างกันแต่ละพัลส์เป็น Time 1 และ Time 2 ดังรูปที่ 2.18 โดย Time 1 และ Time 2 จะต้องมีระยะเวลาห่างกันไม่เกิน 1200 มิลลิวินาที และ ไม่น้อยกว่า 300 มิลลิวินาที หากมีระยะห่างเกิน 1200 มิลลิวินาที โดยที่เราไม่ได้ทำการเคลื่อนไหวแปลว่าได้ทำการวางชีพจรไม่ตรงกับพัลส์เซนเซอร์ ดังรูปที่ 2.19 และหากมีระยะน้อยกว่า 300 มิลลิวินาที แสดงว่าได้มีการขยับ เพราะความถี่ของคนที่ออกกำลังกายจนถึงขีดสุด (Zone 5) จะมีระยะห่างของพัลส์ชีพจรอยู่ที่ประมาณ 300 มิลลิวินาที หรือไม่ต่ำกว่านี้ ในกรณีที่เกิดการรบกวนจากการเคลื่อนไหวแสดงได้ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.18 พัลส์ชีพจรที่มีการระบุ Time 1 และ Time 2

รูปที่ 2.19 พัลส์ของชีพจรเมื่อเราเราทำการวัดชีพจรไม่ตรงจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 พัลส์ชีพจรที่เกิดพัลส์รบกวนจากการเคลื่อนไหว

เมื่อเราได้เวลาของ Time 1 และ Time 2 ที่ถูกต้องแล้วเราจะต้องทำการเช็คอีกว่าค่า Time 1 และ Time 2 เป็นของชีพจรที่ถูกต้องโดยการหาผลต่างระหว่าง Time 1 และ Time 2 โดยจะต้องมีค่าไม่เกิด 100 มิลลิวินาที จากการลดลงหรือเพิ่มขึ้นขณะหยุดทำกิจวัตรเพื่อทำการวัดชีพจร จากนั้นเราจะทำการนำค่า Time 2 ที่ถือว่าเป็นค่าเวลาล่าสุด ไปทำการหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย โดยการเทียบบัญญัติไตรยางค์ โดยอธิบายได้ว่าถ้าเวลา Time 2 เกิดชีพจร 1 พัลส์แล้วเวลา 60 วินาทีจะเกิดอัตราการเต้นของหัวใจตามสมการที่ (2.11)

$$H = (60 \times 1000) \div T2 \qquad (2.11)$$

โดยที่ H คือ อัตราการเต้นของหัวใจในหน่วยครั้งต่อนาที

$T2$ คือ เวลาในหน่วยมิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

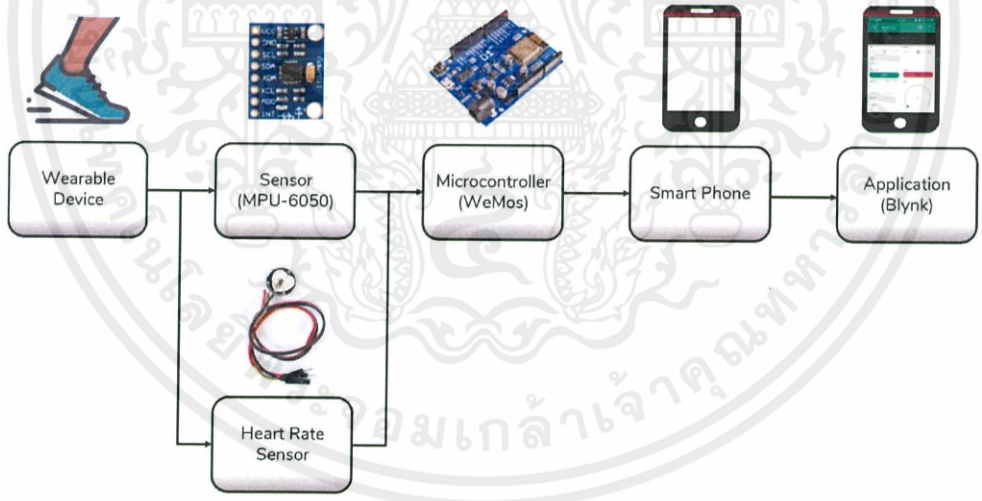
หลักการทำงานและการออกแบบแอปพลิเคชัน

3.1 การออกแบบ

ในการออกแบบอุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง เพื่อใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่งนั้น จะแบ่งการออกแบบออกเป็น 3 ส่วน โดยประกอบไปด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์ ส่วนของหลักการตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง และในส่วนของการแสดงผล โดยรายละเอียดในการออกแบบ จะถูกอธิบายในส่วนต่อไปนี้

3.1.1 การออกแบบระบบ

การออกแบบอุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่งนั้นผู้จัดทำได้ออกแบบให้อุปกรณ์ทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ แล้วทำการส่งข้อมูลไปแสดงผลยังโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน เพื่อใช้ในการตรวจวัดประสิทธิภาพการวิ่ง โดยสรุปกระบวนการทำงานของปริญญานิพนธ์นี้ได้ดังรูปที่ 3.1

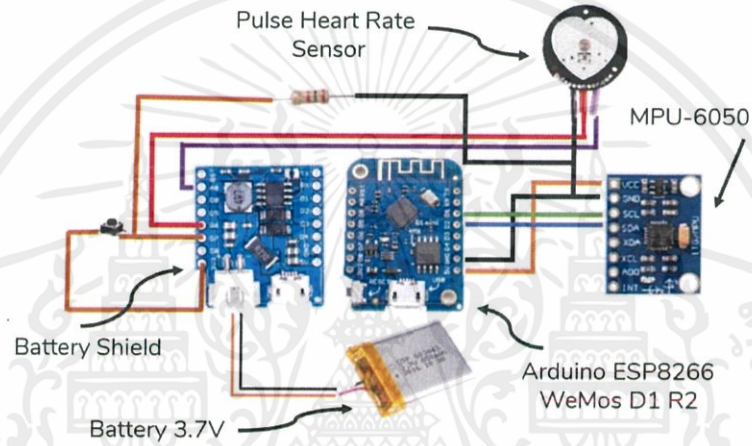


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบอุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง

คณะผู้จัดทำได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ในการตรวจวัดประสิทธิภาพการวิ่งซึ่งเป็นการนำอุปกรณ์มาใช้งานร่วมกัน ประกอบไปด้วย โมดูล MPU-6050 (GY-521) ไมโครคอนโทรลเลอร์ WeMos D1 R2 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 3.7 โวลต์ โมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่ และเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยชุดอุปกรณ์จะทำงานตามชุดคำสั่งที่กำหนดในไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้นำค่าข้อมูลจากเซนเซอร์ไปทำการคำนวณเป็นค่าประสิทธิภาพการวิ่ง แล้วแสดงผลต่อไป โดยมีแผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดดังรูปที่ 3.2



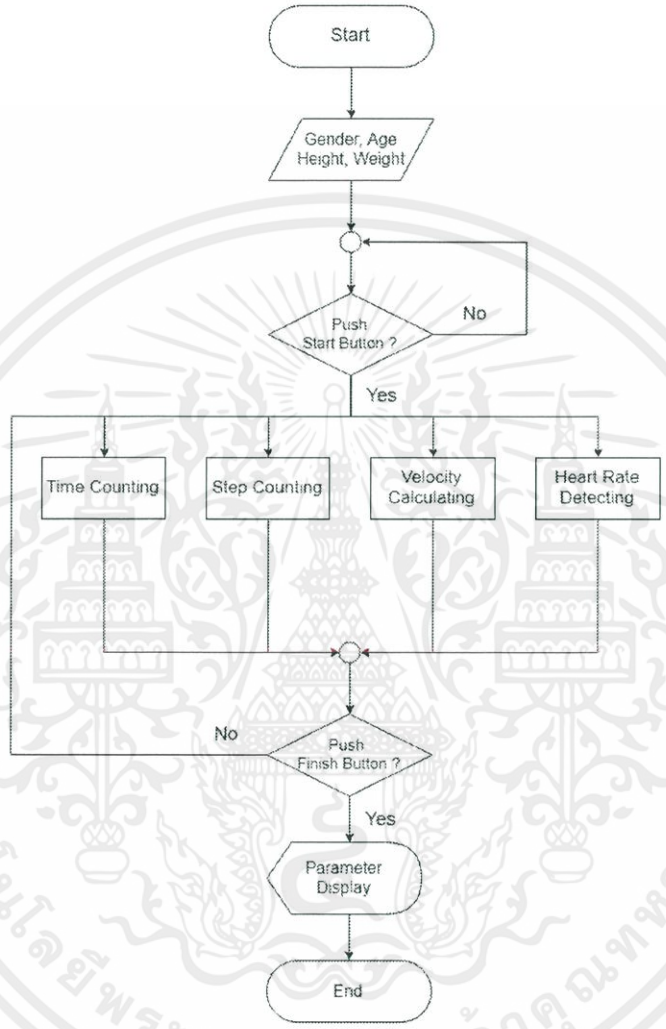
รูปที่ 3.2 แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด

3.1.3 การออกแบบหลักการตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง

กระบวนการทำงานจะเริ่มจากการอ่านค่าจากโมดูล MPU-6050 และเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ที่ติดร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่บริเวณข้อเท้าของผู้ออกกำลังกาย โดยจะรับค่าความเร่งและความเร็วเชิงมุมจากโมดูล MPU-6050 อย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการตรวจจับการก้าว และรับค่าอัตราการเต้นของหัวใจจากเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยค่าที่รับเข้ามานั้นจะต้องผ่านการกรองและเงื่อนไขที่กำหนดเพื่อลดสัญญาณรบกวน เช่น อัตราการเต้นของหัวใจต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 300 มิลลิวินาที และไม่มากกว่า 1200 มิลลิวินาที จากนั้นจึงนำไปคำนวณหาพารามิเตอร์ที่บ่งบอกประสิทธิภาพการวิ่ง เช่น ระยะทาง ความเร็ว โซนการออกกำลังกาย และแคลอรี่ ซึ่งจะมีการรับพารามิเตอร์ที่เป็นข้อมูลของผู้ใช้งานผ่านทางแอปพลิเคชันมาคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

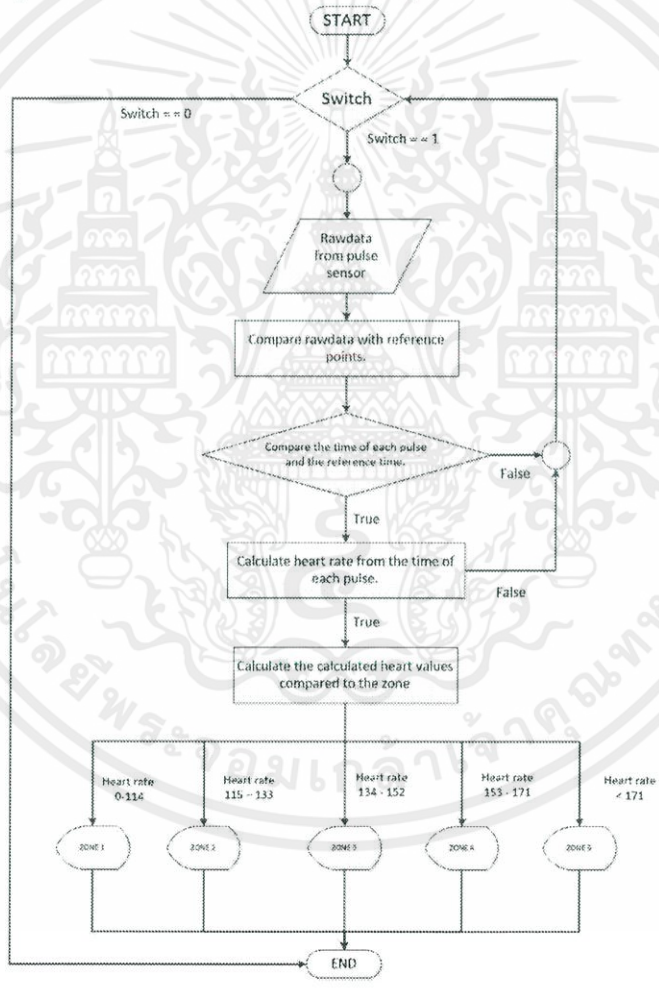
ประสิทธิภาพการวิ่งประกอบไปด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และเพศ โดยแผนภาพการทำงานของการตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง แสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนภาพการทำงานของการตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการทำงานของหลักการวัดอัตราการเต้นของหัวใจจะเริ่มจากการรับค่าจากเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นนำค่าที่ได้รับมาผ่านการกรอง ถ้าค่าจากเซนเซอร์มากกว่าค่าอ้างอิง จะถือว่าเวลาเกิดการเต้นของหัวใจ เมื่อเกิดพัลส์อัตราการเต้นหัวใจมากขึ้นก็จะมีการตรวจสอบว่าพัลส์ที่ขึ้นมานั้นไม่ใช่สัญญาณรบกวนโดยจะต้องผ่านเงื่อนไขก็คือ ค่าอัตราการเต้นของหัวใจต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 300 มิลลิวินาที และไม่มากกว่า 1200 มิลลิวินาที โดยพัลส์ที่ผ่านเงื่อนไขจะถูกนำมาคำนวณค่าอัตราการเต้นของหัวใจแล้วนำไปเปรียบเทียบเงื่อนไขของโซนออกกำลังกาย ค่าอัตราการเต้นของหัวใจและโซนการออกกำลังกายที่ได้จะถูกนำไปแสดงผ่านทางหน้าแอปพลิเคชันของผู้ใช้งาน กระบวนการทำงานแสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนภาพการทำงานของการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การออกแบบแอปพลิเคชัน

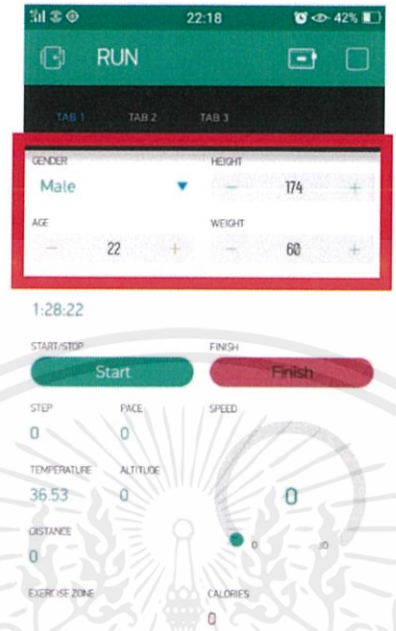
ในการออกแบบแอปพลิเคชัน เมื่อเข้าสู่แอปพลิเคชัน ผู้ใช้งานจะพบกับหน้าต่างการทำงานซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนแสดงผล ฟังก์ชันตัวแปรขั้นต้น และนาฬิกาจับเวลา โดยผู้ใช้งานจะต้องกรอกค่าตัวแปรขั้นต้นก่อน จากนั้นเมื่อจะเริ่มออกกำลังกายจึงค่อยกดปุ่ม Start และเมื่อออกกำลังกายเสร็จจึงกดปุ่ม Finish โดยในหน้าแรก (TAB1) เป็นส่วนของการแสดงผลค่าประสิทธิภาพการวิ่ง และในหน้าที่สอง (TAB2) จะเป็นส่วนของการเรียกดูสถิติก่อนหน้า โดยรายละเอียดฟังก์ชันของแอปพลิเคชันอธิบายได้ดังต่อไปนี้

3.1.4.1 ฟังก์ชันตัวแปรขั้นต้น – เป็นข้อมูลเบื้องต้นของผู้ใช้งาน ซึ่งได้แก่ เพศ อายุ น้ำหนักและส่วนสูง โดยข้อมูลเบื้องต้นนี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณค่าประสิทธิภาพการวิ่ง โดยมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 3.5

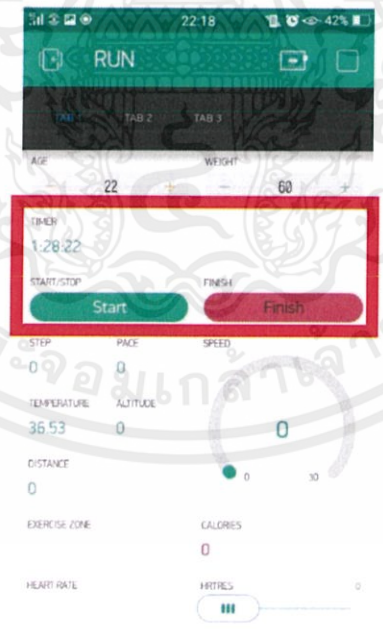
3.1.4.2 นาฬิกาจับเวลา - เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการวัดและแสดงผลประสิทธิภาพการวิ่ง โดยเวลาจะเริ่มนับก็ต่อเมื่อผู้ใช้งานกดปุ่ม Start จากนั้นเมื่อต้องการหยุดพักผู้ใช้งานต้องกดปุ่ม Start อีกครั้งหนึ่ง และเมื่อผู้ใช้งานออกกำลังกายเสร็จสิ้นจึงกดปุ่ม Finish โดยระหว่างการนับเวลา จะมีการคำนวณตัวแปรที่แสดงผลประสิทธิภาพการวิ่งอย่างต่อเนื่อง แล้วจึงนำค่าที่ได้จากคำนวณมาแสดงบนหน้าจอ ได้แก่ ความเร็ว ระยะทาง อัตราการเต้นของหัวใจ โดยมีหน้าตาเป็นดังรูปที่ 3.6

3.1.4.3 ส่วนแสดงผล – ทำหน้าที่แสดงข้อมูลประสิทธิภาพการวิ่งที่ผ่านการคำนวณมาแล้วโดยในหน้าแรก (TAB1) จะแสดงข้อมูลระหว่างการออกกำลังกาย เช่น ความเร็ว ระยะทาง จำนวนก้าว อัตราการเต้นของหัวใจ แคลอรี่ และโซนการออกกำลังกาย และในหน้าที่สอง (TAB2) จะเป็นการเก็บสถิติการออกกำลังกายแต่ละครั้งเอาไว้ แล้วจึงนำมาแสดงย้อนหลัง โดยมีหน้าตาเป็นดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

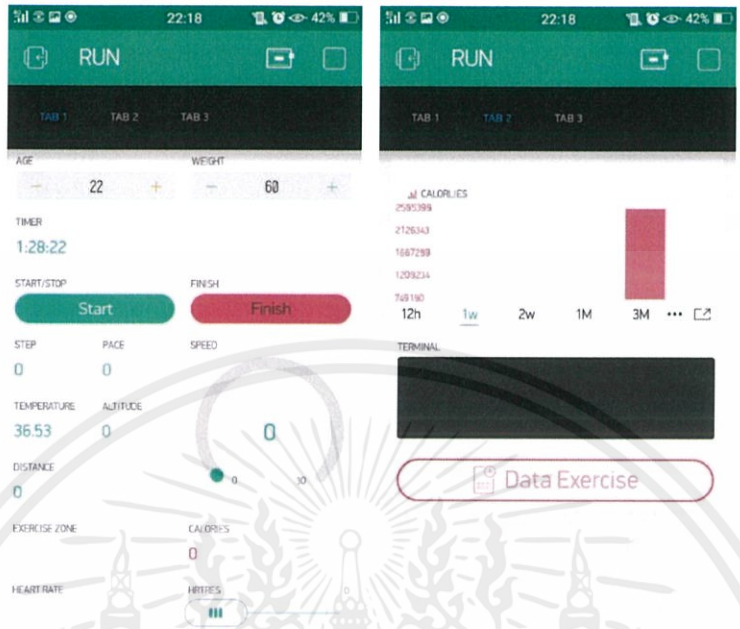


รูปที่ 3.5 หน้าการทำงานส่วนฟังก์ชันตัวแปรขั้นต้น



รูปที่ 3.6 หน้าการทำงานส่วนตัวแปรจับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 3.7 หน้าการทำงานส่วนแสดงผล

(ก) ส่วนแสดงผลหน้าแรก (TAB1) (ข) ส่วนแสดงผลหน้าที่สอง (TAB2)

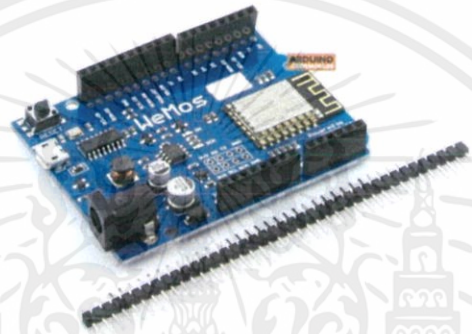
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ประกอบไปด้วยบอร์ด WeMos D1 R2 Mini โมดูล MPU-6050 เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ โมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่ และแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ส่วนซอฟต์แวร์ที่ใช้งานประกอบไปด้วย Arduino IDE MATLAB และ Blynk โดยรายละเอียดแสดงได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

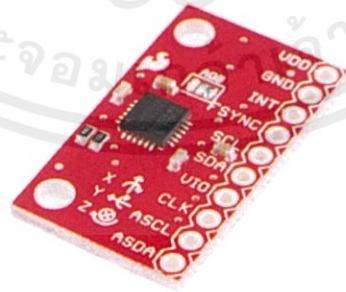
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการรับค่าและประมวลผล

3.2.1.1 WeMos D1 R2 Mini - คณะผู้จัดทำได้เลือกบอร์ด WeMos D1 R2 Mini ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ชิพของ ESP8266 มาใช้ในการรับค่าจากโมดูล MPU-6050 และนำข้อมูลมาประมวลผลหาค่าประสิทธิภาพการวิ่ง โดยตัวบอร์ดจะมีขนาดเล็กและยังมีการใช้พลังงานที่ต่ำ สามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กกระทัดรัด ดังแสดงได้ในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 บอร์ด Arduino ESP8266 WeMos D1 R2 [1]

3.2.1.2 MPU-6050 - คณะผู้จัดทำได้เลือกใช้โมดูลนี้เนื่องจากเป็นโมดูลที่ใช้วัดได้ทั้งความเร่ง ความเร็วเชิงมุม และอุณหภูมิ ส่งข้อมูลผ่านบัส I2C สามารถประยุกต์ใช้ในการหาค่าของการเคลื่อนไหวทั้ง 3 แกน และทิศทางของการเคลื่อนที่ พร้อมทั้งการหาค่าอุณหภูมิได้ ดังแสดงได้ในรูปที่ 3.9



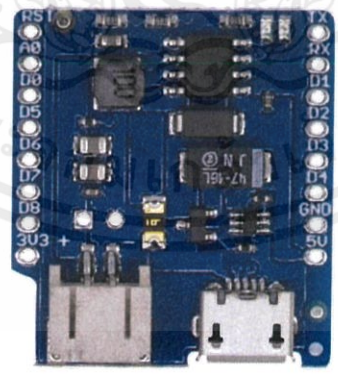
รูปที่ 3.9 MPU-6050 (GY-521) [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ – เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าชีพจรที่ง่าย รวดเร็ว และใช้พลังงานน้อย ค่าที่ได้จะนำไปประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของประสิทธิภาพการวิ่ง ดังแสดงได้ในรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ [8]

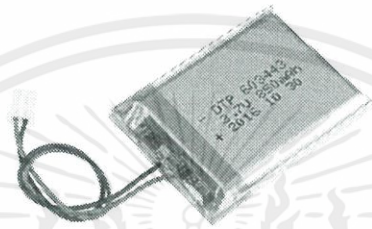
3.2.1.4 โมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่ – เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจ่ายพลังงานให้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้เป็นระยะเวลานานกว่าปกติ ดังแสดงได้ในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 โมดูลเสริมชาร์จแบตเตอรี่ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.5 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 3.7 โวลต์ - แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 3.7 โวลต์ เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จซ้ำได้ ใช้ในการเก็บพลังงานเพื่อให้โมดูลสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องต่อแหล่งจ่ายตลอดเวลาทำให้สะดวกในการนำโมดูลไปติดกับผู้ออกกำลังกาย ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 3.7 โวลต์ [18]

3.2.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการประมวลผล

3.2.2.1 Arduino IDE - โปรแกรม Arduino IDE ใช้ในการเขียนคำสั่งเพื่อสั่งให้โมดูลดึงค่าและประมวลผลตามส่วนที่ต้องการ และสั่งให้แสดงผลบนแอปพลิเคชัน

3.2.2.2 MATLAB - โปรแกรม MATLAB ใช้ในการจำลองกระบวนการนำค่าที่ได้จากเซนเซอร์ไปศึกษาถึงพฤติกรรมก้าวเบื้องต้นและหาหลักการคำนวณเพื่อให้ได้พารามิเตอร์ที่ใช้บ่งบอกถึงประสิทธิภาพ แล้วจึงนำมาประยุกต์ใช้จริงต่อไป

3.2.2.3 Blynk - เป็นแอปพลิชันที่คณะผู้จัดทำเลือกใช้ในการแสดงผลข้อมูลประสิทธิภาพการวิ่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มีฟังก์ชันรองรับการทำงานร่วมกับภาษา C เพื่อง่ายต่อการประยุกต์ใช้งาน

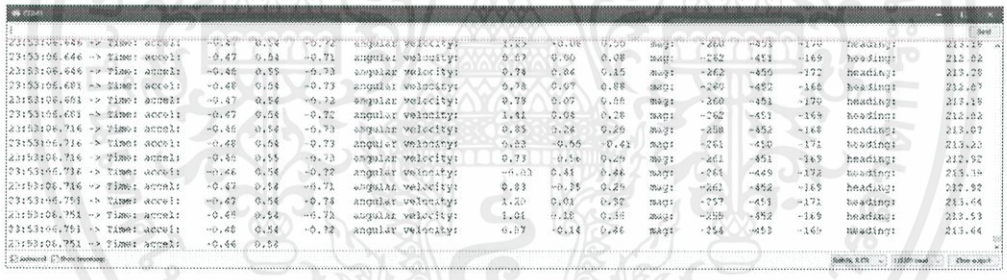
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

ในการจัดเก็บผลการทดลองนั้น เป็นการตรวจเช็คการทำงานและความถูกต้องของชิ้นงาน ซึ่งจะมีการทดสอบตั้งแต่การทำงานของโมดูล การจำลองในโปรแกรม MATLAB การทำงานของฟังก์ชันในแอปพลิเคชัน ความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์พื้นฐาน และประสิทธิภาพการวิ่ง ซึ่งการจัดเก็บผลการทดลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 ทดสอบการทำงานของโมดูล MPU-6050

ในการเก็บค่าพารามิเตอร์ด้วยโมดูล MPU-6050 นั้น จะทำการเขียนคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE เพื่อสั่งให้โมดูลเก็บค่า แล้วจึงมาใช้ในการคำนวณต่อไป ชุดคำสั่งทั้งหมดจะกำหนดพารามิเตอร์ในการเก็บค่าเช่น ความถี่ในการเก็บค่าความเร่ง ความเร็วเชิงมุม โดยค่าที่ได้จะมาจากเซนเซอร์ Accelerometer Gyroscope และเซนเซอร์ที่ใช้วัดทิศทาง ค่าที่ได้จากเซนเซอร์จะประกอบไปด้วย ค่าความเร่งของทั้ง 3 แกน ความเร็วเชิงมุมทั้ง 3 แกน และทิศทางตามแนวสนามแม่เหล็กโลก ดังรูปที่ 3.13 โดยทดลองเดินพร้อมกับเก็บค่าใส่ Microsoft Excel เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป

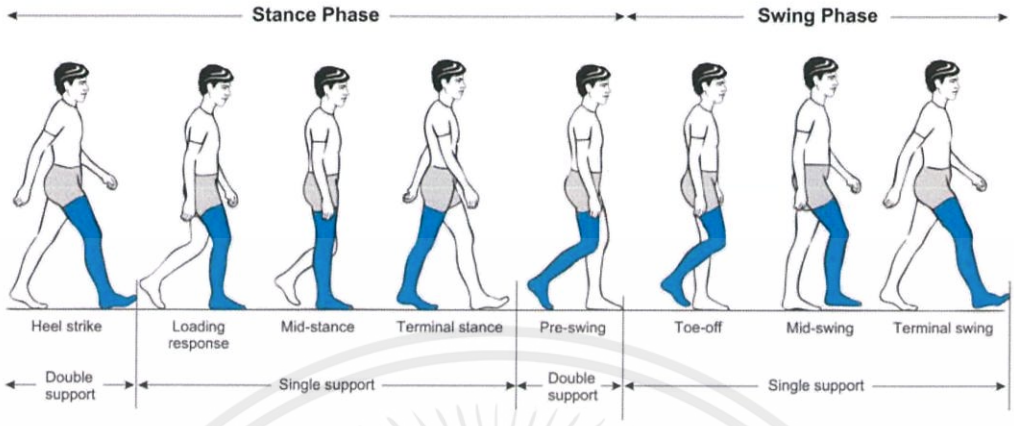


รูปที่ 3.13 ค่าจากเซนเซอร์แสดงผลบน Serial Monitor ที่ส่งมาจาก Arduino

3.3.2 การสังเกตพฤติกรรมการก้าวผ่านโปรแกรม MATLAB

ในส่วนนี้จะใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมจากอุปกรณ์ที่ติดไว้ที่บริเวณข้อเท้าของขาข้างเดียวประมวลผลผ่านโปรแกรม MATLAB ดังรูปที่ 3.14 โดยกำหนดตัวแปรแทนแต่ละช่วงการก้าวเดินดังนี้ ช่วง Toe-off เป็นจุด A ช่วง Terminal Swing เป็นจุด B ช่วง Heel Strike เป็นจุด C ช่วง Mid-Stance (Zero Point) เป็นจุด D โดยการนับก้าวเดินจะใช้โปรแกรม MATLAB ในการตรวจจับและนับก้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ลักษณะก้าวเดินของคนทั่วไป [14]

ในการระบุจุด A B C และ D นั้น จะมีค่าอยู่ 3 ค่าที่เป็นเงื่อนไขเพื่อใช้ในการระบุช่วงของการก้าวแต่ละจุด ประกอบไปด้วย เส้นสีเขียวคือเทรสโฮลด์ต่ำ เส้นสีเหลืองคือค่าที่ศูนย์ และเส้นสีแดงคือเทรสโฮลด์สูง โดยในการนับก้าวนั้น ค่าตัวอย่างจะต้องผ่านเงื่อนไขต่อไปนี้ทีละเงื่อนไขจนครบทั้ง 4 เงื่อนไขจึงจะนับว่าเป็นการก้าวหนึ่งครั้ง

3.3.2.1 เงื่อนไขที่ 1 - จุด A เป็นค่าต่ำสุดสัมพัทธ์และอยู่ต่ำกว่าเส้นสีแดง

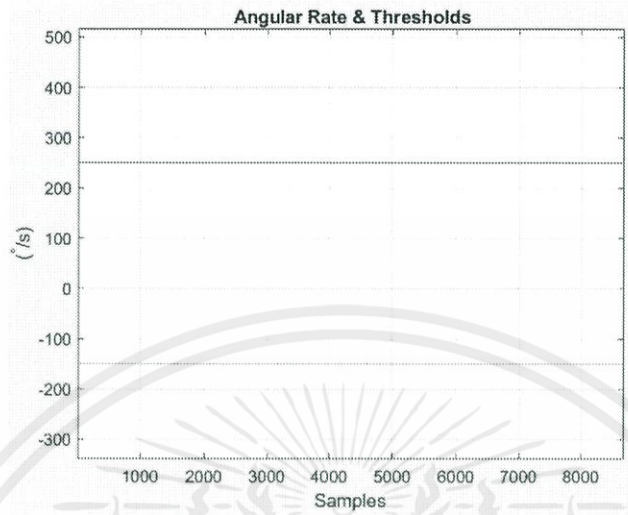
3.3.2.2 เงื่อนไขที่ 2 - จุด B เป็นค่าสูงสุดสัมพัทธ์และอยู่สูงกว่าเส้นสีเขียว

3.3.2.3 เงื่อนไขที่ 3 - จุด C เป็นค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ที่อยู่ต่ำกว่าเส้นสีแดงและเกิดขึ้นหลัง จากจุด A และจุด B

3.3.2.4 เงื่อนไขที่ 4 - จุด D เป็นค่าสูงสุดสัมพัทธ์ที่อยู่ระหว่างเส้นสีเหลืองและเส้นสีเขียวและเกิดขึ้นหลังจากจุด A B และ C

โดยเงื่อนไขในการระบุช่วงของการก้าวแสดงได้ดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 เงื่อนไขในการระบุช่วงของการก้าว

3.3.3 การทำงานของฟังก์ชันในแอพพลิเคชั่น

ในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันว่าสามารถรับส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หรือไม่ และทดสอบการทำงานของฟังก์ชัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.3.1 หน้าเริ่มต้น - เป็นการรับค่าข้อมูลตัวแปรพื้นฐานที่จำเป็นในการคำนวณค่าประสิทธิภาพการวิ่ง ซึ่งได้แก่ เพศ ส่วนสูง น้ำหนักและอายุ

3.3.3.2 นาฬิกาจับเวลา - โดยมีฟังก์ชันเริ่มต้นจับเวลา พักและสิ้นสุดการออกกำลังกาย โดยนาฬิกาจับเวลานี้เป็นส่วนหลักที่ใช้ในการตรวจวัดประสิทธิภาพการวิ่งเพราะเป็นตัวแปรพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณค่าตัวแปรแสดงประสิทธิภาพการวิ่งต่อไป

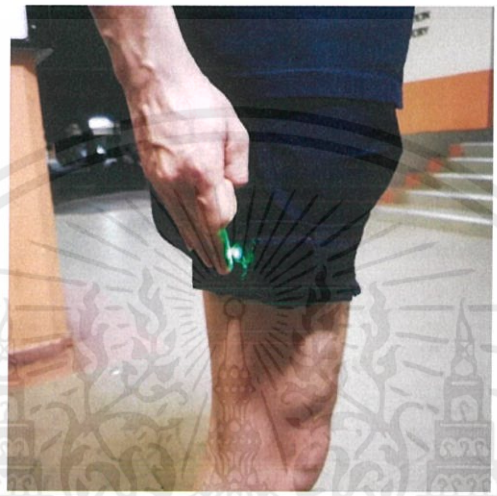
3.3.3.3 ตัวรับค่าข้อมูลตัวแปรขั้นต้น - เป็นการรับค่าข้อมูลตัวแปรขั้นต้นของผู้ใช้งาน เพื่อใช้ในการคำนวณค่าประสิทธิภาพการวิ่ง ได้แก่ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูงและอายุ

3.3.3.4 ส่วนแสดงประสิทธิภาพ - เป็นการแสงผลข้อมูลประสิทธิภาพการวิ่ง ซึ่งได้จากการนำค่าข้อมูลข้างต้นมาผ่านสูตรการคำนวณ ได้แก่ จำนวนก้าว ความเร็ว ระยะทาง อัตราการเต้นของหัวใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การทดสอบการสังเกตพฤติกรรมการก้าว

การสังเกตพฤติกรรมการก้าวนั้นจะกระทำโดยการเดินพร้อมกับสวมอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบขึ้น ระหว่างเดินจะทำการนับจำนวนก้าวที่เดินจริง นำมาเปรียบเทียบกับจำนวนก้าวจากการคำนวณโดยอุปกรณ์โดยสังเกตผ่านทางหน้าแอปพลิเคชัน ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การทดสอบโดยการสวมอุปกรณ์แล้วเก็บผลการทดลอง

3.3.5 การนำค่าจากเซนเซอร์มาหาค่าพารามิเตอร์พื้นฐาน

การจัดเก็บผลการทดลองในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบความถูกต้องของพารามิเตอร์พื้นฐาน โดยจะเป็นการทดสอบความถูกต้องของค่าระยะทาง ซึ่งจะกระทำโดยการทดสอบการเดินและกำหนดระยะทางทั้งหมดที่แตกต่างกัน เช่น 10 เมตร 50 เมตร 100 เมตร 500 เมตร และ 1,000 เมตร ระยะทางเดินที่กำหนดถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณโดยอุปกรณ์โดยสังเกตผ่านทางหน้าแอปพลิเคชัน

3.3.6 การหาค่าพารามิเตอร์ประสิทธิภาพการวิ่ง

การจัดเก็บผลการทดลองในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบความถูกต้องของค่าประสิทธิภาพการวิ่งประกอบไปด้วย ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ การเผาผลาญของการออกกำลังกายและโซนออกกำลังกายโดยจะทำการเปรียบเทียบค่าจากชิ้นงานที่สร้างขึ้นกับค่าที่ถูกต้องหรือวิธีการทดสอบที่สามารถเชื่อถือได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6.1 อัตราการเต้นของหัวใจ – การทดสอบความถูกต้องค่าอัตราการเต้นของหัวใจจะกระทำโดยทดสอบการทำกิจกรรมที่แตกต่างกันเช่น การนั่งนิ่ง เดินเป็นเวลา 1 นาที เดินเร็วเป็นเวลา 1 นาที และวิ่งเป็นเวลา 1 นาที แล้วใช้วิธีการนับชีพจร ณ บริเวณเดียวกับจุดที่สวมใส่อุปกรณ์ นำมาเปรียบเทียบกับค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่มาจากเซนเซอร์ในตัวอุปกรณ์โดยสังเกตผ่านทางหน้าแอปพลิเคชัน

3.3.6.2 การเผาผลาญของการออกกำลังกาย - การทดสอบความถูกต้องของการเผาผลาญของการออกกำลังกายจะกระทำโดยทดสอบการทำกิจกรรมที่แตกต่างกันเช่น การนั่งนิ่ง เดินเป็นเวลา 1 นาที เดินเร็วเป็นเวลา 1 นาที และวิ่งเป็นเวลา 1 นาที แล้วใช้วิธีการตรวจสอบโดยสังเกตผ่านทางหน้าแอปพลิเคชัน

3.3.6.3 โซนการออกกำลังกาย – การทดสอบจะเป็นการใช้วิธีเดียวกับการทดสอบค่าอัตราการเต้นของหัวใจ โดยเป็นการใช้ผลจากค่าอัตราการเต้นของหัวใจมาระบุว่าโซนการออกกำลังกายอยู่ในระดับไหน ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการนับชีพจรแล้วนำไปเทียบโซนกับค่าโซนที่แสดงผลผ่านทางหน้าแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ผ่านโปรแกรม MATLAB

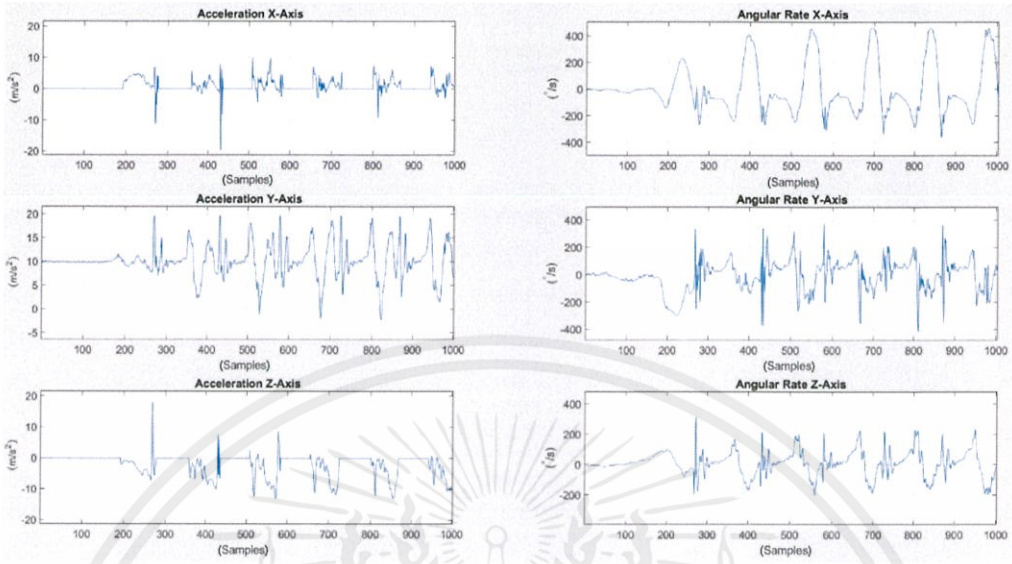
การตรวจจับการก้าวและระบุช่วงก้าวทำได้โดยนำข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์มาเก็บไว้ในโปรแกรม Microsoft Excel และเรียกใช้ข้อมูลโดยโปรแกรม MATLAB โดยผลที่ได้จากเซนเซอร์ในช่วงเวลาหนึ่งของการเดิน แสดงได้ดังรูปที่ 4.1 ในส่วนของกราฟความเร่งในแต่ละแกนทางซ้าย แกนตั้งคือความเร่งในแนวแกนนั้นของอุปกรณ์ ในหน่วยเมตรต่อวินาทีกำลังสอง และแกนนอนคือลำดับตัวอย่างการเดิน ในส่วนของกราฟความเร็วเชิงมุมในแต่ละแกนทางขวา แกนตั้งคือความเร็วเชิงมุมในแนวแกนนั้นของอุปกรณ์ ในหน่วยองศาต่อวินาที และแกนนอนคือลำดับตัวอย่างการเดิน ในที่นี้จะแสดงข้อมูลเพียง 1,000 ค่าตัวอย่างเท่านั้นเพื่อให้เห็นผลลัพธ์ที่ชัดเจน

หลังจากนำเข้าข้อมูลแล้วจะนำไปกำจัดสัญญาณรบกวนโดยผ่านการปรับแนวโน้ม (Detrend) และวงจรกรองความถี่ต่ำ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปประมวลผลต่อได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด ยกตัวอย่างเช่นการตรวจจับช่วงการก้าว เนื่องจากการตรวจจับช่วงการก้าวนั้นมีเงื่อนไขที่ค่อนข้างละเอียดมาก โดยวงจรกรองความถี่ต่ำที่ใช้นั้น ในที่นี้ให้ค่าความถี่ตัดผ่านที่ 5 เฮิรตซ์ เนื่องจากต้องการกำจัดสัญญาณรบกวน แต่ก็ต้องไม่ให้เสียลักษณะของข้อมูลเช่นกัน โดยจะยกตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการกำจัดสัญญาณรบกวนแล้วของกราฟความถี่เชิงมุม ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.2 โดยแกนตั้งคือความเร็วเชิงมุมในแนวแกนนั้นของอุปกรณ์ ในหน่วยองศาต่อวินาที และแกนนอนคือลำดับตัวอย่างการเดิน

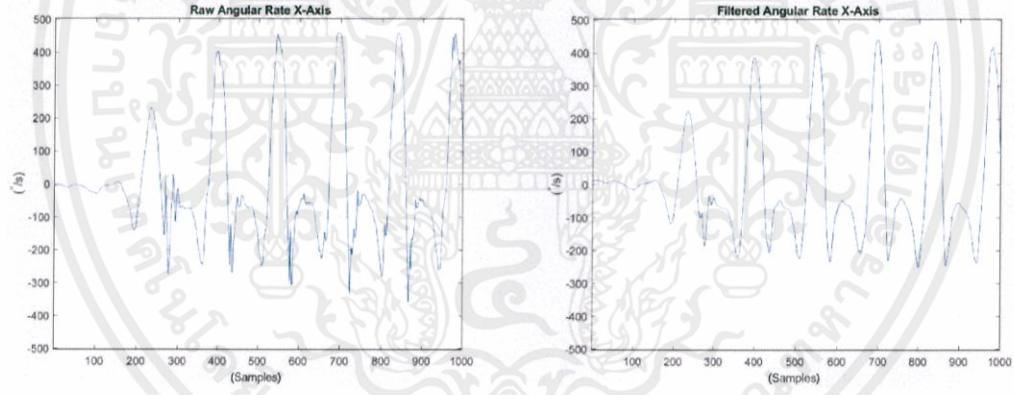
4.1.1 การระบุการก้าวจากค่าของเซนเซอร์

ในส่วนนี้จะพิจารณาถึงการระบุช่วงของการก้าว สัญลักษณ์ที่ระบุลักษณะการก้าวได้ถูกกำหนดดังนี้ จุด A คือช่วง Toe-off จุด B คือช่วง Terminal Swing จุด C คือช่วง Heel Strike จุด D คือช่วง Mid-Stance (Zero Point) โดยในการทดลองจะเก็บค่าซึ่งได้เดินเป็นจำนวน 63 ก้าว ซึ่งได้ค่าตัวอย่างทั้งหมด 8,669 ค่า ในที่นี้จะแสดงข้อมูลเพียง 1,000 ค่าตัวอย่างเท่านั้นเพื่อให้เห็นผลลัพธ์ที่ชัดเจน ซึ่งผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้จะแสดงดังรูปที่ 4.3 และผลลัพธ์ที่นำมาวิเคราะห์แสดงได้ดังรูปที่ 4.4 โดยทั้งสองรูป แกนตั้งคือความเร็วเชิงมุมในแนวแกนที่ใช้ข้อเท้าเป็นจุดหมุน ในหน่วยองศาต่อวินาที และแกนนอนคือลำดับตัวอย่างการเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

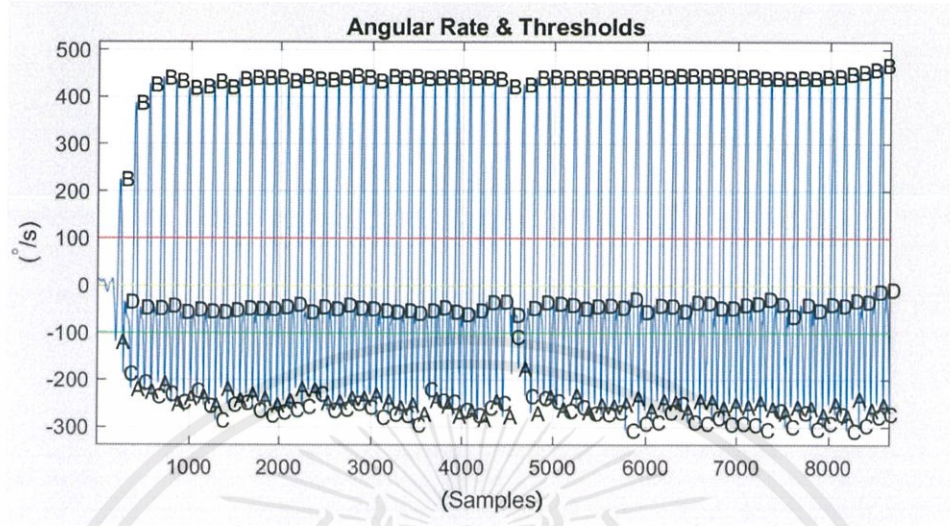


รูปที่ 4.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากเซนเซอร์ในช่วงเวลาหนึ่งของการเดิน

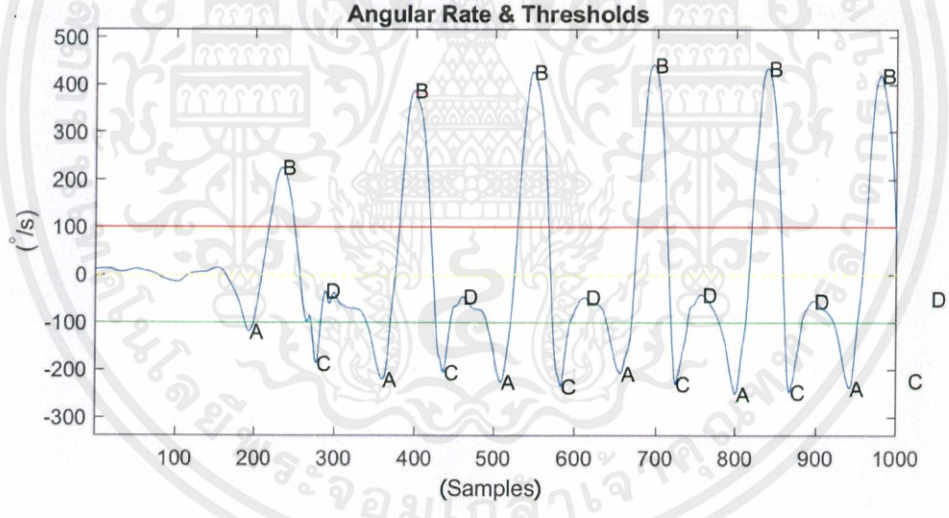


รูปที่ 4.2 ผลลัพธ์ที่ได้เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการกำจัดสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลลัพธ์การใช้คำสั่ง MATLAB ในการตรวจจับช่วงก้าว



รูปที่ 4.4 ผลลัพธ์การตรวจจับช่วงก้าว 1,000 ค่าที่นำมาวิเคราะห์

ในการระบุจุด A B C และ D นั้น จะมีค่าอยู่ 3 ค่าที่เป็นตัวช่วยเพื่อใช้ในการระบุช่วงของการก้าวแต่ละจุด ประกอบไปด้วย เส้นสีเขียวคือเทรสโฮลด์ต่ำซึ่งในที่นี่ตั้งไว้ที่ -100 องศาต่อวินาที เส้นสีเหลืองคือค่าที่ศูนย์ และเส้นสีแดงคือเทรสโฮลด์สูงซึ่งในที่นี่ตั้งไว้ที่ 100 องศาต่อวินาที

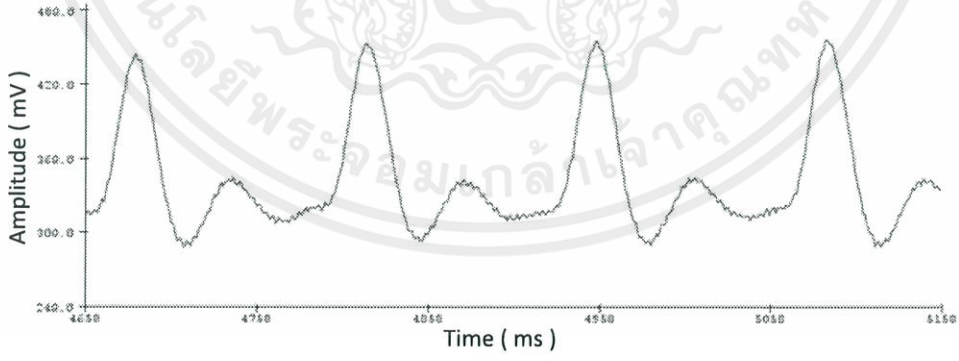
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่เลือกใช้นั้นเพื่อไม่ให้ต่ำเกินจนไม่สามารถตรวจจับลักษณะก้าวได้ และไม่ให้สูงเกินจนอาจไปตรวจจับสิ่งที่ไม่ใช่การก้าวแทน

จากผลลัพธ์จะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้เป็นไปตามทฤษฎี โดยในการทดลองเมื่อต่อเซนเซอร์เท้าทั้งสองข้างจะตั้งฉากกับพื้นไม่มีการขยับ เมื่อเริ่มขยับ ผู้ทดลองได้เริ่มก้าวเท้าข้างที่ไม่ได้ติดเซนเซอร์ไปข้างหน้า ทำให้เท้าข้างที่ติดเซนเซอร์ขยับไปด้านหลัง ทำให้ความเร็วเชิงมุมมีค่าเป็นลบ ซึ่งในผลลัพธ์คือจุด A เมื่อเดินต่อไป เท้าที่อยู่ด้านหลังถูกเหวี่ยงไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้ความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้นจนมีค่าเป็นบวกมากที่สุด ซึ่งในผลลัพธ์คือจุด B และเมื่อเดินต่อไป เท้าที่ลอยอยู่ข้างหน้าถูกขยับลงมาเพื่อก้าวเดิน ทำให้มีความเร็วเชิงมุมลดลง ซึ่งในผลลัพธ์คือจุด C และสุดท้ายเท้าจะตั้งฉากกับพื้นและจะหยุดขยับชั่วขณะ ทำให้ความเร็วเชิงมุมมีค่าใกล้เคียง 0 ซึ่งในผลลัพธ์คือจุด D พฤติกรรมทั้งหมดนี้ถูกกระทำซ้ำตลอดระยะเวลาการเดิน ทำให้กราฟมีลักษณะเดิมซ้ำไปจนสิ้นสุดการเก็บค่า และในการนับก้าวนั้น ค่าตัวอย่างจะต้องผ่านเงื่อนไขต่อไปนี้ทีละข้อจนครบทั้ง 4 ข้อจึงจะแสดงสัญลักษณ์ A B C และ D และนับว่าเป็นการก้าวหนึ่งครั้ง

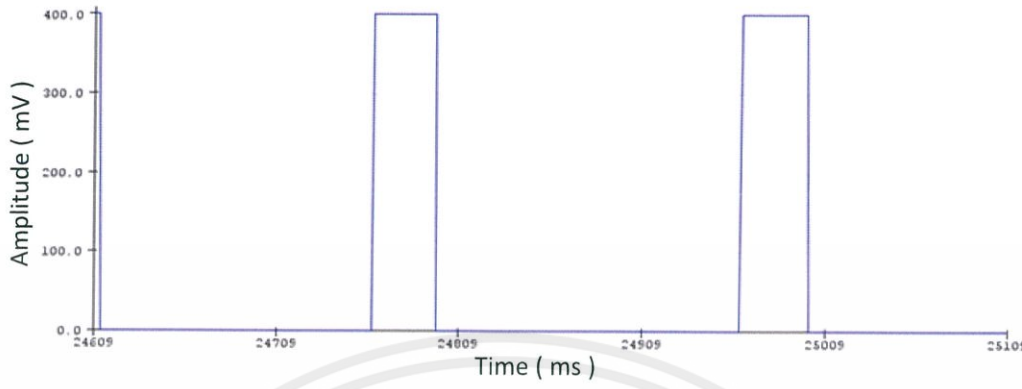
4.1.2 ผลการทดลองตรวจสอบชีพจร

ในส่วนนี้จะเป็นการพิจารณาถึงการวัดชีพจร ข้อมูลที่วัดได้จากตัวอุปกรณ์เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจแสดงได้ดังรูปที่ 4.5 โดยจะต้องถูกปรับระดับให้มีข้อมูลที่เหมาะสมต่อการนำไปคำนวณโดยจะต้องมีจุดตัดสินใจที่เหมาะสมแก่แต่ละบุคคล เพราะความแรงการเต้นของชีพจรของแต่ละบุคคลนั้นไม่เท่ากัน โดยให้ข้อมูลที่อยู่สูงกว่าจุดตัดสินใจมีค่าเป็น 400 แล้วให้ข้อมูลที่ต่ำกว่าจุดอ้างอิงเป็น 0 ดังรูปที่ 4.6 เพื่อให้สะดวกต่อการคำนวณต่อไป



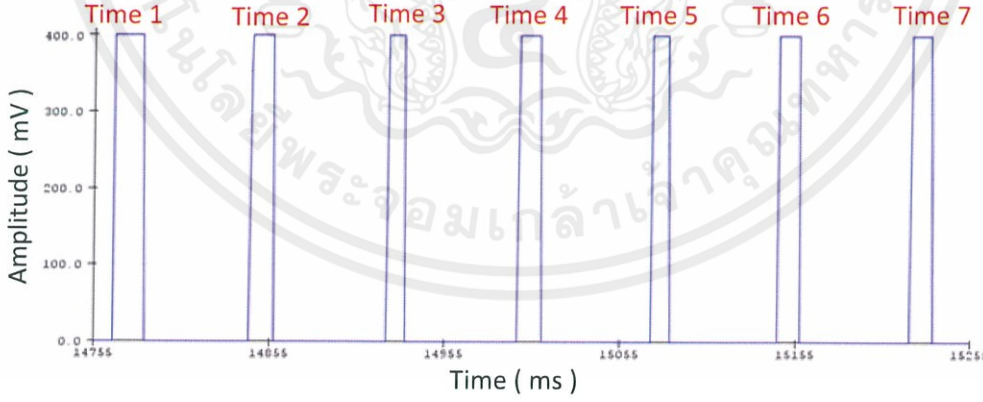
รูปที่ 4.5 ข้อมูลค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดได้จากเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



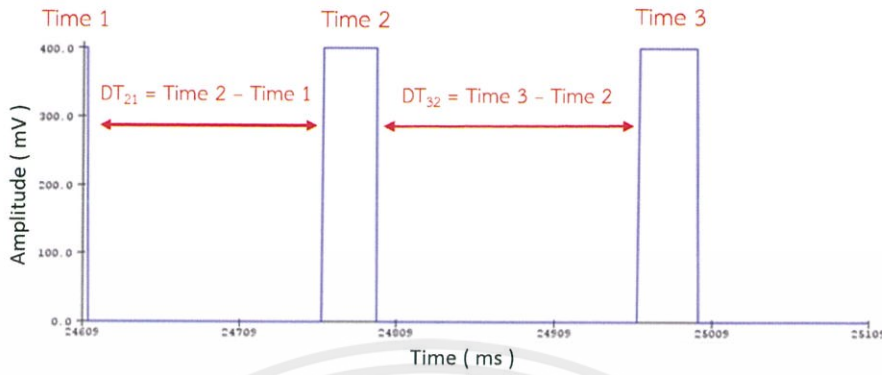
รูปที่ 4.6 ข้อมูลหลังจากผ่านการปรับระดับข้อมูล

จากนั้นจะทำการระบุเวลาของแต่ละพัลส์โดยใช้ฟังก์ชัน Millis () มาเป็นพารามิเตอร์ในการระบุเวลาของแต่ละพัลส์ดังรูป 4.7 เพื่อจะนำไปคำนวณหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจ โดยระยะห่างของการเกิดแต่พัลส์จะต้องไม่น้อยกว่า 300 มิลลิวินาที ซึ่งคือระยะห่างต่ำสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ของคนที่วิ่งโดยความเร็วสูง โดยอัตราการเต้นของหัวใจโซนนี้อยู่ที่ 171-190 ครั้งต่อนาที และระยะห่างของการเกิดแต่ละพัลส์จะต้องไม่เกิน 1200 มิลลิวินาที ซึ่งคือระยะห่างสูงสุดของแต่ละพัลส์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ของคนที่อยู่นิ่งหรือไม่ได้ทำกิจกรรมออกแรง โดยถ้าระยะห่างระหว่างทั้ง 2 พัลส์มีค่ามากหรือน้อยเกินกว่านี้จะไม่ถือว่าเข้าเงื่อนไขและจะทำการเริ่มนับ Time 1 ใหม่ การหาระยะห่างของพัลส์แสดงได้ดังรูปที่ 4.8



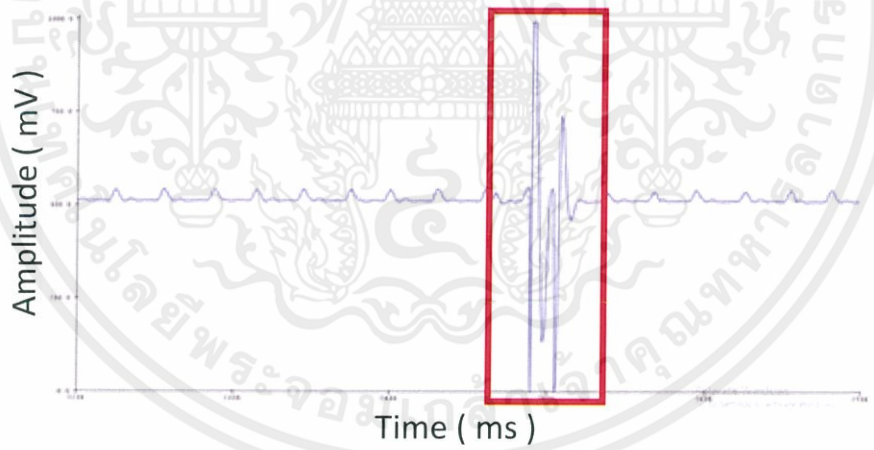
รูปที่ 4.7 การระบุเวลาของแต่ละพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การหาระยะห่างของพัลส์ที่อยู่ติดกัน

เมื่อได้ช่วงเวลาที่แตกต่างของแต่ละพัลส์หรือ Difference Time (DT) จะนำข้อมูลของช่วงเวลาที่แตกต่างกันของพัลส์ที่หนึ่งกับพัลส์ที่สองมาเทียบหาผลต่างกับข้อมูลของช่วงเวลาที่แตกต่างของพัลส์ที่สองและพัลส์ที่สาม โดยจะต้องมีค่าความต่างของข้อมูลสองชุดนี้ไม่เกิน 100 มิลลิวินาที เพื่อป้องกันเกิดพัลส์ที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวตัวอย่างดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 พัลส์ไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวที่ไม่แน่นอน

เมื่อได้ข้อมูลช่วงเวลาที่แตกต่างของแต่ละพัลส์ที่เหมาะสมแล้ว จะทำการคำนวณหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจโดยการนำค่าข้อมูลของช่วงเวลาที่แตกต่างของสองพัลส์ล่าสุดมาเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอ้างอิงในการเกิด 1 พัลส์ โดยจะเทียบบัญญัติไตรยางค์กับเวลา 60 วินาที ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (2.11)

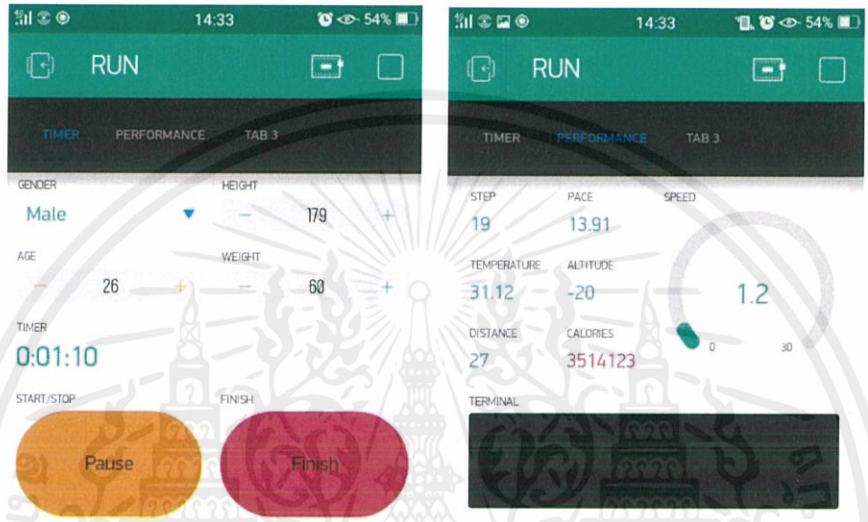
โดยเราจะหาค่าอัตราการเต้นหัวใจโดยวิธีเช่นนี้เป็นจำนวน 3 รอบแล้วนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจทั้ง 3 รอบนั้นมาเปรียบเทียบกันโดยไม่ควรมีความผิดพลาดเกิน 10% หากตรงตามเงื่อนไขจะนำอัตราการเต้นของหัวใจทั้ง 3 รอบนี้มาหาค่าเฉลี่ยเป็นอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นเรานำค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่เราวัดได้ไปเปรียบเทียบว่าอยู่ในโซนการออกกำลังกายไหนของการออกกำลังกาย โดยโซนแรกระดับการออกกำลังกายสบายมากหรือระดับฟื้นฟู ระดับการเต้นของหัวใจจะอยู่ที่ร้อยละ 50-60 ของอัตราสูงสุด เป็นโซนที่เกิดขึ้นเมื่อเราเดินช้า เดินสบาย โดยอัตราการเต้นของหัวใจในโซนนี้อยู่ที่ประมาณ 104-114 ครั้งต่อนาที โซนสองระดับง่ายระดับการเต้นของหัวใจอยู่ที่ร้อยละ 60-70 ของอัตราสูงสุด เป็นโซนที่เกิดจากการเดินปกติ หรือเดินเร็วกว่าปกติเล็กน้อย อัตราการเต้นของหัวใจของโซนนี้อยู่ที่ประมาณ 114-133 ครั้งต่อนาที โซนสามระดับปานกลาง ระดับการเต้นของหัวใจอยู่ที่ร้อยละ 70-80 ของอัตราสูงสุด เป็นโซนที่มักจะเกิดจากการวิ่งจ๊อกกิ้ง หรือเดินเร็ว โดยอัตราการเต้นของหัวใจของโซนนี้อยู่ที่ประมาณ 133-152 ครั้งต่อนาที โซนสี่ระดับหนัก ระดับการเต้นของหัวใจอยู่ที่ร้อยละ 80-90 ของอัตราสูงสุด เป็นโซนที่เกิดจากการวิ่งเร็ว โดยอัตราการเต้นของหัวใจของโซนนี้อยู่ที่ประมาณ 152-171 ครั้งต่อนาที โซนห้าระดับหนักมากหรือสูงสุดระดับการเต้นของหัวใจอยู่ที่ร้อยละ 90-100 ของอัตราสูงสุดเป็นโซนที่เกิดจากการวิ่งโดยความเร็วสูง โดยอัตราการเต้นของหัวใจโซนนี้อยู่ที่ 171-190 ครั้งต่อนาที หลังจากการได้ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจแล้วจะนำค่าไปเปรียบเทียบในแต่ละโซนการออกกำลังกายแล้วไปแสดงบนแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 การแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจและระดับโซนในการออกกำลังกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันกับอุปกรณ์

อุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่งทำงานโดยเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตที่รับมาจากสัญญาณฮอตสปอตของโทรศัพท์สมาร์ทโฟนที่ใช้เปิดแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งใช้ในการแสดงผลประสิทธิภาพการวิ่ง โดยรูปแบบของแอปพลิเคชันแสดงได้ดังรูปที่ 4.11



(ก) (ข)

รูปที่ 4.11 รูปแบบและการทำงานของแอปพลิเคชัน

(ก) ส่วนแสดงผลเกี่ยวกับเวลา (ข) ส่วนแสดงผลเกี่ยวกับค่าประสิทธิภาพ

4.3 ผลการทดสอบการวัดประสิทธิภาพการวิ่ง

ในขั้นตอนนี้กลุ่มผู้จัดทำได้ทำการวิ่งโดยสวมใส่อุปกรณ์ที่ได้ออกแบบ พร้อมกับทดลองวิ่งเพื่อทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่งทั้งตัวอุปกรณ์และแอปพลิเคชันที่ใช้แสดงค่าประสิทธิภาพการวิ่ง ซึ่งรายละเอียดผลการทดสอบแสดงได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 จำนวนก้าว ความเร็ว และระยะทาง

4.3.1.1 การนับจำนวนก้าวเดิน – การตรวจจับจำนวนก้าวคณะผู้จัดทำจะใช้หลักการจากหัวข้อที่ 2.3.2 โดยทำการเปรียบเทียบจำนวนก้าวที่เดินจริงกับจำนวนก้าวจากการวัดด้วยอุปกรณ์ ซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทำงานของอุปกรณ์ในการแสดงจำนวนก้าวเทียบกับก้าวเดินจริง

จำนวนก้าวที่เดิน (ก้าว)	จำนวนก้าวจากการคำนวณโดยอุปกรณ์ (ก้าว)				ความผิดพลาด (%)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
10	9	10	10	9.666667	3.333333
20	20	19	19	19.33333	3.333333
40	40	40	39	39.66667	0.833333
100	97	98	98	97.66667	2.333333

4.3.1.2 การตรวจวัดระยะทาง - การวัดระยะทางจะทดสอบโดยใช้ตำแหน่งจากพิกัด GPS ในการคำนวณค่าระยะทางที่เคลื่อนที่ โดยผลการทดลองเป็นการเปรียบเทียบกับระยะทางจริงเปรียบเทียบกับระยะทางจากการคำนวณของอุปกรณ์ ซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทำงานของอุปกรณ์ในการแสดงระยะทางที่วิ่งเทียบกับระยะทางจริง

ระยะทางจากการวิ่ง (เมตร)	ระยะทางจากการคำนวณของอุปกรณ์ (เมตร)	ความผิดพลาด (%)
10	8.45	15.5
50	48	4
75	73.2	2.4
100	87.7	12.3
500	459.23	9.035
1000	921.88	8.154
2000	1860.19	7.812

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 อัตราการเต้นของหัวใจ และระดับความหนักการออกกำลังกาย

4.3.2.1 การทำงานของเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ - การวัดการทำงานของเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ จะทดสอบโดยเปรียบเทียบกับการนับจังหวะชีพจรของผู้สวมใส่อุปกรณ์กับค่าจากการวัดของอุปกรณ์ ซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การทำงานของอุปกรณ์ในการแสดงผลการเต้นของหัวใจ

เวลาที่ใช้ในการทดลอง (วินาที)	การเต้นของหัวใจจากการนับชีพจร (ครั้ง)	การเต้นของหัวใจจากการวัดของอุปกรณ์ (ครั้ง)				ความผิดพลาด (%)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
20	27	24	24	25	24	1.11
40	45	44	46	45	45	0
80	94	94	97	96	96	2.08
120	134	137	136	137	137	2.22

4.3.2.2 การวัดอัตราการเต้นของหัวใจจากกิจกรรมแต่ละประเภท - การทดลองวัดอัตราการเต้นของหัวใจของผู้สวมใส่อุปกรณ์หลังจากทำกิจกรรมแต่ละประเภท จะทดสอบโดยเปรียบเทียบการนับจังหวะชีพจรของผู้สวมใส่กับการคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจจากอุปกรณ์ ซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.4

4.3.2.3 การวัดระดับความหนักของการออกกำลังกาย - ทำการทดลองวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจเทียบกับตารางโซนการออกกำลังกาย โดยเปรียบเทียบระหว่างทฤษฎีของโซนการออกกำลังกายกับโซนการออกกำลังกายที่แสดงผลบนแอปพลิเคชัน ซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในการแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจในกิจกรรมแต่ละประเภท

กิจกรรมของผู้สวมใส่	การเต้นของหัวใจจากการนับชีพจร (ครั้งต่อนาที)	การเต้นของหัวใจจากการวัดของอุปกรณ์ (ครั้งต่อนาที)				ความผิดพลาด (%)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
นั่งนิ่ง	76	74	76	74	75	1.32
เดินเป็นเวลา 1 นาที	84	85	86	86	86	2.49
เดินเร็วเป็นเวลา 1 นาที	118	116	112	117	115	2.54
วิ่งด้วยเป็นเวลา 1 นาที	148	154	155	152	154	4.05

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการแสดงผลความหนักของการออกกำลังกาย

กิจกรรมของผู้สวมใส่		การเต้นของหัวใจจากการวัดของอุปกรณ์ (ครั้ง/นาที)				โซนการออกกำลังกายที่แสดง
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
ZONE 1	เดินช้าเป็นเวลา 10 นาที	95	95	96	96	ZONE 1
ZONE 2	เดินเร็วกว่าปกติเป็นเวลา 10 นาที	115	116	115	115	ZONE 2
ZONE 3	วิ่งจ๊อกกิ้งเป็นเวลา 10 นาที	145	154	155	151	ZONE 3
ZONE 4	วิ่งเร็วอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาที	171	173	164	169	ZONE 4
ZONE 5	วิ่งโดยความเร็วสูงเป็นเวลา 3 นาที	177	178	178	177	ZONE 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 การเผาผลาญของการออกกำลังกาย

ทดสอบการทำงานการคำนวณการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย โดยทำการเดินและวิ่งด้วยระยะทาง 500 เมตร และ 1 กิโลเมตร โดยเปรียบเทียบระหว่างการประมวลผลโดยอุปกรณ์กับหลักการเผาผลาญพลังงานจากแหล่งอ้างอิงที่เชื่อถือได้ ซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการเผาผลาญของร่างกายจากการเดินและวิ่ง

กิจกรรม	การเผาผลาญพลังงานคำนวณจากอุปกรณ์ (กิโลแคลอรี่)	การเผาผลาญพลังงานคำนวณจาก keisan.casio.com (กิโลแคลอรี่)	การเผาผลาญพลังงานคำนวณจากนาฬิกา Garmin VIVOActive 3 (กิโลแคลอรี่)	การเผาผลาญพลังงานคำนวณจากนาฬิกา Honor Band 4 (กิโลแคลอรี่)
เดินระยะ 500 เมตร (ความเร็วเฉลี่ย 1.6 เมตรต่อวินาที)	20	23	21	25
เดินระยะ 1000 เมตร (ความเร็วเฉลี่ย 1.6 เมตรต่อวินาที)	52	47	45	53
วิ่งระยะ 500 เมตร (ความเร็วเฉลี่ย 1.6 เมตรต่อวินาที)	27	34	32	35
วิ่งระยะ 1000 เมตร (ความเร็วเฉลี่ย 1.6 เมตรต่อวินาที)	57.33	69	62	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการนำเซนเซอร์กลุ่ม IMU (Inertial Measurement Unit) ซึ่งประกอบไปด้วยเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดความเร่ง ความเร็วเชิงมุม และเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ มาประยุกต์ใช้ร่วมกันในการออกแบบอุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ออกกำลังกายสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการออกกำลังกายของตนเองผ่านการสังเกตค่าพารามิเตอร์อย่างง่าย โดยการทำงานจะรับค่าความเร่ง ความเร็วเชิงมุม และอัตราการเต้นของหัวใจ มาประมวลผลเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการวิ่งได้ เช่น อัตราการก้าวต่อนาที ความเร็ว ระยะทาง การเผาผลาญพลังงาน โดยชิ้นงานที่คณะผู้จัดทำได้ออกแบบขึ้นนั้น มีกระบวนการทำงานโดยสามารถสรุปการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือการทำงานของการรับค่าจากเซนเซอร์และนำไปประมวลผล ส่วนที่สองคือการนำค่าที่ได้จากการประมวลผลไปแสดงผ่านแอปพลิเคชัน ชิ้นงานที่ได้ออกแบบขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 5.1

1) การทำงานของการรับค่าจากเซนเซอร์และนำไปประมวลผล - โดยจะเป็นการรับค่าจากเซนเซอร์ไปสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วนำไปประมวลผลด้วยหลักการที่ได้เขียนเอาไว้ เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นประกอบไปด้วย ความเร็ว ระยะทางและอัตราการก้าว ค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นนั้นจะถูกนำไปใช้หาค่าประสิทธิภาพการวิ่ง โดยมีการรับอินพุตของผู้ใช้งานผ่านทางแอปพลิเคชันเพื่อประกอบการคำนวณ ประกอบไปด้วยเพศ น้ำหนัก ส่วนสูงและอายุ เมื่อผ่านขั้นตอนการคำนวณบนไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว ค่าพารามิเตอร์อย่างง่ายจะถูกนำไปแสดงผลบนแอปพลิเคชันต่อไป

2) การนำค่าที่ได้จากการประมวลผลไปแสดงผ่านแอปพลิเคชัน – ค่าที่จะถูกนำไปแสดงผลบนแอปพลิเคชันจะเป็นค่าพารามิเตอร์อย่างง่าย เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจและรับรู้ถึงประสิทธิภาพได้อย่างไม่ลำบาก โดยการส่งค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังแอปพลิเคชันจะส่งผ่านโมดูล Wi-Fi ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงผลบนแอปพลิเคชันจะประกอบไปด้วย เวลา ความเร็ว ระยะทาง อัตราการก้าว โซนการออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจ และการเผาผลาญพลังงาน โดยในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกกำลังกายแต่ละครั้งจะมีการเก็บค่าเอาไว้ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเช็คประสิทธิภาพย้อนหลังและวิเคราะห์การออกกำลังกายแต่ละครั้งได้

รูปที่ 5.1 ชิ้นงานอุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการสร้างอุปกรณ์ติดตามและตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่งจะเห็นได้ว่าสามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพการวิ่งได้ โดยตัวอุปกรณ์ถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กกะทัดรัด ซึ่งเซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดค่าความเร่ง ความเร็วเชิงมุม และเซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจจะอยู่ที่เดียวกัน เพื่อให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน โดยผลจากการทดสอบใช้งานอาจมีความคลาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนหรือหลักการคำนวณที่ผิดพลาดไป นอกจากนี้ตัวอุปกรณ์สามารถนำไปพัฒนาและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพหรือฟังก์ชันที่มากขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Rhydo Technologies. “WeMos D1 R2 WiFi-ESP8266 Development Board (Arduino Compatible).” https://www.rhydolabz.com/arduino-arduino-boards-c-152_123/wemos-d1-r2-wifi-esp8266-development-board-arduino-compatible-p-2431.html.

[2] EscapeQuotes. “WeMos D1 Mini Pins and Diagram.” https://escapequotes.net/esp8266-wemos-d1-mini-pins-and-diagram.

[3] RPI Wiki. “WEMOS ESP8266 D1 R2 V2.1.” http://www.raspberrypiwiki.com/index.php/WEMOS_ESP8266_D1_R2_V2.1.

[4] ThaiEasyElec. “Triple Axis Accelerometer & Gyro Breakout - MPU-6050.” https://www.thaieasyelec.com/products/embedded-module/imu-uav/triple-axis-accelerometer-gyro-breakout-mpu-6050-detail.html.

[5] ArduitronicS. “3-Axis Accelerometer/Gyro Module (MPU6050 or GY-521).” https://www.arduitronics.com/product/481/3-axis-accelerometer-gyro-module-mpu6050-or-gy-521-2.

[6] COMPONENTS101. “MPU6050 - Accelerometer and Gyroscope Module.” https://components101.com/sensors/mpu6050-module.

[7] COMPONENTS101. “MPU-6050_Breakout V11.” https://static.sparkfun.com/datasheets/Sensors/IMU/MPU-6050_Breakout%20V11.pdf.

[8] Sparkfun. “Pulse Sensor.” https://www.sparkfun.com/products/11574.

[9] Mybotic. “Pulse Sensor With Arduino Tutorial.” https://www.instructables.com/id/Pulse-Sensor-With-Arduino-Tutorial/.

[10] Wemos. “Battery Shield.” https://wiki.wemos.cc/products:d1_mini_shields:battery_shield.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[11] Wemos. "Battery."
https://wiki.wemos.cc/_media/products:d1_mini_shields:sch_battery_v1.3.0.pdf.

[12] 9Arduino. "App สำเร็จรูป Blynk NodeMCU ESP8266 (ตอนที่ 1 Blynk คืออะไร)."
https://www.9arduino.com/article/59.

[13] MathWorks. "Desktop Basics."
https://www.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/desktop.html.

[14] Walter, Pirker. "Gait disorders in adults and the elderly: A clinical guide."
https://www.researchgate.net/figure/Phases-of-the-normal-gait-cycle_fig3_309362425.

[15] Honestdocs. "ออกกำลังกายแบบ In Zone ตามความหนักเบา ของการเต้นของหัวใจ."
https://www.honestdocs.co/in-zone-weight-training-heart.

[16] TVDirect. "HEART RATE ZONE มันคืออะไร ... !!."
https://www.tvdirect.tv/blog/heart-rate-zone.

[17] Compendium of Physical Activities. "12 - Running."
https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/Activity-Categories/running.

[18] Little Bird. "Lithium Ion Battery - 850mAh."
https://www.littlebird.com.au/lithium-ion-battery-850mah.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

คำสั่งที่ใช้ในการประมวลผลบน Arduino ESP8266 WeMos D1 R2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <Wire.h>
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050.h"
#include <TimeLib.h>
#include <WidgetRTC.h>
char auth[] = "bfffc29f1e2d40adb6a9a2310faf53fe";
//char ssid[] = "T_047";
//char pass[] = "123456787";
char ssid[] = "jrcp";
char pass[] = "23456789";
//char ssid[] = "Mojojojoe";
//char pass[] = "123456789";
char server[] = "blynk.honey.co.th";
//-------------------------------------------------------------
int rawheartrate;
int hrtresh = 530;
unsigned long timeHR;
unsigned long Gettime;
unsigned long A = 0;
unsigned long B = 0;
unsigned long timeUP1;
unsigned long timeUP2;
unsigned long timeUP3;
unsigned long timeUP4;
unsigned int DT12;
unsigned int DT23;
unsigned int DT12and23;
unsigned int DT23and34;
unsigned int DT34and12;
int timeMilliSec    = 0;
int timeSec         = 0;
int timeMinute      = 0;
int timeHour        = 0;
int HR = 0  ;
int UPHR1 = 0;
int DOWNHR1 = 0 ;
int UPHR2 = 0;
int DOWNHR2 = 0 ;
int UPHR3 = 0;
int DOWNHR3 = 0 ;
int UPHR4 = 0;
int DOWNHR4 = 0 ;
int ShowHR = 0;
int ShowHR2 = 0;
int Fix = 0;
int Fix2;
int Miss = 0;
int ok = 0;
//int D8 = 8;
//int D7 = 7;
int IntputD7 = D7;
int OutputD6 = D6;
int sw;
String showheartrate1 = " ";
String showheartrate2 = " ";
unsigned int lastHR12 = 0;
unsigned int lastHR23 = 0;
unsigned int lastHR13 = 0;
int lastHR1 = 0;
int lastHR2 = 0;
int lastHR3 = 0;
int countHR = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int superlastHR = 0;


//-------------------------------------------------------------
BlynkTimer timer;
WidgetRTC rtc;
WidgetTerminal terminal(V31);
int stepx, stepc = 0, a = 1, i = 1, pressure[60];
float  alpha = 0.01, gyrxlp[60], gyrx[60], temp;

int16_t ax, ay, az;
int16_t gx, gy, gz;
MPU6050 mpu;
float gender, age, height, starter, finish, weight, bmr;
int  CountdownRemainReset  =  0,  CountdownRemain  =  0,  steptime,
caltime, clktime;
float totalcal = 0.0, nowcal, totalcall, nowmet, dis = 0.0, nowdis,
diss;
float lat, lon, alt, nowspd, sumspd = 0.0, pace, avgspd = 0.0;
String TT = " ";
BLYNK_CONNECTED() {
  rtc.begin();
}

//-------------------------------------------------------------------
---------

void setup()
{
  Serial.begin(38400);
  //WiFi.begin(ssid,pass);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass, server, 8080);
  setSyncInterval(10 * 60);
  Wire.begin();
  mpu.initialize();
  mpu.setFullScaleGyroRange(MPU6050_GYRO_FS_250);

  steptime = timer.setInterval(5000L, stepp);//every 5sec
  timer.disable(steptime);
  clktime = timer.setInterval(1000L, clocks);//every 1 sec
  timer.disable(clktime);
  caltime = timer.setInterval(15000L, cal);//every 15 sec
  timer.disable(caltime);
  Blynk.virtualWrite(V30, "clr");

  pinMode(OutputD6, OUTPUT);
  pinMode(IntputD7, INPUT)  ;
  digitalWrite(OutputD6, LOW);
  //timer.setInterval(4000L,SerialPrintHR);
}

//-------------------------------------------------------------------
--
void clocks()
{
  CountdownRemain++; // remove 1 every second
  countclock(CountdownRemain);
  if ( CountdownRemain % 300 == 0)
  {
    Blynk.notify("Press button for measure heartrate");
  }
}
void countclock(int seconds)
{
  long days = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            long hours = 0;
            long mins = 0;
            long secs = 0;
            String secs_o = ":";
            String mins_o = ":";
            String hours_o = ":";
            secs = seconds; // set the seconds remaining
            mins = secs / 60; //convert seconds to minutes
            hours = mins / 60; //convert minutes to hours

            secs = secs - (mins * 60); //subtract the coverted seconds to
minutes in order to display 59 secs max
            mins = mins - (hours * 60); //subtract the coverted minutes to
hours in order to display 59 minutes max
            hours = hours - (days * 24); //subtract the coverted hours to
days in order to display 23 hours max
            if (secs < 10) {
              secs_o = ":0";
            }
            if (mins < 10) {
              mins_o = ":0";
            }
            if (hours < 10) {
              hours_o = ":0";
            }
            TT = String(hours) + mins_o + String(mins) + secs_o +
String(secs);
            Blynk.virtualWrite(V1, TT);
          }

          //-----------------------------------------------------------------
--
          void inputt()
          {
            //Blynk.syncVirtual(V2);
            //Blynk.syncVirtual(V3);
            Blynk.syncVirtual(V4);
            Blynk.syncVirtual(V5);
            Blynk.syncVirtual(V6);
          }
          void bmrcal()
          {
            Blynk.syncVirtual(V3);
            if (gender == 0)
            {
              inputt();
              bmr = (13.397 * weight) + (4.799 * height) - (5.677 * age) +
88.362;
              Blynk.virtualWrite(V20, bmr);

            }
            else if (gender == 1)
            {
              inputt();
              bmr = (9.247 * weight) + (3.098 * height) - (4.33 * age) +
447.593;
              Blynk.virtualWrite(V20, bmr);
            }
          }
          void cal()
          {
            Blynk.virtualWrite(V16, totalcal);
            Blynk.virtualWrite(V25, totalcal);
            Serial.print("totalcal: "); Serial.print(weight); Serial.print("
");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Serial.println(totalcal);
  Serial.println(" ");
}
//-------------------------------------------------------------
void gyros() {
  temp = mpu.getTemperature();
  gyrx[i] = mpu.getRotationX();
  //gyrxlp[i] = (alpha*gyrx[i])+((1-alpha)*gyrxlp[i-1])
  Serial.println(gyrx[i], 4); Serial.print("\t");
  Blynk.syncVirtual(V10);
  //if(starter==1){
  if (gyrx[i] > 10000)
  {
    pressure[i] = 1;
  }
  else
  {
    pressure[i] = 0;
  }
  //distance = distance+dis;
  //dis = 0;
  if (pressure[i] > pressure[i - 1])
  {
    stepx = stepc + 1;

  }
  i = i + 1;
  if (i > 60)
  {
    pressure[10] = pressure[60];
    i = i - 50;
  }
  stepc = stepx;

  //delay(100);
}
void stepp()
{
  //Serial.println("");
  //Serial.println(stepc);
  Blynk.virtualWrite(V15, stepc);
  Blynk.virtualWrite(V23, (temp / 340.00 + 36.53));
}


//-------------------------------------------------------------
void  CountTimexx ()
{
  Gettime = millis();
}


void  CountTime ()
{
  Gettime = millis();
}
void CalHeartRate()
{

  sw = digitalRead(D7);
  if (sw == 1 )
  {
    digitalWrite(OutputD6, HIGH);
    rawheartrate = analogRead(0);
    Serial.println(rawheartrate);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                if (rawheartrate >= hrtresh )
                {
                  rawheartrate = 400;
                }
                else
                {
                  rawheartrate = 0;
                }
                if (rawheartrate == 400 && UPHR1 == 0 && DOWNHR1 == 0 && UPHR2
== 0 && DOWNHR2 == 0 && UPHR3 == 0 && DOWNHR3 == 0 )
                {
                  timeUP1 = Gettime ;
                  UPHR1   = 1 ;
                  DOWNHR1 = 0;
                  DOWNHR2 = 0;
                  UPHR2   = 0 ;
                  DOWNHR3 = 0;
                  UPHR3   = 0 ;
                  DT12and23 = 0;
                  DT23and34 = 0;
                  DT34and12 = 0;
                }
                if (rawheartrate == 0 && UPHR1 == 1 && DOWNHR1 == 0 && UPHR2 ==
0 && DOWNHR2 == 0 && UPHR3 == 0 && DOWNHR3 == 0 )
                {
                  UPHR1   = 1 ;
                  DOWNHR1 = 1;
                  DOWNHR2 = 0;
                  UPHR2   = 0 ;
                  DOWNHR3 = 0;
                  UPHR3   = 0 ;
                }
                if (rawheartrate == 400 && UPHR1 == 1 && DOWNHR1 == 1 && UPHR2
== 0 && DOWNHR2 == 0 && UPHR3 == 0 && DOWNHR3 == 0 )
                {
                  timeUP2 = Gettime;
                  UPHR1   = 1 ;
                  DOWNHR1 = 1;
                  UPHR2   = 1 ;
                  DOWNHR2 = 0;
                  DOWNHR3 = 0;
                  UPHR3   = 0 ;
                  DT12 =  ( timeUP2 - timeUP1 );
                  if (DT12 < 300 || DT12 > 1200)
                  {
                    DOWNHR1   = 0;
                    UPHR1     = 0 ;
                    DOWNHR2   = 0;
                    UPHR2     = 0 ;
                    DOWNHR3   = 0;
                    UPHR3     = 0 ;
                  }
                }
                if (rawheartrate == 0 && UPHR1 == 1 && DOWNHR1 == 1 && UPHR2 ==
1 && DOWNHR2 == 0 && UPHR3 == 0 && DOWNHR3 == 0 )
                {
                  UPHR1   = 1 ;
                  DOWNHR1 = 1;
                  UPHR2   = 1 ;
                  DOWNHR2 = 1;
                  DOWNHR3 = 0;
                  UPHR3   = 0 ;
                }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if (rawheartrate == 400 && UPHR1 == 1 && DOWNHR1 == 1 && UPHR2
== 1 && DOWNHR2 == 1 && UPHR3 == 0 && DOWNHR3 == 0   )
            {
              timeUP3 = Gettime;
              UPHR1   = 1 ;
              DOWNHR1 = 1;
              UPHR2   = 1 ;
              DOWNHR2 = 1;
              UPHR3   = 1 ;
              DOWNHR3 = 0;
              DT23 = timeUP3 - timeUP2 ;
              if (DT23 < 300 || DT23 > 1200)
              {
                DOWNHR1   = 0;
                UPHR1     = 0 ;
                DOWNHR2   = 0;
                UPHR2     = 0 ;
                DOWNHR3   = 0;
                UPHR3     = 0 ;
                Miss      = 1;
              }
            }
            if (rawheartrate == 0 && UPHR1 == 1 && DOWNHR1 == 1 && UPHR2 ==
1 && DOWNHR2 == 1 && UPHR3 == 1 && DOWNHR3 == 0  )
            {
              UPHR1   = 1 ;
              DOWNHR1 = 1;
              UPHR2   = 1 ;
              DOWNHR2 = 1;
              UPHR3   = 1 ;
              DOWNHR3 = 1;

              if (DT12 > DT23 )
              {
                DT12and23 = ( DT12 - DT23 );
              }
              else if (DT12 < DT23)
              {
                DT12and23 = ( DT23 - DT12 );
              }
            }
            if ( UPHR1 == 1 && DOWNHR1 == 1 && UPHR2 == 1 && DOWNHR2 == 1
&& UPHR3 == 1 && DOWNHR3 == 1 && DT12and23 <= 120  )
            {
              HR = 60000 / (DT23) ;
              ShowHR = 1 ;
              Gettime  =  0 ;
              UPHR1     = 0;
              DOWNHR1   = 0;
              UPHR2     = 0;
              DOWNHR2   = 0;
              UPHR3     = 0;
              DOWNHR3   = 0;
              DT12      = 0;
              DT23      = 0;
              DT12and23 = 0;
              if (countHR == 0 )
              {
                lastHR1 = HR;
                countHR = 1;
              }
              else if (countHR == 1 )
              {
                lastHR2 = HR;
                countHR = 2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                }
                else if (countHR == 2)
                {
                  lastHR3 = HR;
                  countHR = 0;
                }
                lastHR12 = abs( lastHR1 - lastHR2 ) ;
                lastHR23 = abs( lastHR2 - lastHR3 );
                lastHR13 = abs( lastHR1 - lastHR3 );

                superlastHR =  ( lastHR1 + lastHR2 + lastHR3 ) / 3; //new
              }
              if ( ( UPHR1 == 1 && DOWNHR1 == 1 && UPHR2 == 1 && DOWNHR2 == 1
&& UPHR3 == 1 && DOWNHR3 == 1 && UPHR4 == 1 && DOWNHR4 == 1 ) ||  ( DT12and23
> 120 ))
              {
                UPHR1     = 0;
                DOWNHR1   = 0;
                UPHR2     = 0;
                DOWNHR2   = 0;
                UPHR3     = 0;
                DOWNHR3   = 0;

              }
              if (Gettime > 200000)
              {
                Gettime = 0 ;
              }

              if ( lastHR12 <= 5 && lastHR23 <= 5 && lastHR13 <= 5)
              {
                ShowHR2 = 1;

              }
            }
            if (sw == 0 )
            {
              digitalWrite(OutputD6, LOW);
            }
            }

          void SerialPrintHR()
          {
            if (  ShowHR == 1 && ShowHR2 == 1 )
            {

              terminal.clear();

              terminal.println("Heart rate measurement results");
              terminal.println("");
              terminal.print(timeMinute);terminal.print(":")                ;
terminal.println(timeSec) ;
              String currentTime = String(hour()) + ":" + minute() + ":" +
second();
              terminal.println(currentTime);
              terminal.print("AVG Heart rate   : ");
              terminal.println(superlastHR);
              if ( HR <= 114)
              {
                terminal.println("ZONE             : 1 ");
                terminal.println("") ;
              }
              if ( HR > 114 && HR <= 133)
              {
                terminal.println("ZONE           : 2 ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            terminal.println("") ;
          }
          if ( HR > 133 && HR <= 152)
          {
            terminal.println("ZONE              : 3 ");
            terminal.println("") ;

          }
          if ( HR > 152 && HR <= 171)
          {
            terminal.println("ZONE              : 4 ");
            terminal.println("") ;
          }
          if ( HR > 171)
          {
            terminal.println("ZONE              : 5 ");
            terminal.println("") ;
          }
          ShowHR = 0;
          ShowHR2 = 0;
          Gettime = 0;
        }
        if (  Miss == 1 )
        {
          terminal.clear();
          terminal.println("");
          terminal.println("");
          terminal.println("");
          terminal.println("Please do not move while measuring heart rate
!");
          terminal.println("");
          terminal.println("");
          Miss = 0;
          showheartrate1 = "" ;
        }
        terminal.flush()
      }
      //------------------------------------------------------------------
      BLYNK_WRITE(V9) {
        if (param.asInt()) {
          Blynk.virtualWrite(V21, bmr);
        }
      }
      BLYNK_WRITE(V2) {
        if (param.asInt()) {
          Blynk.syncVirtual(V3);
          Blynk.syncVirtual(V4);
          Blynk.syncVirtual(V5);
          Blynk.syncVirtual(V6);
          if (gender == 0)
          {
            inputt();
            bmr = (13.397 * weight) + (4.799 * height) - (5.677 * age) +
88.362;
            Blynk.virtualWrite(V20, bmr);

          }
          else if (gender == 1)
          {
            inputt();
            bmr = (9.247 * weight) + (3.098 * height) - (4.33 * age) +
447.593;
            Blynk.virtualWrite(V20, bmr);
          }
        }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
BLYNK_WRITE(V3)
{
  gender = param.asFloat();
}

BLYNK_WRITE(V4)
{
  age = param.asFloat();
}
BLYNK_WRITE(V5)
{
  height = param.asFloat();
}

BLYNK_WRITE(V6)
{
  weight = param.asFloat();
}

BLYNK_WRITE(V11)
{
  if (param.asInt()) {
    cal();
    Blynk.virtualWrite(V1, "0:00:00");
    Blynk.virtualWrite(V16, "0");
    //String currentDate = String(day()) + " " + month() + " " +
year();
    //Blynk.virtualWrite(V30,   "add",   totalcal,   currentDate,
millis() / 1000);
    avgspd = (sumspd * 5) / CountdownRemain;
    Blynk.virtualWrite(V14, avgspd);
    String fin = String("Your work is finish : Totaltime is " + TT
+" \nTotal steps : " + String(stepc) + " \nAverage speed : " + String(avgspd)
+ "\n Distance:" + String(dis)+ "m" + "\n Total burn : " +String(totalcal))+
"kcal";
    Blynk.virtualWrite(V44,fin);
    Blynk.notify(fin);
    CountdownRemain = CountdownRemainReset;
    totalcal = 0;
    dis = 0;
    stepc = 0;
    //Blynk.notify();
  }
}

BLYNK_WRITE(V10)
{
  starter = param.asInt();
  if (starter == 1)
  {
    timer.enable(clktime);
    timer.enable(caltime);
    timer.enable(steptime);
  }
  else
  {
    timer.disable(clktime);
    timer.disable(caltime);
    timer.disable(steptime);
  }
}
BLYNK_WRITE(V7) {
  hrtresh = param.asInt();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
BLYNK_WRITE(V27) {
  //Blynk.syncVirtual(V6);
  GpsParam gps(param);
  // Print 6 decimal places for Lat, Lon
  lat = gps.getLat();
  lon = gps.getLon();
  nowspd = gps.getSpeed();
  alt = gps.getAltitude();
  Serial.print("Speed: "); Serial.println(nowspd);
  nowdis = nowspd * 5.0;
  diss = dis + nowdis;
  dis = diss;

  if (nowspd == 0) {
    pace = 0;
    nowcal = 0;
  }
  else {
    pace = 100.0 / (nowspd * 6.0);
    //nowcal=                          bmr*((0.9931*nowspd*36.0/10.0)-
0.2299)*(5.0/86,400.0);
    nowcal = (bmr * ((0.9931 * nowspd * 3.6) - 0.2299) * (5.0 /
86400.0));

  }

  //nowmet=(0.9931*sumspd/3)-0.2299;

  sumspd = sumspd + nowspd;

  totalcall = totalcal + nowcal;
  totalcal = totalcall;
  Blynk.virtualWrite(V28, dis);
  Blynk.virtualWrite(V22, alt);
  Blynk.virtualWrite(V19, nowspd);
  Blynk.virtualWrite(V24, pace);
  Blynk.virtualWrite(V16, totalcall);
  //                                    Serial.print("totalcal:
");Serial.print(weight);Serial.print("  "); Serial.println(totalcal);
}
//--------------------------------------------------------------------
void loop()
{
  Blynk.run();
  timer.run(); // Initiates BlynkTimer
  gyros(); //ror cal
  CountTimexx ();
  CalHeartRate() ;
  SerialPrintHR() ;
  Blynk.run();
  timer.run();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้