อุปกรณ์ทดสอบการลุกยืนด้วยเซนเซอร์วัดความเฉื่อย

IMU Based Motion Monitor in Sit To Stand Test

กชนนท์ ลิปิกรสุขทวีกุล

Kotchanon Lipikornsuktaweekul

นิธิพงษ์ ลาภตันศุภผล

Nitipong Laptansupapone

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อุปกรณ์ทดสอบการลุกยืนด้วยเซนเซอร์วัดความเฉื่อย

IMU Based Motion Monitor in Sit To Stand Test

โดย

กชนนท์ ลิปิกรสุขทวีกุล

นิธิพงษ์ ลาภตันศุภผล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์ทดสอบการลุกยืนด้วยเซนเซอร์วัดความเฉื่อย

IMU Based Motion Monitor in Sit to Stand Test

ผู้จัดทำ นายกชนนท์ ลิปิกรสุขทวีกุล รหัสประจำตัว 60010001

นายนิธิพงษ์ ลาภตันศุภผล รหัสประจำตัว 60010540

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

.....

ผศ.ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อโครงงาน	อุปกรณ์ทดสอบการลุกยืนด้วยเซนเซอร์วัดความเฉื่อย	
นักศึกษา	นายกชนนท์ ลิปิกรสุขทวีกุล	รหัสประจำตัว 60010001
	นายนิธิพงษ์ ลาภตันศุภผล	รหัสประจำตัว 60010540
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2563	
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้จัดทำ อุปกรณ์ทดสอบการลุกยืนด้วยเซนเซอร์วัดความเฉื่อย วัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์เครื่องมีที่ช่วยเก็บข้อมูลเกี่ยวกับทดสอบการลุกยืน(Sit to Stand Test)ที่มีราคาถูกลงกว่าอุปกรณ์ชนิดอื่น ๆ โดยใช้หลักการของเซนเซอร์ IMU (Inertial Measurement Unit) ซึ่งข้อมูลที่ได้จะประกอบไปด้วย ความเร่ง 3 แกน และความเร็วเชิงมุม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการหาค่ามุมระหว่างส่วนของขาสองท่อนขณะลุกยืน โดยเซนเซอร์เชื่อมต่อเข้ากับ ESP32 ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงาน โดยอุปกรณ์ที่จัดทำขึ้นมาส่งข้อมูลผ่าน WIFI มายังคอมพิวเตอร์โดยใช้ Python รับค่าและเก็บในรูปแบบไฟล์ .csv และสามารถนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์โดยใช้ Python และนำค่าข้อมูลที่ประมวลผลแล้วไปวิเคราะห์ต่อไปในทางกายภาพบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Project Title	IMU Based Motion Monitor in Sit to Stand Test
Student	Mr. Kotchanon Lipikornsuktaweekul Student ID 60010001
	Mr. Nitipong Laptansupapon Student ID 60010540
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2020
Project Advisor	Asst. Prof. Suradej Tretriluxana, PhD.

ABSTRACT

This thesis is aimed to design and create low-cost non-optical Motion Monitor in Sit to Stand Test device that cheaper than other by using IMU (Inertial Measurement Unit). The data consists of 3-axis acceleration and Angular acceleration to find angle between two parts of legs. Sensors connect to ESP32 that is a controller. The device sent data via WIFI to computer. Analyzing data use Python and save data in .csv file type. The data that analyzed can use in Physical therapist.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ อาจารย์ที่ปรึกษา รวมถึง นายอุกกฤษฎ์ จันทร์ศรี นักศึกษาปริญญาเอกประจำห้องปฏิบัติการวัดและประมวลผลทางชีวการแพทย์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษา รวมไปถึงให้ความรู้ คอยตรวจทาน และให้แนวทางในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เมื่อเกิดปัญหาในการทำงาน

ขอขอบคุณคณะกายภาพบำบัด และวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล ที่เปิดโอกาสให้คณะคณะผู้จัดทำได้ไปศึกษาดูงานระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวและการประยุกต์ใช้งาน

ขอขอบคุณผศ.ดร.บรรยงค์ รุ่งเรืองด้วยบุญ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ อาจารย์ สายรัก สอาดไพร คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ได้มาแลกเปลี่ยนความรู้และให้คำแนะนำสำหรับการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำที่คอยเป็นกำลังใจ คอยสนับสนุน รวมไปถึงให้คำปรึกษา

กชนนท์ ลิปิกรสุขทวีกุล

นิธิพงษ์ ลาภตันศุภผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 3

2.1 การลุกยืน (Sit to Stand) 3

2.2 Five Time Sit to Stand Test (FTSST) 4

2.3 หลักการเคลื่อนไหวของร่างกาย 5

2.4 ค่าดัชนีมวลกาย 7

2.5 IMU (Inertial Measurement Unit) 8

2.6 เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) 8

2.7 เครื่องวัดสภาพความเอียง (Gyroscope) 12

2.8 โมดูล GY-521 13

2.9 NodeMCU ESP32 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.10 ภาษาไพทอน (Python) 15
2.11 UDP (User Datagram Protocol) 16
2.12 Orientation 16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 17
3.1 หลักการออกแบบอุปกรณ์ 17
3.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ 18
3.3 วิธีการทดสอบอุปกรณ์ 21
3.4 ออกแบบการทำการทดลอง 22
3.5 การรับค่าและแสดงผลข้อมูล 24
3.6 หลักการคำนวณ 30
บทที่ 4 ผลการทดลอง 33
4.1 ผลการทดสอบเซนเซอร์ 33
4.2 ผลการทดลองกับอาสาสมัคร 35
4.3 วิเคราะห์ผล 38
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 41
5.1 สรุปผลการทดลอง 41
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 42
5.3 ปัญหาและอุปสรรค 42
5.4 ข้อเสนอแนะ 42
บรรณานุกรม 43
ภาคผนวก 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตารางค่าดัชนีมวลกาย 7
4.1 ผลการทดสอบเซนเซอร์ทีละตัวทดสอบที่มุม 0 และ 90 องศา.....33
4.2 ผลการทดสอบเซนเซอร์คู่ที่ 1 ที่มุม 0 30 45 60 90 องศา เป็นจำนวน 3 ครั้ง 34
4.3 ผลการทดสอบเซนเซอร์คู่ที่ 2 ที่มุม 0 30 45 60 90 องศา เป็นจำนวน 3 ครั้ง 34
4.4 ตารางผลการทดลองลุกยืนห้าครั้งของกลุ่มวัยรุ่น 1.....36
4.5 ตารางผลการทดลองลุกยืนห้าครั้งของกลุ่มวัยรุ่น 2.....36
4.6 ตารางผลการทดลองลุกยืนห้าครั้งของกลุ่มผู้สูงอายุ 1.....37
4.7 ตารางผลการทดลองลุกยืนห้าครั้งของกลุ่มผู้สูงอายุ 2.....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ช่วงของการลุกยืน 3

2.2 การทดสอบลุกยืน 5 ครั้ง (Five Times Sit To Stand Test) 4

2.3 ระนาบหน้าหลัง 5

2.4 ระนาบข้าง 5

2.5 ระนาบขอบฟ้า 6

2.6 การเคลื่อนไหวตามแกน (A) แกนระนาบข้าง (B) แกนระนาบหน้าหลัง (C) แกนดิ่ง 6

2.7 การแบ่งระดับดัชนีมวลกาย 7

2.8 หลักการของ accelerometer 9

2.9 โครงสร้างและหลักการของมิเตอร์วัดความเร่งแบบไซซมิกแมส 10

2.10 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก 11

2.11 ส่วนประกอบพื้นฐานของไจโรสโคป 12

2.12 GY-521 13

2.13 Nodemcu ESP32 14

2.14 สัญลักษณ์ภาษาไพทอน 15

2.15 มุมอ้างอิง roll pitch yaw 16

3.1 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ 17

3.2 อุปกรณ์ทดสอบการลุกยืน 17

3.3 หลักการทำงานของตัวอุปกรณ์โดยภาพรวม 18

3.4 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ทดสอบการลุกยืน 19

3.5 แผนผังการทำงานของคอมพิวเตอร์ในการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ 20

3.6 ทดสอบมุมของเซนเซอร์ขณะวางอยู่นิ่ง 21

3.7 ทดสอบมุมระหว่าง 2 เซนเซอร์ 21

3.8 ภาพการสวมใส่อุปกรณ์ 22

3.9 การทดลอง five times sit to stand test 23

3.10 ทดสอบ five times sit to stand กับผู้สูงอายุ 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.11 หน้าต่างของโปรแกรมรับส่งและแสดงผลข้อมูล....24

3.12 ปุ่มฟังก์ชันการรับส่งมูล....24

3.13 หน้าต่างของโปรแกรมขณะเชื่อมกับอุปกรณ์ทั้ง 5 ตัว....25

3.14 หน้าต่างของโปรแกรมขณะทำการส่งข้อมูล....25

3.15 ภาพขณะการบันทึกไฟล์ข้อมูล....26

3.16 ปุ่มฟังก์ชันการเรียกดูและแสดงผลข้อมูล....26

3.17 หน้าต่างในการเลือกไฟล์ cs....27

3.18 หน้าต่างของโปรแกรมเมื่อทำการเลือก csv แล้ว....27

3.19 รูปตัวอย่างการแสดงผลเมื่อกดปุ่ม Angle....28

3.20 รูปตัวอย่างการแสดงผลเมื่อกดปุ่ม Acceleration of Back....29

3.21 รูปตัวอย่างการแสดงผลเมื่อกดปุ่ม Gyroscope of Back....29

3.22 ตัวอย่างข้อมูลที่เก็บได้....30

3.23 การหามุมที่เข่า....31

3.24 ตารางค่าความไวของ accelerometer ชิป MPU6050....32

3.25 ตารางค่าความไวของ gyroscope ชิป MPU6050....32

4.1 กราฟตัวอย่างค่ามุมระหว่าง 2 เซนเซอร์จากการทดลอง....33

4.2 กราฟแสดงค่าเวลาในการทดสอบลุกยืนระหว่างกลุ่มวัยรุ่นและกลุ่มผู้สูงอายุ....38

4.3 กราฟแสดงค่าความเร็วเชิงมุมของต้นขาในการทดสอบระหว่างกลุ่มวัยรุ่นและกลุ่มผู้สูงอายุ....38

4.4 กราฟแสดงค่าความเร็วเชิงมุมของลำตัวในการทดสอบระหว่างกลุ่มวัยรุ่นและกลุ่มผู้สูงอายุ....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
ที่มาและความสำคัญ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันผู้คนในสังคมไทยหันมาใส่ใจในสุขภาพของตนเองมากขึ้น การตรวจสุขภาพจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นในการดูแลรักษาสุขภาพของตนเอง โดยการตรวจสุขภาพที่ง่ายที่สุดนั้น คือ การสังเกตการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยการเคลื่อนไหวพื้นฐานที่สำคัญ คือ การลุกยืน ซึ่งเป็นท่าการเคลื่อนไหวพื้นฐานที่ใช้มากในชีวิตประจำวัน หากการลุกยืนมีความผิดปกติจะส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวัน รวมไปถึงมีความเสี่ยงจะเกิดการหกล้ม หรือเกิดอันตรายต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก จึงต้องมีการทำการทดสอบการลุกยืน (Sit to Stand Test) เพื่อตรวจดูการเคลื่อนไหว สาเหตุของการลุกยืนที่ผิดปกติ รวมไปถึงแนวทางการกายภาพให้ร่างกายกลับมาทำงานได้เป็นปกติ

ปัจจุบันในทางกายภาพบำบัดมีการวิเคราะห์การลุกยืน (Sit to Stand Test) เพื่อตรวจและประเมินถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการทรงตัว และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของผู้ที่เข้ารับการประเมิน โดยใช้สายตาของนักกายภาพบำบัดมองเพียงอย่างเดียว ดังนั้นผู้ทำโครงงานจึงมีความคิดที่จะสร้างอุปกรณ์ที่สามารถช่วยในการประเมินและวิเคราะห์ผลของการทดสอบการลุกยืนได้ดีขึ้นโดยใช้หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความเฉื่อย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความเร่งและความเอียงใน 3 แกนในการวิเคราะห์การลุกยืน

1.2.2 สร้างอุปกรณ์ที่สามารถใช้วัดและเก็บข้อมูลการวิเคราะห์จากเซนเซอร์วัดความเฉื่อย

1.2.3 นำข้อมูลที่ได้จากตัวอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาวิเคราะห์และประมวลผล

1.2.4 นำความรู้จากการเรียนมาประยุกต์ใช้งานกับสถานการณ์จริงได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 อุปกรณ์สามารถวัดค่าการเคลื่อนไหวของการทดสอบการลุกยืนได้

1.3.2 อุปกรณ์สามารถส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ผ่านระบบ Wifi ได้

1.3.3 สามารถคำนวณและหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่สำคัญในการทดสอบการลุกยืนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์เพื่อตรวจจับการลุกยืน

1.4.2 มีความรู้ความเข้าใจความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวระหว่างสองส่วนของร่างกาย เช่น ข้อต่อต่าง ๆ กับเซนเซอร์

1.4.3 สามารถประมวลผล วิเคราะห์ และนำเสนอสัญญาณ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในทางการกายภาพบำบัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 การลุกยืน (Sit to Stand)

การลุกยืนเป็นลักษณะการเคลื่อนไหวพื้นฐานในชีวิตประจำวัน โดยมีการลุกขึ้นจากจากท่านั่งไปสู่ท่ายืน และผู้คนจะมีการลุกยืนหลายครั้งในหนึ่งวัน ในการจะทำท่าทางนี้ให้สำเร็จ จำเป็นต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของร่างกาย เพื่อถ่ายเทน้ำหนักจากท่านั่งไปสู่ท่ายืน เพื่อรักษาสมดุลและระวังการหกล้มของร่างกาย โดยการลุกยืนยังสามารถใช้เพื่อบ่งบอกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาได้อีกด้วย

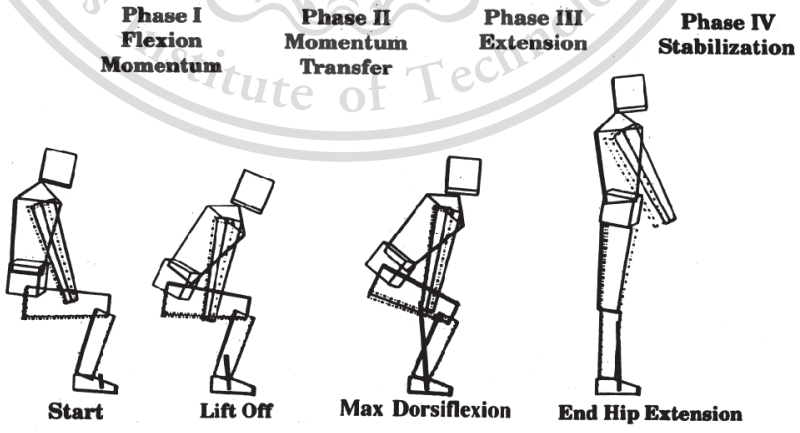
โดยการลุกยืนสามารถแบ่งการเคลื่อนไหวออกเป็น 4 ช่วง คือ

1. Flexion Momentum นับจากช่วงที่เริ่มเคลื่อนไหวจนถึงก่อนยกตัวขึ้น ลำตัวและกระดูกเชิงกรานมีการเอียง โดยก่อนที่จะลุกขึ้นเท้าจะมีการขยับไปด้านหลังเล็กน้อย เพื่อเตรียมลุกขึ้น

2. Momentum Transfer เริ่มนับตั้งแต่ลุกจากที่นั่งจนถึงกระทั่งข้อเท้าทำมุมมากที่สุด โมเมนตัม (Momentum) จะถูกถ่ายเทจากลำตัวไปสู่ทั่วร่างกาย สะโพกยังคงมีการขยับอยู่ โดยในช่วงนี้หากวัด ground reaction force จะมีค่ามากที่สุด

3. Extension เริ่มตั้งแต่ตอนที่ข้อเท้าเหยียดทำมุมมากที่สุด จนถึงสะโพกทำมุมมากที่สุด กล้ามเนื้อส่วน Gluteus Maximus จะทำงานหนักที่สุดในช่วงนี้

4. Stabilization เป็นช่วงที่แสดงถึงการยืนเสร็จสมบูรณ์แล้ว เป็นช่วงที่สะโพก ข้อเข่า และข้อเท้าไม่มีการขยับ



รูปที่ 2.1 ช่วงของการลุกยืน
(ที่มา : https://chairsfx.com/accessories/sit-stand-ergonomic-desks/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2 Five Time Sit to Stand Test (FTSST)

Five Time Sit to Stand Test เป็นการประเมินสมรรถภาพอย่างหนึ่ง ใช้เพื่อประเมินความแข็งแรงของร่างกายส่วนล่าง การเคลื่อนไหวในการเปลี่ยนท่วงท่า ความสมดุล และความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ โดยส่วนใหญ่การประเมินนี้ออกแบบมาสำหรับผู้ใหญ่ที่มีอายุ 18 ถึง 64 ปี และผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไป โดยการทดสอบนี้สามารถใช้ได้กับผู้ป่วยในบางโรค เช่น สมองเสื่อม (dementia) โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) และผู้มีปัญหาด้านการทรงตัวหรือมีประวัติการล้ม เป็นต้น

ในการทดสอบจะใช้เวลาในการให้คะแนน จากการที่อาสาสมัครทำการลุกการเก้าอี้เปลี่ยนไปเป็นท่ายืน และเปลี่ยนจากท่ายืนมาเป็นท่านั่ง เป็นจำนวน 5 ครั้งให้เร็วที่สุดและยังอยู่ในความปลอดภัย ในการทดลองจะใช้อุปกรณ์ 2 ชนิด คือ นาฬิกาจับเวลา และเก้าอี้มีพนักพิงหลัง ความสูง 43 – 45 ซม. จากพื้น โดยในการทดสอบ นักกายภาพจะให้สัญญาณเสียงว่า “เริ่ม” และเริ่มจับเวลา อาสาสมัครจะเริ่มลุกยืนเป็นจำนวน 5 ครั้ง โดยจะนำมือไขว้กันไว้ที่หน้าอก เมื่อครบ 5 ครั้งจะกดหยุดแล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ในเวลาต่อไป

โดยเวลามาตรฐานในการตัดช่วงผู้ที่มีความเสี่ยงในการล้มอยู่ที่ 15 วินาที หากผู้ทำการทดลองใช้เวลาในการทำการทดลองมากกว่า 15 วินาที แปลว่า ผู้ทำการทดลองมีโอกาสเสี่ยงต่อการล้มสูง

รูปที่ 2.2 การทดสอบลุกยืน 5 ครั้ง (Five Times Sit To Stand Test)

(ที่มา : https://prezi.com/p/r2xk9d_bg9d4/five-times-sit-to-stand-test/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

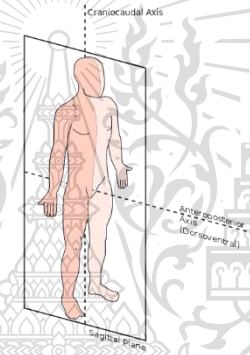
2.3 หลักการเคลื่อนไหวของร่างกาย

ในการศึกษาหลักการเคลื่อนไหวของร่างกาย คือ การนำความรู้ทางด้านกายวิภาค การทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ผนวกเข้ากับหลักการทางฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ เพื่อช่วยให้เข้าใจหลักการในการเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง เพื่อส่งเสริมและพัฒนาการเคลื่อนไหว รวมไปถึงปรับปรุงแก้ไขการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวันให้ถูกต้องเหมาะสมตามหลักการเคลื่อนไหว

2.3.1 ระนาบและแกนของการเคลื่อนไหว (Plane and Axis)

ระนาบของร่างกาย (Plane) คือ แผ่นสมมติสองมิติที่ลากผานและแบ่งร่างกายออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

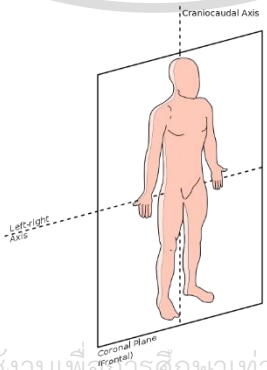
1. ระนาบหน้าหลัง (Sagittal Plane หรือ Anteroposterior Plane) คือ ระนาบในแนวดิ่งที่แบ่งร่างกายออกเป็นสองส่วนจากด้านหน้าสู่ด้านหลัง แบ่งร่างกายออกเป็นซ้ายกับขวาเท่า ๆ กัน



รูปที่ 2.3 ระนาบหน้าหลัง

(ที่มา : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomical_Sagittal_Plane-en.svg)

2. ระนาบข้าง (Lateral Plane หรือ Frontal Plane) คือ ระนาบในแนวดิ่งที่แบ่งร่างกายออกแบบสองส่วน โดยแบ่งร่างกายออกเป็นด้านหน้าและด้านหลังเท่า ๆ กัน

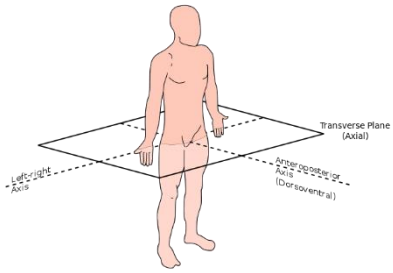


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.4 ระนาบข้าง

(ที่มา : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomical_Coronal_Plane-en.svg)

3. ระนาบขอบฟ้า (Transverse Plane หรือ Horizontal Plane) คือ ระนาบในแนวแกนนอน โดยจะแบ่งร่างกายออกเป็นด้านบนและด้านล่างเท่า ๆ กัน



รูปที่ 2.5 ระนาบขอบฟ้า

(ที่มา : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomical_Horizontal_Plane-en.svg)

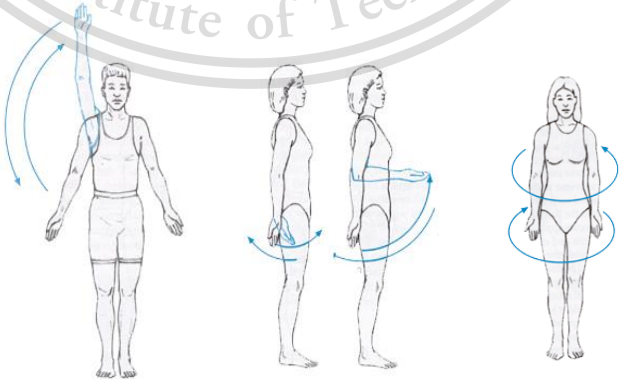
2.3.2 แกนของการเคลื่อนไหว (Axis)

ในการเคลื่อนไหวของร่างกายในระนาบต่าง ๆ แต่ละระนาบจะเคลื่อนที่ผ่านแกนสมมติ ซึ่งคือข้อต่อต่าง ๆ ของร่างกาย โดยสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 แกน คือ

1. แกนการเคลื่อนที่ผ่านระนาบข้าง (Anteroposterior หรือ Sagittal Axis) คือ แกนการเคลื่อนไหวที่ทอดผ่านระนาบข้าง

2. แกนการเคลื่อนที่ผ่านระนาบหน้าหลัง (Transverse Axis) คือ แกนการเคลื่อนไหวที่ทอดผ่านระนาบหน้าหลัง

3. แกนดิ่งหรือแกนในแนวตั้ง (Vertical หรือ Longitudinal Axis) แกนการเคลื่อนไหวที่ทอดผ่านระนาบขอบฟ้า



A B C

รูปที่ 2.6 การเคลื่อนไหวตามแกน (A) แกนระนาบข้าง (B) แกนระนาบหน้าหลัง (C) แกนดิ่ง

(ที่มา : http://elearning.psru.ac.th/courses/194/c%203.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4 ค่าดัชนีมวลกาย

ค่าดัชนีมวลกาย (BMI: Body Mass Index) คือ ค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและส่วนสูงของแต่ละบุคคล และสามารถใช้ในการประมาณระดับไขมันในร่างกายได้ โดยค่าดัชนีมวลกายมักใช้เป็นค่าที่ระบุรูปร่างของแต่ละบุคคลไป อีกทั้งยังสามารถบ่งบอกความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ ได้ เช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคไขมันในเส้นเลือด เป็นต้น

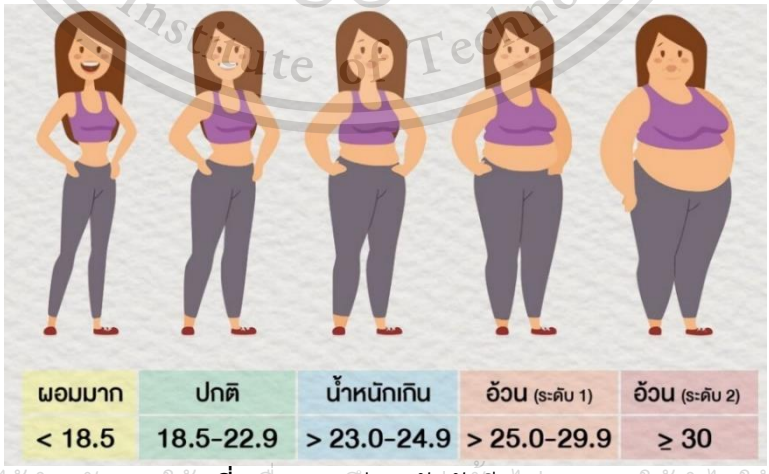
ค่าดัชนีมวลกายนั้นเป็นการคำนวณอย่างง่าย โดยทุกสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่าดัชนีมวลกาย} = \frac{\text{น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)}}{\text{ส่วนสูง}^2\ \text{(เมตร)}} \qquad (2.1)$$

โดยเมื่อคำนวณค่าดัชนีมวลกายออกแล้วนั้น สามารถแบ่งค่าของดัชนีมวลกายออกเป็น 5 ระดับ คือ

ตารางที่ 2.1 ตารางค่าดัชนีมวลกาย (ข้อมูลจากกรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข)

ค่าดัชนีมวลกาย (กก./ม^2)	อยู่ในเกณฑ์	ภาวะเสี่ยงต่อโรค
น้อยกว่า 18.50	น้ำหนักน้อย / ผอม	มากกว่าคนปกติ
ระหว่าง 18.50 – 22.90	ปกติ (สุขภาพดี)	เท่าคนปกติ
ระหว่าง 23 – 24.90	น้ำหนักเกิน	อันตรายระดับ 1
ระหว่าง 25 - 29.90	อ้วน / โรคอ้วนระดับ1	อันตรายระดับ 2
มากกว่า 30	อ้วนมาก / โรคอ้วนระดับ 2	อันตรายระดับ 3



รูปที่ 2.7 การแบ่งระดับดัชนีมวลกาย
(ที่มา : https://www.apexprofoundbeauty.com/7-howto-mommy-tummy-fix/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 IMU (Inertial Measurement Unit)

IMU คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่วัดและรายงานผลแรงจำเพาะที่กระทำหรือเกิดขึ้นที่วัตถุนั้น ๆ อัตราการเปลี่ยนแปลงมุม ด้วยการประมวลผลข้อมูล ค่าอัตราเร่ง ไจโรสโคป และในบางครั้งจะบ่งบอกถึงค่าความเข้มของสนามไฟฟ้า โดยเราสามารถนำค่าเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์และแสดงผลต่อไป

IMU ถูกใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งในอากาศยานประเภทต่าง ๆ รถยนต์ จักรยานยนต์แต่ที่ใกล้ตัวเราที่สุด น่าจะเป็นบรรดาอากาศยานไร้คนขับต่าง ๆ ซึ่งมันก็ยังคงมีหน้าที่หลักในการบอกลักษณะการเคลื่อนไหวของตัวเครื่องเพื่อส่งข้อมูลให้หน่วยประมวลผลกลางได้ทำการปรับตำแหน่งเครื่องให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมะสมที่สุด หรือในทางการแพทย์สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของผู้ป่วย ซึ่งจะนำไปสู่การวินิจฉัยโรคและการกายภาพบำบัดต่อไป

2.6 เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer)

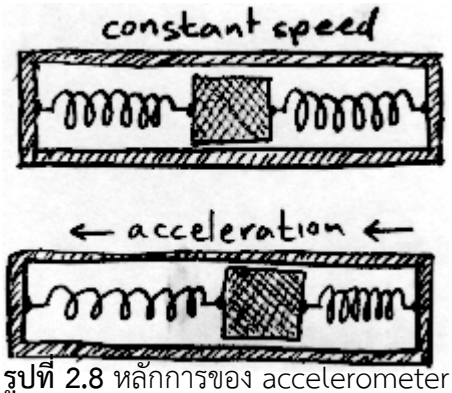
ในปัจจุบันอุปกรณ์ sensor ชนิดต่างๆมากมายอยู่ในอุปกรณ์ในชีวิตประจำวันทั่วไป เช่น GPS ในรถยนต์ หรือ GPRS ที่ใช้ทำโทรศัพท์ เป็นต้น

Accelerometer เป็น sensor ที่มีหน้าที่วัดความเร่ง สามารถพบได้ในสมาร์ทโฟนทั่วไป เช่น ฟังก์ชันที่มีการเขย่าเพื่อเปลี่ยนเพลง หรือการขยับตัวเครื่องเพื่อควบคุมการเล่นเกม เป็นต้น คุณสมบัติของ Accelerometer จึงมีความหมายว่า sensor ที่มีหน้าที่วัดความเร่งที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในแกนต่างๆในหน่วย m/s^2

2.6.1 หลักการทำงานของ Accelerometer

หลักการทำงานของ Accelerometer สามารถอธิบายโดยให้นึกถึงห้องสี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่ทุกด้านของกำแพงจะมีสปริงติดเอาไว้ เวลาที่ห้องนี้เอียงไปทางใดทางหนึ่ง สปริงก็จะยุบไปด้านนั้นๆ โดยสมมติว่าแรงดันของสปริงมีน้อยกว่าแรงโน้มถ่วงของโลก และใช้วงจรไฟฟ้าในการดึง Output Analog (หรือ Output Digital ซึ่งก็แล้วแต่คุณสมบัติของตัว Sensor) ออกมาใช้งาน ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.8 หลักการของ accelerometer

(ที่มา : https://sites.google.com/site/thaimulticopter/acc)

ในการวัดอัตราเร่งจาก accelerometer สามารถแบ่งการตรวจวัดได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1. การตรวจวัดการช็อก(shock) และการสั่นสะเทือน (vibration) โดยที่การช็อกหมายถึง อัตราเร่งขนาดมหาศาลที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ และการสั่นสะเทือนหมายถึง อัตราเร่งขนาดเล็กที่เกิดขึ้นซ้ำกันไปเรื่อยๆ

2. การตรวจวัดอัตราเร่งของวัตถุ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการระบุตำแหน่ง ความเร็ว และระยะทางที่ได้จากการเคลื่อนที่

2.6.2 ประเภทของมิเตอร์วัดความเร่ง (Accelerometer)

มิเตอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. มิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบไซซมิกแมส (seismic mass accelerometer)

มิเตอร์ชนิดนี้อาศัยหลักการตรวจวัดระยะขจัดเชิงเส้นแล้วนำไปคำนวณหาอัตราเร่งที่เกิดขึ้น โดยสามารถอธิบายได้คือ วัตถุชิ้นหนึ่งจะมีความเร่งได้ จะต้องมีแรงมากระทำ ยิ่งมีแรงมากระทำมากก็จะยิ่งมีความเร่งมาก ในขณะเดียวกันแรงต้านการเคลื่อนที่ก็จะมากด้วย นอกจากนี้เมื่อมีแรงมาทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ ก็จะมีระยะขจัด ซึ่งก็จะแปรผันตรงกับแรงที่มากระทำที่วัตถุ ยิ่งแรงมากระยะขจัดยิ่งมาก จากความสัมพันธ์ดังกล่าวได้นำไปใช้เป็นหลักการพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบไซซมิกแมสในการตรวจวัดอัตราเร่งของวัตถุในเทอมของระยะขจัดที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

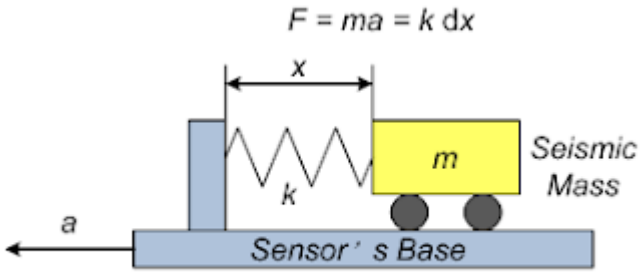


Fig-1 A spring-mass system

รูปที่ 2.9 โครงสร้างและหลักการของมิเตอร์วัดความเร่งแบบไซซมิกแมส (ที่มา http://bme231metrology.blogspot.com/2011/07/accelerometer-iphone-accelerometer.html:)

จากภาพโครงสร้างจะมีมวล m ที่เรียกว่ามวลตรวจการสั่นไหว (seismic mass) ยึดติดอยู่กับสปริงที่มีค่า spring constant เท่ากับ k และมวลนี้สามารถเคลื่อนที่ในแนวระดับได้ ซึ่งหลักการทำงานของโครงนี้คือ เมื่อตัวเซนเซอร์ตัวนี้ถูกทำให้มีอัตราเร่งเกิดขึ้นจะส่งผลให้มวล m เคลื่อนที่ซึ่งระยะที่เคลื่อนที่ออกไปจะเป็นระยะขจัดเท่ากับ x และมีทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของตัวมิเตอร์

ซึ่งความเร่ง a ของวัตถุสามารถคำนวณค่าได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$a = \frac{xk}{m} \qquad (2.2)$$

เมื่อกำหนดให้ a คือ อัตราเร่งของวัตถุ หน่วย m/s^2

x คือ ระยะขจัดของมวล m หน่วย m

k คือ ค่าคงที่ของสปริง หน่วย N/m

m คือ น้ำหนักของมวล m หน่วย kg

โดยหากมองจากสมการจะเห็นว่าเมื่ออัตราเร่งสูงขึ้น ระยะขจัดมวล m จะมากขึ้น หากลดลง มวล m จะเคลื่อนไปดันสปริง และเมื่ออัตราเร่งของวัตถุหมดลงมวล m จะกลับมาสู่ตำแหน่งอ้างอิง

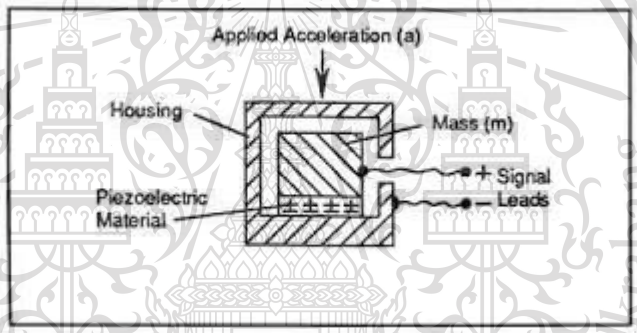
โดยทั่วไปมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบไซซมิกแมสนี้จะนิยมใช้ในการตรวจวัดลักษณะการช็อกและลักษณะการสั่นสะเทือนที่มีความถี่ต่ำมากๆ เช่น ในเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว หรือในเครื่องมือตรวจวัดการปะทุใต้ดินของภูเขาไฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. มิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric accelerometer)

คุณสมบัติพื้นฐานทางไฟฟ้าของผลึกเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric crystal) คือ เมื่อมันถูกแรงทางกลมากระทำตัวผลึกจะสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นมา โดยเป็นสัดส่วนกับแรงกระทำนั้น ซึ่งจากคุณสมบัติพิเศษนี้ได้ถูกดัดแปลงนำไปใช้สร้างอุปกรณ์ต่างๆมากมาย เช่น ใช้เป็นแบตเตอรี่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับนาฬิกาข้อมือดิจิตอลที่เราใช้ทั่วไป และยังใช้สร้างมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริกอีกด้วย

โครงสร้างของมอเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริกจะประกอบด้วย seismic mass ยึดติดกับ piezoelectric crystal และบรรจุอยู่ในตัวถังป้องกัน โดย piezoelectric crystal ที่นิยมนำมาใช้งาน ได้แก่ ผลึกควอตซ์ และผลึกโซเดียมโปตัสเซียมตาเตรต (sodium potassium tartrate) เพราะมีความทนทานต่อแรงกระทำ และมีราคาที่ค่อนข้างต่ำ



รูปที่ 2.10 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก
(ที่มา http://bme231metrology.blogspot.com/2011/07/accelerometer-iphone-accelerometer.html:)

หลักการคือ เมื่อ seismic mass (m) ถูกทำให้เกิดอัตราเร่งขึ้น (ถูกกด) มันจะส่งผ่านแรงกดไปกระทำกับ piezoelectric crystal ที่ถูกยึดติดอยู่ด้วยกัน ด้วยคุณสมบัติพิเศษของมันจะทำให้ประจุไฟฟ้าถูกสร้างขึ้น และถูกสายนำสัญญาณออกไปยังเอาต์พุตของวงจร โดยที่ด้านเอาต์พุตจะต้องมีวงจรขยายประจุไฟฟ้า (charge amplifier) เพื่อขยายค่าประจุไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นแรงดันเอาต์พุตตามสัดส่วนของอัตราเร่งที่เกิด จะได้สามารถแสดงผลได้ด้วยโวลต์มิเตอร์

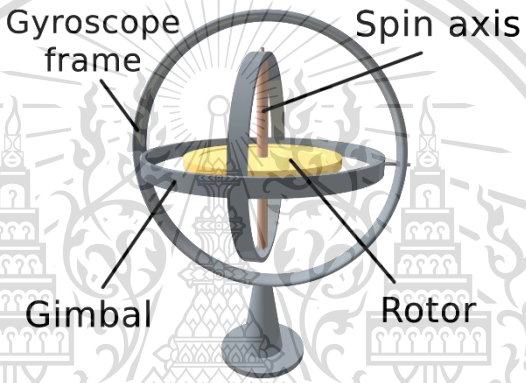
มิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริกมีการตอบสนองต่อทางด้านความถี่สูงได้ดี แต่ในทางกลับกันก็จะมีผลตอบสนองทางด้านความถี่ต่ำที่ไม่ดีนัก มีขนาดค่อนข้างเล็ก น้ำหนักเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.7 เครื่องวัดสภาพความเอียง (Gyroscope)

ไจโรสโคป (Gyroscope) เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยหลักการของแรงเฉื่อยเพื่อรักษาระดับและทิศทางของแกนหมุน โดยที่แรงเฉื่อยนี้จะเป็นไปตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตันซึ่งว่าด้วยเรื่องของการพยายามรักษาสภาพเดิมของวัตถุ ซึ่งเป็นไปตามสมการ $\sum F = 0$ หรือหลักการของสมดุล

หลักการทำงานของไจโรสโคป คือ ไม่ว่าจะมีแรงมากระทำกับวงแหวนด้านนอกมากเท่าใด แกนหมุนภายในก็จะไม่เปลี่ยนทิศทาง หรือก็คือแกนหมุนภายในจะพยายามรักษาสภาพและทิศทางดั้งเดิมของตนเอาไว้เสมอ เช่น เวลานั่งรถแล้วรถเบรกคนที่นั่งในรถจะโน้มเอนไปด้านหน้า ก็เป็นเพราะร่างกายพยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของรถเอาไว้



รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบพื้นฐานของไจโรสโคป
(ที่มา : https://th.wikipedia.org/wiki/gyroscope)

ไจโรสโคปสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับทางการแพทย์ได้อย่างหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นด้านการวินิจฉัย หรือการเก็บผลการรักษาเพื่อวิเคราะห์ เนื่องด้วยไจโรสโคปสามารถบอกลักษณะการเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงของมุมของวัตถุได้ ดังนั้นไจโรสโคปจึงสามารถนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลลักษณะการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยโดยการติดเซนเซอร์ไจโรสโคปเอาไว้ในจุดที่กำหนด ไจโรสโคปจะแสดงลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ออกมาโดยเทียบกับเวลาออกมาในรูปแบบของกราฟ 3 แกน จากนั้นจึงนำลักษณะการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยมาเทียบเคียงกับการเคลื่อนไหวของคนปกติจะสามารถวินิจฉัยได้ง่ายขึ้นว่าผู้ป่วยมีการเคลื่อนที่ที่ผิดปกติตรงจุดใดได้อย่างละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8 โมดูล GY-521

โมดูล GY-521 เป็นโมดูล IMU Sensor (6 DOF) มีเซนเซอร์ MPU6050 ที่สามารถวัดค่าความเร่ง (Acceleration) ได้ใน 3 แกน และสามารถวัดความเร็วเชิงมุม (วัดโดย Gyroscope) ได้ใน 3 แกน โดยตัวโมดูลจะทำการส่งค่าที่รับได้ผ่านการสื่อสารแบบ I2C ทำงานที่ไฟเลี้ยง 3.3 – 5 V

รูปที่ 2.12 GY-521

(ที่มา : http://robo-circuit.com/product/86/mpu-6050-accelerometer-gyro)

คุณสมบัติของ accelerometer

- เอาต์พุตเป็นดิจิตอลในทั้ง 3 แกน (x,y,z) โดยสามารถตั้งค่า Full Scale range ได้ที่ ± 2g, ± 4g, ± 8g และ ± 16g
- การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (ADC) มีความละเอียด 16 บิต
- Accelerometer ทำงานปกติที่กระแส 500 μA
- ในโหมดประหยัดพลังงานทำงานด้วยกระแส : 10 μA ที่ความถี่ 1.25 Hz, 20μA ที่ความถี่ 5 Hz, 60μA ที่ความถี่ 20 Hz และ 110μA ที่ความถี่ 40 Hz
- สามารถตรวจทิศทางและการส่งสัญญาณได้
- ผู้ใช้สามารถโปรแกรมการ interrupt ได้

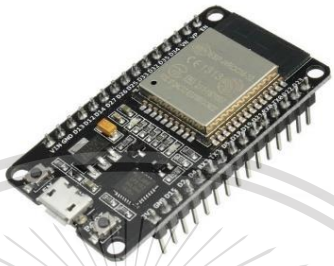
คุณสมบัติของ gyroscope

- เอาต์พุตเป็นดิจิตอลในทั้ง 3 แกน (x,y,z) โดยสามารถตั้งค่า Full Scale range ได้ที่ + 250, + 500, + 1000 และ + 2000 °/sec
- การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (ADC) มีความละเอียด 16 บิต
- สามารถตั้งค่าการกรองความถี่ต่ำแบบดิจิตอลได้
- ทำงานที่กระแส 3.6 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.9 NodeMCU ESP32

ESP32 เป็นชื่อไอซีของไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน โดยรองรับการเชื่อต่อ WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE (Bluetooth Low Energy) ในตัว โดยสามารถอัพโหลดโปรแกรมการทำงานผ่านโปรแกรม Arduino IDE ได้



รูปที่ 2.13 Nodemcu ESP32

(ที่มา: https://th.cytron.io/c-wireless-devices/p-nodemcu-esp32)

มีคุณสมบัติของตัวบอร์ด ดังนี้

- ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz
- มีแรมในตัว 512KB
- รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB
- มาพร้อมกับ WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct
- มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE
- ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V
- ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 125°C
- มี GPIO จำนวน 32 ช่อง
- รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง
- รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง
- รองรับ I^2C จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง
- รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ I^2S จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.10 ภาษาไพทอน (Python)

ไพทอน (Python) คือชื่อภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม คือสามารถรันภาษาไพทอนได้ทั้งบนระบบ Unix, Linux , Windows หรือแม้แต่ระบบ FreeBSD ภาษาไพทอนเป็น Open Source เหมือนกับภาษา PHP ทำให้ทุกคนสามารถที่จะนำภาษาไพทอนมาพัฒนาโปรแกรมได้ฟรี ๆ โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และความเป็น Open Source ทำให้มีผู้เชี่ยวชาญเข้ามาช่วยกันพัฒนาให้ภาษาไพทอนมีความสามารถสูงขึ้น และใช้งานได้ครอบคลุมกับทุกลักษณะงาน

การเขียนโปรแกรมไพทอนจะใช้เครื่องมือในการพัฒนาที่เรียกว่า ไอดีอี (Integrated Development Environment : IDE) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือแก้ไขโปรแกรมต้นฉบับ (Source Code Editor) เครื่องมือแก้ไขจุดบกพร่อง (Debugger) และเครื่องมือช่วยให้โปรแกรมทำงาน (Run) โดยทั่วไป Python IDE จะทำงานตามคำสั่งได้ใน 2 โหมด คือ

1. โหมดอิมมีเดียท (immediate mode) เป็นโหมดที่ผู้ใช้จะพิมพ์คำสั่งลงไปในส่วนที่เรียกว่าเชลล์ (shell) หรือคอนโซน (console) ทีละคำสั่ง และตัวแปลภาษาจะแปลคำสั่ง หากไม่มีข้อผิดพลาดจะทำงานตามคำสั่งดังกล่าว

2. โหมดสคริปต์ (script mode) ในโหมดนี้ผู้เขียนโปรแกรมต้องพิมพ์คำสั่งหลายคำสั่งประกอบกันแล้วบันทึกเป็นไฟล์ไว้ก่อน เพื่อจะสั่งให้ตัวแปลภาษาทำงานตามคำสั่งตั้งแต่คำสั่งแรก จนถึงคำสั่งสุดท้าย ถ้าหากต้องการตรวจสอบความถูกต้องสามารถใช้โหมดอิมมีเดียทในการทดสอบได้

ซึ่งในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะนำใช้ภาษาไพทอนมาใช้ในการเขียนโปรแกรมรับส่งและวิเคราะห์ข้อมูลจาก IMU Sensor ในการแปลงค่าอัตราเร่งและไจโรสโคป ให้เปลี่ยนเป็นองศาของการเปลี่ยนแปลงมุม โดยใช้โปรแกรม Pycharm ซึ่งเป็น IDE ชนิดหนึ่งที่สามารถเขียนและรันโปรแกรมภาษาไพทอนได้

รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ภาษาไพทอน

(ที่มา : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Python-logo-notext.svg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.11 UDP (User Datagram Protocol)

UDP (User Datagram Protocol) เป็นโปรโตคอลหลักในชุดโปรโทคอลอินเทอร์เน็ตที่เรียกว่า Datagram ซึ่งเป็นข้อมูลขนาดเล็กกว่าส่งผ่านเครือข่ายไปยังเครื่องปลายทาง ทำงานโดยการอ้างอิงหมายเลข IP (Internet Protocol) ถือเป็นโปรโตคอลที่เรียบง่ายที่สุด รวมทั้งรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากที่สุด แพ็กเก็ตข้อมูลจะมีขนาดเล็กเนื่องจากมีส่วนเฮดเดอร์น้อย และไม่ต้องสร้างการเชื่อมต่อก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือดาต้าแกรมออกไป (ทำให้เราเรียกว่า Connectionless) แต่ข้อเสียของ UDP คือ ไม่มีการรับประกันว่าจะข้อมูลส่งถึงปลายทาง ข้อมูลที่ส่งอาจมีการสูญหายหรือเสียหายได้ และไม่ได้จัดเรียงตามลำดับ

โดยที่ในโปรเจคนี้เลือกใช้ UDP Protocol เนื่องจาก ต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลที่สูง เนื่องจากตัวเซนเซอร์นั้นมี Sampling rate ที่ 500 Hz

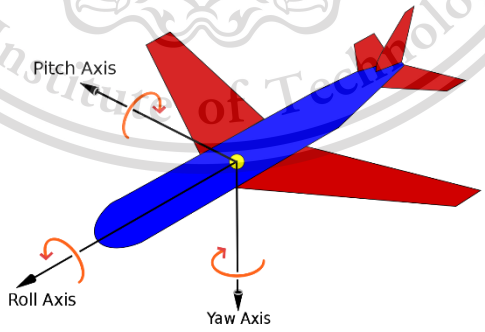
2.12 Orientation

Orientation หรือบางครั้งก็เรียกว่า Attitude คือตำแหน่งการวางตัวของวัตถุในระนาบ 3 มิติ โดยนิยมบอกด้วยมุม roll, pitch และ yaw ที่มีหน่วยเป็น องศา (degree) หรือ เรเดียน (radian) โดยที่มุม roll, pitch และ yaw จะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของมุมในระนาบแกนต่างๆ หรืออาจบอกได้ว่า เป็นค่าที่แสดงการหมุนในระนาบแกนต่างๆ โดยที่

มุม roll ϕ แสดงถึงมุมเอียงหรือการหมุนรอบในแนวแกน X

มุม pitch θ แสดงถึงมุมเอียงหรือการหมุนรอบในแนวแกน Y

มุม yaw ψ แสดงถึงมุมเอียงหรือการหมุนรอบในแนวแกน Z



รูปที่ 2.15 มุมอ้างอิง roll pitch yaw

(ที่มา : https://www.thwiki.press/wiki/Yaw,_pitch,_and_roll)

ในโปรเจคนี้เราจะนำค่าจาก accelerometer และ angular velocity จาก gyro scope มาคำนวณหาค่ามุม roll pitch yaw ซึ่งหลักการคำนวณนั้นจะกล่าวในบทที่ 3 ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

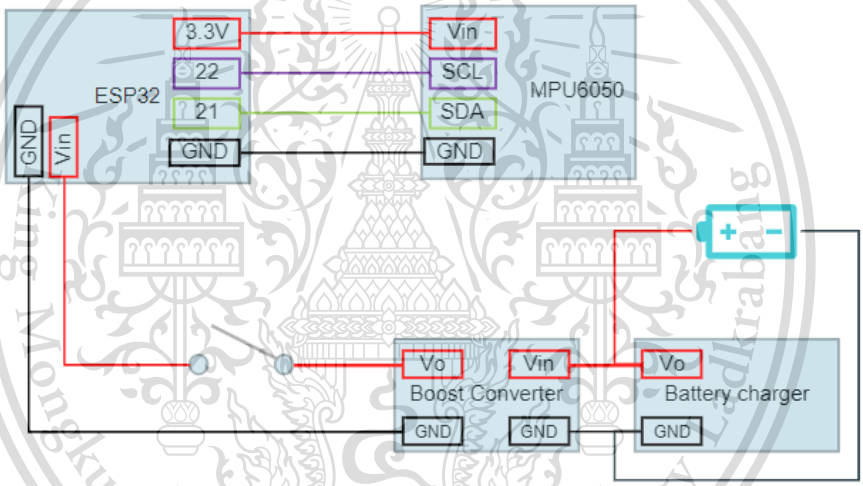
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 หลักการออกแบบอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้

1. NodeMCU ESP32
2. IMU sensor Module GY-521
3. Step up converter HW-626
4. Battery Charger TP-4056
5. Battery Li-po 1000 mAh



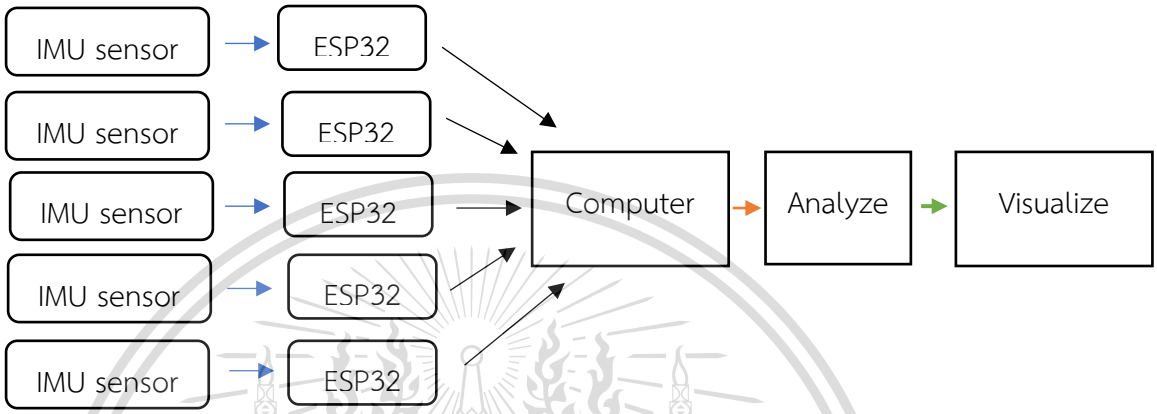
รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์

รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ทดสอบการลุกยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์

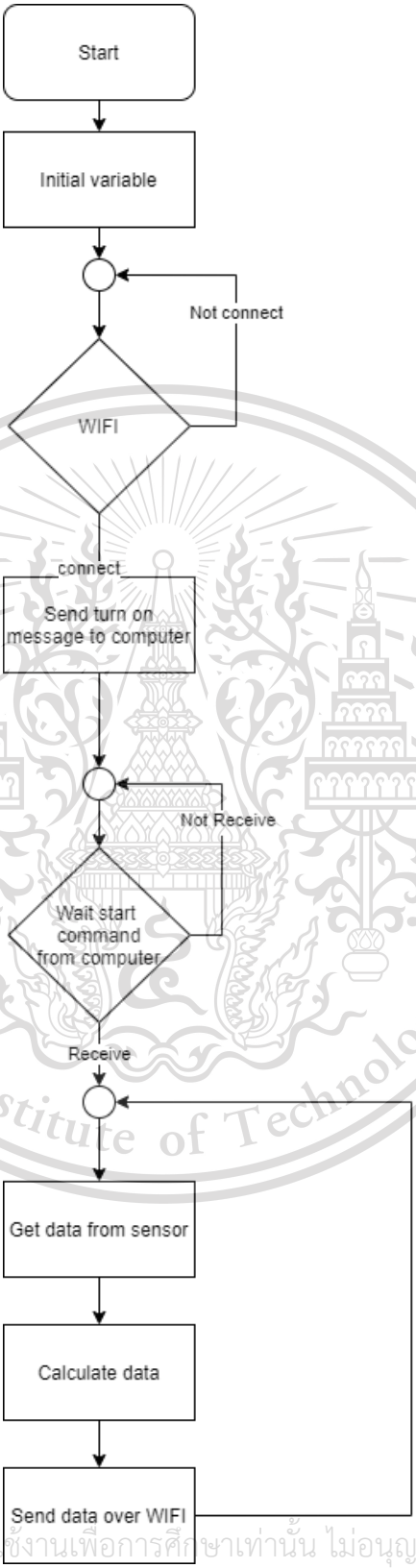
หลักการทำงานของตัวอุปกรณ์จะใช้เซนเซอร์โมดูล GY-521 ในการเก็บค่าอัตราเร่งและค่าความเร็วเชิงมุม โดยส่งผ่านข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ผ่าน ESP32 โดยใช้ UDP Protocol จากนั้นนำค่าที่บันทึกเข้าสู่คอมพิวเตอร์ไปประมวลและแสดงผลต่อไป



รูปที่ 3.3 หลักการทำงานของตัวอุปกรณ์โดยภาพรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

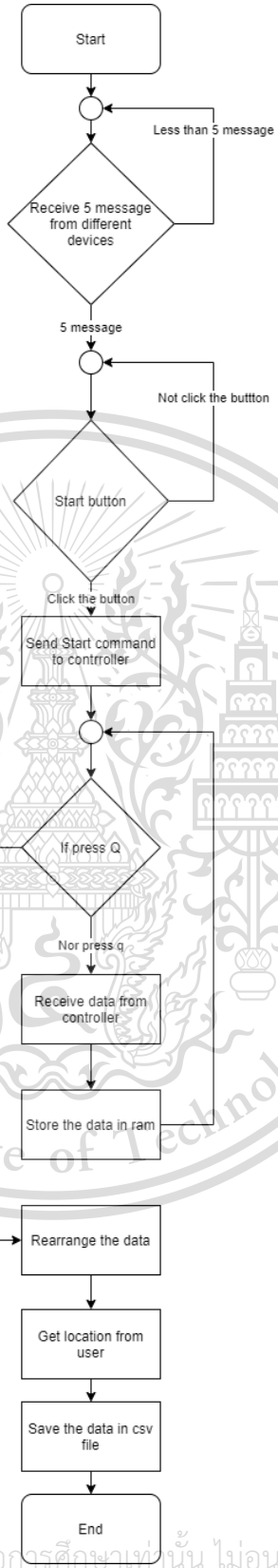
3.2.1 แผนผังการทำงานของตัวอุปกรณ์ทดสอบการลุกยืน



รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ทดสอบการลุกยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2 แผนผังการทำงานของคอมพิวเตอร์ในการรับข้อมูลจากอุปกรณ์



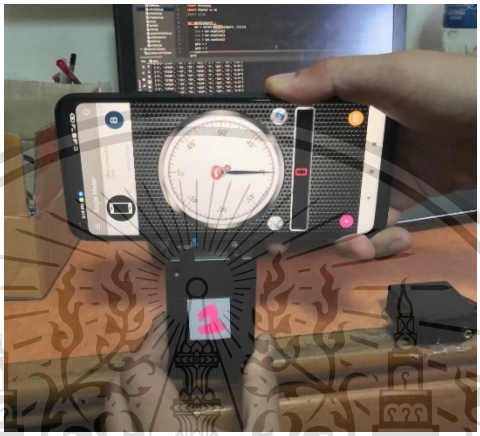
รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานของคอมพิวเตอร์ในการรับข้อมูลจากอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3 วิธีการทดสอบอุปกรณ์

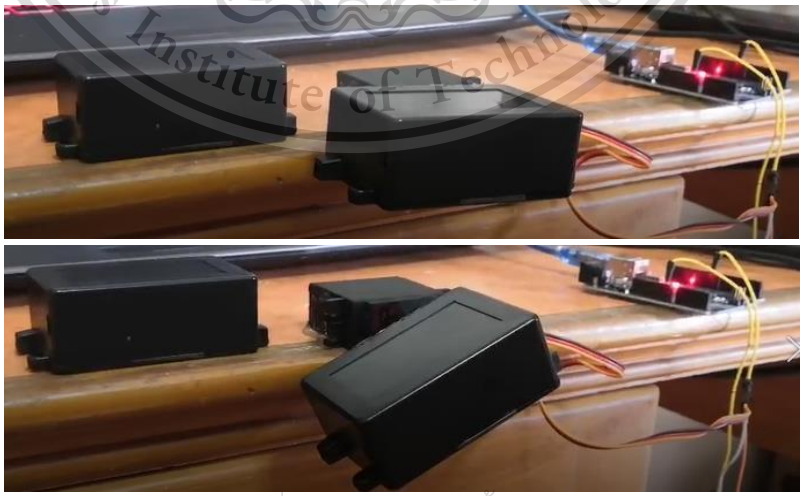
ทำการทดสอบการอ่านค่ามุมของเซนเซอร์โดย

3.3.1 ทำการหมุนเซนเซอร์แต่ละตัวไว้ที่มุม 0 องศา และ 90 องศา โดยใช้แอพพลิเคชั่น angle meter ซึ่งใช้ accelerometer และ gyroscope จากโทรศัพท์มือถือในการวัดมุม แล้วอ่านค่าที่ได้จากเซนเซอร์แต่ละตัว



รูปที่ 3.6 ทดสอบมุมของเซนเซอร์ขณะวางอยู่นิ่ง

3.3.2 ทำการทดสอบการอ่านค่ามุมระหว่างเซนเซอร์ 2 ตัว โดยทำติดตัวอุปกรณ์ 1 ตัวไว้ที่ servo mg946R จากนั้นทำการตั้งค่า servo ให้หมุนไปที่มุม 0 30 45 60 และ 90 องศา ตามลำดับ แล้วบันทึกผลที่ได้



รูปที่ 3.7 ทดสอบมุมระหว่าง 2 เซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4 ออกแบบการทำการทดลอง

ในการทดลองนี้มีอาสาสมัคร 2 กลุ่ม คือ กลุ่มวัยรุ่นและกลุ่มผู้สูงอายุ โดยในการทดลองจะทำการทดสอบลุกยืน 5 ครั้ง เหมือนกัน

อุปกรณ์ที่ใช้

1. อุปกรณ์ตรวจประเมินการลุกยืน
2. นาฬิกาสำหรับจำเวลา 1 เครื่อง (หรือโทรศัพท์มือถือ)
3. เก้าอี้ไม่มีที่พักแขน 1 ตัว (ความสูง 44 - 46 ซม. จากพื้น)

ขั้นตอนการทดลอง

1. ชี้แจงขั้นตอนการทดสอบลุก-ยืนแก่อาสาสมัคร โดยให้อาสาสมัครลุกยืนขึ้น (Sit to Stand) และยืนแล้วนั่งลง (Stand to Sit) ติดต่อกันเป็นจำนวน 5 ครั้ง ให้เร็วที่สุดเท่าที่ทำได้และไม่เกิดอันอันตราย โดยที่ขณะทำการทดลองจะให้ผู้ทดลองนั้นนำมือไขว้ที่ไหล่ด้านตรงกันข้าม หรือกอดอก
2. ให้อาสามาสมัครนั่งลงบนเก้าอี้ หลังตรง จากนั้นใส่อุปกรณ์ตรวจวัดการลุกยืน จำนวน 5 จุด คือ ต้นขาข้างขวา ต้นขาข้างซ้าย หน้าแข้งด้านขวา หน้าแข้งด้านซ้าย และบริเวณกลางหลัง
3. ผู้ทำทดลองจะให้สัญญาณว่า “เริ่ม” อาสาสมัครจะทำการลุกยืนเป็นจำนวน 5 ครั้ง และเริ่มจับเวลา จากนั้นเมื่อครบ 5 ครั้ง ผู้ทดลองจะให้สัญญาณว่า “หยุด”

รูปที่ 3.8 ภาพการสวมใส่อุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

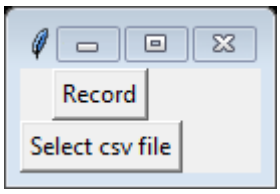
รูปที่ 3.9 การทดลอง five times sit to stand test

รูปที่ 3.10 ทดสอบ five times sit to stand กับผู้สูงอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 การรับค่าและแสดงผลข้อมูล

ในการรับส่งข้อมูลจากตัวอุปกรณ์สู่คอมพิวเตอร์ ผู้จัดทำได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อรับส่งค่าและแสดงผลข้อมูล โดยใช้ภาษา python โดยตัวโปรแกรมมีหน้าตา โดยใช้ library สำเร็จรูปของภาษา python ที่ชื่อว่า tkinter สร้างหน้าต่าง GUI สำหรับการใช้งาน

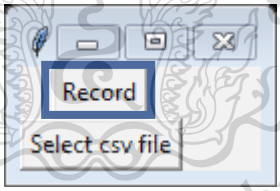


รูปที่ 3.11 หน้าต่างของโปรแกรมรับส่งและแสดงผลข้อมูล

จากภาพที่ 3. จะเห็นว่าตัวโปรแกรมมีฟังก์ชันการทำงานอยู่ 2 ปุ่ม คือ record และ select csv file โดยที่ record นั้นเป็นฟังก์ชัน ในการบันทึกข้อมูลที่ส่งมาจากตัวอุปกรณ์เก็บลงบนคอมพิวเตอร์ และ Select csv file จะเป็นฟังก์ชันในการเรียกดูและแสดงข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบของ csv file

3.5.1 ฟังก์ชันการรับส่งข้อมูล

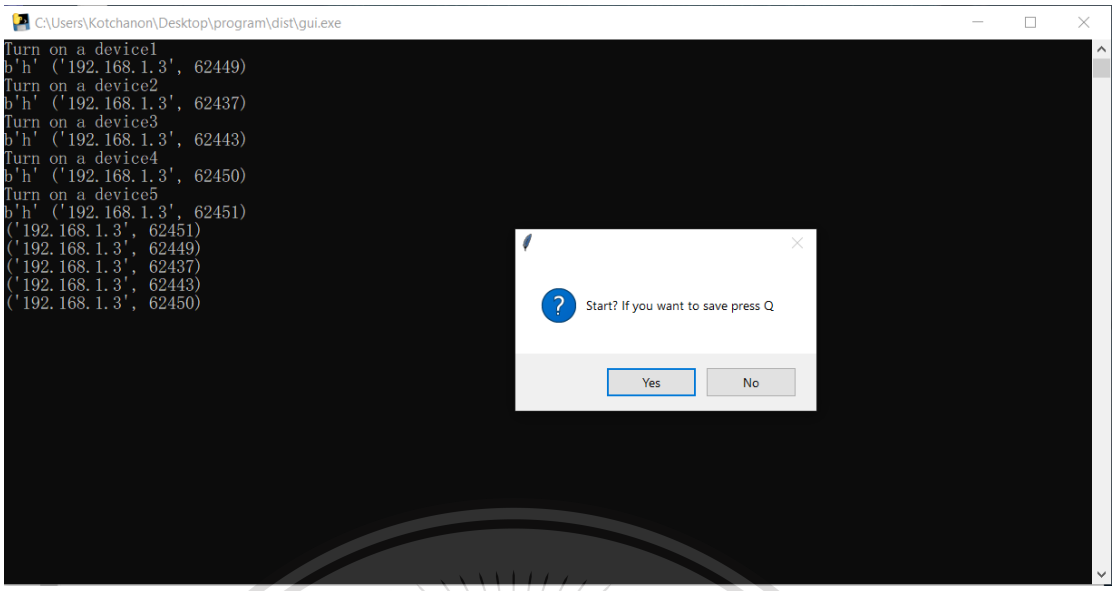
ในการรับส่งข้อมูลให้เราเปิดหน้าต่างของโปรแกรมขึ้นมา แล้วคลิกไปที่ปุ่ม record



รูปที่ 3.12 ปุ่มฟังก์ชันการรับส่งมูล

เมื่อกดปุ่ม record จะแสดงหน้าต่างพร้อมคำว่า “Turn on a device1” ให้เราทำการกดเปิดอุปกรณ์ตัวที่ 1 เมื่ออุปกรณ์ตัวที่ 1 เชื่อมต่อจะปรากฏข้อความ “b’h’ (เลข IP ของ network , เลข IP ของ Port การสื่อสาร)” ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



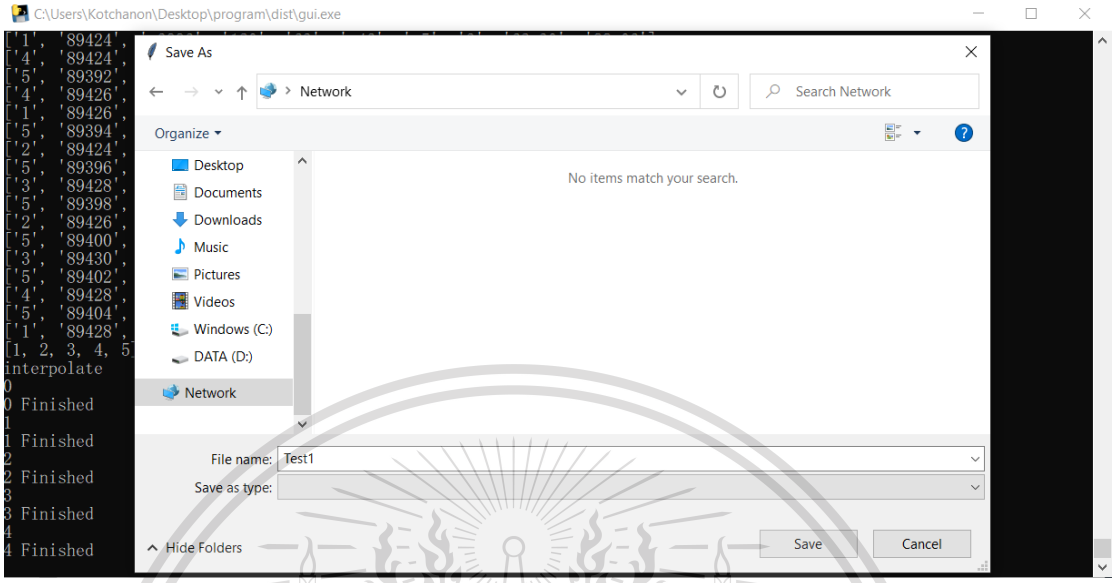
รูปที่ 3.13 หน้าต่างของโปรแกรมขณะเชื่อมกับอุปกรณ์ทั้ง 5 ตัว

และจากรูปที่ 3.12 เมื่อทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ครบทั้ง 5 ตัวแล้ว จะปรากฏหน้าต่างให้เริ่มต้นการส่งข้อมูลจากตัวอุปกรณ์มายังคอมพิวเตอร์ โดยสามารถหยุดการส่งข้อมูลโดยการกดปุ่ม Q ที่คีบอร์ดของคอมพิวเตอร์

รูปที่ 3.14 หน้าต่างของโปรแกรมขณะทำการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

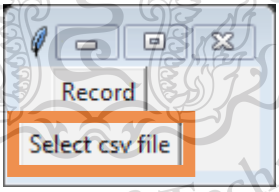
เมื่อกดปุ่ม Q เพื่อหยุดการรับส่งข้อมูล จะปรากฏหน้าต่างให้ทำการบันทึกไฟล์ข้อมูล สามารถตั้งชื่อและเลือกที่ที่จะบันทึกไฟล์ได้ โดยไฟล์ที่บันทึกจะมีรูปแบบไฟล์เป็น .csv ไฟล์



รูปที่ 3.15 ภาพขณะการบันทึกไฟล์ข้อมูล

3.5.2 ฟังก์ชันการเรียกดูและแสดงผลข้อมูล

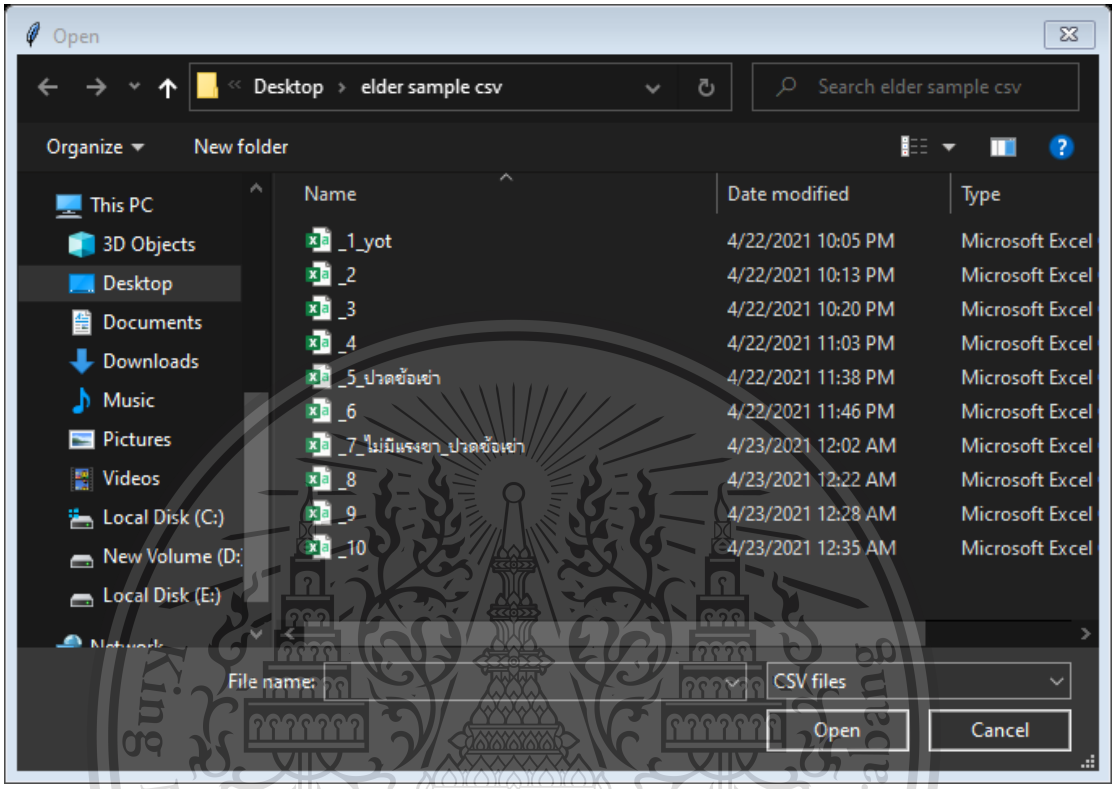
ในการเรียกดูและแสดงผลข้อมูลนั้นให้เราเปิดโปรแกรมที่จัดทำขึ้นมา แล้วกดคลิกไปยังปุ่ม Select csv file ที่หน้าต่างแรกของโปรแกรม



รูปที่ 3.16 ปุ่มฟังก์ชันการเรียกดูและแสดงผลข้อมูล

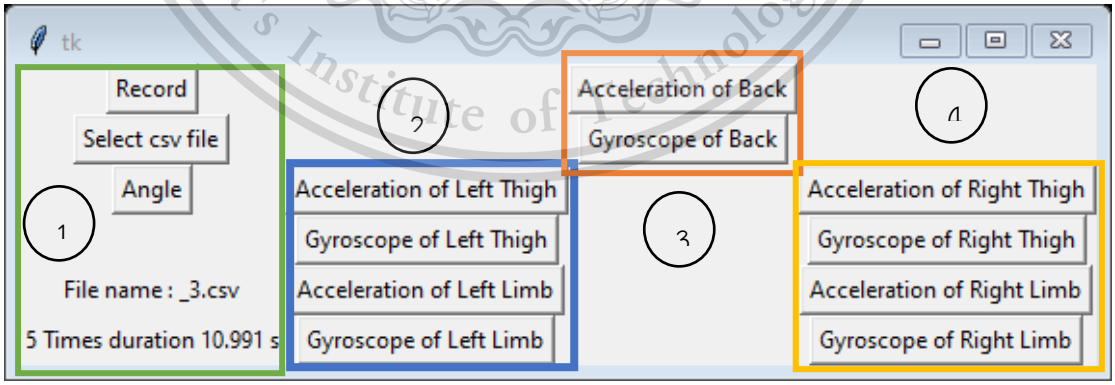
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เมื่อกดที่ปุ่ม Select csv file แล้ว จะปรากฏหน้าต่างที่ให้ผู้ใช้เลือกไฟล์ csv ของการทดสอบที่ต้องการอ่านค่า



รูปที่ 3.17 หน้าต่างในการเลือกไฟล์ csv

เมื่อกดเลือกไฟล์แล้ว จะปรากฏหน้าต่างดังรูป



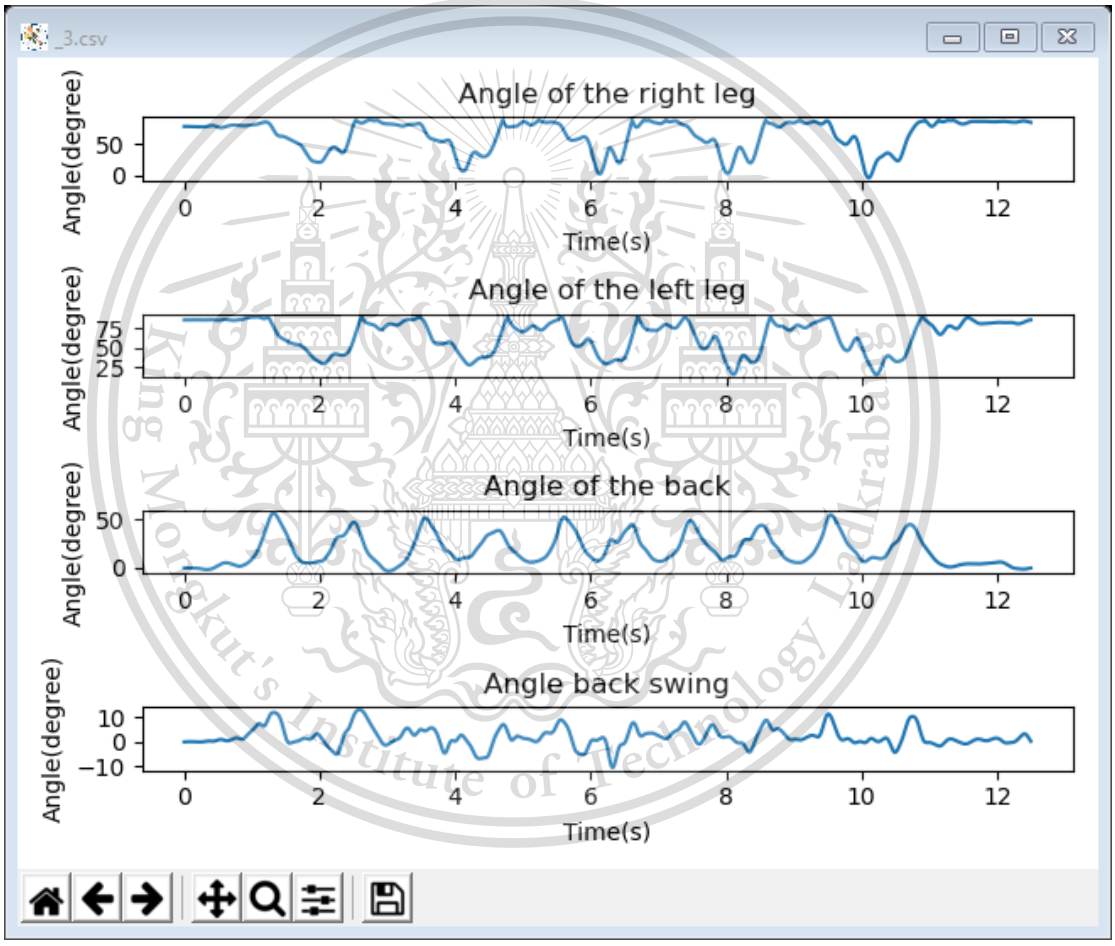
รูปที่ 3.18 หน้าต่างของโปรแกรมเมื่อทำการเลือก csv แล้ว

จากภาพที่ 3.18 จะเห็นว่าเมื่อเลือกไฟล์ที่ csv ที่ต้องการอ่านและแสดงผลแล้ว จะปรากฏหน้าต่างดังภาพ เราสามารถทราบผลของข้อมูลได้โดยแบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ส่วนที่ 1 (กรอบสีเขียว) เป็นส่วนที่แสดงภาพรวมของการทดลอง ประกอบไปด้วย

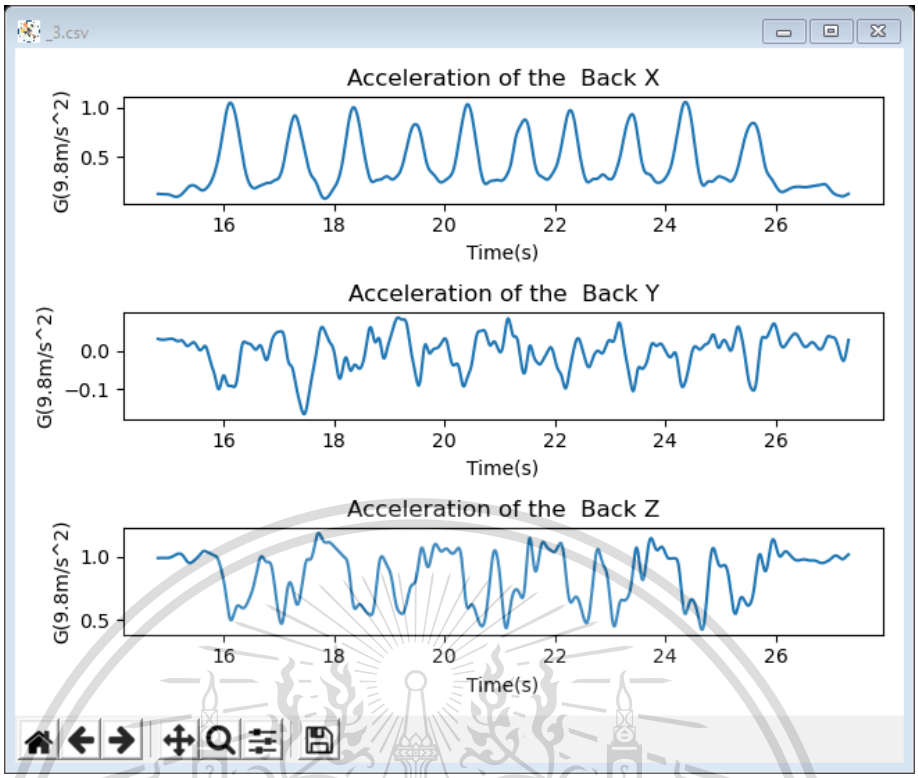
- ปุ่ม record ไว้ใช้บันทึกข้อมูลใหม่ได้
- ปุ่ม Select csv file เพื่อใช้เปิดไฟล์ csv อื่นๆ ที่ต้องการ
- ปุ่ม Angle จะทำการแสดงกราฟของมุมต่างๆจากการทดลองประกอบไปด้วย มุมของเข่าซ้าย มุมของเข่าขวา มุมของลำตัว และมุมการส่ายของลำตัว
- File name : จะแสดงชื่อไฟล์ที่กำลังเปิดและอ่านล่าสุด
- 5 times duration : จะแสดงถึงเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Five times sit to stand test



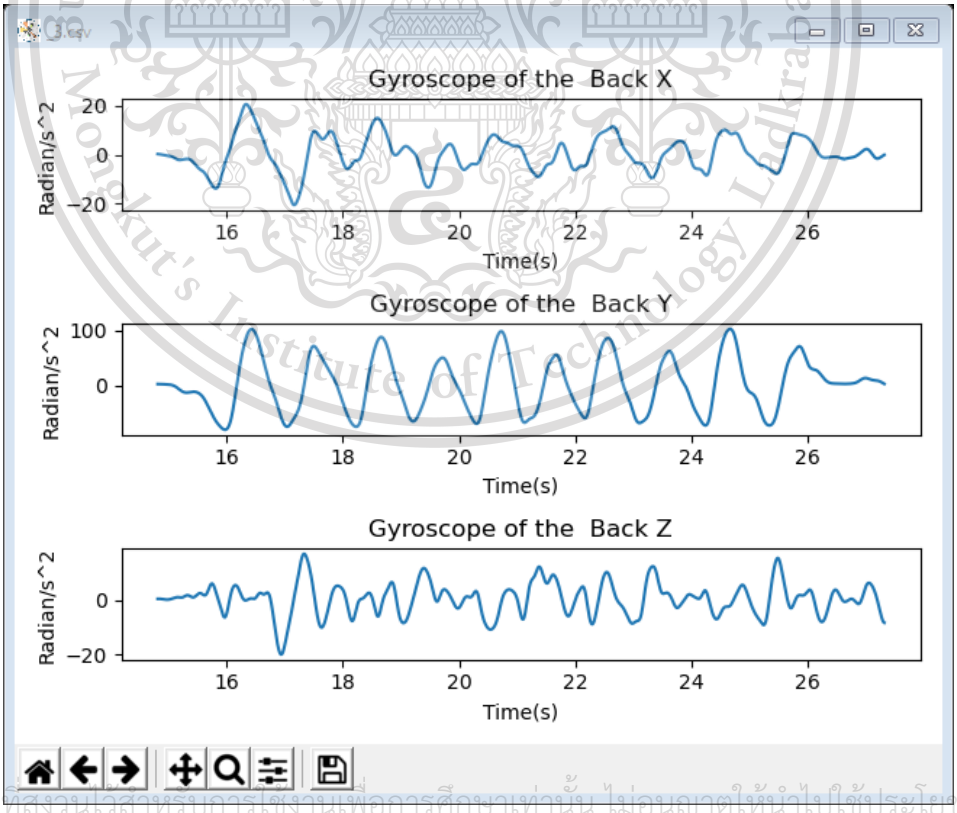
รูปที่ 3.19 รูปตัวอย่างการแสดงผลเมื่อกดปุ่ม Angle

ส่วนที่ 2, 3 และ 4 จะเป็นการแสดงผลกราฟของ accelerometer และ gyroscope ในแนวแกน x, y และ z โดยที่แสดงข้อมูลของขาซ้าย หลัง (ลำตัว) และขาขวา ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.20 รูปตัวอย่างการแสดงผลเมื่อกดปุ่ม Acceleration of Back



รูปที่ 3.21 รูปตัวอย่างการแสดงผลเมื่อกดปุ่ม Gyroscope of Back

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.6 หลักการคำนวณ

จากการทดลองเก็บค่าของการเคลื่อนไหวจะได้ค่าจากเซนเซอร์ คือ ค่าความเร่งใน 3 แกน และค่าอัตราเร็วเชิงมุมใน 3 แกน จากทั้งสองเซนเซอร์เก็บไว้ในรูปแบบของ .csv ไฟล์ โดยในหลักที่ 1 จะเป็นแสดงเวลา และถัดมาจะเป็นความเร่งในแนวแกน x ของเซนเซอร์ตัวที่ 1

Time1	Ax1	Ay1	Az1	Gx1	Gy1	Gz1	kalAngleX1	kalAngleY1	Time2	Ax2	Ay2	Az2	Gx2
4	-637	219	3905	251	269	30	3.2	8.94	4	3739	23	2084	19
6	-616	235	3899	255	270	26	3.22	8.97	6	3734	13	2098	16
8	-601	222	3897	258	270	23	3.25	9	8	3729	26	2102	13
10	-627	220	3902	261	270	19	3.29	9.04	10	3734	38	2110	9
12	-619	236	3887	264	271	15	3.33	9.09	12	3706	37	2140	6
14	-630	229	3891	268	271	11	3.39	9.14	14	3714	50	2116	2
16	-631	220	3887	271	270	7	3.46	9.21	16	3708	29	2147	-2
18	-624	231	3896	274	271	4	3.53	9.28	18	3711	45	2129	-6
20	-635	256	3902	277	271	1	3.61	9.36	20	3710	52	2133	-9
22	-620	249	3877	280	269	-2	3.7	9.45	22	3688	55	2139	-13
24	-639	269	3880	282	268	-5	3.81	9.55	24	3679	51	2120	-17
26	-619	248	3881	285	266	-8	3.92	9.65	26	3694	54	2145	-22
28	-635	253	3886	289	264	-10	4.04	9.75	28	3697	62	2159	-26
30	-637	261	3896	292	262	-13	4.17	9.87	30	3680	51	2155	-30
32	-631	259	3865	296	261	-15	4.31	9.99	32	3695	59	2143	-35
34	-640	253	3882	299	259	-17	4.45	10.11	34	3681	56	2158	-39
36	-628	263	3891	303	258	-20	4.61	10.24	36	3690	59	2137	-43

รูปที่ 3.22 ตัวอย่างข้อมูลที่เก็บได้

3.6.1 คำนวณหาค่ามุมที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละแกน

สามารถคำนวณมุมที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละแกน ของแต่ละเซนเซอร์ได้ดังนี้

$$\phi = \arctan\left(\frac{A_X}{\sqrt{A_Y^2 + A_Z^2}}\right) \quad (3.1)$$

โดยที่ ϕ คือ มุมที่เปลี่ยนแปลงไปในแนวแกน X

A_X คือ ค่าความเร่งในแนวแกน X

A_Y คือ ค่าความเร่งในแนวแกน Y

A_Z คือ ค่าความเร่งในแนวแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\theta = \arctan\left(\frac{A_Y}{\sqrt{A_X^2+A_Z^2}}\right) \quad (3.2)$$

โดยที่ θ คือ มุมที่เปลี่ยนแปลงไปในแนวแกน Y

A_X คือ ค่าความเร่งในแนวแกน X

A_Y คือ ค่าความเร่งในแนวแกน Y

A_Z คือ ค่าความเร่งในแนวแกน Z

$$\psi = \arctan\left(\frac{\sqrt{A_X^2+A_Y^2}}{A_Z}\right) \quad (3.3)$$

โดยที่ ψ คือ มุมที่เปลี่ยนแปลงไปในแนวแกน Z

A_X คือ ค่าความเร่งในแนวแกน X

A_Y คือ ค่าความเร่งในแนวแกน Y

A_Z คือ ค่าความเร่งในแนวแกน Z

3.6.2 คำนวณค่ามุมที่ข้อเข่า

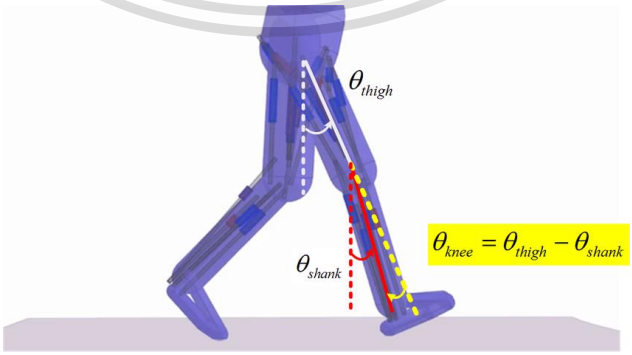
ในการทดลองจะทำการติดอุปกรณ์ที่ ต้นขา และหน้าแข้ง จะได้สมการดังนี้

$$\theta_{knee} = \theta_{Thigh} - \theta_{Shank} \quad (3.4)$$

โดยที่ θ_{knee} คือ มุมที่ข้อเข่า

θ_{Thigh} คือ มุมที่ต้นขา

θ_{Shank} คือ มุมที่หน้าแข้ง



รูปที่ 3.23 การหามุมที่เข่า

(ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/Knee-angle-estimation-results)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.6.3 การแปลงข้อมูลดิบจากเซนเซอร์เป็นข้อมูลจริง

พิจารณาค่าความเร่งที่วัดได้ เนื่องจากในโครงงานนี้ผู้จัดทำได้ใช้ full scale range ของเซนเซอร์ MPU6050 ดังนั้น สมการในการแปลงค่าจากเซนเซอร์เป็นค่าจริง มีดังนี้

$$\text{ค่าความเร่งจริง} = \frac{\text{ค่าความเร่งจากเซนเซอร์}}{\mathbf{4096}} \qquad (3.5)$$

โดยที่ ค่าความเร่งจริง มีหน่วยเป็น g (9.8 m/s^2)

4096 เป็นค่า Sensitivity Scale Factor ของเซนเซอร์ที่ range ±8 g

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
ACCELEROMETER SENSITIVITY						
Full-Scale Range	AFS_SEL=0		±2		*g*	
	AFS_SEL=1		±4		*g*	
	AFS_SEL=2		±8		*g*	
	AFS_SEL=3		±16		*g*	
ADC Word Length	Output in two's complement format		16		bits	
Sensitivity Scale Factor	AFS_SEL=0		16,384		LSB/*g*	
	AFS_SEL=1		8,192		LSB/*g*	
	AFS_SEL=2		4,096		LSB/*g*	
	AFS_SEL=3		2,048		LSB/*g*	
Initial Calibration Tolerance			±3		%	
Sensitivity Change vs. Temperature	AFS_SEL=0, -40°C to +85°C		±0.02		%/°C	
Nonlinearity	Best Fit Straight Line		0.5		%	
Cross-Axis Sensitivity			±2		%	

รูปที่ 3.24 ตารางค่าความไวของ accelerometer ชิป MPU6050

(ข้อมูลจาก : datasheet MPU6050 ,InvenSense Inc.)

และในส่วนของ gyroscope ใช้ full scale range ที่ ± 500 °/s จะมีสมการดังนี้

$$\text{ค่าความเร็วเชิงมุมจริง} = \frac{\text{ค่าความเร็วเชิงมุมจากเซนเซอร์}}{\mathbf{65.5}} \qquad (3.6)$$

โดยที่ ค่าความเร็วเชิงมุมจริง มีหน่วยเป็น deg/sec

65.5 เป็นค่า Sensitivity Scale Factor ของเซนเซอร์ที่ range ±500 °/s

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
GYROSCOPE SENSITIVITY						
Full-Scale Range	FS_SEL=0		±250		°/s	
	FS_SEL=1		±500		°/s	
	FS_SEL=2		±1000		°/s	
	FS_SEL=3		±2000		°/s	
Gyroscope ADC Word Length			16		bits	
Sensitivity Scale Factor	FS_SEL=0		131		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=1		65.5		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=2		32.8		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=3		16.4		LSB/(°/s)	
Sensitivity Scale Factor Tolerance	25°C	-3		+3	%	
Sensitivity Scale Factor Variation Over Temperature			±2		%	
Nonlinearity	Best fit straight line; 25°C		0.2		%	
Cross-Axis Sensitivity			±2		%	

รูปที่ 3.25 ตารางค่าความไวของ gyroscope ชิป MPU6050

(ข้อมูลจาก : datasheet MPU6050 ,InvenSense Inc.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบเซนเซอร์

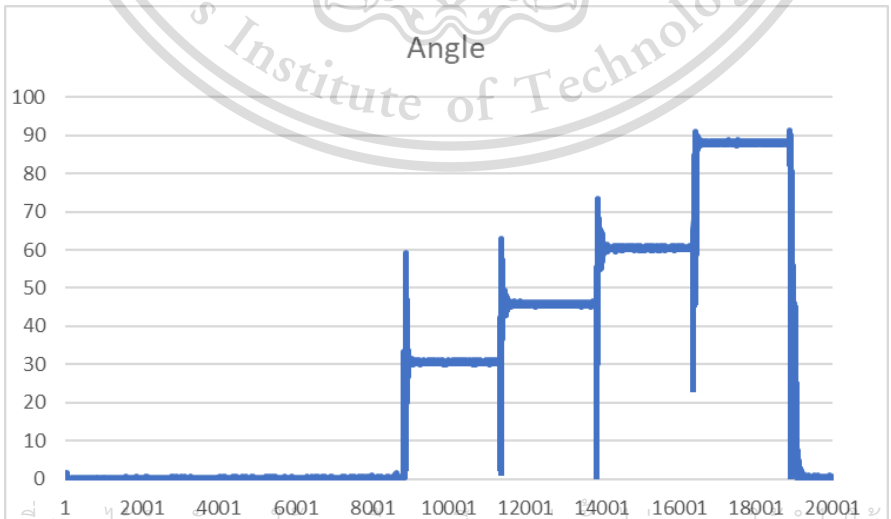
4.1.1 ผลการทดสอบเซนเซอร์ทีละตัว

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเซนเซอร์ทีละตัวทดสอบที่มุม 0 และ 90 องศา

มุม (องศา) / เซนเซอร์	0	90
1	0.57	87.27
2	0.8	87.66
3	1	87
4	-2.43	88.8
5	-1.16	88.69

4.1.2 ผลการทดสอบการอ่านค่ามุมระหว่างเซนเซอร์ 2 ตัว

ในการทดสอบได้นำค่าที่เก็บจากตัวอุปกรณ์จำนวน 2 คู่ โดยคู่ที่ 1 คือเซนเซอร์ตัวที่ 1 และ 2 และคู่ที่ 2 คือ เซนเซอร์ตัวที่ 3 และ 4 ทำการทดลองคู่ละ 3 ครั้งที่มุม 0 30 45 60 และ 90



รูปที่ 4.1 กราฟตัวอย่างค่ามุมระหว่าง 2 เซนเซอร์จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเซนเซอร์คู่ที่ 1 ที่มุม 0 30 45 60 90 องศา เป็นจำนวน 3 ครั้ง

มุม (องศา) / ครั้งที่	0	30	45	60	90
1	0.484	30.032	45.501	60.177	87.606
2	0.154	30.636	45.862	60.514	88.083
3	0.379	30.517	45.901	60.541	88.335
ค่าเฉลี่ย	0.339	30.395	45.755	60.411	88.008
SD	0.138	0.248	0.180	0.166	0.302

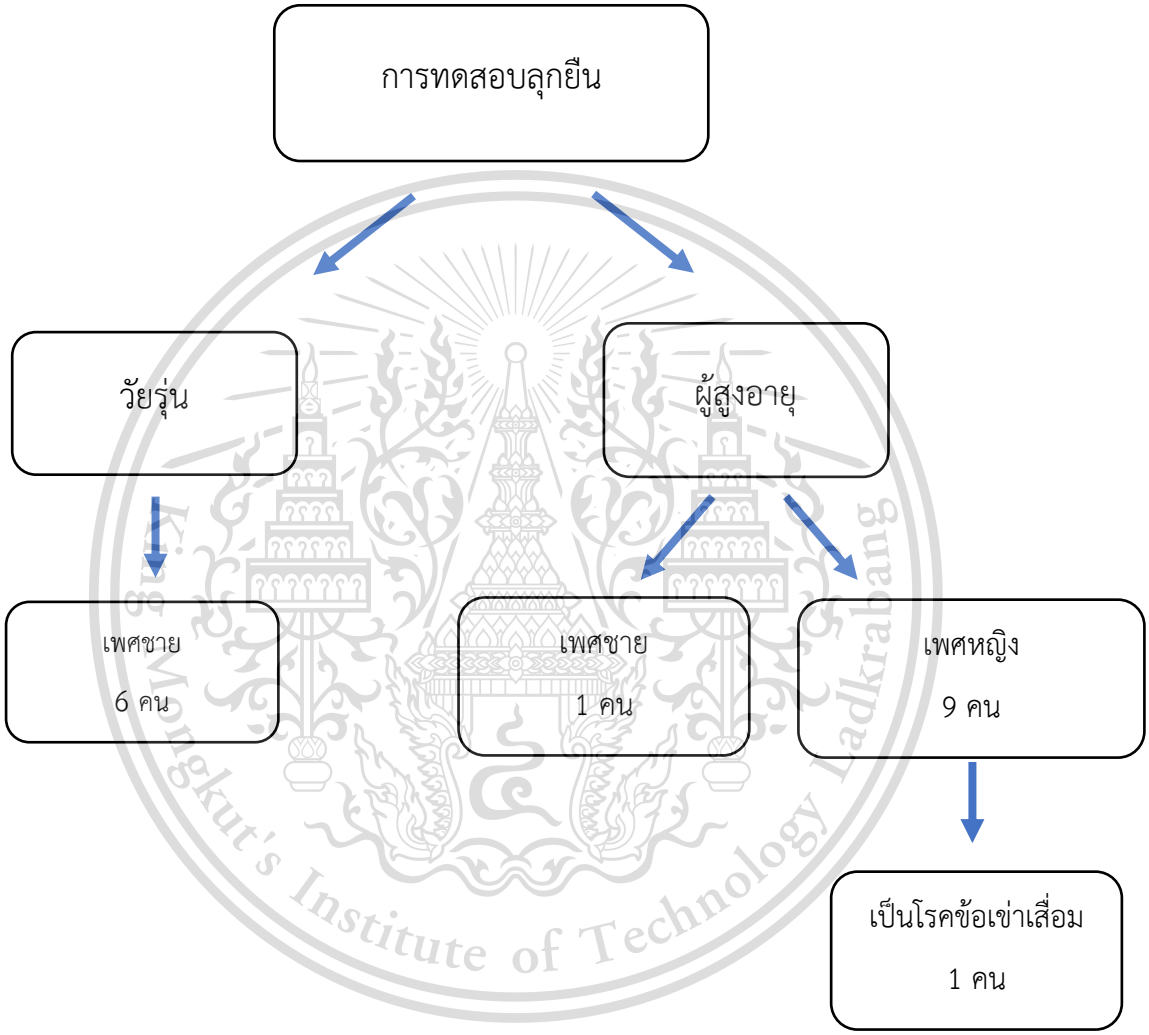
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเซนเซอร์คู่ที่ 2 ที่มุม 0 30 45 60 90 องศา เป็นจำนวน 3 ครั้ง

มุม (องศา) / ครั้งที่	0	30	45	60	90
1	2.483	29.037	43.906	59.132	89.447
2	3.261	28.781	43.474	59.055	89.024
3	3.890	29.735	44.537	59.701	89.576
ค่าเฉลี่ย	3.211	29.184	43.971	59.296	89.349
SD	0.575	0.403	0.436	0.288	0.236

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 ผลการทดลองกับอาสาสมัคร

ในการทดลองครั้งนี้แบ่งอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มวัยรุ่นและกลุ่มผู้สูงอายุ โดยที่กลุ่มวัยรุ่นมีจำนวน 6 คน และกลุ่มผู้สูงอายุมีจำนวน 10 คน แบ่งเป็นผู้ชาย 1 คน ผู้หญิงจำนวน 9 คน และในจำนวนผู้หญิงจำนวน 9 คนนั้นมีผู้สูงอายุที่เป็นโรคข้อเข่าเสื่อม 1 คน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.4 ตารางผลการทดลองลุกยืนห้าครั้งของกลุ่มวัยรุ่น 1

No.	Gender	Height (cm.)	Weight (Kg.)	Age	BMI	Time sensor (S)	Time Video (S)	% of Different
1	m	175	62	22	19.92	7.380	7.400	0.270
2	m	169	76	22	26.61	9.644	9.966	3.284
3	m	165	70	22	25.71	8.242	8.466	2.681
4	m	176	68.5	22	22.11	6.733	6.833	1.474
5	m	165	90	22	33.06	9.954	10.000	0.461
6	m	168	74	22	26.22	8.336	8.416	0.955

ตารางที่ 4.5 ตารางผลการทดลองลุกยืนห้าครั้งของกลุ่มวัยรุ่น 2

No.	Gender	Angular velocity of thigh (deg/sec)	Angular velocity of trunk (deg/sec)	Trunk angle (deg)
1	m	188	74.5	35.75
2	m	162.5	102.5	38
3	m	187.5	166.25	56
4	m	174.5	71.5	29
5	m	192.5	85	51
6	m	189.25	93.5	42.5

หมายเหตุ m = male เพศชาย

f = female เพศหญิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.6 ตารางผลการทดลองลุกยืนห้าครั้งของกลุ่มผู้สูงอายุ 1

No.	Gender	Height (cm.)	Weight (Kg.)	Age	BMI	Time sensor (S)	Time Video (S)	% of Different
1	m	174	77	62	25.43	12.078	12.160	0.676
2	f	160	80	71	31.25	12.948	13	0.400
3	f	161	57	64	21.99	10.991	11	0.082
4	f	156	83	61	34.11	13.130	13.516	2.897
5	f	165	55	63	20.20	15.394	15.83	2.792
6	f	153	69	69	29.48	13.039	13.083	0.337
7	f	150	68	73	30.22	19.558	19.93	1.884
8	f	150	66	65	29.33	11.357	11.383	0.228
9	f	165	65	67	23.88	13.517	13.567	0.369
10	f	150	47	72	20.89	10.413	10.85	4.110

**อาสาสมัครคนที่ 7 เป็นโรคข้อเข่าเสื่อม

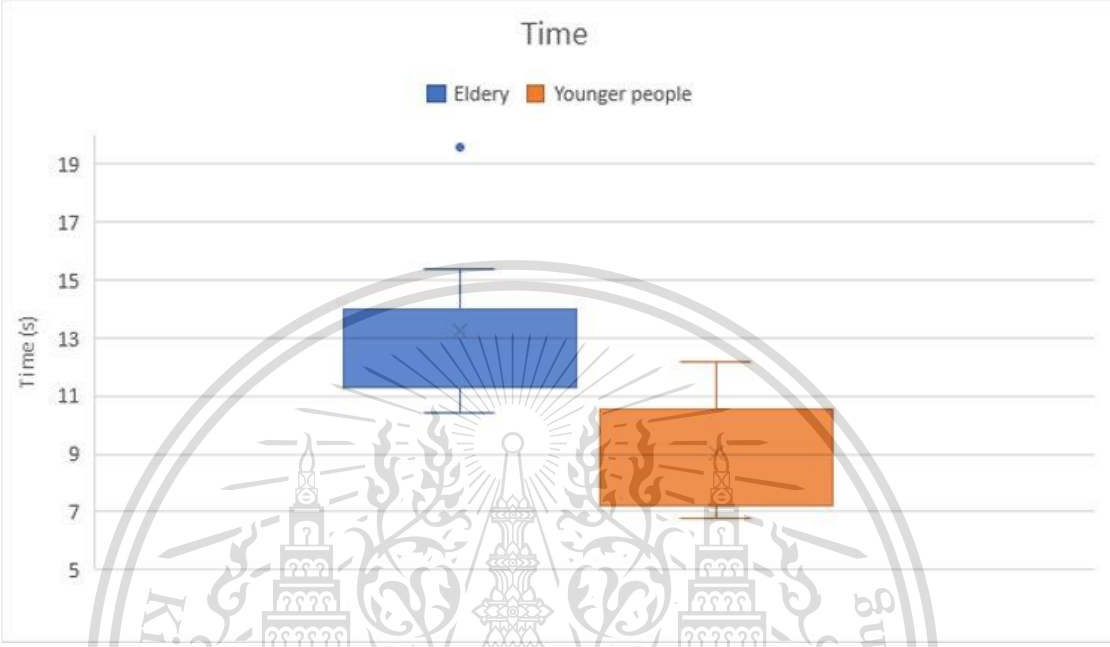
ตารางที่ 4.7 ตารางผลการทดลองลุกยืนห้าครั้งของกลุ่มผู้สูงอายุ 2

No.	Gender	Angular velocity of thigh (deg/sec)	Angular velocity of trunk (deg/sec)	Trunk angle (deg)
1	m	143	102.6	51.5
2	f	135	72	38.7
3	f	138.5	101.75	56.2
4	f	94	69.25	43.5
5	f	108	67.25	41.5
6	f	106	50	28.2
7	f	93	94	66.7
8	f	95	71.3	41
9	f	121	79	50
10	f	115	88.5	59.5

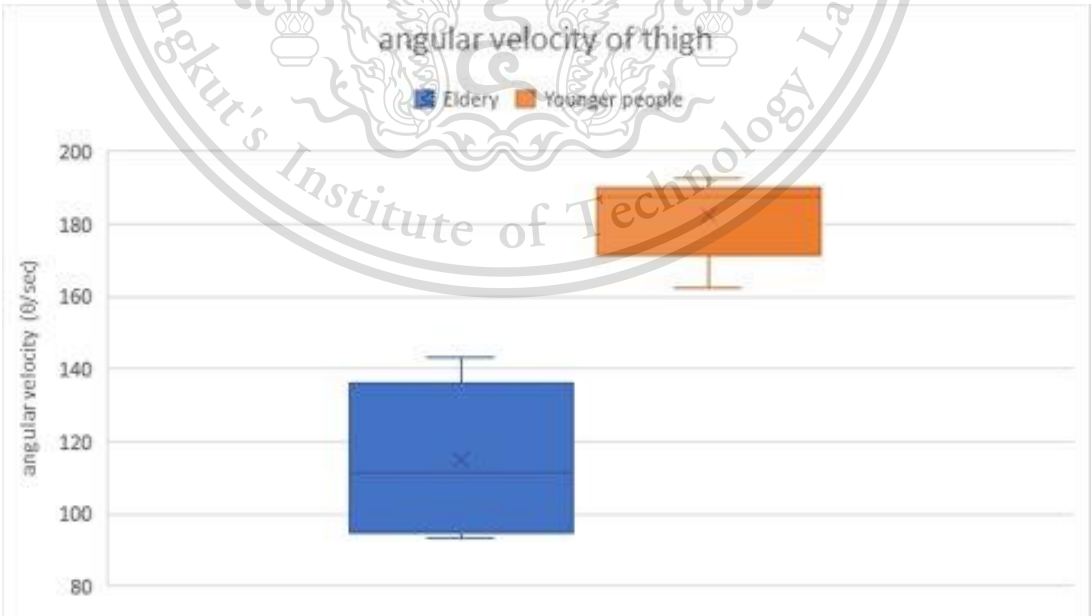
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 วิเคราะห์ผล

จากตารางที่ 4.4 – 4.7 เราจะนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มวัยรุ่นกับกลุ่มผู้สูงอายุ ได้ดังนี้

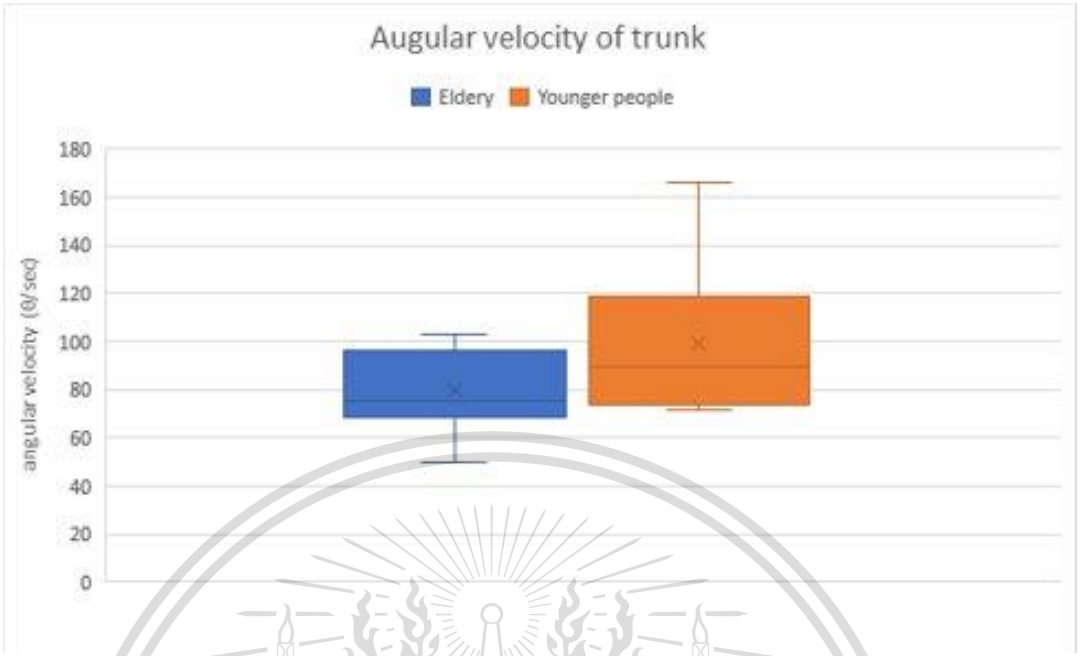


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าเวลาในการทดสอบลุกยืนระหว่างกลุ่มวัยรุ่นและกลุ่มผู้สูงอายุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความเร็วเชิงมุมของต้นขาในการทดสอบระหว่างกลุ่มวัยรุ่นและกลุ่มผู้สูงอายุ



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความเร็วเชิงมุมของลำตัวในการทดสอบระหว่างกลุ่มวัยรุ่นและกลุ่มผู้สูงอายุ

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่ากลุ่มของวัยรุ่นใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่ากลุ่มผู้สูงอายุ และจะเห็นว่าจากรูปที่ 4.3 ค่าความเร็วเชิงมุมของกลุ่มวัยรุ่นนั้นมีค่ามากกว่ากลุ่มผู้สุงอายุเป็นอย่างมาก เนื่องจากกลุ่มวัยรุ่นนั้นมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่มากกว่ากลุ่มผู้สูงอายุ จึงทำให้มีค่าความเร็วเชิงมุมที่ต้นขามากกว่า จึงทำให้ใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่าด้วยเช่นกัน

จากรูปที่ 4.4 แสดงถึงค่าความเร็วเชิงมุมของลำตัว (มาเซนเซอร์ที่สวมใส่ไว้ที่กลางหลัง) จะเห็นว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหากเทียบกับค่าความเร็วเชิงมุมของต้นขา เนื่องจากการในการทดสอบการลุกยืนนั้น เน้นการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและการใช้ลำตัวมาช่วยในการลุกยืนนั้นก็เป็นลักษณะการลุกยืนของแต่ละคนไป ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่า หากโน้มลำตัวในการทดสอบลุกยืนเยอะ จะทำให้ลุกยืนได้ไวขึ้นหรือมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เมื่อทำการวิเคราะห์ตามเวลามาตรฐานของการทดสอบในการลุก 5 ครั้ง คือ ถ้าหากผู้สูงอายุใช้เวลาในการทดสอบเกินกว่า 15 วินาที หมายความว่าผู้สูงอายุท่านนั้นมีความเสี่ยงต่อการหกล้มสูง โดยหากวัดจากเวลามาตรฐานแล้วจะพบว่า ผู้สูงอายุคนที่ 5 และ 7 ที่มีอาการข้อเข่าเสื่อมนั้น นั้นมีค่าเวลาที่มากกว่า 15 วินาที ทำให้มีความเสี่ยงต่อการหกล้มสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หากมองในเชิงลึกแล้วนั้นผู้สูงอายุคนที่ 7 ความเร็วเชิงมุมที่ต้นขาเทียบเท่ากับความเร็วเชิงมุมของลำตัว ซึ่งแตกต่างจากอาสาสมัครคนอื่นๆ ที่ความเร็วเชิงมุมที่ต้นขานั้นมีมากกว่าความเร็วเชิงมุมที่ลำตัว แสดงให้เห็นว่า ผู้สูงอายุท่านนี้มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาน้อยมาก จึงอาจจำเป็นต้องเข้ารับการกายภาพบัดกับนักกายภาพ เพื่อเสริมสร้างกล้ามเนื้อขาให้มีความแข็งแรงมากขึ้น เพื่อที่จะลดความเสี่ยงต่อการหกล้มหรือเกิดอุบัติลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าตัวอุปกรณ์ทั้ง 5 ตัว สามารถส่งผ่านข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายและบันทึกข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ในรูปแบบของ .csv ที่ sampling rate 500 Hz เครื่องได้ อีกทั้งยังสามารถแปลงค่าข้อมูลดิบที่ได้จากเซนเซอร์เป็นข้อมูลจริงได้ และในการทดสอบอุปกรณ์แต่ละตัวพบว่าที่มุม 0 และ 90 องศาอุปกรณ์ทั้ง 5 ตัวนั้นสามารถอ่านค่าได้ใกล้เคียงกับความจริง คลาดเคลื่อนไปเพียง 1 – 3 องศา

จากการทดสอบการหามุมที่กระทำกันระหว่างเซนเซอร์ 2 ตัว เพื่อใช้ในการหามุมของข้อเข่าขณะที่การทดสอบลุกยืนนั้น พบว่า เซนเซอร์คู่ที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยจากความเป็นจริงอยู่ที่ 0.685 – 2.213 % และเซนเซอร์คู่ที่ 2 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยจากความเป็นจริง อยู่ที่ 0.723 – 2.720 % จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของทั้ง 2 เซนเซอร์นั้นมีค่าไม่เกิน 3 % จากการนำอุปกรณ์เก็บข้อมูลกับอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าค่าของเวลาที่ตัวอุปกรณ์วัดได้ในการทำการทดลองและค่าเวลาจากกล้องโทรศัพท์มือถือพบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ที่ 0.270 – 4.110 %

จากข้อมูลของอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า กลุ่มวัยรุ่นนั้นใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่ากลุ่มผู้สูงอายุ เนื่องจากมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่มากกว่าแสดงออกมาจากค่าความเร็วเชิงมุมที่ต้นขาซึ่งวัดจาก gyroscope ของตัวอุปกรณ์จะเห็นว่า ค่าความเร็วเชิงมุมของกลุ่มวัยรุ่นนั้นมีค่ามากกว่ากลุ่มผู้สูงอายุ และจากข้อมูลยังพบอีกว่าค่าความเร็วเชิงมุมของลำตัวระหว่างกลุ่มวัยรุ่นและกลุ่มผู้สูงอายุขณะโน้มตัวเพื่อช่วยในการลุกยืนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ไม่สามารถสรุปได้ว่าการโน้มตัวด้วยความเร็วเชิงมุมที่มากช่วยให้การลุกยืนนั้นใช้เวลาน้อยลง

อาสาสมัครคนที่ 7 ในกลุ่มผู้สูงอายุนั้นเป็นผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมทำให้เมื่อสังเกตผลการทดลองการทดสอบการลุกยืนใช้เวลามากที่สุดในอาสาสมัครทั้งหมดซึ่งมีสุขภาพดี ทั้งนี้หากมองที่ผลของค่าความเร็วเชิงมุมจะเห็นได้ว่า ค่าความเร็วเชิงมุมที่ลำตัวนั้นมีค่ามากกว่าหรือเทียบเท่ากับค่าความเร็วเชิงมุมที่ต้นขาซึ่งแสดงถึง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขานั้นมีน้อย ทำให้ในการลุกยืนแต่ละครั้งใช้เวลานานกว่าอาสาสมัครคนอื่นๆ ทำให้มีความเสี่ยงต่อการหกล้มสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

เนื่องด้วยผู้จัดทำโครงงานไม่สามารถทดสอบค่าจากเซนเซอร์ว่า ค่าจริงที่ได้รับจากการทดลองจากตัวเซนเซอร์นั้นจึงยังไม่สามารถระบุได้ว่า ตรงกับความเป็นจริงหรือไม่ ตัวอุปกรณ์จึงสามารถทำได้เพียงบอกแนวโน้มที่ถูกต้องของการเคลื่อนไหว แต่การบอกแนวโน้มของการเคลื่อนไหวได้ถูกนั้นก็ยังสามารถนำไปวางแผนการกายภาพบำบัดได้ และเนื่องด้วยสถานการณ์โควิด 19 ในปัจจุบัน ทำให้ไม่สามารถนำอุปกรณ์ที่จัดทำขึ้นไป validate กับอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานเพื่อดูความแตกต่างของข้อมูลที่เก็บได้จากทั้ง 2 อุปกรณ์

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. ตัวอุปกรณ์บอกแนวโน้มของการเคลื่อนไหวที่ทำการทดลองได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถบอกได้จริง ๆ ว่าค่าที่ได้รับมาตรงกับความเป็นจริงหรือไม่

2. เมื่อมีการเปลี่ยนสถานที่ในการทำการทดลอง เลข IP Address ของ WIFI จะเปลี่ยนไปด้วยถึงแม้ว่าจะใช้อินเตอร์เน็ตเครือข่ายเดียวกันก็ตาม

3. ในการเก็บข้อมูลกับอาสาสมัคร รูปร่างของร่างกายมีผลทำให้ค่าที่ได้จากตัวอุปกรณ์เกิดความผิดพลาดมากขึ้น เช่น อาสาสมัครที่รูปร่างอ้วน มีต้นขาที่ใหญ่ทำให้เมื่อเวลานำอุปกรณ์ไปติดที่ต้นขานั้นมุมเริ่มต้นจะเกิดความผิดพลาดได้ง่ายกว่า อาสาสมัครที่มีรูปร่างปกติ

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำอุปกรณ์ไป validate กับอุปกรณ์มาตรฐานที่ใช้กันในการทำการศึกษาวิจัย เช่น validate กับระบบ optical motion capture เพื่อตรวจความใกล้เคียงของข้อมูลที่ได้ และเพิ่มความน่าเชื่อถือ

2. เพิ่ม access point เข้าไปในระบบเพื่อป้องกันปัญหาการเปลี่ยนสถานที่แล้วเลข IP Address นั้นเปลี่ยนที่

3. หาวิธีการ calibrate เมื่อทำการทดลองกับผู้คนที่รูปร่างแตกต่างกัน ให้ข้อมูลที่ได้มานั้นมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด

4. ควรหาอาสาสมัครในการทดลองเพิ่ม หรือ หาผู้ป่วยเคสต่าง ๆ เพิ่มเพื่อสร้างค่ามาตรฐานสำหรับอุปกรณ์ที่จัดทำขึ้น และศึกษาความสัมพันธ์หรือปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการลุกยืนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

[1] สริดา ดวงโนแสน.2560.**อุปกรณ์ตรวจประเมินการทดสอบการลุกยืน**.กรุงเทพมหานคร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[2] กิติยวดี ศรีสิม, สุกัลยา อมตฉายา. 2556. **ความตรงของการประเมินลุกนั่ง 5 ครั้ง เปรียบเทียบกับการประเมิน Timed “Up & Go” Test ในผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลังที่สามารถเดินได้เอง.** [ออนไลน์]

Available :https://www.tcithaijo.org/index.php./arms/article/viewFile/66355

[3] ภิญโญ วรเกษตร และคณะ. ม.ป.ป..**INERTAIL MEASUREMENT UNIT**.[Online].

Available :https://www.rtsd.mi.th/school/image/knowledge/KM/INERTIALMEASUREMENTUNIT.pdf

[4] มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. ม.ป.ป. **บทที่ 3 วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวร่างกาย.** [Online].Available: http://elearning.psru.ac.th/courses/194/c%203.pdf

[5] เอลตี้คลินิกกายภาพบำบัด. ม.ป.ป. ความเสี่ยงจ่อการหกล้ม.[Online].

Available : https://eldeptclinic.com/fall-risk/

[6] Bohannon RW. Reference values for the five-repetition sit-to-stand test: a descriptive metaanalysis of data from elders. Percept Mot Skills 2006;103 (1):215-22.

[7] Azosenser.2555.**Motion Capture Sensor System**.[Online].

Available : https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=43

[8] BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY. ม.ป.ป. **Segments of the body**.[Online].

Available : https://biomechanics.byu.edu/exsc362(hunter)/chapter07.html

[9] NWAIZU, Harriet, SAATCHI, Reza and BURKE, Derek. 2559. **Accelerometer based human joints' range of movement measurement.**[Online].

Available : http://shura.shu.ac.uk/16513/

[10] University of DELAWARE.2555. **5X Sit-to-Stand Test (5XSST)**.[Online].

Available : http://www.hnehealth.nsw.gov.au/Pain/5XSST_handout.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โค้ดการทำงานในส่วนของ microcontroller

```
#include <WiFi.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <ESPmDNS.h>
#include <ArduinoOTA.h>
#include "Wire.h" // This library allows you to communicate with I2C devices.
#include <Kalman.h> // Source: https://github.com/TKJElectronics/KalmanFilter
#define RESTRICT_PITCH // Comment out to restrict roll to ±90deg instead - please
read: http://www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN3461.pdf
Kalman kalmanX; // Create the Kalman instances
Kalman kalmanY;
double gyroXangle, gyroYangle; // Angle calculate using the gyro only
double compAngleX, compAngleY; // Calculated angle using a complementary filter
double kalAngleX, kalAngleY; // Calculated angle using a Kalman filter
double timer;

const int MPU_ADDR1= 0x68;
uint8_t data1[14];
short accX,accY,accZ;
short gyroX,gyroY,gyroZ;

uint32_t tref,t1,t2,t3;
String datasent;

/* WiFi network name and password */
const char * ssid = "kotchanon";
const char * pwd = "11111111";

// IP address to send UDP data to.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
// it can be ip address of the server or
// a network broadcast address
// here is broadcast address
char * udpAddress = "192.168.1.3";
const int udpPort = 527;

//create UDP instance
WiFiUDP udp;



void setup(){
  Serial.begin(115200);

  //Connect to the WiFi network
   WiFi.begin(ssid, pwd);
  Serial.println("");

  // Wait for connection
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.print("Connected to ");
  Serial.println(ssid);
  Serial.print("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Serial.println(* udpAddress);
  //This initializes udp and transfer buffer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  udp.begin(udpPort);
//---------------------------------------------------------OTA
ArduinoOTA
    .onStart([]() {
      String type;
      if (ArduinoOTA.getCommand() == U_FLASH)
        type = "sketch";
      else // U_SPIFFS
        type = "filesystem";

      // NOTE: if updating SPIFFS this would be the place to unmount SPIFFS using
SPIFFS.end()
      Serial.println("Start updating " + type);
    })
    .onEnd([]() {
      Serial.println("\nEnd");
    })
    .onProgress([](unsigned int progress, unsigned int total) {
      Serial.printf("Progress: %u%%\r", (progress / (total / 100)));
    })
    .onError([](ota_error_t error) {
      Serial.printf("Error[%u]: ", error);
      if (error == OTA_AUTH_ERROR) Serial.println("Auth Failed");
      else if (error == OTA_BEGIN_ERROR) Serial.println("Begin Failed");
      else if (error == OTA_CONNECT_ERROR) Serial.println("Connect Failed");
      else if (error == OTA_RECEIVE_ERROR) Serial.println("Receive Failed");
      else if (error == OTA_END_ERROR) Serial.println("End Failed");
    });
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  ArduinoOTA.begin();


//------------------------------------------------------------- I2c

   //sensor1
  Wire.begin();
  Wire.setClock(400000);
  Wire.beginTransmission(MPU_ADDR1); // Begins a transmission to the I2C slave (GY-
521 board)
  Wire.write(0x6B); // PWR_MGMT_1 register
  Wire.write(0); // set to zero (wakes up the MPU-6050)
  Wire.endTransmission(1);

// Configure Accelerometer Sensitivity - Full Scale Range (default +/- 2g)
  Wire.beginTransmission(MPU_ADDR1);
  Wire.write(0x1C);                  //Talk to the ACCEL_CONFIG register (1C hex)
  Wire.write(0x10);                  //Set the register bits as 00010000 (+/- 8g full scale
range)
  Wire.endTransmission(true);
  // Configure Gyro Sensitivity - Full Scale Range (default +/- 500deg/s)
  Wire.beginTransmission(MPU_ADDR1);
  Wire.write(0x1B);                   // Talk to the GYRO_CONFIG register (1B hex)
  Wire.write(0x08);                   // Set the register bits as 00001000 (500deg/s full
scale)
  Wire.endTransmission(true);
// Configure Digital Low Pass Filter
  Wire.beginTransmission(MPU_ADDR1);
  Wire.write(0x1A);                   // write to address 26 of the register
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  Wire.write(0x06);                  // options here are 0x00 which is off, and 0x01, 0x02,
0x03, 0x04, 0x05, 0x06
  Wire.endTransmission(true);     // 0x06 being the highest filter setting
//------------------------------------------------------------------ Sent data to computur for giving
port location and when data call to start the process
  uint8_t buffer[50] = "hello world";
  //send hello world to server
  udp.beginPacket(udpAddress, udpPort);
  udp.write(buffer, 1);
  udp.endPacket();
  Serial.println("Sent Hello world3");
 while(1){
  udp.parsePacket();
  ArduinoOTA.handle();
  if(udp.read() > 0){
    Serial.print("Server to client: ");
    Serial.println((char *)buffer);
    break;
  }
 }
  Wire.beginTransmission(MPU_ADDR1);
  Wire.write(0x3B); // starting with register 0x3B (ACCEL_XOUT_H) [MPU-6000 and
MPU-6050 Register Map and Descriptions Revision 4.2, p.40]
  Wire.endTransmission(false); // the parameter indicates that the Arduino will send a
restart. As a result, the connection is kept active.
  Wire.requestFrom(MPU_ADDR1, 7*2, 1); // request a total of 7*2=14 registers

    data1[0]=Wire.read();
    data1[1]=Wire.read();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
data1[2]=Wire.read();
data1[3]=Wire.read();
data1[4]=Wire.read();
data1[5]=Wire.read();
data1[6]=Wire.read();
data1[7]=Wire.read();
data1[8]=Wire.read();
data1[9]=Wire.read();
data1[10]=Wire.read();
data1[11]=Wire.read();
data1[12]=Wire.read();
data1[13]=Wire.read();
Wire.endTransmission(true);

  accX = (data1[0] << 8) | data1[1];
  accY = (data1[2] << 8) | data1[3];
  accZ = (data1[4] << 8) | data1[5];
  gyroX = (data1[8] << 8) | data1[9];
  gyroY = (data1[10] << 8) | data1[11];
  gyroZ = (data1[12] << 8) | data1[13];
#ifdef RESTRICT_PITCH // Eq. 25 and 26
double roll  = atan2(accY, accZ) * RAD_TO_DEG;
double pitch = atan(-accX / sqrt(accY * accY + accZ * accZ)) * RAD_TO_DEG;
#else // Eq. 28 and 29
double roll  = atan(accY / sqrt(accX * accX + accZ * accZ)) * RAD_TO_DEG;
double pitch = atan2(-accX, accZ) * RAD_TO_DEG;
#endif
kalmanX.setAngle(roll); // Set starting angle
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  kalmanY.setAngle(pitch);
  gyroXangle = roll;
  gyroYangle = pitch;
  compAngleX = roll;
  compAngleY = pitch;

 tref = millis();
 timer = micros();
 }

void loop(){
  if( ((micros() - (tref*1000))%2000 ) < 500){

  Wire.beginTransmission(MPU_ADDR1);
  Wire.write(0x3B); // starting with register 0x3B (ACCEL_XOUT_H) [MPU-6000 and
MPU-6050 Register Map and Descriptions Revision 4.2, p.40]
  Wire.endTransmission(false); // the parameter indicates that the Arduino will send a
restart. As a result, the connection is kept active.
  Wire.requestFrom(MPU_ADDR1, 7*2, 1); // request a total of 7*2=14 registers

  data1[0]=Wire.read();
  data1[1]=Wire.read();
  data1[2]=Wire.read();
  data1[3]=Wire.read();
  data1[4]=Wire.read();
  data1[5]=Wire.read();
  data1[6]=Wire.read();
  data1[7]=Wire.read();
  data1[8]=Wire.read();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  data1[9]=Wire.read();
  data1[10]=Wire.read();
  data1[11]=Wire.read();
  data1[12]=Wire.read();
  data1[13]=Wire.read();
  Wire.endTransmission(true);

    accX = (data1[0] << 8) | data1[1];
    accY = (data1[2] << 8) | data1[3];
    accZ = (data1[4] << 8) | data1[5];
    gyroX = (data1[8] << 8) | data1[9];
    gyroY = (data1[10] << 8) | data1[11];
    gyroZ = (data1[12] << 8) | data1[13];
    t1 = millis() - tref;
 //-------------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------------
     double dt = (double)(micros() - timer) / 1000000; // Calculate delta time
 #ifdef RESTRICT_PITCH // Eq. 25 and 26
  double roll  = atan2(accY, accZ) * RAD_TO_DEG;
  double pitch = atan(-accX / sqrt(accY * accY + accZ * accZ)) * RAD_TO_DEG;
#else // Eq. 28 and 29
  double roll  = atan(accY / sqrt(accX * accX + accZ * accZ)) * RAD_TO_DEG;
  double pitch = atan2(-accX, accZ) * RAD_TO_DEG;
#endif

  double gyroXrate = gyroX / 65.5; // Convert to deg/s
  double gyroYrate = gyroY / 65.5; // Convert to deg/s
#ifdef RESTRICT_PITCH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  // This fixes the transition problem when the accelerometer angle jumps between -
180 and 180 degrees
  if ((roll < -90 && kalAngleX > 90) || (roll > 90 && kalAngleX < -90)) {
    kalmanX.setAngle(roll);
    kalAngleX = roll;
    gyroXangle = roll;
  } else
    kalAngleX = kalmanX.getAngle(roll, gyroXrate, dt); // Calculate the angle using a
Kalman filter

  if (abs(kalAngleX) > 90)
    gyroYrate = -gyroYrate; // Invert rate, so it fits the restriced accelerometer reading
  kalAngleY = kalmanY.getAngle(pitch, gyroYrate, dt);
#else
  // This fixes the transition problem when the accelerometer angle jumps between -
180 and 180 degrees
  if ((pitch < -90 && kalAngleY > 90) || (pitch > 90 && kalAngleY < -90)) {
    kalmanY.setAngle(pitch);
    kalAngleY = pitch;
    gyroYangle = pitch;
  } else
    kalAngleY = kalmanY.getAngle(pitch, gyroYrate, dt); // Calculate the angle using a
Kalman filter

  if (abs(kalAngleY) > 90)
    gyroXrate = -gyroXrate; // Invert rate, so it fits the restriced accelerometer reading
  kalAngleX = kalmanX.getAngle(roll, gyroXrate, dt); // Calculate the angle using a
Kalman filter
#endif
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
 //-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
  datasent = String(3) + ',' + String(t1) + ',' + String(accX)
+','+String(accY)+','+String(accZ)+','+String(gyroX)+','+String(gyroY)+','+String(gyroZ)+','+St
ring(kalAngleX)+','+String(kalAngleY);
  //send hello world to server
  udp.beginPacket(udpAddress, udpPort);
  udp.print(datasent);
  udp.endPacket();
  }

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โค้ดภาษา python ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล

```
import socket
import keyboard
import time
import pandas as pd
import tkinter as tk
from tkinter import filedialog
from tkinter import messagebox
import numpy as np
from scipy.ndimage import gaussian_filter1d
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.signal import *
import os


def correct_data_five_sensor_plus_kalman_x():
    root = tk.Tk()
    root.withdraw()
    pd.options.mode.chained_assignment = None
    # bind all IP
    HOST = '0.0.0.0'
    # Listen on Port
    PORT = 527
    # Size of receive buffer
    BUFFER_SIZE = 1024
    # Create a TCP/IP socket
    s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
    # Bind the socket to the host and port
    s.bind((HOST, PORT))
    dataofsensor = []
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    saveaddress = []
    amout = 1
    for i in range(5):
        print("Turn on a device"+ str(amout))
        amout += 1
        data = s.recvfrom(BUFFER_SIZE)
        if data:
            saveaddress.append(data[1])
            print(data[0], data[1])
            data = 0
            time.sleep(0.5)

# ------------------------------------------------------------------------------
    for i in range(len(saveaddress)):
        startcommand = 'Start'.encode()
        s.sendto(startcommand, saveaddress[i - 1])
        print(saveaddress[i - 1])
    answer = messagebox.askyesno(title=None, message='Start? If you want to save
press Q ', icon='question')
    data = s.recvfrom(BUFFER_SIZE)
    data = s.recvfrom(BUFFER_SIZE)
    data = s.recvfrom(BUFFER_SIZE)
    data = s.recvfrom(BUFFER_SIZE)
    # ------------------------------------------------------------------------
    while not (keyboard.is_pressed('q') or answer == None):
        # Receive BUFFER_SIZE bytes data
        # data is a list with 2 elements
        # first is data
        # second is client address
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
            data = s.recvfrom(BUFFER_SIZE)
            if data:
                # print received data
                datas = str(data[0])
                datas = datas[2:-1].split(',')
                dataofsensor.append(datas)
                print(datas)
        # ----------------------------------------------------------------------
        if not answer == None :
            df = pd.DataFrame(dataofsensor, columns=['No', 'Time', 'Ax', 'Ay', 'Az', 'Gx', 'Gy',
'Gz','kalAngleX','kalAngleY'])
            df['No'] = df['No'].astype(int)
            df['Time'] = df['Time'].astype(int)
            df['Ax'] = df['Ax'].astype(float)
            df['Ay'] = df['Ay'].astype(float)
            df['Az'] = df['Az'].astype(float)
            df['Gx'] = df['Gx'].astype(float)
            df['Gy'] = df['Gy'].astype(float)
            df['Gz'] = df['Gz'].astype(float)
            df['kalAngleX'] = df['kalAngleX'].astype(float)
            df['kalAngleY'] = df['kalAngleY'].astype(float)
            # ----------------------------------------------------------------------
            csvdata = df
            names = csvdata['No'].unique().tolist()
            names.sort()
            print(names)
            dataofdevice = {}
            for i in range(len(names)):
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
            dataofdevice[names[i]] = csvdata.loc[csvdata.No == names[i]]
            dataofdevicedropNo = dataofdevice[names[i]].drop('No', axis=1)
            dataofdevice[names[i]] = dataofdevicedropNo
            dataofdevice[names[i]].reset_index(drop=True, inplace=True)
            for j in range(len(dataofdevice[names[i]]['Time'])):
                if dataofdevice[names[i]]['Time'][j] % 2 == 1 and j > 1:
                    if dataofdevice[names[i]]['Time'][j-1] == dataofdevice[names[i]]['Time'][j] -
1 :
                        dataofdevice[names[i]]['Time'][j] = dataofdevice[names[i]]['Time'][j] +
1
                    else :
                        dataofdevice[names[i]]['Time'][j] = dataofdevice[names[i]]['Time'][j] -
1

        # get only same time of datas
        diff_df = pd.merge(dataofdevice[names[0]]['Time'],
dataofdevice[names[1]]['Time'], how='outer',indicator='Exist')
        diff_df = diff_df.loc[diff_df['Exist'] == 'both']
        diff_df = pd.merge(diff_df['Time'], dataofdevice[names[2]]['Time'], how='outer',
indicator='Exist')
        diff_df = diff_df.loc[diff_df['Exist'] == 'both']
        diff_df = pd.merge(diff_df['Time'], dataofdevice[names[3]]['Time'], how='outer',
indicator='Exist')
        diff_df = diff_df.loc[diff_df['Exist'] == 'both']
        diff_df = pd.merge(diff_df['Time'], dataofdevice[names[4]]['Time'], how='outer',
indicator='Exist')
        diff_df = diff_df.loc[diff_df['Exist'] == 'both']
        for i in range(len(names)):
            comparer = pd.merge(dataofdevice[names[i]]['Time'], diff_df['Time'],
how='outer', indicator='Exist')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
            dataofdevice[names[i]]['Exist'] = comparer['Exist']
            dataofdevice[names[i]] =
dataofdevice[names[i]].loc[dataofdevice[names[i]]['Exist'] == 'both']
            dataofdevice[names[i]].reset_index(drop=True, inplace=True)
            del dataofdevice[names[i]]['Exist']
        print('interpolate')
        # interpolate linear
        for i in range(len(names)):
            print(i)
            j = 0
            while not dataofdevice[names[i]]['Time'][j + 1] ==
dataofdevice[names[i]]['Time'][len(dataofdevice[names[i]]['Time']) - 1]:
                if ((dataofdevice[names[i]]['Time'][j + 1] - dataofdevice[names[i]]['Time'][j]) >
2):
                    df1 = dataofdevice[names[i]].iloc[:j + 1]
                    df2 = dataofdevice[names[i]].iloc[j + 1:]
                    data1 = dataofdevice[names[i]].iloc[j, :]
                    data1['Time'] = data1['Time'] + 2
                    data1['Ax'] = np.nan
                    data1['Ay'] = np.nan
                    data1['Az'] = np.nan
                    data1['Gx'] = np.nan
                    data1['Gy'] = np.nan
                    data1['Gz'] = np.nan
                    data1['Gy'] = np.nan
                    data1['Gz'] = np.nan
                    data1['kalAngleX'] = np.nan
                    data1['kalAngleY'] = np.nan
                    df1 = df1.append(data1, ignore_index=True)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
                df1 = df1.append(df2, ignore_index=True)
                dataofdevice[names[i]] = df1
            j += 1
        dataofdevice[names[i]] = dataofdevice[names[i]].interpolate()
        print(i , 'Finished')
    # ----------------------------------------------------------------------
    mergeallof = pd.concat(dataofdevice, axis=1, ignore_index=True)  # รวมในไฟล์เดียว
    mergeallof = mergeallof.apply(lambda x: pd.Series(x.dropna().values))
    mergeallof = mergeallof.rename(
        columns={0: 'Time1', 1: 'Ax1', 2: 'Ay1', 3: 'Az1', 4: 'Gx1', 5: 'Gy1', 6:
'Gz1',7:'kalAngleX1' ,8:'kalAngleY1' ,
                 9: 'Time2', 10: 'Ax2',11: 'Ay2',12: 'Az2', 13: 'Gx2', 14: 'Gy2', 15:
'Gz2',16:'kalAngleX2',17:'kalAngleY2' ,
                 18: 'Time3', 19: 'Ax3', 20: 'Ay3', 21: 'Az3',22: 'Gx3',23: 'Gy3', 24:
'Gz3',25:'kalAngleX3',26:'kalAngleY3' ,
                 27: 'Time4', 28: 'Ax4', 29: 'Ay4', 30: 'Az4', 31: 'Gx4', 32: 'Gy4',33:
'Gz4',34:'kalAngleX4',35:'kalAngleY4' ,
                 36: 'Time5', 37: 'Ax5', 38: 'Ay5', 39: 'Az5', 40: 'Gx5', 41: 'Gy5',42:
'Gz5',43:'kalAngleX5',44:'kalAngleY5' })
    file_save = filedialog.asksaveasfilename(defaultextension='.csv', )
    location = file_save[:-4]  + '.csv'
    mergeallof.to_csv(location, index=False, header=True)
    print('Finish')


    dataofsensor = 0

    # Close connection
    s.close() #
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
def select_file() :
    root = tk.Tk()
    root.withdraw()
    file_path = filedialog.askopenfilename(filetypes = (("CSV files", "*.csv"),("All files",
"*.*") ))
    csvdata = pd.read_csv(file_path)
    file_name = os.path.split(file_path)[1]
    for i in csvdata.columns:
        if not ((i == 'Time1') or (i == 'Time2') or (i == 'Time3') or (i == 'Time4') or (i ==
'Time5')):
            csvdata[i] = gaussian_filter1d(csvdata[i], 25)

    pd.options.mode.chained_assignment = None  # default='warn'
    legr_rise_peaks, _ = find_peaks(csvdata['Gy2'], height=4000)
    legr_fall_peaks, _ = find_peaks(-csvdata['Gy2'], height=4000)
    range_sit_to_stand = csvdata.iloc[round(legr_rise_peaks[0]) -
750:round(legr_fall_peaks[len(legr_fall_peaks) - 1]) + 750, :]
    range_sit_to_stand.reset_index(drop=True, inplace=True)
    range_sit_to_stand['Time1'] =
range_sit_to_stand['Time1'].sub(range_sit_to_stand['Time1'][0])
    kalAngleX5 = range_sit_to_stand['kalAngleX5'].iloc[1:20].mean()
    kalAngleY5 = range_sit_to_stand['kalAngleY5'].iloc[1:20].mean()

    range_sit_to_stand['kalAngleX5'] = range_sit_to_stand['kalAngleX5'].sub(kalAngleX5)
    range_sit_to_stand['kalAngleY5'] = range_sit_to_stand['kalAngleY5'].sub(kalAngleY5)

    # rise_peaks, _ = find_peaks(range_sit_to_stand['Gy2'], height=4000)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    # results_rise_peaks  = peak_widths(range_sit_to_stand['Gy2'], rise_peaks,
rel_height=1)
    # fall_peaks, _ = find_peaks(-range_sit_to_stand['Gy2'], height=4000)
    # results_fall_peaks  = peak_widths(-range_sit_to_stand['Gy2'], fall_peaks,
rel_height=1)
    #
    # plt.plot(range_sit_to_stand['Gy2'])
    # # plt.hlines(*results_rise_peaks[1:])
    # plt.hlines(*results_fall_peaks[1:])
    # plt.xlabel('Time(s)')
    # plt.ylabel('Angular acceleration (radian/s^2)')
    # plt.show()

    return range_sit_to_stand , file_name

def angle_(range_sit_to_stand,file_name) :
    csvdata = range_sit_to_stand

    right_angle = csvdata['kalAngleY1'] - csvdata['kalAngleY2']
    right_angle[right_angle > 90] = (right_angle[right_angle > 90] * -1) + 180
    left_angle = csvdata['kalAngleY3'] - csvdata['kalAngleY4']
    left_angle[left_angle > 90] = (left_angle[left_angle > 90] * -1) + 180
    back_angle = csvdata['kalAngleY5']
    csvdata['Time1'] = csvdata['Time1']/1000
    fig,(ax1,ax2,ax3,ax4) = plt.subplots(4)
    # right_angle = right_angle - right_angle[0:10].mean()
    ax1.plot(csvdata['Time1'],right_angle)
    ax1.set_title('Angle of the right leg')
    # left_angle = left_angle - left_angle[0:10].mean()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    ax2.plot(csvdata['Time1'], left_angle)
    ax2.set_title('Angle of the left leg')
    ax3.plot(csvdata['Time1'], -1*back_angle )
    ax3.set_title('Angle of the back')
    ax4.plot(csvdata['Time1'], -1 * csvdata['kalAngleX5'] )
    ax4.set_title('Angle back swing')
    ax1.set(xlabel='Time(s)', ylabel='Angle(degree)')
    ax2.set(xlabel='Time(s)', ylabel='Angle(degree)')
    ax3.set(xlabel='Time(s)', ylabel='Angle(degree)')
    ax4.set(xlabel='Time(s)', ylabel='Angle(degree)')
    fig.canvas.set_window_title(file_name)
    plt.tight_layout()
    plt.show()
    return csvdata['Time1'],right_angle,left_angle,back_angle


def duration_of_sit_to_stand(range_sit_to_stand) :
    # ----------------------------------------------------------------------------------------
    legr_rise_peaks, _ = find_peaks(range_sit_to_stand['Gy2'], height=4000)
    legr_fall_peaks, _ = find_peaks(-range_sit_to_stand['Gy2'], height=4000)
    legr_rise_width = peak_widths(range_sit_to_stand['Gy2'], legr_rise_peaks,
rel_height=0.99)
    legr_fall_width = peak_widths(-range_sit_to_stand['Gy2'], legr_fall_peaks,
rel_height=0.99)


    duration_legr = range_sit_to_stand['Time2'][round(max(legr_fall_width[3]))] -
range_sit_to_stand['Time2'][round(min(legr_rise_width[2]))]
    # duration_legr = max(legr_fall_width[3]) - min(legr_rise_width[2])
    # duration_legr *= 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    back_angle = range_sit_to_stand['kalAngleY5']
    back_peaks, _ = find_peaks(-back_angle, height=20)
    back_width = peak_widths(-back_angle, back_peaks, rel_height=0.99)


    legl_rise_peaks, _ = find_peaks(range_sit_to_stand['Gy4'], height=4000)
    legl_fall_peaks, _ = find_peaks(-range_sit_to_stand['Gy4'], height=4000)
    legl_rise_width = peak_widths(range_sit_to_stand['Gy4'], legl_rise_peaks,
rel_height=0.99)
    legl_fall_width = peak_widths(-range_sit_to_stand['Gy4'], legl_fall_peaks,
rel_height=0.99)
    duration_legl = range_sit_to_stand['Time4'][round(max(legl_fall_width[3]))] -
range_sit_to_stand['Time4'][round(min(legl_rise_width[2]))]

    return ((duration_legl/1000)+(duration_legr/1000))/2

def plot_graph(range_sit_to_stand,Number_of_device,A_or_G,file_name) :
    if A_or_G == 'A' :
        divider = 4096
        typeofdataforshow = 'Acceleration'
        ylabelname = 'G(9.8m/s^2)'
    else :
        divider = 65.5
        typeofdataforshow = 'Gyroscope'
        ylabelname = 'Degree/s'

    if Number_of_device == 1 :
        TitleName = 'Shank'
        Side = 'Right'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    elif Number_of_device == 2 :
        TitleName = 'Thigh'
        Side = 'Right'
    elif Number_of_device == 3 :
        TitleName = 'Shank'
        Side = 'Left'
    elif Number_of_device == 4 :
        TitleName = 'Thigh'
        Side = 'Left'
    else :
        TitleName = 'Back'
        Side = ''

    Time = 'Time' + str(Number_of_device)

    fig, (ax1, ax2, ax3) = plt.subplots(3)
    ax1.plot(range_sit_to_stand[Time]/1000, range_sit_to_stand[A_or_G + 'x' +
str(Number_of_device)] / divider)
    ax1.set_title(typeofdataforshow + ' of the ' + Side + ' ' + TitleName + ' X')
    ax2.plot(range_sit_to_stand[Time]/1000, range_sit_to_stand[A_or_G + 'y' +
str(Number_of_device)] / divider)
    ax2.set_title(typeofdataforshow + ' of the ' + Side + ' ' +  TitleName + ' Y')
    ax3.plot(range_sit_to_stand[Time]/1000, range_sit_to_stand[A_or_G + 'z' +
str(Number_of_device)] / divider)
    ax3.set_title(typeofdataforshow + ' of the ' + Side + ' ' +  TitleName + ' Z')

    ax1.set(xlabel='Time(s)', ylabel=ylabelname)
    ax2.set(xlabel='Time(s)', ylabel=ylabelname)
    ax3.set(xlabel='Time(s)', ylabel=ylabelname)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
fig.canvas.set_window_title(file_name)
plt.tight_layout()
plt.show()
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โค้ดภาษา python ในส่วนของ GUI

```
from tkinter import  *
from tkinter import messagebox
import wireless


location_of_file = ''
right_angle = []
left_angle = []
back_angle = []
#-------------------------------------------------------------------------------------------
def correct_data_callback() :
    wireless.correct_data_five_sensor_plus_kalman_x()


def angle_callback() :
    try :
        wireless.angle_(range_sit_to_stand,file_name)
    except :
        messagebox.showerror("No file selected", "Please select csv file")


def back_acc_callback() : #A5
    wireless.plot_graph(range_sit_to_stand,5,'A',file_name)


def back_gyro_callback():#G5
    wireless.plot_graph(range_sit_to_stand,5,'G',file_name)


def left_thigh_acc_callback() :
    wireless.plot_graph(range_sit_to_stand,4,'A',file_name)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
def left_thigh_gyro_callback() :
    wireless.plot_graph(range_sit_to_stand,4,'G',file_name)

def right_thigh_acc_callback() :
    wireless.plot_graph(range_sit_to_stand,2,'A',file_name)

def right_thigh_gyro_callback() :
    wireless.plot_graph(range_sit_to_stand,2,'G',file_name)

def left_limb_acc_callback() :
    wireless.plot_graph(range_sit_to_stand,3,'A',file_name)

def left_limb_gyro_callback() :
    wireless.plot_graph(range_sit_to_stand,3,'G',file_name)

def right_limb_acc_callback() :
    wireless.plot_graph(range_sit_to_stand,1,'A',file_name)

def right_limb_gyro_callback() :
    wireless.plot_graph(range_sit_to_stand,1,'G',file_name)

def select_data_callback() :
    global range_sit_to_stand
    global file_name
    range_sit_to_stand,file_name = wireless.select_file()
    duration = wireless.duration_of_sit_to_stand(range_sit_to_stand)

    l_duration = Label(window, text = '5 Times duration '+ str("{:.3f}".format(duration) +
's'))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    file_name_show = Label(window, text = 'File name : ' + file_name)

    angle_button = Button(window, text='Angle', fg='black', command=angle_callback)
    back_acc = Button(window, text='Acceleration of Back', fg='black',
command=back_acc_callback)
    back_gyro = Button(window, text='Gyroscope of Back', fg='black',
command=back_gyro_callback)
    left_thigh_acc = Button(window, text='Acceleration of Left Thigh', fg='black',
command=left_thigh_acc_callback)
    left_thigh_gyro = Button(window, text='Gyroscope of Left Thigh', fg='black',
command=left_thigh_gyro_callback)
    left_limb_acc = Button(window, text='Acceleration of Left Shank', fg='black',
command=left_limb_acc_callback)
    left_limb_gyro = Button(window, text='Gyroscope of Left Shank', fg='black',
command=left_limb_gyro_callback)
    right_thigh_acc = Button(window, text='Acceleration of Right Thigh', fg='black',
command=right_thigh_acc_callback)
    right_thigh_gyro = Button(window, text='Gyroscope of Right Thigh', fg='black',
command=right_thigh_gyro_callback)
    right_limb_acc = Button(window, text='Acceleration of Right Shank', fg='black',
command=right_limb_acc_callback)
    right_limb_gyro = Button(window, text='Gyroscope of Right Shank', fg='black',
command=right_limb_gyro_callback)

    file_name_show.grid(row = 4 , column = 0 )
    l_duration.grid(row = 5 , column = 0 )
    angle_button.grid(row=2, column=0)
    back_acc.grid(row = 0 , column = 2 )
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    back_gyro.grid(row = 1 , column = 2 )
    left_thigh_acc.grid(row = 2 , column = 1 )
    left_thigh_gyro.grid(row = 3 , column = 1 )
    left_limb_acc.grid(row = 4 , column = 1 )
    left_limb_gyro.grid(row = 5 , column = 1 )
    right_thigh_acc.grid(row = 2 , column = 3 )
    right_thigh_gyro.grid(row = 3 , column = 3 )
    right_limb_acc.grid(row = 4 , column = 3 )
    right_limb_gyro.grid(row = 5 , column = 3 )



#creating the application main window.
window = Tk()
window.title('Sit to Sand Test')
correct_data_button = Button(window, text = "Record", fg = "black", command =
correct_data_callback )
select_data_button = Button(window, text = 'Select csv file', fg = 'black' ,command =
select_data_callback)



#Pack

correct_data_button.grid(row = 0 , column = 0 )
select_data_button.grid(row = 1 , column = 0 )

#Entering the event main loop
window.mainloop()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.