

โปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขา

LEG ROTATION MEASUREMENT PROGRAM



โครงการปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LEG ROTATION MEASUREMENT PROGRAM






A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (COMPUTER SCIENCE)  
DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE, FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	โปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา Leg Rotation Measurement Program	
ชื่อนักศึกษา	นายปิยพล สันติกันต์	รหัสนักศึกษา 57050279
	นายพัทธนันท์ พรหมสวาท	รหัสนักศึกษา 57050292
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
ภาควิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
ปีการศึกษา	2560	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ	

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้  
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการ  
คอมพิวเตอร์ ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.กฤษฎา บุศรา กรรมการ	
ผศ.วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	โปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา	
ชื่อนักศึกษา	นายปิยพล สันติกันต์	รหัสนักศึกษา 57050279
	นายพัทธนันท์ พรมสวาท	รหัสนักศึกษา 57050292
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
ภาควิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2560	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ	

### บทคัดย่อ

การตรวจมุมการบิดหมุนของขาโดยใช้สายตาอ่านค่ามุมการบิดหมุน เกิดค่ามุมการบิดหมุนที่ความคลาดเคลื่อนและการวัดมุมการบิดหมุนขณะทำการเคลื่อนไหวขาไม่สามารถทำการวัดได้สะดวก บางส่วนของขาไม่สามารถทำการวัดได้ ข้อมูลผลการตรวจเก็บข้อมูลโดยการจดบันทึก ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์การรักษาได้รวดเร็ว เกิดความไม่สะดวกและอาจเกิดความผิดพลาดในการจดบันทึก การใช้เครื่องมือวัดที่สามารถทำการวัดมุมการบิดหมุนได้แม่นยำต้องนำเข้าจากประเทศทำให้มีต้นทุนด้านราคาที่สูง ปัญหาพิเศษนี้ได้้นำเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน Razor IMU ประยุกต์ใช้กับโปรแกรมที่ใช้งานบนคอมพิวเตอร์โน้ตบุค โปรแกรมพัฒนาด้วยภาษา C# เชื่อมต่อโดยใช้สัญญาณบลูทูธ สามารถบันทึกผลการตรวจลงคอมพิวเตอร์ได้ วัดมุมการบิดหมุนของขาโดยทำเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนติดบริเวณกลางต้นขา กลางหน้าแข้ง และด้านบนเท้า โปรแกรมพัฒนาและออกแบบให้เหมาะสมกับคนไทยและลดต้นทุนการนำเข้า ผลการทดสอบวัดเปรียบเทียบกับโปรแกรม Kinovea ค่ามุมที่คลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับที่ดีมาก

**คำสำคัญ :** การวัดมุมการบิดหมุนขา การเจ็บขา เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน บลูทูธ

Title	Leg Rotation Measurement Program	
Students	Mr. Piyapon Suntikan	Student ID 57050279
	Mr. Pattanan Pomsawat	Student ID 57050292
Degree	Bachelor of Science (Computer Science)	
Department	Computer Science	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic Year	2560	
Advisor	Asst. Prof. Wisan Tangwongcharoen	

### Abstract

Leg angle measurement by sight the angle of rotation have a deviant. while the leg movement cannot be measured easily. Some parts of the leg cannot be measured. Data capture results by taking notes cannot be analyzed quickly and inconvenience in taking notes. The instruments that accurately to measure the rotation of leg must be imported from the country and high cost. This special problem applies the Razor IMU sensor to program used on laptop computers. The program developed by C # is connected using a Bluetooth signal. Can save the results to the computer. Measure the angle of rotation of the legs by set the Razor IMU to the center of the thigh, shin and foot. The program designed to suit Thai people and reduce import cost. Result were compared to the Kinovea program error of angle was at the acceptable level and the satisfaction rating was very good.

**Keyword** : Leg angle measurement, Leg injury, Razor IMU, Bluetooth

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่องโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขาดำเนินการเสร็จสิ้นได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ให้คำปรึกษา และอาจารย์จากคณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยรังสิต ที่เอื้อเฟื้อเพื่อดำเนินงานที่ ผู้จัดทำขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่ให้การแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องในการแก้ไขจุดบกพร่องของปัญหาพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ นายนที เจริญตระกูลชัย ผู้ให้คำปรึกษาด้านเทคนิคและช่วยประสานงานระหว่างคณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยรังสิต

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทิวา โกศล และอาจารย์คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ให้คำปรึกษาด้านการกายภาพบำบัดและแนะช่วยเหลือเกี่ยวกับทดสอบผู้จัดปัญหาพิเศษจึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ปิยพล สันติกันต์  
พัทธนันท์ พรหมสวาท

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ข
กิตติกรรมประกาศ .....	ค
สารบัญ .....	ง
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญรูป .....	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย .....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
1.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ .....	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....</b>	<b>4</b>
2.1 หลักการของ Accelerator Sensor .....	4
2.2 หลักการของ Gyroscope Sensor .....	5
2.3 หลักการของ Magnetometer Sensor .....	6
2.4 เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน .....	7
2.5 การคำนวณค่ามุมการบิดหมุน .....	7
2.5.1 การคำนวณของออยเลอร์ .....	8
2.5.2 ค่ามุมที่เกิดจากทิศทางการหมุน .....	8
2.6 เทคโนโลยีบลูทูธ .....	9
2.6.1 หลักการของเทคโนโลยีบลูทูธ .....	9
2.6.2 พื้นฐานการทำงานของเทคโนโลยีบลูทูธ .....	10
2.6.3 วิวัฒนาการของเทคโนโลยีบลูทูธ .....	11
2.7.2 จุดประสงค์ของการใช้โปรแกรม Unity 3D .....	12
2.7.3 ข้อมูลทั่วไปของโปรแกรม Unity 3D .....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.8 ภาษาซีชาร์ป (C Sharp Language).....	13
2.8.1 ข้อมูลทั่วไปของภาษาซีชาร์ป .....	13
2.8.2 ตัวอย่างภาษาซีชาร์ปที่พัฒนาโปรแกรม .....	14
2.8 ภาษาซีชาร์ป (C Sharp Language).....	13
2.8.1 ข้อมูลทั่วไปของภาษาซีชาร์ป .....	13
2.8.2 ตัวอย่างภาษาซีชาร์ปที่พัฒนาโปรแกรม .....	14
2.9 โปรแกรม Kinovea .....	15
2.10 มุมมองร่างกายในกายวิภาคศาสตร์.....	16
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย .....</b>	<b>19</b>
3.1 โครงสร้างการพัฒนาโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขา.....	19
3.2 Use Case Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา .....	21
3.3 Class Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา.....	26
3.4 ER Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา.....	28
3.4.1 รายละเอียดตารางของฐานข้อมูล .....	28
3.5 Sequence Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา .....	30
3.5.1 Sequence Diagram การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน.....	30
3.5.2 Sequence Diagram การอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน .....	31
3.5.3 Sequence Diagram การบันทึกผลการตรวจ .....	32
3.6 การออกแบบหน้าจอโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขา.....	33
3.6.1 การออกแบบหน้าจอเริ่มต้นการใช้งานของโปรแกรม.....	33
3.6.2 การออกแบบหน้าจอตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์.....	34
3.6.3 การออกแบบหน้าจอในการตรวจ .....	34
3.6.4 การออกแบบหน้าจอแสดงผลการตรวจ .....	36

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบโปรแกรม.....	38
4.1 อุปกรณ์และการทดสอบโปรแกรมตรวจสอบการบิดหมุน.....	38
4.1.1 อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนและการติดตั้ง.....	38
4.1.2 ขั้นตอนการทดสอบโปรแกรมตรวจสอบการบิดหมุนของขา.....	39
4.2 การเปรียบเทียบมุมการบิดหมุน.....	42
4.2.1 การเปรียบเทียบมุมการบิดหมุนของมุมมองด้านข้าง.....	43
4.2.2 การเปรียบเทียบมุมการบิดหมุนของมุมมองด้านหน้า.....	44
4.3 ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม.....	46
บทที่ 5 สรุปผลการพัฒนาและข้อเสนอแนะ.....	47
5.1 สรุปผลการพัฒนา.....	47
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการพัฒนา.....	47
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	48
เอกสารอ้างอิง.....	49
ภาคผนวก.....	50
ภาคผนวก ก.....	51
ภาคผนวก ข.....	56

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 อธิบาย Use Case ตั้งค่าการเชื่อมต่อ .....	22
3.2 อธิบาย Use Case ทำการตรวจ.....	23
3.3 อธิบาย Use Case บันทึกประวัติการตรวจ .....	24
3.4 อธิบาย Use Case ดูประวัติการตรวจ.....	25
3.5 รายละเอียดการเก็บข้อมูลของตารางผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ (professor) .....	28
3.6 รายละเอียดการเก็บข้อมูลของตารางผู้เข้าตรวจ (patient).....	29
3.7 รายละเอียดการเก็บข้อมูลของผลการตรวจ (result) .....	29
4.1 ค่ามุมช่วงสะโพกของมุมมองด้านข้างขณะยกเท้า .....	43
4.2: ค่ามุมช่วงสะโพกของมุมมองด้านข้างขณะเท้าแตะพื้น .....	43
4.3: ค่ามุมช่วงหัวเข่าของมุมมองด้านข้างขณะยกเท้า .....	43
4.4 ค่ามุมช่วงหัวเข่าของมุมมองด้านข้างขณะเท้าแตะพื้น .....	43
4.5: ค่ามุมช่วงข้อเท้าของมุมมองด้านข้างขณะยกเท้า .....	44
4.6: ค่ามุมช่วงข้อเท้าของมุมมองด้านข้างขณะเท้าแตะพื้น.....	44
4.7: ค่ามุมช่วงสะโพกของมุมมองด้านหน้าขณะยกเท้า .....	44
4.8: ค่ามุมช่วงสะโพกของมุมมองด้านหน้าขณะเท้าแตะพื้น .....	45
4.9: ค่ามุมช่วงหัวเข่าของมุมมองด้านหน้าขณะยกเท้า .....	45
4.10: ค่ามุมช่วงหัวเข่าของมุมมองด้านหน้าขณะเท้าแตะพื้น.....	45
4.11 ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม .....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพจำลองการเคลื่อนที่ของสปริง .....	4
2.2 แกนของ Accelerator Sensor .....	5
2.3 รูปแบบทิศทางการเคลื่อนที่ของ Gyro Sensor .....	5
2.4 ภาพภาพของมุมโรล มุมพิทช์ และมุมยอ .....	6
2.5 9 Degrees of Freedom Razor IMU .....	7
2.6 ตัวส่งสัญญาณบลูทูธ Bluetooth Mate Gold .....	7
2.7 ค่ามุมจากการหมุน 3 มิติ.....	8
2.8 ค่าที่เพิ่มหรือลดของมุมโรล มุมพิทช์ และมุมยอ.....	9
2.9 สัญลักษณ์ของเทคโนโลยีบลูทูธ .....	9
2.10 โครงสร้างชุดข้อมูลของเทคโนโลยีบลูทูธ.....	10
2.11 เครือข่ายการเชื่อมต่อเทคโนโลยีบลูทูธ .....	11
2.12 สัญลักษณ์ของโปรแกรม Unity 3D.....	12
2.13 หน้าจอโปรแกรม Unity 3D.....	13
2.14 สัญลักษณ์ของภาษาซีชาร์ป.....	13
2.15 ตัวอย่างภาษาซีชาร์ปในการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ .....	14
2.16 ตัวอย่างภาษาซีชาร์ปในการบันทึกข้อมูล.....	15
2.17 สัญลักษณ์ของโปรแกรม Kinovea .....	15
2.18 ภาพหน้าจอของโปรแกรม Kinovea .....	16
2.19 มุมมองร่างในกายวิภาคศาสตร์ .....	17
3.1 โครงสร้างโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขา .....	19
3.2 Use Case Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา.....	21
3.3 Class Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา .....	26
3.4 ER Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา .....	28
3.5 Sequence Diagram การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน .....	30

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 Sequence Diagram การอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน .....	31
3.7 Sequence Diagram การบันทึกผลการตรวจ.....	32
3.8 การออกแบบหน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม.....	33
3.9 การออกแบบหน้าจอตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์.....	34
3.10 การออกแบบหน้าในการทำการตรวจ .....	35
3.11 การออกแบบหน้าจอประวัติการตรวจ .....	36
4.1 อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน .....	38
4.2 สายรัดติดตั้งเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน.....	39
4.3 ลักษณะการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน.....	39
4.4 หน้าจอการตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อ.....	40
4.5 หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม .....	40
4.6 หน้าจอทำการตรวจ.....	41
4.7 ข้อมูลมุมการบิดหมุนในไฟล์ CSV.....	41
4.8 หน้าจอหลักของโปรแกรม Kinovea.....	42
ก.1 หน้าจัดการอุปกรณ์เชื่อมต่อบลูทูธ .....	51
ก.2 หน้าต่างใส่รหัสการเชื่อมต่อ .....	51
ก.3 หน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรม.....	52
ก.4 หน้าจอตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อ.....	52
ก.5 รูปหน้าจอทำการตรวจ.....	53
ก.6 หน้าจอประวัติการตรวจ.....	54
ก.7 หน้าจอแสดงข้อมูลประวัติการตรวจ.....	54

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คณะผู้จัดทำได้ทำการสำรวจวิธีการตรวจมุมการบิดหมุนของขาโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ในปัจจุบันวัดด้วยการใช้เครื่องมือที่เป็นไม้บรรทัดวัดมุมนั้นไม่สามารถวัดมุมการบิดหมุนขาบางส่วนได้ การวัดค่ามุมการบิดหมุนด้วยสายตาอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดมุมการบิดหมุนและในการตรวจต้องให้ผู้เข้าตรวจย่อขาค้างไว้ระหว่างการตรวจผู้เข้าตรวจอาจได้รับบาดเจ็บระหว่างการตรวจ ข้อมูลผลการตรวจเก็บบันทึกได้ไม่สะดวกทำให้ยากในการนำมาวิเคราะห์การรักษา การตรวจวัดมุมการบิดหมุนของขาที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการวิเคราะห์การบิดหมุนแบบสามมิติ ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีต้นทุนสูงมากต้องใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเป็นจำนวนมากในการใช้งานและมีความยุ่งยากในการตรวจ

การนำเทคโนโลยีเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนมาประยุกต์ใช้ให้เกิดเครื่องมือที่สามารถวัดมุมการบิดหมุนของขาที่ทำให้ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์วิเคราะห์การรักษาได้แม่นยำมากขึ้นจะสามารถช่วยเหลือผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ในการวินิจฉัยผู้เข้าตรวจได้ดีขึ้นเป็นการความเสี่ยที่จะเกิดอาการบาดเจ็บเพิ่มเติมจากการตรวจเนื่องจากเมื่อย่อขาแล้วเกิดอาการเจ็บสามารถยกขาขึ้นได้ทันที การพัฒนาโปรแกรมชุดตรวจการบิดหมุนของขาที่ประยุกต์ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนใช้งานร่วมกับสายรัดบริเวณขาทั้งหมด 3 ส่วน คือ บริเวณต้นขา บริเวณหน้าแข้ง และบริเวณด้านบนเท้าทำให้สามารถวัดมุมการบิดหมุนของขาได้ในหลายทิศทางและวัดมุมการบิดหมุนในส่วนที่ไม้บรรทัดวัดมุมไม่สามารถวัดได้ อีกทั้งข้อมูลมุมการบิดหมุนถูกส่งด้วยเทคโนโลยีไร้สายไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ทำให้ง่ายในการตรวจวัดและเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ได้สะดวก โปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขาออกแบบให้คนไทยสามารถใช้งานได้สะดวกและอุปกรณ์ในการตรวจมุมการบิดหมุนสามารถใช้งานได้เหมาะสมกับลักษณะร่างกายของคนไทย การเก็บบันทึกข้อมูลผลการตรวจสามารถบันทึกได้ระหว่างทำการตรวจผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์การรักษาได้ง่ายขึ้นและมีราคาต้นทุนการพัฒนาที่ถูกลงกว่าการนำเข้าอุปกรณ์ราคาสูงจากต่างประเทศ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถตรวจวัดมุมการบิดหมุนของขาได้แม่นยำกว่าการตรวจวัดด้วยสายตา
- 2) เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถวัดมุมการบิดหมุนของขาในส่วนที่ไม่สามารถวัดด้วยไม้บรรทัดวัดมุมได้
- 3) เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถทำการวินิจฉัยการรักษาจากข้อมูลที่บ้านที่ก ระหว่างการตรวจได้สะดวกมากยิ่งขึ้น
- 4) ออกแบบโปรแกรมและอุปกรณ์การตรวจให้เหมาะสมกับลักษณะร่างกายของคนไทย
- 5) เพื่อลดต้นทุนการนำเข้าอุปกรณ์จากต่างประเทศและเวลาในการเตรียมการตรวจ

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) พัฒนาโปรแกรมและอุปกรณ์การตรวจเพื่อค่ามุมการบิดหมุนของขาทั้งสามส่วนคือบริเวณ สะโพก หัวเข่า และข้อเท้า รวมทั้งแสดงค่ามุมการบิดหมุนทั้งสามมุมมองคือมุมมองด้านข้าง มุมมอง ด้านบน และมุมมองด้านหน้าให้ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถเห็นค่ามุมการบิดหมุนได้
- 2) ประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนให้ใช้งานร่วมกับโปรแกรมเพื่อให้สามารถวัดมุมการ บิดหมุนได้สะดวกมากขึ้นโดยการติดเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนบริเวณขาของผู้เข้าตรวจในตำแหน่งที่ กำหนดไว้และออกแบบให้เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนสามารถส่งข้อมูลด้วยเทคโนโลยีไร้สายให้ เหมาะสมกับการตรวจด้วยการย่อขา
- 3) พัฒนาและออกแบบฐานข้อมูลให้สามารถเก็บข้อมูลมุมจากการตรวจบันทึกข้อมูลเป็น ประวัติการตรวจโดยระบุวันเวลาที่ทำการตรวจรวมทั้งเก็บข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าตรวจให้ผู้เชี่ยวชาญ ทางทางการแพทย์สามารถนำไปใช้งานในการวิเคราะห์การรักษาได้

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถวัดมุมการบิดหมุนของขาในส่วนที่ไม่บรรทัดวัดมุมไม่ สามารถวัดได้
- 2) ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ได้ข้อมูลมุมการบิดหมุนจากการตรวจได้แม่นยำมากกว่าการวัดด้วย ไม้บรรทัดวัดมุมและจากสายตา
- 3) ผู้เข้าตรวจมีความเสี่ยงที่จะได้รับบาดเจ็บจากตรวจน้อยลงเนื่องจากไม่ต้องย่อขาค้างไว้ ขณะทำการตรวจ
- 4) ลดต้นทุนด้านบุคลากรในการทำการตรวจเนื่องจากอุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศต้อง ใช้บุคลากรเฉพาะทางในการใช้งานเครื่องมือตรวจ
- 5) ลดต้นทุนการนำเข้าอุปกรณ์จากต่างประเทศที่มีราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) โปรแกรมที่ใช้งานในการตรวจ คนไทยสามารถใช้งานได้ง่ายใช้เวลาในการเรียนรู้การใช้โปรแกรมน้อยรวมทั้งอุปกรณ์ที่ทำการสวมใส่บริเวณขาของผู้เข้าตรวจถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับผู้เข้าตรวจที่เป็นคนไทย

### 1.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

#### 1.ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1. เซ็นเซอร์ตรวจวัดมุมการบิดหมุน Razor IMU
2. อุปกรณ์ส่งสัญญาณบลูทูธ Sparkfun Bluetooth Mate Gold
3. แบตเตอรี่ Lithium ion
4. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก

#### 2.ซอฟต์แวร์ (Software)

1. โปรแกรม Unity 3D 5.4.1f1
2. โปรแกรม Arduino
3. Windows 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

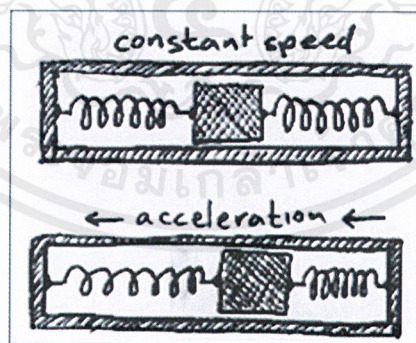
## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาโปรแกรมชุด โปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขา ทางผู้จัดทำพัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบและวัดค่าการบิดหมุนของขาให้กับผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ในการติดตามการตรวจรักษาผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษา

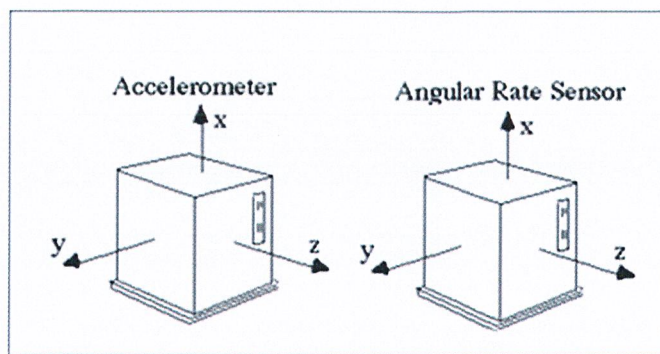
#### 2.1 หลักการของ Accelerometer Sensor

เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แกนในการวัด 3 แกน มีประโยชน์ใช้ในการวัดการเคลื่อนที่ไปในแต่ละทิศทาง โดยการทำงานจะตรวจจับการเคลื่อนไหวของแต่ละแกนเป็นการตรวจวัดความเร่งแบบเชิงเส้น การวัดความเร่งเชิงเส้นนั้นสามารถวัดสถานะว่า นิ่งเฉย หรือว่าเคลื่อนที่หรือหยุดทันทีหลังจากเคลื่อนที่เพราะ Accelerometer มีการวัดความเร่งเชิงเส้นทั้งสามแกนคือ x y z โดยวัดความเร่งของแต่ละแกนว่ามีความเร่งเพิ่มขึ้นหรือลดลงซึ่งเซ็นเซอร์นั้นมีการทำงานเปรียบเสมือนมีกลองสี่เหลี่ยมขนาดเล็กข้างในมีสปริงติดอยู่ทุก ๆ มุมโดยเมื่อกลองสี่เหลี่ยมนี้เอียงไปทิศทางใดสปริงก็จะหดตัวลงไปตามแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งจะสามารถดึงค่าความเอียงของกลองได้จากการหดตัวของสปริงในแต่ละด้านด้วยการใช้วงจรไฟฟ้าดึงค่าอนาล็อกออกมาจากสปริง



รูปที่ 2.1 ภาพจำลองการเคลื่อนที่ของสปริง

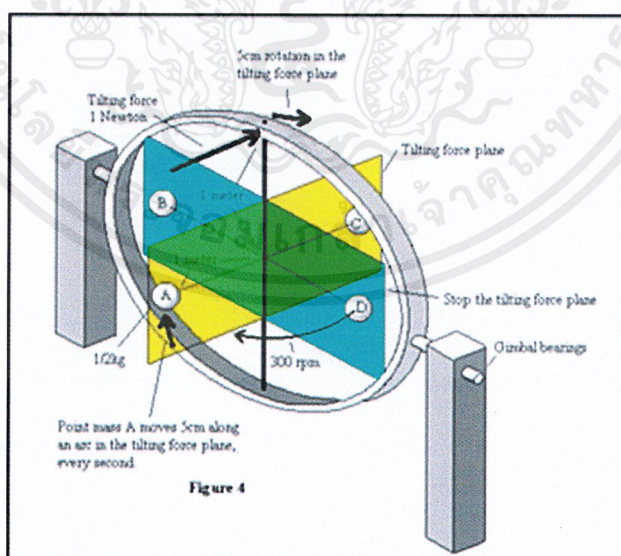
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แกนของ Accelerator Sensor

## 2.2 หลักการของ Gyroscope Sensor

Gyroscope sensor เป็นเซ็นเซอร์ที่มีการตรวจวัดการเคลื่อนไหวแบบ 3 แกนแบบเดียวกันกับ Accelerator sensor แต่ Accelerator sensor นั้นมีผลต่อแรงโน้มถ่วงของโลกทำให้ค่าที่วัดออกมาจาก Accelerator sensor นั้นไม่คงที่ต่อให้เซ็นเซอร์นั้นหยุดนิ่งก็ตาม ส่วน Gyroscope sensor จะมีค่าตามมุมที่เซ็นเซอร์นั้นได้เคลื่อนที่ไป Gyroscope sensor จึงเหมาะที่จะนำค่าวัดเชิงมุมมาใช้ เนื่องจากผลลัพธ์มาจากความเร็วเชิงมุม เซ็นเซอร์ตัวนี้มีความแม่นยำกว่า Accelerator sensor ในการเคลื่อนที่แบบหลายทิศทาง



รูปที่ 2.3 รูปแบบทิศทางการเคลื่อนที่ของ Gyro Sensor

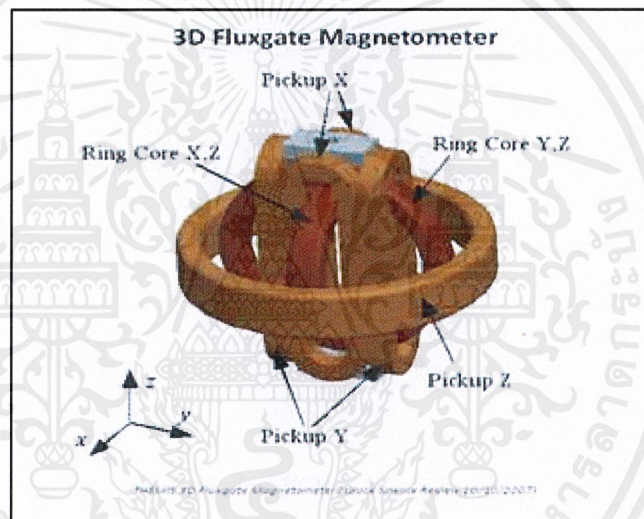
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3 หลักการของ Magnetometer Sensor

เป็นเซ็นเซอร์วัดความเข้มของสนามแม่เหล็กจึงถูกเรียกว่าเข็มทิศดิจิทัลมีประโยชน์ในการใช้ในโปรแกรมที่ใช้ในการนำทางหรือจำเป็นต้องการอาศัยทิศทางที่ถูกต้องแน่นอน Magnetometers แบ่งได้ 2 ประเภทคือ

1) Magnetometers Vector ที่วัดค่าความหนาแน่นในทิศทางเฉพาะ 3 มิติ ตัวอย่างคือ วัด fluxgate ที่สามารถวัดความแรงของคอมโพเนนต์ใด ๆ ของฟิลด์ของโลก โดยหันเซ็นเซอร์ในทิศทางของคอมโพเนนต์ที่ต้องการ

2) Magnetometers Scala วัดขนาดของเวกเตอร์ที่ผ่านเซ็นเซอร์โดยไม่คำนึงถึงทิศทางโดย Magnetometers ควอนตัมเป็นตัวอย่างของการวัดชนิดนี้



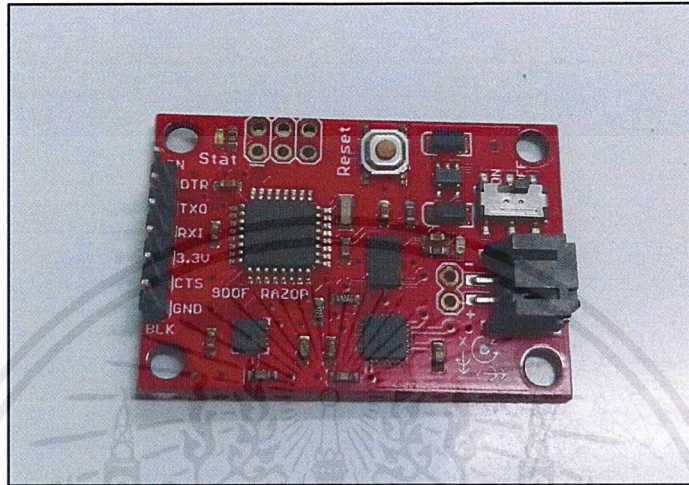
รูปที่ 2.4 ลักษณะของ Magnetometer

### 2.4 เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน

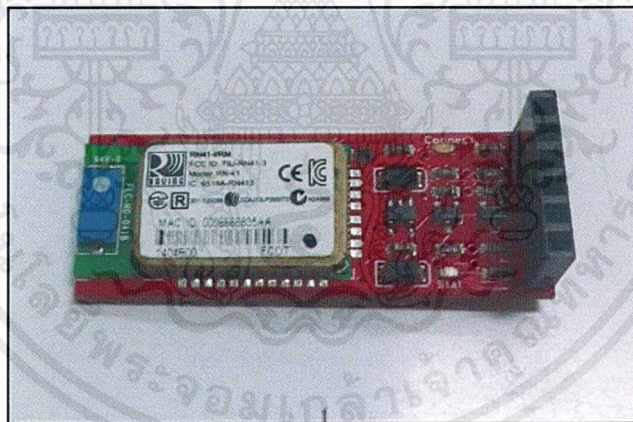
เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนหรือ 9 Degrees of Freedom - Razor IMU มีลักษณะดังรูปที่ 2.5 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่พัฒนารวมกันและประกอบด้วย 8MHz Arduino bootloader สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้โปรแกรม Arduino ด้วยภาษา C พร้อม Firmware สำหรับพัฒนาของ Razor IMU เขียนโปรแกรมการพัฒนาผ่านทาง USB Serial Port สามารถทำงานได้ในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงบอร์ดเดียว Razor IMU พัฒนาโดยบริษัท Sparkfun Razor IMU ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ Lithium 3.3V DC เซ็นเซอร์หลักที่ใช้ใน Razor IMU ที่มีความสามารถในการวัดมุมการบิดหมุนที่โดดเด่นกันแต่ละส่วน คือ Gyroscope Sensor ที่วัดมุมการบิดหมุนรอบแกน X หรือค่ามุม Roll Accelerometer Sensor วัดมุมรอบแกน Y หรือมุม Pitch และ Magnetometer Sensor ที่วัดมุมการบิดหมุนรอบแกน Z หรือค่ามุม Yaw Razor IMU

ใช้การวัดมุมจากทั้ง 3 เซ็นเซอร์หลักนี้ในการวัดมุมการบิดหมุนเพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมตรวจสอบ

การปิดหมุนขา Razor IMU ส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์ส่งสัญญาณบลูทูธ Bluetooth Mate Gold มีลักษณะดังรูปที่ 2.6 พัฒนาโดยบริษัท Sparkfun ประกอบติดกับ Razor IMU เพื่อส่งข้อมูลผ่านสัญญาณบลูทูธไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.5 9 Degrees of Freedom Razor IMU



รูปที่ 2.6 ตัวสัญญาณบลูทูธ Bluetooth Mate Gold

## 2.5 การคำนวณค่ามุมการปิดหมุน

ค่ามุมการปิดหมุนที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดมุมการปิดหมุน Razor IMU มาจากทิศทางการการปิดหมุนและการคำนวณค่ามุมที่ได้จากเซ็นเซอร์หลักมาจาก Firmware ของ Razor IMU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

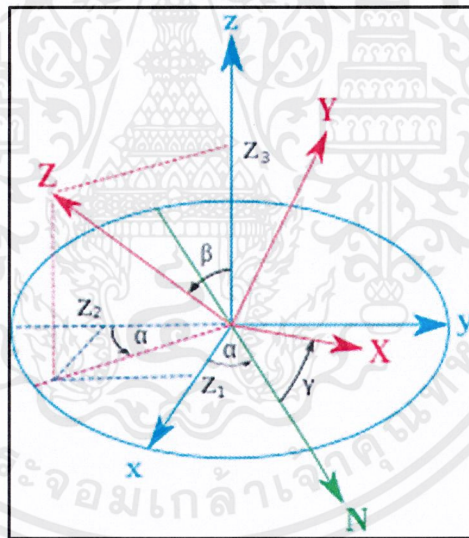
### 2.5.1 การคำนวณของออยเลอร์

ค่ามุมที่เปลี่ยนแปลงไปจากการหมุนแกนด้วย  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  จากรูปที่ 2.7 แกน 3 มิติสี่ฟ้าคือ แกนตั้งต้นเมื่อไม่เกิดการบิดหมุน แกน 3 มิติ สีแดงคือแกนที่เกิดการบิดหมุน โดยมุมจากการหมุนของ ออยเลอร์ได้จากการคำนวณทางตรีโกณมิติได้สมการทั้ง 3 ที่คำนวณค่ามุมการบิดหมุนจากเวกเตอร์ ขณะบิดหมุน

$$\alpha = \arccos\left(-\frac{Z_2}{\sqrt{1-Z_3^2}}\right)$$

$$\beta = \arccos(Z_3)$$

$$\gamma = \arccos\left(\frac{Y_3}{\sqrt{1-Z_3^2}}\right)$$

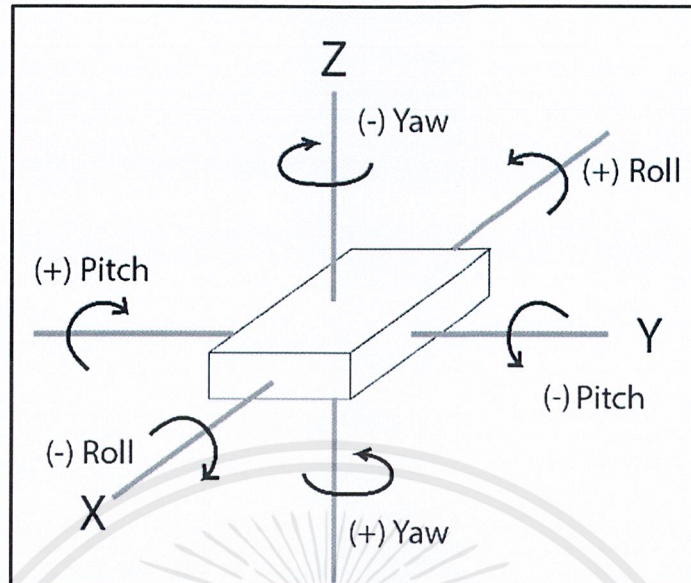


รูปที่ 2.7 ค่ามุมจากการหมุน 3 มิติ

### 2.5.2 ค่ามุมที่เกิดจากทิศทางการบิดหมุน

ค่ามุมที่เรียกในการบิดหมุนรอบแกน 3 มิติมาจากการหมุนของออยเลอร์ (Euler angles rotation) ซึ่งค่า Yaw เป็นค่ามุมที่หมุนรอบแกน Z ค่า Pitch เป็นค่ามุมที่หมุนรอบแกน Y และค่า Roll เป็นค่ามุมที่หมุนรอบแกน X ซึ่งค่ามุมอยู่ที่  $\pm 180$  องศา มีค่ามุมการบิดหมุนมีค่าเป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับทิศทางการบิดหมุนของเซ็นเซอร์วัดมุมการหมุน มีค่ามุมการบิดหมุนเป็นดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ค่าที่เพิ่มและลดของมุมโรรล มุมพิตช์ และมุมยอ

## 2.6 เทคโนโลยีบลูทูธ

ในการพัฒนาการเชื่อมต่อของ Razor IMU ในการส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้ใช้เทคโนโลยีบลูทูธเป็นสื่อกลางในการส่งข้อมูลจาก Razor IMU ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่งจากตัวส่งสัญญาณบลูทูธที่ประกอบรวมกับ Razor IMU ไปยังตัวรับสัญญาณบลูทูธเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุค มีความถี่ในการส่งข้อมูล 50 ชุดข้อมูลต่อวินาที



รูปที่ 2.9 สัญลักษณ์ของเทคโนโลยีบลูทูธ

### 2.6.1 หลักการของเทคโนโลยีบลูทูธ

เทคโนโลยีบลูทูธใช้คลื่นความถี่ 2.4 GHz. (กิกะเฮิรตซ์) แบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และการส่งข้อมูลสลับช่องการส่งสัญญาณสลับกันไป 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ระยะทำการของเทคโนโลยีบลูทูธอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบรักษาความปลอดภัยโดยใช้การใส่รหัสป้องกันก่อนการเชื่อมต่อและหลีกเลี่ยงการถูกดักข้อมูลระหว่างทำการส่งข้อมูล โดยระบบจะเปลี่ยนช่องสัญญาณสลับไปมา และสามารถที่จะเปลี่ยนความถี่สัญญาณในการเชื่อมต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยีบลูทูธถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอปพลิเคชันต่างๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย อยู่ในระยะที่กำหนดไว้ประมาณ 5-10 เมตร ใช้พลังงานต่ำ สามารถใช้งานได้นาน ความสามารถในการส่งถ่ายข้อมูลของ เทคโนโลยีบลูทูธอยู่ที่ 1 เมกกะบิตต่อวินาที ไฟล์ที่มีข้อมูลใหญ่จะส่งข้อมูลช้าเกินไปถ้าเปรียบเทียบกับ Wireless ในส่วนของ Wireless มีระยะเชื่อมต่อที่ไกล แต่เทคโนโลยีบลูทูธมีข้อดีอยู่ที่มีการติดตั้งทำได้ง่าย มีขนาดเล็ก ใช้พลังงานน้อยกว่า ชุดข้อมูลที่รับส่งอยู่ในเครือข่ายของเทคโนโลยีบลูทูธ ถูกแบ่งออกเป็นหน่วยย่อยๆ เรียกว่า พีตียู (packet data unit: PDU) ประกอบไปด้วย

- 1) รหัสการเข้าถึง (Access Code) เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลหมายเลขเครือข่ายและแอดเดรสหรือตำแหน่งของอุปกรณ์ต้นและปลายทาง มีขนาดยาว 32 บิต
- 2) ส่วนหัว (Header) เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลเส้นทางที่เหมาะสมในการส่งข้อมูล มีขนาดยาว 54 บิต
- 3) ข้อมูล (Payload) คือส่วนของข้อมูลที่ต้องการส่งผ่านสัญญาณบลูทูธจากต้นทางไปยังปลายทาง มีขนาดของชุดข้อมูลอยู่ที่ 0 – 2,745 บิต

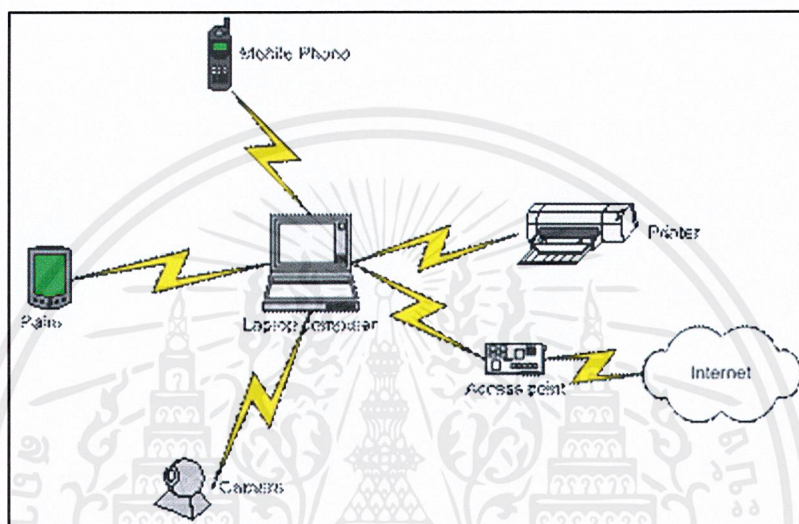
Access Code 32 bit	Header 54 bit	Payload 2,745 bit
-----------------------	------------------	----------------------

รูปที่ 2.10 โครงสร้างชุดข้อมูลของเทคโนโลยีบลูทูธ

## 2.6.2 พื้นฐานการทำงานของเทคโนโลยีบลูทูธ

เทคโนโลยีบลูทูธสร้างระบบเครือข่ายขนาดเล็กที่เรียกว่า Pico-Network หรือ PAN เป็นระบบเครือข่ายขนาดเล็ก มีอุปกรณ์ที่ติดต่อสื่อสารกันได้ไม่เกิน 7 เครื่อง ภายในรัศมี 10 เมตร และอุปกรณ์เหล่านี้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยใช้ Pico-Network ที่สร้างขึ้น ตัวอย่างเช่น ในห้องประชุม ผู้ร่วมประชุมสามารถส่งแฟ้มข้อมูลผ่านเครื่อง PDA หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องที่อยู่คนละห้องสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยไม่ต้องใช้สาย และเครื่องพิมพ์สามารถวางที่ใดก็ได้ในห้อง การใช้เทคโนโลยีบลูทูธเป็นช่องทางในการเข้าถึงข้อมูลในระบบเครือข่ายหลัก ระบบเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลที่ใช้เชื่อมต่อ โดยตรงระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ใกล้กันชนิดนี้ ในแต่ละเครือข่าย จะมีอุปกรณ์ตัวหนึ่งเรียกว่า มาสเตอร์(Master) หรือตัวแม่ข่าย ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและประสานงานให้กับอุปกรณ์ตัวอื่นในเครือข่ายที่อยู่ร่วมกัน ส่วนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อตัวอื่นๆ เรียกว่า สลาฟ(Slave) เป็นตัวลูกที่เชื่อมต่อในเครือข่าย บลูทูธมีการทำงานที่มีความคล้ายกับระบบอนุกรมบัสแบบที่ใช้ร่วมกัน (Universal Serial Bus : USB) ที่มีอยู่กับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ แต่ต่างกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการเชื่อมต่อ โดยอุปกรณ์บลูทูธส่วนใหญ่สามารถทำหน้าที่ได้ทั้งเป็นตัวรับและตัวส่งข้อมูล จะเป็นตัวใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมที่ในเครือข่ายจะจัดการให้เหมาะสมด้วยตัวเอง โพรโทคอลมาตรฐาน แอดเดรส (Address) หรือการระบุตำแหน่งจะมีเฉพาะในอุปกรณ์บลูทูธแต่ละตัวเป็นรหัสประจำตัวที่ไม่ซ้ำกับอุปกรณ์ตัวอื่น มีความยาวขนาด 48 บิต เรียกว่า บิตี แอดเดส (BD\_ADDR) ใช้ในการจำแนกอุปกรณ์แต่ละตัวและใช้ในการระบุความถี่ที่ใช้สำหรับอุปกรณ์แต่ละตัว



รูปที่ 2.11 เครื่องข่ายการเชื่อมต่อเทคโนโลยีบลูทูธ

### 2.6.3 วิวัฒนาการของเทคโนโลยีบลูทูธ

เทคโนโลยีบลูทูธได้กำหนดมาตรฐานของระบบการทำงานโดยได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพขึ้น ดังนี้

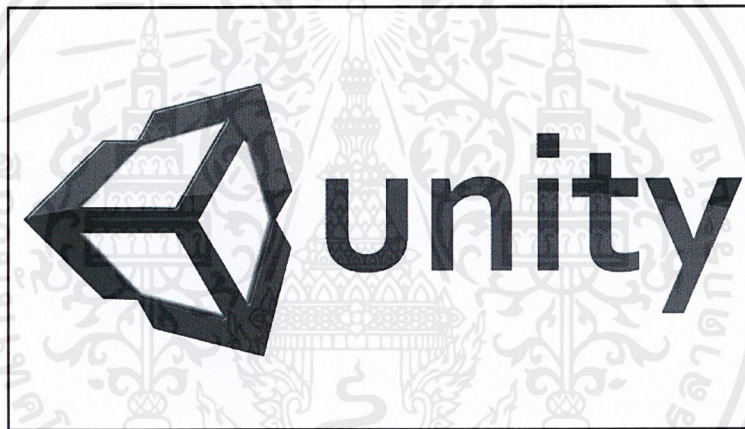
- 1) บลูทูธ 1.1 และ 1.0B เป็นเวอร์ชันแรกของบลูทูธตั้งแต่มีการเริ่มพัฒนาในปี ค.ศ. 1998 เวอร์ชันนี้ยังมีปัญหาในการใช้งาน
- 2) บลูทูธ 1.2 เป็นเวอร์ชันที่ประสบความสำเร็จในการทำตลาดโดยการแก้ปัญหาในเวอร์ชัน 1.0 และ 1.0B เป็นการเริ่มใช้บลูทูธอย่างมีประสิทธิภาพ
- 3) บลูทูธ 2.0 + EDR เป็นเวอร์ชันที่พัฒนาความเร็วในการรับส่งข้อมูลเป็นหลัก โดนเริ่มจากฟังก์ชันที่เรียกว่า EDR (Enhanced Data Rate) เข้าไป
- 4) บลูทูธ 2.1 + EDR เป็นเวอร์ชันเพิ่มเติมคุณสมบัติอื่นๆเข้าไปจากเวอร์ชัน 2.0 เช่นการประหยัดพลังงานของแบตเตอรี่และการจับคู่อย่างง่ายและปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 โปรแกรม Unity 3D

### 2.7.1 จุดประสงค์ของการใช้โปรแกรม Unity 3D

ผู้พัฒนาได้เลือกใช้โปรแกรม Unity 3D ในการพัฒนาโปรแกรมตรวจสอบการบิดหมุนของขา เนื่องจากต้องการพัฒนาโปรแกรมที่มีการแสดงกราฟฟิคการบิดหมุนของขาขณะทำการตรวจและสามารถเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ตรวจสอบการบิดหมุนได้ โปรแกรม Unity 3D รองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ด้วยบลูทูธรวมทั้งมีเครื่องมือในการพัฒนาหน้าจอการใช้งานให้มีความสวยงามและน่าใช้งาน และมีความเหมาะสมในการจัดเรียงรายละเอียดในการแสดงผล โปรแกรมมีหลักการไม่ซับซ้อนและสามารถพัฒนาโดยใช้โปรแกรมอื่นร่วมได้ อีกทั้งโปรแกรม Unity 3D สามารถสร้างโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้ทั้งคอมพิวเตอร์และสมาร์ตโฟนเพื่อการรองรับการพัฒนาโปรแกรมในการต่อยอดในอนาคต

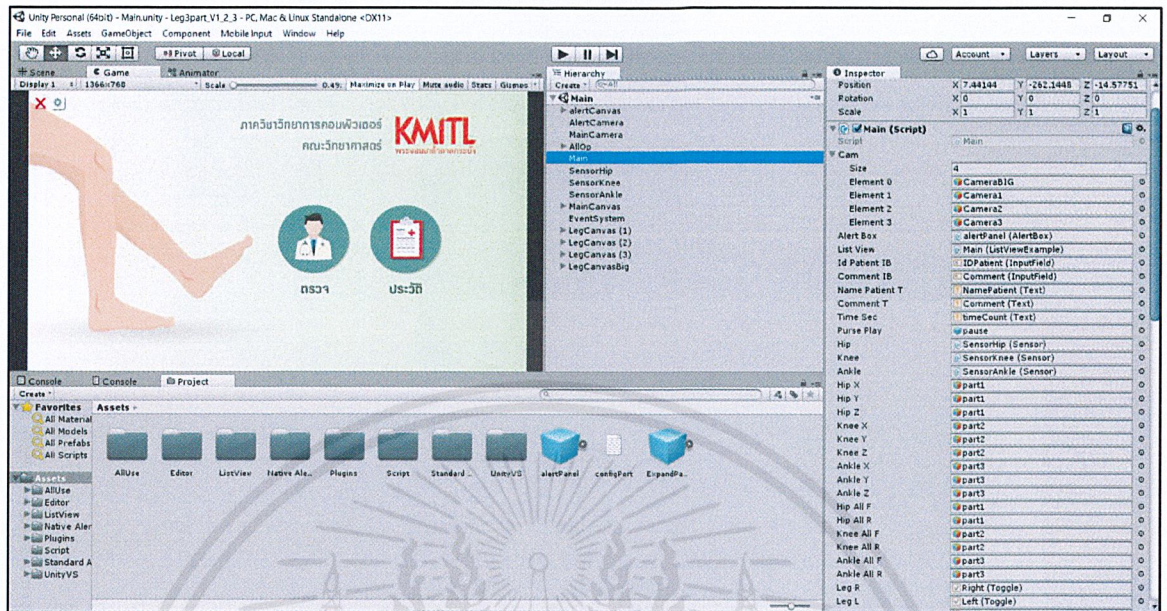


รูปที่ 2.12 สัญลักษณ์ของโปรแกรม Unity 3D

### 2.7.2 ข้อมูลทั่วไปของโปรแกรม Unity 3D

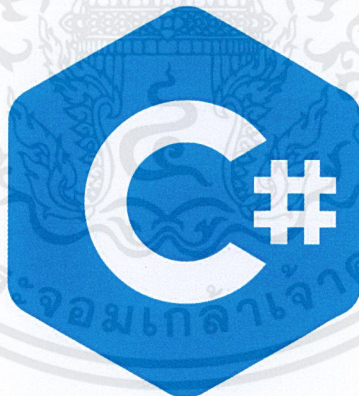
Unity เป็นเกมเอนจินแบบข้ามแพลตฟอร์ม พัฒนาโดย Unity Technologies สำหรับการพัฒนาวีดีโอเกมบนเครื่อง PC, คอนโซล, อุปกรณ์พกพา, เว็บไซต์ และอื่นๆ รวมกว่า 21 แพลตฟอร์ม เปิดตัวในงาน Apple Worldwide Developers Conference (WWDC) ปี ค.ศ.2005 โดยรองรับการใช้งานบน OS X ในด้านของการใช้งาน Unity เป็นเอนจินที่รองรับการพัฒนาเกมด้วยการใช้ภาษา C# และ JavaScript ก่อนหน้าี่รองรับภาษา Boo ด้วย แต่ยกเลิกการใช้งานไปแล้ว โดยเป็นเอนจินที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากใช้งานได้ง่ายรองรับทั้งการพัฒนาเกมแบบ 3 มิติ และ 2 มิติ พัฒนาเกมได้หลายแพลตฟอร์ม และมีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง เช่น หากต้องการย้ายงานไปพัฒนาต่อที่คอมพิวเตอร์เครื่องอื่น สามารถทำได้ง่ายๆ เพียงแค่คัดลอกไฟล์เท่านั้นถึงแม้ว่าจะต่างระบบปฏิบัติการ Unity มีทั้งเวอร์ชันที่ใช้งานได้ฟรี Personal Edition และเสียค่าใช้จ่าย Plus Edition, Pro Edition และ Enterprise Edition สามารถเลือกได้ตามความเหมาะสมของทีมพัฒนา

เอกสารหรือองค์กร โดยโปรแกรม Unity ที่ใช้ในการพัฒนามีลักษณะดังรูปที่ 2.12 ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 หน้าจอโปรแกรม Unity 3D

## 2.8 ภาษาซีชาร์ป (C Sharp Language)



รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ของภาษาซีชาร์ป

### 2.8.1 ข้อมูลทั่วไปของภาษาซีชาร์ป

C# เป็นภาษาเขียนโปรแกรมแบบ multi-paradigm ซึ่งมีรูปแบบภาษาที่ตายตัว และเป็นรูปแบบบังคับในการเขียน มีฟังก์ชัน และยังเป็นภาษาการเขียนโปรแกรมที่มีคุณสมบัติเป็นแบบออบเจกต์ด้วย ซึ่งมันถูกพัฒนาโดยบริษัท Microsoft ภายใต้ .NET framework โดยในการพัฒนาภาษา C# นี้ มีความตั้งใจให้มันเขียนง่าย ทันสมัย เป็นโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไปและเป็นแบบออบเจกต์ C# เป็นภาษาเขียนโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป การพัฒนานั้นนำทีมโดย Anders Hejlsberg และ เอกสารนี้เขียนโดยผู้เขียนหนังสือ C# 6.0 ซึ่งถูกเผยแพร่ในปี 2015 ในระหว่างการพัฒนาของ .NET Framework คำว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลาสและไลบรารีต่างๆ ถูกเขียนขึ้นโดยระบบการจัดการโค้ดสำหรับการคอมไพล์ที่เรียกว่า Simple Managed C (SMC) ในเดือนมกราคม 1999 Anders Hejlsberg ได้ก่อตั้งทีมเพื่อสร้างภาษาใหม่ในเวลานั้น ที่เรียกว่า Cool ซึ่งเป็นคำย่อของ "C-like Object Oriented Language" ในเวลาที่โครงการ .NET ของ Microsoft ถูกเผยแพร่ในเดือนกรกฎาคม 2000 ในการประชุมของกลุ่มนักพัฒนามืออาชีพ ภาษาได้ถูกเปลี่ยนชื่อเป็น C# และคลาสไลบรารีและ ASP.NET ได้ถูกเชื่อมเข้ากับ C# .NET framework เป็นซอฟต์แวร์ไลบรารีที่พัฒนาโดยบริษัท Microsoft เพื่อรันแอปพลิเคชันประเภทต่างๆ ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows โปรแกรมที่เขียนขึ้นสำหรับ .NET framework นั้นจะทำงานโดย Common Language Runtime (CLR) ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันที่ให้บริการเซอร์วิสในด้านความปลอดภัย การจัดการหน่วยความจำ และการควบคุมข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นขณะโปรแกรมรัน มีเครื่องมือพัฒนาเป็นจำนวนมากที่คุณสามารถใช้ได้ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C# ในบทเรียนนี้ เราจะแนะนำให้คุณใช้ Visual Studio ซึ่งพัฒนาโดย Microsoft ซึ่งมันอำนวยความสะดวกโดยมีฟังก์ชันมากมายที่จะช่วยให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้น และยังมีคอมไพเลอร์อีกด้วย

## 2.8.2 ตัวอย่างภาษาซีชาร์ปที่พัฒนาโปรแกรม

ตัวอย่างการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาซีชาร์ป ในการเชื่อมต่อและใช้งานเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนด้วยการใช้คลาส SerialPort ของภาษาซีชาร์ป ดังรูปที่ 2.15

```

35 }
36 void OpenSerialPort()
37 {
38     run = false;
39     sp = new SerialPort(portName.text, 115200, Parity.None, 8, StopBits.One);
40     sp.ReadTimeout = 100;
41     try
42     {
43         sp.Open();
44     }
45     catch (Exception)
46     {
47     }
48     if (sp.IsOpen)
49     {
50         run = Retry.For<bool>(() =>
51         {
52             dataIn = sp.ReadLine().Trim().Split(cut);
53             return CheckDataIn(dataIn);
54         }, TimeSpan.FromSeconds(1));
55         if (run)
56         {
57             x = float.Parse(dataIn[7]);
58             y = float.Parse(dataIn[6]);
59             z = float.Parse(dataIn[8]);

```

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างภาษาซีชาร์ปในการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์

ตัวอย่างการภาษาซีชาร์ปในการเก็บข้อมูลลงไฟล์ CSV และบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล โดยเก็บค่าข้างที่ตรวจ ผลการตรวจ ชื่อไฟล์ CSV ที่ทำการบันทึก และ HNnumber ของผู้เข้ารับการตรวจ ภาษาซีชาร์ปมีเป็นดังรูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

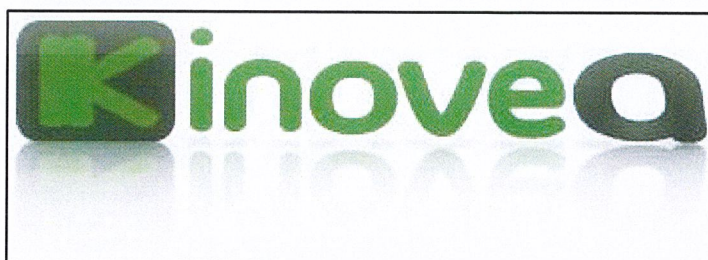
290 while (i < hhX.Length)
291 {
292     sb.AppendLine(string.Join(delimiter, new string[] { "" + i, sec[i], hhX[i], hhY[i], hhZ[i], kkX[i], kkY[
293         i++];
294     }
295     File.WriteAllText(path, sb.ToString(), Encoding.UTF8);
296
297     string URL = "localhost:25555/leg3part/Insert.php";
298     string tmp = leg.Equals("ขาขวา") ? "R" : "L";
299
300     WWWForm form = new WWWForm();
301     form.AddField("resultID", RandomString(4));
302     form.AddField("resultLeg", tmp);
303     form.AddField("resultNote", (string.IsNullOrEmpty(commentIB.text)) ? "-" : commentIB.text);
304     form.AddField("resultFile", _ID + "-" + leg + "-" + startDate.ToString("ddMM") + (int.Parse(startDate.ToStri
305     form.AddField("patient_HNnumber", _ID);
306
307     WWW www = new WWW(URL, form);
308     //alertBox.AlertOk("Record", "บันทึกเรียบร้อยแล้ว " + Path.GetFullPath(".");
309     alertBox.AlertOk("Record", "บันทึกเรียบร้อยแล้ว");
310     sb = null;

```

รูปที่ 2.16 ตัวอย่างภาษาซีชาร์ปในการบันทึกข้อมูล

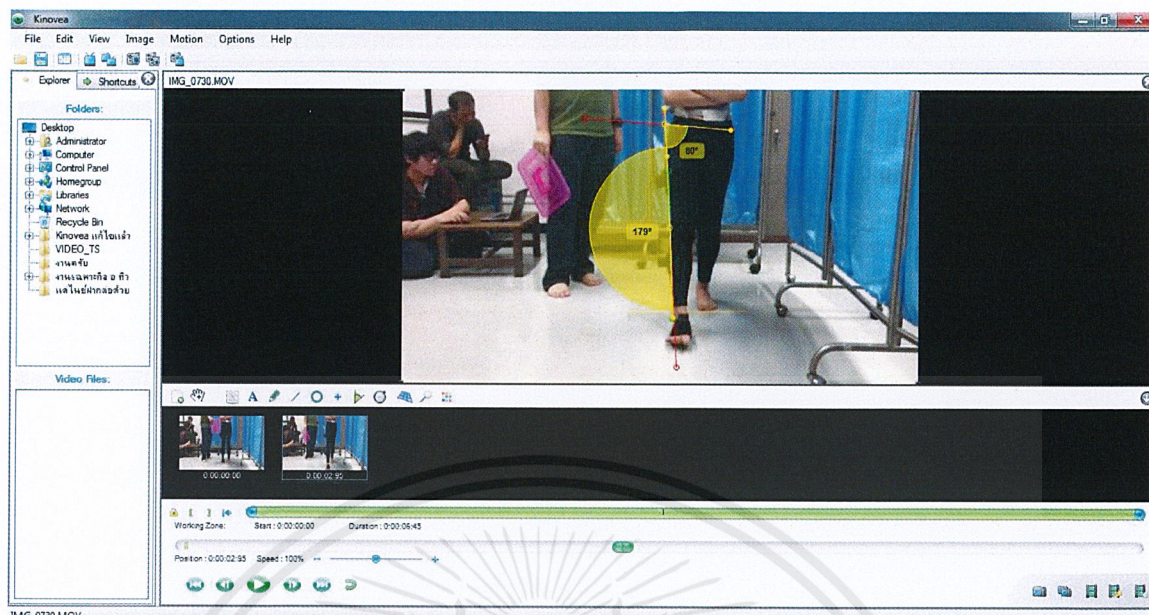
## 2.9 โปรแกรม Kinovea

โปรแกรม Kinovea จะใช้วิเคราะห์วิดีโอที่บันทึกท่าทางการเดินการเคลื่อนไหวของร่างกาย ฟังก์ชันการใช้งานหลักๆของโปรแกรมนี้นี้ ประกอบด้วย การวิเคราะห์วิดีโอ (การดูวิดีโอ การวิเคราะห์ ท่าทางการเคลื่อนไหว การขยายภาพในวิดีโอ การสะท้อนภาพ การเคลื่อนไหวย้อนกลับ การวาดภาพ และบรรทุกข้อความในจุดสำคัญ เป็นต้น) การวัด (การสังเกตเส้นทางการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือข้อ ต่อของร่างกาย การวัดเวลา การวัดระยะทาง การวัดความเร็ว การส่งข้อมูลออกในรูปแบบงาน) การ เปรียบเทียบ (การเปรียบเทียบ 2 วิดีโอในเวลาเดียวกัน ดังรูป) การจับภาพวิดีโอ (การจับภาพหน้าจอ การตั้งค่ากล้อง การบันทึกวิดีโอและภาพจากการจับภาพสด การหน่วงเวลาการเล่นการจับภาพสด) การเผยแพร่ (การบันทึกภาพ การบันทึกวิดีโอ การบันทึกข้อมูล การบันทึกวิดีโอที่เน้นภาพสำคัญๆ การบันทึกทั้งภาพและวิดีโอ) นอกเหนือจากขีดความสามารถหลักของโปรแกรม Kinovea ดังที่ได้ กล่าวมาแล้วข้างต้น ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ของท่าทางการเดินและเคลื่อนไหว ร่างกาย ยังสามารถใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูปนี้สำหรับการวัดมุมเพื่อใช้ข้อมูลของมุมที่วัดได้ในการ วิเคราะห์ร่วมกับการประเมินอื่นๆ



รูปที่ 2.17 สัญลักษณ์ของโปรแกรม Kinovea

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ภาพหน้าจอของโปรแกรม Kinovea

## 2.10 มุมมองร่างกายในกายวิภาคศาสตร์

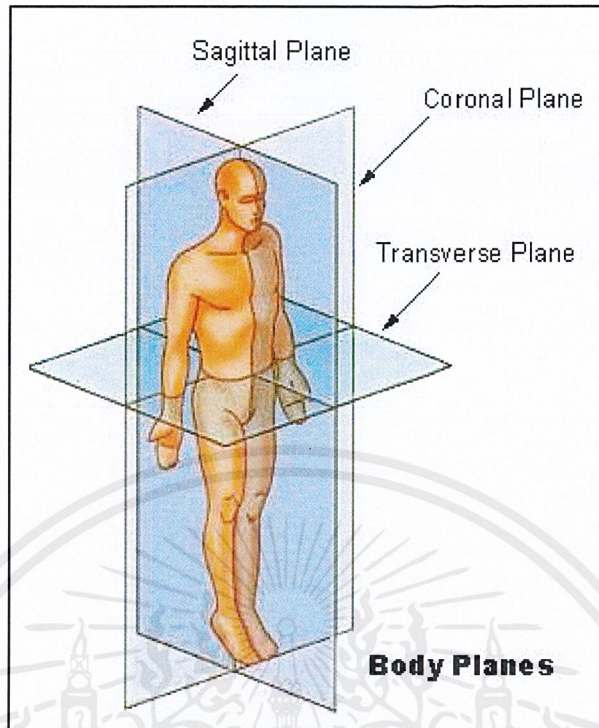
เป็นหลักสากลที่ตกลงกันของนักกายวิภาคศาสตร์ และแพทย์ทั่วโลกว่าการบรรยายหรือบอกตำแหน่งในร่างกายของคน ต้องถือว่าร่างนั้นต้องอยู่ใน anatomical position เป็นการป้องกันการคลุมเครือในการบอกตำแหน่งหรือความสัมพันธ์ของโครงสร้างต่างๆ ในร่างกาย

Anatomical position คือ ท่ายืนตรง เท้าทั้งสองข้างขนานชิดกันหรือแยกออกจากกันเล็กน้อย แขนทั้งสองข้างเหยียดตรงอยู่แนบข้างลำตัวและฝ่ามือหันตรงไปข้างหน้าตาทั้งสองข้างมองตรงไปข้างหน้า

1) Sagittal plane (median) คือ ระนาบในแนวตั้งที่แบ่งร่างกายออกเป็นซีกซ้ายและขวา เป็นระนาบในแนวตั้งที่แบ่งร่างกายออกเป็นซีกซ้ายและขวา เท่าๆกัน

2) Frontal plane (coronal) คือ ระนาบที่ตั้งฉากกับ sagittal plane และแบ่งร่างกายออกเป็นซีกส่วนหน้ากับส่วนหลัง

3) Horizontal plane (transverse) คือระนาบที่ตั้งฉากกับแกนยาวของลำตัว และแบ่งร่างกายออกเป็นส่วนบนและส่วนล่าง



รูปที่ 2.19 มุมมองร่างในกายวิภาคศาสตร์

## 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Saba Bakhshi Khayani (2011) [1] ได้มีการทำการวิจัย ระหว่างเซ็นเซอร์สามชนิดเพื่อใช้ในการจับค่ามุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่าให้กับนักกายภาพบำบัดในระยะไกลโดยไม่ต้องเดินทางไปโรงพยาบาลเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาตรวจรักษาและค่าตรวจสอบโดยจุดสนใจหลักของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือการพัฒนาวีธีการต่างๆในการตรวจจับค่ามุมการเคลื่อนไหวด้วยเซ็นเซอร์สามประเภทว่าแต่ละวิธีนั้นวิธีไหนสามารถตรวจจับค่าออกมาได้แม่นยำมากที่สุดโดยมีการเปรียบเทียบค่ากับอุปกรณ์ที่มีชื่อว่า VICON ซึ่งหนึ่งในเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้ในการทดสอบคือ IMUs และเซ็นเซอร์นี้มีราคาไม่แพง (ประมาณ 400 เหรียญ) และมีน้ำหนักเบา ข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะถูกส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางบลูทูธ และระบบเซ็นเซอร์มีความถูกต้องและสามารถทำการจับค่าที่ผลคล้ายกันได้ตลอดเวลา ข้อเสียของการใช้ IMUs อาจเป็นที่ความสิ้นไหว

นที เจริญตระกูลชัย และคณะ (2015) [2] ทำการวัดตำแหน่งของกระดูกสะบักโดยใช้เซ็นเซอร์ Razor IMU ในการวัดมุมการเคลื่อนไหวของกระดูกข้อต่อสะบักเพื่อการศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบักที่มีอาการบาดเจ็บของข้อไหล่ข้างใดข้างหนึ่ง ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการประยุกต์ใช้เพื่อลดการสังเกตโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ป่วยโดยตรง เพื่อสนับสนุนให้ผู้เชี่ยวชาญใช้งานได้อย่างสะดวกและแม่นยำขึ้นด้วยเซ็นเซอร์ งานวิจัยสามารถประยุกต์ใช้เพื่อตรวจผู้มีอาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ การนำข้อความไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

บาดเจ็บที่ขาแต่ยังคงใช้การวินิจฉัยและรักษาโดยแพทย์ จากการศึกษาอุปกรณ์การวัดการเคลื่อนไหว ได้มีการใช้เซ็นเซอร์ Razor IMU ในการหารูปแบบการจับค้ำมุกรการเคลื่อนไหวของข้อเข่าให้กับนักกายภาพบำบัดซึ่งความสามารถของ Razor IMU สามารถใช้วัดการเคลื่อนไหวอื่น ๆ ได้เช่นกันดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้เซ็นเซอร์ Razor IMU ในการตรวจวัดการบิดหมุนของขา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

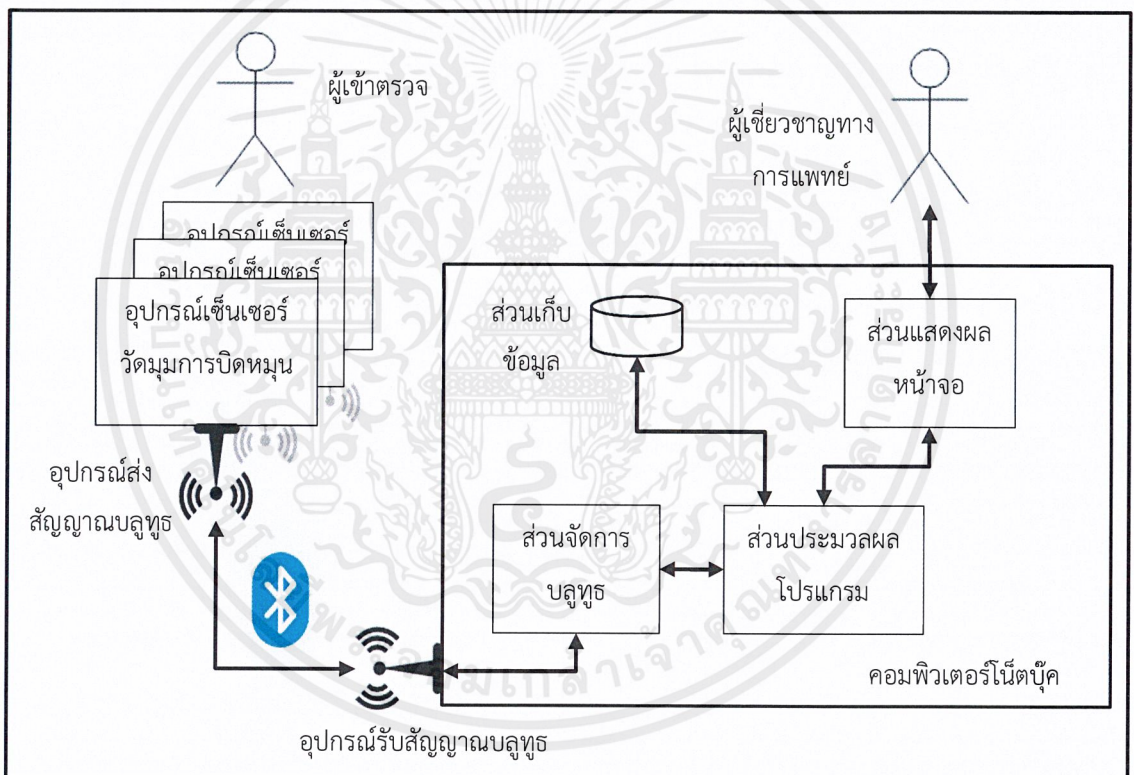
## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

โปรแกรมตรวจตรวจมุมการบิดหมุนของขาที่มีการออกแบบโครงสร้างและขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม เพื่อการพัฒนาโปรแกรมให้ทำงานถูกต้องตามความต้องการดังนี้

#### 3.1 โครงสร้างการพัฒนาโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขา

โครงสร้างของโปรแกรมแสดงส่วนประกอบของระบบ อุปกรณ์ ผู้ใช้งานและการทำงานของส่วนประกอบในระบบ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขาใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนติดตั้งบริเวณขาของผู้เข้าตรวจทั้งหมด 3 ส่วนคือบริเวณกลางต้นขา กลางหน้าแข้งและด้านบนเท้า อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนทั้งส่วนส่งข้อมูลมุมการบิดหมุนไปยังคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กโดยใช้สัญญาณ บลูทูธผ่านอุปกรณ์ส่งสัญญาณบลูทูธที่ติดตั้งกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กได้รับสัญญาณบลูทูธจากอุปกรณ์รับสัญญาณบลูทูธที่ติดตั้งภายในคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก สัญญาณบลูทูธที่ได้รับได้ถูกจัดการโดยส่วนจัดการบลูทูธเพื่อส่งข้อมูลมุมการบิดหมุนไปยังส่วนประมวลผลโปรแกรมที่ทำหน้าหลักในการจัดการข้อมูลที่ได้รับมาและควบคุมการทำงานของโปรแกรม โปรแกรมควบคุมการทำงานผ่านทางส่วนแสดงผลหน้าจอผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถทำการตรวจ บันทึกประวัติการตรวจ ตรวจ ดูประวัติการตรวจได้ผ่านทางส่วนแสดงผลหน้าจอ การบันทึกประวัติการตรวจข้อมูลมุมการบิดหมุนและข้อมูลวันเวลาถูกเก็บในส่วนเก็บข้อมูลโดยอยู่ในไฟล์ CSV

อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน เป็นอุปกรณ์ที่สามารถวัดมุมการบิดหมุนได้ติดตั้งบริเวณขาทั้ง 3 ส่วนของผู้ตรวจคือบริเวณกลางต้นขา กลางหน้าแข้งและด้านบนเท้า ติดตั้งโดยใช้สายรัด เมื่อผู้เข้าตรวจทำการย่อขาอุปกรณ์เกิดการเอียงและได้เป็นข้อมูลมุมการบิดหมุน ข้อมูลมุมการบิดหมุนจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ส่งสัญญาณบลูทูธเพื่อส่งไปยังคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กผ่านสัญญาณ บลูทูธและอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนทำงานโดยใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

อุปกรณ์ส่งสัญญาณบลูทูธ ทำหน้าที่รับข้อมูลมุมการบิดหมุนที่ส่งมาจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนเพื่อส่งไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณบลูทูธที่คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก อุปกรณ์ส่งสัญญาณบลูทูธติดตั้งร่วมกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนและทำหน้าที่รับส่งคำสั่งการเชื่อมต่อจากคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก

อุปกรณ์รับสัญญาณบลูทูธ ส่วนใหญ่ติดตั้งมากับคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก โปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขาใช้อุปกรณ์รับสัญญาณบลูทูธรับข้อมูลมุมการบิดหมุนส่งมาจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณบลูทูธโดยควบคุมผ่านส่วนจัดการบลูทูธภายในโปรแกรมและอุปกรณ์รับสัญญาณบลูทูธและทำหน้าที่รับส่งคำสั่งการเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน

ส่วนจัดการบลูทูธเป็นส่วนจัดการ Port การเชื่อมต่อของอุปกรณ์บลูทูธที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กและจัดการข้อมูลมุมการบิดหมุนที่รับมาจากอุปกรณ์รับสัญญาณบลูทูธ ข้อมูลที่รับมาผ่านสัญญาณบลูทูธเป็นชุดข้อมูลมุมทั้งหมดรวมกัน ส่วนจัดการบลูทูธทำหน้าที่แยกข้อมูลมุมเป็นแต่ละแกนการหมุนเพื่อนำข้อมูลไปใช้งานได้ง่ายและส่งข้อมูลมุมแต่ละแกนการหมุนไปยังส่วนประมวลโปรแกรม

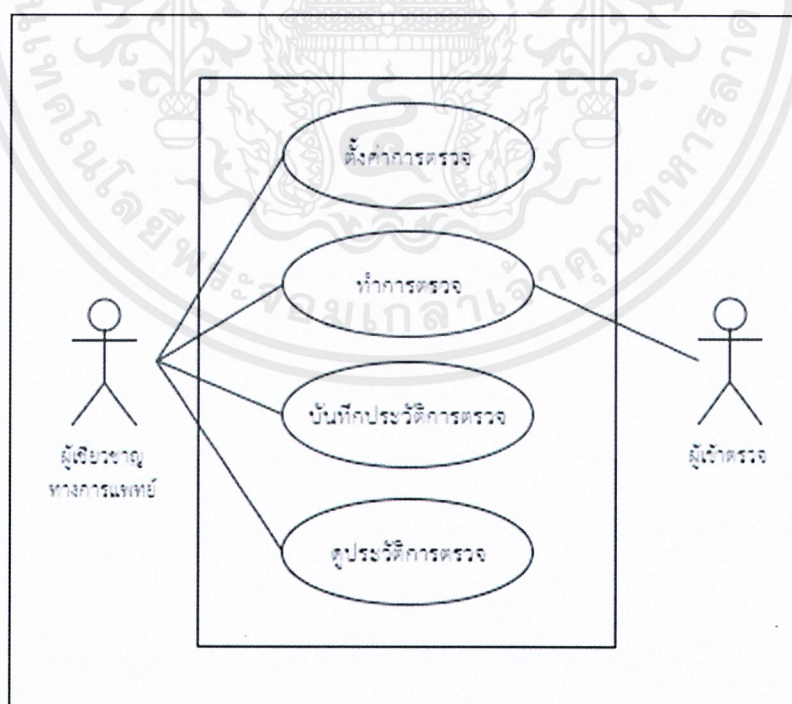
ส่วนประมวลผลโปรแกรม เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานหลักของโปรแกรม รับข้อมูลจากส่วนจัดการบทพูดเพื่อควบคุมการแสดงผลของส่วนแสดงผลหน้า รับข้อมูล คำสั่ง จากส่วนแสดงผลหน้าจอกจากผู้ใช้งานและทำหน้าที่เก็บข้อมูลผลการตรวจโดยข้อมูลผลการตรวจถูกเก็บรวมในไฟล์ csv แล้วเก็บในส่วนเก็บข้อมูล

ส่วนแสดงผลหน้าจอก ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ที่ใช้งานโปรแกรมส่วนประมวลผลหน้าจอแสดงข้อมูลการมุ่มที่ส่งมาจากส่วนประมวลผลโปรแกรมพร้อมทั้งแสดงภาพการเคลื่อนไหวของขาตามมุ่มการบิดหมุนที่ตรวจได้ รับข้อมูลของผู้เข้าตรวจ ผลการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์แล้วส่งไปยังส่วนประมวลผลโปรแกรมเพื่อทำการบันทึกเป็นประวัติการตรวจ

ส่วนเก็บข้อมูล เป็นส่วนเก็บผลการตรวจที่รวมเป็นไฟล์ csv ที่ส่งมาจากส่วนประมวลผลโปรแกรมโครงสร้างไฟล์ประกอบด้วย รหัสผู้เข้าตรวจ วันเวลาที่ทำการตรวจ และข้อมูลมุ่มการบิดหมุนที่ตรวจได้ โดยไฟล์ข้อมูลถูกภายในคอมพิวเตอร์เน็ตบุ๊ก

### 3.2 Use Case Diagram ของโปรแกรมตรวจมุ่มการบิดหมุนขา

ลักษณะการใช้งานโปรแกรมของผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์และผู้เข้าตรวจเป็นตาม Use Case Diagram ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 Use Case Diagram ของโปรแกรมตรวจมุ่มการบิดหมุนขา

ลักษณะการใช้งานของแต่ละ Use Case สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Use Case ตั้งค่าการเชื่อมต่อ

ตาราง 3.1 อธิบาย Use Case ตั้งค่าการเชื่อมต่อ

Scenario:	ตั้งค่าการเชื่อมต่อ
Trigger Event:	ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ต้องการเตรียมทำการตรวจ
Brief Description:	ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ตั้งค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจ
Actor:	ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์
Related Use Case:	-
Stakeholder:	-
Pre Conditions:	-
Post Condition:	อุปกรณ์ตรวจมุมการบิดเริ่มการทำงาน
Flow of Event:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เลือกตั้งค่าอุปกรณ์</li> <li>2. ระบุ Port การเชื่อมต่อของอุปกรณ์</li> <li>3. ยืนยันการตั้งค่า</li> </ol>
Exception Condition:	-

ก่อนการใช้งานโปรแกรมผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ต้องทำการตรวจสอบและตั้งค่าการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ตรวจมุมการบิดหมุน โดยตั้งค่าให้ Port การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ตรงกับบริเวณที่ติดตั้งบริเวณขาของผู้เข้าตรวจ ตั้งค่าการเชื่อมต่อสามารถทำได้เมื่อเริ่มทำการตรวจโดยมีรายละเอียดดัง ตารางที่ 3.1

## Use Case ทำการตรวจ

## ตาราง 3.2 อธิบาย Use Case ทำการตรวจ

Scenario:	ทำการตรวจ
Trigger Event:	ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ต้องการทำการตรวจ
Brief Description:	ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ตรวจมุมการบิดหมุนขาของผู้เข้าตรวจ
Actor:	ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์
Related Use Case:	ตั้งค่าการเชื่อมต่อ
Stakeholder:	ผู้เข้าตรวจ
Pre Conditions:	ยืนยันการตั้งค่าอุปกรณ์ในการตรวจ
Post Condition:	รับข้อมูลมุมการบิดหมุนจากการตรวจ
Flow of Event:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เลือกขาข้างที่ทำการตรวจ</li> <li>2. กดเริ่มการตรวจ</li> <li>3. ผู้เข้าตรวจทำการย่อขาเพื่อตรวจ</li> </ol>
Exception Condition:	-

เมื่อตั้งค่าการเชื่อมต่อแล้วสามารถเริ่มทำการตรวจ ผู้เข้าตรวจเริ่มการย่อขาตามที่ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์กำหนด โปรแกรมจะแสดงมุมมองทั้ง 3 มุมมองขณะที่ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ทำการตรวจสามารถเห็นการเคลื่อนไหวและมุมการบิดหมุนขณะนั้นได้ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2

## Use Case บันทึกประวัติการตรวจ

ตาราง 3.3 อธิบาย Use Case บันทึกประวัติการตรวจ

Scenario:	บันทึกประวัติการตรวจ
Trigger Event:	ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ต้องการเก็บข้อมูลผลการตรวจ
Brief Description:	บันทึกข้อมูลผลการตรวจ รหัสผู้เข้าตรวจและวันเวลาที่ทำการตรวจ
Actor:	ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์
Related Use Case:	ทำการตรวจ
Stakeholder:	-
Pre Conditions:	ได้รับข้อมูลผลการบิตหมุนจากการตรวจ
Post Condition:	ข้อมูลการตรวจถูกบันทึก
Flow of Event:	1. ระบุผลการตรวจ 2. หยุดการตรวจ 3. ยืนยันการบันทึกผลการตรวจ
Exception Condition:	-

ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถบันทึกผลการตรวจโดยระบุ รหัสผู้เข้าตรวจ รายละเอียดผลการตรวจ โดยโปรแกรมสามารถสั่งบันทึกการบิตหมุนในขณะที่กำลังตรวจและสามารถทำการยกเลิกการบันทึกได้ เมื่อยกเลิกการบันทึกและผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์เลือกตกลงเป็นการบันทึกผลการตรวจเสร็จสมบูรณ์

## Use Case ดูประวัติการตรวจ

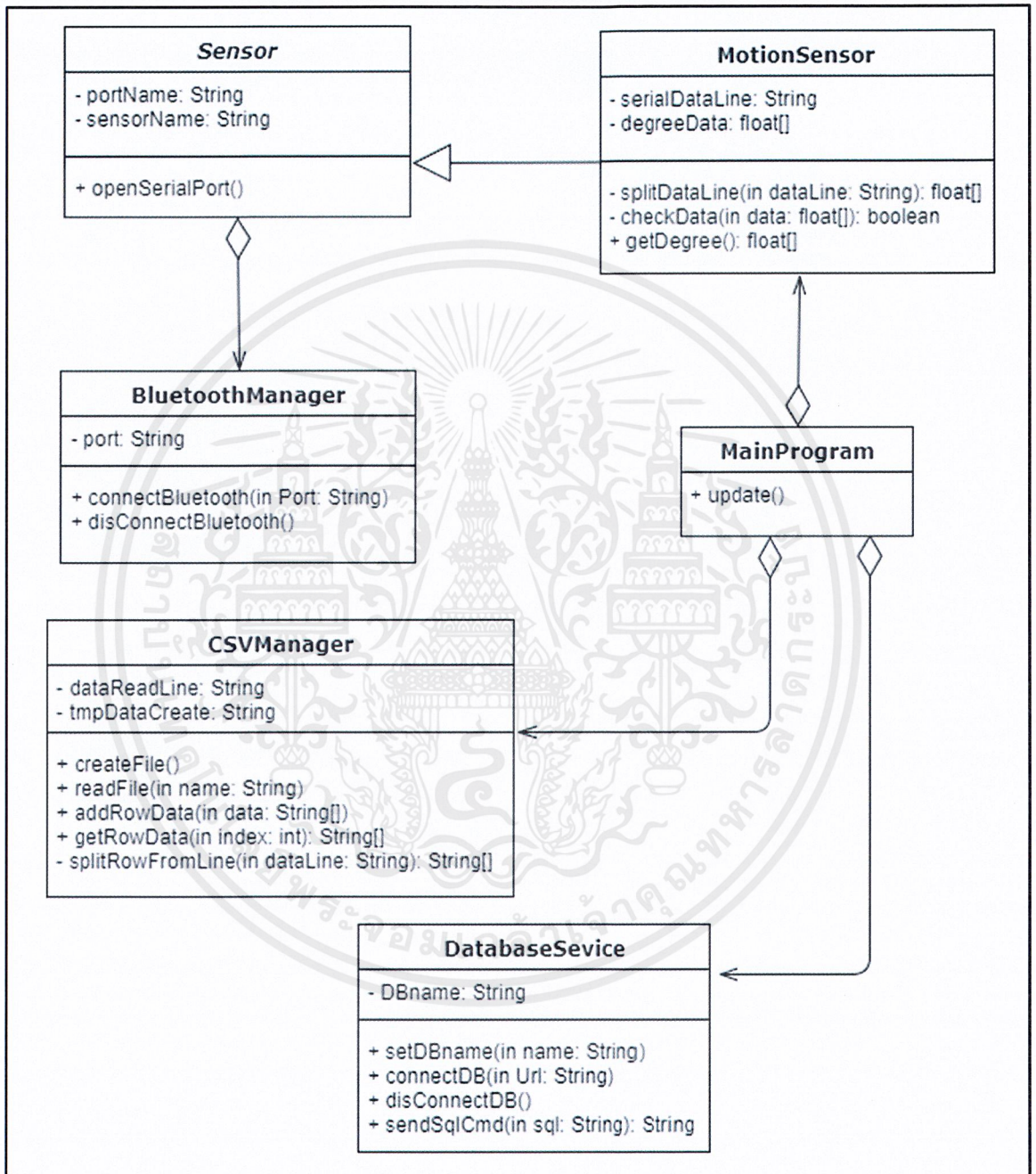
## ตารางที่ 3.4 อธิบาย Use Case ดูประวัติการตรวจ

Scenario:	ดูประวัติการตรวจ
Trigger Event:	ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ต้องการดูประวัติการตรวจ
Brief Description:	แสดงวันเวลา ชื่อผู้เข้าตรวจ สามารถดูข้อมูลผลการตรวจที่บันทึกได้
Actor:	ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์
Related Use Case:	บันทึกผลการตรวจ
Stakeholder:	-
Pre Conditions:	มีผลการตรวจที่บันทึกไว้
Post Condition:	แสดงข้อมูลผลการตรวจ
Flow of Event:	1. เลือกผลการตรวจที่ต้องการ 2. เปิดผลการตรวจเพื่อแสดงข้อมูลผลการบิตหมุน
Exception Condition:	-

ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถดูประวัติการตรวจได้ ประวัติการตรวจแสดง ข้อมูลผลการตรวจที่ได้บันทึก วันเวลาที่ทำการตรวจ มุมการบิตหมุนของขาและภาพการเคลื่อนไหวของขาแต่ละส่วนแสดงให้เห็นทั้งหมด 3 มุมมอง ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถเริ่มหรือหยุดแสดงการเคลื่อนไหวได้

### 3.3 Class Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา

โปรแกรมมีส่วนประกอบและความสัมพันธ์ของ Class ภายในโปรแกรมเป็นดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 Class Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานและรายละเอียดของแต่ละ Class สามารถอธิบายได้ดังนี้

BluetoothManager Class ทำหน้าที่จัดการการเชื่อมต่อของเซ็นเซอร์ ทำการเชื่อมต่อกับ ส่วนของระบบปฏิบัติการที่เชื่อมต่ออุปกรณ์บลูทูธ โดยใช้หมายเลขพอร์ตเป็นตัวกำหนดว่าจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ใด ทำการเชื่อมต่อบลูทูธโดยฟังก์ชันชื่อ connectBluetooth พร้อมกับระบุพอร์ตที่ทำการเชื่อมต่อ และตัดการเชื่อมต่อบลูทูธโดยฟังก์ชันชื่อ disconnectBluetooth

Sensor Class ทำหน้าที่กำหนดตัวแปรชื่อและพอร์ตการเชื่อมต่อที่จำเป็นของเซ็นเซอร์ และทำหน้าที่เปิดการเชื่อมต่อข้อมูลของเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อโดย BluetoothManager Class เปิดการเชื่อมต่อข้อมูลโดยฟังก์ชันชื่อ openSerialPort

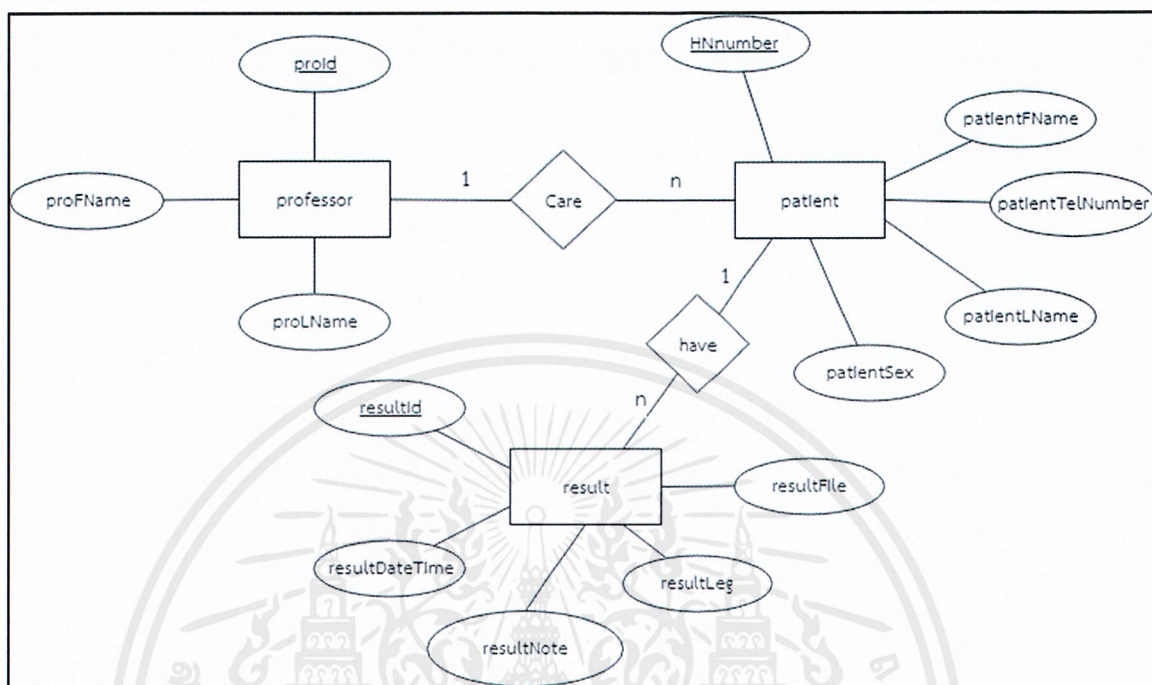
MotionSensor Class จัดการการใช้งานค่ามุมการบิดหมุนที่ได้จากการเชื่อมต่อ ค่ามุมการบิดหมุนที่ได้จาก Sensor Class เป็นชุดข้อมูลที่ยังไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับเป็นสายข้อมูลรวมต้องแยกข้อมูลออกเป็นแต่ละส่วนให้สามารถทราบได้ว่าเป็นข้อมูลมุมการบิดหมุนจากส่วนใดเพื่อใช้ในการนำไปใช้งาน ทำการแยกข้อมูลโดยใช้ฟังก์ชันชื่อ splitDataLine ข้อมูลมุมการบิดหมุนที่ได้รับเป็นชุดข้อมูลตัวเลขทศนิยม ข้อมูลมุมการบิดหมุนถูกตรวจสอบความถูกต้องโดยการตรวจสอบว่ามีข้อมูลครบทุกตำแหน่งและไม่เป็นค่าว่างทำการตรวจสอบโดยฟังก์ชันชื่อ checkData การเรียกใช้งานค่ามุมการบิดหมุนต้องเรียกผ่านฟังก์ชันชื่อ getDegree ค่ามุมการบิดหมุนที่ได้รับเป็นชุดข้อมูลเลขทศนิยม

CSVManager Class ทำหน้าที่จัดการไฟล์ CSV ทั้งการสร้างไฟล์เพื่อบันทึกข้อมูลและการอ่านไฟล์ สร้างไฟล์ที่บันทึกข้อมูลโดยการเพิ่มแถวข้อมูลมุมการบิดหมุนที่ตรวจวัดได้เซ็นเซอร์เพิ่มแถวข้อมูลโดยใช้ฟังก์ชัน addRowData เมื่อเพิ่มข้อมูลแล้วสามารถทำการสร้างไฟล์โดยใช้ฟังก์ชัน createFile อ่านไฟล์โดยใช้ฟังก์ชัน readFile ระบุชื่อไฟล์ CSV ที่ต้องการอ่านข้อมูลเมื่อต้องการดูประวัติการตรวจ ไฟล์ CSV ที่อ่านได้จะถูกแบ่งเป็นแถวข้อมูลด้วยฟังก์ชัน splitRowFromLine และสามารถเรียกข้อมูลแต่ละแถวที่อ่านได้จากฟังก์ชัน getRowData โดยให้ข้อมูลเป็นชุดข้อมูล

DatabaseService Class ทำหน้าที่เชื่อมต่อ Database เพื่อบันทึกและอ่านข้อมูลผลการตรวจ เชื่อมต่อโดยการกำหนดที่อยู่ของการเชื่อมต่อ database ด้วยฟังก์ชัน connectDB และตัดการเชื่อมต่อ database ด้วยฟังก์ชัน disconnectDB

MainApplication Class ทำหน้าที่หลักในการทำงานของโปรแกรม โดยการทำงานของคลาสที่เกี่ยวข้องจะถูกเรียกใช้งานภายในฟังก์ชัน update

### 3.4 ER Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา



รูปที่ 3.4 ER Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา

จากรูปที่ 3.4 ตารางผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์มีความสัมพันธ์กับตารางผู้เข้าตรวจเพื่อเก็บข้อมูลการดูแลของผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์และตารางผู้เข้าตรวจเก็บข้อมูลประวัติประจำตัว ข้อมูลประวัติการเข้าตรวจของผู้เข้าตรวจโดยมีความสัมพันธ์กับตารางผลการตรวจที่ทำหน้าเก็บข้อมูลผลการตรวจของผู้เข้าตรวจแต่ละครั้งเก็บชื่อไฟล์ที่บันทึกผลการตรวจและวันเวลาที่ทำการตรวจ

#### 3.4.1 รายละเอียดตารางของฐานข้อมูล

ตารางผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ (professor) เก็บข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดการเก็บข้อมูลของตารางผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ (professor)

รายการ	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
proId	CHAR(4)	รหัสประจำตัวของผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ เก็บเป็นคีย์หลักของตาราง
proFName	VARCHAR(20)	เก็บชื่อของผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์
proLName	VARCHAR(20)	เก็บนามสกุลของผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผู้เข้าตรวจ (patient) เก็บข้อมูลของผู้เข้าตรวจ

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดการเก็บข้อมูลของตารางผู้เข้าตรวจ (patient)

รายการ	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
HNnumber	CHAR(4)	รหัสของผู้เข้าตรวจ เก็บเป็นคีย์หลักของตารางผู้เข้าตรวจ
patientFName	VARCHAR(20)	เก็บชื่อของผู้เข้าตรวจ
patientLName	VARCHAR(20)	เก็บนามสกุลของผู้เข้าตรวจ
patientTelNumber	INTEGER(10)	เก็บเบอร์โทรศัพท์ของผู้เข้าตรวจ
patientSex	CHAR(1)	เก็บเพศของผู้เข้าตรวจ
professor_prold	CHAR(4)	เก็บคีย์อ้างอิงของตารางผู้เข้าตรวจที่ใช้ไปยังตารางผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์

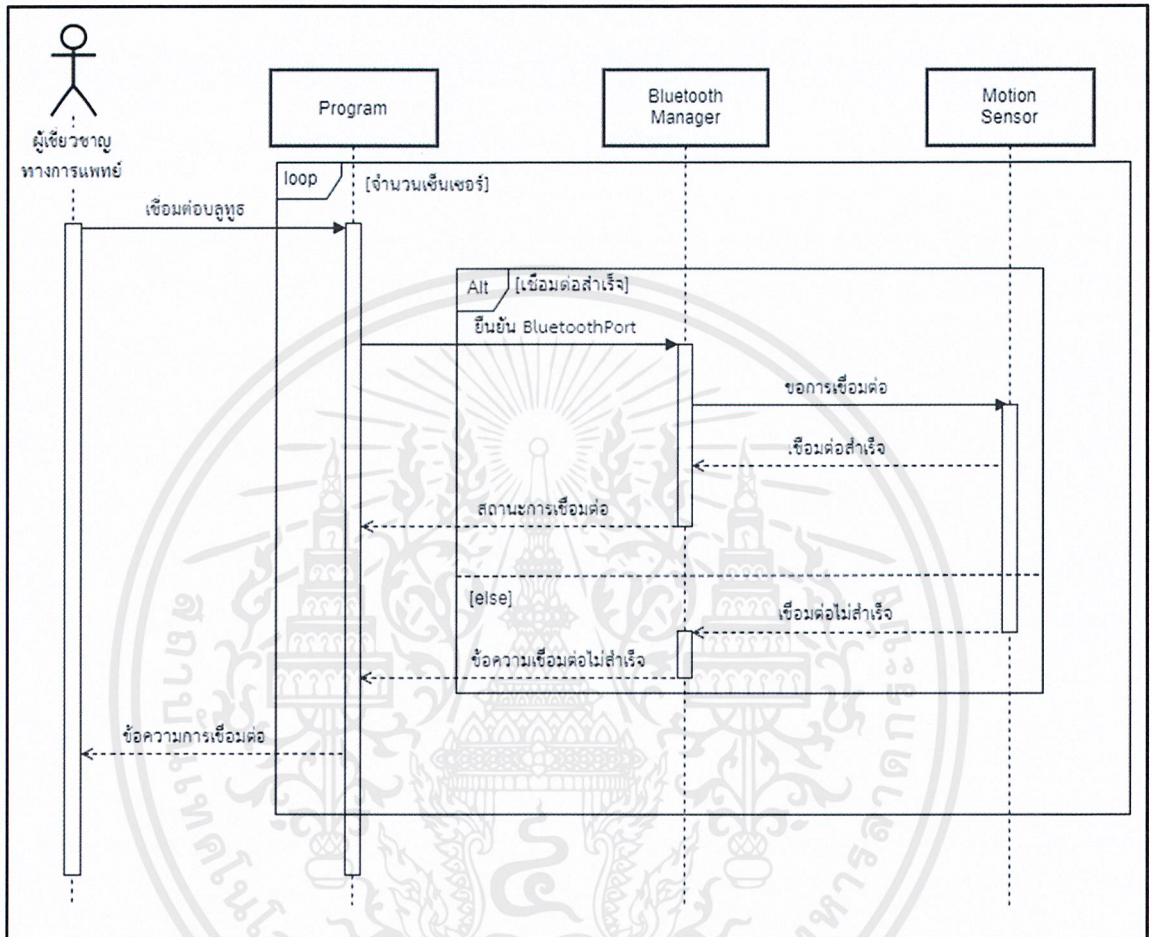
ตารางผลการตรวจ (result) เก็บข้อมูลผลการตรวจ

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดการเก็บข้อมูลของผลการตรวจ (result)

รายการ	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
resultId	CHAR(4)	ข้อมูลหมายเลขผลการตรวจ เก็บเป็นคีย์หลักของตาราง
resultDateTime	DATETIME	เก็บวันที่และเวลาที่บันทึกผลการตรวจ
resultLeg	CHAR(1)	เก็บข้อมูลขาข้างที่ทำการตรวจ
resultNote	VARCHAR(100)	เก็บบันทึกการตรวจแต่ละครั้ง
resultFile	VARCHAR(100)	เก็บชื่อไฟล์ที่บันทึกข้อมูลการบิตทมนของที่ทำการบันทึก
Patient_HNnumber	CHAR(4)	เก็บคีย์อ้างอิงของตารางผลการตรวจที่ใช้ไปยังตารางตารางผู้เข้าตรวจ

### 3.5 Sequence Diagram ของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา

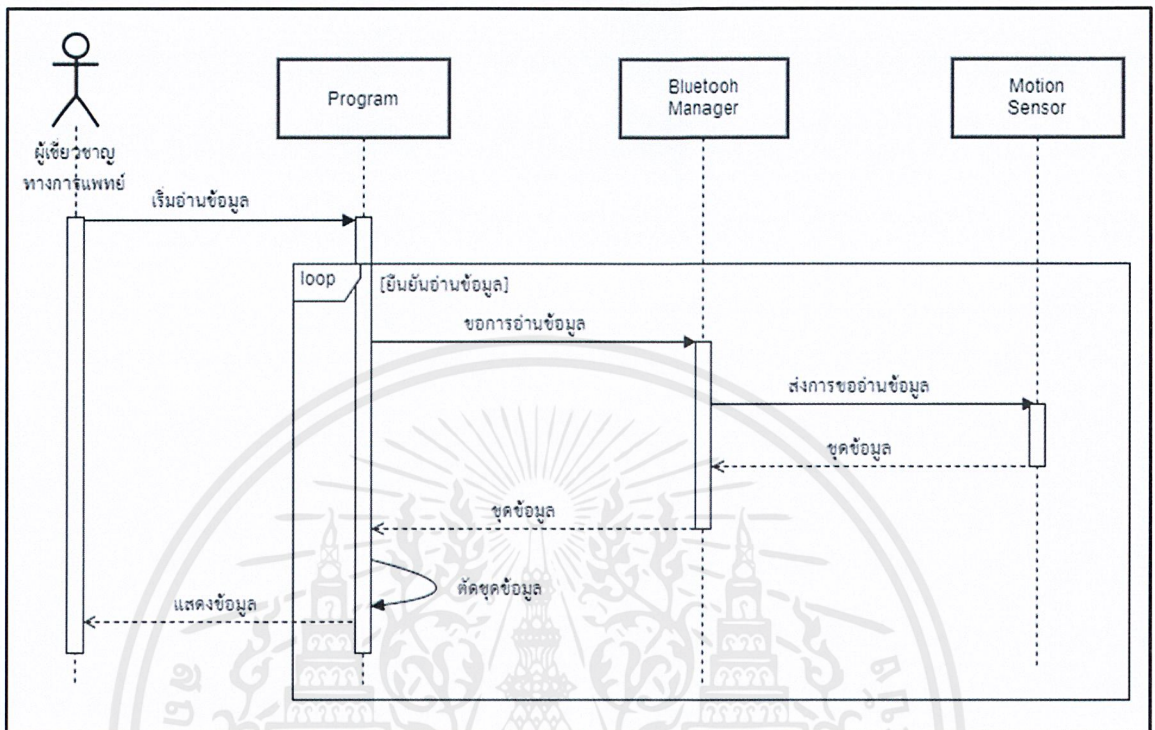
#### 3.5.1 Sequence Diagram การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน



รูปที่ 3.5 Sequence Diagram การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน

ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์เริ่มสั่งเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ โปรแกรมทำการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนทุกตัวโดยติดต่อตัวจัดการบลูทูธเพื่อส่งสัญญาณขอการเชื่อมต่อ ถ้าเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนสำเร็จ เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนจะตอบกลับการเชื่อมต่อสำเร็จไปยังตัวจัดการบลูทูธ แล้วตัวจัดการบลูทูธส่งสถานะการเชื่อมต่อไปยังโปรแกรมและแสดงผลข้อความการเชื่อมต่อสำเร็จไปยังผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ แต่ถ้าเชื่อมต่อไม่สำเร็จตัวจัดการบลูทูธส่งสถานะการเชื่อมต่อไม่สำเร็จไปยังโปรแกรมและแสดงผลข้อความเชื่อมต่อไม่สำเร็จไปยังผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์

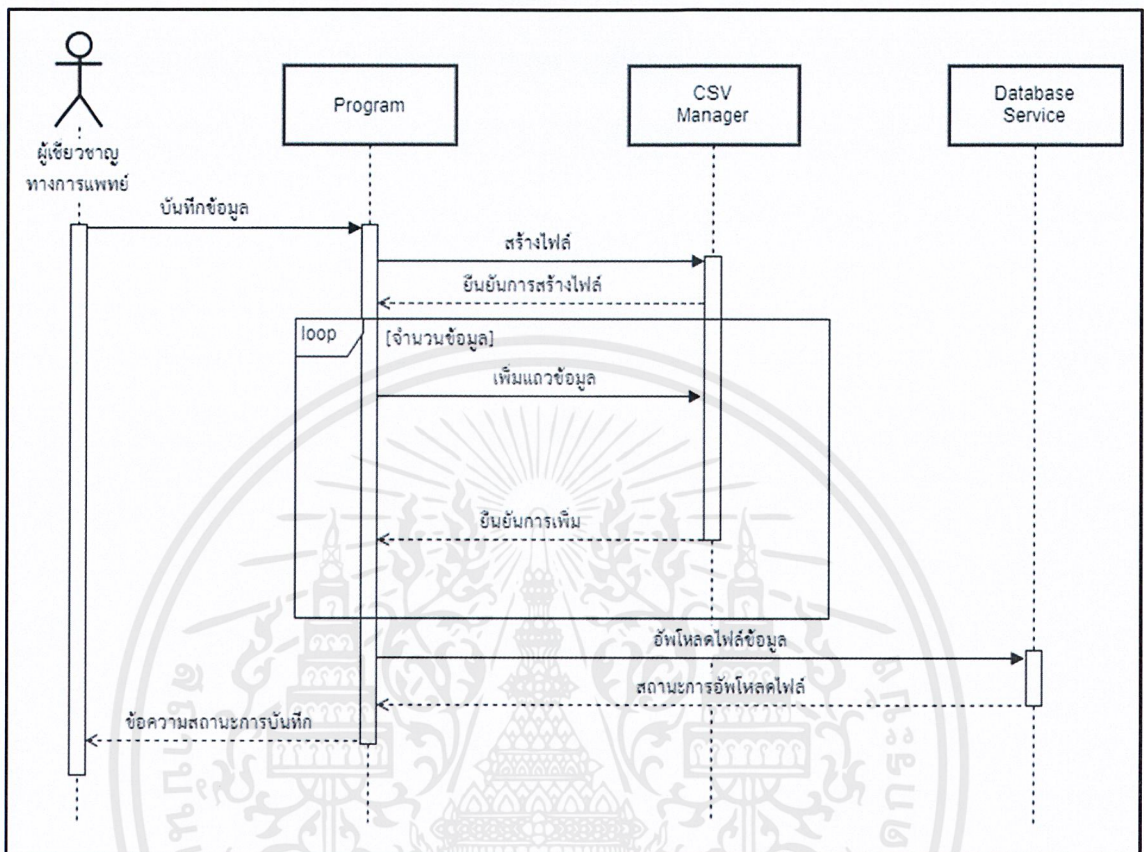
### 3.5.2 Sequence Diagram การอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน



รูปที่ 3.6 Sequence Diagram การอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน

ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์เริ่มให้โปรแกรมอ่านข้อมูลโปรแกรมขอการอ่านข้อมูลไปยังตัวจัดการบลูทูธให้ส่งขอการอ่านข้อมูลไปยังเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนส่งข้อมูลมุมการบิดหมุนมายังตัวจัดการบลูทูธแล้วส่งต่อชุดข้อมูลไปยังโปรแกรม โปรแกรมทำการตัดชุดข้อมูลออกเป็นข้อมูลแต่ละส่วนและแสดงผลข้อมูลให้ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ โปรแกรมทำซ้ำการอ่านข้อมูลมุมการบิดหมุนจนกระทั่งผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ยกเลิกการอ่านข้อมูล

### 3.5.3 Sequence Diagram การบันทึกผลการตรวจ



รูปที่ 3.7 Sequence Diagram การบันทึกผลการตรวจ

ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ส่งการบันทึกข้อมูลไปยังโปรแกรม โปรแกรมสร้างไฟล์ CSV เพื่อบันทึกข้อมูลโดยผ่านตัวจัดการ CSV เมื่อมีการยืนยันการสร้างไฟล์แล้ว โปรแกรมเริ่มเพิ่มแถวข้อมูลไปยังไฟล์เมื่อได้รับการยืนยันการเพิ่มแถวข้อมูลแล้ว โปรแกรมทำการวนซ้ำเพื่อเพิ่มแถวข้อมูลอีกครั้ง โปรแกรมทำซ้ำจนกระทั่งจำนวนข้อมูลได้ถูกเพิ่มทั้งหมด หลังจากไฟล์ได้ถูกเพิ่มข้อมูลทั้งหมดแล้ว โปรแกรมส่งไฟล์ไปยังฐานข้อมูลผ่านตัวจัดการฐานข้อมูล เมื่อไฟล์ไปยังฐานข้อมูลแล้วตัวจัดการฐานข้อมูลส่งสถานะการส่งข้อมูลไปยังโปรแกรมและแสดงข้อความการบันทึกข้อมูล

### 3.6 การออกแบบหน้าจอโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขา

โปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขาแบ่งการใช้งานหลักเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการทำการตรวจ และส่วนการดูประวัติการตรวจ

#### 3.6.1 การออกแบบหน้าจอเริ่มต้นการใช้งานของโปรแกรม

หน้าจอเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรมประกอบด้วยปุ่มตรวจ ปุ่มดูประวัติ และปุ่มตั้งค่า ให้ผู้ใช้งานเลือกทำการตรวจ ดูประวัติการตรวจ และตั้งค่าอุปกรณ์ หน้าจอเริ่มต้นมีลักษณะการออกแบบดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การออกแบบหน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม

##### 3.6.1.1 ปุ่มตรวจ

ผู้ใช้งานโปรแกรมกดปุ่มตรวจเพื่อไปยังหน้าทำการตรวจ

##### 3.6.1.2 ปุ่มดูประวัติ

ผู้ใช้งานโปรแกรมกดปุ่มดูประวัติเพื่อไปยังหน้าจอประวัติการตรวจ

##### 3.6.1.3 ปุ่มตั้งค่า

ผู้ใช้งานโปรแกรมกดปุ่มตั้งค่าเพื่อไปยังหน้าจอการตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.2 การออกแบบหน้าจอตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์

หน้าจอเชื่อมต่ออุปกรณ์รับค่าหมายเลขพอร์ตการเชื่อมต่อบลูทูธของขาทั้ง 3 ส่วน และทำการกำหนดมุมเริ่มต้นที่แสดง หน้าจอตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์มีลักษณะการออกแบบดังรูปที่ 3.9

Port ช่วงสเปค

Port ช่วงหัวเสา

Port ช่วงข้อเท้า

มุมเริ่มต้นที่ 0

ตกลง

รูปที่ 3.9 การออกแบบหน้าจอตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์

#### 3.6.2.1 ช่องรับหมายเลขพอร์ตบลูทูธ

รับหมายเลขพอร์ตบลูทูธของอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนทั้ง 3 ส่วน คือบริเวณกลางต้นขา บริเวณกลางหน้าแข้ง และบริเวณกลางเท้า

#### 3.6.2.2 ช่องระบุการแสดงผลมุม

ตั้งค่าการแสดงผลมุมของโปรแกรม เมื่อต้องการให้มุมเริ่มต้นมีค่าเป็นศูนย์

### 3.6.3 การออกแบบหน้าจอในการตรวจ

หน้าจอในการทำการตรวจเป็นหน้าจอหลักในการใช้งานโปรแกรม แสดงการบิดหมุนของขาขณะทำการตรวจทั้ง 3 มุมมอง และสามารถระบุข้อมูลของผู้เข้าตรวจที่ทำการตรวจและรับข้อมูลผลการตรวจหน้าจอทำการตรวจมีการออกแบบตามรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมมองการบิดหมุน ด้านข้าง	มุมมองการบิดหมุน ด้านบน	มุมมองการบิดหมุน ด้านหน้า
มุมการบิดหมุน ทั้ง 3 ตำแหน่ง	มุมการบิดหมุน ทั้ง 3 ตำแหน่ง	มุมการบิดหมุน ทั้ง 3 ตำแหน่ง
รหัสผู้เข้าตรวจ	ขาข้างที่ตรวจ	สถานะการเชื่อมต่อ
		ตั้งค่า
ส่วนสำหรับรับ รายละเอียดการตรวจและคำอธิบาย		ส่วนควบคุมการ บันทึกข้อมูล

รูปที่ 3.10 การออกแบบหน้าในการทำการตรวจ

## 3.6.3.1 มุมมองการบิดหมุน

มุมการบิดหมุนแสดงการบิดหมุนของขาขณะทำการตรวจโดยแสดงการบิดหมุนทั้ง 3 มุมมองคือ มุมมองด้านข้าง มุมมองด้านบน และมุมมองด้านหน้า

## 3.6.3.2 มุมการบิดหมุนทั้ง 3 ส่วน

ในแต่ละมุมมองการบิดหมุนมีการแสดงค่ามุมการบิดหมุนของสะโพก หัวเข่า และข้อเท้า มุมการบิดหมุนที่แสดงเป็นมุมการบิดหมุนขณะทำการตรวจ

## 3.6.3.3 ช่องรับข้อมูลรหัสผู้เข้าตรวจ

รับรหัสของผู้เข้าตรวจที่ทำการตรวจเพื่อเป็นข้อมูลในการเก็บบันทึก

## 3.6.3.4 ช่องระบุขาข้างที่ตรวจ

ระบุขาข้างที่ทำการตรวจว่าเป็นค่าขาข้างซ้ายหรือขาขวาเพื่อเก็บเป็นประวัติการตรวจ

## 3.6.3.5 ส่วนสำหรับรับรายละเอียดการตรวจและคำอธิบาย

เป็นส่วนที่ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์บันทึกผลการตรวจ รายละเอียดที่ต้องการบันทึกขณะทำการตรวจ เพื่อจัดเก็บเป็นประวัติการตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.3.6 สถานะเชื่อมต่อ

แสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน โดยแสดงสถานะเชื่อมต่อเป็น 2 สถานะคือ เชื่อมต่อ กับ ไม่เชื่อมต่อ

### 3.6.3.7 ส่วนควบคุมการบันทึกข้อมูล

ประกอบด้วยปุ่มเริ่มการบันทึกมุมการบิดหมุน หยุดการบันทึก พร้อมทั้งแสดงเวลาในการบันทึก สามารถตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมบลูทูธผ่านปุ่มตั้งค่าได้ และประกอบด้วยปุ่มยกเลิกการตรวจ

### 3.6.4 การออกแบบหน้าจอแสดงประวัติการตรวจ

วันที่	เวลา	รหัสผู้เข้าตรวจ	ชื่อ - นามสกุล คนไข้	ขาข้างที่ตรวจ

ค้นหา      ตกลง      ย้อนกลับ

รูปที่ 3.11 การออกแบบหน้าจอประวัติการตรวจ

หน้าจอแสดงประวัติการตรวจเข้าถึงผ่านทางหน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม แสดงประวัติการตรวจที่ได้ทำการบันทึกในหน้าจอทำการตรวจ การออกแบบหน้าจอแสดงประวัติการตรวจเป็นดังรูปที่ 3.11

#### 3.6.4.1 ตารางแสดงประวัติการตรวจ

แสดงประวัติการตรวจโดยหัวของตารางประกอบด้วย วันที่ เวลา รหัสผู้เข้าตรวจ ชื่อ-นามสกุลผู้เข้าตรวจ และขาข้างที่ตรวจ

#### 3.6.4.2 ช่องการค้นหา

ค้นหาและกรองประวัติการตรวจและแสดงบนตารางประวัติการตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 3.6.4.3 ปุ่มตกลง

กดเพื่อดูข้อมูลมุมมองการปิดหมูนและข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกไว้ขณะทำการตรวจ หน้าจอแสดงข้อมูลมุมมองการปิดหมูนจากประวัติการตรวจมีการออกแบบเหมือนหน้าจอทำการตรวจ แต่ไม่มีการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดมุมมองการปิดหมูน

#### 3.6.4.4 ปุ่มย้อนกลับ

กดเพื่อย้อนกลับไปยังหน้าจอหลักของโปรแกรมเป็นยกเลิกการใช้งานหน้าจอแสดงประวัติการตรวจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดสอบและผลการทดสอบโปรแกรม

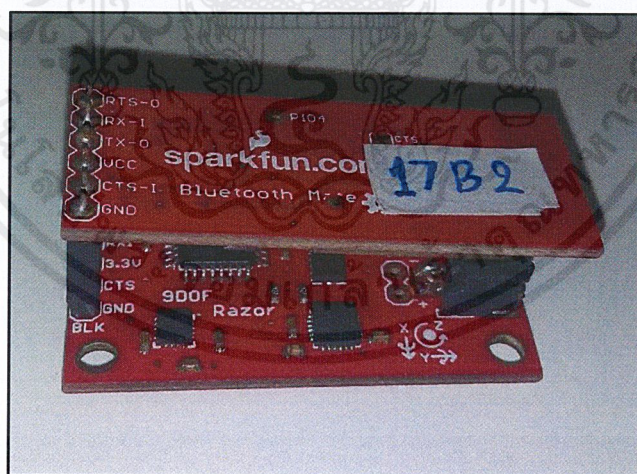
ทำการทดสอบโปรแกรมตรวจสอบการบิดหมุนของขาโดยการวัดค่ามุมการบิดหมุนจากโปรแกรมแล้วนำมาเปรียบเทียบและเก็บข้อมูลความพึงพอใจจากผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์

#### 4.1 อุปกรณ์และการทดสอบโปรแกรมตรวจสอบการบิดหมุน

ในการทดสอบโปรแกรมตรวจสอบการบิดหมุนของขามีรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งและส่วนของโปรแกรมที่ทำการทดสอบดังต่อไปนี้

##### 4.1.1 อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนและการติดตั้ง

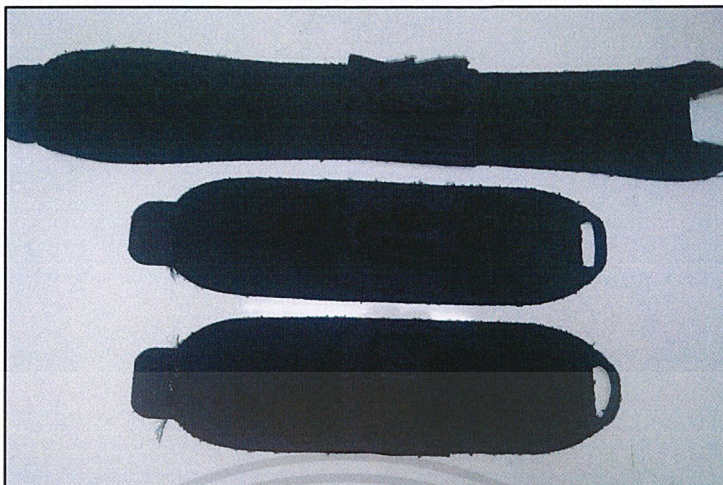
อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน Razor IMU ประกอบเข้ากับตัวส่งสัญญาณบลูทูธ และใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่ลิเธียม โปรแกรมใช้ค่ามุมที่ได้จากอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน 3 ค่าคือค่า Pitch เป็นค่ามุมที่หมุนรอบแกน X ค่า Yaw เป็นค่ามุมที่หมุนรอบแกน Y และค่า Roll เป็นค่ามุมที่หมุนรอบแกน Z ลักษณะของอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนเป็นดังรูปที่ 4.1



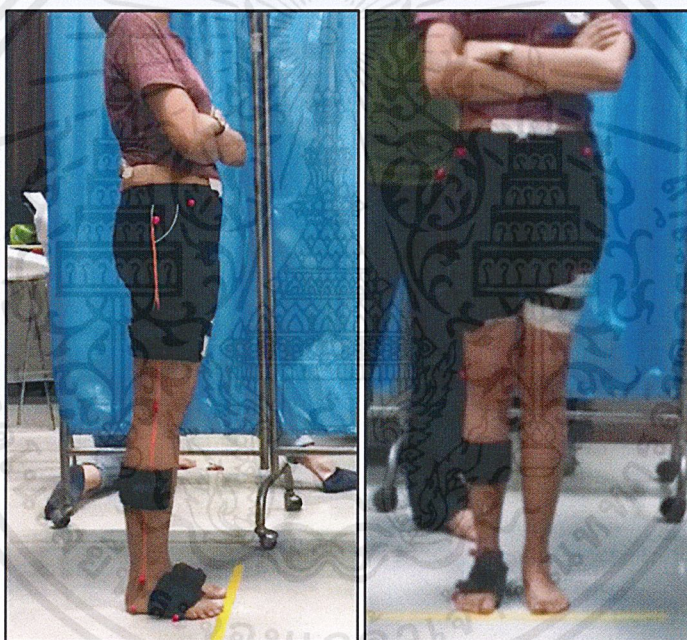
รูปที่ 4.1 อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน

การติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนโดยใช้สายรัด ติดตั้งบริเวณขาทั้ง 3 ส่วนคือ บริเวณกลางต้นขา กลางหน้าแข้ง และด้านบนเท้า ลักษณะของสายรัดที่ใช้ในการติดตั้งเป็นดังรูปที่ 4.2 และตำแหน่งที่ทำการติดตั้งมีลักษณะดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 สายรัดติดตั้งเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน



รูปที่ 4.3 ลักษณะการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน

#### 4.1.2 ขั้นตอนการทดสอบโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขา

ทำการทดสอบเริ่มโดยการตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อของบลูทูธ จากนั้นเริ่มทำการวัดมุมจากโปรแกรมและนำข้อมูลมุมไปเปรียบเทียบกับค่ามุมที่วัดได้จากโปรแกรม Kinovea

4.1.2.1 การตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อ ก่อนการเริ่มการทดสอบต้องทำการตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมบลูทูธของอุปกรณ์วัดมุมการบิดหมุนกับโปรแกรม ให้โปรแกรมสามารถอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนได้ โดยต้องทำการระบุพอร์ตของเซ็นเซอร์ที่วัดมุมของช่วงสะโพก ช่วงหัวเข่า และช่วงข้อเท้าหรือเรียกได้ว่าเป็นตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์ของทั้ง 3 บริเวณคือ บริเวณกลางต้นขา กลางหน้าแข้ง และด้านบนเท้า หน้าจอการตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อเป็นดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 หน้าจอการตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อ

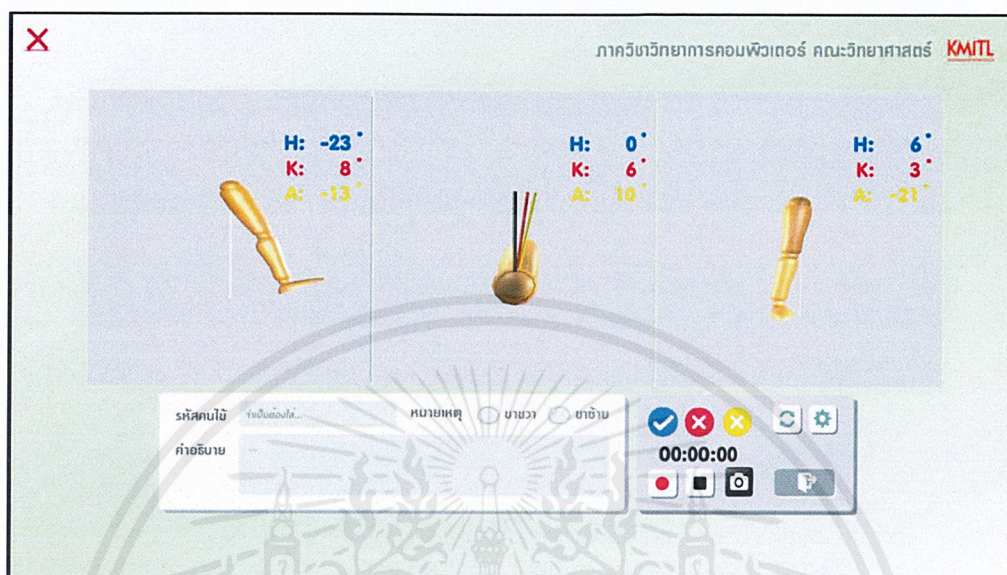
4.1.2.2 การวัดมุมการบิดหมุน หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรมรูปที่ 4.5 เริ่มทำการตรวจโดยการกดที่ปุ่มตรวจเพื่อไปยังหน้าจอทำการตรวจ



รูปที่ 4.5 หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม

หน้าทำการตรวจประกอบด้วยมุมมองทั้ง 3 มุมมองมีลักษณะดังรูปที่ 4.6 ด้านซ้ายคือมุมมองด้านข้าง ตรงกลางคือมุมมองด้านบน และด้านขวาคือมุมมองด้านหน้า แต่ละมุมมองแสดงค่ามุมการบิดหมุนที่ได้จากการตรวจโดย H สีฟ้าคือ ค่ามุมการบิดหมุนของสะโพกได้จากเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนที่ติดตั้งบริเวณกลางต้นขา K สีแดงคือ ค่ามุมการบิดหมุนของหัวเข่าได้จากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งบริเวณกลางหน้าแข้ง และ K สีเหลืองคือค่ามุมการบิดหมุนของข้อเท้าได้จากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งบริเวณเอกสกรีนนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านบนเท้า ค่ามุมการบิดหมุนแสดงทั้ง 3 มุมมอง เมื่อทำการบันทึกค่ามุมการบิดหมุนที่แสดงถูกบันทึกลงในไฟล์ CSV และนำไปเปรียบเทียบมุมที่วัดได้จากโปรแกรม Kinovea



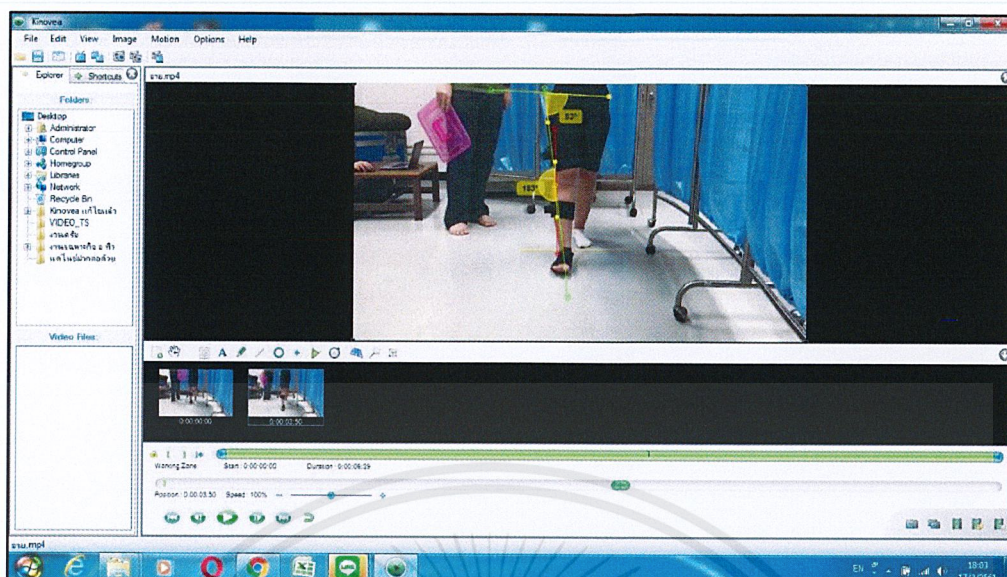
รูปที่ 4.6 หน้าจอทำการตรวจ

4.1.2.3 ข้อมูลมุมการบิดหมุนที่บันทึกและหน้าจอโปรแกรม Kinovea ข้อมูลมุมการบิดหมุนถูกบันทึกลงในไฟล์ CSV เมื่อทำการเปิดไฟล์ CSV ข้อมูลมีลักษณะดังรูปที่ 4.7 ทำการบันทึกวิดีโอขณะทำการทดสอบพร้อมทั้งใช้โปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขาทำการตรวจไปด้วยในเวลาเดียวกัน แล้วเปรียบเทียบเวลาที่เริ่มทำการยกเท้า กับเวลาที่เท้าของผู้เข้าทดสอบแตะลงบนพื้นโปรแกรม Kinovea แสดงมุมการบิดหมุนจากภาพนิ่งที่ได้มาจากการบันทึกวิดีโอ พร้อมทั้งแสดงบนหน้าจอหลักในการวัดมุมของโปรแกรม Kinovea หน้าจอหลักของโปรแกรม Kinovea มีลักษณะดังรูปที่ 4.8

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	no	sec	hipX	hipY	hipZ	kneeX	kneeY	kneeZ	ankleX	ankleY	ankleZ						
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
3	1	0:00:00	1	5	0	-1	2	0	0	0	2						
4	2	0:00:00	1	5	0	-1	2	0	0	0	2						
5	3	0:00:00	1	5	0	-1	2	0	0	0	2						
6	4	0:00:00	1	5	0	-1	2	0	0	0	2						
7	5	0:00:00	1	5	0	-1	2	0	0	0	2						
8	6	0:00:00	1	5	0	-1	2	0	0	0	2						
9	7	0:00:00	1	5	0	-1	2	0	0	0	2						
10	8	0:00:00	1	5	0	-1	2	0	0	0	2						
11	9	0:00:00	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						
12	10	0:00:00	1	5	0	-1	2	0	0	0	2						
13	11	0:00:00	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						
14	12	0:00:00	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						
15	13	0:00:00	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						
16	14	0:00:00	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						
17	15	0:00:00	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						
18	16	0:00:00	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						
19	17	0:00:00	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						
20	18	0:00:00	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						
21	19	0:00:00	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						
22	20	0:00:01	1	5	0	-1	2	1	0	0	3						
23	21	0:00:01	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						
24	22	0:00:01	1	5	0	-1	2	1	0	0	2						

รูปที่ 4.7 ข้อมูลมุมการบิดหมุนในไฟล์ CSV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 หน้าจอหลักของโปรแกรม Kinovea

## 4.2 การเปรียบเทียบมุมการบิดหมุน

การทดสอบโปรแกรมทำการทดสอบโดยการเปรียบเทียบค่ามุมการบิดหมุนที่วัดได้โปรแกรมกับมุมการบิดหมุนที่วัดได้จากการถ่ายวิดีโอขณะทำการตรวจวัดมุมการบิดหมุนแล้วนำมาวัดด้วยโปรแกรม Kinovea ในการทดสอบวัดเปรียบเทียบเฉพาะมุมมองด้านข้างและมุมมองด้านหน้าเท่านั้น ในมุมมองด้านข้างวัดเปรียบเทียบทั้งหมด 3 ตำแหน่งคือ สะโพก หัวเข่า และข้อเท้า ส่วนในมุมมองด้านหน้าเปรียบเทียบ 2 ตำแหน่งคือ สะโพก และหัวเข่า โดยวัดจากผู้เข้ารับการทดสอบทั้งหมด 9 คน ผู้เข้ารับการทดสอบมีร่างกายเป็นปกติ โดยทำการเปรียบเทียบมุมการบิดหมุนขณะเริ่มทำการยกขาและเปรียบเทียบมุมการบิดหมุนขณะเท้าแตะลงบนพื้น ทำการทดสอบและวัดข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ของคณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยรังสิต

### 4.2.1 การเปรียบเทียบมุมการบิดหมุนของมุมมองด้านข้าง

ทำการเปรียบเทียบมุมการบิดหมุนของทั้ง 3 ส่วนคือบริเวณ สะโพก หัวเข่า และข้อเท้า ทั้ง 3 ส่วนทำการเปรียบเทียบมุมการบิดหมุนขณะเริ่มทำการยกขาและขณะเท้าเริ่มแตะลงพื้นโดยแสดงข้อมูลมุมการบิดหมุนที่ทำการเปรียบเทียบดังตารางต่อไปนี้

#### 4.2.1.1 มุมช่วงสะโพกมุมมองของด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1: ค่ามุมช่วงสะโพกของมุมมองด้านข้างขณะยกเท้า

หมายเลขผู้ทดสอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่ามุมจากโปรแกรม	89	65	74	84	73	76	86	87	83
ค่ามุมจาก Kinovea	86	71	71	85	75	74	87	84	81
ผลต่าง	3	6	3	1	2	2	1	3	2
ผลต่างเฉลี่ย	2.56								

ตารางที่ 4.2: ค่ามุมช่วงสะโพกของมุมมองด้านข้างขณะเท้าแตะพื้น

หมายเลขผู้ทดสอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่ามุมจากโปรแกรม	78	82	75	65	59	72	67	66	68
ค่ามุมจาก Kinovea	76	58	60	66	59	61	68	68	64
ผลต่าง	2	24	15	1	0	11	1	2	4
ผลต่างเฉลี่ย	6.67								

## 4.2.1.2 มุมช่วงหัวเข่าของมุมมองด้านข้าง

ตารางที่ 4.3: ค่ามุมช่วงหัวเข่าของมุมมองด้านข้างขณะยกเท้า

หมายเลขผู้ทดสอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่ามุมจากโปรแกรม	0	8	5	0	7	6	2	0	2
ค่ามุมจาก Kinovea	4	3	4	0	4	6	2	0	5
ผลต่าง	4	5	4	0	3	0	0	0	3
ผลต่างเฉลี่ย	2.11								

ตารางที่ 4.4 ค่ามุมช่วงหัวเข่าของมุมมองด้านข้างขณะเท้าแตะพื้น

หมายเลขผู้ทดสอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่ามุมจากโปรแกรม	2	7	4	12	7	3	8	5	7
ค่ามุมจาก Kinovea	3	0	3	2	4	4	4	9	4
ผลต่าง	1	7	1	10	3	1	4	4	3
ผลต่างเฉลี่ย	3.78								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.3 มุมช่วงข้อเท็จจริงของมุมมองด้านข้าง

ตารางที่ 4.5: ค่ามุมช่วงข้อเท็จจริงของมุมมองด้านข้างขณะยกเท้า

หมายเลขผู้ทดสอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่ามุมจากโปรแกรม	91	97	93	90	90	93	91	90	90
ค่ามุมจาก Kinovea	99	98	94	94	93	94	103	92	96
ผลต่าง	8	1	1	4	3	1	12	2	6
ผลต่างเฉลี่ย	4.22								

ตารางที่ 4.6: ค่ามุมช่วงข้อเท็จจริงของมุมมองด้านข้างขณะเท้าแตะพื้น

หมายเลขผู้ทดสอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่ามุมจากโปรแกรม	98	103	97	101	94	97	96	99	99
ค่ามุมจาก Kinovea	97	105	109	106	110	101	110	99	109
ผลต่าง	1	2	12	5	16	4	14	0	10
ผลต่างเฉลี่ย	7.11								

#### 4.2.2 การเปรียบเทียบมุมการบิดหมุนของมุมมองด้านหน้า

ทำการเปรียบเทียบมุมการบิดหมุนของทั้ง 2 ส่วนคือบริเวณ สะโพก และหัวเข่า การเปรียบเทียบมุมการบิดหมุนขณะเริ่มทำการยกขาและขณะเท้าเริ่มแตะลงพื้นโดยแสดงข้อมูลมุมการบิดหมุนที่ทำการเปรียบเทียบดังตารางต่อไปนี้

##### 4.2.2.1 มุมช่วงสะโพกมุมมองของด้านหน้า

ตารางที่ 4.7: ค่ามุมช่วงสะโพกของมุมมองด้านหน้าขณะยกเท้า

หมายเลขผู้ทดสอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่ามุมจากโปรแกรม	90	90	90	91	88	90	91	90	97
ค่ามุมจาก Kinovea	83	79	85	84	85	86	84	81	76
ผลต่าง	7	21	5	7	3	4	7	9	21
ผลต่างเฉลี่ย	9.33								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8: ค่ามุมช่วงสะโพกของมุมมองด้านหน้าขณะเท้าแตะพื้น

หมายเลขผู้ทดสอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่ามุมจากโปรแกรม	90	90	91	93	97	95	100	102	94
ค่ามุมจาก Kinovea	81	79	85	80	86	86	83	80	76
ผลต่าง	9	11	6	13	11	9	17	22	18
ผลต่างเฉลี่ย	12.89								

#### 4.2.2.2 มุมช่วงหัวเข่าของมุมมองของด้านหน้า

ตารางที่ 4.9: ค่ามุมช่วงหัวเข่าของมุมมองด้านหน้าขณะยกเท้า

หมายเลขผู้ทดสอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่ามุมจากโปรแกรม	1	1	0	2	0	-2	1	0	0
ค่ามุมจาก Kinovea	2	3	4	2	3	4	3	2	5
ผลต่าง	1	2	4	0	3	6	2	2	5
ผลต่างเฉลี่ย	2.78								

ตารางที่ 4.10: ค่ามุมช่วงหัวเข่าของมุมมองด้านหน้าขณะเท้าแตะพื้น

หมายเลขผู้ทดสอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ค่ามุมจากโปรแกรม	1	-3	2	-1	4	3	9	4	0
ค่ามุมจาก Kinovea	1	3	3	1	2	4	3	1	4
ผลต่าง	0	6	1	2	2	1	7	3	4
ผลต่างเฉลี่ย	2.89								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม

ผลความพึงพอใจประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยรังสิต จำนวน 31 คน โดยประเมินในเรื่องความสะดวกในการใช้งานโปรแกรม ความสวยงามของโปรแกรม และประสิทธิภาพของโปรแกรมในการตรวจ

ตารางที่ 4.11 ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม

รายการ	ผลเฉลี่ย (5)
ความสะดวกในการใช้งานโปรแกรม	4.25
การเรียนรู้การใช้งานโปรแกรม	4.22
การใช้งานชุดตรวจ	4.29
ความสวยงามของหน้าจอและเมนู	4.29
ความสวยงามของกราฟฟิกการเคลื่อนไหว	4.25
ความสวยงามของโทนสีโปรแกรม	4.06
โปรแกรมมีประสิทธิภาพในการตรวจ	4.19
ความถูกต้องของข้อมูลการตรวจ	4.16
ความครบถ้วนของข้อมูลเพื่อวิเคราะห์	4.22
<b>เฉลี่ยทั้งหมด</b>	<b>4.21</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการพัฒนาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการพัฒนา

โปรแกรมสามารถช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถวัดมุมการบิดหมุนได้สะดวกมากขึ้น วัดมุมการบิดหมุนได้ถูกต้องและเที่ยงตรงมากขึ้นกว่าใช้สายตาวัด มีการเก็บผลการตรวจเป็นไฟล์ข้อมูลสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์การรักษาได้รวดเร็วมากขึ้น ความแม่นยำด้วยการวัดมุมการบิดหมุนด้วยเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนมีค่ามุมที่คลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ โปรแกรมสามารถเรียนรู้การใช้งานได้รวดเร็ว ความสวยงามของปุ่มและรูปภาพสามารถเข้าใจได้ง่ายมีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก สายรัดมีขนาดเหมาะสมและเข้ากับสรีระของคนไทยส่วนใหญ่ได้

ผลการเปรียบเทียบมุมการบิดหมุนยึดค่ามุมการบิดหมุนที่ได้จากโปรแกรม Kinovea เป็นหลัก จากผลการเปรียบเทียบ มุมการบิดหมุนที่คลาดเคลื่อนเฉลี่ยขณะทำการยกเริ่มยกขา มีน้อยกว่ามุมการบิดหมุนที่คลาดเคลื่อนเฉลี่ยขณะทำแตกลงพื้นเนื่องจากขณะเท้าแตะพื้นมีการวางตำแหน่งของเท้าที่แตกต่างกันของผู้เข้ารับการทดสอบการเอียงเท้าออกทางด้านซ้ายหรือขวา ส่งผลถึงค่ามุมการบิดหมุนที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ซึ่งการเอียงของขาในมุมมองที่ไม่ได้ทำการวัดเปรียบเทียบส่งผลต่อค่ามุมการบิดหมุนส่วนอื่นด้วยและมุมการบิดหมุนจากมุมมองด้านบนที่เกิดจากการหมุนขาออกซ้ายขวา เป็นข้อจำกัดในการวัดมุมการบิดหมุนโดยใช้โปรแกรม Kinovea จึงไม่สามารถทำการวัดมุมการบิดหมุนในมุมมองด้านบนได้และค่ามุมเฉลี่ยที่คลาดเคลื่อนของโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนของขาอยู่ในระดับที่ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ยอมรับได้

ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์สามารถเข้าใจและเรียนรู้การใช้งานโปรแกรมได้ง่ายรวดเร็วผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ภาพของโปรแกรม สัญลักษณ์ และเมนูของโปรแกรมมีความสวยงามสามารถเข้าใจ จดจำได้ง่าย ข้อมูลมุมการบิดหมุนที่วัดได้จากโปรแกรมมีความครบถ้วนตามที่ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ต้องการ รวมทั้งสามารถบันทึกข้อมูลตามที่ต้องการได้ครบถ้วน โปรแกรมมีการประเมินผลความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก

#### 5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างพัฒนาโปรแกรม

การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนด้วยสัญญาณบลูทูธสามารถถูกรบกวนด้วยสัญญาณบลูทูธจากอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ปล่อยสัญญาณบลูทูธ การเชื่อมต่ออุปกรณ์บลูทูธต้องตั้งหมายเลขพอร์ตการเชื่อมต่อให้อยู่ระหว่างพอร์ต COM1 ถึงพอร์ต COM9 โปรแกรมจึงสามารถอ่านค่ามุมการบิดหมุนจากเซ็นเซอร์ได้ การทดสอบการใช้งานมีปัญหาเรื่องการใช้สายรัดที่บริเวณขาอาจหลุดหรือหลวมได้ขณะผู้เข้าทดสอบทำการนั่ง เนื่องจากการคลายของกล้ามเนื้อบริเวณขา และสายรัดไม่ยึดหยุ่นพอทำให้การทดสอบการเดินเกิดการเกร็งของกล้ามเนื้อทำให้ข้อมูลที่วัดที่ตรวจวัดได้มีค่ามุมที่คลาดเคลื่อนจากที่ควรเป็นมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาต่อควรเน้นพัฒนาด้านการเชื่อมต่อให้ประสิทธิภาพและง่ายในการเชื่อมต่อ พัฒนาสายรัดให้ยืดหยุ่นและเหมาะสมกับสรีระของผู้เข้าตรวจได้หลากหลายมากขึ้นและลดการเกร็งของกล้ามเนื้อขณะทำการเดินเพื่อให้การเดินของผู้เข้าตรวจเป็นธรรมชาติมากขึ้น มีระยะทางในการเชื่อมต่อขณะใช้งานมากขึ้น พัฒนาให้สามารถตรวจมุมการบิดหมุนในผู้เข้าตรวจที่ความผิดปกติของรูปร่างขา ออกแบบการวัดมุมการบิดหมุนให้สามารถวัดส่วนอื่นของร่างกายได้ และพัฒนาการทดสอบโดยเปรียบเทียบกับเครื่องวัดการเคลื่อนไหวสามมิติเพื่อความถูกต้องในการหาค่ามุมที่คลาดเคลื่อนจากใช้เซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Bakhshi, M. H. Mahoor, B. S. Davidson “Development of a body joint angle measurement system using IMU sensors” 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS, (2011) Pages: 6923 – 6926
- [2] นที เจริญตระกูลชัย วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ กฤษณา บุศรา วรชาติ เฉิดชมจันทร์, “การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวร่วมกับแท็บเล็ตสำหรับการตรวจวัดการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบัก” การประชุมเครือข่ายวิศวกรรม ครั้งที่ 7 (EENET 2015), ชลบุรี, 27 – 29 พฤษภาคม 2558, หน้า 113-16
- [3] N.Reintrakulchai and W.Kimpan, “The design of golf swing pattern analysis from motion sensors” Computer Science and Engineering Conference (ICSEC) International 2014 Pages: 222 – 227
- [4] สุทธิศักดิ์ ไทยประดิษฐ์ ปิยพล สันติกันต์ วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ วราพร เหลือสินทรัพย์ ชบา สุริยา อรमानนท์ และทิวา โกศล , “การพัฒนาโปรแกรมตรวจวัดมุมการบิดหมุนสำหรับการตรวจอาการบาดเจ็บขา” การประชุมเครือข่ายวิศวกรรม ครั้งที่ 9 (EENET 2017), จันทบุรี, 2 – 4 พฤษภาคม 2560
- [5] สุทธิศักดิ์ไทยประดิษฐ์ ปิยพล สันติกันต์ วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ ทิวา โกศล, “การพัฒนาโปรแกรมตรวจการเคลื่อนไหวขา” การประชุมเครือข่ายวิศวกรรม ครั้งที่ 8 (EENET 2016), ภูเก็ต, 25 – 27 พฤษภาคม 2559
- [6] จันทร์ฉาย กฤษณะทรัพย์. 2561.บทนำทางกายวิภาคศาสตร์. [online]. Available : <https://sites.google.com/site/janchaikritsanasap/kaywiphakhsastr-laea-srirwithya-khxng-mnusy-1/bthna-thang-kaywiphakhsastr>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 11 มิ.ย. 2561.
- [7] Euler angles. [online]. Available : [https://en.wikipedia.org/wiki/Euler\\_angles](https://en.wikipedia.org/wiki/Euler_angles). เข้าถึงเมื่อวันที่ 5 ก.ค. 2561.
- [8] Peter Bartz. 2016. Building an AHRS using the SparkFun "9DOF Razor IMU". [online]. Available : <https://github.com/Razor-AHRS/razor-9dof-ahrs/wiki/tutorial>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 5 ก.ค. 2561.
- [9] สัน ท บ บั ว แ ก้ ว . Bluetooth Technology. [online]. Available : [http://thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Bluetooth\\_Technology/index.php](http://thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Bluetooth_Technology/index.php). เข้าถึงเมื่อวันที่ 5 ก.ค. 2561.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

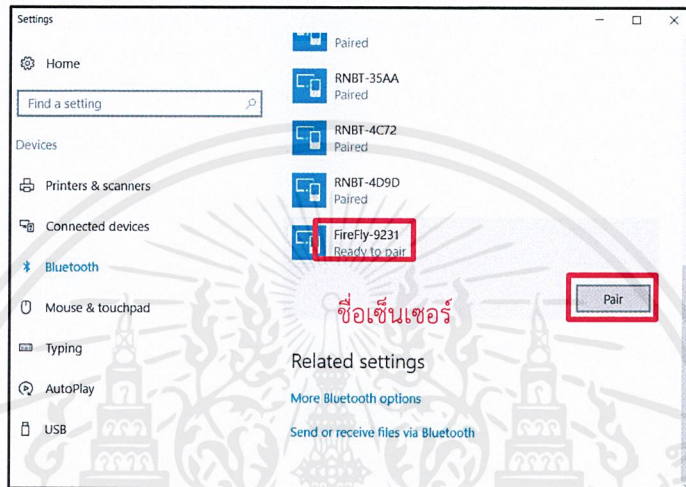


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

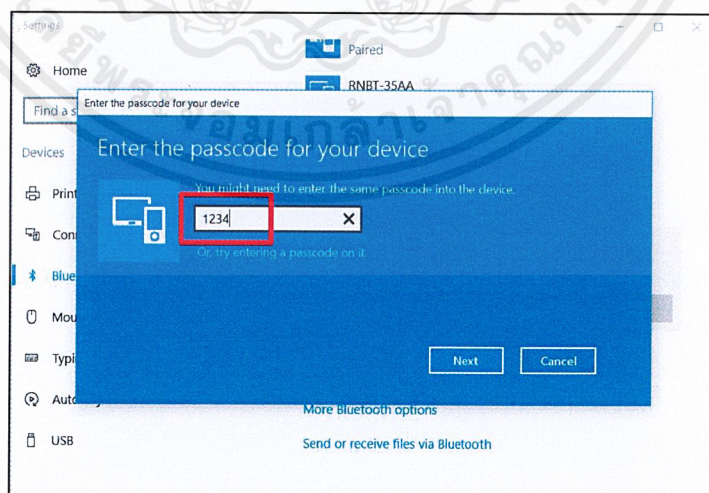
### คู่มือการใช้งานโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนขา

เชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนกับคอมพิวเตอร์ ผ่านหน้าจัดการอุปกรณ์เชื่อมต่อบลูทูธ ดังรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 หน้าจัดการอุปกรณ์เชื่อมต่อบลูทูธ

เมื่อหน้าจัดการอุปกรณ์เชื่อมต่อบลูทูธค้นหาชื่อเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนพบ ให้กดปุ่ม Pair เพื่อทำการเชื่อมต่อแล้วใส่รหัสผ่าน 1234 ดังรูปที่ ก.2



รูปที่ ก.2 หน้าต่างใส่รหัสการเชื่อมต่อ

หน้าเริ่มต้นของโปรแกรมประกอบด้วยเมนูทบทวนและเมนูประวัติการตรวจ สามารถทำการตั้งค่าการเชื่อมต่อได้ที่ปุ่มตั้งค่า ลักษณะของหน้าจอเริ่มต้นเป็นดังรูปที่ ก.3 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 หน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรม

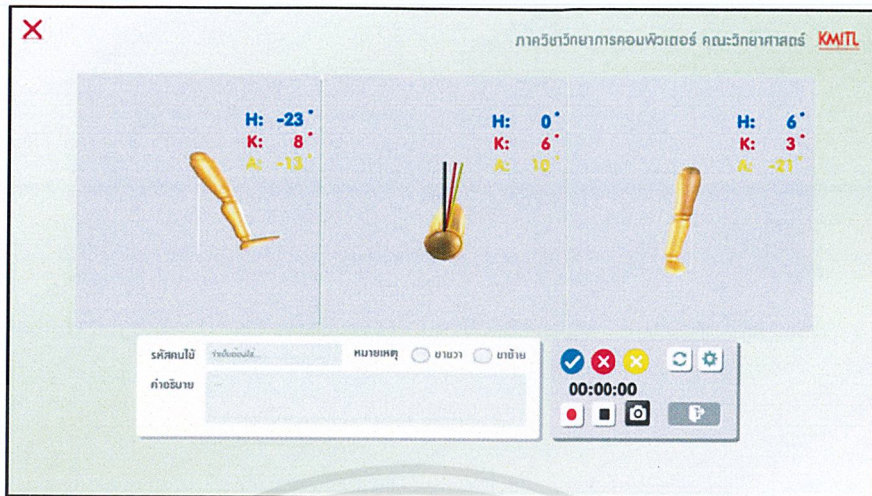
ผู้ใช้งานระบุพอร์ตการเชื่อมต่อบลูทูธของอุปกรณ์วัดมุมการบิดหมุนที่ได้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยช่องบนสุดระบุพอร์ตของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบริเวณต้นขาเพื่อวัดมุมช่วงสะโพก ช่องตรงกลางระบุพอร์ตของอุปกรณ์ติดตั้งบริเวณกลางหน้าแข้งเพื่อวัดมุมช่วงหัวเข่าและช่องล่างสุดระบุพอร์ตของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบริเวณด้านบนเท้าเพื่อวัดมุมช่วงข้อเท้า



รูปที่ ก.4 หน้าจอตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อ

ผู้ใช้งานเข้ากดที่ปุ่มตรวจเพื่อไปยังหน้าทำการตรวจดังรูปที่ ก.5 โดยด้านซ้ายคือมุมมองด้านข้าง ตรงกลางคือมุมมองด้านบน และด้านขวาคือมุมมองด้านหน้า แต่ละมุมมองแสดงค่ามุมการบิดหมุนที่ได้จากการตรวจโดย H สีฟ้าคือ ค่ามุมการบิดหมุนของสะโพกได้จากเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนที่ติดตั้งบริเวณกลางต้นขา K สีแดงคือ ค่ามุมการบิดหมุนของหัวเข่าได้จากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งบริเวณกลางหน้าแข้ง และ K สีเหลืองคือค่ามุมการบิดหมุนของข้อเท้าได้จากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งบริเวณด้านบนเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 หน้าจอทำการตรวจ

ทำการระบุรหัสคนไข้ ขาข้างที่ตรวจและผลการตรวจได้ในส่วนบันทึกข้อมูลด้านซ้ายล่างของหน้าจอทำการตรวจ และในส่วนของการควบคุมการบันทึกทางด้านขวาล่างแสดงสถานะการเชื่อมต่อโดยสีฟ้าคือเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนบริเวณกลางต้นขา สีแดงคือเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนบริเวณกลางหน้าแข้งและ สีเหลืองคือเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุนบริเวณกลางด้านบนเท้า สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์และตั้งค่าการเชื่อมอีกครั้งได้ ส่วนควบคุมบันทึกข้อมูลแสดงเวลาที่ทำการบันทึกและสามารถเริ่มบันทึก หยุดการบันทึก และถ่ายภาพหน้าจอ

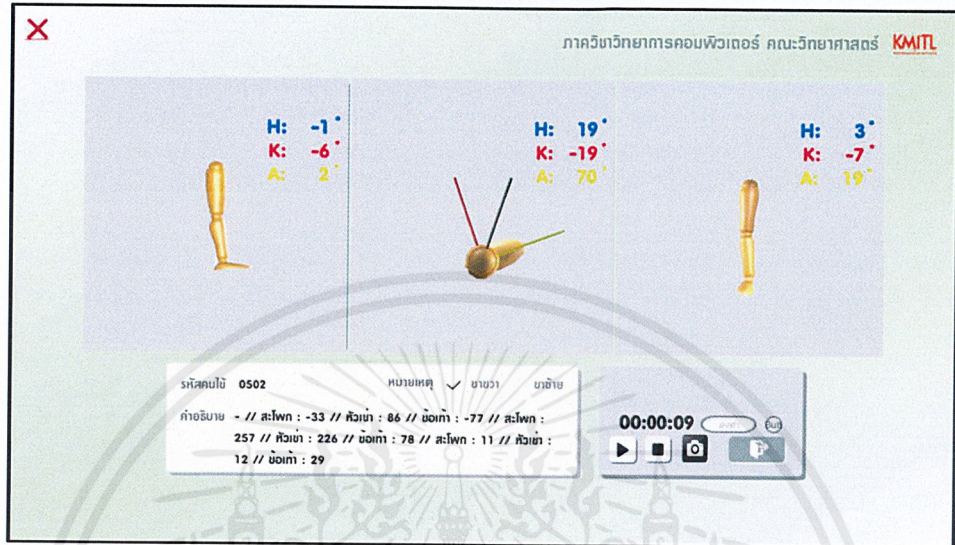
ในหน้าจอเริ่มต้นโปรแกรมผู้ใช้งานกดปุ่มดูประวัติเพื่อไปยังหน้าประวัติการตรวจที่มีลักษณะดังรูปที่ ก.6

วัน เดือน ปี	เวลา	HN No.	ชื่อ - สกุล	ยา
21/02/2561	10:58:07	0101	ปิยพล สันติกันต์	ชาชวา
21/02/2561	10:59:23	0101	ปิยพล สันติกันต์	ชาชวา
21/02/2561	14:02:14	0101	ปิยพล สันติกันต์	ชาชวา
21/02/2561	14:02:36	0101	ปิยพล สันติกันต์	ชาชวา
21/02/2561	14:04:18	0101	ปิยพล สันติกันต์	ชาชวา

รูปที่ ก.6 หน้าประวัติการตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละประวัติการตรวจแสดงวันที่ เวลา ที่ทำการตรวจ รหัสผู้เข้าตรวจ ชื่อนามสกุลผู้เข้าตรวจ และช่างที่ตรวจ เมื่อเลือกประวัติการตรวจแล้วโปรแกรมแสดงข้อมูลที่บันทึกไว้ดังรูปที่ ก.7



รูปที่ ก.7 หน้าแสดงข้อมูลประวัติการตรวจ

หน้าจอแสดงข้อมูลประวัติการตรวจแสดงข้อมูลเหมือนกับที่บันทึกขณะทำการตรวจ แสดงข้อมูลที่บันทึกไว้ พร้อมแสดงมุมการบิดหมุนที่บันทึกไว้และเคลื่อนไหวแต่ละมุมมองตามที่บันทึกผลการตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

บทความวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The 9<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network  
of Rajamangala University of Technology

งานประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9

# EENET 2017

"การพัฒนานวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมและการเกษตรอย่างยั่งยืน"

Sustainable Development of Innovation for Industry and Agriculture

2-4 May 2017, K.P. Grand Hotel Chanthaburi

## Conference Topics

- Electrical Power (PW)
- Power Electronics (PE)
- Energy and Energy Saving (ES)
- Control Systems and Instrumentation (CT)
- Computer and Information Technology (CP)
- Electric Communication (CM)
- Electronics (EL)
- Digital Signal Processing (DS)
- Innovation and Invention (IN)
- General Electrical Engineering (GN)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การพัฒนาโปรแกรมตรวจวัดมุมการบิดหมุนสำหรับการตรวจอาการบาดเจ็บขา

### The Development of Program Measurement Rotation for Injury Leg

สุทธิศักดิ์ ไทยประดิษฐ์<sup>1</sup> ปิยพล สันติกันต์<sup>1</sup> วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ<sup>1</sup> วราพร เหลือสินทรัพย์<sup>2</sup> ชบา สุริยาอรمانนท์<sup>3</sup> และ ทิวา โกศล<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง Email: ktwisan@yahoo.com

<sup>2</sup> ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง Email: w\_lursinsap@yahoo.com

<sup>3</sup> ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง Email: kmitlerc\_hd@outlook.com

<sup>4</sup> KR – หน่วยสารสนเทศและวิจัยด้านสุขภาพ คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยรังสิต E-mail: max\_ximus4@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

การตรวจวัดมุมการบิดหมุนของขาเพื่อทำการรักษาต้องให้ผู้เข้ารับการรักษาทำการย่อเข่า เนื่องจากการวัดค่ามุมเมื่อย่อเข่าแล้วเกิดอาการเจ็บไม่สามารถวัดได้สะดวก และการวัดโดยใช้สายตามนุษย์มีความแม่นยำที่น้อย การพัฒนาโปรแกรมตรวจการบิดหมุนพัฒนาด้วยโปรแกรม Unity โดยภาษา C# โปรแกรมใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์วัดมุมการบิดหมุน Razor IMU ติดเซ็นเซอร์บริเวณขาทั้ง 3 ส่วน คือ กลางต้นขา กลางแข้ง และข้อเท้า ข้อมูลมุมการบิดหมุนสามารถบันทึกเป็นประวัติการตรวจ และผลการทดสอบพบว่ามุมที่คลาดเคลื่อนเฉลี่ย 3.05 องศาไม่มีผลกระทบต่อกรตรวจ

คำสำคัญ: Razor IMU, การบิดหมุนขา, เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว, อาการบาดเจ็บขา, บลูทูธ

#### Abstract

The treatment requires angle of leg rotation from squatting when the knee is injured can not measure easily, and measured by the human eye inaccuracy. The development of program measurement rotation developed by C # language. The program is compatible with the Razor IMU sensor, which will be attached to sensor in three parts: the middle of the thigh, the middle of the shin and the ankle. The angle of leg rotation information can be recorded and the results represented the error of angle of leg rotation average 3.05 degree is not an issue to leg injury diagnostic.

Keywords: Razor IMU, Rotation of leg, Motion sensor, leg injury, Bluetooth

#### 1. บทนำ

นักกายภาพบำบัดหรือแพทย์ต้องการข้อมูลมุมการบิดหมุนของขาว่ามีค่าผิดปกติจากปกติเท่าใดเพื่อใช้ในการรักษา การเก็บข้อมูล

มุมใช้ Goniometer วัดมุมบริเวณขาที่เกิดอาการปวด ในขณะที่ทำการตรวจวัดไม่สามารถตรวจวัดมุมของขาได้สะดวก การวัดด้วยสายตาเกิดการตรวจวัดค่ามุมคลาดเคลื่อน เนื่องจากการมองของแต่ละคนไม่เท่ากัน ขณะที่ทำการตรวจผู้เข้ารับการรักษาต้องทำการย่อเข่าค้างไว้ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บมากขึ้น การนำโปรแกรมมาช่วยในการตรวจวัดมุมการบิดหมุน ผู้เข้ารับการรักษาย่อเข่าจนเริ่มเกิดอาการบาดเจ็บสามารถยืนขึ้นได้ทันที ทำให้นักกายภาพบำบัดสามารถนำข้อมูลมุมที่ตรวจวัดขณะเริ่มเกิดอาการบาดเจ็บไปใช้ในการรักษาได้ ในปัจจุบันการนำเทคโนโลยีด้านเซ็นเซอร์มาช่วยในการตรวจวัดมุมการบิดหมุนทำให้การตรวจวัดมีการคลาดเคลื่อนลดน้อยลงจากการทดสอบวัดมุมการบิดหมุนที่ได้จากโปรแกรมเทียบกับการวัดด้วยอุปกรณ์วัดมุมกับขาโดยตรงจากผู้ทดสอบที่ไม่มีอาการบาดเจ็บที่ขามีค่าผิดพลาดที่สามารถนำมาใช้งานการตรวจวัดมุมได้

#### 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

W. Premerlani และคณะได้ทำการวิจัยในปี 2009 [1] เกี่ยวกับการคำนวณมุมการหมุนของเซ็นเซอร์ประเภท IMU โดยแนวคิดและการคำนวณได้นำมาใช้พัฒนาเฟิร์มแวร์ของ Razor IMU ที่ใช้ในตรวจวัดการบิดหมุนในงานวิจัยนี้

S. B. Khayani ทำการวิจัยในปี 2011 [2] เกี่ยวกับการตรวจวัดมุมการหมุนของขาด้วยการใช้เซ็นเซอร์แบบ IMU และเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ประเภทและเซ็นเซอร์ทั้งหมดมาวัดค่าเปรียบเทียบกับความแม่นยำกับ Vicon Motion Systems จากงานวิจัยดังกล่าวพบว่าการใช้ IMU ใช้งานได้ดี ผู้พัฒนาจึงได้เลือกนำมาใช้พัฒนาในงานวิจัยนี้

นที เจริญตระกูลชัย และคณะ ทำการวิจัยในปี 2015 [3] ทำการวิจัยเรื่องการวัดการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบ้าโดยการใช้อุปกรณ์ Razor IMU ติดบริเวณหลังเพื่อนำค่ามุมการเคลื่อนไหวมาวิเคราะห์รูปแบบการตีกลัดเพื่อลดอาการบาดเจ็บ ผลคือสามารถนำมาตรวจวัดบริเวณร่างกายและวัดค่ามุมได้ จึงทำให้เห็นว่าเมื่อนำมาติดบริเวณร่างกายสามารถวัดมุมการบิดหมุนได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9

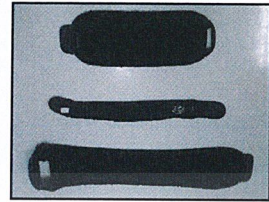
Proceedings of the 9<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2017 (EENET 2017)

## 3. โครงสร้างการพัฒนาโปรแกรม

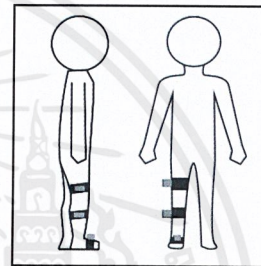
### 3.1 ชุดเซ็นเซอร์ตรวจวัดการบิดหมุน

งานวิจัยนี้ตรวจวัดการบิดหมุนโดยใช้เซ็นเซอร์ Gyroscope ที่อยู่ใน Razor IMU ดังรูปที่ 1 Razor IMU ส่งข้อมูลผ่านสัญญาณบลูทูธด้วยตัวส่งสัญญาณบลูทูธดังรูปที่ 2 ตัวส่งสัญญาณบลูทูธประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดการบิดหมุนโดยค่าที่ส่งมานั้นจะมี 3 ค่าคือ ค่า Yaw เป็นค่ามุมที่หมุนรอบแกน Z ค่า Pitch เป็นค่ามุมที่หมุนรอบแกน Y และค่า Roll เป็นค่ามุมที่หมุนรอบแกน X ค่ามุมอยู่ที่  $\pm 180$  องศา โดยความถี่ของข้อมูลที่จะส่งผ่านทางบลูทูธเป็นจำนวน 50 ครั้งต่อวินาที อีกทั้งค่ามุมที่ได้รับจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นไปตามทิศทางการหมุน โดยในตำแหน่งระนาบมุมมองที่แสดงนั้นมีการบิดหมุนทวนเข็มนาฬิกาจะมีค่ามุมที่ลดลงและบิดตามเข็มนาฬิกาจะมีค่ามุมที่เพิ่มขึ้น มุมมองรวมใน 3 มิติจะเป็นดังรูปดังรูปที่ 2 และเซ็นเซอร์ตรวจวัดการบิดหมุนใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่ลิเทียม 3.7V

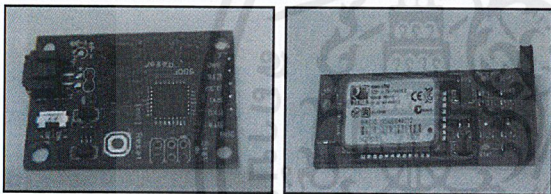
อะคริลิกเข้าหาส่วนขาส่วนบริเวณหน้าเท้าติดบริเวณด้านบนบนมีลักษณะการติดตั้งดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 สายรัดที่ใช้ร่วมกับการตรวจวัดการบิดหมุน



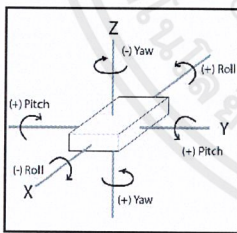
รูปที่ 4 ลักษณะการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดการบิดหมุน



(a)

(b)

รูปที่ 1 เซ็นเซอร์ตรวจวัดการบิดหมุน (a) ตัวส่งสัญญาณบลูทูธ (b)



รูปที่ 2 ทิศทางการหมุนที่ค่ามุมขึ้นเพิ่มหรือลดลง [2]

### 3.2 การติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดมุมการบิดหมุน

เซ็นเซอร์ตรวจวัดมุมการบิดหมุนและตัวส่งสัญญาณบลูทูธขณะทำการใช้งานบรรจุในกล่องอะคริลิกโดยใช้งานร่วมกับสายรัดอุปกรณ์มีลักษณะดังรูปที่ 3 โดยติดตั้งทั้งหมด 3 ส่วนคือ บริเวณส่วนกลางด้านขาเพื่อวัดมุมการบิดหมุนช่วงสะโพก บริเวณส่วนกลางหน้าแข้งเพื่อวัดมุมการบิดหมุนช่วงหัวเข่าและบริเวณส่วนหน้าเท้าเพื่อวัดการบิดหมุนช่วงข้อเท้าโดยบริเวณส่วนสะโพกกับบริเวณส่วนหน้าแข้งเซ็นเซอร์วัดติดออกทางด้านข้างของขาโดยหันด้านยาวของกล่อง

### 3.3 ขั้นตอนวิธีการคำนวณค่ามุมการบิดหมุน

```
beside_View()
{
  hip_Beside = pitch_sensor1;
  knee_Beside = - (pitch_sensor1 - pitch_sensor2);
  ankle_Beside = - (pitch_sensor2 - pitch_sensor3);
}

top_View()
{
  hip_Top = yaw_sensor1;
  knee_Top = yaw_sensor2;
  ankle_Top = yaw_sensor3;
}

Front_View()
{
  hip_Front = roll_sensor1;
  knee_Front = - (roll_sensor1 - roll_sensor2);
  ankle_Front = - (roll_sensor2 - roll_sensor3);
}
```

รูปที่ 5 ขั้นตอนวิธีการคำนวณค่ามุมการบิดหมุนในการแสดงผล

การแสดงผลค่ามุมการบิดหมุนนั้นนำค่ามุมการบิดหมุนจากส่วนอื่นมาทำการคำนวณร่วมด้วยและคำนวณโดยใช้ค่ามุมการบิดหมุน

## บทความวิจัย

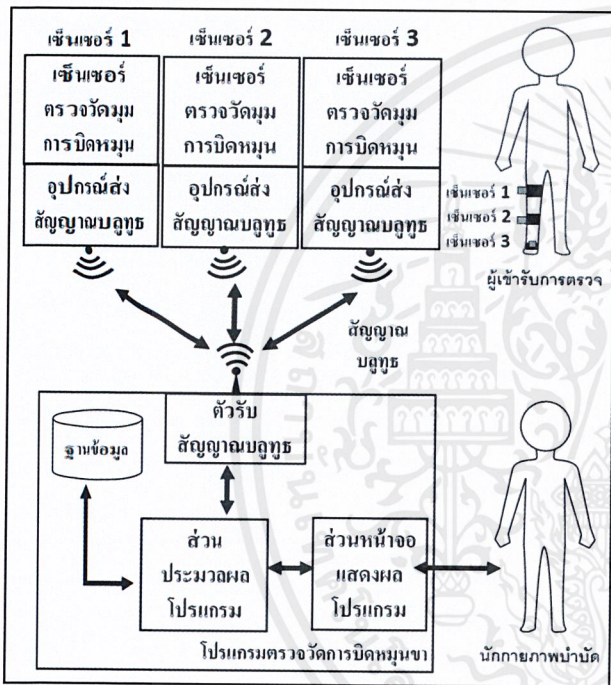
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9

Proceedings of the 9<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2017 (EENET 2017)

แต่ละค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์แต่ละบริเวณที่ติดตั้ง ในการแสดงผลจะแสดงผล 3 มุมมองคือมุมมองด้านข้าง มุมมองด้านบนและมุมมองด้านหน้าโดยจะมีการคำนวณต่างกันในแต่ละมุมมองดังรูปที่ 5

### 3.4 โครงสร้างและการออกแบบโปรแกรม

โปรแกรมตรวจวัดมุมการบิดหมุนของขาพัฒนาโดยใช้ .NET Framework 2.0 ภาษา C# พัฒนาโดยโปรแกรม Unity3D โดยโครงสร้างมีลักษณะดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 โครงสร้างโปรแกรมตรวจวัดการบิดหมุน

รายละเอียดโครงสร้างของโปรแกรมเป็นดังต่อไปนี้

- 1) ส่วนเซ็นเซอร์ตรวจวัดการบิดหมุนทั้ง 3 ส่วนทำหน้าที่วัดมุมจากการย่อเข้าของผู้รับการตรวจและส่งข้อมูลที่วัดได้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณบลูทูธที่ประกอบติดด้วยกันจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณบลูทูธส่งข้อมูลผ่านสัญญาณบลูทูธไปยังตัวรับสัญญาณบลูทูธที่เครื่องคอมพิวเตอร์โดยเซ็นเซอร์ติดตั้งทั้งหมด 3 ส่วน
- 2) ส่วนเครื่องคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณบลูทูธที่รับข้อมูลมุมการบิดหมุนที่ส่งมาทางสัญญาณบลูทูธและส่งไปยังโมดูลส่วนประมวลผลโปรแกรม
- 3) โมดูลส่วนประมวลผลโปรแกรมทำหน้าที่จัดการข้อมูลที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณบลูทูธพร้อมทั้งจัดเก็บข้อมูลไปยัง

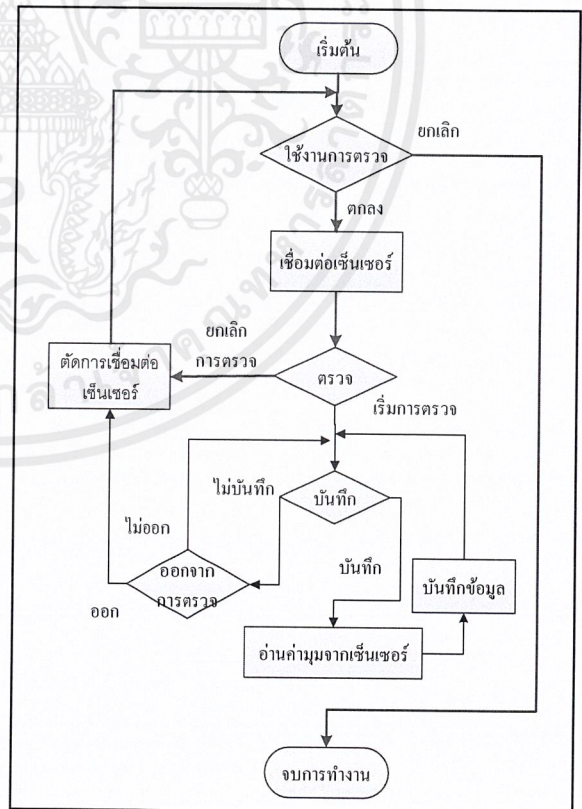
ฐานข้อมูลและคำนวณมุมการบิดหมุนเพื่อแสดงในส่วนหน้าจอแสดงผลโปรแกรม

4) โมดูลส่วนแสดงผลหน้าจอโปรแกรมทำหน้าที่แสดงข้อมูลที่ส่งมาจากส่วนประมวลผลโปรแกรมแสดงในรูปแบบภาพเคลื่อนไหวและตัวเลขข้อมูลมุมการบิดหมุน อีกทั้งยังทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้งานไปยังโมดูลประมวลผลโปรแกรม

5) โมดูลฐานข้อมูลเป็นฐานข้อมูลภายในทำหน้าที่เก็บข้อมูลผลการตรวจ ข้อมูลผู้รับการตรวจ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในภายหลังโดยข้อมูลจะส่งมาจากโมดูลประมวลผลโปรแกรม

### 3.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เมื่อเริ่มใช้งานการตรวจโปรแกรมทำการเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ เมื่อเริ่มทำการตรวจและบันทึก โปรแกรมเริ่มอ่านค่ามุมจากเซ็นเซอร์และทำการแสดงผลภาพจำลองการเคลื่อนไหวพร้อมทั้งค่ามุมการบิดหมุนสามารถทำการตรวจและบันทึกต่อไปได้ ถ้ายกเลิกการตรวจโปรแกรมจะตัดการเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ และสามารถจบการทำงานโปรแกรมได้และมีการทำงานเป็นดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนผังขั้นตอนการใช้งานการตรวจ

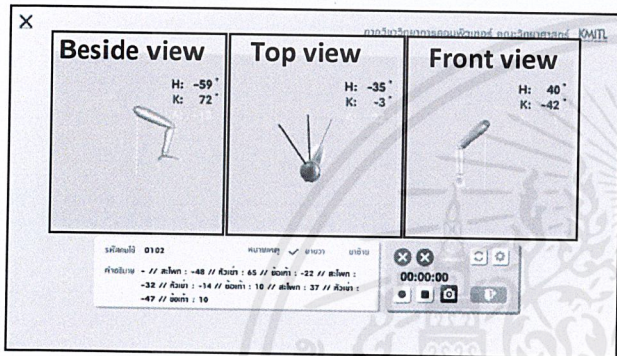
## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9

Proceedings of the 9<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2017 (EENET 2017)

### 3.6 หน้าจอแสดงผลโปรแกรม

หน้าจอหลักการใช้งานแสดงภาพการเคลื่อนไหวที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับการบิดหมุนจะแสดงทั้งหมด 3 มุมมองคือมุมมองด้านข้าง มุมมองด้านบนและมุมมองด้านหน้า แต่ละมุมมองจะแสดงค่ามุมทั้ง 3 ส่วนที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งบริเวณขา โดยค่า H ที่แสดงหมายถึงมุมการบิดหมุนช่วงสะโพก ค่า K หมายถึงมุมการบิดหมุนช่วงหัวเข่าและค่า A หมายถึงค่ามุมการบิดหมุนช่วงข้อเท้าและมีภาพหน้าจอดีแสดงผลมีลักษณะดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 หน้าจอหลักของโปรแกรม

### 4. ผลการทดสอบโปรแกรม

ทดสอบโดยการวัดค่ามุมการบิดหมุนจากการย่อเข้า 2 รูปแบบคือ รูปแบบที่ 1 จะย่อเข่าจนแตะกับวัดดูสูงจากพื้นประมาณ 35 เซนติเมตร และรูปแบบที่ 2 จะย่อเข่าจนแตะกับวัดดูสูงจากพื้นประมาณ 25 เซนติเมตร วัดจากผู้ทดสอบทั้งหมด 7 คน ค่ามุมวัดจากการบิดหมุนที่วัดได้ช่วงสะโพก ช่วงหัวเข่า และช่วงข้อเท้า และนำค่ามุมการบิดหมุนที่วัดได้จากโปรแกรมคำนวณหาค่ามุมที่คลาดเคลื่อนกับค่ามุมการบิดหมุนที่วัดโดยใช้อุปกรณ์วัดมุมโดยตรง ข้อมูลมุมที่คลาดเคลื่อนเฉลี่ยรวมเป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยมุมที่คลาดเคลื่อน

มุมมองที่คลาดเคลื่อน / รูปแบบที่ย่อ	มุมช่วงสะโพก (องศา)	มุมช่วงหัวเข่า (องศา)	มุมช่วงข้อเท้า (องศา)
แบบที่ 1	1.57	2.43	3.71
แบบที่ 2	2.86	3.29	4.43

ตารางแสดงค่ามุมการบิดหมุนที่คลาดเคลื่อนแสดงจากมุมมองด้านข้าง มุมช่วงสะโพกที่ค่ามุมคลาดเคลื่อนน้อยเนื่องจาก

เซ็นเซอร์ไม่เอียงตามการยกสันเท้าของผู้ทดสอบ มุมช่วงหัวเข่ามีค่ามุมคลาดเคลื่อนบางส่วนจากการยกสันเท้าของผู้ที่ทดสอบ และมุมช่วงข้อเท้ามีค่ามุมคลาดเคลื่อนมากเนื่องจากเซ็นเซอร์บริเวณหน้าเท้าเอียงตามการยกสันเท้าโดยตรง โดยรูปแบบที่ 2 มีค่ามุมคลาดเคลื่อนมากกว่ารูปแบบที่ 1 เนื่องจากการย่อเข่าที่ต่ำกว่าทำให้ผู้ทดสอบเกิดการยกสันเท้ามากขึ้น และค่ามุมการบิดหมุนที่คลาดเคลื่อนไม่เป็นอุปสรรคในการตรวจอาการบาดเจ็บของขา

### 5. สรุป

การวัดมุมการบิดหมุน โดยให้ผู้เข้ารับการตรวจที่มีอาการบาดเจ็บที่ข้อเท้าเพื่อทำการวัดนั้นไม่สามารถวัดได้สะดวก การพัฒนาโปรแกรมตรวจมุมการบิดหมุนโดยประยุกต์ใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์ตรวจวัดมุมการบิดหมุนติดตั้งบริเวณขาทั้ง 3 ส่วนคือบริเวณกลางต้นขา กลางหน้าแข้ง และหน้าเท้า จากการพัฒนาโปรแกรมผู้เข้ารับการตรวจมีความเสี่ยงในการเกิดอาการบาดเจ็บจากการตรวจน้อยลง นักกายภาพบำบัดหรือแพทย์เก็บข้อมูลได้สะดวกและแม่นยำมากขึ้นจากการตรวจการย่อเข่าของผู้เข้ารับการตรวจ และพัฒนาให้โปรแกรมสามารถตรวจได้เฉพาะเจาะจงเพื่อให้สามารถบำบัดรักษาโรคได้มากขึ้น

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19 (NSC 2017) ที่ให้ทุนสนับสนุนการพัฒนาโปรแกรม

### เอกสารอ้างอิง

- [1] W. Premierlani, P. Bizard. (2009, May 5). Direction cosine matrix IMU theory [Online]. Available: <http://gentlenav.googlecode.com/files/DCMDraft2.pdf>
- [2] S. B. Khayani, "Development of wearable sensors for body joint angle measurement," M.S. thesis, Eng. and Comput. Sci., Univ. of Denver., Denver, Colorado, 2011
- [3] นที เจริญตระกูลชัย วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ กฤษณา นุศรา วรชาติ เฉิดชมจันทร์, "การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวร่วมกับแท็บเล็ตสำหรับการตรวจวัดการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบัก" การประชุมเครือข่ายวิศวกรรม ครั้งที่ 7 (EENET 2015), ชลบุรี, 27 – 29 พฤษภาคม 2558, หน้า 113-116
- [4] สุทธิศักดิ์ไทยประดิษฐ์ ปิยพล สันติกันต์ วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ ทิวาโกศล, "การพัฒนาโปรแกรมตรวจการเคลื่อนไหวขา" การประชุมเครือข่ายวิศวกรรม ครั้งที่ 8 (EENET 2016), ภูเก็ต, 25 – 27 พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้