

ระบบการนับคะแนนในกีฬาคาราเต้โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วย
เซนเซอร์ชนิด IMU

KARATE SCORING SYSTEM BASED ON MOVEMENT ANALYSIS
USING IMU SENSORS



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

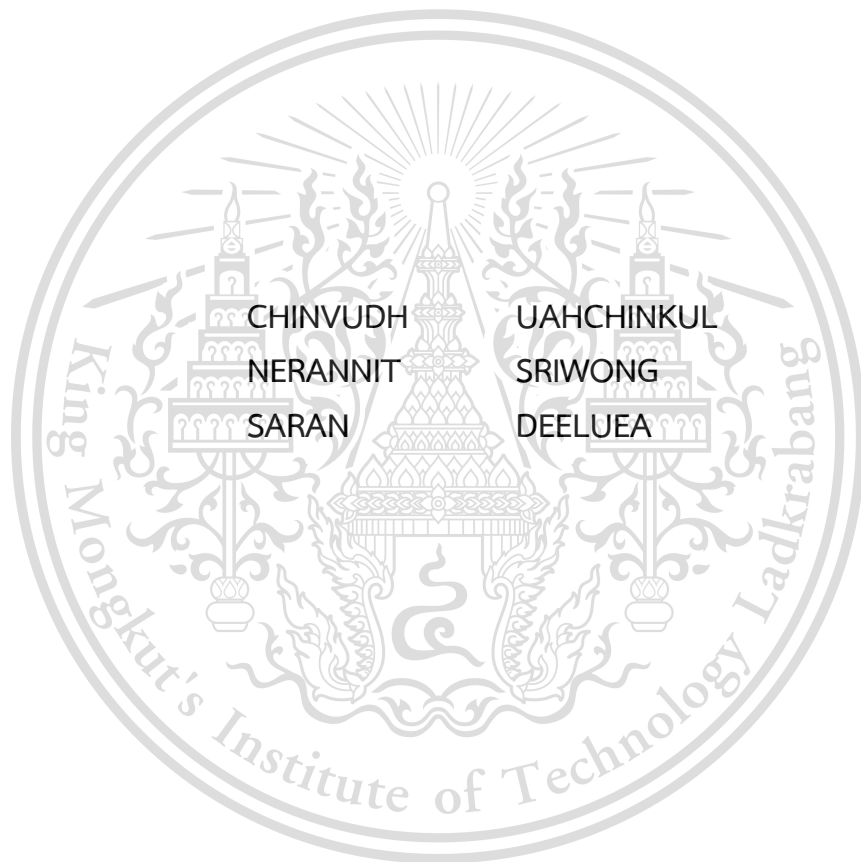
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2563

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

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

KARATE SCORING SYSTEM BASED ON MOVEMENT ANALYSIS
USING IMU SENSORS



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อความข้างต้นของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบการนับคะแนนในกีฬาคาราเต้โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วยเซนเซอร์ชนิด
IMU
KARATE SCORING SYSTEM BASED ON MOVEMENT ANALYSIS USING IMU
SENSORS

ผู้จัดทำ	นายชินวุธ	เอื้อชินกุล	60010234
	นายเนรฤณิษฐ์	ศรวิงศ์	60010552
	นายสรวัล	ดีเหลือ	60011033



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดอน อิศรากร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ระบบการนับคะแนนในกีฬาคาราเต้โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวที่ด้วย เซนเซอร์ชนิด IMU

โดย

นายชินวุธ	เอื้อชินกุล	60010234
นายเนรฤณิตย์	ศรีวงศ์	60010552
นายสร้อย	ดีเหลือ	60011033

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ดอน อิศรากร

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ระบบการนับคะแนนในกีฬาคาราเต้โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวที่ด้วยเซนเซอร์ชนิด IMU เป็นระบบที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อพัฒนาการให้คะแนนในการแข่งขันกีฬาคาราเต้ให้มีความแม่นยำมากขึ้น ลดความผิดพลาดในการตัดสินของกรรมการที่อาจเกิดขึ้น และพัฒนาโปรแกรมแสดงผลเพื่อลดจำนวนบุคลากรในการแข่งขันกีฬาคาราเต้

เริ่มต้นจากพัฒนาองอัจฉริยะทำหน้าที่ตรวจวัดท่าทางในการให้คะแนน การทำผิดกติกา ประเภทที่สองคือการออกนอกพื้นที่การแข่งขันโดยออกแบบแผ่นพิมพ์วงจรที่ประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตรวจวัดความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม MPU6050 กับ MODULE ESP32 ในการแยกแยะและวิเคราะห์ท่าทาง การวิเคราะห์นั้นใช้วิธีไดนามิกไทม์วอร์ปิงและมูเออเลย์ในการแยกท่าทางการสะบัดองอัจฉริยะ ส่งผลลัพธ์การวิเคราะห์แบบไร้สายไปยังตัวประมวลผลกลาง MODULE ESP32 เพื่อประมวลผลการตัดสินตามกติกาที่เกิดขึ้นจากการสะบัดองอัจฉริยะว่าเป็นการให้คะแนน หรือเป็นการทำผิดกติกา ส่งผลการตัดสินไปยังโปรแกรมแสดงผลกีฬาคาราเต้ที่ถูกพัฒนาขึ้นและแจ้งเตือนไปยังกรรมการเพื่อให้ประกาศหยุดเกมเพื่อให้คะแนนหรือให้เป็นการทำผิดกติกา

ระบบสามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ท่าทางมีความแม่นยำมากกว่า 93.33% และระบบยังสามารถพัฒนาต่อได้เพื่อเพิ่มความแม่นยำให้มากยิ่งขึ้น ตัวประมวลผลกลางสามารถวิเคราะห์ผลการตัดสินจากการสะบัดองอัจฉริยะท่าต่าง ๆ ได้ตรงตามกติกา และโปรแกรมแสดงผลสามารถแสดงผลลัพธ์และแจ้งเตือนไปยังกรรมการได้ในทันทีที่มีการสะบัดอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับอาจารย์ผู้จัดทำเอกสารนี้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

KARATE SCORING SYSTEM BASED ON MOVEMENT ANALYSIS USING IMU SENSORS

By

Mr. Chinvudh Uahchinkul 60010234

Mr. Nerannit Sriwong 60010552

Mr. Saran Deeluea 60011033

Advisor

Assoc.Prof.Dr. Don Isarakorn

Academic Year 2020

ABSTRACT

Karate scoring system based on movement analysis using IMU sensors is a system that has been created to improve the accuracy of scoring system. Reduces mistakes in judging's judge that might have occurred. Develop a display program to reduce number of staff in Karate competition.

Starting with developing a "Smart Flag" that measures the gesture of scoring and the second type of foul which is a to leave the competition area. Create a Printed Circuit Board (PCB) which contains Accelerometer and Gyroscope called "MPU6050" with MODULE ESP32 for identification and gesture analysis. The gesture analysis uses Dynamic Time Warping method and Euler's angle to analyze the flick of the smart flag. Sending analysis result wirelessly to another MODULE ESP32 which is main processor for process the judge's decisions that it is a scoring or a violation. Sending a result of processing to the developed karate display program and alert to referee for calling a game to stop in order to score or make a violation.

The system can transmit data wirelessly efficiently. Gesture analysis is more accurate than 93.33% and system can be further improved for even more accuracy.

The main processor can process a judge's decision correctly according to rules. The karate display program can show a result of judgement and alert the referee as soon as the smart flag is flicked.

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

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

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ประสบความสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากความช่วยเหลือของ รองศาสตราจารย์ ดร.ดอน อิศรางกร อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะ แก้ปัญหา ให้ความรู้และประสบการณ์มาโดยตลอดตั้งแต่ต้นและขอขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ ให้คำแนะนำตลอดจนถ่ายทอดความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำจนคณะผู้จัดทำสามารถนำความรู้ที่ได้มา ประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงการนี้ให้ประสบความสำเร็จและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ คณะผู้จัดทำ รู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณรุ่นพี่ภายในห้องปฏิบัติการวิจัยระบบจักรกลไฟฟ้าหลายระดับ (Multi-Scale Electromechanical Laboratory) ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการ แก้ไขปัญหา ให้ความรู้ ประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมและสนับสนุน อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานตลอดจนช่วยเหลือตรวจสอบความเรียบร้อยของเล่มปริญญานิพนธ์เล่มนี้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณพี่ ชัยวัฒน์ รักอู่ ที่ปรึกษาด้านกีฬาคาราเต้ ที่คอยให้คำปรึกษา อธิบายสาเหตุและ หลักการในการตัดสินใจ การให้คะแนน การกระทำผิดกติกาในแต่ละประเภทของกติกาในการตัดสินของ กีฬาคาราเต้ แบ่งปันประสบการณ์ในการแข่งขัน ช่วยทดสอบและพัฒนาการใช้งานของธงอัจฉริยะให้ สามารถใช้งานได้อย่างแม่นยำ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณขอขอบคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ ให้แรงบันดาลใจและคอย สนับสนุนในทุกด้านมาโดยตลอด รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนทุกคนสำหรับความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการและเป็นกำลังใจ ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นสถานที่ให้ความรู้ในแขนงต่าง ๆ ให้มีมิตรภาพและให้ความ ช่วยเหลือให้คณะผู้จัดทำสามารถนำมาปรับและประยุกต์ใช้จนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไป ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

ชินวุธ

เนรัญญา

สรล

เอื้อชินกุล

ศรวิงศ์

ดีเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 กติกาการแข่งและอุปกรณ์	3
2.1 กติกาการแข่งขันกีฬาการแข่ง	3
2.1.1 กลุ่มคณะกรรมการตัดสินต่อสู้	3
2.1.2 ระยะเวลาในการแข่งขัน	4
2.1.3 คະແນនในการแข่งขัน	4
2.1.4 พฤติกรรมต้องห้ามที่ผิดกฎกติกา	5
2.1.5 การเตือนและการให้โทษ	6
2.1.6 การให้สัญญาณธงของ JUDGE	7
2.2 หน่วยวัดความเคลื่อนไหวภายใน Inertial Measurement Unit (IMU)	11
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	12
2.4 การส่งข้อมูล	12
2.4.1 บัสดสื่อสารอนุกรม แบบซิงโครนัสแบบ I2C	12
2.4.2 ESP-NOW	13
2.5 ควอเทอร์เนียน (Quaternion)	13
2.6 มุมออยเลอร์ (Euler Angles)	14
2.7 ไดนามิกไทม์วอร์ปิง	15
บทที่ 3 การพัฒนาระบบและการทดลอง	16
3.1 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ	16
3.1.1 การเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์	16
3.1.2 การเลือกเซ็นเซอร์	17
3.1.3 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับใช้ทดสอบ	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.1.4 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับแยกท่าทางในการให้คะแนน	19
3.1.4.1 โปรแกรมจำแนกท่าทางการสับตัดของกรรมการในกีฬาคาราเต้ท่า IPPON	19
3.1.4.2 โปรแกรมจำแนกท่าทางการสับตัดของกรรมการในกีฬาคาราเต้ท่า YUKO และท่า WAZA-ARI	19
3.1.5 พัฒนาโปรแกรมสำหรับแยกท่าการทำผิดกติกาประเภทที่ 2 ท่า JOGAI	22
3.1.6 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับแจ้งเตือนผลคะแนน การทำผิดกติกา การแจ้งเตือนไปยัง REFEREE	23
3.1.7 การออกแบบ Printed Circuit Board (PCB)	26
3.1.8 การออกแบบวงจรอัจฉริยะเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานจริง	28
3.2 การทดลอง	29
3.2.1 การทดลองเก็บข้อมูล	29
3.2.2 การทดลองเก็บข้อมูลและฟังก์ชันการใช้งานของวงจรอัจฉริยะผ่านการเชื่อมต่อแบบมีสาย	29
3.2.3 การทดสอบความแม่นยำและฟังก์ชันการใช้งานของวงจรอัจฉริยะ	30
3.2.4 การทดสอบเงื่อนไขการใช้งานร่วมกับโปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้ เมื่อใช้วงจรอัจฉริยะจำนวน 2 ชุด	32
3.2.5 การทดสอบเงื่อนไขการใช้งานร่วมกับโปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้ เมื่อใช้วงจรอัจฉริยะจำนวน 3 ชุด	34
3.2.6 การทดลองแบบสุ่มจากผู้ใช้งานจริง	35
3.2.7 การทดลองเทียบของศาความแตกต่างของท่า YUKO ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON	36
บทที่ 4 ผลการทดลอง	37
4.1 ผลการทดลองที่ 1 การทดลองเก็บข้อมูล	37
4.2 ผลการทดลองที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลและฟังก์ชันการใช้งานของวงจรอัจฉริยะผ่านการเชื่อมต่อแบบมีสาย	40
4.3 ผลการทดลองที่ 3 การทดสอบความแม่นยำและฟังก์ชันการใช้งานของวงจรอัจฉริยะ	40
4.4 ผลการทดลองที่ 4 การทดสอบเงื่อนไขการใช้งานร่วมกับโปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้ เมื่อใช้วงจรอัจฉริยะจำนวน 2 ชุด	41
4.5 ผลการทดลองที่ 5 การทดสอบเงื่อนไขการใช้งานร่วมกับโปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้ เมื่อใช้วงจรอัจฉริยะจำนวน 3 ชุด	43
4.6 ผลการทดลองที่ 6 การทดลองแบบสุ่มจากผู้ใช้งานจริง	44
4.7 ผลการทดลองที่ 7 การทดลองเทียบของศาความแตกต่างของท่า YUKO ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	47
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	47
5.3 แนวทางแก้ไข	47
5.4 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนผังสนามแข่งขันต่อสู้และการถือธงของ JUDGE	7
2.2 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในแต่ละท่า YUKO และ WAZA-ARI ตามลำดับ	8
2.3 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในท่า IPPON และ FAULT ตามลำดับ	8
2.4 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 1	9
2.5 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 2	9
2.6 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 2 ในท่า JOGAI และท่า Keikoku ตามลำดับ	10
2.7 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 2 ในท่า Hansoku Chui และท่า Hansoku ตามลำดับ	10
2.8 เซ็นเซอร์ MPU6050	11
2.9 MODULE ESP32	12
2.10 การส่งข้อมูลแบบ I2C	12
2.11 โปรโตคอล ESP-NOW	13
2.12 แกนอ้างอิง B ที่ได้จากการหมุนแกนอ้างอิง A ด้วยมุม θ ตามแนวแกน A_r	13
2.13 การหมุนของวัตถุออกเป็น 3 แกน Roll, Pitch และ Yaw	14
2.14 ความแตกต่างระหว่างการเทียบสัญญาณแบบ Euclidean Matching กับ หลักการไดนามิกไทม์วอร์ปปีง	15
3.1 การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์กับคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ทดสอบ	18
3.2 ริงฮาร์ดแวร์เพื่อใช้ในการทดสอบ	18
3.3 แผงผังพัฒนาโปรแกรมสำหรับแยกท่าทางในการให้คะแนน	20
3.4 แผงผังการแปลงความเร่งโดยอ้างอิงจากแกนโลก	21
3.5 แผงผังโปรแกรมจำแนกท่าทางการเตะของกรรมการในกีฬาคาราเต้ท่า JOGAI	22
3.6 ตัวประมวลผลกลาง	23
3.7 โปรแกรมจะเชื่อมต่อกับตัวประมวลผลกลาง	23
3.8 โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้	24
3.9 โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้	25
3.10 ส่วนประกอบของบอร์ดที่ใช้ในริงฮาร์ดแวร์	26
3.11 PCB รูปแบบ 2 มิติ	27
3.12 PCB ที่ได้จากการออกแบบและบัดกรีครั้งที่ 1	27
3.13 PCB ที่ได้จากการออกแบบและบัดกรีครั้งที่ 2	28
3.14 ริงฮาร์ดแวร์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานจริงสีแดงและสีน้ำเงิน ตามลำดับ	28
3.15 การทดลองที่ 1 ผู้ทดลองใช้งานในท่า (ก) YUKO ริงฮาร์ดแวร์สีเหลืองไม่ชนานกับพื้น (ข) YUKO ริงฮาร์ดแวร์สีน้ำเงินชนานไปกับพื้น (ค) WAZA-ARI (ง) IPPON	29
3.16 การทดลองที่ 2 ผู้ทดลองใช้งานในท่า (ก) YUKO (ข) WAZA-ARI (ค) IPPON	30
3.17 การทดลองที่ 3 ผู้ทดลองใช้งานในท่า (ก) YUKO (ข) WAZA-ARI (ค) IPPON (ง) JOGAI	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นกรณีที่มีการขออนุญาตและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 การทดลองที่ 3 ผู้ใช้งานทดลองท่า WAZA-ARI ในองศาที่แตกต่างกัน	31
3.19 การทดลองที่ 4 ผู้ทดลองสะบัดธงอัจฉริยะไม่พร้อมกันและผู้ทดลองสะบัดธงอัจฉริยะพร้อมกันตามลำดับ	33
3.20 การทดลองที่ 5 ผู้ทดลองหนึ่งคนจากสามคนสะบัดธงอัจฉริยะต่างจากผู้ทดลองคนอื่น	34
3.21 การทดลองที่ 6 ผู้ทดลองสู่มท่าท่า (ก) YUKO (ข) WAZA-ARI (ค) IPPON (ง) JOGAI	35
3.22 การทดลองที่ 7 การเทียบองศาความแตกต่างของท่า WAZA-ARI	36
4.1 กราฟแสดงค่า Magnitude ที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดเมื่อท่าท่าทางต่าง ๆ	37
4.2 ท่า YUKO ทั้งสองแบบ	38
4.3 กราฟแสดงมุม Pitch ของท่า YUKO ทั้งสองแบบที่คำนวณจากอุปกรณ์วัด	38
4.4 กราฟแสดงค่าความเร่งในแนวเดียวกับแกนโลกของท่า YUKO ทั้งสองแบบที่คำนวณจากอุปกรณ์วัด	39
4.5 กราฟแสดงค่าความเร่งในแนวเดียวกับแกนโลกของทั้งสามท่า	39
4.6 กราฟแสดงมุม Pitch ทั้งสามท่า	40
ก.1 การเชื่อมต่อในแต่ละขาของ MODULE ESP32	544
ก.2 คุณสมบัติการเชื่อมต่อในแต่ละขาของ MODULE ESP32 หน้าที่ 1	544
ก.3 คุณสมบัติการเชื่อมต่อในแต่ละขาของ MODULE ESP32 หน้าที่ 2	555
ข.1 การเชื่อมต่อในแต่ละขาของเซ็นเซอร์ MPU6050	56
ข.2 คุณสมบัติการเชื่อมต่อในแต่ละขาของเซ็นเซอร์ MPU6050	56
ค.1 หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ โปรแกรมจำแนกท่าทางการสะบัดธงของกรรมการในกีฬาคาราเต้ท่า YUKO และท่า WAZA-ARI	57
ค.2 หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ โปรแกรมจำแนกท่าทางการสะบัดธงของกรรมการในกีฬาคาราเต้ท่า IPPON	58
ค.3 หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ โปรแกรมจำแนกท่าทางการสะบัดธงของกรรมการในกีฬาคาราเต้ท่า JOGAI	59
ค.4 หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้	60
ค.5 หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ โปรแกรมตรวจสอบทิศทางการสะบัดธงในกีฬาคาราเต้	61
ง.1 รูปภาพแสดงการทำงานของ Madgwick's filter	62
จ.1 Schematic หน้าที่ 1	64
จ.2 Schematic หน้าที่ 2	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางเปรียบเทียบไมโครคอนโทรลเลอร์	16
3.2 ตารางเปรียบเทียบเซ็นเซอร์	17
3.3 การทดลองที่ 4 ทำ YUKO	32
3.4 การทดลองที่ 4 ทำ WAZA-ARI	32
3.5 การทดลองที่ 4 ทำ IPPON	33
3.6 ลำดับการทดลองที่ 5	34
4.1 ผลการทดลองที่ 3	41
4.2 ผลการทดลองที่ 4 ทำ YUKO	42
4.3 ผลการทดลองที่ 4 ทำ WAZA-ARI	42
4.4 ผลการทดลองที่ 4 ทำ IPPON	43
4.5 ผลการทดลองที่ 5	44
4.6 ผลการทดลองที่ 6	45
4.7 ผลการทดลองที่ 7	46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

การแข่งขันกีฬาคาราเต้มีการใช้บุคลากรในการแข่งขันจำนวนมาก ทั้งกรรมการผู้ชี้ขาด REFEREE (SHUSHIN) จำนวน 1 คน, กรรมการผู้ช่วย JUDGE (FUKUSHIN) จำนวน 4 คน และผู้ควบคุมการตัดสิน MATCH SUPERVISOR (KANSA) จำนวน 1 คน บางครั้งอาจเกิดข้อผิดพลาดในการตัดสิน เช่น REFEREE ไม่สังเกตเห็นการสะบัดธงของกรรมการผู้ช่วย กรรมการผู้ชี้ขาดไม่ได้รับการแจ้งเตือนจากผู้ควบคุมการตัดสิน การจับเวลาในการแข่งขันผิดพลาดหรือกรรมการผู้ช่วยปล่อยสะบัดธงทำให้ต้องหยุดเวลาในการแข่งขัน เป็นต้น เนื่องจากการแข่งขันกีฬาคาราเต้ในแต่ละครั้งมีการแข่งขันที่ติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจทำให้กรรมการตัดสินเกิดความเหนื่อยล้าส่งผลต่อความผิดพลาดในการตัดสินการแข่งขันหรือกระทบต่อเวลาในการแข่งขันและเป็นการขัดจังหวะในการแข่งขันที่อาจมีผลต่อการแพ้หรือชนะของผู้แข่งขัน

ผู้จัดทำตระหนักถึงข้อผิดพลาดเหล่านี้ จึงพัฒนาระบบอัจฉริยะ เพื่อให้การแข่งขันเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุดและลดจำนวนบุคลากรที่ใช้ในการแข่งขัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- ลดจำนวนบุคลากรที่ใช้ในการตัดสิน
- ลดปัญหาหรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากกรรมการ
- ช่วยให้ REFEREE ทราบการแจ้งเตือนเร็วที่สุด

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- ศึกษาปัญหากระบวนการให้คะแนนในกีฬาคาราเต้
- ออกแบบระบบอัจฉริยะให้สามารถแยกแยะท่าในการให้คะแนน ทำการทำผิดกติกา สามารถแจ้งเตือนผลคะแนนและการทำผิดกติกาไปยัง REFEREE
- ออกแบบโปรแกรมแสดงผลคะแนน
- ออกแบบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือ Printed Circuit Board (PCB) สำหรับระบบอัจฉริยะ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- ศึกษากติกาการแข่งขันกีฬาคาราเต้ เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ เซ็นเซอร์และระบบอัจฉริยะสำหรับใช้ทดสอบ

- การพัฒนาโปรแกรมสำหรับแยกแยะท่าทางในการให้คะแนน
- การทดลองเก็บข้อมูลและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานจริงเพื่อปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม
- การพัฒนาโปรแกรมสำหรับแยกทำการทำผิดกติกาประเภทที่ 2

- การพัฒนาโปรแกรมสำหรับแจ้งเตือนผลคะแนน การทำผิดกติกา การแจ้งเตือนไปยัง

REFEREE อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การออกแบบ PCB

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

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

- การออกแบบธงอัจฉริยะเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานจริง
- การทดลองเพื่อทดสอบความแม่นยำและปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม
- การทดลองอุปกรณ์สำหรับใช้งานจริง
- สรุปผลและจัดทำปริญญานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ระบบการนับคะแนนในกีฬาคาราเต้โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วยเซนเซอร์ชนิด IMU สามารถนำไปใช้งานจริงได้ตามวัตถุประสงค์
- สามารถลดจำนวนบุคลากรที่ใช้ในการตัดสินและลดปัญหาหรือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากกรรมการได้
- นำความรู้ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการ

1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท และ 5 ภาคผนวก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ ขอบเขตโครงการ ขั้นตอนการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและรายละเอียดของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงกติกากาการแข่งขันกีฬาคาราเต้ เช่น เซ็นเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ การส่งข้อมูล ทฤษฎีควอเทอร์เนียน (Quaternion) ทฤษฎีมุมออยเลอร์ (Euler Angles) และทฤษฎีไดนามิกไทม์วอร์ปิง (Dynamic time warping)

บทที่ 3 ขั้นตอนการพัฒนาาระบบและการทดลอง เป็นการอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานโดยละเอียดและอธิบายจุดประสงค์ของการทดลอง

บทที่ 4 ผลการทดลอง เป็นการแสดงความแม่นยำของระบบการนับคะแนนในกีฬาคาราเต้ โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วยเซนเซอร์ชนิด IMU

บทที่ 5 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ เป็นการสรุปภาพรวมของระบบการนับคะแนนในกีฬาคาราเต้โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วยเซนเซอร์ชนิด IMU ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน รวมถึงแนวทางแก้ไข

ภาคผนวก ก MODULE ESP32

ภาคผนวก ข เซ็นเซอร์ MPU6050

ภาคผนวก ค หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์

ภาคผนวก ง Madwick's filter and Euler angles

ภาคผนวก จ Schematic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 2

กติกาการต่อสู้และอุปกรณ์

2.1 กติกาการแข่งขันกีฬาการต่อสู้

2.1.1 กลุ่มคณะกรรมการตัดสินต่อสู้

กลุ่มกรรมการผู้ตัดสินในแต่ละการแข่งขันประกอบด้วย REFEREE (SHUSHIN) 1 คน, กรรมการผู้ช่วย JUDGE (FUKUSHIN) 4 คน และผู้ควบคุมการตัดสิน Match Supervisor (Kansa) 1 คน

กรรมการผู้ชี้ขาดและกรรมการผู้ช่วยในการแข่งขัน Kumite ต้องไม่มีสัญชาติเดียวกับผู้แข่งขัน

การแต่งตั้งคณะกรรมการผู้ตัดสินและกลุ่มบุคคลในตำแหน่งต่าง ๆ สำหรับรอบแพ้คัดออก เลขาของคณะกรรมการผู้ตัดสินจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการกับระบบจับสลากแบ่งสาย โดยกำหนดให้มีกรรมการผู้ชี้ขาดและผู้ตัดสินให้เพียงพอในแต่ละสนามแข่งขัน ซึ่งรายชื่อของกลุ่มคณะกรรมการตัดสินจะถูก random โดยระบบและจัดการให้แล้วเสร็จหลังจากการจับสลากแบ่งสาย ของนักกีฬา และ ควรจะรายงานรายชื่อเหล่านั้นในที่ประชุมกรรมการผู้ตัดสินด้วย สำหรับการจับสลากแบ่งผู้ตัดสินนั้น ฝ่ายเทคนิค จะต้องใส่รายชื่อของ JUDGE 4 ท่าน, REFEREE 1 ท่าน และ Match Supervisor (Kansa) 1 ท่าน สำหรับสนามแข่งขันแต่ละสนาม ซึ่งจะต้องเกิดจาก Random หรือ สุ่มเลือกเพื่อแต่งตั้งให้เป็น REFEREE Panel (กลุ่มคณะกรรมการตัดสิน) สำหรับแต่ละรอบการแข่งขันด้วยสำหรับรอบที่มีการชิงเหรียญ Tatami Managers จะให้รายชื่อคณะกรรมการ 8 ท่าน หลังจากปฏิบัติหน้าที่ในสนาม ของตนเองเสร็จสิ้น ให้กับ ประธานคณะกรรมการผู้ตัดสินและ Secretary (เลขา) เมื่อรายชื่อเหล่านั้นได้รับการรับรองจากประธานคณะกรรมการผู้ตัดสินแล้วจะถูกส่งต่อไปยังฝ่ายเทคนิคของซอฟต์แวร์เพื่อเลือกรายชื่อทั้งหมดเข้าระบบและทำการสุ่มเลือกกลุ่มคณะกรรมการผู้ตัดสินขึ้นมาจะมีเพียงแค่ 5 คน จาก 8 คนที่มาจากแต่ละสนามเท่านั้น

คณะบุคคลทำงานเพิ่มเติมที่จะถูกแต่งตั้งสำหรับการแข่งขันในแต่ละคู่/รอบประกอบด้วย ผู้ควบคุมพื้นที่แข่งขัน (Tatami Managers) 2 คน, ผู้ช่วย Tatami Manager 1 คน, ผู้ควบคุมคะแนน (Score Supervisor) 1 คน and ผู้บันทึกคะแนน (Score Keepers) 1 คน, ยกเว้นในรายการของ Olympic ที่จะมี Tatami Manager เพียง 1 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.1.2 ระยะเวลาในการแข่งขัน

ในการแข่ง Kumite การแข่งขันของฝ่ายชายและหญิงไม่ว่าจะเป็นการแข่งขันประเภททีมหรือบุคคล (ทั้งรุ่น Senior และ Under 21) ใช้เวลาแข่งขัน 3 นาที ส่วนการแข่งขันของฝ่ายหญิง, Cadet และ Junior จะใช้เวลาแข่งขัน 2 นาที

เวลาในการแข่งเริ่มต้นเมื่อกรรมการผู้ชี้ขาดให้สัญญาณเริ่มและการแข่งขันจบลงเมื่อกรรมการผู้ชี้ขาดสั่งว่า "Yame (หยุด)"

ผู้รักษาเวลาต้องให้สัญญาณเสียงที่ดังฟังชัด ไม่ว่าจะเป็เสียงกระดิ่ง หรือ ออด เพื่อให้ทราบว่ เหลือเวลาเพียง "15 วินาที" และ "หมดเวลาการแข่งขัน" ต้องบันทึกเวลาที่ "หมดเวลาการแข่งขัน" ไว้ด้วย

ผู้แข่งขัน มีเวลาพักระหว่างรอบแข่งขันในคู่ถัดไป โดยใช้เวลาพักได้เท่ากับเวลาที่แข่งขัน ยกเว้นในกรณีที่ต้องเปลี่ยนสัอุปกรณ์แข่ง ซึ่งจะย้ระยะเวลาพักออกไปเป็น 5 นาที

2.1.3 คะแนนในการแข่งขัน

การให้คะแนนสามารถให้ได้ตามระดับต่อไปนี้

- | | |
|-------------|---------|
| a. IPPON | 3 คะแนน |
| b. WAZA-ARI | 2 คะแนน |
| c. YUKO | 1 คะแนน |

คะแนนจะถูกให้ได้ต่อเมื่อผู้แข่งขันมีคุณสมบัติตามองค์ประกอบ 6 อย่าง ดังนี้

- | | |
|-------------------------|--|
| a. Good form | การจ้ใจมด้วยท่าทางที่ดี |
| b. Sporting attitude | ทัศนคติทางกีฬา |
| c. Vigorous application | การใช้พลังและความเร็ว |
| d. Awareness (Zanshin) | การระวังการจ้ใจมกลับ (มีสติรู้ตัว) |
| e. Good timing | จังหวะการจ้ใจม (เข้าในช่วงเวลาที่พอดี) |
| f. Correct distance | ระยะของการจ้ใจม (ที่พอดีและถูกต้อง) |

IPPON จะให้ 3 คะแนนต่อเมื่อ

- เตะสูง (Jodan Kick)
- การทำให้คู่ต่อสู้ล้มลงหรือการล้มลงเองของคู่ต่อสู้และตามด้วยการเข้าทำคะแนน

WAZA-ARI จะให้ 2 คะแนนต่อเมื่อ

- การเตะระดับลำตัว (Chudan Kicks)

YUKO จะให้ 1 คะแนนต่อเมื่อ

- ใช้การต่อຍระดับลำตัว (Chudan) หรือระดับหน้า (Jodan Tsuki).
- ลักษณะการใช้มือตี Uchi ในระดับหน้า (Jodan) หรือระดับลำตัว (Chudanuchi)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ผู้แข่งขันสามารถโจมตีส่วนต่าง ๆ ของคู่ต่อสู้ได้เฉพาะบริเวณดังต่อไปนี้ คือ

- | | |
|------------|--------|
| a. Head | ศีรษะ |
| b. Face | หน้า |
| c. Neck | คอ |
| d. Abdomen | ท้อง |
| e. Chest | หน้าอก |
| f. Back | หลัง |
| g. Side | ลำตัว |

การใช้เทคนิคหรือโจมตีคู่ต่อสู้เสร็จสมบูรณ์ในขณะหมดเวลาพอดีถือว่าใช้ได้ แต่ถ้าผู้แข่งขันยังโจมตีหลังจาก หมดเวลาการแข่งขันแล้ว หรือหลังจากคำสั่งหยุดของกรรมการผู้ชี้ขาดถือว่าได้คะแนน และอาจถูกลงโทษได้เนื่องจากการเอาเปรียบคู่ต่อสู้

กรณีผู้แข่งขันทั้งสองทำการต่อสู้นอกพื้นที่แข่ง ทั้งสองจะไม่ได้คะแนนถึงแม้ว่าสามารถใช้เทคนิคโจมตีได้อย่างสมบูรณ์แต่ในกรณีที่มีคนใดคนหนึ่งใช้เทคนิคการโจมตีอย่างสมบูรณ์ขณะอยู่ในพื้นที่แข่งและ REFEREE ยังมิได้ประกาศ "Yame" เพื่อหยุดการแข่งขันกรรมการผู้ชี้ขาดสามารถพิจารณาให้คะแนนผู้แข่งขันคนนั้นได้

2.1.4 พฤติกรรมต้องห้ามที่ผิดกฎกติกา

พฤติกรรมต้องห้ามแบ่งเป็น 2 ประเภท

Category 1 - ประเภทที่ 1

- การโจมตีซึ่งมีการสัมผัสรุนแรงเกินไป และการโจมตีสัมผัสบริเวณคอหอยคู่ต่อสู้
- การโจมตีที่ แขน, ขา, ขาหนีบ, ข้อต่อ, หลังเท้า
- การโจมตีที่ ใบหน้า โดยใช้เทคนิค แบมือ
- การทุ่มที่อันตรายและถูกห้ามซึ่งอาจทำให้คู่ต่อสู้บาดเจ็บ

Category 2 - ประเภทที่ 2

- แก้ม, เตะสร้างบาดเจ็บ, แสดงการบาดเจ็บเกินความจริง
- ออกนอกบริเวณพื้นที่แข่งขันเอง (JOGAI) โดยคู่แข่งไม่ได้ทำให้ออกนอกสนาม
- ต่อสู้โดยขาดการระมัดระวัง หรือขาดการป้องกันตนเองซึ่งอาจนำไปถึงอันตรายต่อตนเองได้ (Mubobi)
- Avoiding Combat หลีกเลี่ยงการต่อสู้ เพื่อมิให้คู่ต่อสู้มีโอกาสทำคะแนน
- Passivity ไม่พยายามเข้าทำคะแนน (ไม่สามารถให้โทษนี้ได้ หลังจาก 15 วินาทีสุดท้าย)
- การหวงเหนียว, การปล้ำ, การผลัก, การจับยึด โดยไม่มีเจตนาที่จะทำคะแนนหรือทุ่มเพื่อทำคะแนน
- การจับคู่ต่อสู้ด้วยสองมือ นอกเหนือจากการทุ่มด้วยการทำให้ฝ่ายตรงข้ามล้มลง โดยการจับขาคู่ต่อสู้ที่กำลังเตะขึ้นมา
- การจับแขนหรือแขนเสื้อของคู่ต่อสู้ด้วยมือเดียว โดยไม่พยายามใช้เทคนิคทำคะแนนหรือทุ่มทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกแจกจ่าย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

- i. การใช้เทคนิคจุดโจมตีที่ไม่สามารถควบคุมความปลอดภัยหรือก่อให้เกิดอันตรายแก่คู่ต่อสู้ ไม่ว่าจะจุดโจมตีถูกเป้าหมายหรือไม่
- j. การแสดงเจตนาจุดโจมตีโดยใช้ ศีรษะ, หัวเข่าและข้อศอก
- k. ใช้คำพูดช่วยคู่ต่อสู้ ไม่ปฏิบัติตามคำสั่งของกรรมการผู้ชี้ขาด, ไม่สุภาพต่อกรรมการท่านอื่น, หรือการไต่มารยาทอื่น ๆ

2.1.5 การเตือนและการให้โทษ

Chukoku กรรมการจะเตือนผู้แข่งขันในกรณีที่เป็นความผิดพลาดครั้งแรกและผิดพลาดเพียงเล็กน้อย

Keikoku การเตือนครั้งที่ 2 สำหรับความผิดพลาดเล็กน้อย ซึ่งกรรมการได้ทำการเตือนไปแล้วในรอบการแข่งขันนี้ หรือกรณีที่ความผิดพลาดดังกล่าวไม่รุนแรงพอที่จะทำการเตือนขั้น Hunsoku Chui

Hunsoku Chui มักเกิดเมื่อกรรมการได้ทำการเตือนขั้น Keikoku ไปแล้ว ในการแข่งขันที่ผ่านมาหรือสามารถเตือนได้โดยตรงหากมีการกระทำผิดที่รุนแรงแต่ไม่ถึงขั้น Hunsoku

Hunsoku การลงโทษในความผิดที่รุนแรงมากหรือเมื่อมีการเตือนขั้น Hunsoku Chui มาก่อนซึ่งมีผลให้ผู้แข่งขันถูกตัดสิทธิการแข่งขันทันที ในกรณีแข่งขันประเภททีม ผู้แข่งขันที่ได้รับโทษนี้จะถูกปรับคะแนนเป็น 0 และขณะที่คะแนนของฝ่ายตรงข้ามจะถูกปรับเป็น 8 คะแนนทันที

Shikkaku การลงโทษโดยการตัดสิทธิออกจากการแข่งขันตลอดรายการรวมทั้งรุ่นแข่งขันอื่น ๆ ที่ลงทะเบียนไว้ด้วยโทษ Shikkaku นี้ จะให้ก็ต่อเมื่อไม่ปฏิบัติตามคำสั่งของ REFEREE มีการแสดงออกถึงความมุ่งร้ายหรือมีพฤติกรรมที่ล่วงเกิน ที่ทำให้เสียเกียรติของกีฬาคาราเต้หรือพฤติกรรมที่ละเมิดต่อกฎและเจตนารมณ์ของการแข่งขัน ในกรณีแข่งขันประเภททีมผู้แข่งขันที่ได้รับโทษนี้ฝ่ายตรงข้ามจะได้รับคะแนนเป็น 8 คะแนนทันที ขณะที่ฝ่ายตนจะถูกปรับคะแนนเป็น 0

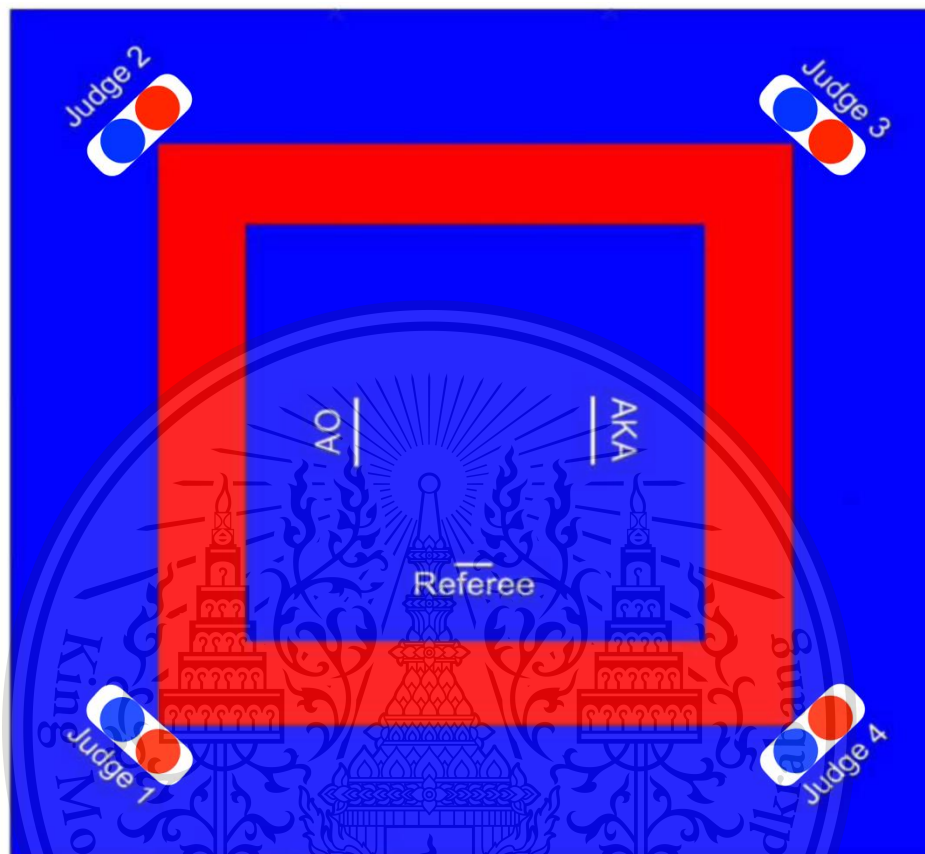
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.1.6 การให้สัญญาณธงของ JUDGE

จากแผนผังสนามแข่งขันต่อสู้ดังรูปที่ 2.1 JUDGE คนที่ 1 และคนที่ 4 จะถือธงสีแดงด้วยมือขวา ส่วน JUDGE คนที่ 2 และคนที่ 3 จะถือธงแดงด้วยมือซ้าย



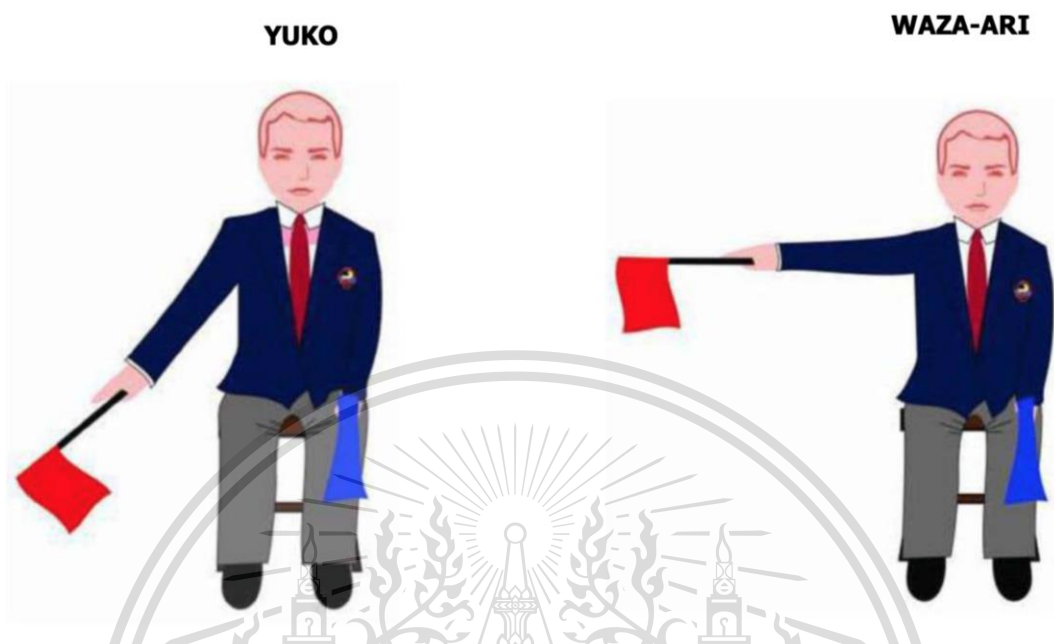
รูปที่ 2.1 แผนผังสนามแข่งขันต่อสู้และการถือธงของ JUDGE [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

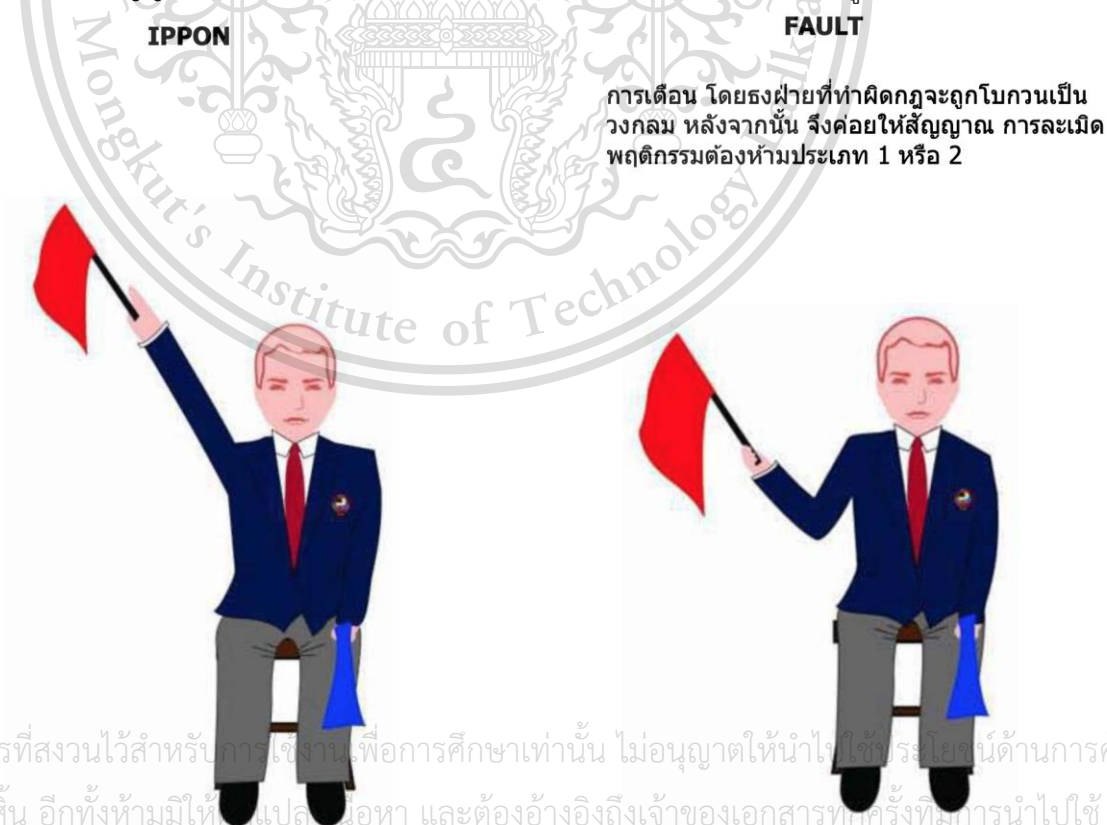
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในท่า YUKO และ WAZA-ARI ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในแต่ละท่า YUKO และ WAZA-ARI ตามลำดับ [1]

การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในท่า IPPON และ FAULT (การเตือน) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในท่า IPPON และ FAULT ตามลำดับ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

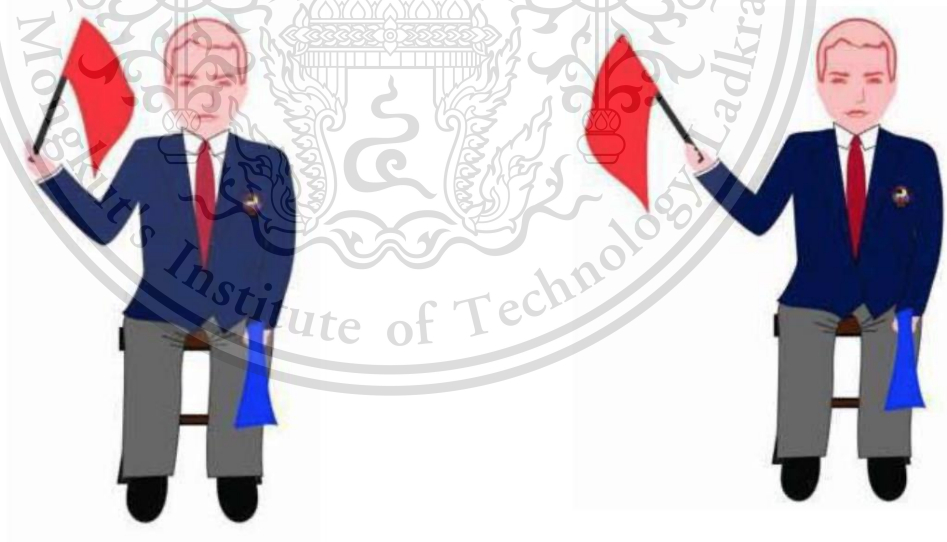
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การให้สัญญาณธงของ JUDGE สำหรับการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 1 ให้ธงไขว้กันและเหยียดแขนตรงโดยให้สีของฝ่ายที่กระทำผิดอยู่ด้านนอกดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 1 [1]

การให้สัญญาณธงของ JUDGE สำหรับการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 2 กรรมการตัดสินชี้ธง แขนงอตั้งรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 2 [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

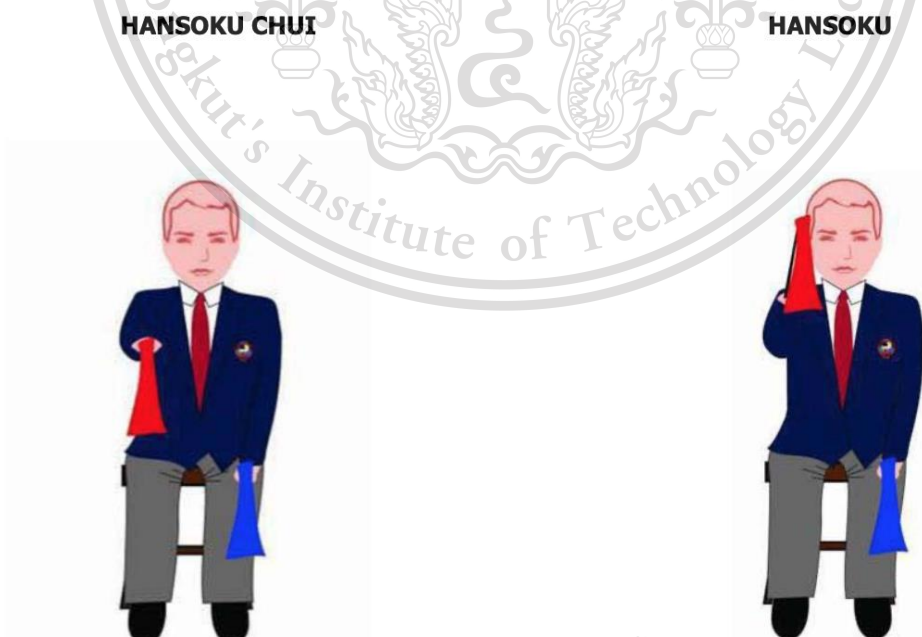
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การให้สัญญาณธงของ JUDGE สำหรับการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 2 ในท่า JOGAI (กรรมการยกธงข้างฝ่ายที่ออกนอกบริเวณ แล้วแตะบริเวณพื้นสนาม) และท่า Keikoku ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 2 ในท่า JOGAI และท่า Keikoku ตามลำดับ [1]

การให้สัญญาณธงของ JUDGE สำหรับการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 2 ในท่า Hansoku Chui และท่า Hansoku ดังรูปที่ 2.7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.7 การให้สัญญาณธงของ JUDGE ในการละเมิดพฤติกรรมต้องห้ามประเภทที่ 2 ในท่า Hansoku Chui และท่า Hansoku ตามลำดับ [1]

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

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

2.2 หน่วยวัดความเคลื่อนไหวภายใน Inertial Measurement Unit (IMU)

IMU เป็นหน่วยที่วัดความเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ที่ถูกนำไปติดตั้งโดยปกติประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้น Accelerometer และเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม Gyroscope สามารถแสดงได้ถึงข้อมูลแรงที่เกิดขึ้นกับวัตถุในทิศทางต่าง ๆ การหมุนของวัตถุ และข้อมูลอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับ การนำไปใช้งาน

เซ็นเซอร์ Accelerometer เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงของความเร่งเชิงเส้น หาก อุปกรณ์เคลื่อนที่ค่าความเร่งเชิงเส้นจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการเคลื่อนที่ หากอุปกรณ์ไม่มีการเคลื่อนที่ จะมีความเร่งจากแรงดึงดูดของโลกเท่ากับ 9.81 เมตรต่อวินาที² และหากค่าที่วัดได้จาก เซ็นเซอร์ Accelerometer จะมีค่าเท่ากับ 0 คืออุปกรณ์เคลื่อนที่ตามแรงดึงดูดของโลก

เซ็นเซอร์ Gyroscope เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุม หาก อุปกรณ์เคลื่อนที่ค่าความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการหมุนของแผ่นโพลีซิลิคอนภายในอุปกรณ์ และหากอุปกรณ์ไม่มีการเคลื่อนที่ จะไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากไม่มีความเร็ว

ไอซีรหัส MPU6050 ดังรูปที่ 2.8 เป็นเซ็นเซอร์ประเภท IMU สามารถวัดได้ทั้งความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมซึ่งภายในเซ็นเซอร์ประกอบด้วย Accelerometer และ Gyroscope ไอซี MPU6050 เป็นอุปกรณ์แบบ 6 DOF (6 Degrees of Freedom) สามารถตรวจวัดค่าได้ 6 แกน ประกอบด้วยแกน Ax, แกน Ay, แกน Az, แกน Gx, แกน Gy และแกน Gz มีความละเอียดในการวัด 16 bit และใช้การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านบัสสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสแบบ I2C



รูปที่ 2.8 เซ็นเซอร์ MPU6050 [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ภายในประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผลกลาง, หน่วยความจำ, พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต และอาจมีส่วนเพิ่มเติมขึ้นมาสามารถเขียนโปรแกรมให้ทำงานตามที่ต้องการได้

MODULE ESP32 คือไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WIFI และ Bluetooth 4.2 BLE ดังรูปที่ 2.9 ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รับการพัฒนามาจาก ESP8266 ผลิตโดยบริษัท Espressif Systems รองรับการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE และรองรับ Library ส่วนใหญ่ของ Arduino ทำให้สามารถใช้งานง่าย มีราคาไม่แพงทำให้ได้รับความนิยมมาก

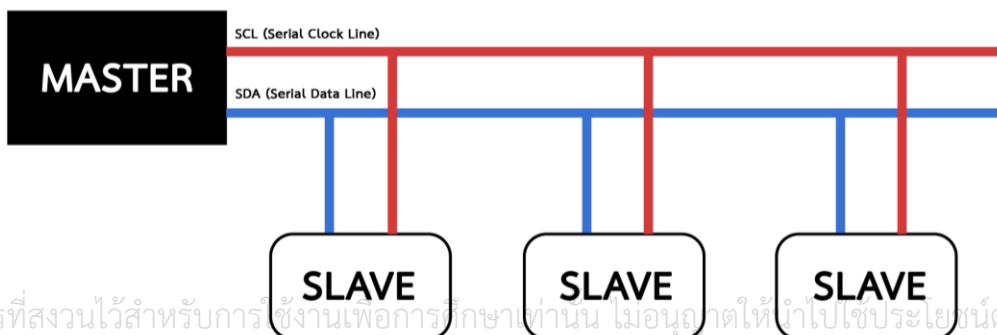


รูปที่ 2.9 MODULE ESP32 [3]

2.4 การส่งข้อมูล

2.4.1 บัสสื่อสารอนุกรม แบบซิงโครนัสแบบ I2C

I2C ย่อมาจาก Inter Integrate Circuit เป็นการสื่อสารอนุกรมแบบ synchronous โดยใช้สายไฟ 2 สายดังรูปที่ 2.10 สายไฟ 2 เส้นที่จะเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์คือ SCL ทำหน้าที่ส่งสัญญาณนาฬิกาสำหรับกำหนดความถี่ในการส่งข้อมูลและ SDA ทำหน้าที่ส่งสัญญาณข้อมูล จำเป็นต้องมีกำหนดให้อุปกรณ์เป็น Master หรือ Slave ก่อนส่งข้อมูล



รูปที่ 2.10 การส่งข้อมูลแบบ I2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.4.2 ESP-NOW

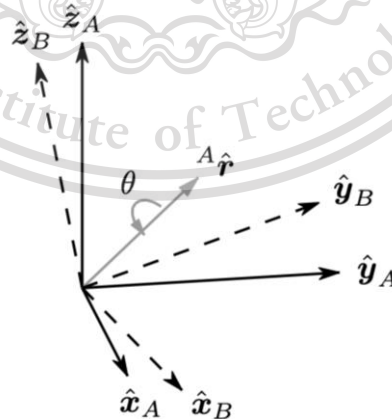
ESP-NOW คือโพรโทคอลสำหรับใช้ในการสื่อสารแบบไร้สายระหว่าง MODULE ESP32 ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปดังรูปที่ 2.11 มีขอบเขตในการสื่อสารสูงถึง 220 เมตร(ในพื้นที่เปิดโล่ง) เป็น การสื่อสารที่รวดเร็วใช้เพื่อสื่อสารข้อมูลขนาดเล็ก สามารถส่งข้อมูลได้สูงสุด 250 byte สามารถเพิ่มจำนวนหรือเปลี่ยนเป้าหมาย Module ESP32 สำหรับใช้ส่งข้อมูลได้สะดวก จากการกำหนด MAC address ของอุปกรณ์เป้าหมายในการรับข้อมูล



รูปที่ 2.11 โพรโทคอล ESP-NOW

2.5 ควอเทอร์เนียน (Quaternion)

ควอเทอร์เนียนเป็นเลขเชิงซ้อน 4 จำนวนที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงการหมุนของวัตถุ ณ ตำแหน่งปัจจุบันกับตำแหน่งก่อนหน้าดังรูปที่ 2.12 แกนอ้างอิง $A(x,y,z)$ คือตำแหน่งก่อนหน้าแกนอ้างอิง $B(x,y,z)$ คือตำแหน่งปัจจุบัน เมื่อทำการคำนวณค่าจาก Accelerometer และ Gyroscope โดยใช้ Madgwick's filter จะได้ค่าควอเทอร์เนียนเป็นการหมุนของแกนอ้างอิงวัตถุ (Body frame) ของเซ็นเซอร์ซึ่งมีการเคลื่อนที่เทียบกับแกนอ้างอิงโลกหรือแกนอ้างอิงเฉื่อย (Inertial Frame) ซึ่งไม่มีการเคลื่อนที่



รูปที่ 2.12 แกนอ้างอิง B ที่ได้จากการหมุนแกนอ้างอิง A ด้วยมุม θ ตามแนวแกน \hat{A}_r [4]

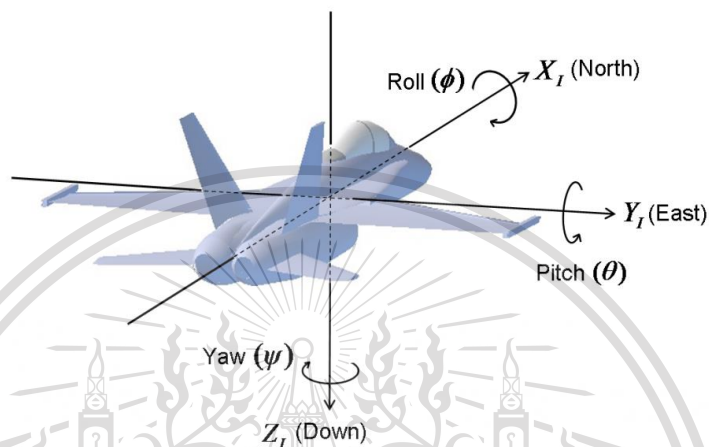
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.6 มุมออยเลอร์ (Euler Angles)

มุมออยเลอร์ (Euler Angles) คือมุมที่ใช้อธิบายการหมุนของวัตถุระหว่างแกนอ้างอิง 2 แกน โดยจะใช้อธิบายระหว่าง แกนอ้างอิงวัตถุ ของเซ็นเซอร์ซึ่งมีการเคลื่อนที่เทียบกับแกนอ้างอิงเฉื่อย ซึ่งไม่มีการเคลื่อนที่ การหมุนของวัตถุแบ่งออกเป็น 3 แกน คือ Yaw(ψ), Pitch(θ) และ Roll(ϕ) ดังรูปที่ 2.13 มุม Yaw อธิบายการหมุนรอบแกน Z (แกนของแรงโน้มถ่วงโลก) มุม Pitch อธิบายการหมุนรอบแกน Y และมุม Roll อธิบายการหมุนของวัตถุรอบแกน X



รูปที่ 2.13 การหมุนของวัตถุออกเป็น 3 แกน Roll, Pitch และ Yaw [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

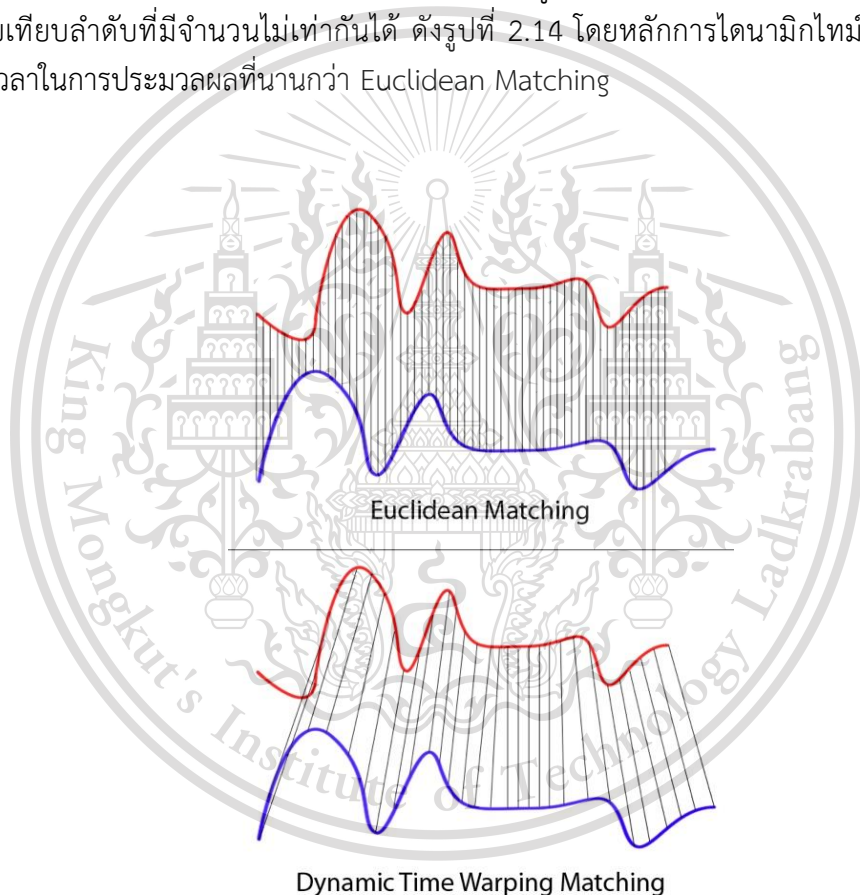
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

2.7 ไดนามิกไทม์วอร์ปิง

ไดนามิกไทม์วอร์ปิง คือการเปรียบเทียบความคล้ายของลำดับ 2 ลำดับ จากช่วงเวลาที่แตกต่างกัน และสามารถเปรียบเทียบสัญญาณที่มีความเร็วที่แตกต่างได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลากหลายเช่น ระบบจดจำเสียง การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ในท่าทางที่แตกต่างกัน เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบหลักการ Euclidean Matching กับหลักการไดนามิกไทม์วอร์ปิง ซึ่งใช้เพื่อหาลักษณะความคล้ายของสัญญาณเหมือนกัน มีความแตกต่างคือหลักการ Euclidean Matching เปรียบเทียบระหว่างลำดับสองลำดับโดยจะเปรียบเทียบระหว่างลำดับตำแหน่งเดียวกัน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบลักษณะของลำดับได้หากลำดับมีจำนวนไม่เท่ากัน ส่วนหลักการไดนามิกไทม์วอร์ปิง เป็นการเปรียบเทียบระหว่างลำดับสองลำดับโดยหาการจับคู่ที่เหมาะสมที่มีความคล้ายกันมากที่สุด และในหนึ่งตำแหน่งของแต่ละลำดับสามารถจับคู่กับหลายตำแหน่งในอีกลำดับหนึ่งได้ ทำให้เปรียบเทียบลำดับที่มีจำนวนไม่เท่ากันได้ ดังรูปที่ 2.14 โดยหลักการไดนามิกไทม์วอร์ปิง จะใช้ระยะเวลาในการประมวลผลที่นานกว่า Euclidean Matching



รูปที่ 2.14 ความแตกต่างระหว่างการเทียบสัญญาณแบบ Euclidean Matching กับหลักการไดนามิกไทม์วอร์ปิง [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 3

การพัฒนาระบบและการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการพัฒนาาระบบ

3.1.1 การเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์

จากตารางเปรียบเทียบตารางที่ 3.1 เลือกใช้ MODULE ESP32 เนื่องจากโปรแกรมจำแนกท่าทางในการให้คะแนนและการทำผิดกติกาต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถประมวลผลข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้การสื่อสารระหว่างกันโดยใช้โปรโตคอลสื่อสาร ESP-NOW เพื่อใช้การเชื่อมต่อแบบ many to one ของสื่อการแบบ one-way communication

ตารางที่ 3.1 ตารางเปรียบเทียบไมโครคอนโทรลเลอร์

Specifications	ESP8266	ESP32
CPU	Xtensa® Single-Core 32-bit L106	ESP32 Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6 600 DMIPS
802.11 b/g/n Wi-Fi	Yes, HT20	Yes, HT40
Bluetooth	-	Bluetooth 4.2 and below
Typical Frequency	80 MHz	160 MHz
SRAM	160 KB	512 KB
Flash	SPI Flash, up to 16 MB	SPI Flash, up to 16 MB
Input Voltage	2.2 V - 3.6 V	3.0 V - 3.6 V
Operation Current	80 mA average	81 mA average
Current consumption Deep Sleep	0.5uA	0.5uA
Digital I/O Pins with PWM	11 or 13	36
SPI/12C / 125 / UART	2/1/2/2	4/2/2/2
Ethernet MAC Interface	-	1
Touch Sensor	-	10
Temperature Sensor	-	Yes
Price (THB) (7/8/2020)	125	220

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อ 125 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ 220 ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.1.2 การเลือกเซ็นเซอร์

จากตารางเปรียบเทียบตารางที่ 3.2 เลือกใช้เซ็นเซอร์ MPU6050 เนื่องจากระบบการนับคะแนนในกีฬาการเตะโดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วยเซ็นเซอร์ชนิด IMU ใช้ค่าในการวัดจาก Accelerometer และ Gyroscope เท่านั้นและเมื่อเปรียบเทียบความผิดพลาดในแต่ละแกน พบว่าค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ MPU6050 มีราคาคุ้มค่าและค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ เนื่องจากอุปกรณ์ใช้ค่าแมกนิจูด Magnitude(g) (ใช้สำหรับตรวจสอบเงื่อนไขการสับัด) คำนวณจากค่าที่ได้เซ็นเซอร์ Accelerometer ทั้ง 3 แกน ซึ่งค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์เพียงพอต่อวิเคราะห์สัญญาณในแต่ละท่า

ตารางที่ 3.2 ตารางเปรียบเทียบเซ็นเซอร์

MODULE	Type			Price (THB) (7/8/ 2020)	Accelerometer					
	Acc	Gyro	Mag		SD_X	Error_X (%)	SD_Y	Error_Y (%)	SD_Z	Error_Z (%)
1. GY-91	✓	✓	✓	220	0.1449	1.3720	0.0133	0.8220	0.0112	3.5800
2. GY-BMI160	✓	✓	✗	150	0.0059	0.1380	0.0047	4.3120	0.0044	0.2060
3. GY521 (MPU6050)	✓	✓	✗	50	0.0046	0.6967	0.0028	4.2495	0.0092	0.3718
4. MPU6500	✓	✓	✗	80	0.0182	17.6700	0.0232	16.1240	0.0121	1.7060
5. GY-291	✓	✗	✗	55	0.0302	5.1860	0.0050	2.4300	0.0025	16.0100

หมายเหตุ

✗ หมายถึง ไม่แข็งแรง

✓ หมายถึง แข็งแรง

โดย

Accel คือเซ็นเซอร์ความเร่งเชิงเส้น -(Accelerometer)

Gyro คือเซ็นเซอร์ความเร็วเชิงมุม (Gyroscope)

Mag คือเซ็นเซอร์แม่เหล็ก (Magnetic)

Price (THB) คือราคาบาท

SD_X คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแกน X

Error_X (%) คือค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดแกน X

SD_Y คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแกน Y

Error_Y (%) คือค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดแกน Y

SD_Z คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแกน Z

Error_Z (%) คือค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

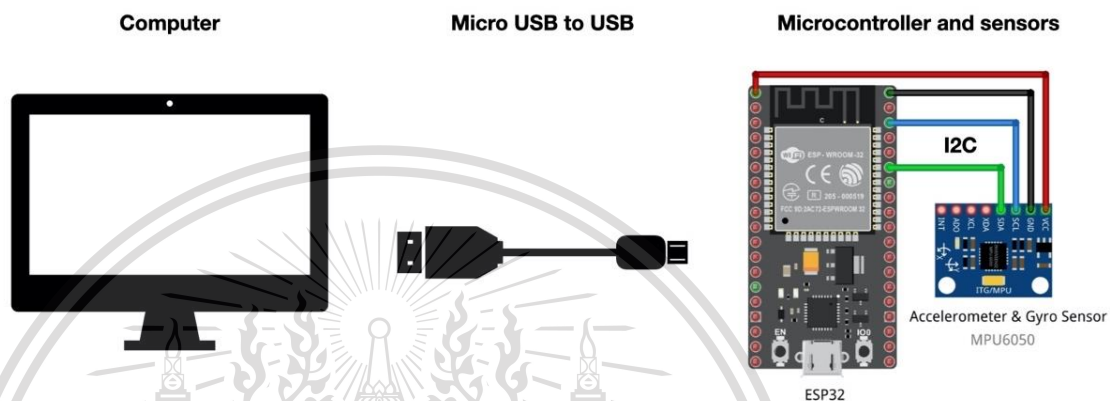
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

3.1.3 การออกแบบธงอัจฉริยะสำหรับใช้ทดสอบ

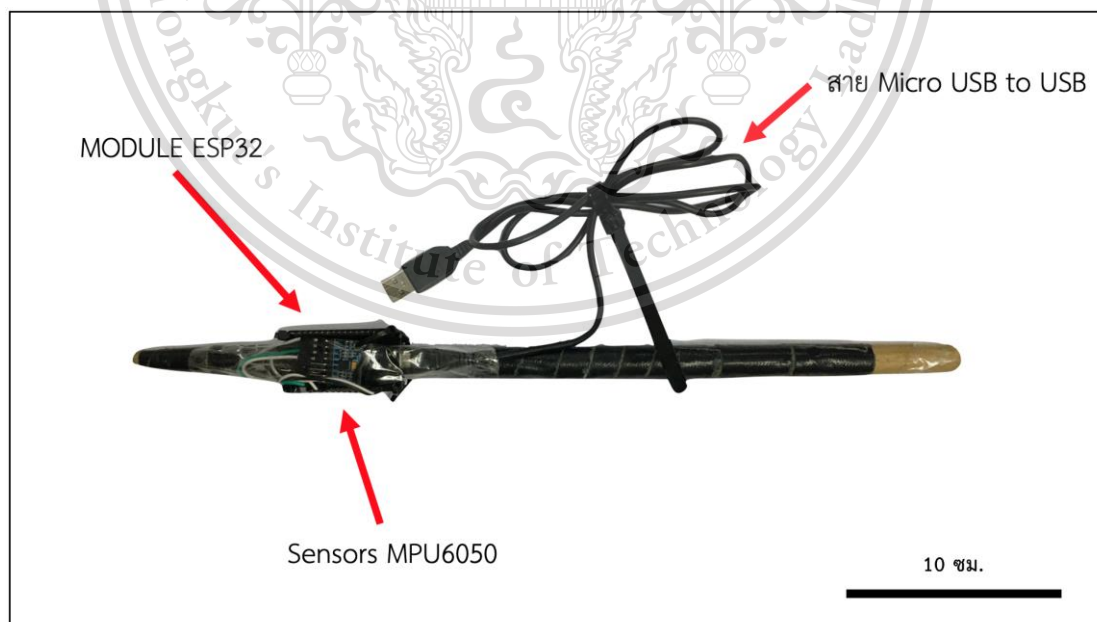
วัสดุอุปกรณ์ในการประดิษฐ์ชิ้นงาน โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบ MODULE ESP32 จำนวน 1 ชิ้น, Sensors MPU6050 จำนวน 1 ชิ้นและอุปกรณ์อื่น ๆ (Ruler, Tape, Cutter, Multimeter, Cable, Flag stick)

การเชื่อมต่อธงอัจฉริยะกับคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ทดสอบ ออกแบบให้ธงอัจฉริยะประกอบด้วย MODULE ESP32 และ Sensors MPU6050 เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านสาย Micro USB to USB ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อธงอัจฉริยะกับคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ทดสอบ

การติดตั้ง MODULE ESP32 และ Sensors MPU6050 ลงในไม้ที่มีความยาว 38.50 เซนติเมตร เพื่อใช้ในการทดสอบ รูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ธงอัจฉริยะเพื่อใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.1.4 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับแยกท่าทางในการให้คะแนน

แบ่งการเขียนโปรแกรมสำหรับแยกท่าทางในการให้คะแนนออกเป็น 2 องค์ประกอบ

3.1.4.1 โปรแกรมจำแนกท่าทางการสับตรงของกรรมการในกีฬาคาราเต้ท่า IPPON

โปรแกรมจำแนกท่าทางการสับตรงของกรรมการในกีฬาคาราเต้ท่า IPPON เป็นโปรแกรมคำนวณหาค่ามุม Pitch จากเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเคลื่อนไหว MPU6050 ที่เชื่อมต่อกับ MODULE ESP32 โดยโปรแกรมจะคำนวณค่ามุม Pitch จาก Accelerometer แกน X, Y และ Z จะได้ค่ามุม Pitch จากการหมุนแกน Y อ้างอิงจากแรงโน้มถ่วง ใช้สำหรับเทียบสัญญาณในท่า IPPON ของกีฬาคาราเต้ โดยใช้เงื่อนไขของการเทียบสัญญาณใช้หลักการไดนามิกไทม์วอร์ปิง และค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบมาจากค่ามุม Pitch ตั้งแต่เริ่มสับจนถึงสับเสร็จ มีเงื่อนไขการสับคือ เมื่อไม่สับระดับสัญญาณจะมีค่าหนึ่งและหากสับค่าระดับสัญญาณจะเปลี่ยนไป

3.1.4.2 โปรแกรมจำแนกท่าทางการสับตรงของกรรมการในกีฬาคาราเต้ท่า YUKO และท่า WAZA-ARI

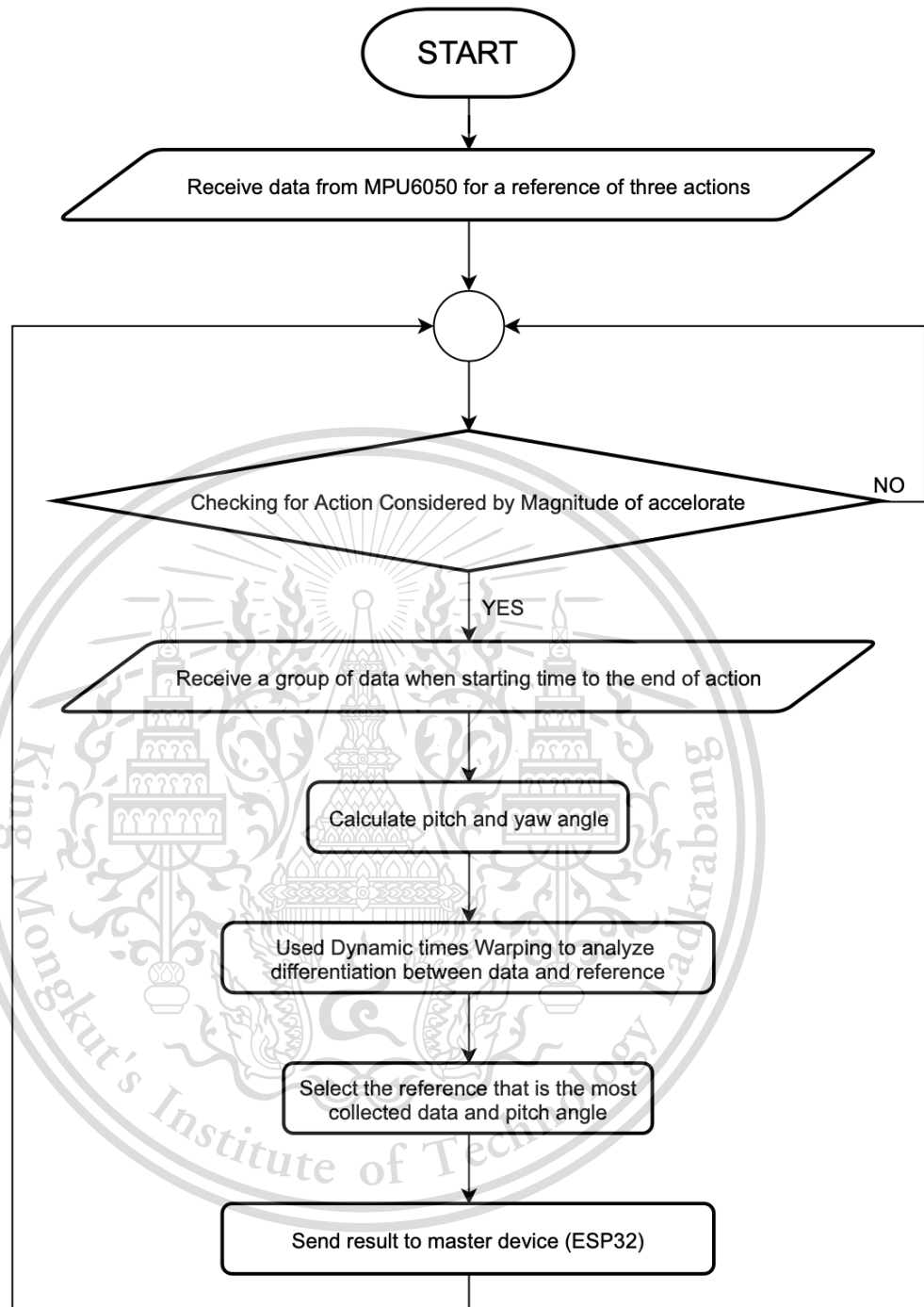
โปรแกรมจำแนกท่าทางการสับตรงของกรรมการในกีฬาคาราเต้ท่า YUKO และท่า WAZA-ARI เป็นโปรแกรมคำนวณหาค่าตำแหน่งจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเคลื่อนไหว MPU6050 ที่เชื่อมต่อกับ MODULE ESP32 ที่ติดตั้งอยู่บนธงให้คะแนนในกีฬาคาราเต้ โดยโปรแกรมจะคำนวณค่าควอเทอร์เนียนโดยใช้ค่าจาก Accelerometer และ Gyroscope จากแกน X, Y และ Z ของเซ็นเซอร์ทั้งสอง และนำค่าทั้งหมดมาคำนวณหาค่ามุมออยเลอร์เพื่อทราบการหมุนของธง และนำมาหาค่าความเร่งในแนวเดียวกับแรงโน้มถ่วง ทำการบันทึกค่าสำหรับแต่ละท่า และนำมาจำแนกท่าโดยหลักการไดนามิกไทม์วอร์ปิง จะสามารถจำแนกท่า YUKO และท่า WAZA-ARI ของกีฬาคาราเต้ได้ มีเงื่อนไขการสับคือ เมื่อไม่สับระดับสัญญาณจะมีค่าหนึ่งและหากสับ ค่าระดับสัญญาณจะเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

แผนผังการทำงานของโปรแกรมสำหรับจำแนกท่าทางในการให้คะแนน ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนผังพัฒนาโปรแกรมสำหรับแยกท่าทางในการให้คะแนน

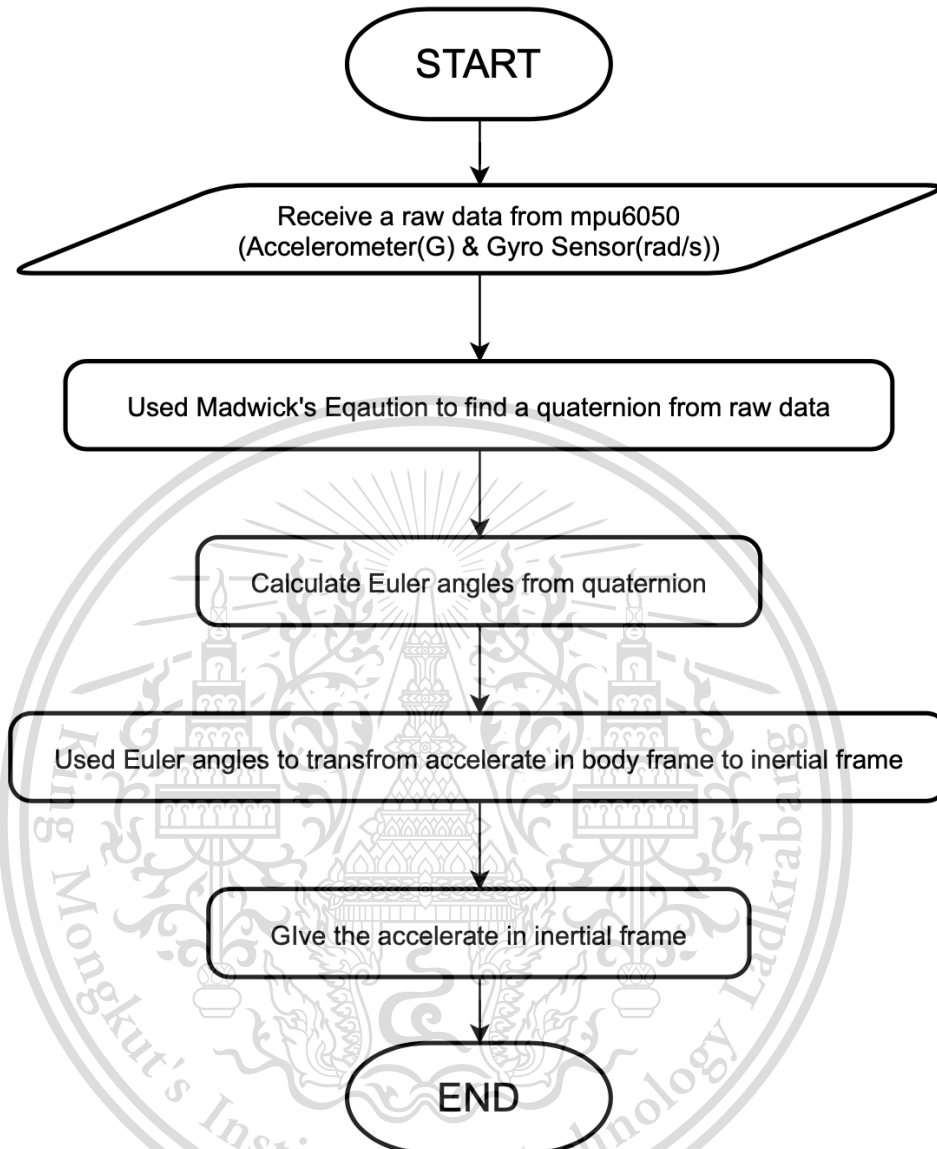
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

แผนผังการทำงานของโปรแกรมสำหรับการแปลงความเร่งโดยอ้างอิงจากแกนโลกดังรูปที่

3.4



รูปที่ 3.4 แผนผังการแปลงความเร่งโดยอ้างอิงจากแกนโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

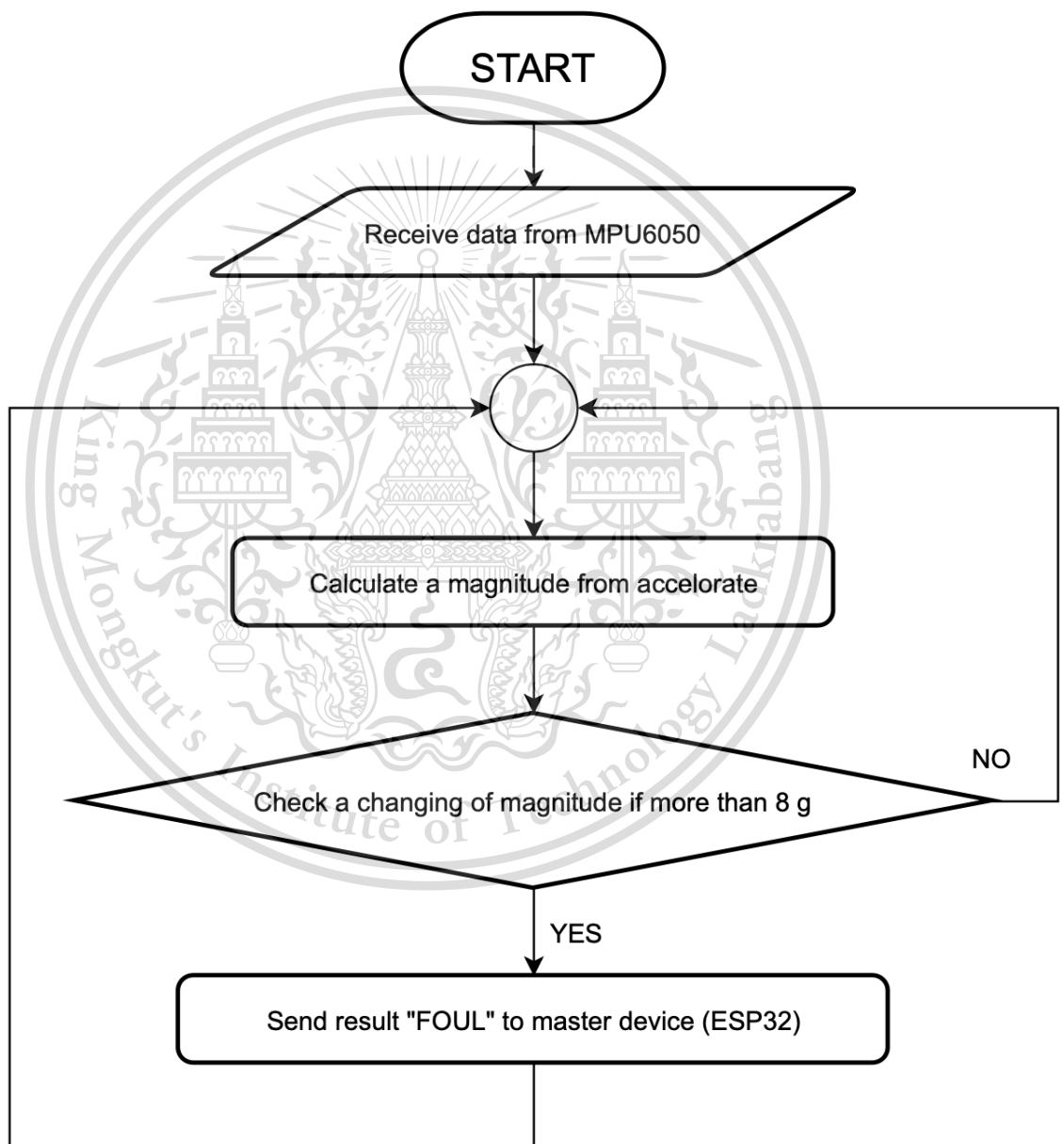
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

3.1.5 พัฒนาโปรแกรมสำหรับแยกทำการทำผิดกติกาประเภทที่ 2 ทำ JOGAI

โปรแกรมจำแนกท่าทางการสะบัดธงของกรรมการในกีฬาคาราเต้ทำ JOGAI เป็นโปรแกรมคำนวณหามุม Pitch จากเซ็นเซอร์ MPU6050 ที่เชื่อมต่อกับ MODULE ESP32 โดยโปรแกรมจะคำนวณมุม Pitch จาก Accelerometer แกน X, Y และ Z จะได้มุม Pitch จากการหมุนแกน Y อ้างอิงจากแรงโน้มถ่วงและหาค่า Magnitude ใช้สำหรับเทียบสัญญาณในท่า JOGAI ของกีฬาคาราเต้ โดยมีเงื่อนไขการตรวจคือค่า Magnitude จะมีค่าสูงกว่าค่าหนึ่งและมีมุม Pitch อยู่ในช่วงที่กำหนด

แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำแนกท่าทางการสะบัดธงของกรรมการในกีฬาคาราเต้ทำ JOGAI ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผนผังโปรแกรมจำแนกท่าทางการสะบัดธงของกรรมการในกีฬาคาราเต้ทำ JOGAI

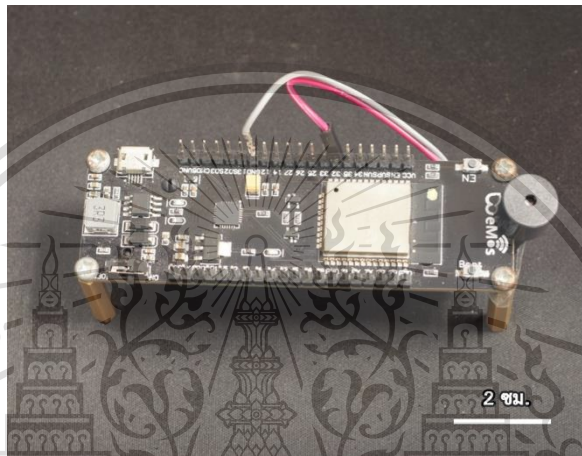
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา การนำเนื้อหาไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

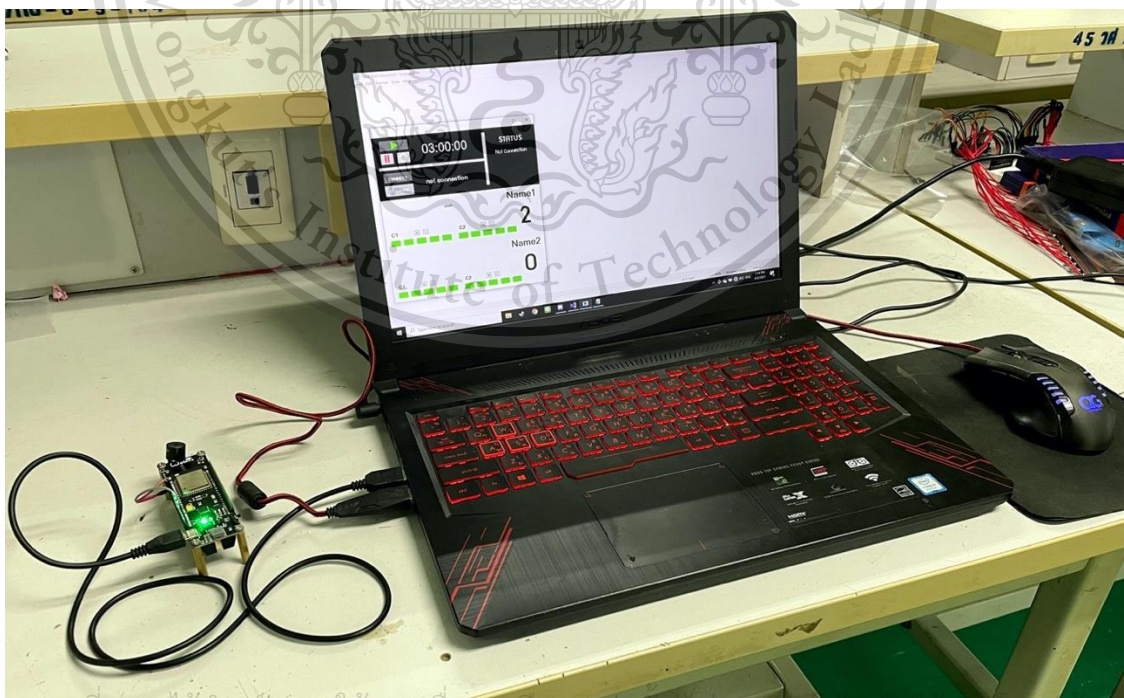
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.6 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับแจ้งเตือนผลคะแนน การทำผิดกติกา การแจ้งเตือนไปยัง REFEREE

โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้ เป็นโปรแกรมแสดงผลการแข่งขันของกีฬาคาราเต้ โดยโปรแกรมจะเชื่อมต่อ MODULE ESP32 (ตัวประมวลผลกลาง ดังรูปที่ 3.6) ดังรูปที่ 3.7 เพื่อรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากธงอัจฉริยะ ภายในโปรแกรมแสดงผลประกอบด้วย ระบบนับคะแนนแสดงผลการแข่งขัน การจับเวลา สถานะการเชื่อมต่อกับตัวประมวลผลกลางข้อมูลผลการแข่งขันล่าสุดที่ได้รับจากธงอัจฉริยะ ชื่อผู้แข่งขันและแสดงจำนวนครั้งที่ผู้แข่งขันทำผิดกติกา ลักษณะหน้าตาของโปรแกรมมีลักษณะดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.6 ตัวประมวลผลกลาง

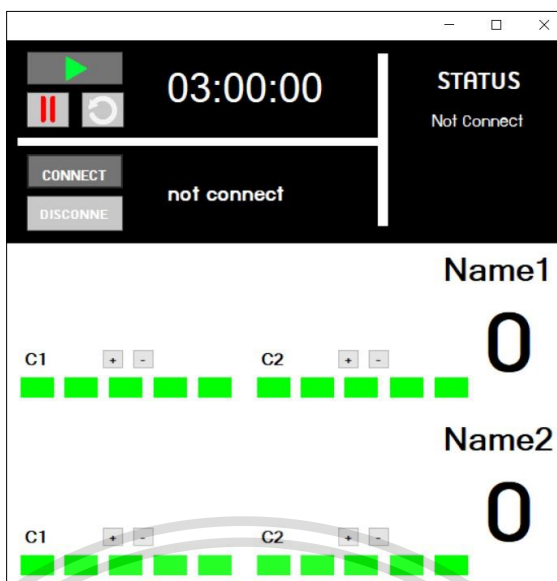


รูปที่ 3.7 โปรแกรมจะเชื่อมต่อกับตัวประมวลผลกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาดูงาน เปรียบเทียบเทคโนโลยีสารสนเทศการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 3.8 โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้

โปรแกรมนับคะแนนแสดงผลการแข่งขัน มีลักษณะการทำงานของโปรแกรมคือ เมื่อโปรแกรมได้รับข้อมูลจาก ตัวประมวลผลกลาง โปรแกรมจะนำข้อมูลมาประมวลผลโดยมีเงื่อนไขการประมวลผลคือ เมื่อจำนวนข้อมูลที่ส่งมาจากธงอัจฉริยะที่ต่างกัน มีจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับสอง ตามกติกาการแข่งขันของกีฬาคาราเต้ โปรแกรมจะหยุดเวลาที่แสดงบนหน้าจอต่างจับเวลา แสดงข้อมูลผลการแข่งขันล่าสุดที่ได้รับจากธงอัจฉริยะและแสดงคะแนนในหน้าจอแสดงผลการแข่งขัน

โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้ เป็นโปรแกรมแสดงผลลัพธ์ เมื่อตัวประมวลผลกลางได้รับข้อมูลจากธงอัจฉริยะจะเริ่มตรวจสอบข้อมูล ถ้าข้อมูลที่ได้รับคือข้อมูล “FOUL” โปรแกรมจะทำการสั่งงานให้ลำโพงแจ้งเตือนผ่านเสียงและการจับเวลา ถ้าข้อมูลที่ได้รับคือข้อมูล “LOWER” หรือข้อมูล “MIDDLE” หรือ ข้อมูล “UPPER” โปรแกรมจะทำการหน่วงเวลาเป็นเวลา 0.5 วินาที เพื่อรอรับข้อมูลอื่นเพิ่มภายในช่วงเวลาดังกล่าวและโปรแกรมจะตรวจสอบว่าถ้ามีข้อมูลที่ซ้ำกันเกินสองข้อมูลขึ้นไปเพียงข้อมูลเดียว โปรแกรมจะเปลี่ยนแปลงคะแนนในหน้าจอแสดงผล ให้สอดคล้องกับผลลัพธ์

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้เริ่มกดปุ่ม CONNECT (เมื่อโปรแกรมสามารถเชื่อมต่อกับ MODULE ESP32 ได้ โปรแกรมจะแสดงข้อความ “Connected” และอนุญาตให้ผู้ใช้งานเข้าถึงฟังก์ชันภายในโปรแกรมได้)

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อโปรแกรมแสดงข้อความ “Connected” กดปุ่มเริ่มต้นจับเวลา (สามเหลี่ยมสีเขียว)

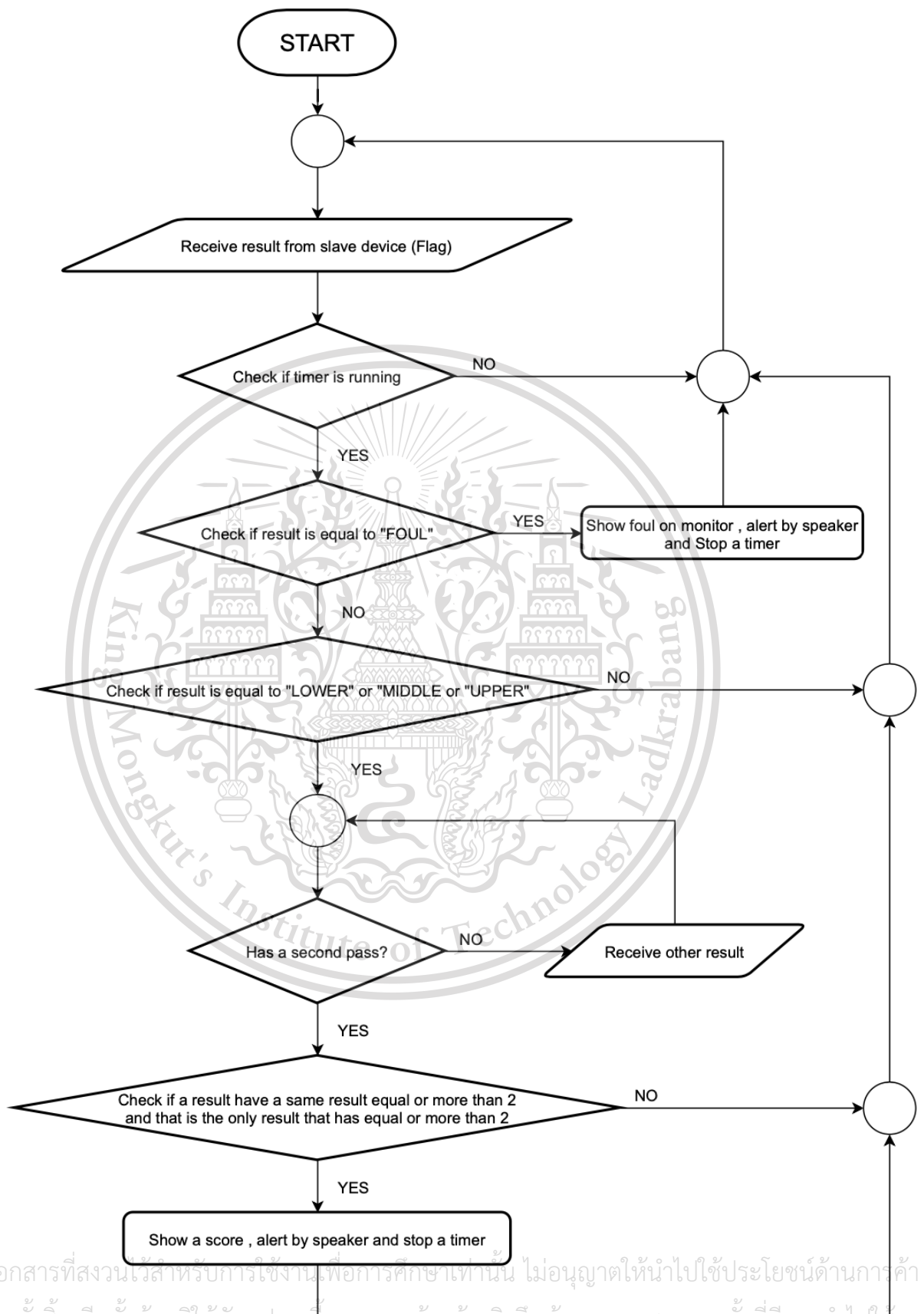
ขั้นตอนที่ 3 โปรแกรมแสดงสถานะและข้อมูลที่ได้รับจากธงอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

โดยมีแผนผังการทำงานของโปรแกรม ดังรูปที่ 3.9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

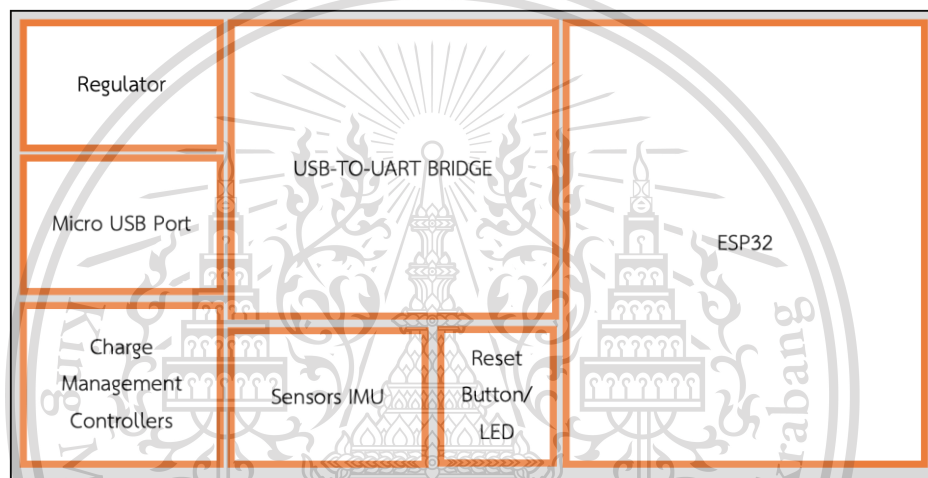
This material is reserved for รูปที่ 3.9 โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาการวเต้ for commercial use.

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

3.1.7 การออกแบบ Printed Circuit Board (PCB)

การออกแบบ PCB ใช้โปรแกรม Altium designer ในการออกแบบโดยการออกแบบประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแรกคือ Schematic และส่วนที่สองคือ PCB

ส่วนประกอบของบอร์ดที่ใช้ในธงอัจฉริยะ ดังรูปที่ 3.10 ประกอบด้วย IC MCP73831 ทำหน้าที่จัดการพลังงานแบตเตอรี่, IC BCM857BS ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์ควบคุมกระแสไฟฟ้า, IC AC2112(3.3V) ทำหน้าที่เป็นวงจรแปลงแรงดัน 3.3V จาก 2.5V ถึง 5.0V, IC CP2104 ทำหน้าที่เป็นวงจรสื่อสาร USB to Serial ผ่านทาง Serial Port, IC UMH3N ทำหน้าที่เป็นวงจรทรานซิสเตอร์ควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลของ MODULE ESP32, MODULE ESP32 ทำหน้าที่การประมวลผลข้อมูลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่างในแต่ละท่าทางและใช้สื่อสารกับอุปกรณ์รับและเซ็นเซอร์ MPU6050 ทำหน้าที่วัดข้อมูลจาก Accelerometer และ Gyroscope



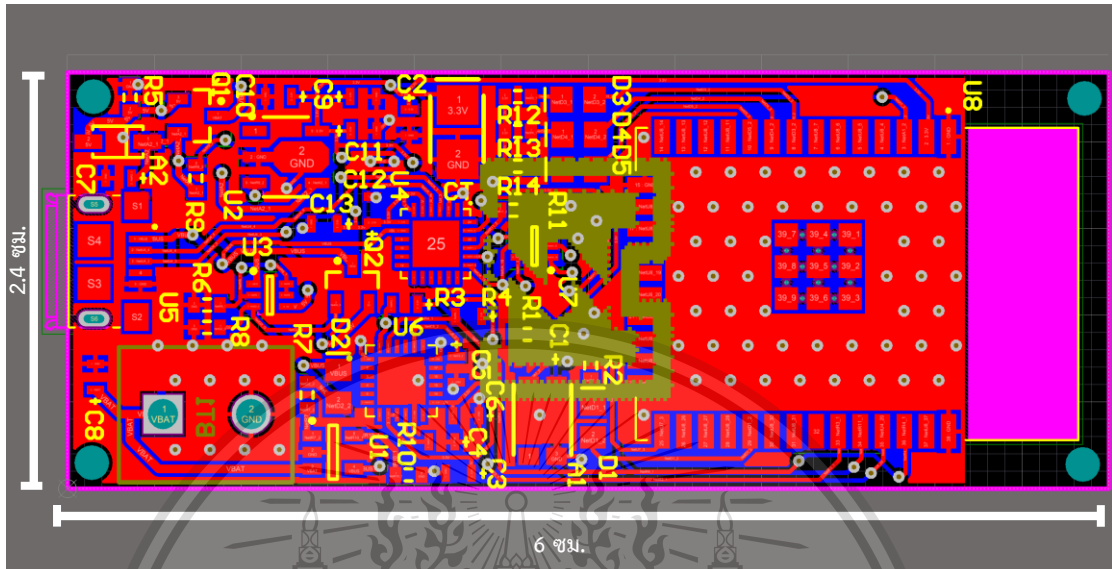
รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบของบอร์ดที่ใช้ในธงอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

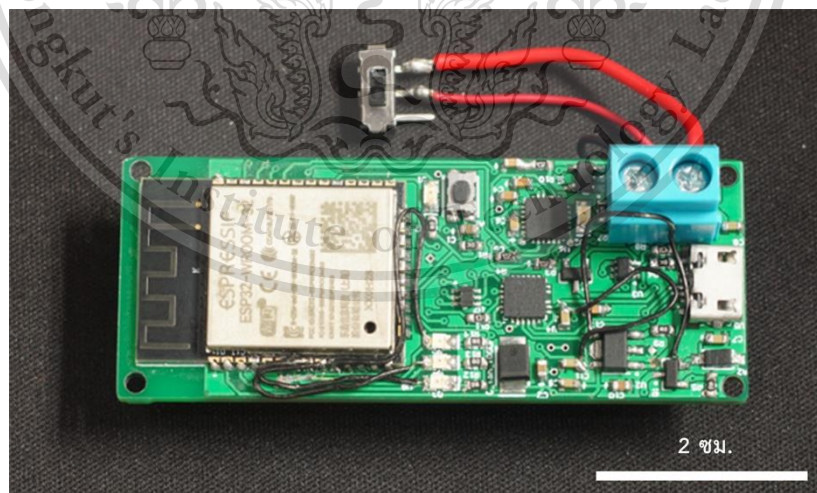
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ส่วนประกอบของ PCB ในรูปแบบ 2 มิติ ดังรูปที่ 3.11 ประกอบด้วย Footprint (อุปกรณ์มีรูปแบบและขนาดที่แตกต่างกัน) ของ IC MCP73831, IC BCM857BS, IC AC2112(3.3V), IC CP2104, IC UMH3N, MODULE ESP32 และเซ็นเซอร์ MPU6050 โดยกำหนดให้ PCB มีขนาดกว้าง 2.4 เซนติเมตร ยาว 6.0 เซนติเมตร



รูปที่ 3.11 PCB รูปแบบ 2 มิติ

จากการออกแบบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือ PCB ครั้งที่ 1 ดังรูปที่ 3.12 พบว่า PCB ยังมี ส่วน จุดเชื่อมต่อของ IC เชื่อมต่อผิดพลาดอยู่หลายจุดทำให้แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือ PCB ครั้งที่ 1 ต้องเชื่อมต่อสายไฟ จำนวน 5 เส้น เพื่อให้ธงอัจฉริยะสามารถทำงานได้



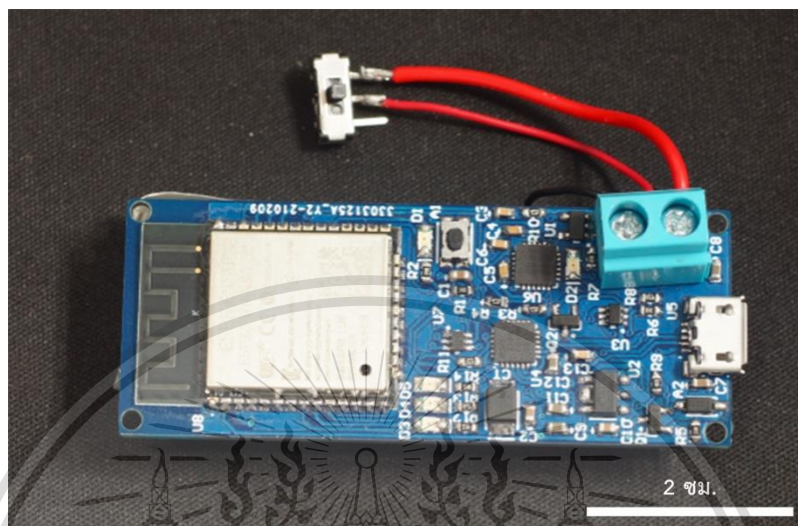
รูปที่ 3.12 PCB ที่ได้จากการออกแบบและบัดกรีครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

การออกแบบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือ PCB ครั้งที่ 2 ดังรูปที่ 3.13 ซึ่งเป็นการพัฒนามาจากการออกแบบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือ PCB ครั้งที่ 1 ได้ทำออกแบบการเชื่อมต่อสายไฟให้สมบูรณ์และเปลี่ยนสีของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือ PCB เป็นสีฟ้าและเพิ่มสัญลักษณ์ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบจักรกลไฟฟ้าหลายระดับที่ด้านหลังของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือ PCB



รูปที่ 3.13 PCB ที่ได้จากการออกแบบและบัดกรีครั้งที่ 2

3.1.8 การออกแบบธงอัจฉริยะเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

การออกแบบธงอัจฉริยะเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งาน ดังรูปที่ 3.14 ภายในธงอัจฉริยะประกอบด้วย ท่อขนาด 3/4 นิ้ว จำนวน 1 ท่อต่อธง PCB จำนวน 1 อันต่อธง ผ้าธงสีแดงหรือผ้าธงสีน้ำเงินขนาด 12 นิ้ว x 18 นิ้ว จำนวน 1 ผืนต่อธง



รูปที่ 3.14 ธงอัจฉริยะเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานจริงสีแดงและสีน้ำเงิน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

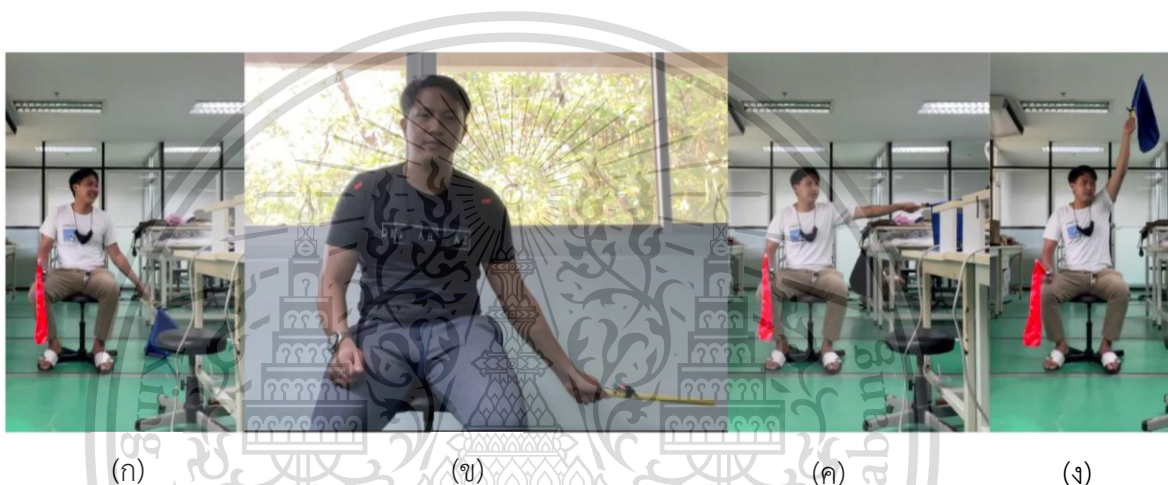
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 การทดลอง

3.2.1 การทดลองเก็บข้อมูล

การทดลองเก็บข้อมูลในรูปแบบตัวเลขและลักษณะของสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์วัด ในแต่ละท่าทางการให้คะแนน ทั้งท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON และการทำผิดกติกาประเภทที่ 2 คือ ท่า JOGAI ดังรูปที่ 3.15

เริ่มต้นการทดลองโดยให้ผู้ทดลองทั้งหมด 4 คนเริ่มต้นเก็บข้อมูลท่าทางการสะบัดธง 4 ท่า คือ ท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI, ท่า IPPON และท่า JOGAI โดยที่ผู้ทดลองอาจมีท่าทางแต่ละคนที่แตกต่างกันเล็กน้อย จากนั้นนำสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์วัดมาวิเคราะห์เพื่อหาความแตกต่างระหว่างแต่ละท่า



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

รูปที่ 3.15 การทดลองที่ 1 ผู้ทดลองใช้งานในท่า

(ก) YUKO ธงอัจฉริยะซิ่งไม่ขนานกับพื้น

(ข) YUKO ธงอัจฉริยะขนานไปกับพื้น

(ค) WAZA-ARI

(ง) IPPON

3.2.2 การทดลองเก็บข้อมูลและฟังก์ชันการใช้งานของธงอัจฉริยะผ่านการเชื่อมต่อแบบมีสาย

การทดลองเก็บข้อมูลในรูปแบบตัวเลขและลักษณะของสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์วัด ในแต่ละท่าทางการให้คะแนน ทั้งท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON ดังรูปที่ 3.16

เริ่มต้นการทดลองโดยให้ผู้ทดลองเริ่มต้นเก็บข้อมูลท่าทางการสะบัดธง 3 ท่า คือ ท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON ท่าละ 3 ครั้ง หลังจากนั้นเริ่มต้นเก็บข้อมูลโดยให้ผู้ทดลองทำท่า WAZA-ARI 3 ครั้ง, ท่าท่า YUKO 3 ครั้งและท่าท่า IPPON 3 ครั้ง หลังจากผู้ใช้งานทำท่าท่าทั้งสามท่าเพื่อหาข้อผิดพลาดหรือปัญหาของธงอัจฉริยะและข้อเสนอแนะในการใช้งานจากผู้ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 3.16 การทดลองที่ 2 ผู้ทดลองใช้งานในท่า

(ก) YUKO

(ข) WAZA-ARI

(ค) IPPON

3.2.3 การทดสอบความแม่นยำและฟังก์ชันการใช้งานของธงอัจฉริยะ

การทดลองตรวจสอบความแม่นยำในการใช้งานของฟังก์ชันหลักคือฟังก์ชันการประมวลผล เพื่อแยกแยะท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI, ท่า IPPON และการทำผิดกติกาประเภทที่ 2 คือ ท่า JOGAI เพื่อให้ธงอัจฉริยะมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นและหาความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งาน ดังรูปที่ 3.17 และรูปที่ 3.18

เริ่มต้นการทดลองโดยให้ผู้ทดลองเริ่มต้นเก็บข้อมูลท่าทางการเตะตรง 3 ท่า คือ ท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON ท่าละ 3 ครั้ง ทั้ง 2 ฝ่าย (แดงและน้ำเงิน) หลังจากนั้นเริ่มต้นเก็บข้อมูลโดยผู้ทดลองทำท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI, ท่า IPPON และท่า JOGAI ท่าละ 5 ครั้ง ตามลำดับ ทั้ง 2 ฝ่าย (แดงและน้ำเงิน) ทำการทดลองจำนวน 3 รอบและเปลี่ยนผู้ทดลอง(ผู้ทดลองจำนวน 4 คน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ก)

(ข)



(ค)

(ง)

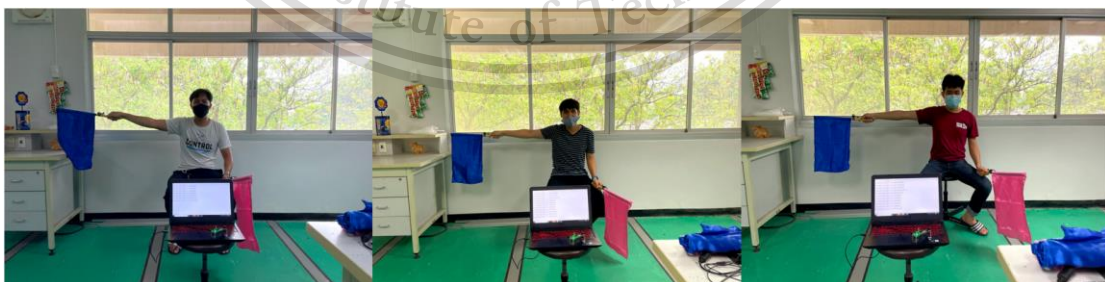
รูปที่ 3.17 การทดลองที่ 3 ผู้ทดลองใช้งานในท่า

(ก) YUKO

(ข) WAZA-ARI

(ค) IPPON

(ง) JOGAI



รูปที่ 3.18 การทดลองที่ 3 ผู้ใช้งานทดลองท่า WAZA-ARI ในองศาที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.2.4 การทดสอบเงื่อนไขการใช้งานร่วมกับโปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้ เมื่อใช้ธงอัจฉริยะจำนวน 2 ชุด

การทดลองเพื่อทดสอบการใช้งานธงอัจฉริยะร่วมกับโปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้ เพื่อตรวจสอบเงื่อนไขว่าเป็นไปตามกติกากีฬาคาราเต้หรือไม่กล่าวคือ เมื่อธงอัจฉริยะจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ชุด ส่งข้อมูลเหมือนกัน จะทำการหยุดการแข่งขันและนับคะแนน โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้ จะทำงานคือหยุดเวลา แสดงผลข้อมูลที่ได้รับจากธงอัจฉริยะและประมวลผลข้อมูลเป็นคะแนน โดยในการทดลองจะใช้ธงอัจฉริยะจำนวน 2 ชุด ดังรูปที่ 3.19

เริ่มต้นการทดลองโดยให้ผู้ทดลองเริ่มต้นเก็บข้อมูลท่าทางการเตะระดับสูง 3 ท่า คือ ท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON ท่าละ 3 ครั้ง ทั้ง 2 ฝ่าย (แดงและน้ำเงิน) หลังจากนั้นเริ่มต้นเก็บข้อมูลโดยผู้ทดลองทำท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI และท่า IPPON ดังตารางที่ 3.3, 3.4 และ 3.5 ตามลำดับดังรูปที่ 18 ทดลองจำนวน 3 รอบ

ตารางที่ 3.3 การทดลองที่ 4 ท่า YUKO

ลำดับ	คนที่ 1		คนที่ 2	
	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
1	ท่า YUKO	-	-	-
2	-	-	ท่า YUKO	-
3	ท่า YUKO	-	ท่า YUKO	-
4	-	ท่า YUKO	-	-
5	-	-	-	ท่า YUKO
6	-	ท่า YUKO	-	ท่า YUKO

ตารางที่ 3.4 การทดลองที่ 4 ท่า WAZA-ARI

ลำดับ	คนที่ 1		คนที่ 2	
	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
1	ท่า WAZA-ARI	-	-	-
2	-	-	ท่า WAZA-ARI	-
3	ท่า WAZA-ARI	-	ท่า WAZA-ARI	-
4	-	ท่า WAZA-ARI	-	-
5	-	-	-	ท่า WAZA-ARI
6	-	ท่า WAZA-ARI	-	ท่า WAZA-ARI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 3.5 การทดลองที่ 4 ท่า IPPON

ลำดับ	คนที่ 1		คนที่ 2	
	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
1	ท่า IPPON	-	-	-
2	-	-	ท่า IPPON	-
3	ท่า IPPON	-	ท่า IPPON	-
4	-	ท่า IPPON	-	-
5	-	-	-	ท่า IPPON
6	-	ท่า IPPON	-	ท่า IPPON



รูปที่ 3.19 การทดลองที่ 4 ผู้ทดลองสะบัดธงอัจฉริยะไม่พร้อมกันและผู้ทดลองสะบัดธงอัจฉริยะพร้อมกัน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.2.5 การทดสอบเงื่อนไขการใช้งานร่วมกับโปรแกรมหน้าจอสถิติผลกีฬาคาราเต้ เมื่อใช้ธงอัจฉริยะจำนวน 3 ธง

การทดลองเพื่อทดสอบการใช้งานธงอัจฉริยะร่วมกับโปรแกรมหน้าจอสถิติผลกีฬาคาราเต้ เพื่อตรวจสอบเงื่อนไขว่าเป็นไปตามกติกากีฬาคาราเต้หรือไม่กล่าวคือ เมื่อธงอัจฉริยะจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ชุด ส่งข้อมูลเหมือนกัน จะทำการหยุดการแข่งขันและนับคะแนน โปรแกรมหน้าจอสถิติผลกีฬาคาราเต้ จะทำงานคือหยุดเวลา แสดงผลข้อมูลที่ได้รับจากธงอัจฉริยะและประมวลผลข้อมูลคะแนน โดยในการทดลองจะใช้ธงอัจฉริยะจำนวน 3 ธง ดังรูปที่ 3.20

เริ่มต้นการทดลองโดยให้ผู้ทดลองเริ่มต้นเก็บข้อมูลท่าทางการเตะ 3 ท่า คือ ท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON ท่าละ 3 ครั้ง หลังจากนั้นเริ่มต้นเก็บข้อมูลโดยผู้ทดลองท่าท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI และท่า IPPON ดังตารางที่ 3.6 ทดลองจำนวน 3 รอบ

ตารางที่ 3.6 ลำดับการทดลองที่ 5

ลำดับ	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3
1	ท่า YUKO	ท่า YUKO	ท่า YUKO
2	ท่า YUKO	ท่า YUKO	ท่า WAZA-ARI
3	ท่า YUKO	ท่า YUKO	ท่า IPPON
4	ท่า WAZA-ARI	ท่า WAZA-ARI	ท่า YUKO
5	ท่า WAZA-ARI	ท่า WAZA-ARI	ท่า WAZA-ARI
6	ท่า WAZA-ARI	ท่า WAZA-ARI	ท่า IPPON
7	ท่า IPPON	ท่า IPPON	ท่า YUKO
8	ท่า IPPON	ท่า IPPON	ท่า WAZA-ARI
9	ท่า IPPON	ท่า IPPON	ท่า IPPON



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.20 การทดลองที่ 5 ผู้ทดลองหนึ่งคนจากสามคนเตะอัจฉริยะต่างจากผู้ทดลองคนอื่น

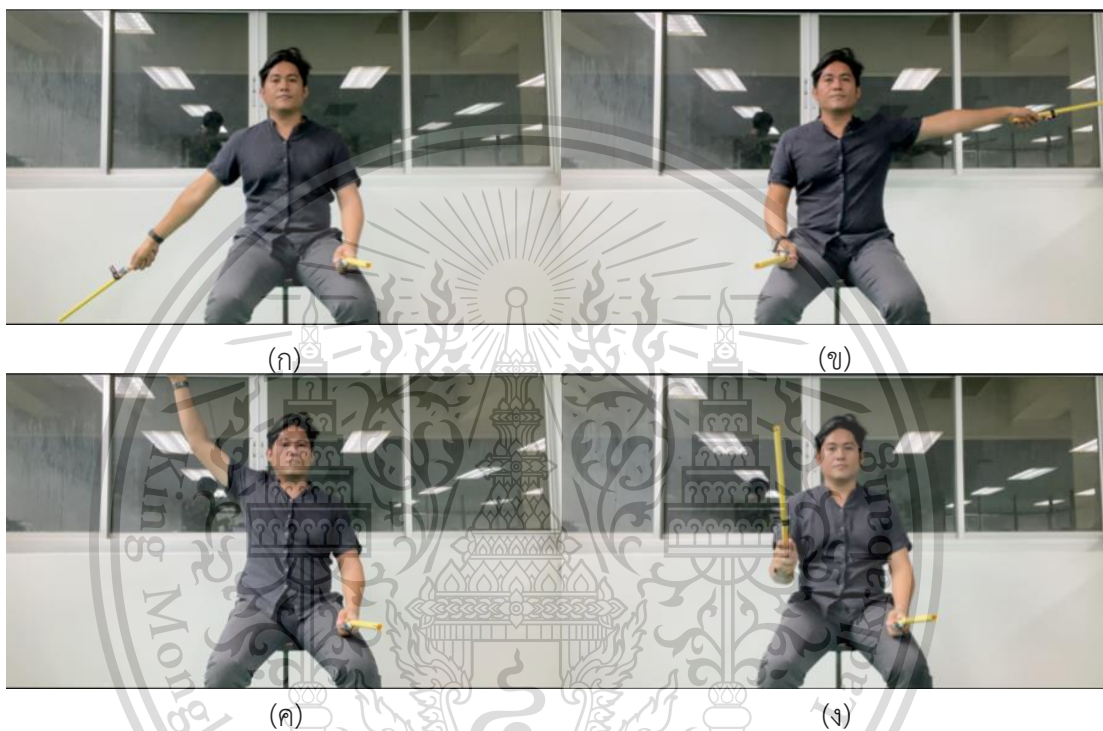
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

3.2.6 การทดลองแบบสุ่มจากผู้ใช้งานจริง

การทดลองจำลองการใช้งานในสถานการณ์จริง ที่ไม่สามารถกำหนดผลการแข่งขันได้ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการใช้งานของฟังก์ชันหลักในการใช้งานการคำนวณเปรียบเทียบท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI, ท่า IPPON และการทำผิดกติกาประเภทที่ 2 คือ ท่า JOGAI ดังรูปที่ 3.21

เริ่มต้นการทดลองโดยให้ผู้ทดลองเริ่มต้นเก็บข้อมูลท่าทางการสะบัดธง 3 ท่า คือ ท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON ท่าละ 3 ครั้ง หลังจากนั้นเริ่มต้นเก็บข้อมูลโดยผู้ทดลองสุ่มท่าท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI, ท่า IPPON และท่า JOGAI เป็นเวลา 1 นาที



รูปที่ 3.21 การทดลองที่ 6 ผู้ทดลองสุ่มท่าท่า

(ก) YUKO

(ข) WAZA-ARI

(ค) IPPON

(ง) JOGAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

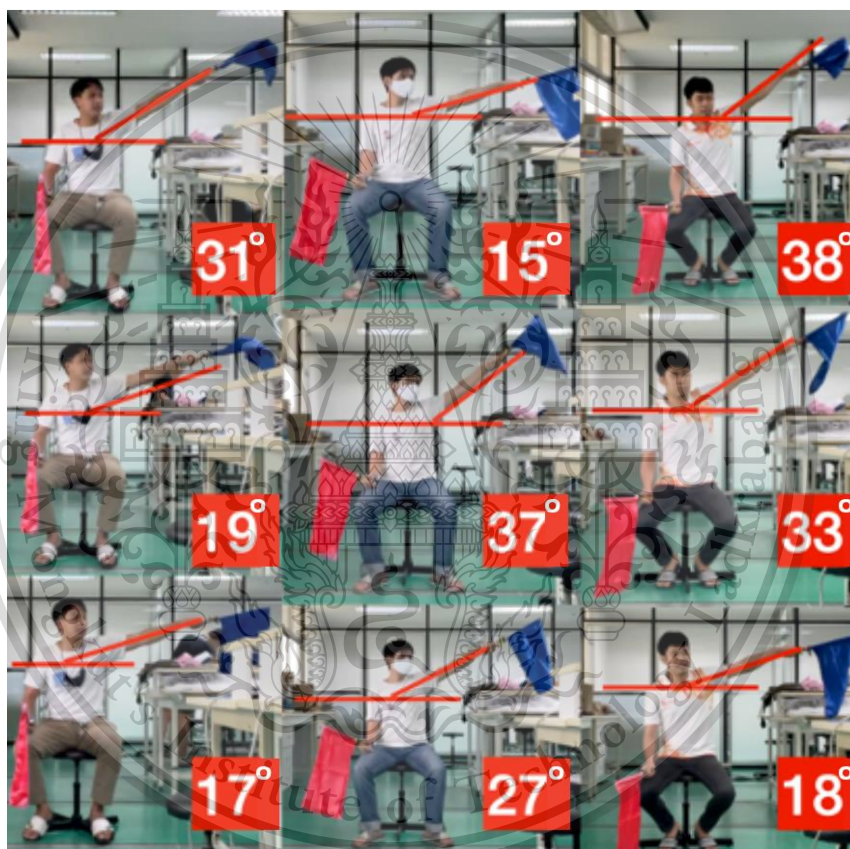
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

3.2.7 การทดลองเทียบของศาความแตกต่างของท่า YUKO ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON

การทดลองเปรียบเทียบของศาความแตกต่างของท่าการให้คะแนนในแต่ละท่าทางทั้งท่า YUKO ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON เพื่อตรวจหาองศาที่เชิงอัจฉริยะประมวลผลความแตกต่างในแต่ละท่าทางว่ามีความแตกต่างกันที่องศา โดยมีตัวอย่างการทดลองเปรียบเทียบของศาความแตกต่างของท่า WAZA-ARI ดังรูป 3.22

เริ่มต้นการทดลองโดยให้ผู้ทดลองเริ่มต้นเก็บข้อมูลท่าทางการสะบัดธง 3 ท่า คือ ท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON ท่าละ 3 ครั้ง หลังจากนั้นเริ่มต้นเก็บข้อมูลโดยผู้ทดลองสะบัดธงอัจฉริยะเริ่มต้นที่ท่า YUKO แล้วเพิ่มองศาขึ้นในการสะบัดแต่ละครั้งจนถึงท่า IPPON องศาสูงสุดคือ 90 องศา



รูปที่ 3.22 การทดลองที่ 7 การเทียบของศาความแตกต่างของท่า WAZA-ARI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

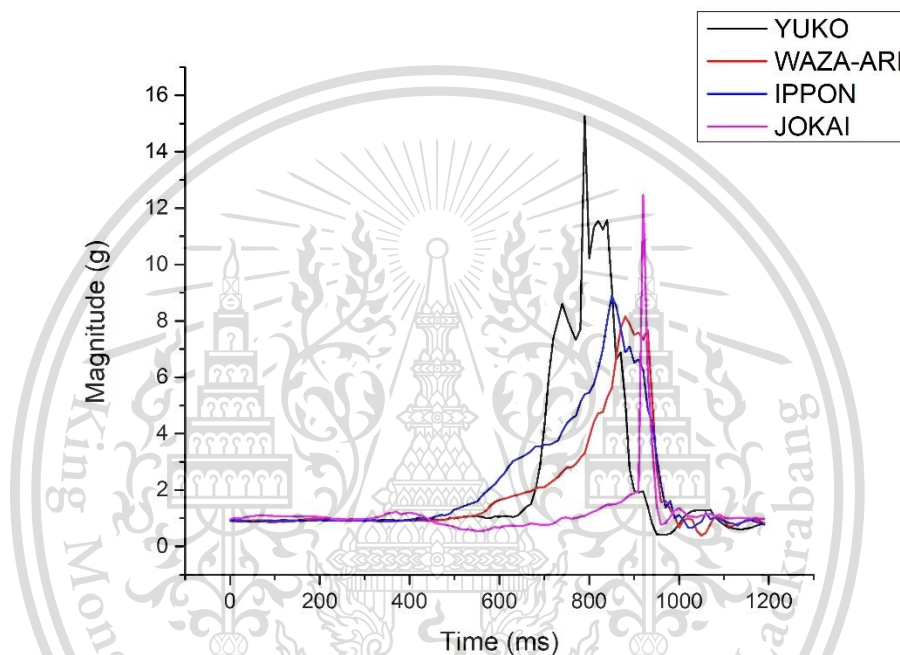
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองที่ 1 การทดลองเก็บข้อมูล

จากการทดลอง พบว่าค่า Magnitude ที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดนั้นจะมีลักษณะที่คล้ายกันคือ เมื่อตรงอยู่นิ่งจะมีค่าที่น้อยและคงที่ เมื่อมีการสะบัดธงเพื่อทำท่าต่าง ๆ ค่า Magnitude จะมีค่าเปลี่ยนแปลงโดยจะเพิ่มขึ้นสูงในระยะเวลาที่เคลื่อนที่และจะกลับมานิ่งเหมือนเดิมเมื่อหยุดเคลื่อนที่ โดยท่า YUKO จะมีค่าพุ่งสูงขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วต่างจากท่าอื่น ๆ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่า Magnitude ที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดเมื่อทำท่าทางต่าง ๆ

จากการทดลองและปรึกษานักกีฬา ท่า YUKO สามารถทำได้ 2 ท่าทางคือ ธงจะขนานไปกับพื้น หรือ ธงชี้ลงไม่ขนานกับพื้น ดังรูปที่ 4.2 โดยท่า YUKO ทั้ง 2 แบบนั้นจะมีมุม Pitch ที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 4.3 แต่ว่าจะมีค่าความเร่งในแนวแกนเดียวกับแรงโน้มถ่วงโลกที่คล้ายคลึงกัน ดังรูปที่ 4.4 โดยค่าที่นำมาแสดงจะนำมาเฉพาะส่วนที่มีการเคลื่อนไหวหรือมีค่า Magnitude มากกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งการสะบัดแต่ละท่าและแต่ละครั้งมีช่วงเวลาการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน ทำให้จำนวนข้อมูลอาจจะไม่เท่ากัน

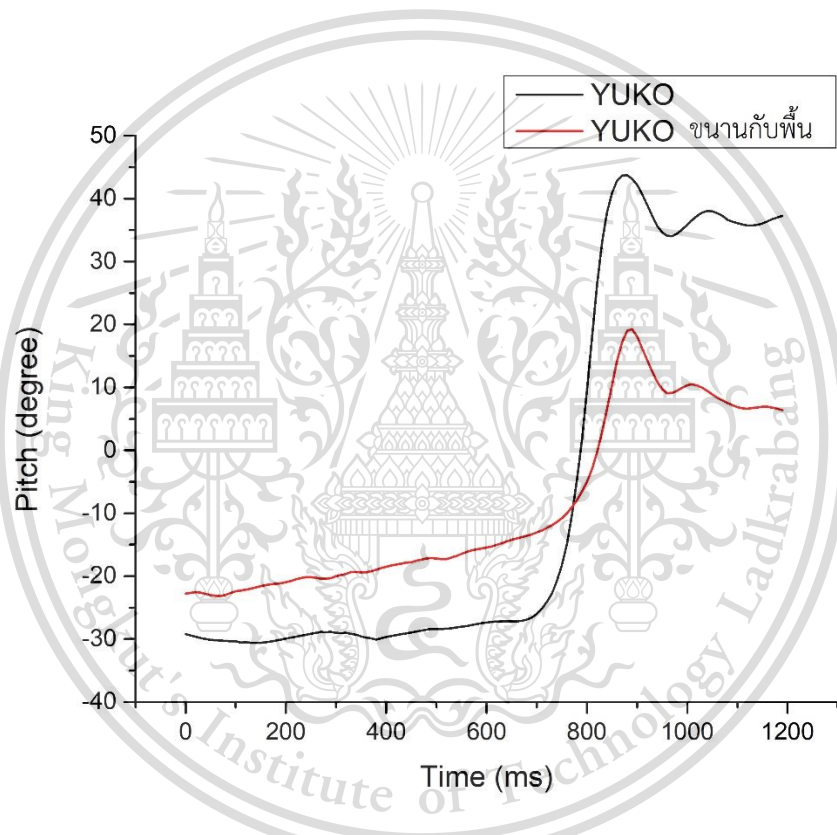
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.2 ทำ YUKO ทั้งสองแบบ

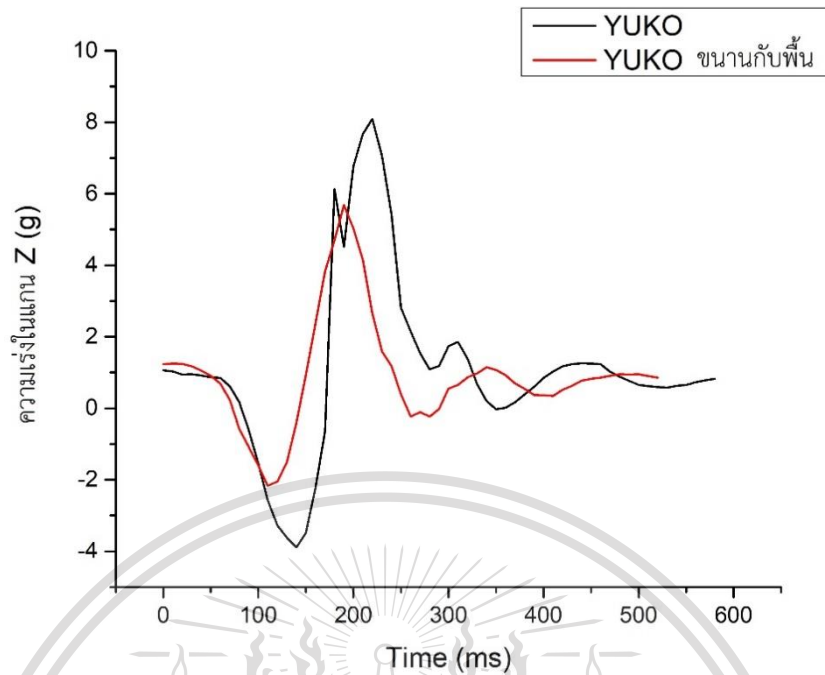


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงมุม Pitch ของท่า YUKO ทั้งสองแบบที่คำนวณจากอุปกรณ์วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

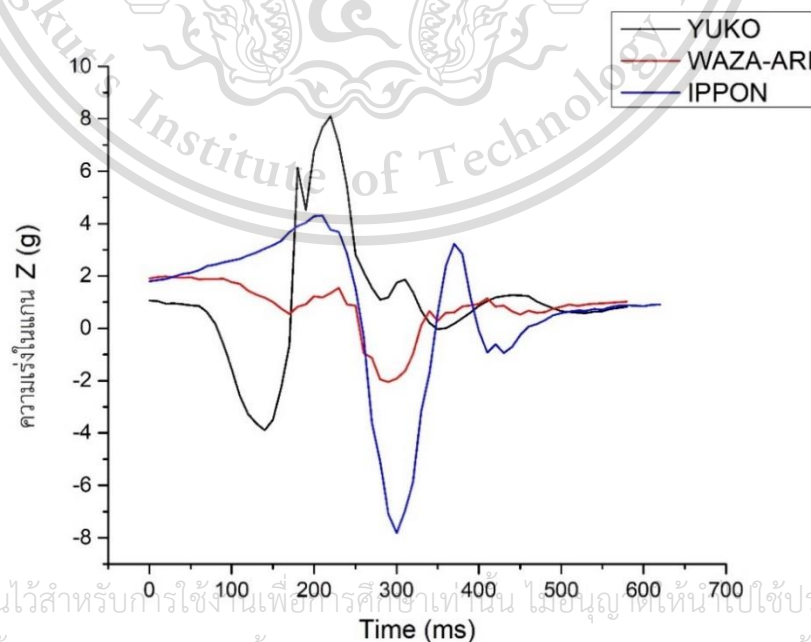
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความเร่งในแนวเดียวกับแกนโลกของท่า YUKO ทั้งสองแบบที่คำนวณจากอุปกรณ์วัด

เมื่อพิจารณาค่าความเร่งในแนวแกนเดียวกับแรงโน้มถ่วงโลกจากทั้งสามท่าพบว่าแต่ละท่าจะมีสัญญาณที่แตกต่างกันออกไป ดังรูปที่ 4.5 โดยค่าที่นำมาแสดงจะนำมาเฉพาะส่วนที่มีการเคลื่อนไหวหรือมีค่า Magnitude มากกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งการสับแต่ท่าและแต่ละครั้งมีช่วงเวลาการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน ทำให้จำนวนข้อมูลอาจจะไม่เท่ากัน



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าความเร่งในแนวเดียวกับแกนโลกของทั้งสามท่า

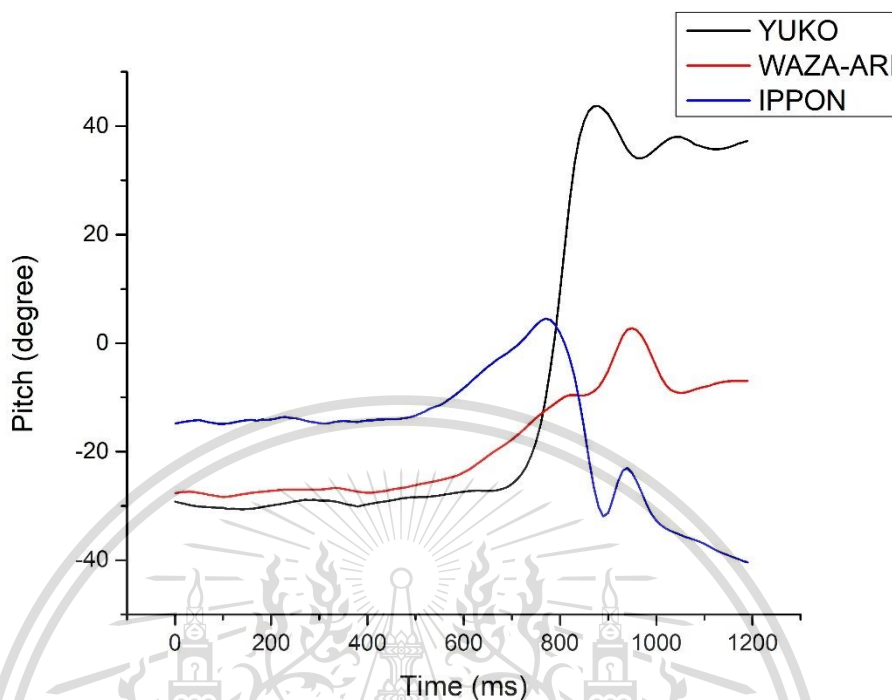
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

และมุม Pitch ที่ได้จากแต่ละท่าพบว่าในช่วงเวลาที่มีการหยุดเคลื่อนไหว ท่า IPPON จะมีมุม Pitch ที่แตกต่างจากท่าอื่น ๆ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงมุม Pitch ทั้งสามท่า

4.2 ผลการทดลองที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลและฟังก์ชันการใช้งานของธงอัจฉริยะผ่านการเชื่อมต่อแบบมีสาย

เมื่อผู้ทดลองทำท่า YUKO ท่า WAZA-ARI และท่า IPPON ตามลำดับ พบว่าเมื่อผู้ใช้สะบัดกลับมา ณ ตำแหน่งเริ่มต้น แทนการดึงกลับทำให้ธงอัจฉริยะเก็บค่าขณะสะบัดกลับมาประมวลผล และเมื่อสะบัดพบว่าสายเกิดการแกว่ง ค่าที่ได้จากการวัดจึงมีความคลาดเคลื่อน

4.3 ผลการทดลองที่ 3 การทดสอบความแม่นยำและฟังก์ชันการใช้งานของธงอัจฉริยะ

เมื่อผู้ทดลองทำท่า YUKO ท่า WAZA-ARI และท่า IPPON ตามลำดับ ค่าความแม่นยำ ท่า YUKO ทำค่าความแม่นยำ 98.33 % ท่า WAZA-ARI มีค่าความแม่นยำ 100.00 % ท่า IPPON ทำค่าความแม่นยำ 93.33 % ท่า JOGAI ทำค่าความแม่นยำ 98.33 % ดังตารางที่ 4.1 ท่า YUKO จำนวนความผิดพลาด 2 ครั้ง ท่า IPPON จำนวนความผิดพลาด 8 ครั้ง ท่า JOGAI จำนวนความผิดพลาด 2 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ 3

ท่า	ค่าความแม่นยำ (%)
ท่า YUKO	98.33
ท่า WAZA-ARI	100.00
ท่า IPPON	93.33
ท่า JOGAI	98.33

จากการทดลองกับผู้ใช้งานจริงพบว่าท่าที่ธงอัจฉริยะสามารถตรวจวัดและประมวลได้อย่างแม่นยำมากที่สุดคือท่า WAZA-ARI เนื่องจากเป็นท่าที่ยืนแขนออกไปขนานกับพื้นโลก ซึ่งเป็นท่าที่กรรมการทุกคนระดับธงอัจฉริยะได้ใกล้เคียงกันมากที่สุด รองลงมาคือท่า YUKO และท่า JOGAI ที่ต้องระดับธงเฉียงลงไปด้านล่างซึ่งไม่มีจุดอ้างอิงว่าต้องระดับไปทิศทางเท่าไร เนื่องจากแรงที่ใช้ในการระดับธงอัจฉริยะของแต่ละผู้ทดลองมีไม่เท่ากัน แต่ข้อกำหนดแรงที่ใช้ในการระดับเป็นค่าคงที่จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ท้ายสุดคือท่า IPPON ที่ต้องระดับธงเฉียงขึ้นไปด้านบน ซึ่งเป็นท่าที่ใช้แรงเพื่อยกแขนมากที่สุดจึงทำให้เกิดลักษณะท่าของกรรมการแต่ละคนหรือการออกท่าแต่ละครั้งแตกต่างกันมากที่สุด

4.4 ผลการทดลองที่ 4 การทดสอบเงื่อนไขการใช้งานร่วมกับโปรแกรมหน้าจอดีแสดงผลกีฬาคาราเต้ เมื่อใช้ธงอัจฉริยะจำนวน 2 ชุด

เมื่อผู้ทดลองทำการทดลองตามตารางที่ 3.3, 3.4 และ 3.5 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 จากการทดลองพบว่า โปรแกรมหน้าจอดีแสดงผลกีฬาคาราเต้ที่เชื่อมต่อกับ MODULE ESP32 ทำงานร่วมกับธงอัจฉริยะจำนวน 2 ชุด สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่าความแม่นยำ 100% เป็นไปตามเงื่อนไขกติกาการให้คะแนนของกีฬาคาราเต้ กล่าวคือ เมื่อธงอัจฉริยะจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ชุด ส่งข้อมูลเหมือนกัน จะทำการหยุดการแข่งขันและนับคะแนน โปรแกรมหน้าจอดีแสดงผลกีฬาคาราเต้ จะทำงานคือหยุดเวลา แสดงผลข้อมูลที่ได้รับจากธงอัจฉริยะและประมวลผลข้อมูลคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองที่ 4 ท่า YUKO

ลำดับ	คนที่ 1		คนที่ 2		ผลการทดลอง			
	ธงแดง	ธงน้ำเงิน	ธงแดง	ธงน้ำเงิน	ตาม ทฤษฎี	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	ท่า YUKO	-	-	-	×	×	×	×
2	-	-	ท่า YUKO	-	×	×	×	×
3	ท่า YUKO	-	ท่า YUKO	-	✓	✓	✓	✓
4	-	ท่า YUKO	-	-	×	×	×	×
5	-	-	-	ท่า YUKO	×	×	×	×
6	-	ท่า YUKO	-	ท่า YUKO	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองที่ 4 ท่า WAZA-ARI

ลำดับ	คนที่ 1		คนที่ 2		ผลการทดลอง			
	ธงแดง	ธงน้ำเงิน	ธงแดง	ธงน้ำเงิน	ตาม ทฤษฎี	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	ท่า WAZA-ARI	-	-	-	×	×	×	×
2	-	-	ท่า WAZA-ARI	-	×	×	×	×
3	ท่า WAZA-ARI	-	ท่า WAZA-ARI	-	✓	✓	✓	✓
4	-	ท่า WAZA-ARI	-	-	×	×	×	×
5	-	-	-	ท่า WAZA-ARI	×	×	×	×
6	-	ท่า WAZA-ARI	-	ท่า WAZA-ARI	✓	✓	✓	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองที่ 4 ท้า IPPON

ลำดับ	คนที่ 1		คนที่ 2		ผลการทดลอง			
	ธงแดง	ธงน้ำเงิน	ธงแดง	ธงน้ำเงิน	ตาม ทฤษฎี	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	ท้า IPPON	-	-	-	×	×	×	×
2	-	-	ท้า IPPON	-	×	×	×	×
3	ท้า IPPON	-	ท้า IPPON	-	✓	✓	✓	✓
4	-	ท้า IPPON	-	-	×	×	×	×
5	-	-	-	ท้า IPPON	×	×	×	×
6	-	ท้า IPPON	-	ท้า IPPON	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ

× หมายถึง ไม่แจ้งเตือน

✓ หมายถึง แจ้งเตือน

4.5 ผลการทดลองที่ 5 การทดสอบเงื่อนไขการใช้งานร่วมกับโปรแกรมหน้า

จอแสดงผลกีฬาคาราเต้ เมื่อใช้ธงอัจฉริยะจำนวน 3 ธง

เมื่อผู้ทดลองทำการทดลองตามตารางที่ 3.6 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5 จากการทดลองพบว่า โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้ที่เชื่อมต่อกับ MODULE ESP32 ทำงานร่วมกับธงอัจฉริยะจำนวน 3 ธง สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่าความแม่นยำ 100% เป็นไปตามเงื่อนไขกติกาการให้คะแนนของกีฬาคาราเต้ กล่าวคือ เมื่อธงอัจฉริยะจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ชุด ส่งข้อมูลเหมือนกัน จะทำการหยุดการแข่งขันและนับคะแนน โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้ จะทำงานคือหยุดเวลา แสดงผลข้อมูลที่ได้รับจากธงอัจฉริยะและประมวลผลข้อมูลคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองที่ 5

ลำดับ	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	ผลการทดลอง (คะแนน)			
				ตาม ทฤษฎี	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	ท่า YUKO	ท่า YUKO	ท่า YUKO	1	1	1	1
2	ท่า YUKO	ท่า YUKO	ท่า WAZA-ARI	1	1	1	1
3	ท่า YUKO	ท่า YUKO	ท่า IPPON	1	1	1	1
4	ท่า WAZA-ARI	ท่า WAZA-ARI	ท่า YUKO	2	2	2	2
5	ท่า WAZA-ARI	ท่า WAZA-ARI	ท่า WAZA-ARI	2	2	2	2
6	ท่า WAZA-ARI	ท่า WAZA-ARI	ท่า IPPON	2	2	2	2
7	ท่า IPPON	ท่า IPPON	ท่า YUKO	3	3	3	3
8	ท่า IPPON	ท่า IPPON	ท่า WAZA-ARI	3	3	3	3
9	ท่า IPPON	ท่า IPPON	ท่า IPPON	3	3	3	3

4.6 ผลการทดลองที่ 6 การทดลองแบบสุ่มจากผู้ใช้งานจริง

จากการตารางที่ 4.6 ภายใน 1 นาที ผู้ทดลองทำการทดลองทั้งหมด 16 ครั้ง ถูกต้องจำนวน 13 ครั้ง คิดเป็น 81.25% จำนวนและผิดพลาด 3 ครั้ง คือท่า IPPON จำนวน 2 ครั้งและท่า JOGAI จำนวน 1 ครั้ง เนื่องจากท่า IPPON ของผู้ใช้งานจริง มีลักษณะไม่เหมือนกับที่กำหนดค่าในโปรแกรมของธงอัจฉริยะทำให้ท่า IPPON เกิดความผิดพลาด และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในท่า JOGAI ของผู้ใช้งานจริงใช้แรงที่น้อยกว่าโปรแกรมกำหนดทำให้เกิดความผิดพลาดทำให้ธงอัจฉริยะ และท่า WAZA-ARI มีค่าความแม่นยำ 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองที่ 6

ลำดับ	ผลการทดลองตาม ทฤษฎี	ผลการทดลองจากจริง อัจฉริยะ	ผลการทดลอง
1	ท่า WAZA-ARI	ท่า WAZA-ARI	ถูกต้อง
2	ท่า IPPON	ไม่แจ้งเตือน	ไม่ถูกต้อง
3	ท่า YUKO	ท่า YUKO	ถูกต้อง
4	ท่า YUKO	ท่า YUKO	ถูกต้อง
5	ท่า YUKO	ท่า YUKO	ถูกต้อง
6	ท่า IPPON	ท่า IPPON	ถูกต้อง
7	ท่า JOGAI	ท่า JOGAI	ถูกต้อง
8	ท่า WAZA-ARI	ท่า WAZA-ARI	ถูกต้อง
9	ท่า JOGAI	ท่า JOGAI	ถูกต้อง
10	ท่า IPPON	ท่า IPPON	ถูกต้อง
11	ท่า YUKO	ท่า YUKO	ถูกต้อง
12	ท่า JOGAI	ไม่แจ้งเตือน	ไม่ถูกต้อง
13	ท่า IPPON	ท่า IPPON	ถูกต้อง
14	ท่า IPPON	ไม่แจ้งเตือน	ไม่ถูกต้อง
15	ท่า WAZA-ARI	ท่า WAZA-ARI	ถูกต้อง
16	ท่า JOGAI	ท่า JOGAI	ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

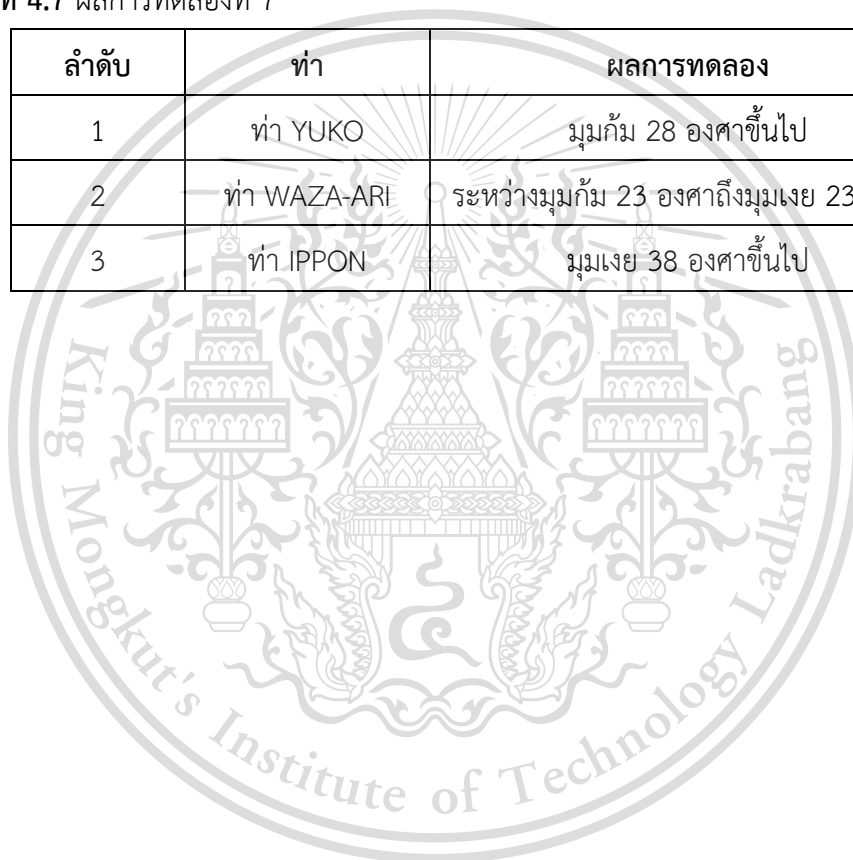
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.7 ผลการทดลองที่ 7 การทดลองเทียบองศาความแตกต่างของท่า YUKO ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON

จากการทดลองระดับเปรียบเทียบองศาความแตกต่างของท่าการให้คะแนนในแต่ละท่าทาง ทั้งท่า YUKO ท่า WAZA-ARI และ ท่า IPPON เพื่อตรวจหาองศาที่ธงอัจฉริยะประมวลผลความแตกต่างในแต่ละท่าทาง พบว่าได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.7 และช่วงองศาที่มุมเงยมีค่าระหว่าง 23 องศาถึง 38 องศา ผลการประมวลผลของธงอัจฉริยะจะแสดงผลที่ระหว่างท่า WAZA-ARI และท่า IPPON ช่วงองศาที่มุมก้มมีค่าระหว่าง 23 องศา ถึง 28 องศา ผลการประมวลผลของธงอัจฉริยะจะแสดงผลที่ระหว่างท่า WAZA-ARI และท่า YUKO

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองที่ 7

ลำดับ	ท่า	ผลการทดลอง
1	ท่า YUKO	มุมก้ม 28 องศาขึ้นไป
2	ท่า WAZA-ARI	ระหว่างมุมก้ม 23 องศาถึงมุมเงย 23 องศา
3	ท่า IPPON	มุมเงย 38 องศาขึ้นไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 5

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดลองพบว่าท่าทางการสะบัดธงแต่ละท่าสามารถจำแนกได้โดยใช้ความเร่งในแนวเดียวกับแรงโน้มถ่วงโลก มุม Pitch และค่า Magnitude การสะบัดธงในท่า YUKO, ท่า WAZA-ARI, ท่า IPPON และท่า JOGAI แต่ละท่ามีความแม่นยำ 98.33%, 100.00%, 93.33% และ 98.33% ตามลำดับ ท่าการให้คะแนนมีช่วงมุมก้ม – มุมเงยต่างกันท่า YUKO มีมุมก้ม 28 องศาขึ้นไปท่า WAZA-ARI อยู่ระหว่างมุมก้ม 23 องศา ถึงมุมเงย 23 องศา และท่า IPPON มุมเงย 38 องศาขึ้นไป ในส่วนของโปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาการวิเคราะห์การนับคะแนนได้ตามกฎและไม่มีข้อผิดพลาด

จากการทดลองกับผู้ใช้งานจริงพบว่าธงอัจฉริยะพบว่าท่า IPPON และท่า JOGAI เกิดความผิดพลาดและต้องพัฒนาการวิเคราะห์ต่อไป ส่วนท่า WAZA-ARI ไม่พบความผิดพลาด

แผ่น PCB สำหรับธงอัจฉริยะสามารถประมวลผลและเชื่อมต่อกับตัวประมวลผลกลางได้อย่างมีประสิทธิภาพ และขนาดของแผ่น PCB มีขนาดที่เหมาะสม สามารถใช้งานจริงได้

หน้าจอแสดงผลสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นาฬิกาจับเวลาสามารถหยุดเวลาเมื่อมีการนับคะแนนหรือการผิดกติกาได้ทันทีและสามารถแจ้งเตือนผลลัพธ์การวิเคราะห์ท่าไปยัง REFEREE ได้ในทันที

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

- ท่าทางการสะบัดธงของกรรมการแต่ละคนอาจไม่เหมือนกัน
- ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน่วยความจำไม่พอสำหรับการประมวลผล
- การใช้งานจริงผ่านการเชื่อมต่อแบบมีสาย มีผลต่อการอ่านค่าของเซนเซอร์เมื่อสายมีการรั้งทำให้ประมวลผลผิดพลาด

5.3 แนวทางแก้ไข

- ทำการพัฒนาซอฟต์แวร์การประมวลผลให้ดียิ่งขึ้น
- ทำการเปลี่ยนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำเพิ่มขึ้น
- ออกแบบอุปกรณ์ให้เป็นแบบไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการโปรแกรมจำแนกท่าทางการสะบัดธงของกรมการในกีฬาคาราเต้ยังมีความผิดพลาดเกิดขึ้นอยู่อันเนื่องมาจากการสะบัดธงอัจฉริยะของผู้ใช้งานจริงมีแรงและทิศทางที่ไม่เท่ากัน ในท่าเดียวกัน โปรแกรมจึงต้องได้รับการพัฒนาต่อไปโดยเก็บข้อมูลที่ทดสอบกับผู้ใช้งานจริงให้มากขึ้น เพื่อพัฒนาโปรแกรมมีเกณฑ์การแยกแยะท่าทางการสะบัดธงอัจฉริยะที่แม่นยำและเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด จนระบบการนับคะแนนในกีฬาคาราเต้โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วยเซนเซอร์ชนิด IMU สามารถใช้ในการแข่งขันกีฬาคาราเต้ได้จริงและสามารถแยกแยะท่าทางอื่นที่ใช้ในการแข่งขันคาราเต้ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เอกสารอ้างอิง

- [1] World Karate Federation. (2019, Dec 2). **กติกาการแข่งขัน Karate [Online]**. ทีมงานผู้ตัดสินสมาคมกีฬาคาราเต้แห่งประเทศไทย, Available: <https://thailandkarate.com/wp-content/uploads/2019/01/WKF-Competition-Rule-2019-Thai-V.1-1.2.2019-by-TKF.pdf>
- [2] Electronics Source Co.,Ltd. (2021). **MPU6050 [Online]**. Available: <https://www.es.co.th/detail.asp?Prod=016901515>
- [3] Mouser Electronics, Inc. (2021). **ESP32 [Online]**. Available: <https://th.mouser.com/ProductDetail/356-ESPWROOM3216MB>
- [4] Sebastian O.H. Madgwick, “**An efficient orientation filter for inertial and inertial / magnetic sensor arrays,**” 2010.
- [5] CH Robotics. (2020). **Understanding Euler Angles [Online]**. Available: <http://www.chrobotics.com/library/understanding-euler-angles>
- [6] Wikipedia. (2017). **Dynamic time warping [Online]**. Available: https://th.wikipedia.org/wiki/Dynamic_time_warping
- [7] Espressif Systems (Shanghai) Co., Ltd., “**ESP32-WROOM-32 Datasheet,**” ESP32-WROOM-32 datasheet, Feb. 2021, [Revised Sept. 2021].
- [8] InvenSense Inc., “**MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification,**” MPU6050 datasheet, Aug. 2013, [Revised Sept. 2013].
- [9] Nitin J. Sanket. (2019). **Madgwick Filter. [Online]**. Available: <https://nitinjsanket.github.io/tutorials/attitudeest/madgwick>
- [10] Rui Santos. (2020). **ESP-NOW Two-Way Communication Between ESP32 Boards [Online]**. Available: <https://randomnerdtutorials.com/esp-now-two-way-communication-esp32/>
- [11] A. Akl and S. Valaee, “**Accelerometer-based gesture recognition via dynamic-time warping, affinity propagation, & compressive sensing,**” 2010 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2010, pp. 2270-2273.
- [12] A. Bahillo, I. Angulo, E. Onieva, A. Perallos and P. Fernández, “**Low-cost Bluetooth foot-mounted IMU for pedestrian tracking in industrial environments,**” 2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 2015, pp. 3430-3434.
- [13] A. Jacob, W. N. Wan Zakaria and M. R. B. Md Tomari, “**Implementation of IMU sensor for elbow movement measurement of Badminton players,**” 2016 2nd IEEE International Symposium on Robotics and Manufacturing Automation (ROMA), 2016, pp. 1-6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ เช่น การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์เป็นของเจ้าของเอกสาร และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

- [14] Anuar, K. S. M. Sahari and E. C. Yue, "Development of a low cost upper limb motion tracking system with real-time visual output," 2016 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS), 2016, pp. 146-150.
- [15] C. F. Martindale et al., "Segmentation of gait sequences using inertial sensor data in hereditary spastic paraplegia," 2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2017, pp. 1266-1269.
- [16] CieloStrive. 2020. "GESTURE-RECOGNITION-DYNAMIC-TIME-WARPING". <https://github.com/CieloStrive/GESTURE-RECOGNITION-DYNAMIC-TIME-WARPING>
- [17] H. Ahmed and M. Tahir, "Improving the Accuracy of Human Body Orientation Estimation With Wearable IMU Sensors," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 66, no. 3, pp. 535-542.
- [18] H. T. Duong and Y. S. Suh, "Walking distance estimation of a walker user using a wrist-mounted IMU," 2017 56th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), 2017, pp. 1061-1064.
- [19] H. Zhao, Z. Wang, S. Qiu, Y. Shen and J. Wang, "IMU-based gait analysis for rehabilitation assessment of patients with gait disorders," 2017 4th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI), 2017, pp. 622-626.
- [20] M. Fugini, J. Finocchi and G. Trasa, "Gesture Recognition using Dynamic Time Warping," 2020 IEEE 29th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE), 2020, pp. 279-282.
- [21] M. Kang, H. Kang, C. Lee and K. Moon, "The gesture recognition technology based on IMU sensor for personal active spinning," 2018 20th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), 2018, pp. 546-552.
- [22] M. M. Hamdi, M. I. Awad, M. M. Abdelhameed and F. A. Tolbah, "Lower limb motion tracking using IMU sensor network," 2014 Cairo International Biomedical Engineering Conference (CIBEC), 2014.
- [23] O. Wongwirat and C. Chaiyarat, "A position tracking experiment of mobile robot with Inertial Measurement Unit (IMU)," ICCAS 2010, 2010, pp. 304-308.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่มีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีนำไปใช้

[24] P. A. C. Widagdo, H. Lee and C. Kuo, "Limb motion tracking with inertial measurement units," 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2017, pp. 582-587.

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

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

- [25] Prayudi and D. Kim, "Design and implementation of IMU-based human arm motion capture system," 2012 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2012, pp. 670-675.
- [26] S. Bakhshi, M. H. Mahoor and B. S. Davidson, "Development of a body joint angle measurement system using IMU sensors," 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2011, pp. 6923-6926.
- [27] S. Tang, W. Yang, A. Bajenov and Y. Shen, "Inertial-Measurement-Unit (IMU) Based Motion Tracking for Biomimetic Hyper-Redundant Snake Robot," 2017 IEEE 7th Annual International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), 2017, pp. 1124-1129.
- [28] Southwest Center for Microsystems Education (SCME). 2009. "MEMS Applications Overview Learning MODULE Participant Guide," University of New Mexico, Mexico
- [29] U. Mavuş and V. Sezer, "Head gesture recognition via dynamic time warping and threshold optimization," 2017 IEEE Conference on Cognitive and Computational Aspects of Situation Management (CogSIMA), 2017, pp. 1-7.
- [30] X. Li, L. Zhou and Y. Li, "A Multi-model Human Motion Tracking Approach with Wearable IMU Sensors," 2020 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), 2020, pp. 1871-1876.
- [31] X. Wang, M. Kyrarini, D. Ristić-Durrant, M. Spranger and A. Gräser, "Monitoring of gait performance using dynamic time warping on IMU-sensor data," 2016 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA), 2016, pp. 1-6.
- [32] X. Wang, M. Kyrarini, D. Ristić-Durrant, M. Spranger and A. Gräser, "Monitoring of gait performance using dynamic time warping on IMU-sensor data," 2016 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA), 2016, pp. 1-6.
- [33] Y. Chou, H. Cheng, C. Cheng, K. Su and C. Yang, "Dynamic time warping for IMU based activity detection," 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2016, pp. 003107-003112.
- [34] Y. Luo, J. Liu and S. Shimamoto, "Wearable Air-Writing Recognition System employing Dynamic Time Warping," 2021 IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), 2021, pp. 1-6.
- [35] Y. Wang and H. Ma, "Real-Time Continuous Gesture Recognition with Wireless Wearable IMU Sensors," 2018 IEEE 20th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 2018, pp. 1-6.

- [36] Y. Zhang, L. Xu and G. Sun, "**Indoor positioning based on lower limb motion,**" 2016 International Conference on Robotics and Automation Engineering (ICRAE), 2016, pp. 92-96.
- [37] Y. Zhang, Y. Fei, L. Xu and G. Sun, "**Micro-IMU-based motion tracking system for virtual training,**" 2015 34th Chinese Control Conference (CCC), 2015, pp. 7753-7758.
- [38] Zhe Ji, Zhi-Yi Li, Peng Li and MaoBo An, "**A new effective wearable hand gesture recognition algorithm with 3-axis accelerometer,**" 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2015, pp. 1243-1247.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



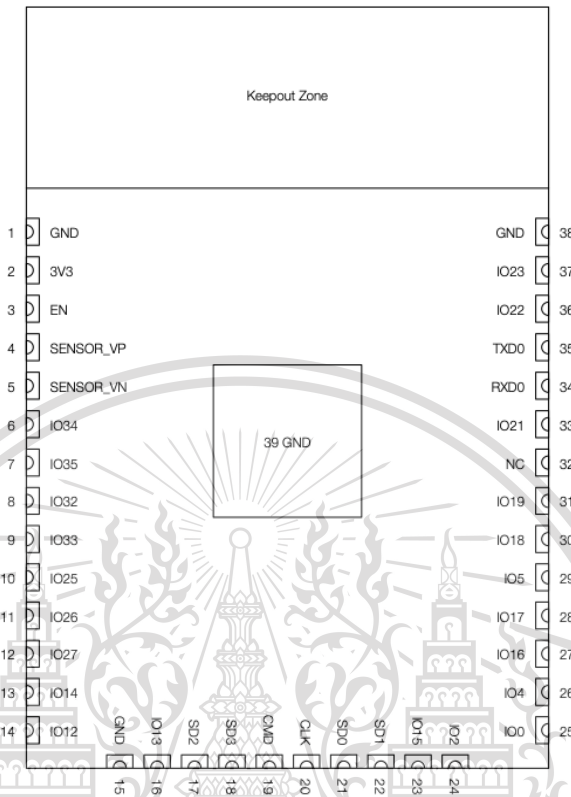
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ภาคผนวก ก

MODULE ESP32



รูปที่ ก.1 การเชื่อมต่อในแต่ละขาของ MODULE ESP32 [7]

Name	No.	Type	Function
GND	1	P	Ground
3V3	2	P	Power supply
EN	3	I	Module-enable signal. Active high.
SENSOR_VP	4	I	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_VN	5	I	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3
IO34	6	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
IO35	7	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
IO32	8	I/O	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz crystal oscillator input), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
IO33	9	I/O	GPIO33, XTAL_32K_N (32.768 kHz crystal oscillator output), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8

รูปที่ ก.2 คุณสมบัติการเชื่อมต่อในแต่ละขาของ MODULE ESP32 หน้าที่ 1 [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Name	No.	Type	Function
IO25	10	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	11	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	12	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
IO14	13	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
IO12	14	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
GND	15	P	Ground
IO13	16	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
SHD/SD2*	17	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SWP/SD3*	18	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
SCS/CMD*	19	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
SCK/CLK*	20	I/O	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
SDO/SD0*	21	I/O	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS
SDI/SD1*	22	I/O	GPIO8, SD_DATA1, SPID, HS1_DATA1, U2CTS
IO15	23	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTDO, HSPICS0, RTC_GPIO13, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
IO2	24	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO0	25	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	26	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
IO16	27	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
IO17	28	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
IO5	29	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO18	30	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO19	31	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
NC	32	-	-
IO21	33	I/O	GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN
RXD0	34	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
TXD0	35	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
IO22	36	I/O	GPIO22, VSPWP, U0RTS, EMAC_TXD1
IO23	37	I/O	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
GND	38	P	Ground

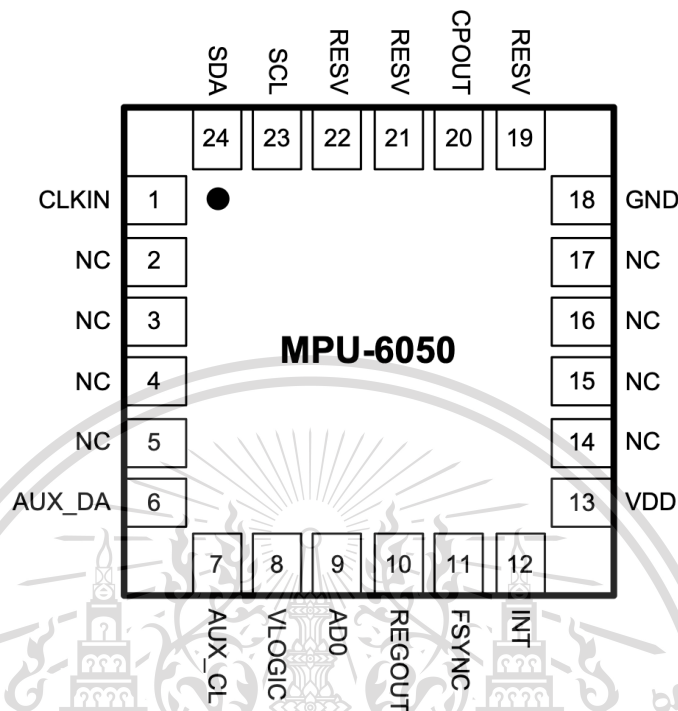
รูปที่ ก.3 คุณสมบัติการเชื่อมต่อในแต่ละขาของ MODULE ESP32 หน้าที 2 [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ภาคผนวก ข
เซ็นเซอร์ MPU6050



รูปที่ ข.1 การเชื่อมต่อในแต่ละขาของเซ็นเซอร์ MPU6050 [8]

Pin Number	MPU-6000	MPU-6050	Pin Name	Pin Description
1	Y	Y	CLKIN	Optional external reference clock input. Connect to GND if unused.
6	Y	Y	AUX_DA	I ² C master serial data, for connecting to external sensors
7	Y	Y	AUX_CL	I ² C Master serial clock, for connecting to external sensors
8	Y		/CS	SPI chip select (0=SPI mode)
8		Y	VLOGIC	Digital I/O supply voltage
9	Y		AD0 / SDO	I ² C Slave Address LSB (AD0); SPI serial data output (SDO)
9		Y	AD0	I ² C Slave Address LSB (AD0)
10	Y	Y	REGOUT	Regulator filter capacitor connection
11	Y	Y	FSYNC	Frame synchronization digital input. Connect to GND if unused.
12	Y	Y	INT	Interrupt digital output (totem pole or open-drain)
13	Y	Y	VDD	Power supply voltage and Digital I/O supply voltage
18	Y	Y	GND	Power supply ground
19, 21	Y	Y	RESV	Reserved. Do not connect.
20	Y	Y	CPOUT	Charge pump capacitor connection
22	Y	Y	RESV	Reserved. Do not connect.
23	Y		SCL / SCLK	I ² C serial clock (SCL); SPI serial clock (SCLK)
23		Y	SCL	I ² C serial clock (SCL)
24	Y		SDA / SDI	I ² C serial data (SDA); SPI serial data input (SDI)
24		Y	SDA	I ² C serial data (SDA)
2, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 17	Y	Y	NC	Not internally connected. May be used for PCB trace routing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ ข.2 คุณสมบัติการเชื่อมต่อในแต่ละขาของเซ็นเซอร์ MPU6050 [8]
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ภาคผนวก ค
หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์



ทะเบียนข้อมูลเลขที่ ว1.008921
คำขอแจ้งข้อมูลเลขที่ 388600

หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์
ออกให้เพื่อแสดงว่า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ได้แจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ไว้ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา

เมื่อวันที่ 26 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2563

ประเภทงาน วรรณกรรม ลักษณะงาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์
ชื่อผลงาน โปรแกรมจำแนกท่าทางการสะบัดของกรรมการในกีฬา कराเต้ท่ายูโก (YUKO)
และท่าวาซาอารี (WAZA-ARI)

ออกให้ ณ วันที่ 3 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563

ลงชื่อ.....
(นางธนัญญา ไซตติสก)

นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการพิเศษ
ปฏิบัติราชการแทนผู้อำนวยการกองลิขสิทธิ์

หมายเหตุ เอกสารนี้มีได้รับรองความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์

Signed by DIP-CA

รูปที่ ค.1 หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ โปรแกรมจำแนกท่าทางการสะบัดของกรรมการ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นการค้า
ในกีฬา कराเต้ท่า YUKO และท่า WAZA-ARI
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



ทะเบียนข้อมูลเลขที่ ว1.008920

คำขอแจ้งข้อมูลเลขที่ 388584

หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์

ออกให้เพื่อแสดงว่า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้แจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ไว้ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา

เมื่อวันที่ 26 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2563

ประเภทงาน วรรณกรรม ลักษณะงาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ชื่อผลงาน โปรแกรมจำแนกท่าทางการสะบัดธงของกรมการในกีฬาคาราเต้ท่าอปปิง (IPPON)

ออกให้ ณ วันที่ 3 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563

ลงชื่อ.....

(นางธนัญญา โชติติลล)

นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการพิเศษ

ปฏิบัติราชการแทนผู้อำนวยการกองลิขสิทธิ์

หมายเหตุ เอกสารนี้มีได้รับรองความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์

Signed by DIP-CA

รูปที่ ค.2 หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์

โปรแกรมจำแนกท่าทางการสะบัดธงของกรมการในกีฬาคาราเต้ท่า IPPON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



ทะเบียนข้อมูลเลขที่ ว1.009108

คำขอแจ้งข้อมูลเลขที่ 392056

หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์

ออกให้เพื่อแสดงว่า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้แจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ไว้ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา

เมื่อวันที่ 1 เดือน เมษายน พ.ศ. 2564

ประเภทงาน วรรณกรรม ลักษณะงาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ชื่อผลงาน โปรแกรมจำแนกหาทางการสะบัดธงของกรมการในกีฬาการดำน้ำ JOGAI

ออกให้ ณ วันที่ 20 เดือน เมษายน พ.ศ. 2564

ลงชื่อ.....

(นางธนิษฐา โชติดีล)

นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการพิเศษ

ปฏิบัติราชการแทนผู้อำนวยการกองลิขสิทธิ์

หมายเหตุ เอกสารนี้ได้รับรองความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์

Signed by DIP-CA

รูปที่ ค.3 หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์

โปรแกรมจำแนกหาทางการสะบัดธงของกรมการในกีฬาการดำน้ำ JOGAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



ทะเบียนข้อมูลเลขที่ ว1.009105

คำขอแจ้งข้อมูลเลขที่ 392074

หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์

ออกให้เพื่อแสดงว่า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้แจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ไว้ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา

เมื่อวันที่ 1 เดือน เมษายน พ.ศ. 2564

ประเภทงาน วรรณกรรม ลักษณะงาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ชื่อผลงาน โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้

ออกให้ ณ วันที่ 29 เดือน เมษายน พ.ศ. 2564

ลงชื่อ.....

(นางธนัญญา โชติดีติก)

นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการพิเศษ

ปฏิบัติราชการแทนผู้อำนวยการกองลิขสิทธิ์

หมายเหตุ เอกสารนี้มิได้รับรองความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์

Signed by DIP-CA

รูปที่ ค.4 หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์โปรแกรมหน้าจอแสดงผลกีฬาคาราเต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



ทะเบียนข้อมูลเลขที่ ว1.009109

คำขอแจ้งข้อมูลเลขที่ 392073

หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์

ออกให้เพื่อแสดงว่า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้แจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ไว้ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา

เมื่อวันที่ 1 เดือน เมษายน พ.ศ. 2564

ประเภทงาน วรรณกรรม ลักษณะงาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ชื่อผลงาน โปรแกรมตรวจสอบทิศทางการสะบัดธงในกีฬาคาราเต้

ออกให้ ณ วันที่ 20 เดือน เมษายน พ.ศ. 2564

ลงชื่อ

(นางธนินา ชาติติลล)

นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการพิเศษ

ปฏิบัติราชการแทนผู้อำนวยการกองลิขสิทธิ์

หมายเหตุ เอกสารนี้ได้รับรองความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์

Signed by DIP-CA

รูปที่ ค.5 หนังสือแสดงการแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์

โปรแกรมตรวจสอบทิศทางการสะบัดธงในกีฬาคาราเต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

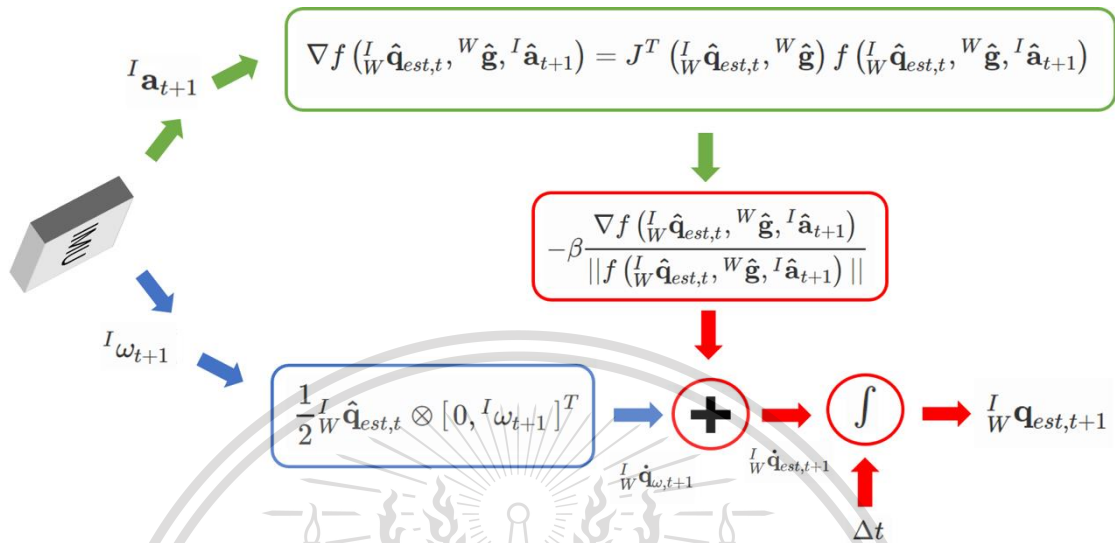
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ภาคผนวก ง

Madgwick's filter and Euler angles



รูปที่ ง.1 รูปภาพแสดงการทำงานของ Madgwick's filter [9]

Madgwick's filter ใช้สำหรับการคำนวณหาการหมุนของเซ็นเซอร์เทียบกับ แกนอ้างอิง
 เนื่องจากค่าที่ได้จาก Accelerometer และ Gyroscope มีการทำงานดังรูปที่ ง.1

ให้ ${}^I \hat{a}_t$ และ ${}^I \omega_t$ หมายถึงค่าที่วัดจาก Accelerometer และ Gyroscope ตามลำดับและ
 ${}^I \hat{a}_t$ คือค่าความเร่งเชิงเส้นที่ถูกแปลงให้เป็นเวกเตอร์ 1 หน่วย
 คำนวณการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งเชิงเส้นที่วัดจากเซ็นเซอร์ Accelerometer ดัง
 สมการที่ 1, 2 และ 3

$$\nabla f ({}^I_W \hat{q}_{est,t}, {}^W \hat{g}, {}^I \hat{a}_{t+1}) = J^T ({}^I_W \hat{q}_{est,t}, {}^W \hat{g}) f ({}^I_W \hat{q}_{est,t}, {}^W \hat{g}, {}^I \hat{a}_{t+1}) \quad (1)$$

$$f ({}^I_W \hat{q}_{est,t}, {}^W \hat{g}_{t+1}) = \begin{bmatrix} 2(q_2 q_4 - q_1 q_3) - a_x \\ 2(q_1 q_2 + q_3 q_4) - a_y \\ 2\left(\frac{1}{2} - q_2^2 - q_3^2\right) - a_z \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$J ({}^I_W \hat{q}_{est,t}, {}^W \hat{g}) = \begin{bmatrix} -2q_3 & 2q_4 & -2q_1 & 2q_2 \\ 2q_2 & 2q_1 & 2q_4 & 2q_3 \\ 0 & -4q_2 & -4q_3 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

ปรับแต่งค่าโดยค่าความเร่งเชิงเส้นที่วัดจากเซ็นเซอร์ Accelerometer ดังสมการที่ 4

$${}^I_W \hat{q}_{v,t+1} = {}^I_W \hat{q}_{v,t} + \beta \frac{\nabla f ({}^I_W \hat{q}_{est,t}, {}^W \hat{g}, {}^I \hat{a}_{t+1})}{\|f ({}^I_W \hat{q}_{est,t}, {}^W \hat{g}, {}^I \hat{a}_{t+1})\|} \Delta t \quad (4)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

คำนวณการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งเชิงเส้นที่วัดจากเซ็นเซอร์ Gyroscope ดังสมการที่ 5

$${}^I\dot{q}_{\omega,t+1} = \frac{1}{2} {}^I\hat{q}_{est,t} \otimes [0, {}^I\omega_{t+1}]^T \quad (5)$$

รวมค่าจากการวัดจากเซ็นเซอร์ Accelerometer และ Gyroscope ให้ได้รับค่าประมาณของ ${}^I\hat{q}_{est,t+1}$ ดังสมการที่ 6 และ 7

$${}^I\dot{q}_{\omega,t+1} = {}^I\dot{q}_{\omega,t+1} + {}^I\dot{q}_{\nabla,t+1} \quad (6)$$

$${}^I\hat{q}_{est,t+1} = {}^I\hat{q}_{est,t} + {}^I\dot{q}_{est,t+1}\Delta t \quad (7)$$

โดย Δt คือช่วงเวลาระหว่างข้อมูลสองข้อมูลที่ t และ $t+1$
มุม Euler angles สามารถหาได้จากควอเทอร์เนียนโดยมีสมการความสัมพันธ์กัน ดังสมการที่ 8

$$\begin{Bmatrix} \phi \\ \theta \\ \psi \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \tan^{-1} \frac{2(q_0q_1+q_2q_3)}{1-2(q_1^2+q_2^2)} \\ \sin^{-1}(2(q_0q_2 - q_3q_1)) \\ \tan^{-1} \frac{2(q_0q_3+q_1q_2)}{1-2(q_2^2+q_3^2)} \end{Bmatrix} \quad (8)$$

ค่าที่ความเร่งที่วัดได้จากเซ็นเซอร์จะอยู่ในแกนอ้างอิงวัตถุ โดยสามารถหาความเร่งในแนวแกนเดียวกับแรงโน้มถ่วงโลกที่อยู่ในแกนอ้างอิงเฉื่อย ได้จากสมการที่ 9 โดย a_{IZ} คือค่าความเร่งในแนวแกนเดียวกับแรงโน้มถ่วงโลก a_{BX} , a_{BY} และ a_{BZ} คือความเร่งในแกนอ้างอิงวัตถุ ที่วัดได้จาก Accelerometer ในแกน X, Y และ Z ตามลำดับ

$$a_{IZ} = -\sin(\theta)a_{BX} + \cos(\theta)\sin(\phi)a_{BY} + \cos(\phi)\cos(\theta)a_{BZ} \quad (9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

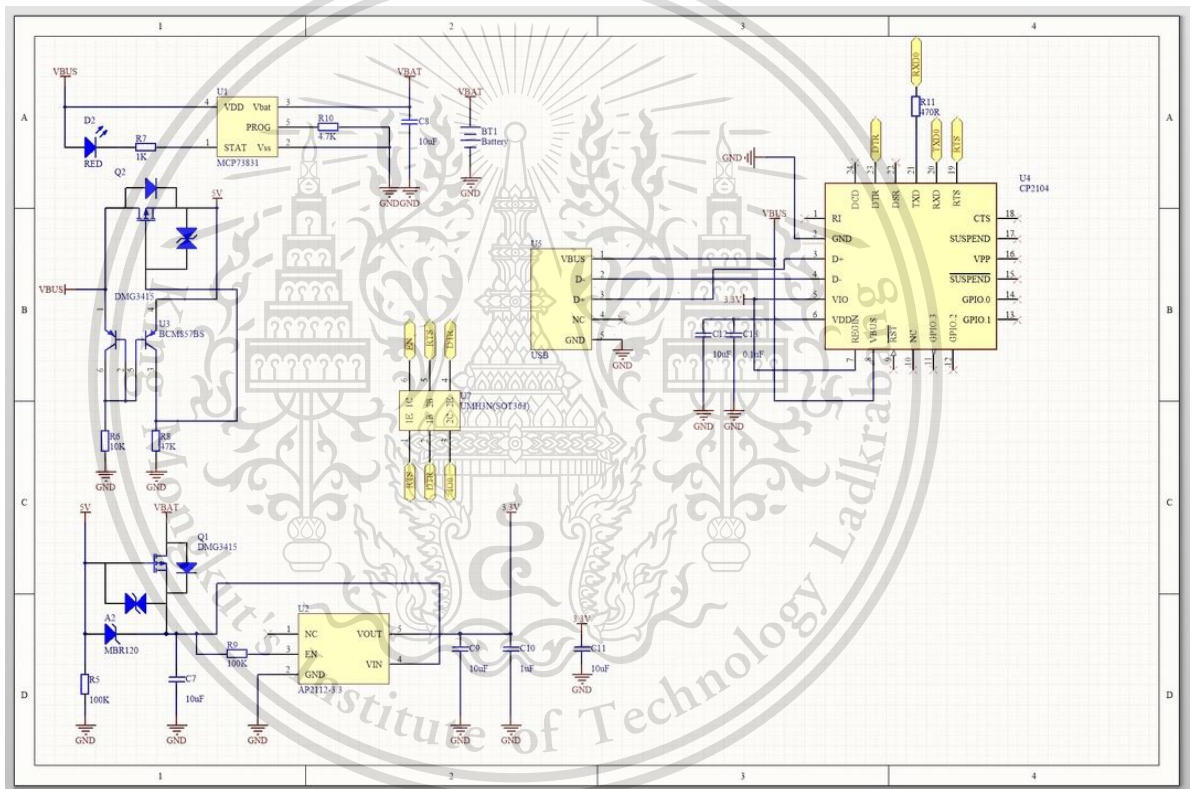
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

ภาคผนวก จ Schematic

Schematic คือแผนผังที่แสดงการเชื่อมต่อภายในวงจรใช้สำหรับการออกแบบ มีเส้นแสดงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และมีสัญลักษณ์แสดงอุปกรณ์ภายในวงจร

ส่วนประกอบของ Schematic หน้าที่ 1 ดังรูปที่ จ.1 ประกอบด้วย IC MCP73831 ทำหน้าที่จัดการพลังงานแบตเตอรี่ IC BCM857BS ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์ควบคุมกระแสไฟฟ้า IC AC2112(3.3V) ทำหน้าที่เป็นวงจรแปลงแรงดัน 3.3V จาก 2.5-5.0 V IC CP2104 ทำหน้าที่เป็นวงจรสื่อสาร USB to Serial ผ่านทาง Serial Port IC UMH3N ทำหน้าที่เป็นวงจรทรานซิสเตอร์ควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลของ MODULE ESP32



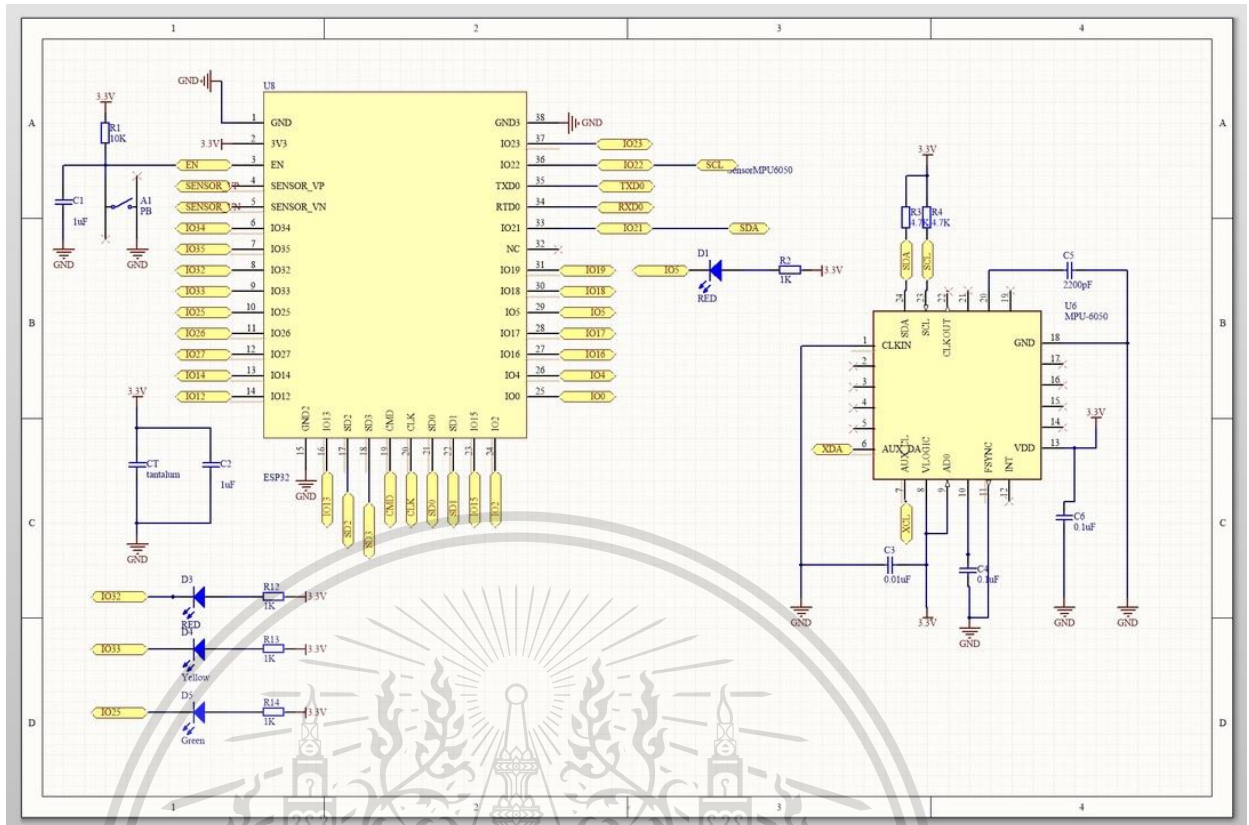
รูปที่ จ.1 Schematic หน้าที่ 1

ส่วนประกอบของ Schematic หน้าที่ 2 ดังรูปที่ จ.2 ประกอบด้วย MODULE ESP32 ทำหน้าที่การประมวลผลข้อมูลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่างในแต่ละท่าทาง และใช้สื่อสารกับอุปกรณ์รับ Sensors MPU6050 ทำหน้าที่วัดข้อมูลจาก Accelerometer และ Gyroscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ จ.2 Schematic หน้าที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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