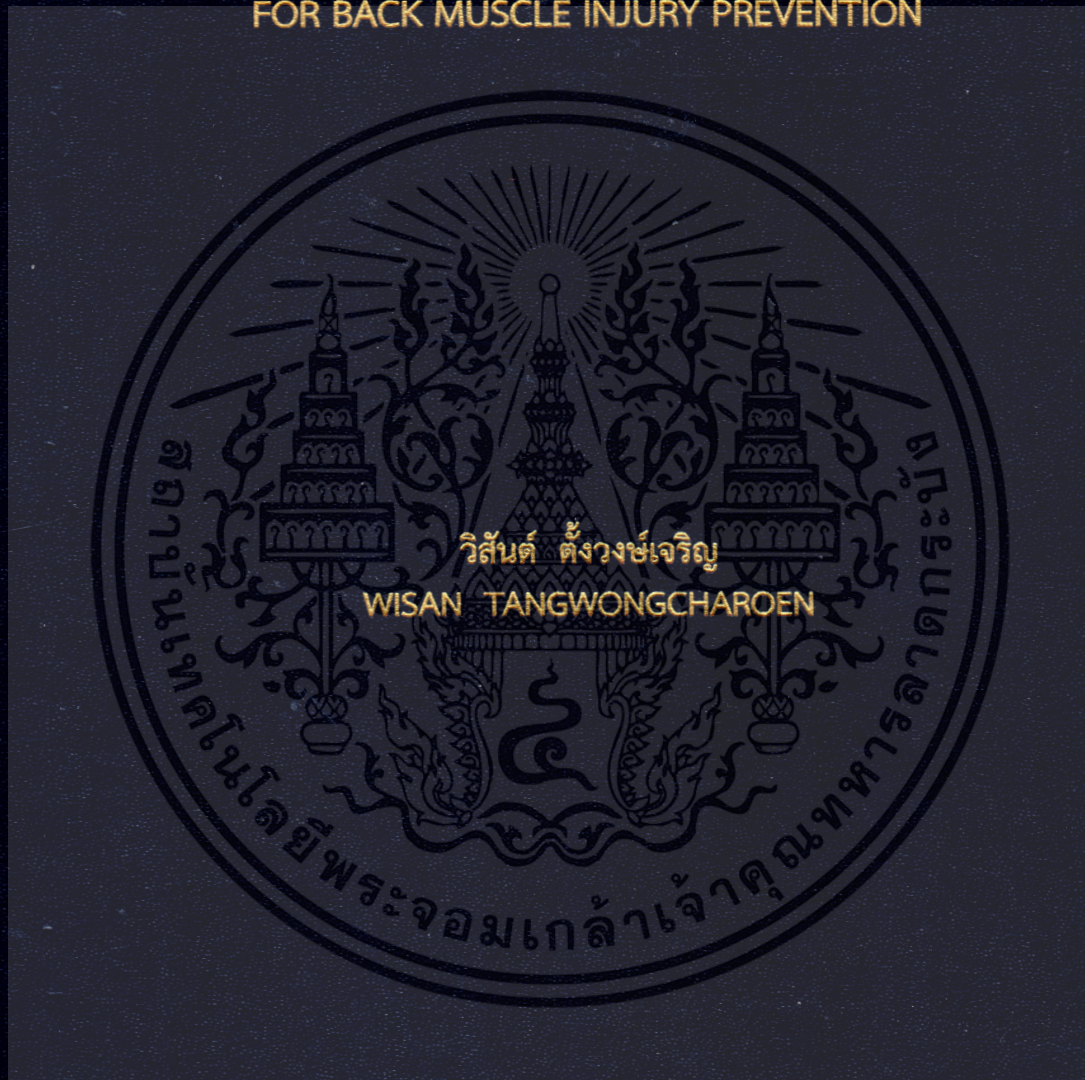


การใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวกำหนดรูปแบบการสวิงกอล์ฟ
เพื่อป้องกันการบาดเจ็บกล้ามเนื้อหลัง

DETERMINING GOLF SWING PATTERNS USING MOTION SENSORS
FOR BACK MUSCLE INJURY PREVENTION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-D-018-048

การใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวกำหนดรูปแบบการสวิงกอล์ฟ
เพื่อป้องกันการบาดเจ็บกล้ามเนื้อหลัง

DETERMINING GOLF SWING PATTERNS USING MOTION SENSORS
FOR BACK MUSCLE INJURY PREVENTION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-D-018-048

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETERMINING GOLF SWING PATTERNS USING MOTION SENSORS
FOR BACK MUSCLE INJURY PREVENTION



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
DOCTOR OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2019

KMITL-2019-EN-D-018-048

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2019

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวกำหนดรูปแบบการสวิงกอล์ฟ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บกล้ามเนื้อหลัง
นักศึกษา	นายวิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ
รหัสประจำตัว	56601029
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สุรศักดิ์ เนียมเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์(ร่วม)	รศ.ดร.วิสุทธิ ฐิติรุ่งเรือง

บทคัดย่อ

กีฬาอล์ฟในประเทศไทยเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ด้วยความนิยมทำให้จำนวนของผู้เล่นกอล์ฟมีอาการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อหลังเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการจัดทำทางสวิงกอล์ฟไม่ถูกต้อง ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยคำนึงถึงความสำคัญในการลดจำนวนผู้บาดเจ็บลง โดยพัฒนาอุปกรณ์และออกแบบกระบวนการประมวลผลขึ้นมาใหม่ เพื่อให้ได้ข้อมูลรูปแบบทิศทางเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหลังจากการสวิงกอล์ฟของผู้เล่นปกติและผู้เล่นที่บาดเจ็บกล้ามเนื้อหลังที่เกิดจากการสวิงกอล์ฟ รูปแบบข้อมูลที่ทั้งสองแบบนี้จะถูกนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับข้อมูลรูปแบบทิศทางเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหลังจากการสวิงกอล์ฟของผู้เล่นทั่วไป ว่ามีรูปแบบคล้ายคลึงกับรูปแบบคนปกติหรือผู้บาดเจ็บ ผลที่ได้สามารถคาดการณ์ว่าท่าทางการสวิงกอล์ฟแบบนี้จะมีโอกาสทำให้ผู้เล่นเกิดการบาดเจ็บที่หลังในอนาคตได้หรือไม่ การหารูปแบบการสวิงกอล์ฟดำเนินการเก็บข้อมูลกับผู้เล่นกอล์ฟอาชีพและผู้บาดเจ็บกล้ามเนื้อหลังที่เกิดจากการสวิงกอล์ฟ โดยการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวติดตั้งที่กลางหลังส่วนบนและส่วนล่างของผู้เล่นแล้วทำการสวิงกอล์ฟเพื่อให้ได้ค่าการเอียงหมุนและความเร่งตามแกน X Y และ Z จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์หารูปแบบท่าการสวิงกอล์ฟของผู้เล่นปกติและผู้บาดเจ็บโดยมีขั้นตอนดังนี้ นำข้อมูลเชิงเส้นที่ได้จากเซ็นเซอร์แบ่งเป็น 3 ช่วง ปรับค่าข้อมูลแต่ละช่วงด้วยสมการออยเลอร์ จัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีการจัดกลุ่มเคมีน และคำนวณค่ากลางของข้อมูลแต่ละกลุ่มโดยใช้ค่ามาตรฐานคะแนนซี ผลที่ได้คือรูปแบบของการสวิงกอล์ฟของคนปกติและผู้บาดเจ็บ ข้อมูลรูปแบบทั้งสองจะถูกใช้เป็นเกณฑ์เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้เล่นทั่วไป การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงคำนวณผลเป็นเปอร์เซ็นต์โดยใช้ขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ ค่าที่ได้สามารถคาดการณ์โอกาสที่ผู้เล่นจะเกิดอาการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อหลังที่เกิดจากการสวิงกอล์ฟในอนาคตได้ ทำให้ผู้เล่นสามารถปรับท่าการสวิงกอล์ฟได้ก่อนที่จะเกิดอาการบาดเจ็บ ข้อมูลรูปแบบการสวิงกอล์ฟของคนปกติและผู้บาดเจ็บที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาการป้องกันการบาดเจ็บต่างๆจากการเล่นกีฬาอล์ฟอีกทั้งใช้

พัฒนาศักยภาพของนักกีฬาได้ จักเป็นประโยชน์กับผู้ฝึกเล่นและนักกีฬาอาชีพ

Thesis	Determining Golf Swing Patterns using Motion Sensors for Back Muscle Injury Prevention
Student	Mr.Wisan Tangwoncharoen
Student ID.	56601029
Degree	Doctor of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Surasak Niemcharoen
Thesis Co-advisor	Assoc.Prof.Dr.Wisut Titiroongruang

ABSTRACT

In Thailand, golf has popularity from the past to the present. This popularity directly affected the number of golfers back muscle injury increasing because of incorrect golf swing posture. For this reason, researchers consider reducing the number of golfer with back muscle injury by developing new equipment and designing the new process for created the back muscles movement of the golf swing information in the normal and patient person. Both data patterns will be used as criteria for comparison. This comparison can be predicted back injury opportunity of golfer. Finding golf swing patterns, the gathering data process gathered normal person who professional golf players and golfer with back muscles injuries caused by golf swing using sensors were attached to the middle position of the upper and lower back. The gathered golf swing data are rotation and acceleration in X, Y and Z axes. The linear golf swing data obtained from the sensor is divided into 3 periods, transforming data each range with the Euler equation. Grouping data using K-Mean Clustering and calculating the mean of each data group using the standard score. The results are the golf swing pattern of the normal and patients. Both data patterns will be used as the basis for comparison with the general golf swing information of the players. Similarity comparisons calculate similarity percentage using Divide and conquer algorithm. Similarity percentage can predict the chance of golfer will be injured from the golf swing. It helps golfer adjust the proper posture. The golf swing patterns of normal and injured people from this research can be used for the prevention of various injuries improvement from playing golf. It also gains the golfer ability which good advantages for amateur and professional athletes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ ฐิติรุ่งเรือง และรองศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ เนียมเจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และความอนุเคราะห์ในทุกๆ ด้าน จนกระทั่งงานวิจัยนี้บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ดุขฎิ ธนะบริพัฒน์ อดีตคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมสนับสนุนในการศึกษาระดับปริญญาเอก และคุณจริยา นามเสนาะ อดีตผู้อำนวยการส่วนบริหารงานทั่วไป ที่ช่วยเหลือด้านต่างๆและเป็นกำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณ ดร.บุษยมาส พิมพพรรณชาติ หัวหน้าภาควิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ศิริวงศ์รังสรรค์และ คุณจิตรเจียรนัย ประทีปพัฒน์ ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการทดลอง

ขอขอบคุณ ดร.วรชาติ เฉิดชมจันทร์ คณบดี คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยรังสิตที่ให้คำแนะนำการออกแบบและทดสอบอุปกรณ์

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆและน้องๆ ในห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. ทุกคนที่ให้การสนับสนุนการวิจัยนี้

สุดท้ายต้องขอขอบคุณภรรยาของข้าพเจ้า คุณวรนุช ตั้งวงษ์เจริญ และครอบครัว ที่ให้ความรักและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

สำหรับคุณประโยชน์อันพึงเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนคณาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า ศูนย์วิจัยอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ซึ่งเป็นสถานที่ให้ความรู้และการทำวิจัยจนกระทั่งจบการศึกษา

วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานงานวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 การกายภาพบำบัด.....	3
2.2 กีฬากอล์ฟ.....	3
2.2.1 ขั้นตอนการสวิงกอล์ฟ.....	3
2.2.2 การบาดเจ็บจากกีฬากอล์ฟ.....	4
2.3 ไจโรสโคป (Gyroscope)	5
2.3.1 หลักการทำงานของไจโรสโคป.....	5
2.3.2 การประยุกต์ใช้ไจโรสโคป.....	6
2.4 แอชเชเรโรมิเตอร์ (Accelometer)	8
2.4.1 หลักการทำงานของแอชเชเรโรมิเตอร์ (Accelometer).....	9
2.5 ระบบพิกัดเชิงขั้วหรือกราฟออยเลอร์ (Euler Graph)	10
2.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมของออยเลอร์และทฤษฎีจำนวนเชิงซ้อน.....	10
2.6 การจัดกลุ่มข้อมูล.....	11
2.6.1 การจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-Mean Clustering)	12
2.7 การหาค่ามาตรฐาน.....	13
2.8 ขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ (Divide and conquer algorithm).....	14
2.9 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง.....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	18
3.1 การเก็บข้อมูลการสวิงกอล์ฟ.....	18
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	19
3.2.1 วิธีการสร้างกราฟแบบออยเลอร์.....	21
3.2.2 วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยการจัดกลุ่มแบบเคมีน.....	21
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	25
4.1 การดำเนินการเก็บข้อมูล.....	25
4.2 ผลการสวิงกอล์ฟจากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว.....	26
4.2.1 ผลการสวิงกอล์ฟจากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนปกติ.....	26
4.2.1 ผลการสวิงกอล์ฟจากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนบาดเจ็บ.....	27
4.3 ผลการสวิงกอล์ฟรูปแบบกราฟออยเลอร์.....	27
4.4 การสร้างต้นแบบรูปแบบการสวิงกอล์ฟ.....	36
4.5 ผลการเปรียบเทียบข้อมูล.....	46
4.5.1 การจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-Mean Clustering).....	46
4.5.2 ผลเปรียบเทียบของการจัดกลุ่มของข้อมูลสวิงกอล์ฟ.....	49
4.6 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคล้าย.....	51
4.6.1 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึง.....	56
บทที่ 5 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ.....	57
5.1 ผลสรุป.....	57
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	58
บรรณานุกรม.....	59
ภาคผนวก.....	61
ภาคผนวก ก งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	62
ประวัติผู้เขียน.....	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บในกลุ่มผู้เล่นมือสมัครเล่นกับผู้เล่นมืออาชีพ....	5
3.1 ข้อมูลที่ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งความหนาแน่น.....	23
4.1 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงเนื้อหลังช่วงบน.....	51
4.2 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงเนื้อหลังช่วงล่าง.....	52
4.3 ข้อมูลต้นแบบคนปกติ.....	54
4.4 ข้อมูลต้นแบบผู้บาดเจ็บกล้ามเนื้อหลัง.....	54
4.5 ข้อมูลทดสอบของคนปกติ.....	55
4.6 ข้อมูลทดสอบของคนผิดปกติ.....	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ขั้นตอนการสวิงกอล์ฟ.....	4
2.2 การทำงานของไจโรสโคป.....	6
2.3 การเคลื่อนไหวประสานกันของไจโรสโคป.....	7
2.4 การทำงานของแอซเซอเรมิเตอร์.....	9
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างออยเลอร์และจำนวนเชิงซ้อน.....	10
2.6 การกระจายแบบโค้งปกติ.....	13
2.7 แผนภาพการทำงานขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ.....	14
2.8 อัลกอริทึมขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ.....	15
2.9 เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Razor-IMU	15
2.10 ตัวส่งสัญญาณบลูทูธ รุ่นบลูทูธเมทโกลด์ (Bluetooth Mate Gold).....	16
2.11 แบตเตอรี่รุ่นพอลิเมอร์ ลิเทียมไอออน (Polymer Lithium Ion Battery).....	16
2.12 ชุดบอร์ดสำหรับติดเซ็นเซอร์.....	17
2.13 ชุดอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว.....	17
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับการสวิงกอล์ฟ.....	18
3.2 แผนภาพขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย.....	19
3.3 แผนภาพโครงสร้างการดำเนินงานวิจัย.....	20
3.4 ตัวอย่างกราฟออยเลอร์.....	21
3.5 ตัวอย่างการจัดกลุ่มแบบเคมีน.....	22
3.6 การคำนวณค่าเฉลี่ยและขอบของข้อมูล.....	23
3.7 วิธีการคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึง.....	24
4.1 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติ.....	26
4.2 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนบาดเจ็บ.....	27
4.3 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 1-4	28
4.4 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 1-4	28
4.5 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 5-6	29
4.6 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 5-6	29
4.7 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 7-8	30
4.8 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 7-8	31
4.9 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 1-4	32

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 1-4	32
4.11 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 5-6.....	33
4.12 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 5-6.....	33
4.13 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 7-8	34
4.14 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 7-8	35
4.15 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 1-4	36
4.16 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 1-4.....	36
4.17 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 5-6.....	37
4.18 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 5-6	37
4.19 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 7-8	38
4.20 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 7-8	38
4.21 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 1-4	39
4.22 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 1-4.....	39
4.23 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 5-6.....	40
4.24 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 5-6	40
4.25 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 7-8	41
4.26 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 7-8	41
4.27 ต้นแบบข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน.....	42
4.28 ต้นแบบข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน.....	43
4.29 ต้นแบบข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง	44
4.30 ต้นแบบข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง.....	45
4.31 การเปรียบเทียบผลการสวิงกอล์ฟในแกน Pitch ช่วงที่ 7-8 กล้ามเนื้อหลังช่วงบน..	46
4.32 การเปรียบเทียบผลการสวิงกอล์ฟในแกน ACY ช่วงที่ 7-8 กล้ามเนื้อหลังช่วงบน...	47
4.33 การเปรียบเทียบผลการสวิงกอล์ฟในแกน Pitch ช่วงที่ 7-8 กล้ามเนื้อหลังช่วงล่าง.	47
4.34 การเปรียบเทียบผลการสวิงกอล์ฟในแกน ACY ช่วงที่ 7-8 กล้ามเนื้อหลังช่วงล่าง...	48
4.35 การเปรียบเทียบการจัดกลุ่มเคมินของการสวิงกอล์ฟในแกน Pitch ช่วงที่ 7-8.....	49
4.36 การเปรียบเทียบการจัดกลุ่มเคมินของการสวิงกอล์ฟในแกน ACY ช่วงที่ 7-8.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง VIII อย่างไม่ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.37 การเปรียบเทียบการจัดกลุ่มเคมีนของการสวิงกอล์ฟในแกน Pitch ช่วงที่ 7-8.....	50
4.38 การเปรียบเทียบการจัดกลุ่มเคมีนของการสวิงกอล์ฟในแกน ACY ช่วงที่ 7-8.....	51
4.39 กราฟเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงจากค่าเฉลี่ยที่ได้จากค่าเฉลี่ยจากการจัดกลุ่ม.....	52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้งชื่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เนื่องจากการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน ทำให้คนสมัยใหม่นิยมที่จะรักษาสุขภาพและดูแลตนเอง ด้วยการออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น การออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมนั้นมีหลากหลายแบบทั้งออกกำลังกายแบบเดี่ยวหรือเป็นกลุ่ม กอล์ฟเป็นกีฬาหนึ่งที่สามารถเล่นได้ทั้งกลุ่มและเดี่ยว ทำให้กอล์ฟเป็นกีฬาที่ใช้ในการออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมในอันดับต้นๆ ในประเทศไทยมีการบันทึกข้อมูลไว้ว่ากีฬา กอล์ฟเริ่มปรากฏว่ามีการเล่นในรัชกาลที่ 6 และแพร่หลายในรัชกาลที่ 9 จวบจนถึงปัจจุบัน[1] การ เล่นกอล์ฟสามารถเล่นได้ทุกเพศทุกวัย ทำให้โอกาสที่ผู้เล่นกอล์ฟได้รับการบาดเจ็บมีจำนวนสูงขึ้น โดยสาเหตุเกิดจากผู้เล่นจัดทำตีลูกไม่ถูกต้อง ตีลูกผิดจังหวะ หรือแม้แต่การฝึกซ้อมมากเกินไป เป็นต้น การบาดเจ็บสามารถเกิดขึ้นได้บริเวณอวัยวะหลายๆส่วน เช่น หลัง แขน ข้อมือ หรือขา เป็นต้น แต่เนื่องจากกล้ามเนื้อหลังเป็นกล้ามเนื้อที่มัดใหญ่ และบาดเจ็บได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีการบันทึกว่าผู้เล่น กอล์ฟมีอาการบาดเจ็บที่หลังเป็นจำนวนมากที่สุด[2]

จากเหตุผลข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาเครื่องมือที่ตรวจจับการสวิงกอล์ฟ เพื่อ ป้องกันอาการบาดเจ็บจากการตีกอล์ฟผิดท่าทาง เนื่องจากการสวิงกอล์ฟเป็นท่าที่ผู้เล่นกอล์ฟทุกคน ต้องฝึกและปฏิบัติเป็น เพื่อใช้เป็นท่าในการตีครั้งแรกในแต่ละหลุม โดยปกติแล้วรูปแบบการสวิง กอล์ฟของคนปกติและผู้บาดเจ็บต้องไม่เหมือนกัน เพราะการใช้กล้ามเนื้อที่แตกต่างกันทำให้รูปแบบ การสวิงกอล์ฟแตกต่างกันและสามารถนำมากำหนดรูปแบบเพื่อใช้ในการทดสอบข้อมูลเปรียบเทียบได้ ผู้วิจัยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวติดที่หลังของผู้ทดสอบ เพื่อเก็บข้อมูลการสวิงกอล์ฟ เนื่องจากรูปแบบการสวิงกอล์ฟเป็นวงกลม กราฟรูปแบบเส้นไม่สามารถเห็นข้อมูลได้ทุกมิติ จึงทำการ แปลงข้อมูลให้สามารถดูง่ายขึ้นด้วยสมการออยเลอร์ที่สามารถแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบวงกลม ทำให้สามารถเห็นกลุ่มข้อมูลในส่วนของการกระจายและจุดที่ข้อมูลหนาแน่น ข้อมูลนี้ยังไม่แบ่งแยก ระหว่างคนปกติและผู้บาดเจ็บได้ชัดเจน ผู้วิจัยสังเกตเห็นจุดแตกต่างกันในส่วนนี้ ทำให้นำกราฟออยเลอร์ มาแบ่งกลุ่มด้วยขั้นตอนวิธีจัดกลุ่มแบบเคมีนเพื่อให้สามารถตรวจจับหรือกำหนดความหนาแน่นของ ข้อมูลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น แต่การจัดกลุ่มยังไม่สามารถกำหนดขอบเขตของข้อมูลความหนาแน่นได้ชัดเจน ทำให้ต้องใช้ค่ามาตรฐานคะแนนซีกำหนดค่าเฉลี่ยและขอบเขตของข้อมูล เพราะค่ามาตรฐานนี้ สามารถนำข้อมูลมาจัดช่วง ทำให้เห็นจุดที่สูงที่สุดของกราฟโค้งปกติ สามารถกำหนดกลุ่มได้จากข้อมูล นี้ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้ เพื่อการทดสอบความถูกต้องของข้อมูล ต้นแบบของข้อมูลถูกด้วย ทดสอบสมมติฐานด้วยเปอร์เซ็นต์ความคล้อยคลึงเพื่อให้ทราบความถูกต้องของรูปแบบการสวิงกอล์ฟ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) ศึกษาและพัฒนาการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว มาประยุกต์ใช้กับการเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหลังที่เกิดขึ้นในขณะสวิงกอล์ฟทั้งคนปกติและผู้บาดเจ็บที่เกิดจากการสวิงกอล์ฟ

2) สร้างต้นแบบข้อมูลการสวิงกอล์ฟในคนปกติและผู้ป่วยกล้ามเนื้อหลังของคนไทยเพื่อใช้ในการคาดการณ์ถึงภาวะการบาดเจ็บกล้ามเนื้อหลังจากการสวิงกอล์ฟได้

3) พัฒนารูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการคาดการณ์ถึงโอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังจากการสวิงกอล์ฟด้วยการประเมินท่าการสวิงกอล์ฟเพื่อป้องกันการบาดเจ็บกล้ามเนื้อหลังได้

1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย

- 1) สามารถใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวในการเก็บข้อมูลการสวิงกอล์ฟได้
- 2) สามารถจำแนกการสวิงกอล์ฟในคนปกติและผู้ที่มีอาการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อหลังได้ด้วยเปอร์เซ็นต์ความคล้ำยคลึง
- 3) สามารถสร้างต้นแบบการสวิงกอล์ฟในคนปกติและผู้ที่มีอาการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อหลังได้

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

- 1) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูลสวิงกอล์ฟมีอายุประมาณ 20-60 ปี แบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือผู้เล่นกีฬากอล์ฟมืออาชีพ กลุ่มที่สองคือผู้เล่นกอล์ฟที่บาดเจ็บที่กล้ามเนื้อหลังที่มีสาเหตุมาจากการสวิงกอล์ฟ
- 2) ใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Razor-IMU ที่มีเซ็นเซอร์ตรวจจับการเอียงหมุนและเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งใน 3 ทิศทาง คือ X Y และ Z
- 3) เก็บกลุ่มตัวอย่างเฉพาะคนไทยเท่านั้น

1.5 ขั้นตอนงานวิจัย

- 1) ศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูล ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของการสวิงกอล์ฟ รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลและวิธีที่เคยใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
- 2) เก็บข้อมูลตัวต้นแบบในคนปกติ ผิดปกติ และกลุ่มข้อมูลตัวอย่างเพื่อนำมาทำการทดสอบ
- 3) วิเคราะห์หาขั้นตอนวิธีที่มีความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์และจำแนกกลุ่มข้อมูลได้ถูกต้อง
- 4) ออกแบบเครื่องมือและขั้นตอนวิธีในการวิเคราะห์โดยศึกษาจากวิธีดั้งเดิมและนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้
- 5) สามารถสร้างต้นแบบการสวิงกอล์ฟในคนปกติและผู้บาดเจ็บกล้ามเนื้อหลัง
- 6) ทดสอบความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูล
- 7) วิเคราะห์ อภิปรายและสรุปผลงานวิจัย
- 8) จัดทำเอกสารและเสนอวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การกายภาพบำบัด

นิยามของการกายภาพบำบัดจากพระราชบัญญัติวิชาชีพกายภาพบำบัด พ.ศ. 2547 การกายภาพบำบัด คือ "เป็นวิชาชีพที่กระทำต่อมนุษย์เกี่ยวกับการตรวจประเมิน การวินิจฉัย และการบำบัดความบกพร่องของร่างกาย ซึ่งเกิดเนื่องจากภาวะของโรคหรือการเคลื่อนไหวที่ไม่ปกติ การป้องกัน การแก้ไขและการฟื้นฟูการเสื่อมสภาพความพิการของร่างกาย รวมทั้งการส่งเสริมสุขภาพร่างกายและจิตใจ ด้วยวิธีการทางกายภาพบำบัด หรือการใช้อุปกรณ์ทางกายภาพบำบัด"[4]

2.2 กีฬาอล์ฟ

กีฬาหรือเกมประเภทบอลลชนิดหนึ่ง โดยผู้เล่นใช้ไม้หลายชนิดตีลูกบอลให้ลงหลุม จากกฎของกอล์ฟ ระบุว่า "กีฬาอล์ฟประกอบด้วยการเล่นลูกในหลุมหนึ่งด้วยไม้กอล์ฟจากแท่นตั้งที่ไปลงหลุมโดยการสโตรคหนึ่งครั้งหรือหลายครั้งต่อเนื่องกันตามกฎข้อบังคับ"[5] กอล์ฟเป็นหนึ่งในกีฬาประเภทบอลเพียงไม่กี่ชนิดที่ไม่มีอาณาเขตการเล่นที่แน่นอน สนามกอล์ฟแต่ละแห่งสามารถมีรูปร่างและขนาดต่างกัน ต้องมีการคำนวณแรงที่จะต้องตีลูกและทิศทางที่จะให้ลูกไปยังจุดหมายที่ต้องการ พื้นฐานของกีฬาอล์ฟคือการสวิงกอล์ฟ ผู้เล่นกอล์ฟทุกคนจำเป็นต้องเรียนการสวิงกอล์ฟก่อนที่จะเล่นกีฬาอล์ฟ เนื่องจากการสวิงกอล์ฟที่ถูกต้องตามมาตรฐานนอกจากจะทำให้ผู้เล่นบรรลุในการตีลูกแล้ว ยังช่วยลดอาการบาดเจ็บได้ ขั้นตอนการสวิงกอล์ฟมาตรฐานได้อธิบายในหัวข้อที่ 2.2.1

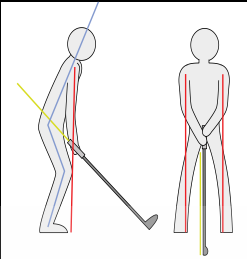
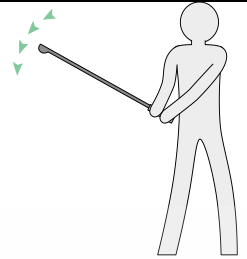
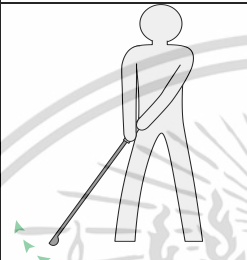
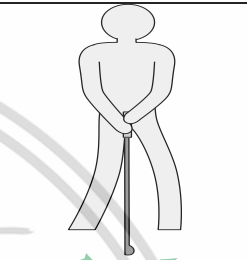
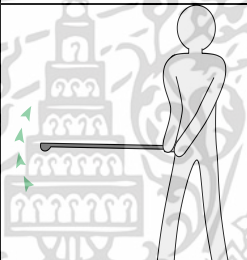

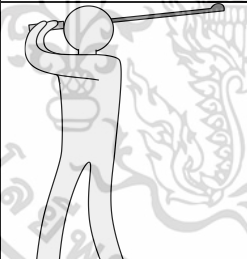
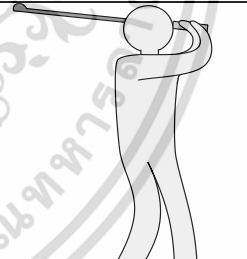
2.2.1 ขั้นตอนการสวิงกอล์ฟ

ในการเล่นกอล์ฟมีขั้นตอนการสวิงกอล์ฟที่เป็นมาตรฐานอยู่ 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. เริ่มต้น (Set Up)
2. ท่าแบ็คสวิงและเทคอะเวย์ (Backswing-takeaway)
3. ท่าแบ็คสวิงและฮาล์ฟสวิง (Backswing-Halfswing)
4. ท่าท็อปสวิง (Topswing)
5. ท่าดาว์นสวิง (Downswing)
6. ท่าอิมแพค (Impact)
7. ท่าฟอลโลทรู (Follow through)
8. ท่าสิ้นสุดการสวิง (Finish)[3]

สามารถแสดงขั้นตอนการสวิงได้ตามรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อท่า	ภาพ	เวลา (1/50 วินาที)	ชื่อท่า	ภาพ	เวลา (1/50 วินาที)
1. เริ่มต้น (Set Up)		0-22	5. ทำดาวน์สวิง (Downswing)		60
2. ทำแบ็คสวิงและเทคอะเวย์ (Backswing-takeaway)		28-42	6. ทำอิมแพค (Impact)		65
3. ทำแบ็คสวิงและฮาล์ฟสวิง (Backswing-Halfswing)		43	7. ทำฟอลโลว์ทูรู (Follow through)		75-80
4. ทำท็อปสวิง (Topswing)		52	8. ทำสิ้นสุดการสวิง (Finish)		70-82

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการสวิงกอล์ฟ[3]

2.2.2 การบาดเจ็บจากกีฬากอล์ฟ

การเล่นกอล์ฟใช้อวัยวะเกือบจะทุกส่วนของร่างกายประกอบด้วย มือ ข้อมือ หัวไหล่ แขน ลำตัว และขา ซึ่งอวัยวะต่างๆเหล่านี้สามารถได้รับการกระทบกระเทือนจนกระทั่งเกิดการบาดเจ็บขึ้นได้ อวัยวะที่ได้รับการบาดเจ็บมากที่สุดมีความแตกต่างกันไปตามเพศ วัย และความสามารถและความถี่ในการเล่นกอล์ฟ[2] เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดอาการบาดเจ็บตามอวัยวะต่างๆทั้งในนักกีฬาสมัครเล่นและมีอาชีพแสดงดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบาดเจ็บในกลุ่มผู้เล่นมือสมัครเล่นกับผู้เล่นมืออาชีพ[2]

ประเภทนักกีฬา	เพศ	หลัง	ข้อศอก และ แขน	มือและข้อมือ	หัวไหล่
สมัครเล่น	ชาย	36.0	32.5	21.2	11.0
สมัครเล่น	หญิง	27.1	35.5	14.5	16.1
มืออาชีพ	ชาย	25.0	7.3	26.6	11.4
มืออาชีพ	หญิง	22.4	6.0	44.8	7.5

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าผู้เล่นมือสมัครเล่นมีโอกาสเกิดอาการบาดเจ็บที่หลังเป็นอันดับ 1 รองลงมาเป็นข้อศอกและแขน อันดับสามคือมือและข้อมือและอันดับสุดท้ายคือหัวไหล่ เนื่องจากการยังวางท่าการสวิงที่ผิด ทำให้เกิดการใช้แรงจากอวัยวะที่ผิดส่วน จึงทำให้เกิดอาการบาดเจ็บ ส่วนผู้เล่นแบบมืออาชีพมีโอกาสเกิดอาการบาดเจ็บที่มือและข้อมือเป็นอันดับ 1 รองลงมาเป็นกล้ามเนื้อส่วนหลัง อันดับที่ 3 คือส่วนหัวไหล่และอันดับสี่คือส่วนข้อศอกและแขน เนื่องจากว่ากระดูกส่วนมือและข้อมือเป็นกระดูกชิ้นเล็ก และอบอุ่นร่างกายได้ยาก จึงทำให้อาจจะละลายในการอบอุ่นร่างกายส่วนมือและข้อมือ เมื่อตีกอล์ฟมีการใช้แรงจากข้อมือในการบิดหมุนเพื่อให้ลูกได้ทิศทางที่ต้องการ จึงทำให้เกิดอาการบาดเจ็บในส่วนนี้ได้ง่าย

2.3 ไซโรสโคป (Gyroscope)

ไซโรสโคป คือ อุปกรณ์ที่ทำงานด้วยหลักฟิสิกส์ตามกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตัน เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมสมดุลการเคลื่อนไหวในแนวแกนตามหลักการควงของวัตถุ กำเนิดขึ้นในปี 1852 โดยนักฟิสิกส์ที่ชื่อ ฌอง โบนาปต์ เลอง ฟูโกลต์ (Leon Foucault) โดยมีส่วนประกอบ คือ แกนหมุน จานหมุน วงแหวนและวงล้อ ซึ่งประกอบกันโดยนำแกนหมุนจะอยู่ตรงกลางเป็นแกน วงล้อมาติดในวงแหวนที่หมุนได้ โดยที่วงล้อจะนอนอยู่แนวระนาบ แต่วงแหวนสามารถหมุนได้อิสระ[6]

2.3.1 หลักการทำงานของไซโรสโคป

จากทฤษฎีของระบบเครื่องกลสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของไซโรสโคปได้จากทฤษฎีของนิวตันข้อที่ 2 การเคลื่อนที่ทุกส่วนของวัตถุที่ทำให้เกิดแรงขึ้น จะทำให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ก็เกิดการเสียแรงจากแต่ละส่วน ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการที่ (2.1)

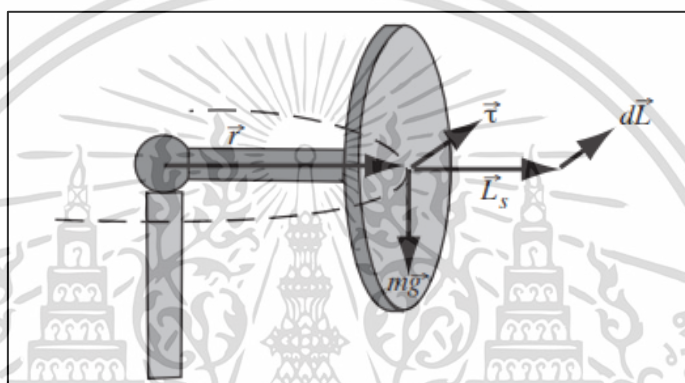
$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad (2.1)$$

โดยที่ $\vec{\tau}$ คือ แรงทอร์ก

$d\vec{L}$ คือ แรงภายนอกที่กระทำกับวงล้อ

dt คือ เวลา

จากสมการที่ (2.1) แรงทอร์กมีขนาดเท่ากับปริมาตรของแกนหมุนคูณกันกับแรงภายนอก การคิดด้วยสมการนี้สามารถอธิบายสภาพกลไกของการการทำงานของใจโรสโคปได้ แต่ในกระบวนการเคลื่อนไหวจริงมีความซับซ้อน เพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้นจะอธิบายจากรูปที่ 2.2 พบว่า เครื่องมือนี้จะหมุนไปตามแกนด้วยความเร็วเชิงมุม โดยต้องเลือกจุดกำเนิดของการหมุน แรงโน้มถ่วงเป็นแรงภายนอกที่สร้างค่าทอร์กจากจุดกำเนิด เพราะจุดศูนย์ของวัตถุไม่มีผลเมื่ออยู่บนจุดหมุน



รูปที่ 2.2 การทำงานของใจโรสโคป[7]

เริ่มจากการพิจารณาที่ด้านบนของแกนที่หมุนอย่างรวดเร็วไปตามแนวนอน แรงจากภายนอกจะมีทิศทางดิ่งลง ดังนั้นทอร์กจึงมีแรงไปตามแนวนอนและตั้งฉาก เมื่อเกิดการหมุนจะเกิดโมเมนตัมเชิงมุม \vec{L}_s ขนานกับแกนหมุน จากสมการที่ (2.1) แสดงให้เห็นว่า $d\vec{L}$ ตั้งฉากกับ \vec{L}_s และสามารถคาดเดาได้ว่า $\vec{L}_s + d\vec{L}$ จะมีขนาดความยาวเท่ากับ \vec{L}_s แต่ทิศทางแตกต่างกัน ซึ่งการเคลื่อนไหวนี้เรียกว่า การหมุนควง

จากการเปรียบเทียบจากสมการที่ (2.1) ทำให้สามารถเขียนสมการความถี่เชิงมุม Ω ของการหมุนควงคงที่ โดนสมมุติว่าไม่มีการเคลื่อนไหวอื่น ทำให้สามารถเขียนสมการผลรวมของโมเมนตัมเชิงมุมในการรวมโมเมนตัมการหมุนและโมเมนตัมการหมุนควงเชิงมุม[7]ดังสมการที่ (2.2)

$$\vec{L} = \vec{L}_s + \vec{L}_z = I\omega(\cos\theta \sin\phi \hat{i} + \sin\theta \sin\phi \hat{j} + \cos\phi \hat{k}) + I_z\Omega k \quad (2.2)$$

โดยที่ \vec{L}_s คือ โมเมนตัมวงในที่มีทิศทางดิ่งลง

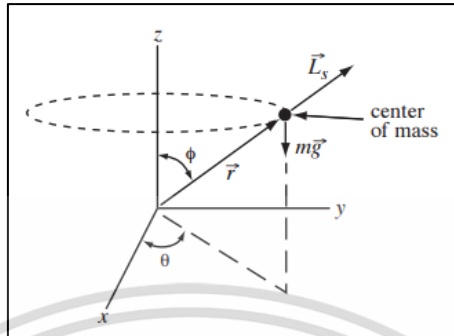
ϕ คือ การหมุนควง

\vec{L}_z คือ โมเมนตัมในแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ω คือ ความเร็วเชิงมุม

จากสมการที่ 2.2 สามารถแสดงการทำงานได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การเคลื่อนไหวประสานกันของไจโรสโคป[7]

จากรูปที่ 2.3 จะได้ว่าแรงในมุม θ ทารด้วยเวลาจะได้แรงเชิงมุมสามารถเขียนได้ดังสมการที่

(2.3)

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = I\omega(-\Omega \sin \theta \sin \phi \hat{i} + \Omega \cos \theta \sin \phi \hat{j}) \quad (2.3)$$

โดยที่ \vec{L}_s คือ โมเมนตัมวงในที่มีทิศทางดิ่งลง

ϕ คือ มุมที่อยู่ระหว่างแกน Z กับแกน y

θ คือ มุมที่อยู่ระหว่างแกน X กับแกน y

\vec{L}_z คือ โมเมนตัมในแกน Z

ω คือ ความเร็วเชิงมุม

I คือ ความเฉื่อย

เวกเตอร์จากจุดหมุนที่ศูนย์กลางของวัตถุสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.4)

$$\vec{r} = r \cos \theta \sin \phi \hat{i} + r \sin \theta \sin \phi \hat{j} + r \cos \phi \hat{k} \quad (2.4)$$

โดยที่ \vec{r} คือ เวกเตอร์รวมของรัศมี

r คือ ความยาวของแกนหมุน

ค่าทอร์คที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.5)

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times m\vec{g} = -rmg \sin \theta \sin \phi \hat{i} + rmg \cos \theta \sin \phi \hat{j} \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ \vec{v} คือ แรงทอร์ค

\vec{r} คือ เวกเตอร์รวมของรัศมี

m คือ มวลของวัตถุ

g คือ แรงโน้มถ่วง

ความถี่เชิงมุมจะหาได้จากสมการที่ (2.6)

$$\Omega = \frac{rmg}{I\omega}, \quad (2.6)$$

โดยที่ Ω คือ ความถี่เชิงมุม

r คือ รัศมีของแกนหมุน

m คือ มวลของวงล้อ

g คือ แรงโน้มถ่วง

I คือ แรงเฉื่อยของวัตถุ

ω คือ ความเร็วเชิงมุม

2.3.2 การประยุกต์ใช้ไจโรสโคป

เนื่องจากการเคลื่อนไหวของไจโรสโคปมีความเป็นอิสระ หมุนในแกนใดก็ได้ทำให้ถูกนำความรู้มาใช้ประยุกต์ใช้เพื่อสร้างอุปกรณ์ต่างๆมากมายดังนี้

- 1) การพัฒนาเครื่องเล็งปืนแบบเสถียร เครื่องปล่อยระเบิดและฐานยึดปืนรวมทั้งสายอากาศเรดาร์บนเรือในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2
- 2) การนำไจโรสโคปไปประยุกต์ใช้ในการสร้างจรวดนำวิถี เพื่อให้สามารถบังคับทิศทางได้อย่างอัตโนมัติ
- 3) ไจโรสแตปิลิเซอร์ ติดตั้งบนเรือขนส่งสินค้า ใช้เพื่อลดการโคลงของเรือ ซึ่งเท่ากับลดความเสียหายของสินค้าลงเหลือน้อยที่สุด และลดความเค้นในโครงสร้างกระดูกงู ทั้งยังเพิ่มความรู้สึกสบายของผู้โดยสารในการนั่งเรือ ลดอาการโคลงอีกด้วย
- 4) นำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจกับการเอียงหมุนในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือหรือเซ็นเซอร์[6]

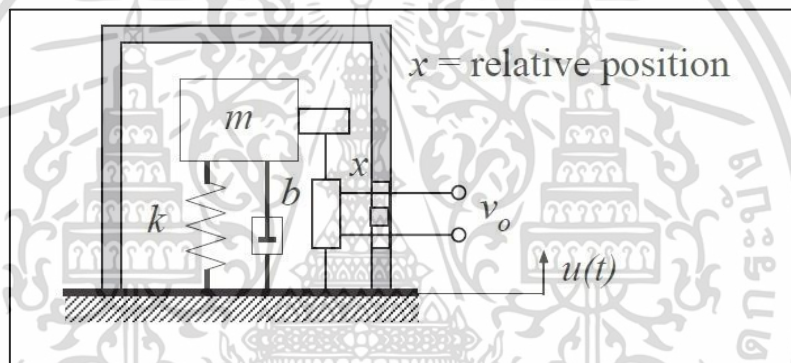
2.4 แอชเชเรโรมิเตอร์ (Accelometer)

แอชเชเรโรมิเตอร์ คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอัตราความเร่งที่เป็นไปได้ เช่น เมื่อแอชเชเรโรมิเตอร์ตั้งอยู่บนพื้นโลกเฉยๆ เนื่องจากมีแรงโน้มถ่วงของโลกจึงทำให้ค่าที่วัดได้จะได้ประมาณ 9.8 m/s^2 ถ้าอยู่บนพื้นที่สูญญากาศจะสามารถวัดได้ค่าเท่ากับศูนย์ แอชเชเรโรมิเตอร์ถูกนำไปใช้ในหลากหลายวงการทั้งในอุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ โดยแอชเชเรโรมิเตอร์ที่มีความแม่นยำสูงได้นำไปใช้ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องบินและระเบิดมิชไซล์ ใช้เพื่อตรวจจับและควบคุมการสั่นและเอียงหมุนของอุปกรณ์ โครงสร้างของแอสเซอเรมิเตอร์ทั้งแบบแกนเดียวและหลายแกนสามารถตรวจจับสนามแม่เหล็กและทิศทางของอัตราความเร็วที่น่าจะเป็น เช่น เวกเตอร์ และสามารถใช้ในการกำหนดทิศทางต่างๆ การสั่นไหว เป็นต้น[8]

2.4.1 หลักการทำงานของแอสเซอเรมิเตอร์ (Accelerometer)

แอสเซอเรมิเตอร์จะแปลงค่าความเร่งเชิงเส้นหรือเชิงมุม โดยส่งออกมาเป็นสัญญาณ ซึ่งจะใช้สมการการเคลื่อนไหวของนิวตันข้อที่ 2 เพื่อวัดแรงจากความเร่งของวัตถุที่เราต้องการจะรู้ค่า ซึ่งในความเป็นจริงแล้วมีหลากหลายวิธีในการวัดแรงที่กระทำต่อวัตถุ แต่วิธีที่แพร่หลายและได้รับความนิยมคือ การใช้แอสเซอเรมิเตอร์ในการวัด เนื่องจากแอสเซอเรมิเตอร์คิดการแรงที่เกิดจากการค้ำของสปริง ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การทำงานของแอสเซอเรมิเตอร์[8]

โดยแรงที่กระทำต่อวัตถุจะรวมกับความเร่งภายนอก แรงจากการหน่วง(อัตราความเร็ว) และแรงจากการคืนตัวของสปริง สามารถเขียนออกมาได้เป็นสมการที่ (2.7)

$$\vec{F} = m\vec{a}_{external} \quad (2.7)$$

โดยที่ \vec{F} คือ แรงที่กระทำต่อสปริง

m คือ มวลวัตถุที่นำมาติดสปริง (Proof Mass)

$\vec{a}_{external}$ คือ ความเร่งภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุ

ในระบบของแอสเซอเรมิเตอร์จะมีความถี่เรโซแนนท์จากน้ำหนักของสปริง โดยจะไม่สนใจค่าความหน่วงที่เกิดขึ้น ซึ่งแอสเซอเรมิเตอร์ที่มีความแม่นยำสูงจะจัดการความถี่เรโซแนนท์โดยแทนที่ขยายแบบเครื่องกลแทนความเร่ง แต่อย่างไรก็ตามสุดท้ายแล้วผลลัพธ์ที่ได้ก็ยังสามารถนำความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรโซแนนท์มาวิเคราะห์ด้วย สำหรับการแทนที่ของสปริงที่มีประสิทธิภาพ ค่าคงที่ $K(x)$ สามารถสมมติให้เป็นค่าคงที่ ในสภาวะสมดุลเมื่อวัตถุไม่มีการเคลื่อนที่ แรงดึงกลับของสปริงจะมีค่าเท่ากับความเร่งของวัตถุ โดยถ้าค่าการแทนที่ของสปริงเท่ากับ x ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้วัดค่าความเปลี่ยนแปลงค่าต้านทานของวัตถุที่มีความต้านทานและวัดการเปลี่ยนแปลงความสามารถการเก็บประจุไฟฟ้าขณะที่เคลื่อนไหวกับวัตถุอยู่คงที่

2.5 ระบบพิกัดเชิงขั้วหรือกราฟออยเลอร์ (Euler Graph)

สูตรทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่ซับซ้อนเพื่ออธิบายพื้นฐานความสัมพันธ์ระหว่างระบบตรีโกณมิติและระบบฟังก์ชันเลขชี้กำลัง โดยสูตรของออยเลอร์จะใช้ค่าเลขจำนวนจริงใดๆ [9] ดังสมการที่ (2.8)

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x \quad (2.8)$$

เมื่อ e^{ix} คือ ค่าพื้นฐานของลอการิธึมธรรมชาติ

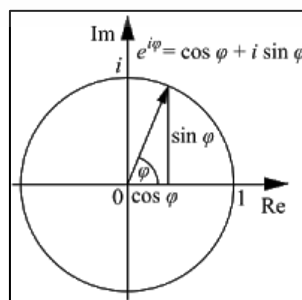
i คือ ยูนิตจินตภาพ

\cos และ \sin คือ ฟังก์ชันระบบตรีโกณมิติในมุมมองของ sine และ cosine ซึ่ง x เป็นรัศมี

ในบางครั้งฟังก์ชันเลขชี้กำลังถูกระบุให้เป็นฟังก์ชัน $\text{cis}(x)$ หรือ $\cos x + i \sin x$ ซึ่งสูตรนี้จะสามารถใช้ได้เมื่อ x คือ จำนวนซ้อน บางครั้งมุมของออยเลอร์ถูกนำไปใช้ในการอ้างอิงในรูปแบบฟังก์ชันชี้กำลัง สมการของออยเลอร์ถูกประยุกต์ใช้ในศาสตร์หลายๆแขนง เช่น คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ วิศวกรรม เป็นต้น ทำให้สมการนี้รู้จักอย่างแพร่หลายจนเป็นสูตรการคำนวณที่คนจดจำได้ในคณิตศาสตร์ [9]

2.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมของออยเลอร์และทฤษฎีจำนวนเชิงซ้อน

ทฤษฎีจำนวนเชิงซ้อนสามารถเขียนออกมาให้อยู่ในรูปแบบเชิงขั้วเพื่อลดความซับซ้อน ทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างมุมของออยเลอร์และทฤษฎีจำนวนเชิงซ้อนจากสมการที่ (2.8) สามารถแปลงสมการออกมาเป็นรูปได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างออยเลอร์และจำนวนเชิงซ้อน [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อฟังก์ชัน $e^{i\varphi}$ คือ ยูนิตจำนวนเชิงซ้อน ในระนาบของจำนวนเชิงซ้อนในวงกลม 1 หน่วย φ คือช่วงข้อมูลของจำนวนจริง เมื่อกำหนดให้ φ เป็นมุมที่เชื่อมต่อกับจุดกำเนิดของวงกลม 1 หน่วย จะทำให้เกิดแกนของจำนวนจริงที่มีค่าเป็นบวก โดยหมุนตามเข็มนาฬิกา ในระนาบเชิงซ้อน แสดงจำนวนเชิงซ้อนที่เขียนในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนได้เป็นจุดหรือเวกเตอร์ สูตรของออยเลอร์เป็นสูตรที่นำมาใช้แปลงระหว่างระบบพิกัดคาร์ทีเซียนและระบบพิกัดเชิงขั้ว เนื่องจากจำนวนเชิงซ้อนมีสมบัติการปิดเชิงพีชคณิต ทำให้สามารถใช้การคูณหรือการยกกำลังของจำนวนเชิงซ้อน เมื่อจำนวนเชิงซ้อนใดๆ $z = x + iy$ และคอนจูเกตตัวของมันเอง คือ $\bar{z} = x - iy$ แล้วไม่เปลี่ยนแปลงสมาชิกของเซตเต็ม สามารถเขียนได้เป็นดังสมการที่ (2.9) และ (2.10)

$$z = x + iy = |z|(\cos \varphi + i \sin \varphi) = re^{i\varphi} \quad (2.9)$$

$$\bar{z} = x - iy = |z|(\cos \varphi - i \sin \varphi) = re^{-i\varphi} \quad (2.10)$$

โดยที่ $x = \text{Re}\{z\}$ คือ ส่วนของจำนวนจริง

$y = \text{Im}\{z\}$ คือ ส่วนของจำนวนจินตภาพ

$r = |z| = \sqrt{x^2 + y^2}$ คือ ขนาดของ Z

$$\varphi = \arg z = \text{atan2}(y, x) \quad (2.11)$$

โดยที่ φ คือ ตัวแปรของ z

$y = \text{Im}\{z\}$ คือ ส่วนของจำนวนจินตภาพ

$r = |z| = \sqrt{x^2 + y^2}$ คือ ขนาดของ Z

ในหนังสือโดยทั่วไปเมื่ออาร์คมีค่าเท่ากับ 2π จะกำหนดค่า θ ให้เท่ากับ $\tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$ แต่ในสมการที่ (2.11) ต้องการการจัดเรียงเมื่อ $x \leq 0$ จึงใช้ค่า $\text{atan2}(y, x)$ แทนที่ในค่า θ เพราะฉะนั้นจำนวนจริง x, y ไม่ใช่ทั้งสองค่าที่เป็น 0 เมื่อมุมของเวกเตอร์ (x, y) และ $(-x, -y)$ จะแตกต่างกันด้วยอาร์คมี แต่ก็สามารถระบุได้จากค่า $\tan(\theta) = y/x$

2.6 การจัดกลุ่มข้อมูล

เทคนิคที่ใช้จำแนกหรือแบ่งกลุ่มข้อมูล [10] โดยอาจจะหมายถึง คน สัตว์ สิ่งของ หรือองค์กร ฯลฯ โดยเริ่มการทำงานจากการแบ่งตัวแปรออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป ข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีลักษณะที่เหมือนกันหรือคล้ายกัน ส่วนข้อมูลที่อยู่ต่างกลุ่มกันจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน เพราะฉะนั้นการพิจารณาเลือกตัวแปรที่นำมาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลจึงมีความสำคัญ นอกจากนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มข้อมูลใดกลุ่มข้อมูลหนึ่งจะต้องอยู่เพียงกลุ่มเดียว ถ้านำเทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลใช้ในการแบ่งกลุ่มตัวแปร จะให้ตัวแปรที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีความสัมพันธ์กันมากกว่าตัวแปรที่อยู่ต่างกลุ่มกัน ตัวแปรที่อยู่ต่างกลุ่มกันมีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย ส่วนใหญ่การแบ่งกลุ่มตัวแปรจะใช้เทคนิคแฟคเตอร์ (Factor) ส่วนการแบ่งกลุ่มข้อมูลมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดข้อมูลน้อยซ์ (Noise) หรือเอาไลน์เออร์ (Outlier) ลดขนาดข้อมูล (Data Reduction) ด้วยเทคนิคที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพ ในที่นี้จะกล่าวถึงการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน

2.6.1 การจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-Mean Clustering)

การจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน[11] คือ กระบวนการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนที่ง่ายที่สุด โดยตัดแบ่งส่วน (Partition) วัตถุออกเป็น K กลุ่ม โดยแทนกลุ่มแต่ละกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของข้อมูล ใช้ค่าเฉลี่ยเป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่มในการวัดระยะห่างของข้อมูลในกลุ่มเดียวกัน ระยะห่างของข้อมูลจะมีค่าน้อยถ้าหากข้อมูลอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ถ้าข้อมูลต่างกลุ่มกัน ระยะห่างข้อมูลจะมีค่ามาก ในการหาระยะห่างจะใช้วิธีคิดแบบระยะห่างยูคลิเดียน (Euclidean Distance) โดยที่ค่า X แต่ละค่ามีค่า C ได้เพียงค่าเดียวเท่านั้น ดังสมการที่ (2.12)

$$SSE = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in C_i} dist(c_i, x)^2 \quad (2.12)$$

โดยที่ x คือ วัตถุที่เราสนใจ

C_i คือ คลัสเตอร์ลำดับที่ i

c_i คือ จุดกึ่งกลางของคลัสเตอร์ลำดับที่ i

c คือ จุดกึ่งกลางของทุกจุด

m คือ จำนวนของวัตถุในดาต้าเซต

K คือ จำนวนของคลัสเตอร์

และปรับค่าเฉลี่ยจากสมการที่ (2.13)

$$c_i = \frac{1}{m_i} \sum_{x \in C_i} x \quad (2.13)$$

โดยที่ m_i คือ จำนวนของวัตถุในคลัสเตอร์ลำดับที่ i

x คือ ข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การหาค่ามาตรฐาน

คะแนนมาตรฐาน[12] คือ ค่าที่ใช้เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างชุดได้ เนื่องจากเมื่อนำข้อมูลสองชุดเปรียบเทียบกัน จำเป็นที่จะต้องมีความมาตรฐานเดียวกันในการเปรียบเทียบ เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการเปรียบเทียบข้อมูล ค่ามาตรฐานนำมาปรับค่าของข้อมูลให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด โดยมีแนวคิดพื้นฐานทฤษฎีช่วงความเชื่อมั่นดังสมการที่ (2.14)

$$l \leq \mu \leq u \quad (2.14)$$

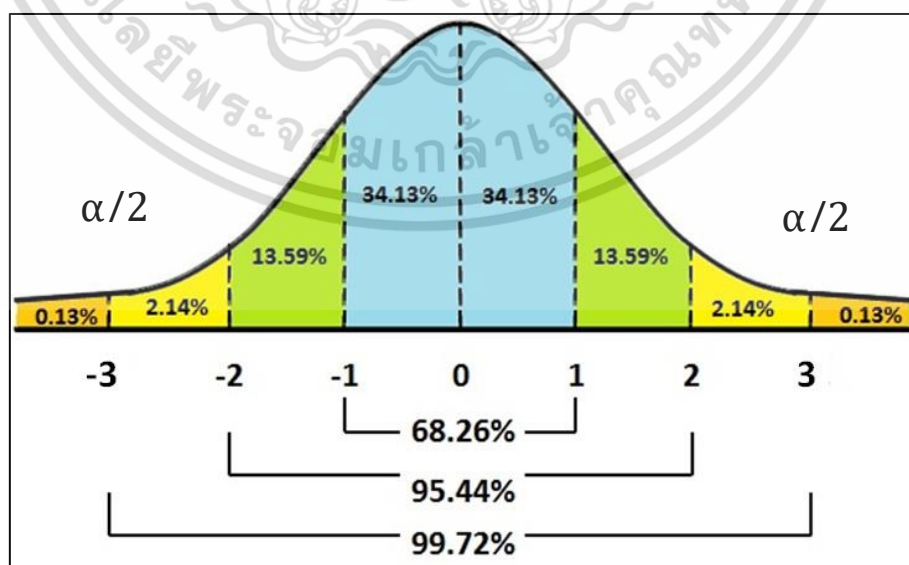
เมื่อ l คือ ขอบเขตล่างและ u คือ ขอบเขตบน การใช้ขอบเขตล่างและขอบเขตบนเป็นการทดสอบสมมติฐานแบบสองทาง ทฤษฎีนี้ทำให้ทราบโอกาสที่ค่ากลางของประชากรจะอยู่ภายในขอบเขตจากสมการที่ (2.15)

$$P(L \leq \mu \leq U) = 1 - \alpha \quad (2.15)$$

เนื่องจากการคำนวณโอกาสที่ค่ากลางของประชากรที่กำหนดอยู่ในขอบเขตที่ต้องการ จำเป็นต้องมี α คือ ค่าความเสี่ยงหรือค่าที่บ่งบอกความเสี่ยงที่เราจะพยากรณ์ค่า m ผิดพลาด ดังนั้นเมื่อมีความเชื่อมั่นจำเป็นจะต้องมีค่าความผิดพลาดซึ่งสามารถเขียนสมการ $100(1-\alpha) \%$ คือ เปอร์เซ็นต์ความเชื่อมั่นที่สนใจ ถ้าหากการอ้างอิงทฤษฎี Sampling distribution for mean ที่มีค่ากลางคือ m และค่าการกระจายเท่ากับ s^2/n ดังนั้นสามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ (2.16)

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \quad (2.16)$$

และสามารถวาดกราฟเป็นการกระจายแบบโค้งปกติดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การกระจายแบบโค้งปกติ[13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.6 จะได้ว่าค่า α จึงต้องหารสองสามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2.17)

$$P\{-Z_{\alpha/2} \leq Z \leq Z_{\alpha/2}\} = 1 - \alpha \quad (2.17)$$

แทนค่า Z ในสมการที่ (2.18) จะได้สมการที่ (2.19)

$$P\left\{-Z_{\alpha/2} \leq \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \leq Z_{\alpha/2}\right\} = 1 - \alpha \quad (2.19)$$

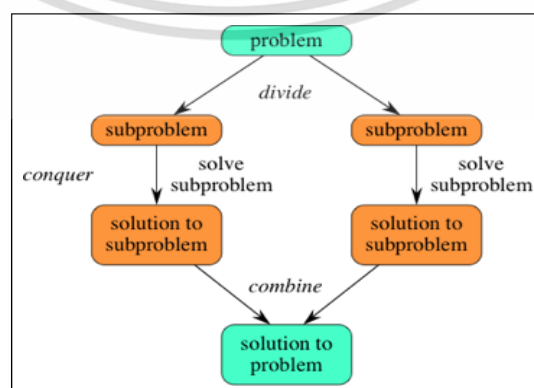
เมื่อนำมาจัดรูปแบบสมการใหม่จะได้ดังสมการที่ (2.20)

$$P\left\{\bar{x} - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \frac{\mu}{\sigma} \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right\} = 1 - \alpha \quad (2.20)$$

โดยที่ X คือค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ทำการเก็บตัวอย่างแบบสุ่มมาจากประชากร
 n คือ จำนวนตัวอย่าง

2.8 ขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ (Divide and conquer algorithm)

ในวิทยาการคอมพิวเตอร์ขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ[14]เป็นขั้นตอนวิธีในสาขาวิชา
 วิทยาการคอมพิวเตอร์ โดยเป็นวิธีการออกแบบขั้นตอนวิธีโดยมีพื้นฐานมาจากการเรียกซ้ำ
 (Recursive) ขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะทำงานโดยแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อย 2 ส่วนหรือ
 มากกว่านั้นแบบเวียนเกิด ปัญหาถูกแบ่งไปเรื่อย ๆ จนเล็กและง่ายพอที่จะแก้ได้อย่างง่ายดาย หลังจาก
 แก้ปัญหาย่อยเล็ก ๆ เหล่านั้นแล้วก็จะนำคำตอบมารวมกันขึ้นไปเรื่อย ๆ จนสุดท้ายได้คำตอบของ
 ปัญหาตั้งเดิม กลวิธีนี้เป็นพื้นฐานของขั้นตอนวิธีที่มีประสิทธิภาพจำนวนมากมาย เช่น การเรียงลำดับ
 (การเรียงลำดับแบบเร็ว การเรียงลำดับแบบผสาน) การคูณเลขขนาดใหญ่ (ขั้นตอนวิธีของคาราซูบา)
 การคำนวณการแปลงฟูรีเยไม่ต่อเนื่องโดยมากแล้ว ความถูกต้องของขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ
 สามารถพิสูจน์ได้โดยการอุปนัยทางคณิตศาสตร์ ในขณะที่เวลาการคำนวณของขั้นตอนวิธีสามารถหา
 ได้จากการแก้ความสัมพันธ์เวียนเกิด สามารถอธิบายได้เป็นดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แผนภาพการทำงานขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ[15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.7 สามารถอธิบายเป็นขั้นตอนวิธีดังอัลกอริทึมที่ 2.1

Algorithm 2.1 : Divide and conquer

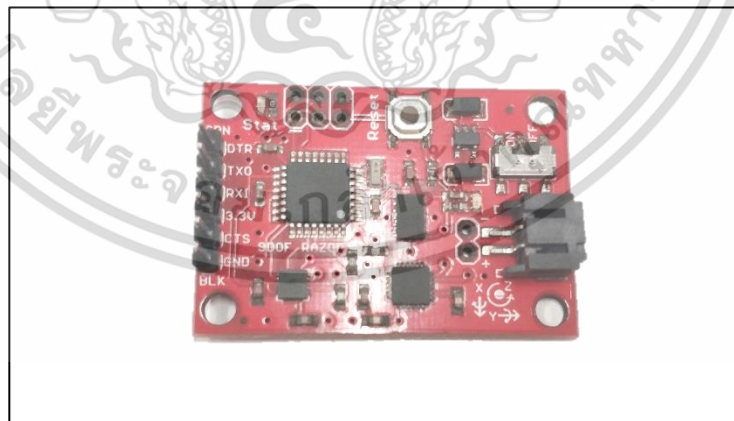
1. Sort points according to their x-coordinates.
 2. Split the set of points into two equal-sized subsets by a vertical line $x=x_{mid}$.
 3. Solve the problem recursively in the left and right subsets. This yields the left-side and right-side minimum distances dL_{min} and dR_{min} , respectively.
 4. Find the minimal distance dLR_{min} among the set of pairs of points in which one point lies on the left of the dividing vertical and the other point lies to the right.
 5. The final answer is the minimum among dL_{min} , dR_{min} , and dLR_{min}
-

รูปที่ 2.8 อัลกอริทึมขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ[14]

2.9 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

1) เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Razor-IMU

อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นเซ็นเซอร์ที่ผลิตโดยบริษัท SparkFun Electronics โดยใช้เซ็นเซอร์รุ่น 9 Degrees of Freedom - Razor IMU[19] ภายในวงจรประกอบด้วยส่วนย่อยๆ 3 ส่วน คือ ส่วนแรก ITG-3200 (Gyroscope) ทำหน้าที่วัดค่าการเอียงในระนาบ 3 มิติ ส่วนที่สอง ADXL345 (Accelerometer) ทำหน้าที่วัดแรงที่มากกระทำกับเซ็นเซอร์ โดยสามารถวัดค่าที่อยู่ในช่วง $\pm 16g$ มีภาพแบบการส่งข้อมูล 13 bit ส่วนสุดท้าย HMC5883L (Magnetometer) ทำหน้าที่วัดค่าสนามแม่เหล็กในระนาบ 3 มิติ โดยจัดส่วนประกอบทั้งหมดในแผงวงจรขนาด 1.1×1.6 นิ้ว[15] ดังรูปที่ 2.9

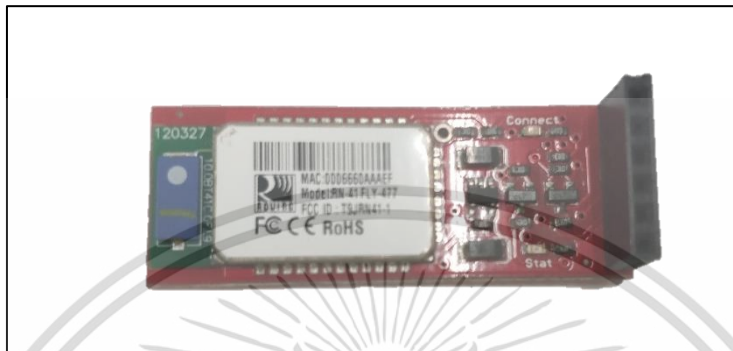


รูปที่ 2.9 เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว Razor-IMU

2) ตัวส่งสัญญาณบลูทูธ (Bluetooth Sensor)

ตัวส่งสัญญาณบลูทูธ[20]เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เป็นแผงวงจรที่ผลิตโดยบริษัท SparkFun Electronics โดยใช้ชื่อว่า บลูทูธเมทโกล (Bluetooth Mate เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษานี้ เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gold) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ โดยส่งผ่านสัญญาณบลูทูธบนมาตรฐาน 802.11 g ด้วยความถี่ 2.4~2.524 GHz รองรับการส่งข้อมูล 2400-115200 bps สามารถทำงานบนสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิ $-40 \sim +70^{\circ}\text{C}$ โดยใช้ไฟฟ้าขนาด 3.3V-6V เพื่อทำงาน ตัวส่งสัญญาณบลูทูธนี้มีขนาด 1.75×0.65 นิ้ว[16] ดังรูปที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ตัวส่งสัญญาณบลูทูธ รุ่นบลูทูธเมทโกลด์ (Bluetooth Mate Gold)

3) แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นพลังงานหลักสำหรับตัวรับสัญญาณบลูทูธและเซ็นเซอร์ ตรวจสอบการเคลื่อนไหว โดยใช้แบตเตอรี่[21] รุ่นพอลิเมอร์ ลิเทียมไอออนแบตเตอรี่ (Polymer Lithium Ion Battery) สามารถจ่ายไฟที่มีขนาด มี 3.7 V ความจุแบตเตอรี่อยู่ที่ 1000 mAh ขนาดของแบตเตอรี่อยู่ที่ $2.00 \times 1.32 \times 0.23$ นิ้ว[17] ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แบตเตอรี่ รุ่นพอลิเมอร์ ลิเทียมไอออน (Polymer Lithium Ion Battery)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) ชุดบอดี้สูทสำหรับติดเซ็นเซอร์
 บอดี้สูทสำหรับติดเซ็นเซอร์ตัดเย็บจากผ้าที่มีความพลิ้วไหว และบางเพื่อไม่ให้เป็นอุปสรรค
 ในการติดตั้งอุปกรณ์ติดเซ็นเซอร์ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ชุดบอดี้สูทสำหรับติดเซ็นเซอร์

- 5) การประกอบอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว
 เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวจะถูกประกอบเข้ากับตัวส่งสัญญาณบลูทูธและแบตเตอรี่
 เมื่อประกอบเรียบร้อยแล้ว นำเซ็นเซอร์ใส่กล่องอะคริลิกเพื่อป้องกันการเลือนหลุด ลดการเกิดข้อมูล
 ผิดพลาด ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ชุดอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การเก็บข้อมูลการสวิงกอล์ฟ

งานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวจากในรูปที่ 2.13 ในบทที่ 2 ในการเก็บข้อมูลจากผู้ทดสอบ กลุ่มผู้ทดสอบมีทั้งแบบคนปกติเป็นนักเล่นกอล์ฟอาชีพและคนผิดปกติที่บาดเจ็บจากกีฬา กอล์ฟ ใช้ท่าทางเป็นการสวิงกอล์ฟสวิงจำนวน 5 ครั้ง ผู้ทดสอบจะต้องใส่บอดีสูทในรูปที่ 2.12 ก่อนที่จะทำการทดสอบ เพื่อให้เซ็นเซอร์ตรวจจับการสวิงกอล์ฟอยู่ในจุดที่ผู้วิจัยต้องการ เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยจะมีกล่องอะคริลิกเพื่อป้องกันเซ็นเซอร์เลื่อนออกจากจุดที่กำหนด และบังคับให้เซ็นเซอร์ประกอบอยู่ด้วยกันดังรูปที่ 2.13 ตัวเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวจะประกอบด้วยเซ็นเซอร์ Razor-IMU เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับการเอียงหมุนและความเร่ง และตัวส่งสัญญาณบลูทูธมีแบตเตอรี่เป็นส่วนที่ให้พลังงานกับเซ็นเซอร์ จุดที่ติดเซ็นเซอร์แสดงดังรูปที่ 3.1

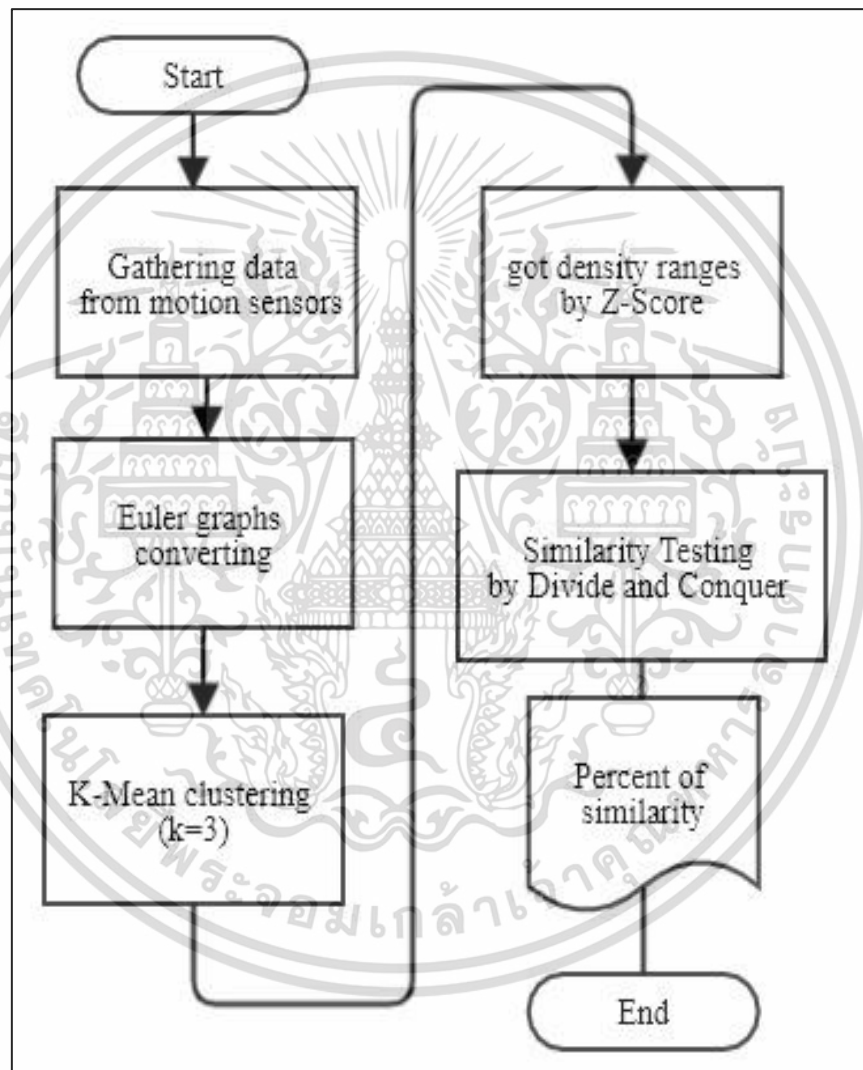


รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับการสวิงกอล์ฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

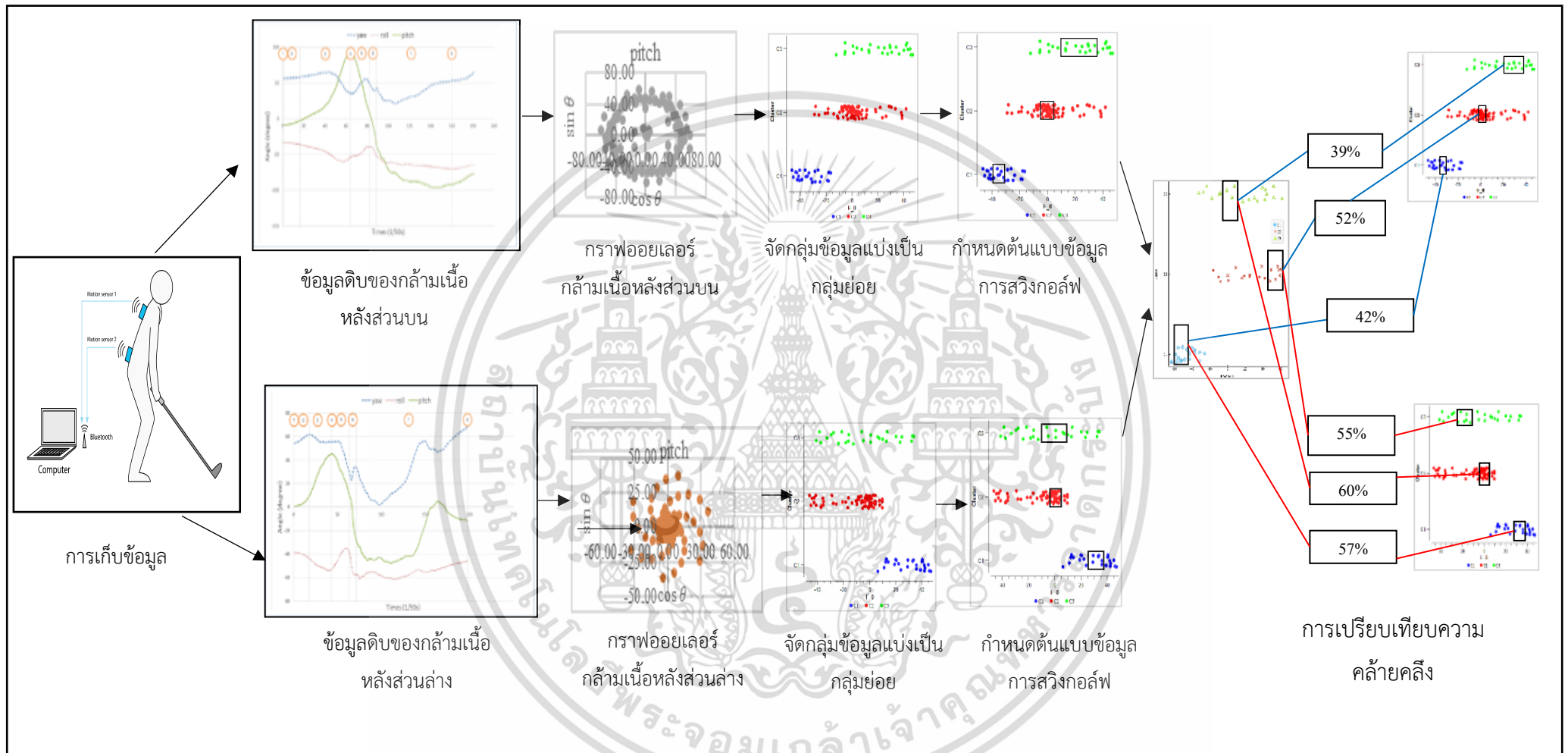
เมื่อผู้วิจัยเก็บข้อมูลการสวิงกอล์ฟแล้วจะนำมาปรับข้อมูลดิบให้อยู่ในรูปแบบกราฟออยเลอร์ ซึ่งจะได้ข้อมูลเป็นกราฟออยเลอร์ของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนและส่วนล่าง และนำข้อมูลทั้งสองกลุ่มไปจัดกลุ่มข้อมูลและกำหนดขอบของข้อมูล เมื่อได้ต้นแบบข้อมูลการสวิงกอล์ฟแล้วนำมาต้นแบบมาใช้ทดสอบกับกลุ่มข้อมูลเปรียบเทียบด้วยการเปรียบเทียบความคล้ายคลึง เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงของรูปแบบการสวิงกอล์ฟสามารถเขียนเป็นแผนผังลำดับงานได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนภาพขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

จากรูปที่ 3.2 แผนภาพขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยสามารถแสดงขั้นตอนการดำเนินงานสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนภาพโครงสร้างการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 วิธีการสร้างกราฟแบบออยเลอร์

เมื่อได้ข้อมูลดิบแล้ว ข้อมูลจะถูกเปลี่ยนรูปให้อยู่ในรูปแบบกราฟออยเลอร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นกราฟวงกลม เห็นการกระจาย กระจุกตัวของข้อมูล ซึ่งใช้เพื่อจำลองรูปแบบวงสวิงของกอล์ฟ โดยนำมาปรับข้อมูลด้วยสมการที่ (2.9) โดยสมการเขียนเป็นสมการใหม่ได้ดังสมการที่ (3.1)

$$X = x_i \cos \theta \quad (3.1)$$

$$Y = x_i \sin \theta \quad (3.2)$$

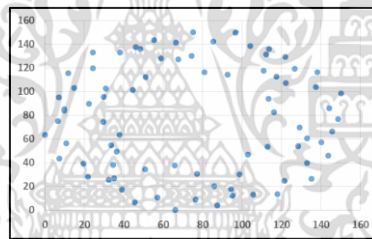
โดยที่ X และ Y คือ พิกัดของข้อมูล

x คือ ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

i คือ ลำดับของข้อมูลดิบ

θ คือ มุมเริ่มจาก 1 องศาถึง 360 องศา

จากขั้นตอนนี้จะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างกราฟออยเลอร์

3.2.2 วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยการจัดกลุ่มแบบเคมีน

ในงานวิจัยได้ใช้การจัดกลุ่มแบบเคมีนมาปรับปรุงข้อมูลของกราฟออยเลอร์ เนื่องจากกราฟออยเลอร์สามารถทราบความหนาแน่นของข้อมูลได้ แต่ยังไม่สามารถกำหนดต้นแบบของวงสวิงกอล์ฟได้ จึงจำเป็นต้องนำข้อมูลกราฟออยเลอร์มาจัดกลุ่มเป็นกลุ่มย่อย ซึ่งสามารถจัดกลุ่มย่อยได้ 3 กลุ่ม เนื่องจากเหมาะสมกับข้อมูลการเคลื่อนไหวและได้ผลการจัดกลุ่มที่ดีที่สุด โดยสามารถเขียนสมการการจัดกลุ่มได้ดังสมการที่ (3.3)

$$SSE = \sum_{i=1}^3 \sum_{P \in M_i} dist(M_i, P_{i,..,n})^2 \quad (3.3)$$

โดยที่ i คือ ลำดับของข้อมูล

M_i คือ ค่ากลางของกลุ่มลำดับที่ i

$P_{i,..,n}$ คือ ข้อมูลที่ได้จากกราฟออยเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการจัดกลุ่มจะดำเนินการไปเรื่อยๆจนหมดรอบ เมื่อหมดรอบจะต้องปรับค่ากลางโดยสมการที่ (3.4)

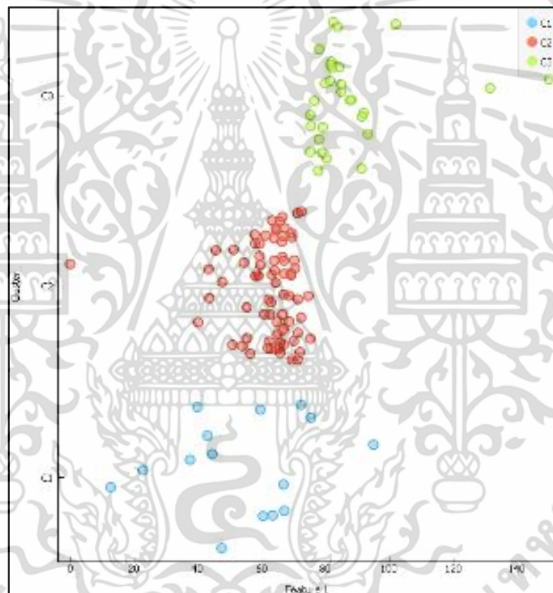
$$M_i = \frac{1}{m_i}(P_1 + \dots + P_n) \quad (3.4)$$

โดยที่ m_i คือ ค่ากลางของกลุ่มข้อมูลในลำดับที่ i

P คือ ข้อมูลที่ได้จากกราฟฟอยเลอร์

n คือ จำนวนของข้อมูลที่ได้จากกราฟฟอยเลอร์

จากขั้นตอนนี้จะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการจัดกลุ่มแบบเคมิน

3.2.3 การสร้างต้นแบบข้อมูลการสวิงกอล์ฟ

การสร้างต้นแบบข้อมูลการสวิงกอล์ฟสามารถสร้างโดยการใช้การหาค่ามาตรฐาน ตรวจสอบข้อมูล ซึ่งเมื่อจัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเคมินแล้ว ข้อมูลในแต่ละกลุ่มย่อยจะถูกนำมา คำนวณค่าเฉลี่ย และขอบของข้อมูลด้วยสมการที่ (2.24) แต่มีการปรับค่าความแปรปรวนเป็นค่าแบบ SD ดังสมการที่ (3.5)

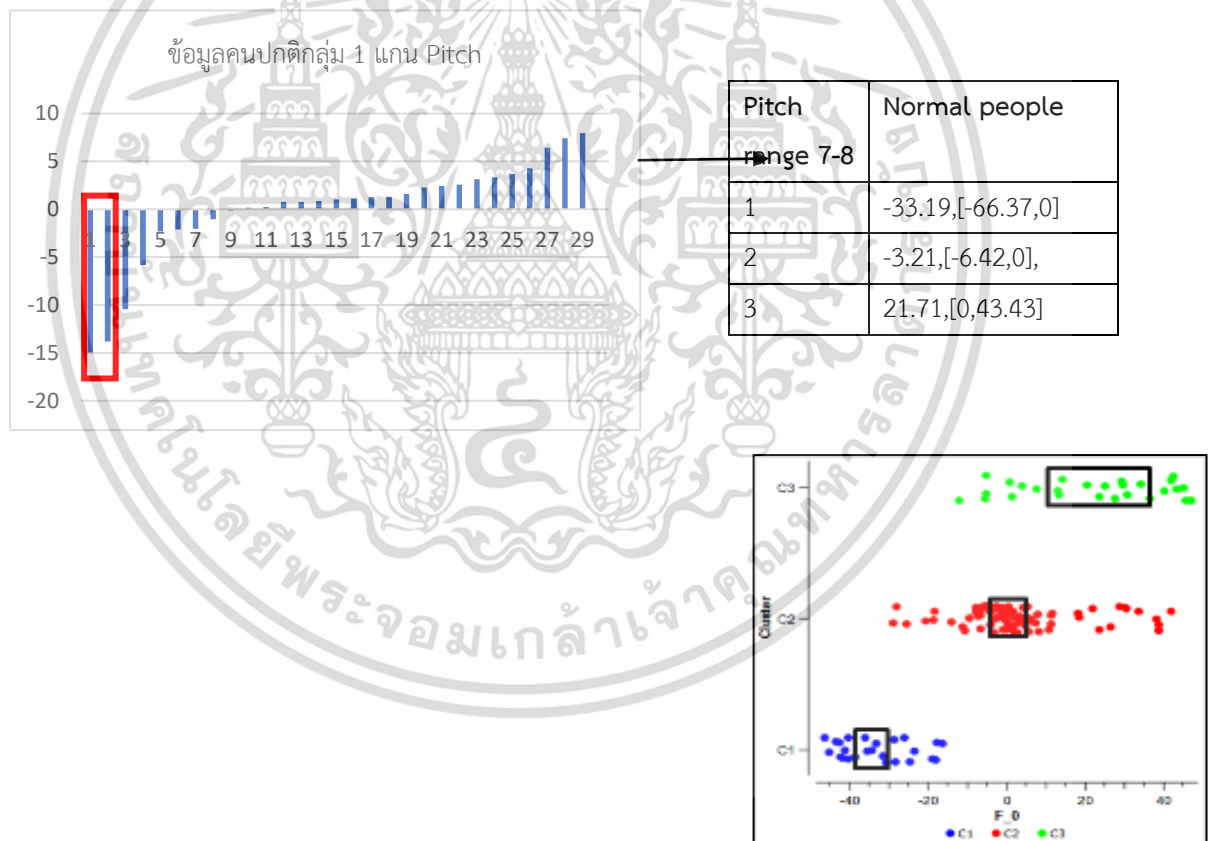
$$\bar{x} - Z_{\alpha/2} * \frac{SD}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} * \frac{SD}{\sqrt{n}} = 100(1 - \alpha)\% \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ผลลัพธ์จากสมการที่ (3.5) ข้อมูลกลุ่มย่อยจะถูกจัดกราฟแบบโค้งปกติ เพื่อกำหนดจุดข้อมูลที่มีค่าสูงสุด โดยนำข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน ขอบบนและขอบล่างแสดงในตารางที่ 1 และกำหนดตำแหน่งความหนาแน่นจากขอบเขตล่างและขอบเขตบนในรูปแบบที่ 3.6

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลที่ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งความหนาแน่น

ข้อมูลดิบ	ค่าเฉลี่ยข้อมูล	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนข้อมูล	ความแปรปรวน	ขอบเขตล่าง	ขอบเขตบน
-21.2	-1.654137931	7.04862120	29	49.68306084	-	-
		1			14.93308	2.57892
					912	8146

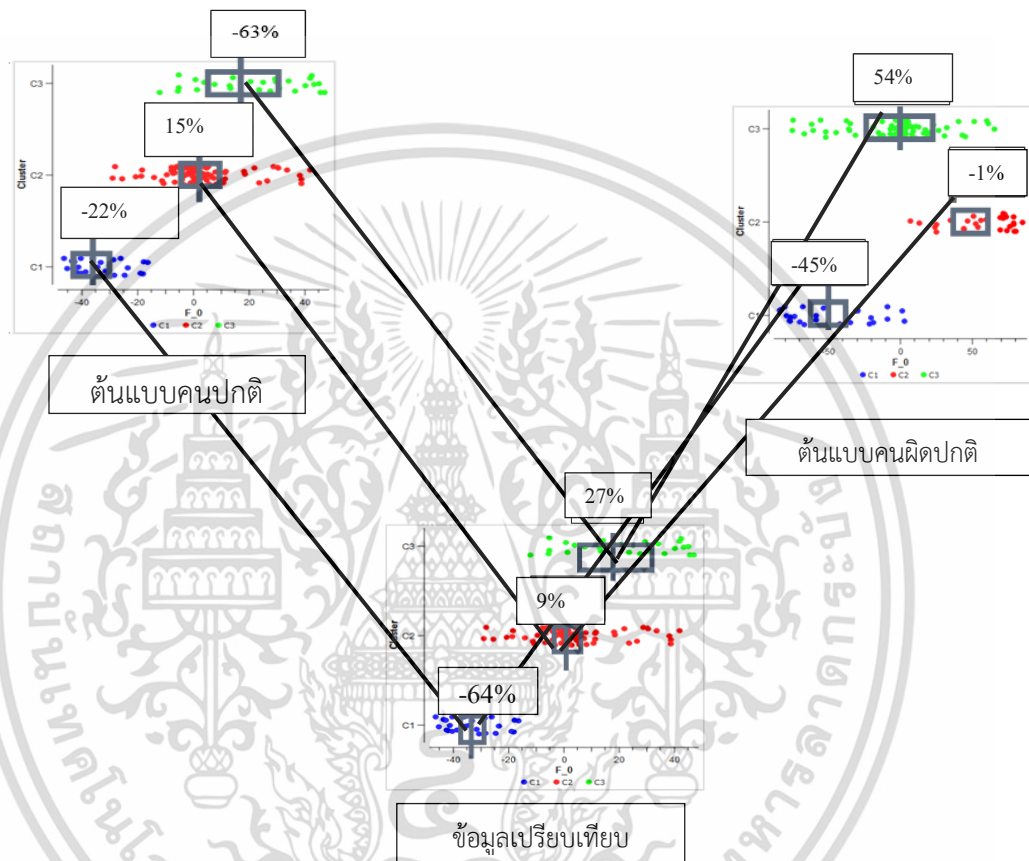


รูปที่ 3.6 การคำนวณค่าเฉลี่ยและขอบของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึง

การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงของรูปแบบการเคลื่อนไหวใช้ขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะมาใช้ในการคำนวณ เนื่องจากข้อมูลที่นำมาใช้มีการแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม ข้อมูลทำให้ขั้นตอนวิธีประเภทการแบ่งแยกเหมาะสมในการคำนวณหาค่าความคล้ายคลึง โดยคำนวณดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วิธีการคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึง

เมื่อได้ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงย่อยของกลุ่มข้อมูลแล้ว จะนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยและสรุปข้อมูลว่าข้อมูลเปรียบเทียบมีความคล้ายคลึงกับข้อมูลต้นแบบกี่เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะให้เห็นแนวโน้มของอาการบาดเจ็บ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การดำเนินการเก็บข้อมูล

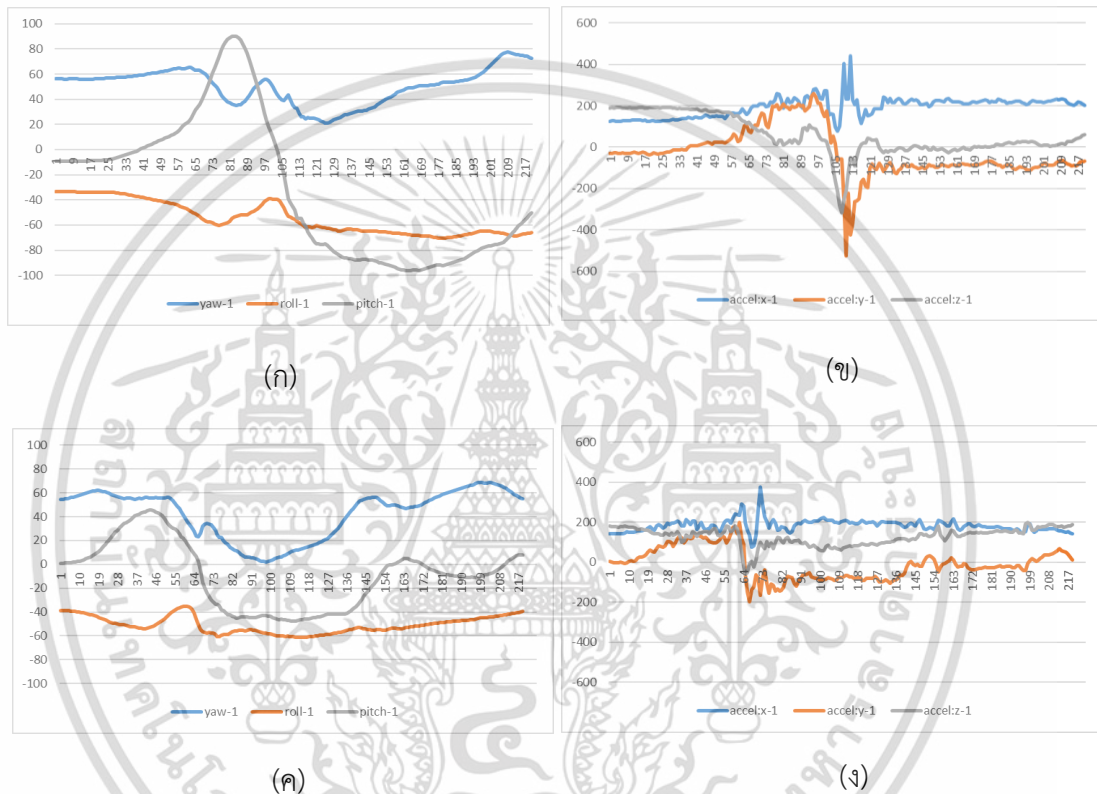
ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อหลังจากการสวิงกอล์ฟและปรึกษากับนักกายภาพบำบัดเพื่อดำเนินการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มที่จะดำเนินการเก็บข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มคนปกติเป็นผู้เล่นกอล์ฟมืออาชีพและไม่มีประวัติบาดเจ็บ และกลุ่มคนผิดปกติเป็นผู้เล่นกอล์ฟที่มีอาการบาดเจ็บและดำเนินการรักษาอยู่ โดยเน้นอาการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อหลัง เนื่องจากเป็นอวัยวะที่ช่วยส่งแรงบิดหมุนไปยังไม้กอล์ฟเพื่อตีลูกกอล์ฟให้ไปในทิศทางที่ต้องการ เป็นอวัยวะที่กระทบและเกิดอาการบาดเจ็บได้มาก เมื่อดำเนินการเก็บข้อมูลผู้ทดสอบจะถูกติดอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่หลังส่วนบนและหลังส่วนล่าง โดยอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวจะสามารถตรวจจับการเอียงหมุนและความเร่งตามแนวแกน X Y และ Z ซึ่งการเอียงหมุนจะได้ค่ามุมตามแกนมีค่าตั้งแต่ -180 ถึง 180 องศา เมื่อได้ข้อมูลการสวิงกอล์ฟแล้ว ผู้วิจัยนำมาสร้างเป็นกราฟเส้นเพื่อดูช่วงของการสวิงกอล์ฟโดยอ้างอิงจากขั้นตอนการสวิงกอล์ฟมาตรฐาน และกำหนดช่วงข้อมูลของการสวิงกอล์ฟออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้ ช่วงที่ 1 เริ่มตั้งแต่ท่าเริ่มต้นถึงท่าที่ออสวิง (ท่าที่ 1-4) ช่วงที่ 2 เริ่มตั้งแต่ท่าดาวนสวิงถึงท่าอิมแพค (ท่าที่ 5-6) ช่วงที่ 3 เริ่มตั้งแต่ท่าฟอลโลทูร์ถึงท่าสิ้นสุดการสวิง (ท่าที่ 7-8) เพื่อการง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์ เพราะว่าการตัดแบ่งเป็นตามท่าการสวิงไม่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างคนปกติและผิดปกติได้ เมื่อได้ข้อมูลที่แบ่งช่วงแล้วจากนั้นให้นำข้อมูลมาสร้างเป็นกราฟในรูปแบบบอยเลอร์เพื่อจำลองการสวิงของกอล์ฟ กราฟในรูปแบบบอยเลอร์สามารถเห็นความหนาแน่นหรือกระจายตัวของข้อมูลได้แต่ยังไม่สามารถกำหนดรูปแบบความแตกต่างระหว่างคนปกติกับผู้ป่วยได้อย่างแน่นอนและเด่นชัด ดังนั้นจำเป็นต้องนำกราฟบอยเลอร์มาจัดกลุ่มด้วยขั้นตอนวิธีแบบเคมีน เพื่อแบ่งกลุ่มข้อมูลใหญ่ออกเป็นกลุ่มข้อมูลย่อยเพื่อให้สามารถกำหนดความหนาแน่นได้ง่ายมากยิ่งขึ้น และใช้ค่ามาตรฐานคะแนนซีเป็นมาตรฐานในการกำหนดกลุ่มความหนาแน่นของข้อมูลโดยตัดช่วงจากกราฟแบบโค้งปกติเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของข้อมูล นำไปใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลเพื่อตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงด้วยขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นแนวโน้มที่แสดงว่าข้อมูลที่เปรียบเทียบมีความใกล้เคียงกับคนปกติที่เปอร์เซ็นต์ ด้วยกระบวนการนี้สามารถใช้ทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นได้

4.2 ผลการสวิตช์จากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

ข้อมูลการสวิตช์ที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนปกติแสดงในรูปที่ 4.1 และคนผิดปกติแสดงในรูปที่ 4.2

4.2.1 ผลการสวิตช์จากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนปกติ

ผลการสวิตช์จากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนปกติแสดงดังรูปที่ 4.1



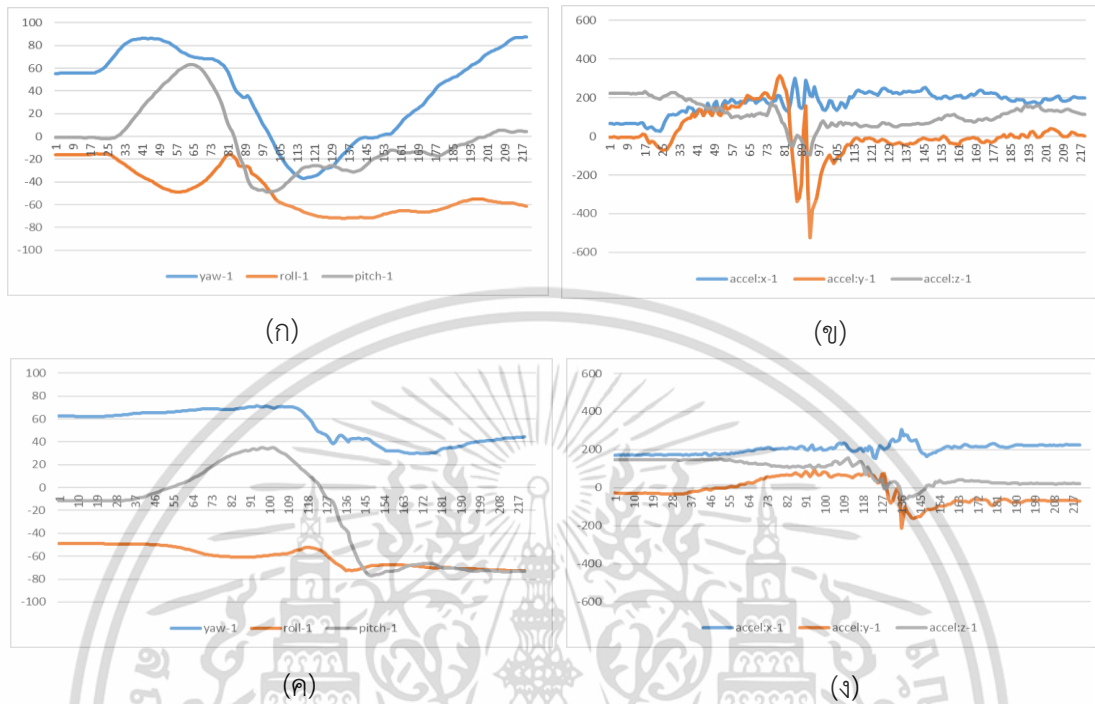
รูปที่ 4.1 ข้อมูลการสวิตช์ของคนปกติ

จากรูปที่ 4.1(ก) เป็นข้อมูลการสวิตช์หลังส่วนบนของคนปกติ จะเห็นได้ว่าในช่วงเริ่มต้นในแกน Yaw และ Roll กราฟเริ่มต้นด้วยความราบเรียบและมีการขยับลงเล็กน้อยในช่วงกลางและขยับขึ้นสูงขึ้นเล็กน้อยในแกน Roll ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนสิ้นสุดการสวิตช์ ส่วนในแกน Yaw เมื่อขยับสูงขึ้นไปแล้วก็ดีดตัวสูงขึ้นจนสิ้นสุดการสวิตช์ ในแกน Pitch เริ่มขยับขึ้นจนถึงจุดสูงสุดจนถึงช่วงกลางของการสวิตช์เช่นเดียวกับกราฟความเร่งของหลังส่วนบนดังรูปที่ 4.1(ข) จากรูปที่ 4.1(ค) เป็นข้อมูลการสวิตช์ของหลังส่วนล่างของคนปกติ เมื่อเริ่มต้นการสวิตช์ข้อมูลเริ่มขยับขึ้นสูงขึ้นไปเข้าช่วงกลางของสวิตช์ก็ลดต่ำลงมาและไม่เปลี่ยนแปลงไปจนช่วงท้ายของการสวิตช์กราฟจึงเริ่มขึ้นสูงอีกครั้งและไม่เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งสิ้นสุดการสวิตช์ ส่วนกราฟความเร่งของหลังส่วนล่างในรูปที่ 4.1(ง) เกิดความถี่ในช่วงต้นของการสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการสวิงกอล์ฟจากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนบาดเจ็บ

ผลการสวิงกอล์ฟจากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของคนบาดเจ็บแสดงดังรูปที่ 4.2



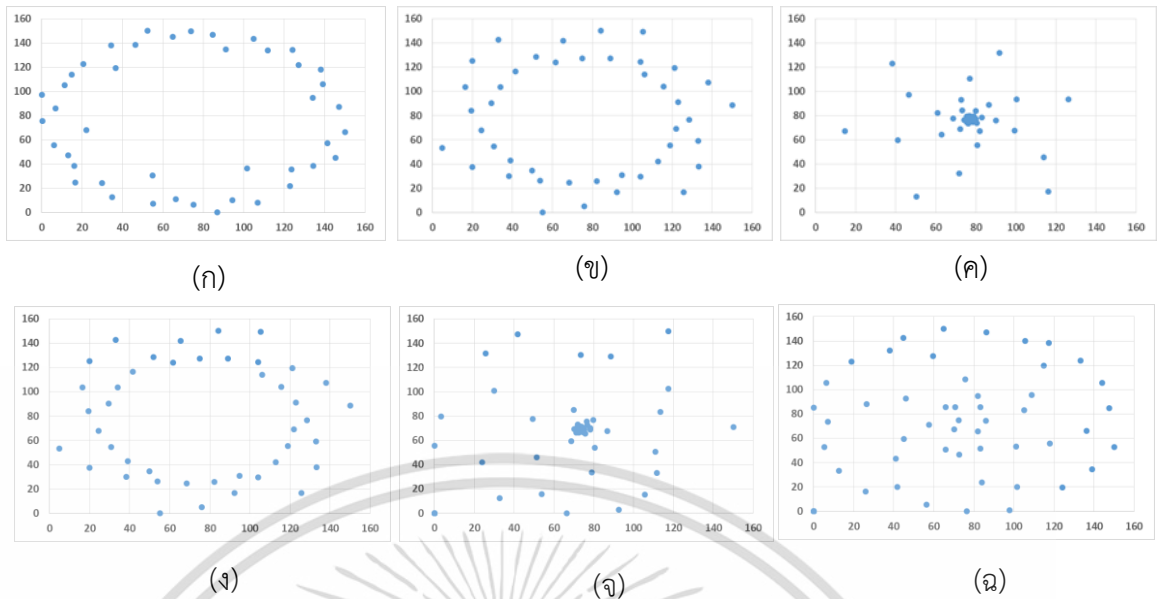
รูปที่ 4.2 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนบาดเจ็บ

จากรูปที่ 4.2(ก) เป็นข้อมูลการสวิงกอล์ฟหลังส่วนบนของคนบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อหลัง จะเห็นได้ว่าในตอนเริ่มต้นการสวิงกอล์ฟแกน Yaw และ Pitch มีการขึ้นสูง และลดต่ำลงมาในช่วงกลางของการสวิงกอล์ฟ จนใกล้จะสิ้นสุดการสวิงกอล์ฟข้อมูล ในแกน Roll ข้อมูลลดลงตั้งแต่ช่วงต้นของการสวิงกอล์ฟจนเข้าช่วงกลางของการสวิงกอล์ฟก็ติดตัวสูงขึ้นและลดลงทันทีและไม่เปลี่ยนแปลงจนสิ้นสุดการสวิงกอล์ฟ ส่วนกราฟความเร่งของหลังส่วนบนในรูปที่ 4.2(ข) เกิดความถี่ในช่วงต้นของการสวิงกอล์ฟถึงช่วงกลางของการสวิงกอล์ฟ ในรูปที่ 4.2(ค) เป็นข้อมูลการสวิงกอล์ฟของหลังส่วนล่างของคนผิดปกติ เมื่อเริ่มต้นการสวิงกอล์ฟข้อมูลเริ่มไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงจนเข้าช่วงเริ่มต้นของช่วงปลายการสวิงกอล์ฟก็มีการติดตัวสูงขึ้นและลดต่ำลงมาจนสิ้นสุดการสวิงกอล์ฟ กราฟความเร่งหลังส่วนล่างของคนผิดปกติเริ่มเกิดความถี่ในช่วงกลางและช่วงปลายของการสวิงกอล์ฟ

4.3 ผลการสวิงกอล์ฟรูปแบบกราฟออยเลอร์

ข้อมูลการเคลื่อนไหวสวิงกอล์ฟแสดงเฉพาะข้อมูลการสวิงกอล์ฟหลังส่วนบน และข้อมูลการสวิงกอล์ฟหลังส่วนล่างระหว่างคนปกติและผู้บาดเจ็บเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างของข้อมูลที่สามารถจำแนกความแตกต่างได้ชัดเจนและไม่สามารถจำแนกข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



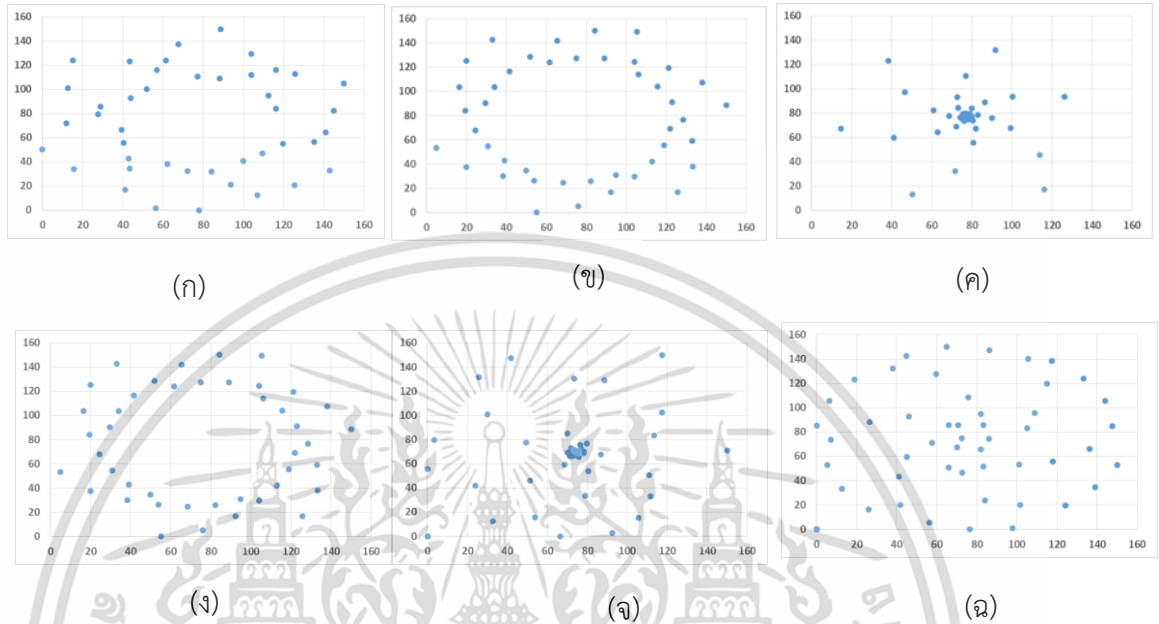
รูปที่ 4.3 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 1-4



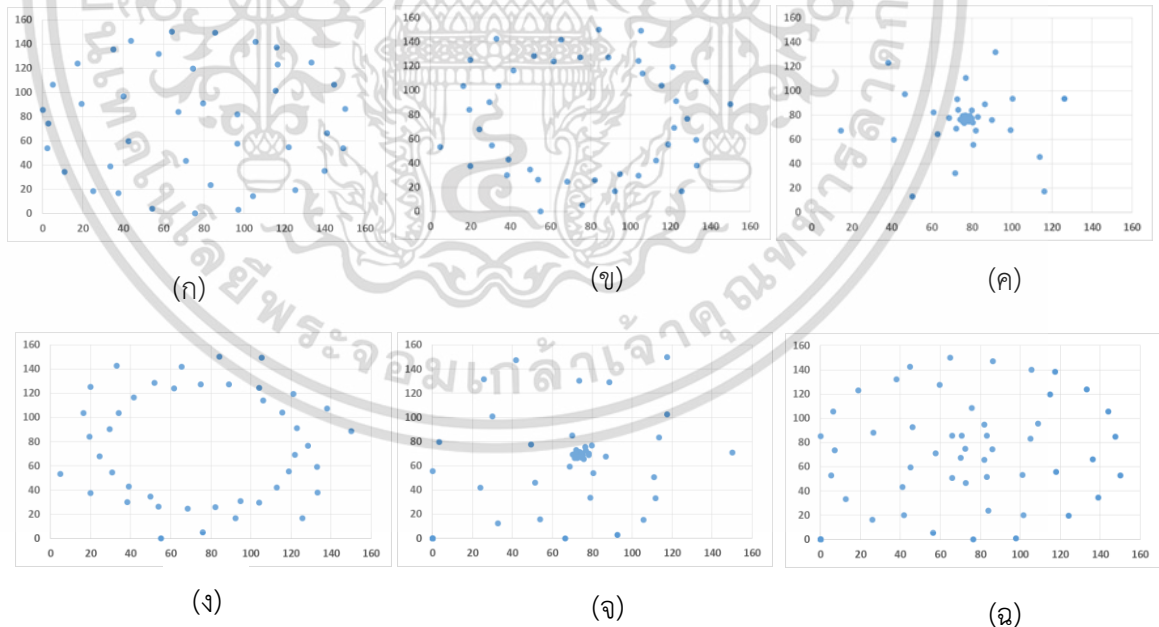
รูปที่ 4.4 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 1-4

จากรูปที่ 4.3(ก) และ 4.4(ก) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกน Yaw จะเห็นได้ว่าการสวิงกอล์ฟของคนปกติกราฟเป็นรูปวงกลมโปร่ง ส่วนของผู้บาดเจ็บเป็นวงกลมทึบ จากรูปที่ 4.3(ข) และ 4.4(ข) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกน Roll ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.3(ค) และ 4.4(ค) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกน Pitch ข้อมูลของคนปกติมีความหนาแน่นที่จุดศูนย์กลาง ส่วนของผู้บาดเจ็บมีการกระจายของข้อมูลออกจากศูนย์กลาง จากรูปที่ 4.3(ง) และ 4.4(ง) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกนความเร่งในแกน X ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.3(จ) และ 4.4(จ) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกนความเร่งในแกน Y ข้อมูลของคนปกติมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นจากจุดศูนย์กลาง ส่วนข้อมูลของผู้บาดเจ็บมีการกระจายเป็นวงกลม จากรูปที่ 4.3(ฉ) และ 4.4(ฉ) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกนความเร่งในแกน Z ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน แต่ของผู้บาดเจ็บความหนาแน่นน้อยกว่า



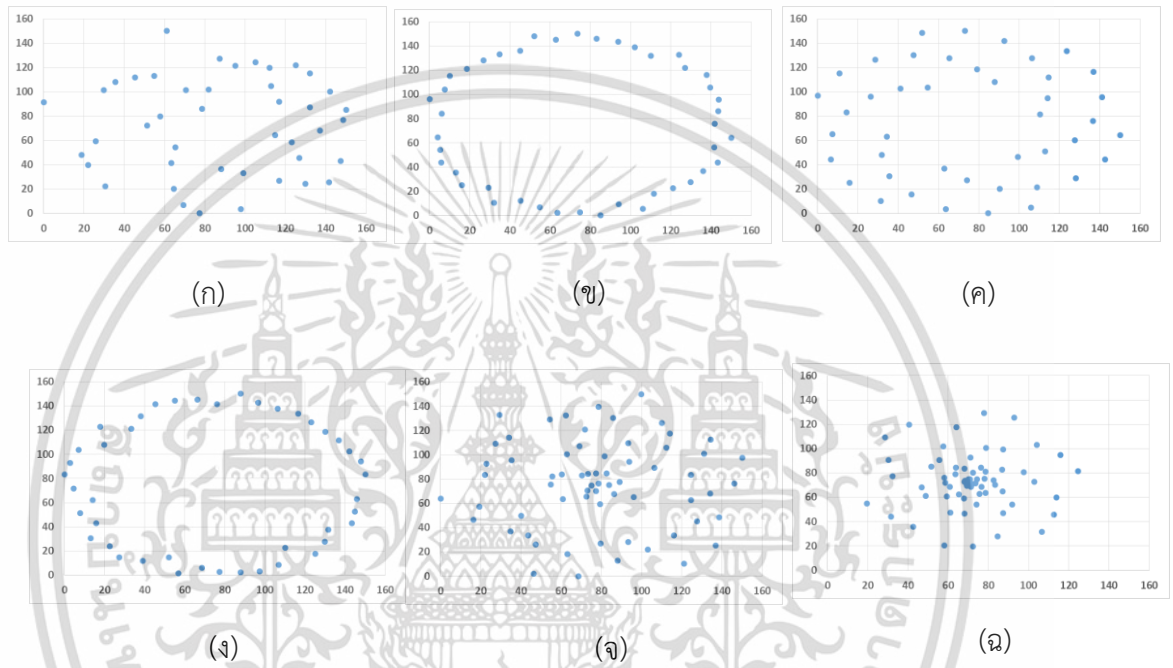
รูปที่ 4.5 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกลุ่มเนื้อหลังส่วนบนช่วง 5-6



รูปที่ 4.6 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกลุ่มเนื้อหลังส่วนบนช่วง 5-6

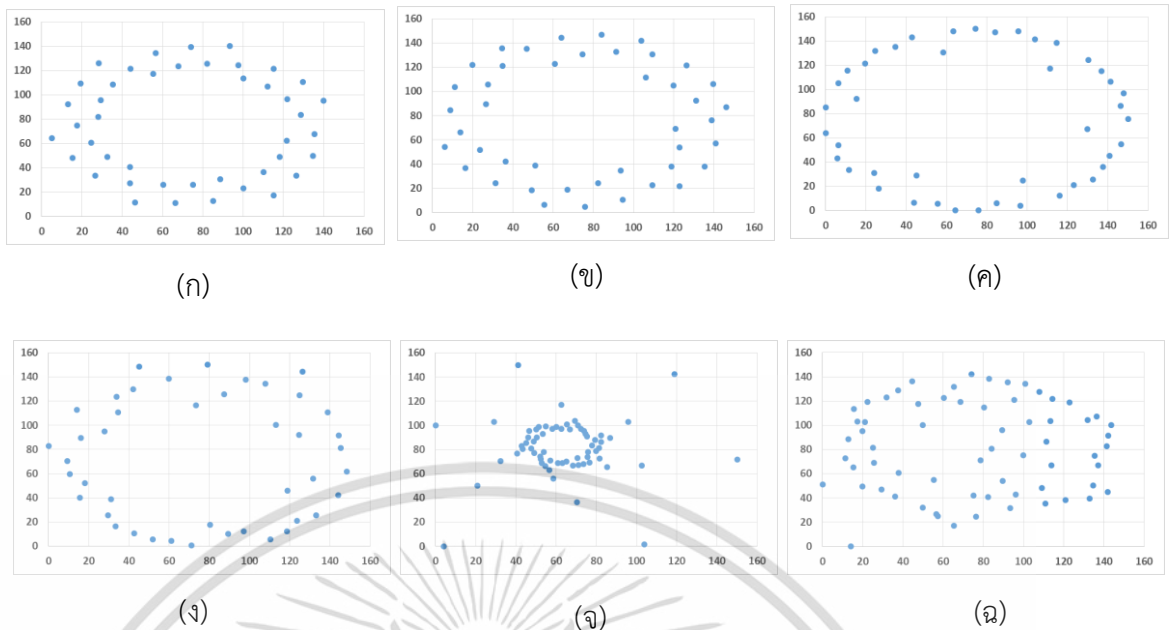
จากรูปที่ 4.5(ก) และ 4.6(ก) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกน Yaw จะเห็นได้ว่าการสวิงกอล์ฟของคนปกติกราฟเป็นรูปดอกไม้ ส่วนของผู้บาดเจ็บเป็นวงกลมทึบ จากรูปที่ 4.5(ข) และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6(ข) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกน Roll ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.5(ค) และ 4.6(ค) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกน Pitch ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.5(ง) และ 4.6(ง) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกนความเร่งในแกน X ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.5(จ) และ 4.6(จ) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกนความเร่งในแกน Y ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.5(ฉ) และ 4.6(ฉ) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกนความเร่งในแกน Z ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน



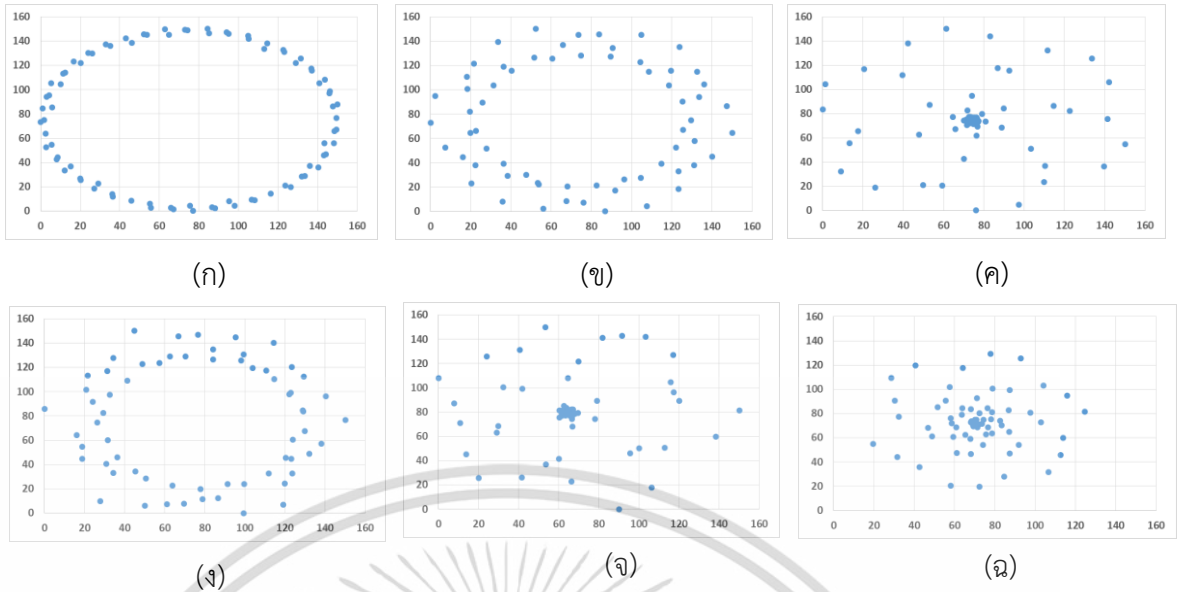
รูปที่ 4.7 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกลุ่มเนื้อหลังส่วนบนช่วง 7-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 7-8

จากรูปที่ 4.7(ก) และ 4.8(ก) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกน Yaw จะเห็นได้ว่าการสวิงกอล์ฟของคนปกติกราฟเป็นรูปวงรีรีบ ส่วนของผู้บาดเจ็บเป็นวงกลมโดนัท จากรูปที่ 4.7(ข) และ 4.8(ข) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกน Roll จะเห็นได้ว่าการสวิงกอล์ฟของคนปกติกราฟเป็นรูปวงกลมโปร่ง ส่วนของผู้บาดเจ็บเป็นวงกลมโดนัท จากรูปที่ 4.7(ค) และ 4.8(ค) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกน Pitch ข้อมูลของคนปกติเป็นรูปดอกไม้ ส่วนของผู้บาดเจ็บเป็นวงกลมโปร่ง จากรูปที่ 4.7(ง) และ 4.8(ง) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกนความแรงในแกน X ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.7(จ) และ 4.8(จ) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกนความแรงในแกน Y ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกันแต่ของผู้บาดเจ็บความหนาแน่นน้อยกว่าจากรูปที่ 4.7(ฉ) และ 4.8(ฉ) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกนความแรงในแกน Z ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกันแต่ของผู้บาดเจ็บความหนาแน่นน้อยกว่า



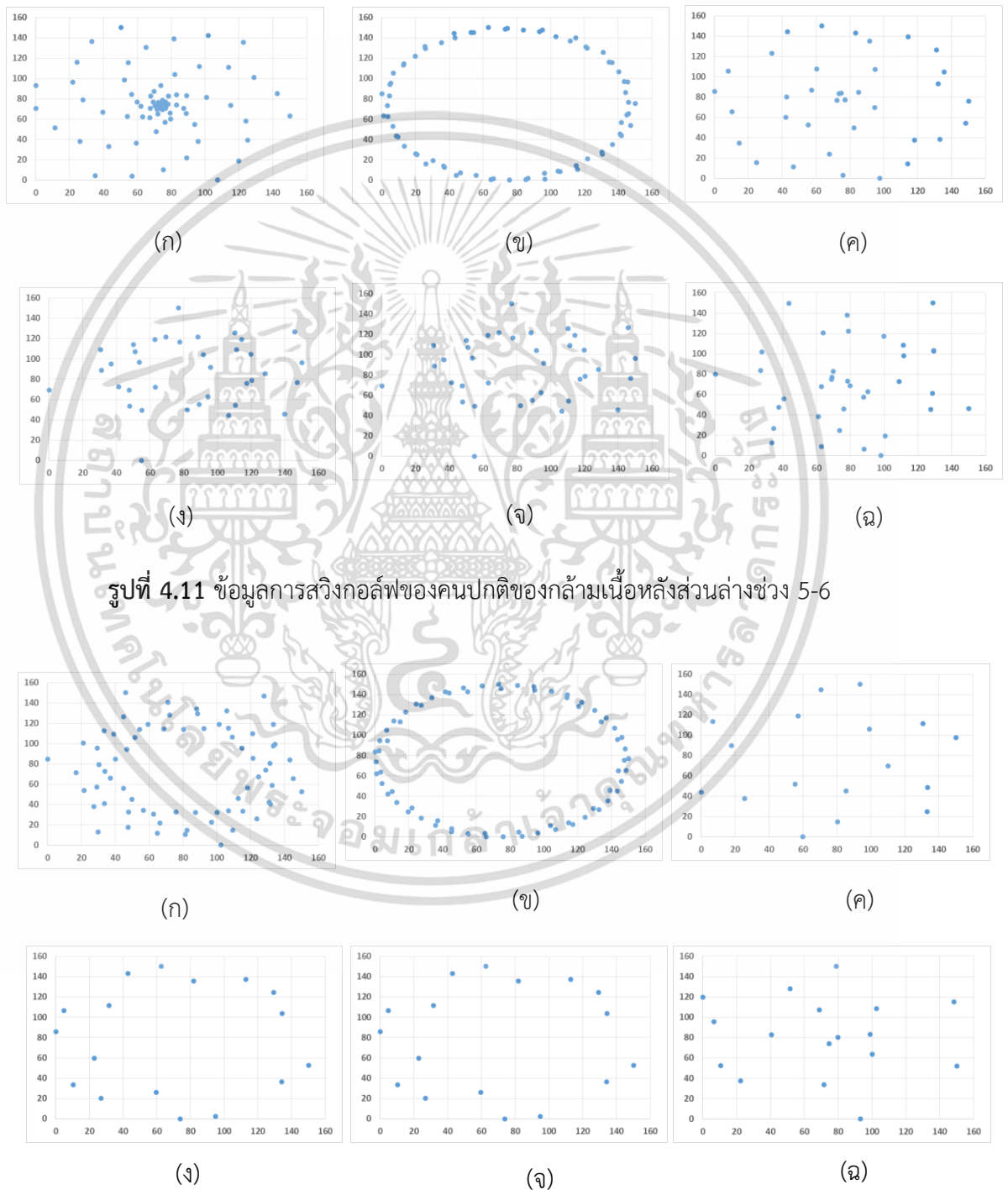
รูปที่ 4.9 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของก๊อมน้ำร้อนหลังส่วนล่างช่วง 1-4



รูปที่ 4.10 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของก๊อมน้ำร้อนหลังส่วนล่างช่วง 1-4

จากรูปที่ 4.9(ก) และ 4.10(ก) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกน Yaw จะเห็นได้ว่าข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.9(ข) และ 4.10(ข) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกน Roll จะเห็นได้ว่าข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน แต่ของผู้บาดเจ็บมีการเรียงข้อมูลตรงขอบของรูปเป็นระเบียบมากกว่า จากรูปที่ 4.9(ค) และ 4.10(ค) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกน Pitch ข้อมูลคนปกติมีความหนาแน่นที่จุดศูนย์กลาง ข้อมูลของผู้บาดเจ็บเป็นวงกลมโปร่ง จากรูปที่ 4.9(ง) และ 4.10(ง) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกนความเร่งในแกน X ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน แต่ข้อมูลเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของคนปกติมีการกระจายตรงขอบข้อมูลน้อยกว่าของผู้บาดเจ็บ จากรูปที่ 4.9(จ) และ 4.10 (จ) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกนความเร่งในแกน Y ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน แต่ข้อมูล คนปกติมีความหนาแน่นที่จุดศูนย์กลางหนาแน่น แต่ของผู้บาดเจ็บมีลักษณะคล้ายเกสรดอกไม้ จากรูปที่ 4.9 (ฉ) และ 4.10(ฉ) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 1-4 ในแกนความเร่งในแกน Z ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน แต่ของคนปกติมีความหนาแน่นในจุดศูนย์กลางมากกว่า

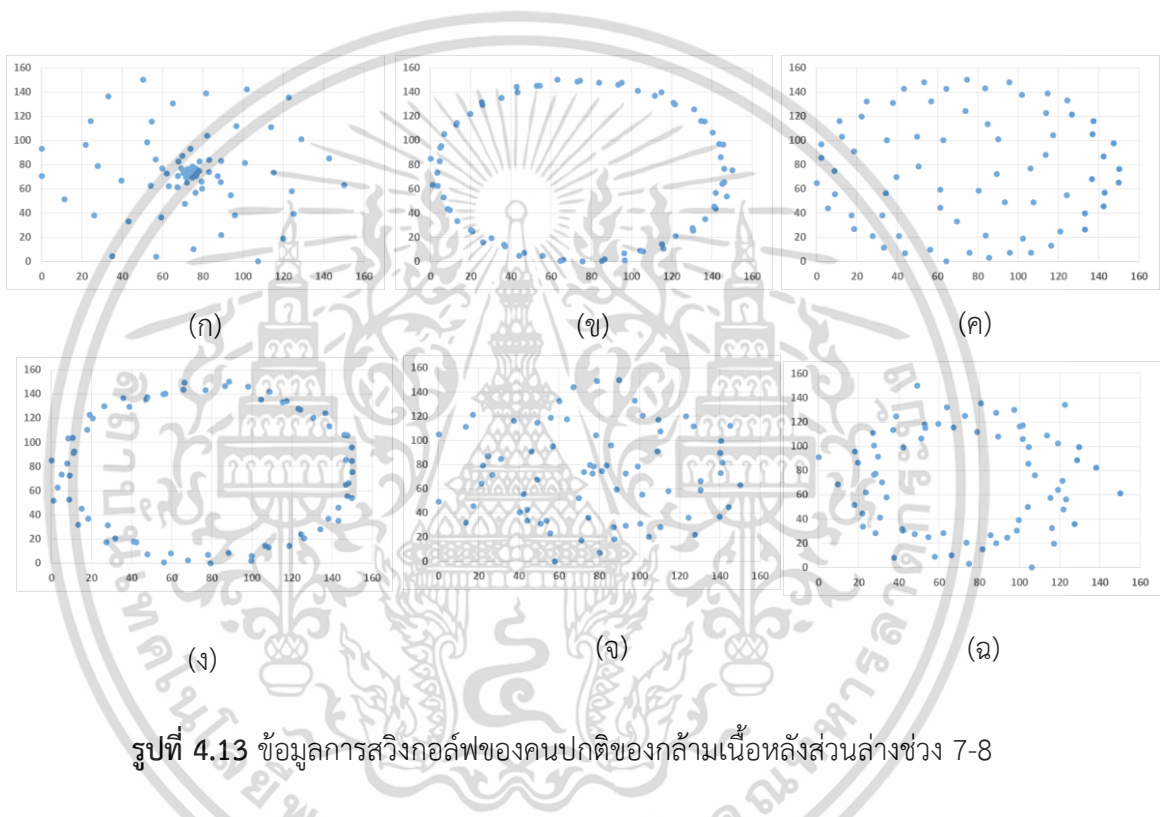


รูปที่ 4.11 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกลุ่มเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 5-6

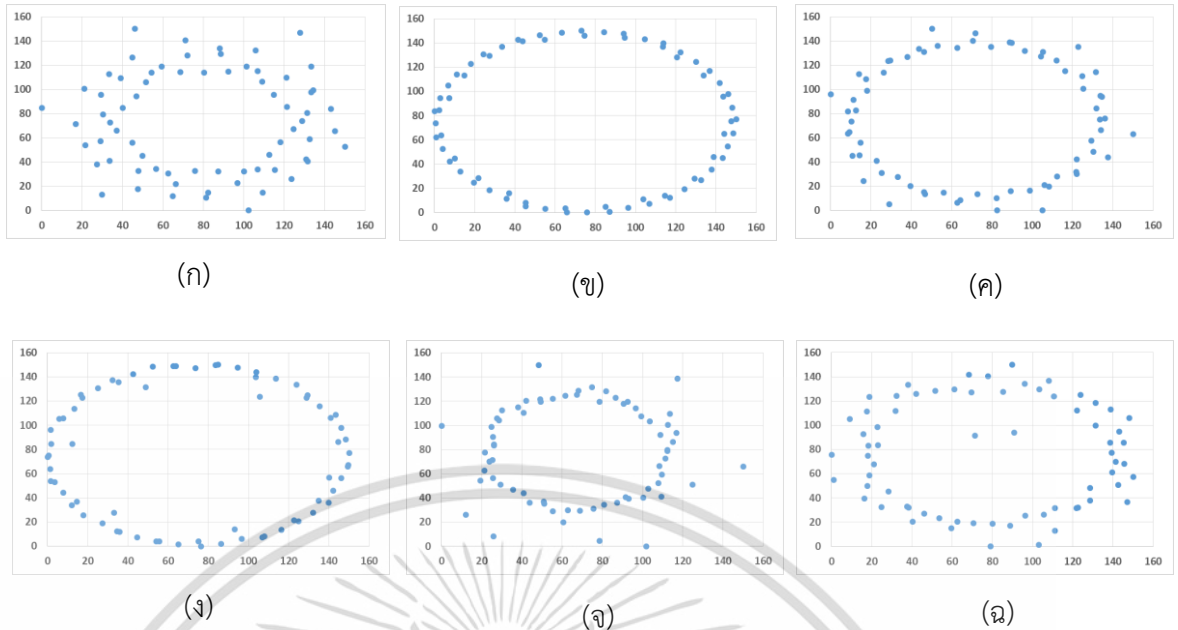
รูปที่ 4.12 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกลุ่มเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 5-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.11(ก) และ 4.12(ก) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกน Yaw จะเห็นได้ว่าการสวิงกอล์ฟของคนปกติกราฟมีความหนาแน่นที่จุดศูนย์กลาง ส่วนของผู้บาดเจ็บเป็นวงกลมที่บิดจากรูปที่ 4.11(ข) และ 4.12(ข) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกน Roll ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.11(ค) และ 4.12(ค) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกน Pitch ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.11(ง) และ 4.12(ง) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกนความเร่งในแกน X ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.11(ง) และ 4.12(ง) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกนความเร่งในแกน Y ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.11(ง) และ 4.12(ง) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 5-6 ในแกนความเร่งในแกน Z ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 7-8

จากรูปที่ 4.13(ก) และ 4.14(ก) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกน Yaw จะเห็นได้ว่าการสวิงกอล์ฟของคนปกติข้อมูลมีการกระจายอยู่ที่ขอบของข้อมูล ส่วนของผู้บาดเจ็บเป็นวงกลมโดนัท จากรูปที่ 4.13(ข) และ 4.14(ข) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกน Roll จะเห็นได้ว่าข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.13(ค) และ 4.14(ค) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกน Pitch ข้อมูลของคนปกติเป็นรูปวงกลมทึบ ส่วนของผู้บาดเจ็บเป็นวงกลมโปร่ง จากรูปที่ 4.13(ง) และ 4.14(ง) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกนความเร่งในแกน X ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกัน จากรูปที่ 4.13(จ) และ 4.14(จ) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกนความเร่งในแกน Y ข้อมูลของคนปกติเป็นวงกลมทึบ ส่วนข้อมูลของผู้บาดเจ็บเป็นวงกลมโปร่งจากรูปที่ 4.13(ฉ) และ 4.14(ฉ) แสดงผลการสวิงกอล์ฟช่วงที่ 7-8 ในแกนความเร่งในแกน Z ข้อมูลมีความคล้ายคลึงกันแต่ของผู้บาดเจ็บมีการกระจายอยู่ในวงกลมด้านใน

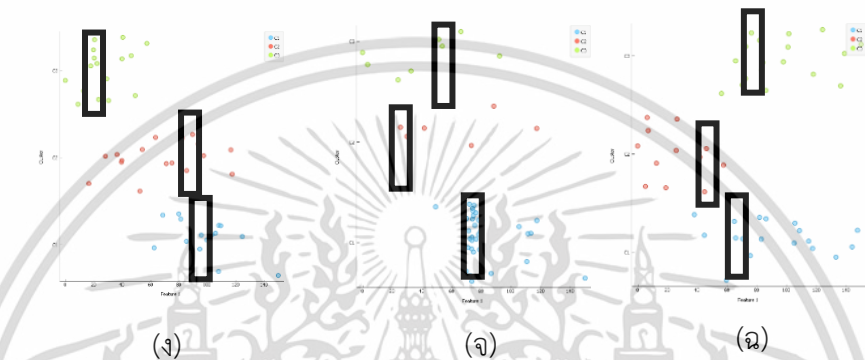
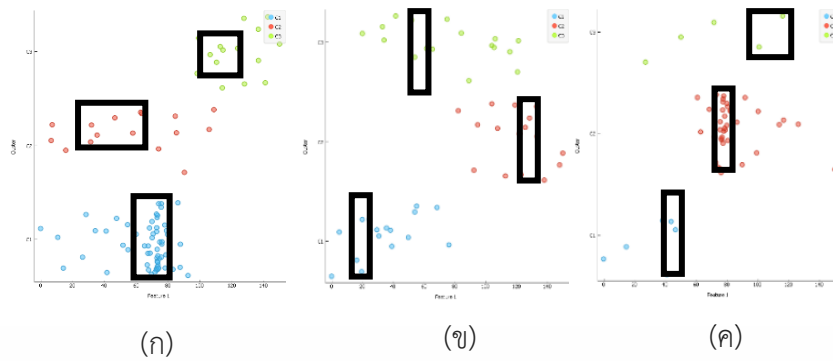
ข้อมูลการสวิงกอล์ฟของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสามารถเห็นความแตกต่างของข้อมูลได้ชัดเจนเนื่องจากข้อมูลช่วง 7-8 เป็นช่วงการสวิงกอล์ฟที่กล้ามเนื้อส่วนหลังมีการบิดหมุนมากที่สุด เพื่อส่งเสริมในการตีลูกกอล์ฟก่อนการสิ้นสุดการสวิงกอล์ฟ ในส่วนต่อไปผู้วิจัยจึงแสดงผลการสวิงกอล์ฟในช่วงที่ 7-8 เพื่อเน้นให้เห็นถึงความแตกต่างของรูปแบบการสวิงกอล์ฟของคนปกติและผู้บาดเจ็บ

4.4 การสร้างต้นแบบรูปแบบการสวิงกอล์ฟ

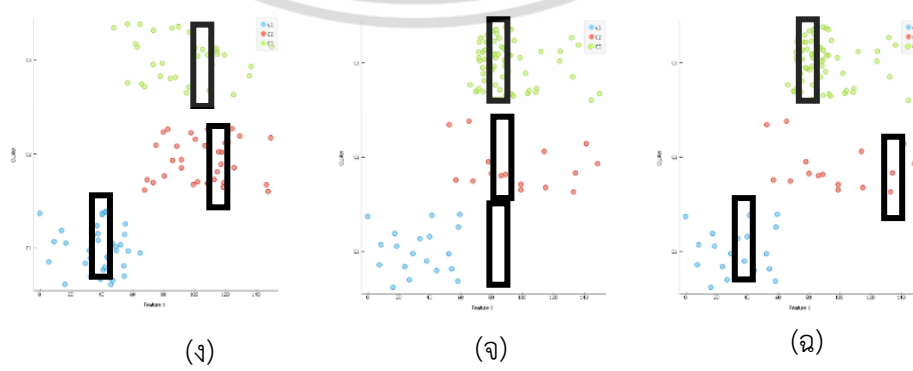
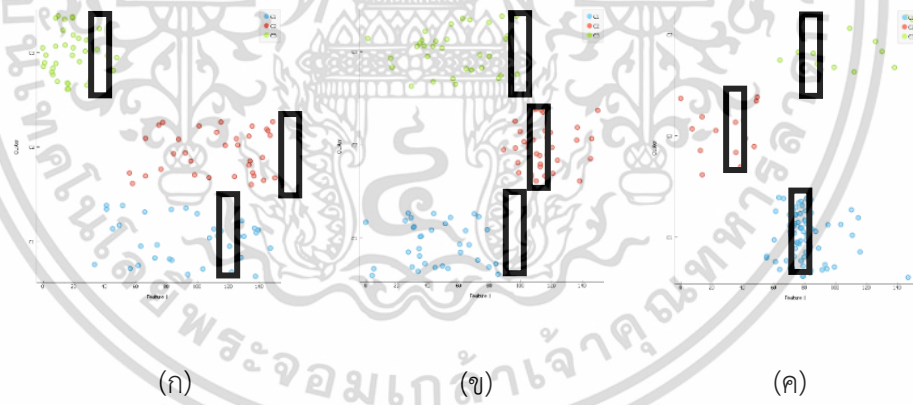
เมื่อได้ผลการสวิงกอล์ฟในรูปแบบกราฟออยเลอร์แล้ว จึงนำกราฟออยเลอร์มาจัดกลุ่มด้วยการจัดกลุ่มแบบเคมีนและกำหนดขอบของข้อมูลด้วยการคำนวณคะแนนซี เพื่อสร้างข้อมูลตัวแทนเพื่อใช้

ในการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงของรูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ถึงรูปที่ 4.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

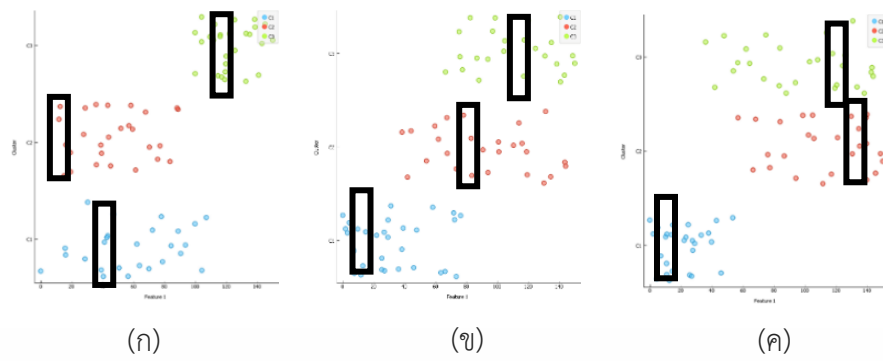


รูปที่ 4.15 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 1-4

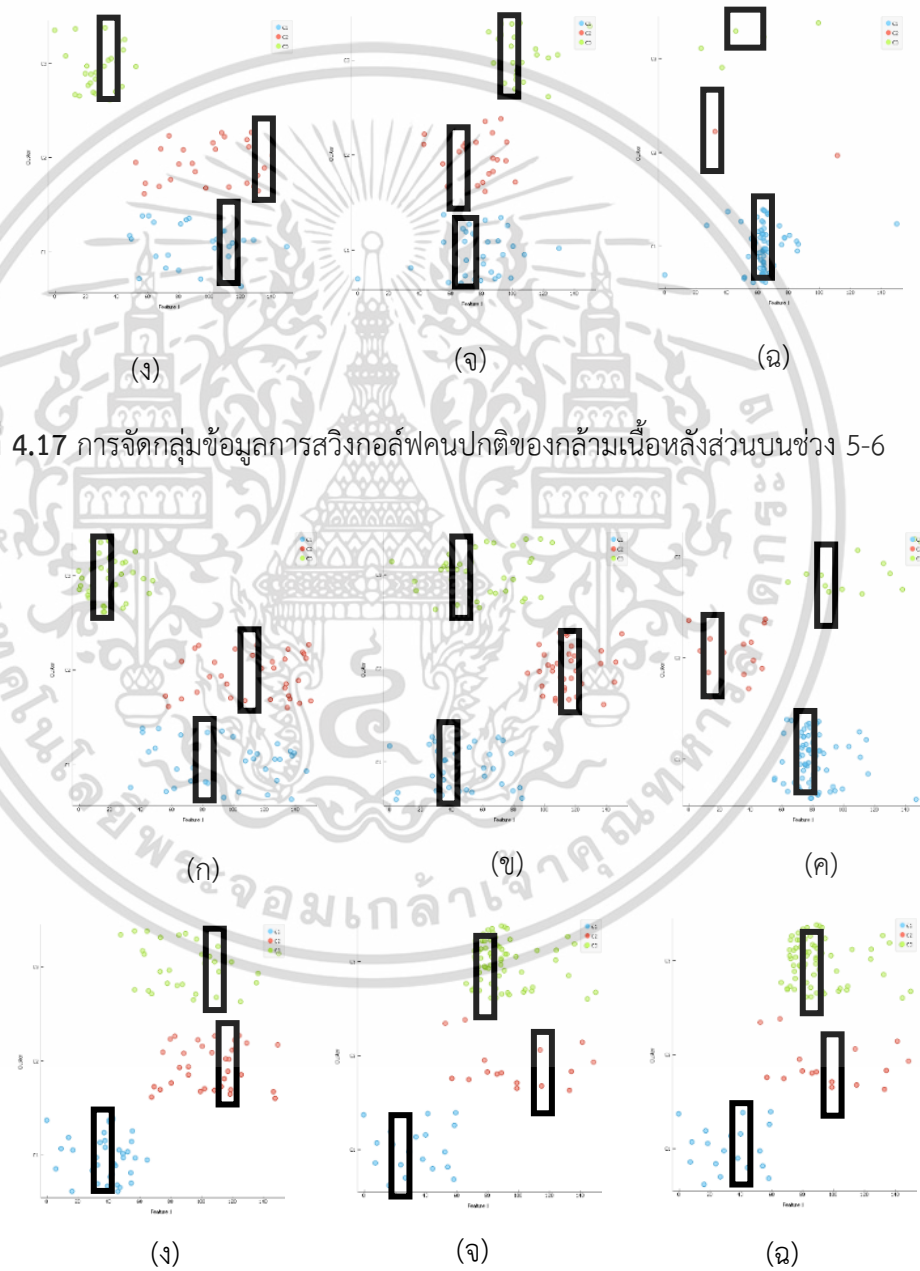


รูปที่ 4.16 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 1-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

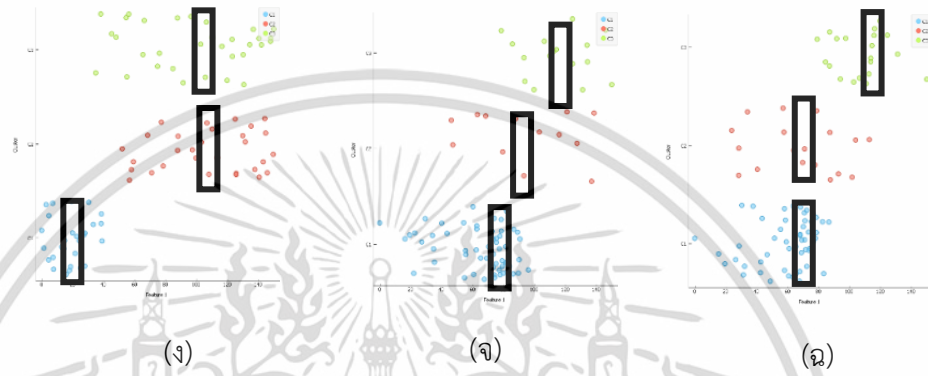
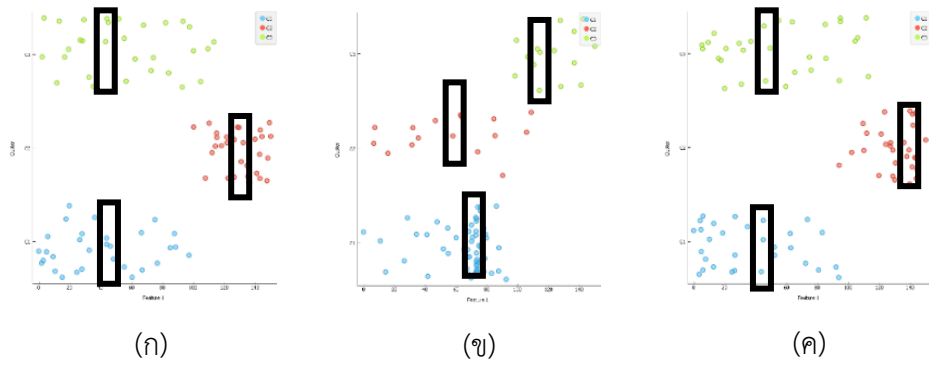


รูปที่ 4.17 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 5-6

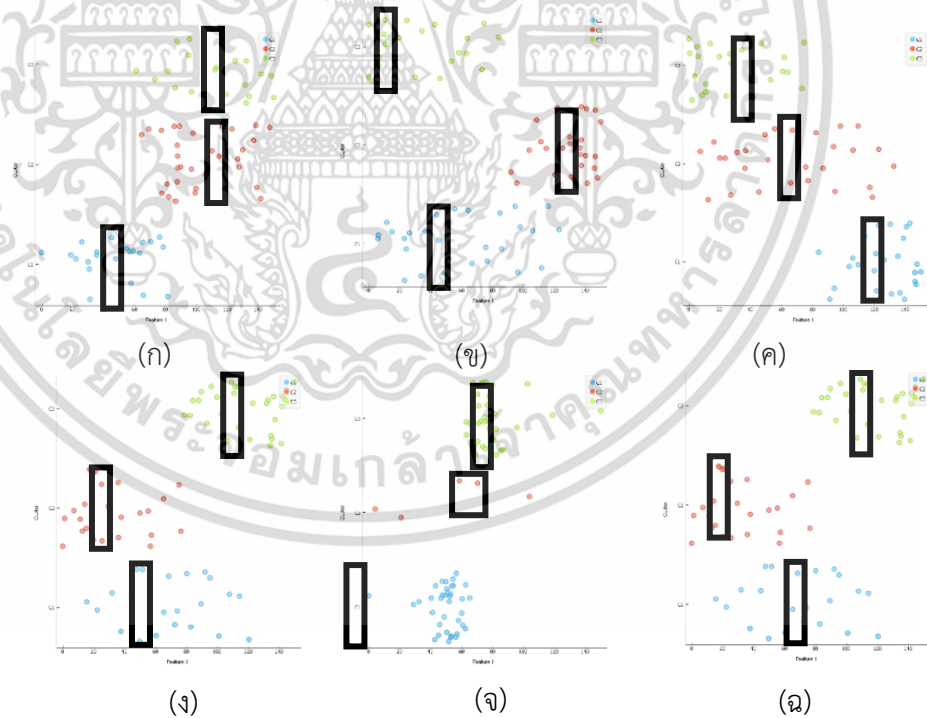


รูปที่ 4.18 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 5-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

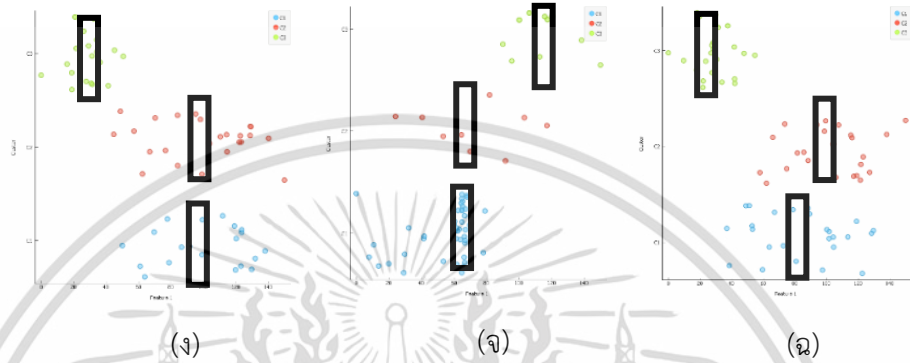
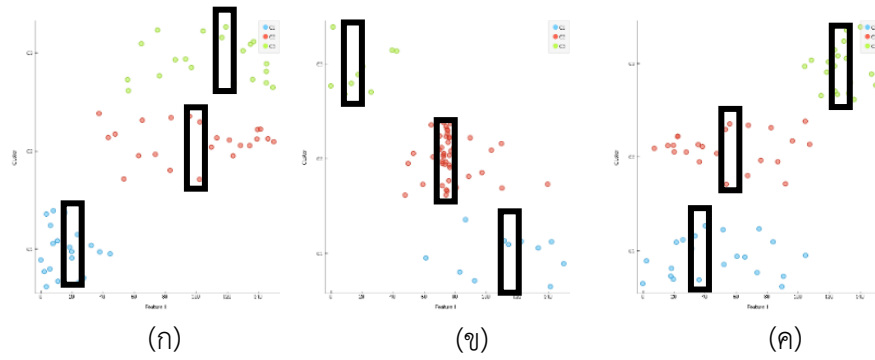


รูปที่ 4.19 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 7-8

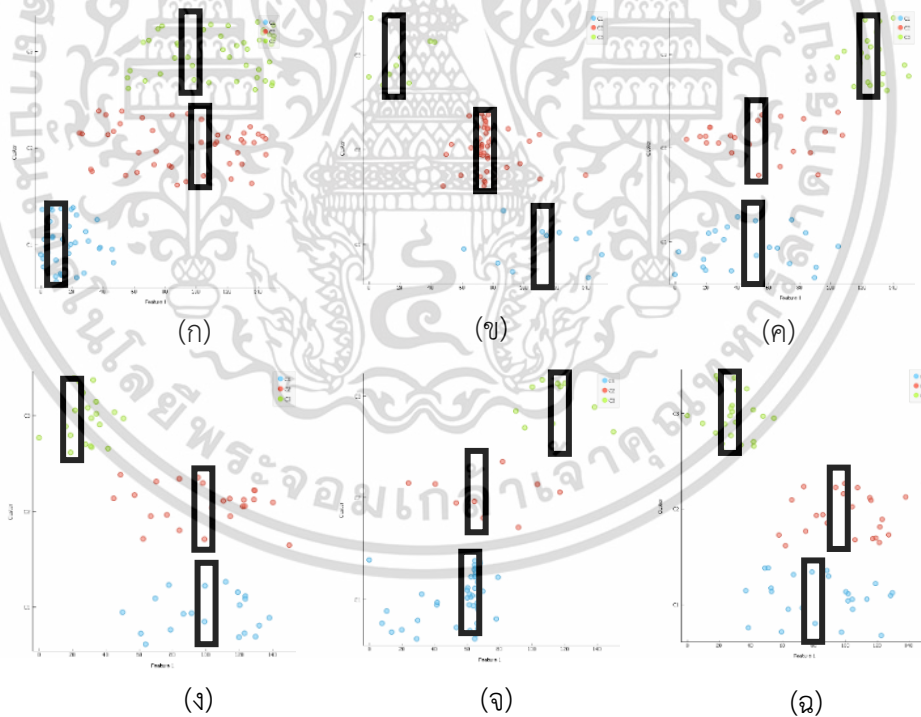


รูปที่ 4.20 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบนช่วง 7-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

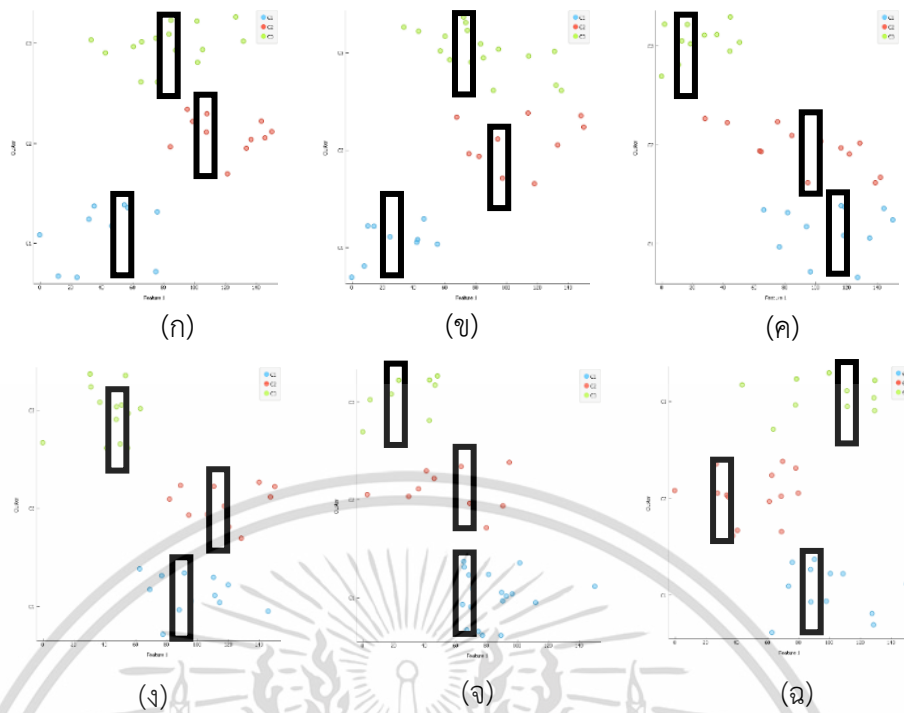


รูปที่ 4.21 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 1-4

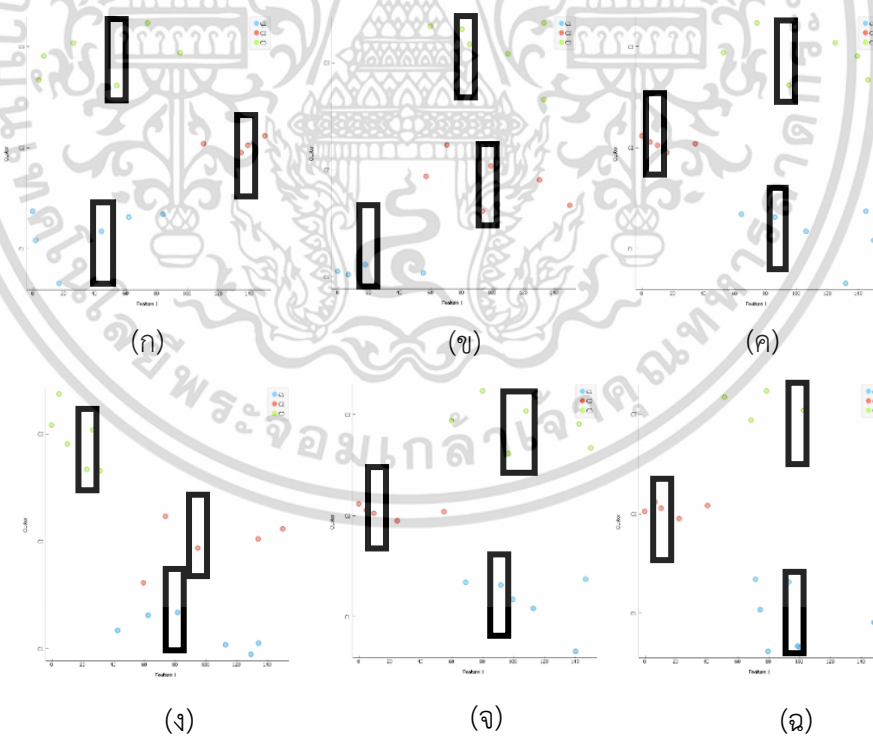


รูปที่ 4.22 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 1-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

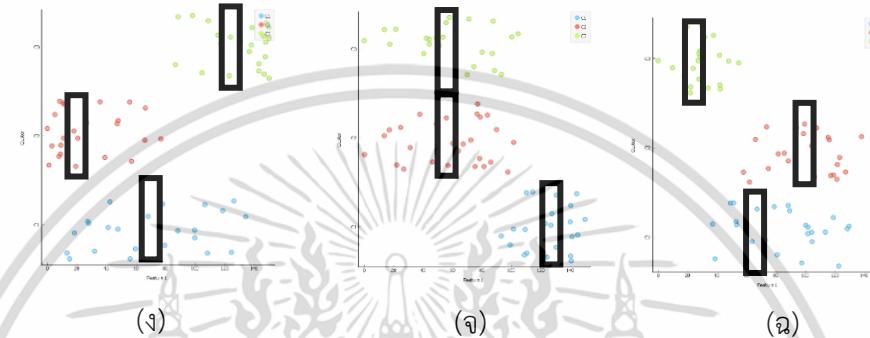
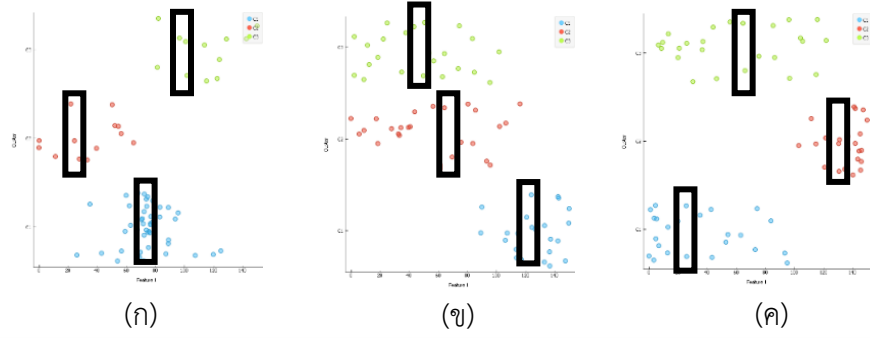


รูปที่ 4.23 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของก้านเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 5-6

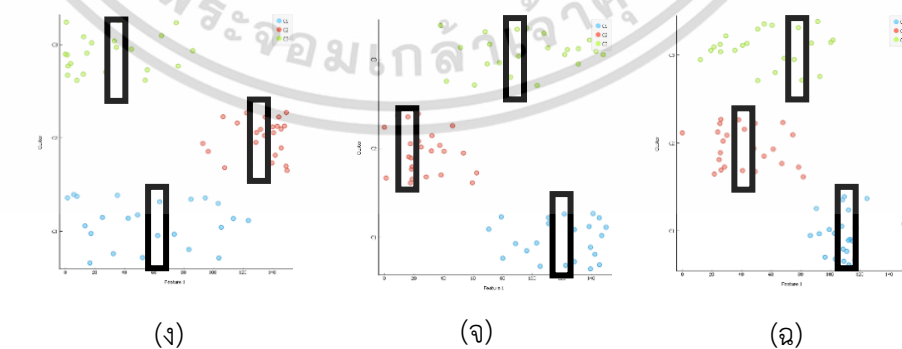
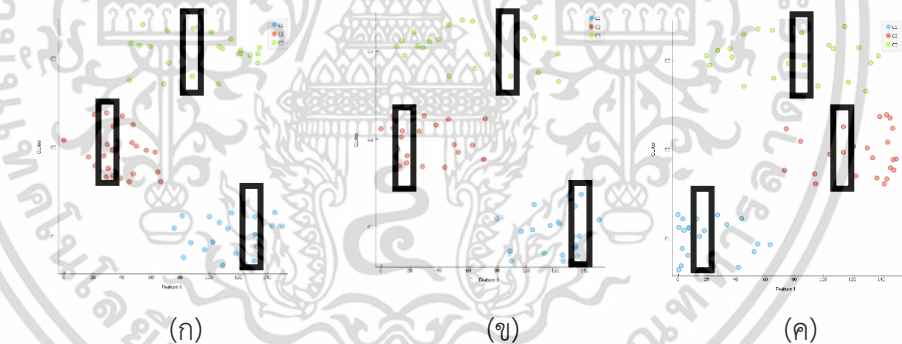


รูปที่ 4.24 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของก้านเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 5-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



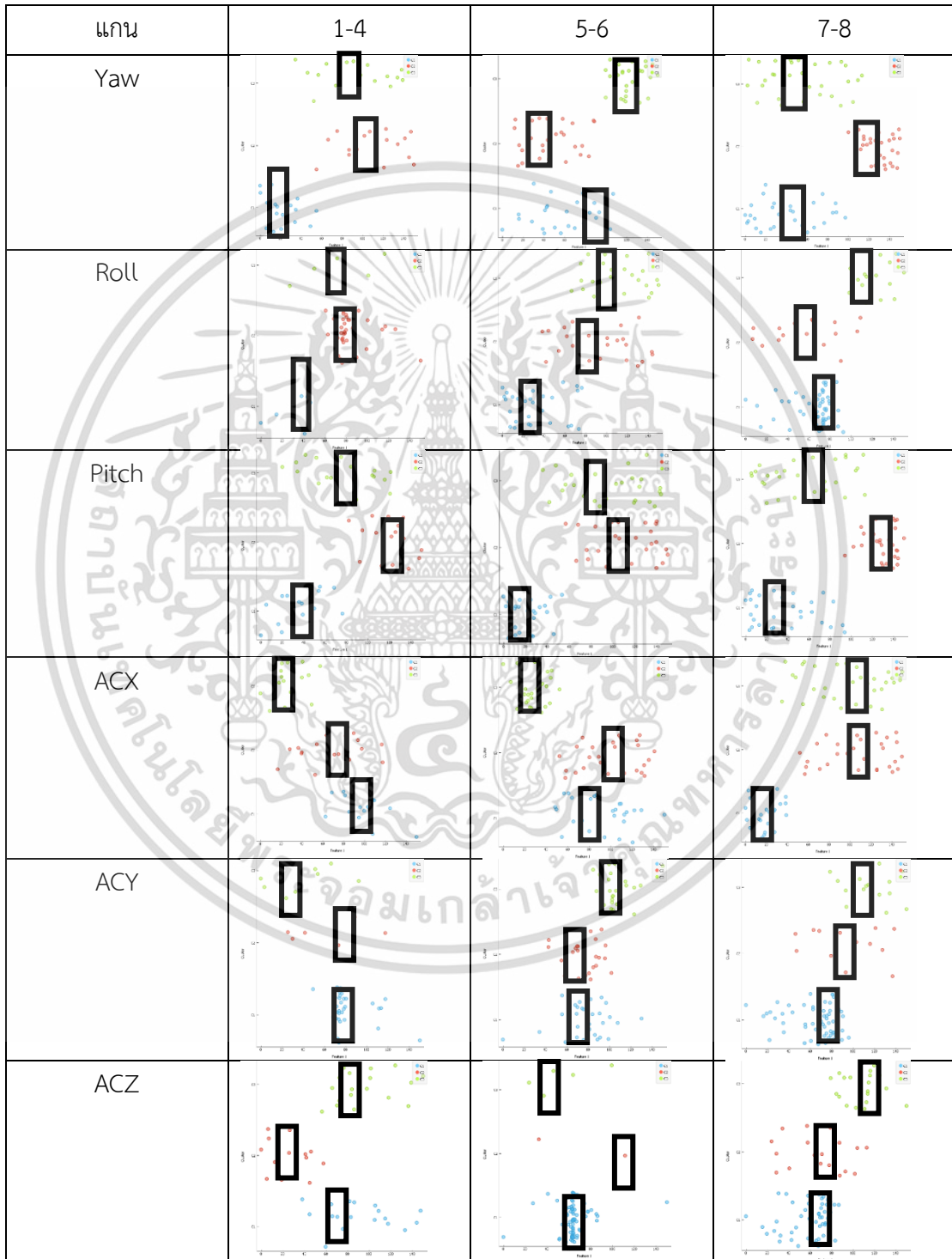
รูปที่ 4.25 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 7-8



รูปที่ 4.26 การจัดกลุ่มข้อมูลการสวิงกอล์ฟผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างช่วง 7-8

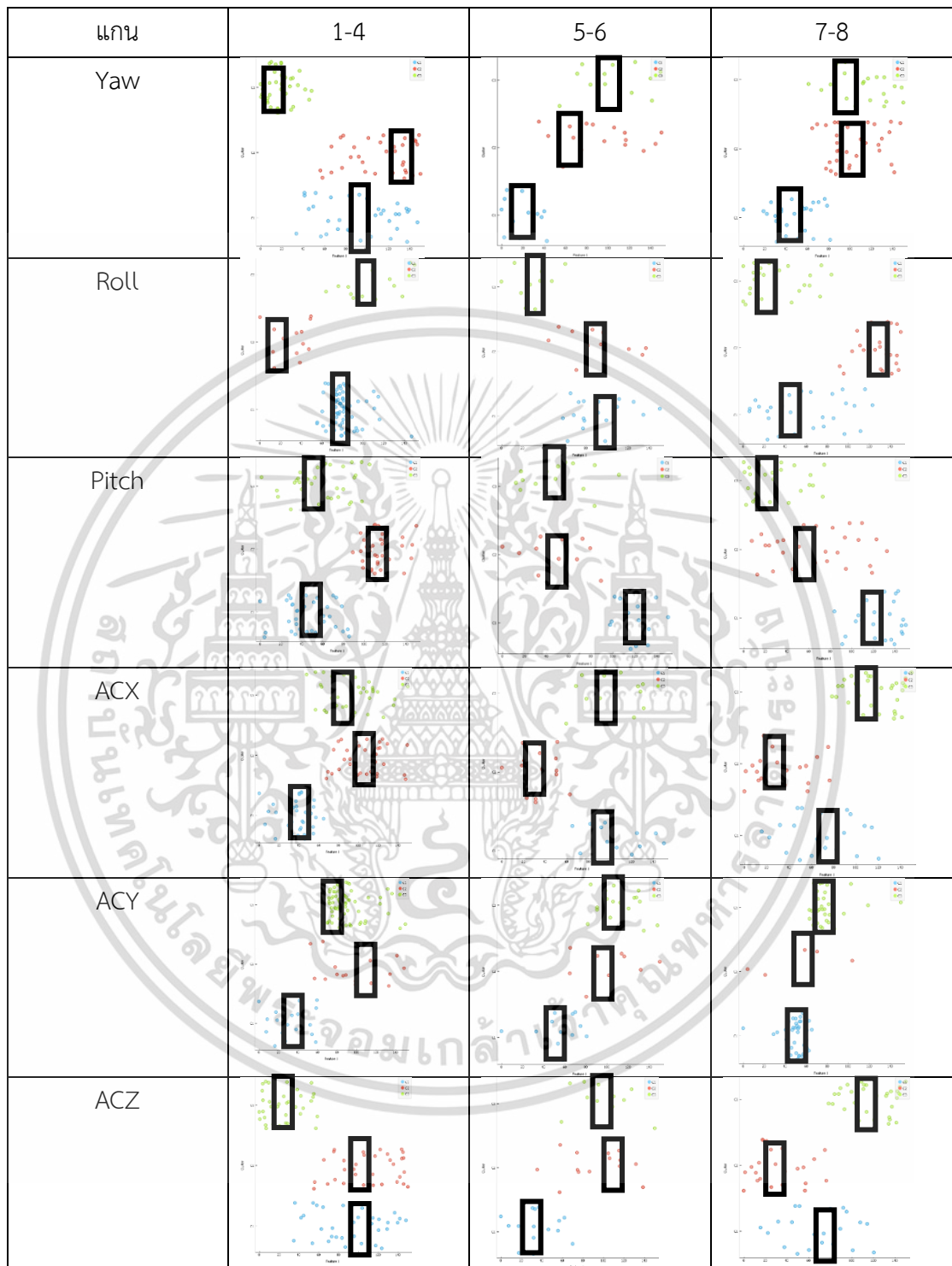
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.16 ถึง 4.26 เป็นผลการจัดกลุ่มและกำหนดต้นแบบของข้อมูลของคนปกติและผู้บาดเจ็บ จะเห็นได้ว่าตำแหน่งของข้อมูลระหว่างคนปกติกับผู้บาดเจ็บมีรูปแบบแตกต่างกัน โดยนำข้อมูลการจัดกลุ่มของคนปกติและผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังของส่วนบนและกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง มาสรุปเป็นข้อมูลต้นแบบของคนปกติและผู้บาดเจ็บดังรูปที่ 4.27 ถึง 4.30



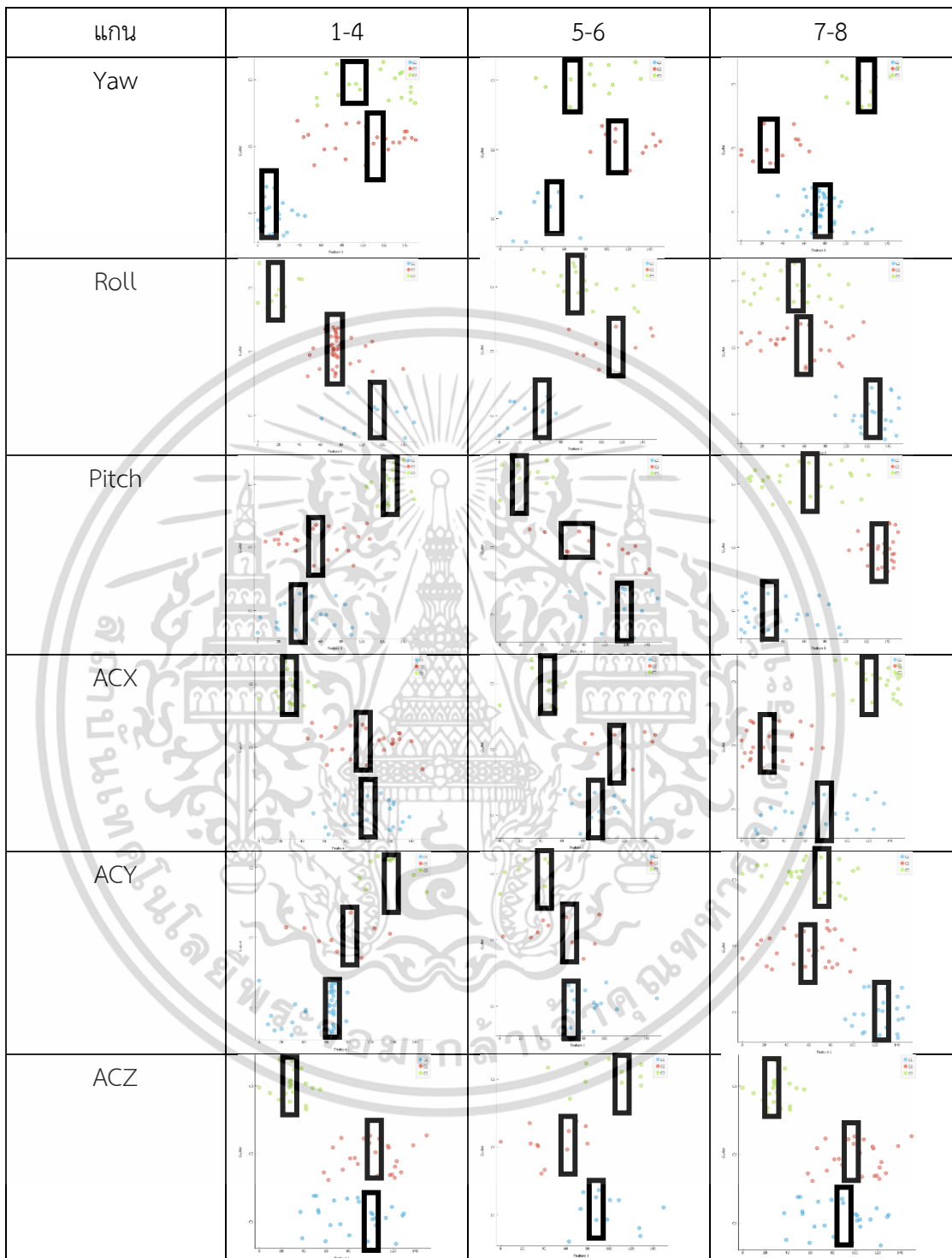
รูปที่ 4.27 ต้นแบบข้อมูลการสวิงกอล์ฟของคนปกติของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



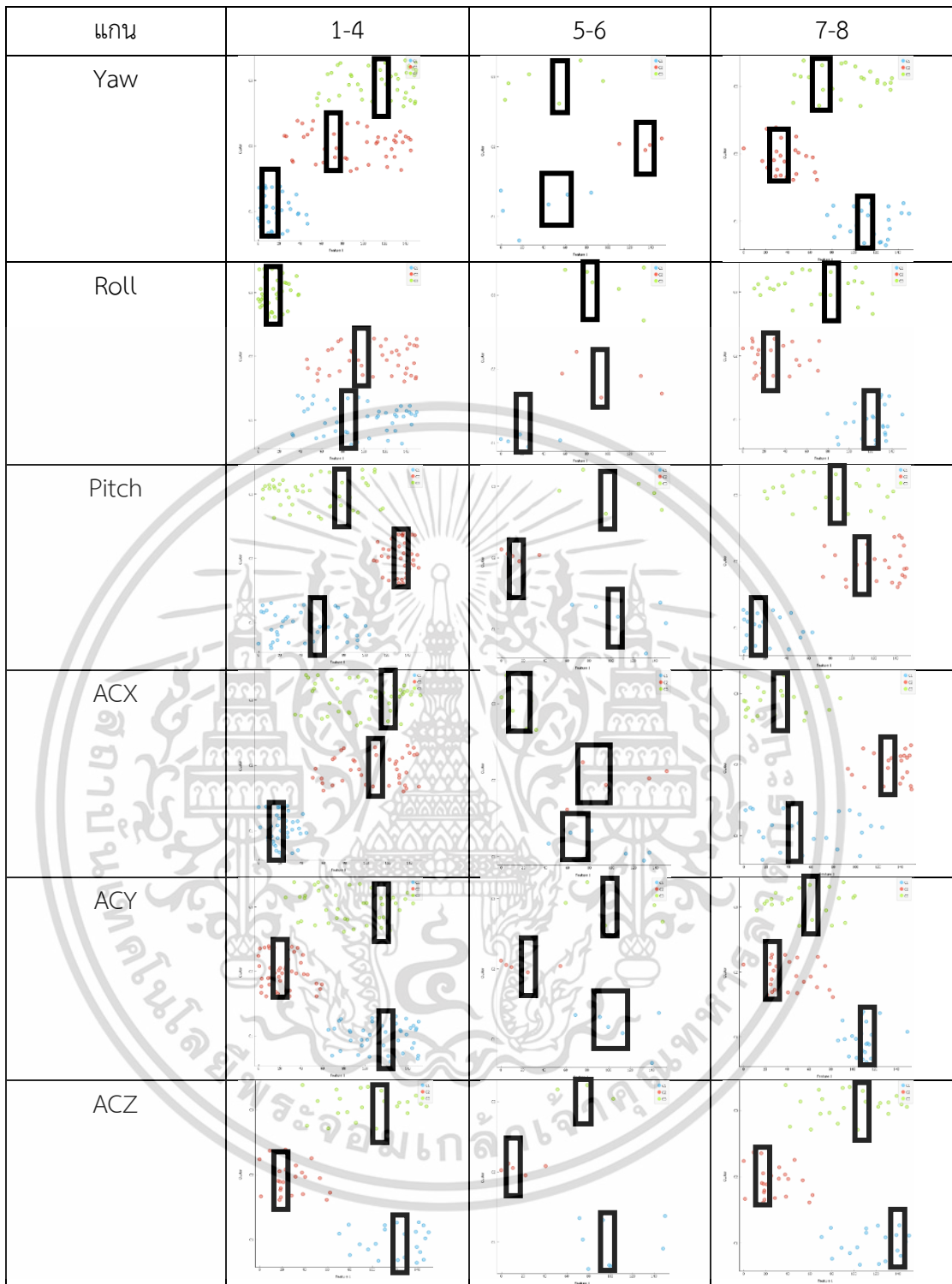
รูปที่ 4.28 ต้นแบบข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 ต้นแบบข้อมูลการสวิตช์ของคอปเตอร์ของนักบินกลุ่มเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 ต้นแบบข้อมูลการสวิงกอล์ฟของผู้บาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง

จากการแสดงข้อมูลต้นแบบทั้งหมดสามารถเห็นได้ชัดเจนว่าทุกช่วงการสวิงกอล์ฟคะแนนมาตรฐานสามารถกำหนดขอบของข้อมูลได้อย่างแตกต่างกัน แต่วิธีนี้แปลความหมายของข้อมูลได้ยาก จึงต้องใช้การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงเพื่อให้สามารถระบุแนวโน้มอาการบาดเจ็บได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

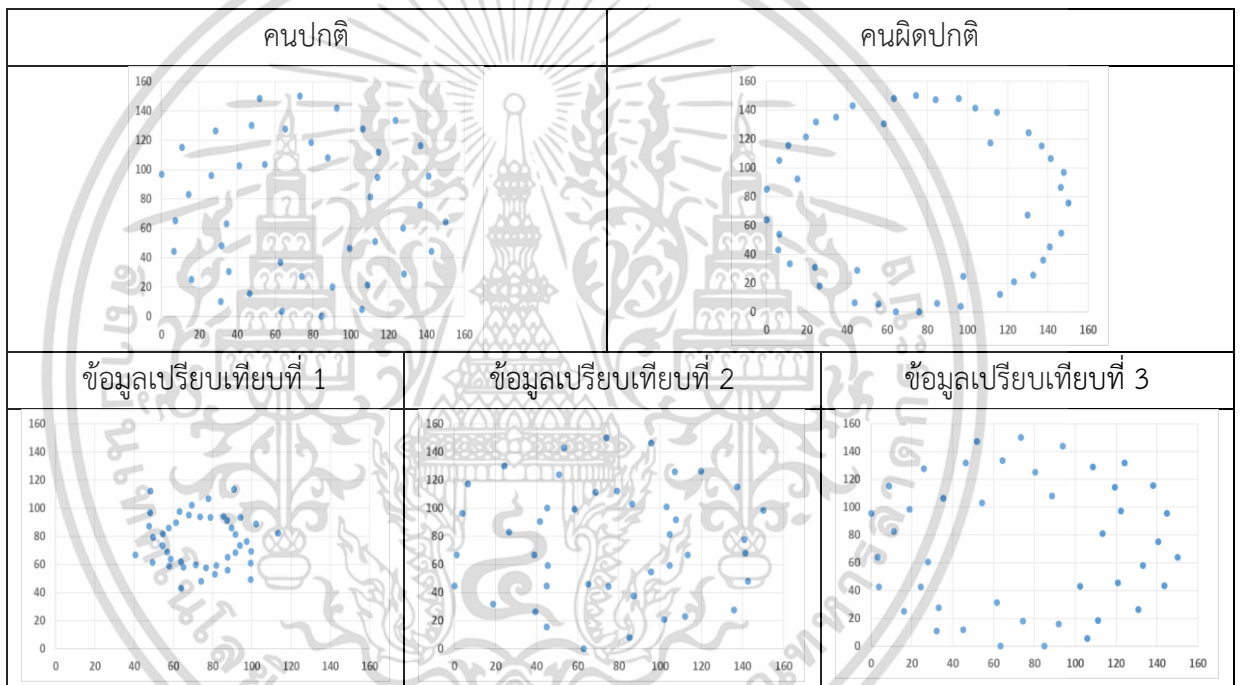
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการเปรียบเทียบข้อมูล

จากในหัวข้อที่ 4.3 และ 4.4 จึงได้นำผลการสวิงกอล์ฟในขั้นตอนต่างๆมาเปรียบเทียบกับข้อมูลเปรียบเทียบ เพื่อให้เห็นความแตกต่างได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งในการเปรียบเทียบนี้จะนำเพียงข้อมูลในช่วงที่ 7-8 ของแกน Pitch และความเร่งในแกน Y เนื่องจากข้อมูลนี้มีความแตกต่างสามารถเห็นข้อมูลได้ชัดเจนที่สุด

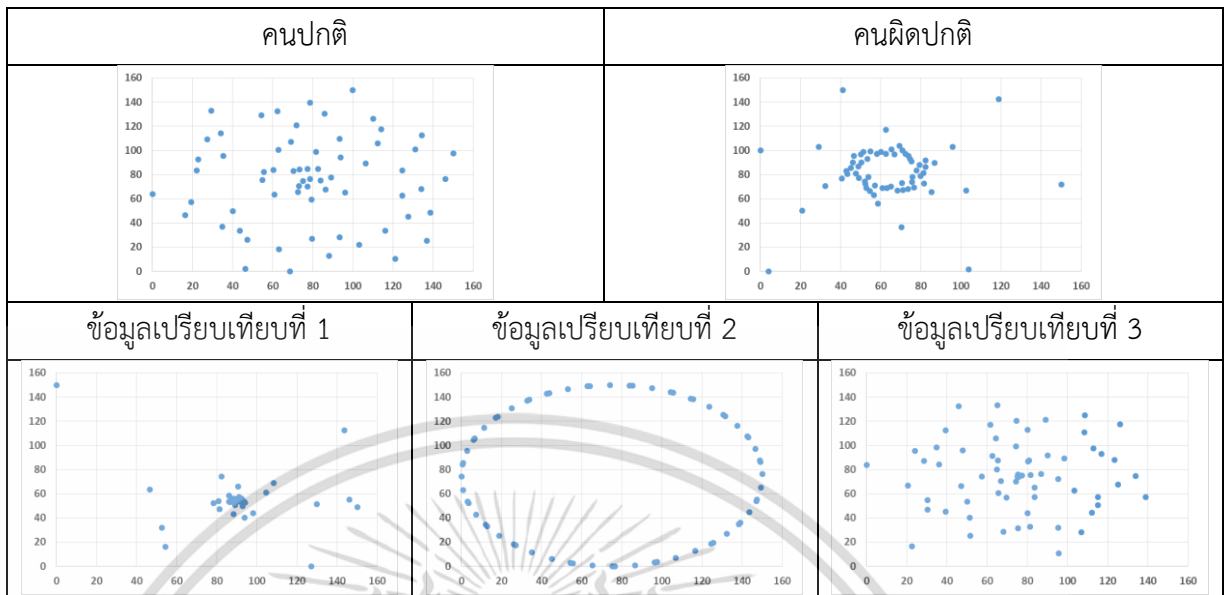
4.5.1 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลการสวิงกอล์ฟแบบกราฟออยเลอร์

การเปรียบเทียบข้อมูลการสวิงกอล์ฟในรูปแบบกราฟออยเลอร์แสดงดังรูปที่ 4.31 ถึง 4.34



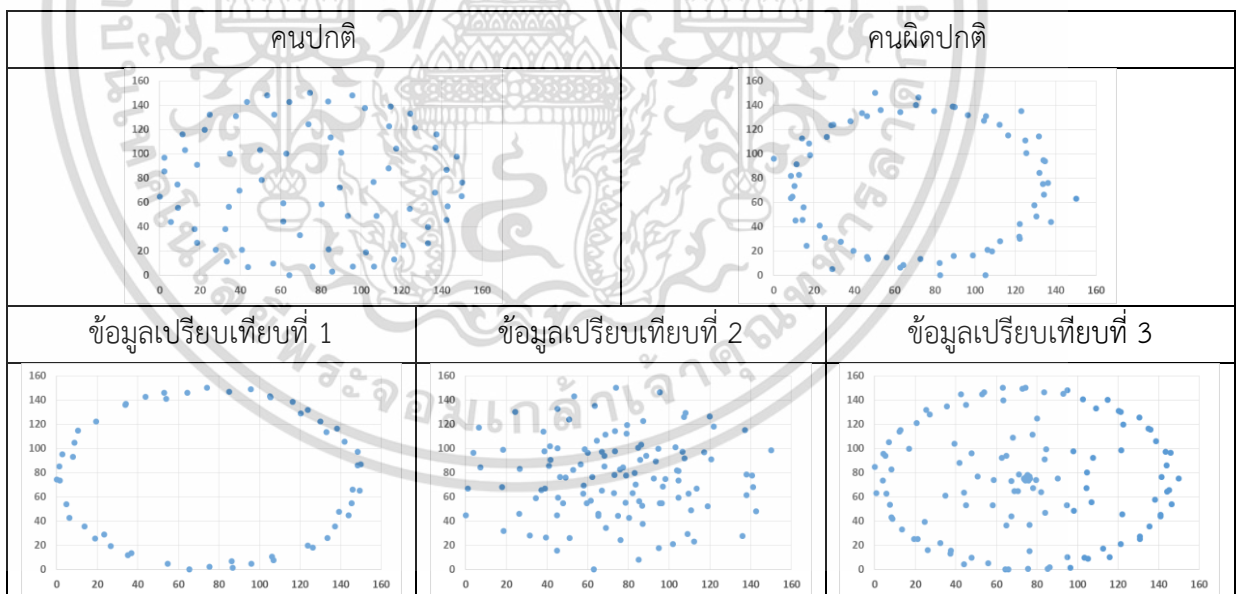
รูปที่ 4.31 การเปรียบเทียบผลการสวิงกอล์ฟในแกน Pitch ช่วงที่ 7-8 กล้ามเนื้อหลังช่วงบน

จากรูปที่ 4.31 จะเห็นได้ว่าส่วนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 ไม่คล้ายกับแพทเทิร์นไหนเลย ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 และ 3 คล้ายกับคนปกติ



รูปที่ 4.32 การเปรียบเทียบผลการสวิงกอล์ฟในแกน ACY ช่วงที่ 7-8 กล้ามเนื้อหลังช่วงบน

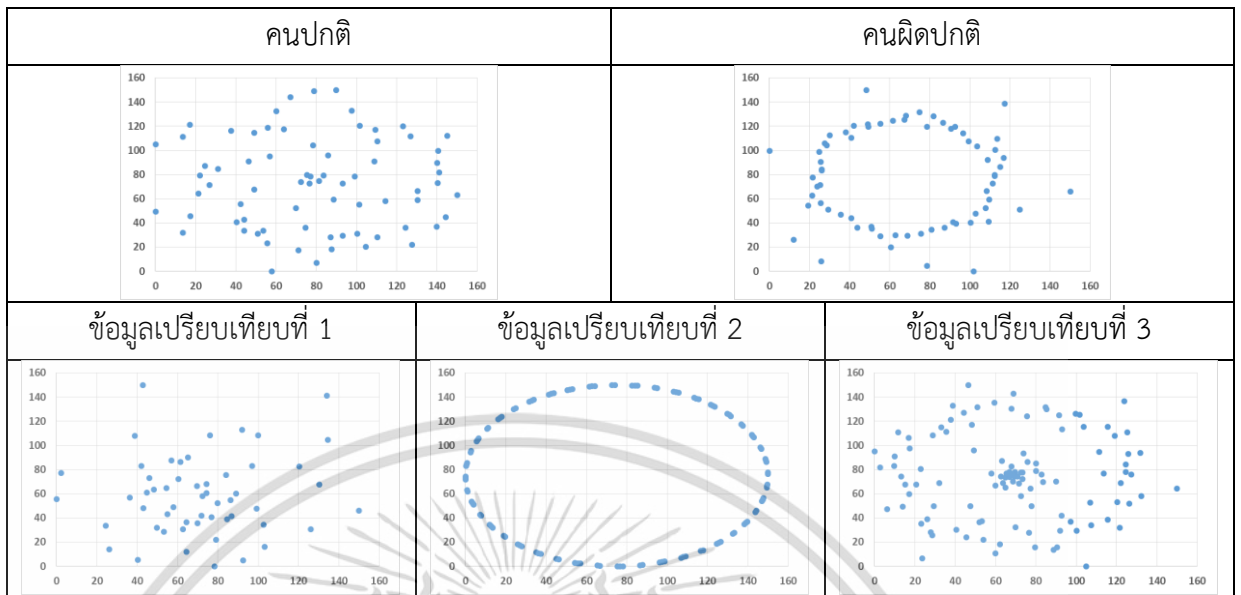
จากรูปที่ 4.32 จะเห็นได้ว่าส่วนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 คล้ายกับผู้บาดเจ็บ ส่วนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 ไม่คล้ายกับแพทเทิร์นไหนเลย ข้อมูลเปรียบเทียบคนที่ 3 คล้ายกับคนปกติ



รูปที่ 4.33 การเปรียบเทียบผลการสวิงกอล์ฟในแกน Pitch ช่วงที่ 7-8 กล้ามเนื้อหลังช่วงล่าง

จากรูปที่ 4.33 จะเห็นได้ว่าส่วนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 คล้ายกับผู้บาดเจ็บ ส่วนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 และ 3 คล้ายกับคนปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



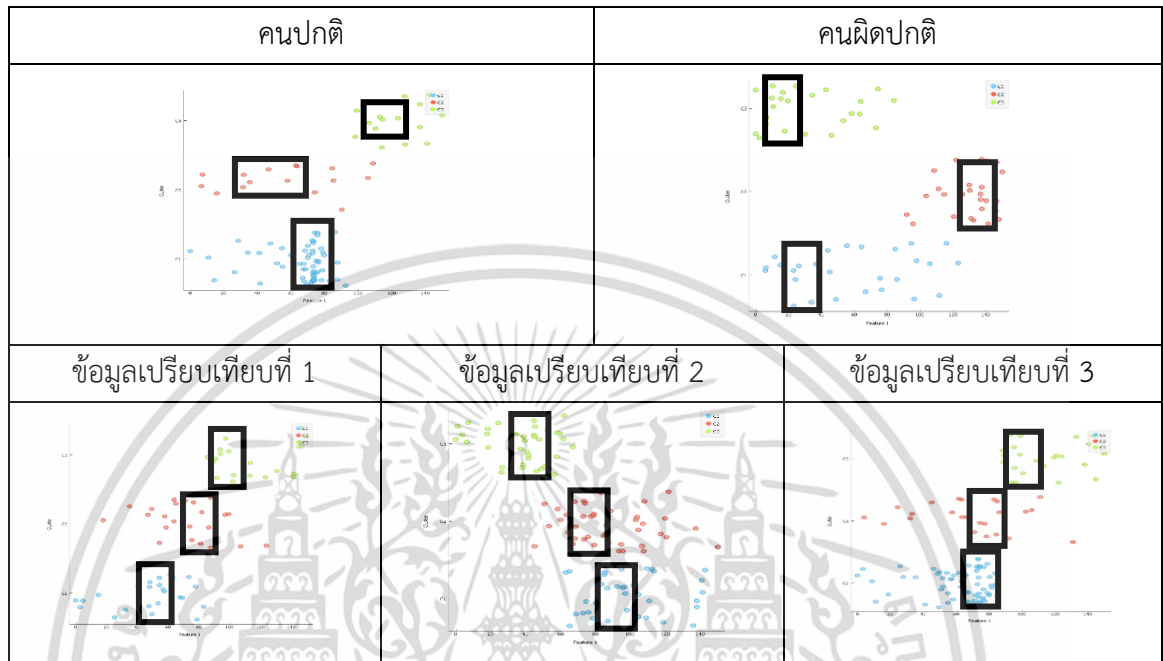
รูปที่ 4.34 การเปรียบเทียบผลการสริงกอล์ฟในแกน ACY ช่วงที่ 7-8 กล้ามเนื้อหลังช่วงล่าง

จากรูปที่ 4.34 จะเห็นได้ว่าส่วนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 และ 2 ไม่คล้ายกับแพทเทิร์นไหนเลย ส่วนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 3 คล้ายกับคนปกติ

จากการแสดงข้อมูลเปรียบเทียบในรูปที่ 4.31 ถึง 4.34 จะเห็นได้ว่าข้อมูลของคนปกติและผู้บาดเจ็บมีความคล้ายคลึงกันทำให้ไม่สามารถจำแนกรูปแบบของคนปกติและผู้บาดเจ็บได้ จำเป็นต้องนำกราฟในรูปแบบออยเลอร์มาจัดกลุ่มข้อมูล เพื่อแบ่งกลุ่มข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย ซึ่งจะสามารถทำให้กำหนดความหนาแน่นได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยแสดงผลการจัดกลุ่มเคมีนในหัวข้อที่ 4.5.2

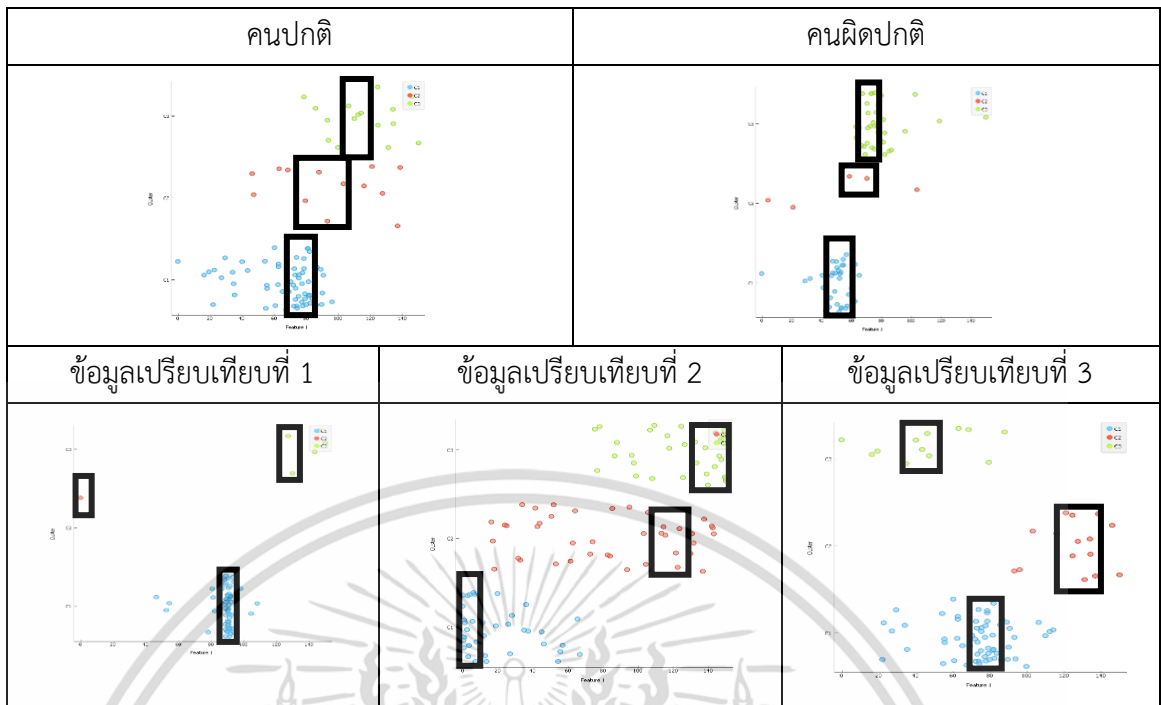
4.5.2 ผลเปรียบเทียบของการจัดกลุ่มของข้อมูลสวิงกอล์ฟ

ในหัวข้อนี้จะแสดงการจัดกลุ่มเคมีนพร้อมทั้งการกำหนดขอบข้อมูลด้วยค่ามาตรฐานซี ซึ่งข้อมูลจะถูกกำหนดขอบเพื่อนำมาสร้างต้นแบบการสวิงกอล์ฟดังรูปที่ 4.35 ถึง 4.38



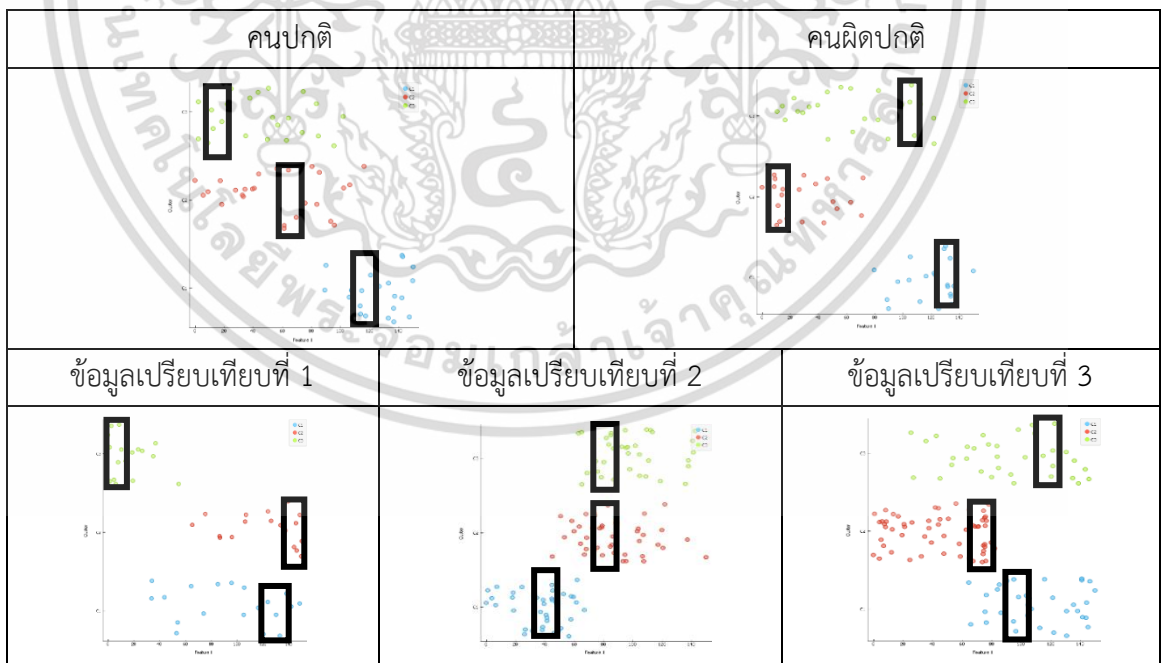
รูปที่ 4.35 การเปรียบเทียบการจัดกลุ่มเคมีนของการสวิงกอล์ฟในแกน Pitch ช่วงที่ 7-8

จากรูปที่ 4.35 จะเห็นว่าตำแหน่งของข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1, 2 และ 3 ไม่คล้ายกับแพทเทิร์นไหนเลย



รูปที่ 4.36 การเปรียบเทียบการจัดกลุ่มเคมีนของการสวิงกอล์ฟในแกน ACY ช่วงที่ 7-8

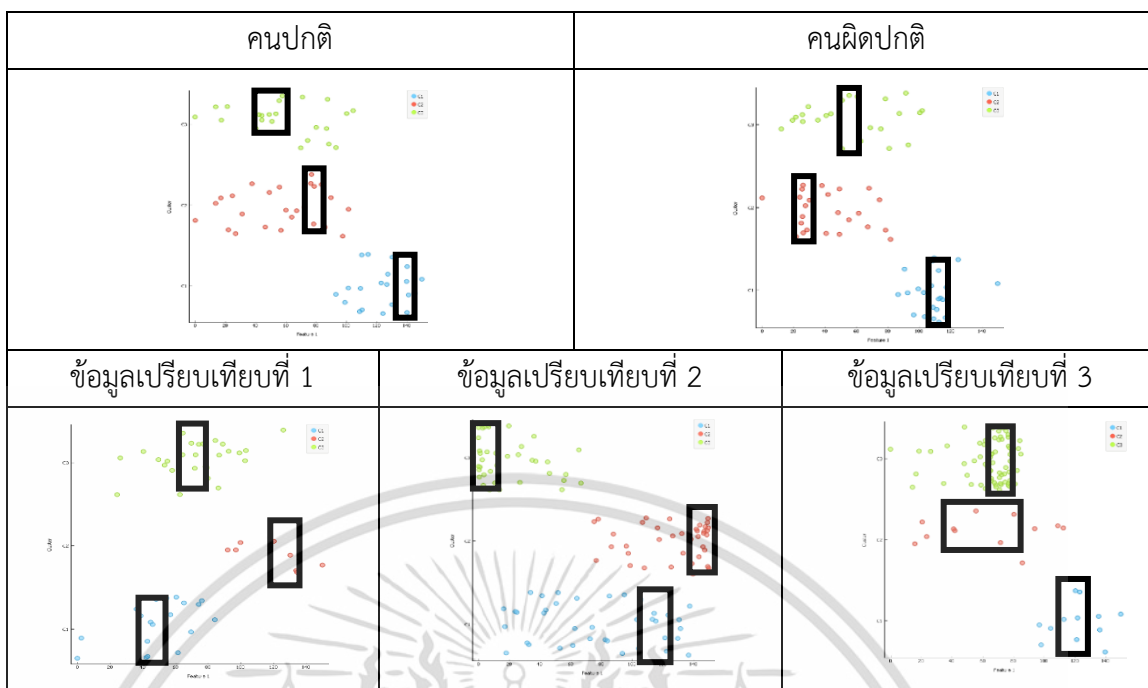
จากรูปที่ 4.36 จะเห็นได้ว่าส่วนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 และ 3 ไม่คล้ายกับแพทเทิร์นไหนเลย ส่วนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 คล้ายกับคนปกติ



รูปที่ 4.37 การเปรียบเทียบการจัดกลุ่มเคมีนของการสวิงกอล์ฟในแกน Pitch ช่วงที่ 7-8

จากรูปที่ 4.37 จะเห็นได้ว่าส่วนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 2 และ 3 คล้ายกับคนผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38 การเปรียบเทียบการจัดกลุ่มเคมีนของการสวิงกอล์ฟในแกน ACY ช่วงที่ 7-8

จากรูปที่ 4.38 จะเห็นได้ว่าส่วนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 2 และ 3 ไม่คล้ายกับแพทเทิร์นไหนเลย

4.6 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคล้าย

ในการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคล้ายของข้อมูลจะใช้ขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ โดยการคำนวณความคล้ายจากค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อยและนำเปอร์เซ็นต์ในแต่ละกลุ่มมาหารเฉลี่ยเพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพื่อสรุปว่าข้อมูลเปรียบเทียบมีความคล้ายคลึงกับรูปแบบปกติ โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการคำนวณมาตรฐาน

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคล้ายกล้ำมเนื้อหลังช่วงบน

กลุ่มข้อมูล	1-4	5-6	7-8
ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1	67.78%	36.67%	62.21%
ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2	38%	50%	56.67%
ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 3	60%	22.22%	54.11%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงเนื้อหลังช่วงล่าง

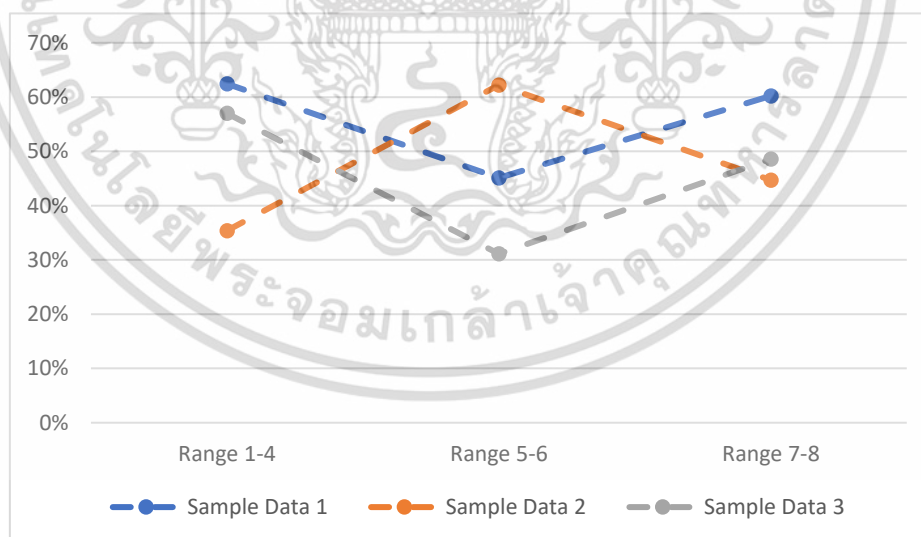
กลุ่มข้อมูล	1-4	5-6	7-8
ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1	66.67%	72.22%	50%
ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2	44.44%	66.67%	33.33%
ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 3	44.44%	55.56%	38.89%

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าในกล้ามเนื้อหลังส่วนบนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 และ 3 มีความคล้ายคลึงกับคนปกติในช่วงที่ 1-4 มากที่สุด รองลงมาคือ ช่วงที่ 7-8 และ 5-6 ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 มีความคล้ายคลึงกับคนปกติในช่วงที่ 7-8 มากที่สุด รองลงมาคือ ช่วงที่ 5-6 และ 1-4

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าในกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 และ 3 มีความคล้ายคลึงกับคนปกติในช่วงที่ 5-6 มากที่สุด รองลงมาคือ ช่วงที่ 1-4 และ 7-8 ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 มีความคล้ายคลึงกับคนปกติในช่วงที่ 5-6 มากที่สุด รองลงมาคือ ช่วงที่ 1-4 และ 7-8

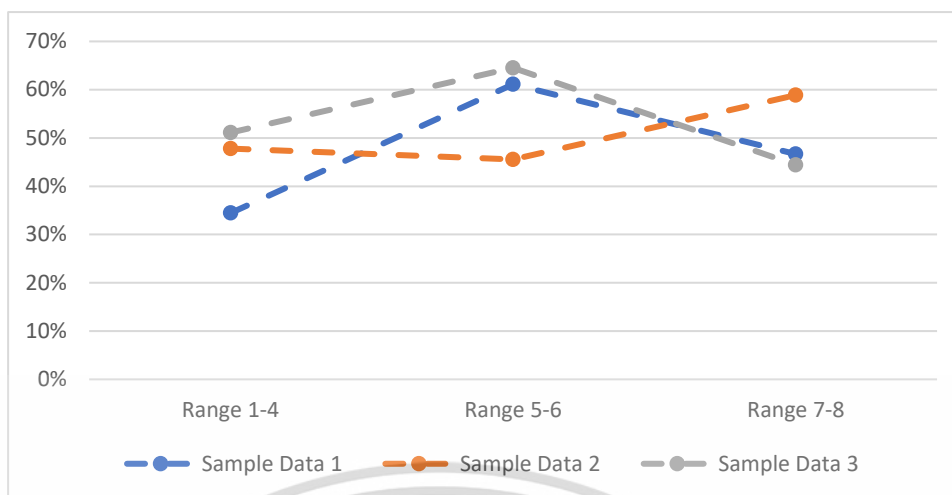
4.6.1 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึง

เนื่องจากการดูผลเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงจากตารางที่ 4.1 และ 4.2 ดูและวิเคราะห์ผลได้ยาก ไม่สามารถกำหนดได้ว่าข้อมูลเปรียบเทียบนี้มีความปกติหรือไม่ ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลจากตารางมาเฉลี่ยและนำมาสรุปผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงเฉลี่ยได้ในรูปที่ 4.39



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

รูปที่ 4.39 กราฟเปอร์เซ็นต์ความคล้อยคลึงจากค่าเฉลี่ยที่ได้จากค่าเฉลี่ยจากการจัดกลุ่ม

จากรูปที่ 4.39(ก) เป็นการแสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความคล้อยคลึงเฉลี่ยของกล่ามเนื้อหลังส่วนบนจะเห็นได้ว่าในช่วงที่ 1-4 ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 ได้เปอร์เซ็นต์ความคล้อยคลึงสูงสุด รองลงมาคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 3 และอันดับสุดท้ายคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 ในช่วงที่ 5-6 ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 ได้เปอร์เซ็นต์ความคล้อยคลึงสูงสุด รองลงมาคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 และอันดับสุดท้ายคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 3 ในช่วงที่ 7-8 ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 ได้เปอร์เซ็นต์ความคล้อยคลึงสูงสุด รองลงมาคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 3 และอันดับสุดท้ายคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 จึงสามารถสรุปได้ว่า ในกล่ามเนื้อหลังส่วนบนข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 และ 3 อาจจะมีคามผิดปกติในช่วงการสวิงกอล์ฟที่ 5-6 ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 อาจจะมีคามผิดปกติในช่วงการสวิงกอล์ฟที่ 1-4

จากรูปที่ 4.39(ข) เป็นการแสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความคล้อยคลึงเฉลี่ยของกล่ามเนื้อหลังส่วนล่างจะเห็นได้ว่าในช่วงที่ 1-4 ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 3 ได้เปอร์เซ็นต์ความคล้อยคลึงสูงสุด รองลงมาคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 และอันดับสุดท้ายคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 ในช่วงที่ 5-6 ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 3 ได้เปอร์เซ็นต์ความคล้อยคลึงสูงสุด รองลงมาคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 และอันดับสุดท้ายคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 ในช่วงที่ 7-8 ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 ได้เปอร์เซ็นต์ความคล้อยคลึงสูงสุด รองลงมาคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 และอันดับสุดท้ายคือ ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 3 จึงสามารถสรุปได้ว่า ในกล่ามเนื้อหลังส่วนล่างข้อมูลเปรียบเทียบที่ 1 อาจจะมีคามผิดปกติในช่วงการสวิงกอล์ฟที่ 1-4 ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 2 อาจจะมีคามผิดปกติในช่วงการสวิงกอล์ฟที่ 5-6 ข้อมูลเปรียบเทียบที่ 3 อาจจะมีคามผิดปกติในช่วงการสวิงกอล์ฟที่ 7-8

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลต้นแบบคนปกติ

แกน	1-4			5-6			7-8		
yaw	47.36816	82.59884	93.69942	88.53128	89.51504	49.41787	53.66	91.82341	74.57443
roll	83.86	56.11871	74.44399	84.49099	49.47576	89.64716	80.94801	68.86966	90.27969
pitch	88.75931	56.4403	85.79752	75.76149	39.9003	51.10173	39.82344	72.46759	61.2767
ACX	68.048	65.82484	90.0866	70.03056	57.04824	94.97744	60.75393	47.17055	113.8402
ACY	78.88253	82.26098	67.68123	83.79694	99.95502	47.45989	88.53069	45.39843	93.94604
ACZ	85.10317	88.47328	42.63112	74.36213	86.09757	63.87824	85.85578	63.53464	77.22965

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลต้นแบบผู้บาดเจ็บกล้ามเนื้อหลัง

แกน	1-4			5-6			7-8		
yaw	66.96734	87.72587	67.02961	64.53848	95.15786	78.06396	63.61956	83.57777	72.80677
roll	89.44385	77.64787	62.33279	72.02681	75.59054	85.17198	82.87265	58.07479	85.47914
pitch	66.04098	90.56241	64.92818	30.12156	68.05733	67.30895	77.73704	42.3374	52.97157
ACX	54.07459	78.33883	92.7898	95.96653	73.88109	86.29479	60.8016	78.26892	90.17617
ACY	67.92194	58.68583	100.9882	79.14049	64.15954	90.93597	62.84401	55.83029	90.90343
ACZ	79.43395	81.83097	66.5024	74.04631	79.53018	67.25049	81.39409	91.12343	44.15084

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลทดสอบของคนปกติ

แกน	1-4			5-6			7-8		
yaw	19.51447	95.7763	104.1351	99.09506	102.7989	31.44988	127.8498	34.52831	63.02615
roll	115.7763	32.48278	81.58389	91.02494	21.75421	114.9345	59.22958	36.32605	131.2032
pitch	82.86524	30.75458	80.0119	110.695	32.60391	92.35492	67.24718	122.9616	52.10938
ACX	98.52214	66.09484	27.3034	103.2005	87.50846	28.85662	35.7707	61.70038	128.9942
ACY	81.85961	33.10876	62.78656	107.1699	70.95085	83.1065	73.73844	45.57665	125.165
ACZ	90.326	101.6023	31.3739	72.08368	64.20882	110.6056	59.52134	66.53221	110.6056

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลทดสอบของคนผิดปกติ

แกน	1-4			5-6			7-8		
yaw	17.3523	104.346	95.75452	112.8896	99.93112	112.8896	106.3768	78.02948	41.89676
roll	122.5297	63.69252	52.49401	52.45573	35.02484	133.0839	30.4862	129.7071	63.93672
pitch	25.82858	85.35313	104.7733	34.56453	112.1815	95.28443	32.92918	83.74985	115.6613
ACX	20.88522	109.7443	93.91794	54.15993	41.4099	131.9126	35.98792	80.50998	92.06991
ACY	51.23364	55.02254	106.21	56.23397	126.4605	43.66959	53.02555	68.18874	80.86737
ACZ	104.1586	17.2467	109.675	62.24527	119.2098	61.1435	73.10913	79.65495	108.5656

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 เป็นตารางที่แสดงข้อมูลต้นแบบของคนปกติและข้อมูลผู้บาดเจ็บกล้ามเนื้อหลัง ข้อมูลในตารางนี้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบการสวิงกอล์ฟทั้งหมด ใช้เพื่อคำนวณหาแนวโน้มอาการบาดเจ็บ ตารางที่ 4.5 เป็นตารางข้อมูลผู้ทดสอบที่เป็นผู้เล่นกอล์ฟที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บนำมาทดสอบเพื่อคำนวณหาความถูกต้องของขั้นตอนวิธี ได้ผลการทดสอบดังนี้ ในท่าที่ 1-4 ได้คะแนนความคล้ายคลึงกับคนปกติ 83.33% ท่าที่ 5-6 ได้คะแนนความคล้ายคลึงกับคนปกติ 44.44% ท่าที่ 7-8 ได้คะแนนความคล้ายคลึงกับคนปกติ 55.56% ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับข้อมูลผู้บาดเจ็บกล้ามเนื้อส่วนหลังในท่าที่ 1-4 ได้คะแนนความคล้ายคลึง 16.67% ท่าที่ 5-6 ได้คะแนนความคล้ายคลึง 55.57% ท่าที่ 7-8 ได้คะแนนความคล้ายคลึง 44.44% และตารางที่ 4.6 เป็นตารางข้อมูลผู้ทดสอบที่มีประวัติการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อหลังได้ผลการทดสอบดังนี้ ในท่าที่ 1-4 ได้คะแนนความคล้ายคลึงกับคนปกติ 22.22% ท่าที่ 5-6 ได้คะแนนความคล้ายคลึง 72.22% ท่าที่ 7-8 ได้คะแนนความคล้ายคลึง 33.33% ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับข้อมูลผู้บาดเจ็บกล้ามเนื้อส่วนหลังในท่าที่ 1-4 ได้คะแนนความคล้ายคลึง 77.77% ท่าที่ 5-6 ได้คะแนนความคล้ายคลึง 27.78% ท่าที่ 7-8 ได้คะแนนความคล้ายคลึง 66.66%

จากข้อมูลผลการทดสอบที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสามารถเห็นความแตกต่างของข้อมูลได้ แต่ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าข้อมูลที่มีความผิดปกติอยู่ในช่วงไหนบ้าง เนื่องจากข้อมูลมีความคาบเกี่ยวกันในช่วงสวิง จึงทำให้ต้องนำผลการสวิงกอล์ฟมาเปลี่ยนรูปแบบให้อยู่ในรูปแบบกราฟออยเลอร์เพื่อให้เห็นความหนาแน่นและการกระจายตัวของข้อมูล ซึ่งมีผลการสวิงกอล์ฟบางส่วนที่ไม่สามารถจำแนกความผิดปกติได้อย่างชัดเจน เช่น ในช่วงการสวิงกอล์ฟที่ 1-4 และ 5-6 ของกล้ามเนื้อส่วนบน เป็นต้น จึงนำข้อมูลกราฟออยเลอร์มาตัดแบ่งเพื่อให้ง่ายต่อการกำหนดกลุ่มข้อมูลที่มีความหนาแน่นได้ง่ายด้วยวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน ซึ่งเป็นวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลอย่างง่าย และใช้เพียงค่าเฉลี่ยของข้อมูลเป็นตัวจัดกลุ่ม ซึ่งแบ่งข้อมูลจากกราฟออยเลอร์ได้เป็น 3 กลุ่ม และกำหนดขอบของข้อมูลเพื่อใช้ในการกำหนดต้นแบบของการสวิงกอล์ฟซึ่งในขั้นตอนนี้ก็ยังไม่สามารถระบุความผิดปกติได้อย่างชัดเจน ต้องนำต้นแบบการสวิงกอล์ฟมาหาเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงด้วยขั้นตอนวิธีแบ่งแยกและเอาชนะ เนื่องจากวิธีนี้เป็นการแบ่งปัญหาใหญ่ๆ ออกเป็นปัญหาย่อยๆ เพื่อให้ได้คำตอบสุดท้าย ซึ่งเหมาะสมกับรูปแบบของข้อมูลการสวิงกอล์ฟ เพราะว่าข้อมูลต้นแบบมีการแบ่งกลุ่มย่อยออกเป็น 3 กลุ่มและแบ่งช่วงการสวิง จึงเริ่มคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงจากกลุ่มย่อยก่อน และดูข้อมูลเป็นช่วงของการสวิง จากผลการทดสอบพบว่า การคำนวณหาแนวโน้มความคล้ายคลึงจะต้องดูข้อมูลในช่วงนั้นๆ เช่น คนปกติจะดูข้อมูลในท่าที่ 1-4 ส่วนคนผิดปกติจะดูข้อมูลในท่าที่ 1-4 และ 7-8 เป็นต้น จากผลการทดสอบนี้สามารถระบุช่วงของการสวิงกอล์ฟที่น่าจะผิดปกติได้ และสามารถจำแนกอาการบาดเจ็บได้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวกำหนดรูปแบบการสวิงกอล์ฟเพื่อป้องกันการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลัง มีขั้นตอนวิธีในการเก็บข้อมูลด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว 2 ตัว ติดที่กลางหลังส่วนบนและส่วนล่างของผู้สวิงกอล์ฟ ทำการเก็บข้อมูลการสวิงกอล์ฟจากนักเล่นกอล์ฟมืออาชีพและผู้บาดเจ็บกล้ามเนื้อหลังจากการสวิงกอล์ฟ เมื่อเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้วทำการแบ่งข้อมูลการสวิงกอล์ฟเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 การจรดไม้จนถึงตำแหน่งสูงสุดของวงสวิง ช่วงที่ 2 ตำแหน่งเริ่มเข้าตีลูกจนถึงตำแหน่งจุดตีลูกปะทะลูก ช่วงที่ 3 ตำแหน่งการส่งถ่ายพลังจนถึงตำแหน่งท่าจบของวงสวิง การแบ่งช่วงการสวิงกอล์ฟช่วยให้เห็นความแตกต่างของข้อมูลมากยิ่งขึ้น จากนั้นนำข้อมูลแปลงด้วยสมการออยเลอร์เพื่อแสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟเชิงขั้ว แต่จากการแปลงข้อมูลพบว่ารูปแบบข้อมูลที่เกิดขึ้นระหว่างคนปกติและผู้บาดเจ็บยังมีรูปแบบที่ใกล้เคียงกันอยู่ จึงต้องนำข้อมูลกราฟออยเลอร์มาจัดกลุ่มสมการเคมีนเพื่อแบ่งกลุ่มข้อมูลกราฟออยเลอร์เป็นกลุ่มย่อยเพื่อทำให้ข้อมูลสามารถเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยเมื่อแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีเคมีนแล้วนำข้อมูลในรูปแบบเคมีนหาค่าความหนาแน่น ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการกำหนดรูปแบบของค่าของคนปกติและผู้บาดเจ็บได้ แต่ยังคงมีความยุ่งยากในการนำมาใช้ในการคำนวณเปรียบเทียบ จึงนำกลุ่มข้อมูลย่อยเคมีนแต่ละกลุ่มมาคำนวณหาขอบข้อมูลด้วยค่ามาตรฐานแบบคะแนนซี ค่าวนวนได้ค่ากลางซึ่งสามารถนำไปใช้ในการกำหนดตำแหน่งของค่าในแต่ละข้อมูลกลุ่มย่อยได้

ด้วยกระบวนการนี้นำไปใช้ประมวลผลกับข้อมูลทั้งหมดทั้งข้อมูลของคนปกติและคนที่บาดเจ็บกล้ามเนื้อหลัง ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหลังทั้งส่วนบนและส่วนล่างในขณะสวิงกอล์ฟของผู้เล่นปกติและผู้บาดเจ็บกล้ามเนื้อหลังจากการสวิงกอล์ฟ เพื่อเป็นการกำหนดค่ามาตรฐานการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหลังทั้งส่วนบนและส่วนล่างในขณะสวิงกอล์ฟสามารถนำไปเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหลังในการสวิงกอล์ฟต่อไป จากผลการทดสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงพบว่าคนปกติได้คะแนนความคล้ายคลึงสูงสุดเป็น 83.33% และข้อมูลทดสอบของผู้ทดสอบที่มีประวัติการบาดเจ็บกล้ามเนื้อส่วนหลังได้คะแนนความคล้ายคลึงสูงสุดเป็น 77.77% จากผลที่ได้สรุปว่าค่ามาตรฐานนี้สามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับข้อมูลการสวิงกอล์ฟ

ของคนทั่วไปเพื่อป้องกันรูปแบบการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหลังว่ามีรูปแบบคล้ายคลึงกับรูปแบบของคนปกติและผู้ที่ย่ำแย่กล้ามเนื้อหลังได้

งานวิจัยนี้ได้สร้างรหัสข้อมูลที่เป็นรูปแบบการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหลังทั้งส่วนบนและส่วนล่างในขณะสวิงกอล์ฟ ของผู้เล่นปกติและผู้ที่ย่ำแย่กล้ามเนื้อหลังจากการสวิงกอล์ฟ เป็นรหัสมาตรฐานของผู้เล่นที่เป็นคนไทย โดยได้ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและพัฒนากระบวนการประมวลผลแบบใหม่ จากผลที่ได้นี้สามารถนำรหัสข้อมูลไปพัฒนาเป็นโปรแกรมเพื่อการคาดการณ์ให้ทราบถึงแนวโน้มของผู้สวิงกอล์ฟว่ามีโอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บกล้ามเนื้อหลังจากการสวิงกอล์ฟของผู้เล่นนั้นต่อไปในอนาคตหรือไม่ ถ้ามีโอกาสเกิดการบาดเจ็บผู้เล่นจะสามารถปรับปรุงท่าทางการสวิงกอล์ฟได้ทันทีก่อนที่จะเกิดการบาดเจ็บ ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันและลดจำนวนผู้บาดเจ็บกล้ามเนื้อหลังจากการสวิงกอล์ฟในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) การกำหนดรูปแบบสวิงกอล์ฟด้วยขั้นตอนที่นำเสนอนี้ สามารถนำไปพัฒนาให้สามารถพยากรณ์การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังในตำแหน่งต่างๆได้ โดยการเพิ่มการรู้จำรูปแบบการบาดเจ็บของตำแหน่งต่างๆ ของกล้ามเนื้อหลัง เช่น กล้ามเนื้อส่วนบนหรือล่าง โดยการเพิ่มข้อมูลการรู้จำรูปแบบการบาดเจ็บจากการสวิงกอล์ฟให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้โปรแกรมสามารถพยากรณ์อาการบาดเจ็บในตำแหน่งที่เฉพาะเจาะจงได้ดียิ่งขึ้น
- 2) งานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาในการฝึกการสวิงกอล์ฟเพื่อฝึกนักกีฬาหรือผู้เล่นใหม่สามารถปฏิบัติท่าสวิงกอล์ฟได้ดีและถูกต้องที่สุด

บรรณานุกรม

- [1] Thai TGA “Golf history in Thailand” Search from
<http://www.tga.or.th/tga2013/#p=1&PAGE=history> on 2019-03-01
- [2] G. Eason, B. Noble, and I. N W. Chaopreecha. “Golf Injuries” Orthopedic Center, Vibhavadi Hospital. Search from
<http://www.vibhavadi.com/orthopedic/resourcesdetail.php?id=83> on 2019-03-04
- [3] G. Eason, B. Noble, and I. N W. Chaopreecha. “Golf Injuries” Orthopedic Center, Vibhavadi Hospital. Search from
- [4] พระราชบัญญัติ วิชาซีพกายภาพบำบัด พ.ศ. 2547
- [5] วิกีพีเดีย. “กอล์ฟ” ค้นหามาจาก
https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B9%8C%E0%B8%9F#cite_note-1 ในวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2562
- [6] McCarroll, J.R., and Gioe, T.J. 1982. Professional golfers and the price they pay.
- [7] McCarroll, J.R., Retting, A., and Shelbourne, K. 1990. Injuries in the amateur golfer.
- [8] Wisan Tangwongcharoen, and Wisut Titiroongruang, "Determining Golf Swing Patterns Using Motion Sensors for Injury Prevention," Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2017, 15-17 March 2017, Hong Kong, pp765-769
- [9] Y. Chen, Y. Hung, "Using Real-time Acceleration Data for Exercise Movement Training with a Decision Tree Approach", Expert Systems with Applications 2012, vol. 37, no. 12, pp. 7552-7556.
- [9] K. Shirota, K. Watanabe, Y. Kurihara, "Measurement and analysis of golf swing using 3-D acceleration and gyro sensor", SICE Annual Conference Akita University, pp. 356-360, 2012.
- [10] P. Luckkemann, D. M. Haid, P. Bromel et. al. 2018. “Validation of an Inertial Sensor System for Swing Analysis in Golf. Queensland , Australia: The 12th Biennial conference on the Engineering of Sport on behalf of the International Sports

- [11] Cox D.R., Hinkley D.V. 1974. Theoretical Statistics, Chapman & Hall, p49, p209
- [12] Kendall, M.G. and Stuart, D.G. 1973. The Advanced Theory of Statistics. Vol 2: Inference and Relationship, Griffin, London. Section 20.4
- [13] J. Phanitchart, and W. Kimpan 2015. "Phase Graphs Applying Used in Analyzing Scapular Patients". Chonburi, Thailand: The 7th conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology, pp. 137-140
- [14] Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall International, New Jersey, pp 43-45.
- [15] M. I. Shamos and D. Hoey. "Closest-point problems." In Proc. 16th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science .FOCS., pp. 151—162, 1975
- [16] S. Fortune and J.E. Hopcroft. "A note on Rabin's nearest-neighbor algorithm." Information Processing Letters, 8 .1., pp. 20—23, 1979
- [17] S. Khuller and Y. Matias. A simple randomized sieve algorithm for the closest-pair problem. Inf. Computer., 118 .1.:34—37,1995



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

1. W. Tangwongcharoen, S. Niemcharoen and W. Titiroongruang “Prediction of Back Muscle Injuries After Golf Swing using Motion Sensored Data, Euler Equation, K-Means Clustering and Z-Score”, International Journal of Simulation Systems, Science & Technology vol. 20, Number 3, pp.1, June 2019.
2. W. Tangwongcharoen, and W. Titiroongruang “The Specific Golf Swing Patterns using K-Means Clustering with the Two-Sided Confidence Interval”, 2017 14th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), June 21-30,2017, Phuket. pp. 698-701
3. W. Tangwongcharoen, and W. Titiroongruang “Determining Golf Swing Patterns Using Motion Sensors for Injury Prevention ”, Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2017 Vol II, IMECS 2017, March 15 - 17, 2017, Hong Kong. pp. 765-769

International Journal of Simulation Systems, Science & Technology

Editor-in-chief: **David Al-Dabass**, *Science and Technology*, Nottingham Trent University, UK

A NEW COCKROACH SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM USING MIXED-VALUED SPACES Ibidun Obagbuwa, Ademola Philip Abidoye	1.1
A NEW DATA MINING APPLICATION TO ASSESS THE IMPACT OF ORGANIZATIONAL CULTURE ON PERFORMANCE IN NIGERIA'S BANKING INDUSTRY Ibidun Obagbuwa, Olufunke Oladipupo, Olusegun Atiku	2.1
PREDICTION OF BACK MUSCLE INJURIES AFTER GOLF SWING USING MOTION SENSORED DATA, EULER EQUATION, K-MEANS CLUSTERING AND Z-SCORE Wisat Tangwongcharoen, Surasak Niemcharoen, Wisut Titiroongruang	3.1
NON-INVASIVE FETAL MONITORING: EXTRACTION OF CLINICAL INFORMATION OF FETAL ECG FROM ABDOMINAL SIGNALS Rene Jaros, Radek Martinek, Radana Kahankova, Michaela Sidikova, Martina Ladrova, Jan Nedoma	4.1
COMPARISON OF THE TRANSMISSION DYNAMICS OF SIR AGE STRUCTURED MODEL IN MALARIA AND DENGUE Nisha Budhwar, Sunita Daniel	5.1
SOILING LEVEL IDENTIFICATION OF SOLAR PV PANEL FOR CLEANING PLANNING Pongsak Tamkeaw, Prajuab Inrawong, Kaan Kerdchuen	6.1
SOFTWARE FAULT TOLERANCE: A THEORETICAL OVERVIEW Omar Anwer Abdulhameed, Israa Abdulameer Resen, Saif A. Abd Al Hussain	7.1
A COMPARATIVE STUDY OF THE EFFICIENCY OF LAYERS' COLOR SPACES ON EDGE DETECTION METHODS Ahmed Abdullah	8.1
MATHEMATICAL MODELLING OF SYSTEM FUNCTIONS BASED ON LINEAR DIFFERENCE EQUATIONS FOR STABILITY, CAUSALITY AND INVERSE ANALYSIS Vorapoj Patanavijit	9.1
A COMPUTATIONAL INVESTIGATION OF DIGITAL IIR LOW-PASS FILTER BASED ON CHEBYSHEV II AND IMPULSE INVARIANCE METHOD Vorapoj Patanavijit	10.1
AN OPTIMUM SWITCHING BILATERAL FILTER FOR NOISE REMOVAL Kornkamol Thakulsukanant	11.1
TRIPLE THRESHOLD STATISTICAL DETECTION FOR DENOISING UNDER SPN Kornkamol Thakulsukanant	12.1
SIMULATED PERFORMANCE EVALUATION OF SRR PROCEDURE PLACED ON ROBUST STOCHASTIC HUBER NORM Darun Kesrarat	13.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Prediction of Back Muscle Injuries After Golf Swing using Motion Sensored Data, Euler Equation, K-Means Clustering and Z-Score

Wisana Tangwongcharoen¹ Surasak Niemcharoen² Wisut Titiroongruang³

Department of Electronics Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok, Thailand

e-mail: wisan.ta@kmitl.ac.th¹, surasak.ni@kmitl.ac.th², wisut.ti@kmitl.ac.th³

Abstract - Golf is one of the most popular sports widely played in many countries including Thailand. Due to the increase of its popularity, the number of injuries from golf is increasing. Golf injuries occur in many parts of the body such as back, wrists and arms. This research proposes a method to specify golf injuries patterns using motion sensors for data gathering for use with Euler equation and clustering algorithm. Euler equation is used for tuning of data gathered from motion sensors into the angular form, which simulates the swing of golf. Data processed by Euler equation are clustered using K-means clustering into sets of normal and abnormal data. After a specific normal and abnormal pattern, we tested the algorithm using divide and conquer algorithm to compare the similarity. We compared the percentage of similarity and accuracy test between means using K-means clustering and Z-score. Based on experimental results, the test data compared to mean from K-means clustering that was the average percentage of similarity of upper and lower back with a normal pattern of range 1-4, 5-6 and 7-8 were 57%, 50%, and 41%, respectively. The test data compared to mean using Z-score that was the average percent of similarity of upper back with normal pattern of range 1-4, 5-6 and 7-8 were 42.45%, 51.86%, and 50%, respectively. The percentage of similarity of the lower back, comparing mean using Z-score of range 1-4, 5-6 and 7-8 were 44%, 53.7%, and 45.4%, respectively. From the experimental results, mean from Z-score is more accurate. It helps to know the range of injuries and can elementarily diagnose the injuries occurring from golf swing. This algorithm can be used in analyzing the data for injury trend prediction.

Keywords - Golf Swing, Similarity Comparing, Euler Graph, K-Means Clustering, Z-Score

I. INTRODUCTION

Today there is a variety of popular sports such as athletics, volleyball, football, etc. Golf is one of the popular sports in Thailand and around the world. In Thailand, it has been recorded that golf was introduced since the reign of King Rama V and became more prevalent in the reign of King Rama VII, which has been popular until now [1]. Golf is popular because it can be played at any age and is played for entertainment or strengthening the body or as the professional athlete. Some people use golf to negotiate business or socialize with friends. Golf is a sport that uses many body parts, such as the back, hands, feet and elbows. When a golfer swing, it has force effect to the golfer's body. If the golfer has not warmed up the body enough, the golfer can be injured [2].

Early researches commonly using cameras to capture postures in various angles and comparing the swing angles. This method has disadvantages in terms of accuracy and high prices because multiple cameras to shoot in many angles for more accuracy are required [3-5]. The modern researches using motion sensors to attach to the interesting body parts and using mathematics or computer algorithm to calculate pattern is popular [6-9]. This method provides more accuracy and cheaper than the old method. However, some researches are suitable for the shape of the Western people and might not be suitable for Asian people, which the second majority of golf players of the world. In addition, certain researches

are interested in only the full cycle of golf swing [10], which might not indicate the range of injuries.

From these disadvantages, researchers have the idea to prevent injuries in golfers by applying the algorithm to the prototype movement data. To collect the golf swing data to generate normal and abnormal golf swing patterns that people have been injured, motion sensors attached to testers back were used. After data are collected, they are divided into 3 ranges; Set-up to Top swing; Down swing to Impact and Follow through to Finish; followed the basic golf swing patterns and converted by the Euler equation to generate Euler graphs to simulate 360 degrees of the golf swing. When the Euler graphs were generated, the graphs will be clustered by K-means algorithm to divide the data into subgroups. This method helps to easier classify the density. In addition, Z-score is used to determine the density position for specific golf swing patterns; As a result, density boundaries were provided. The similarity of a pattern was tested using divide and conquer algorithm. We compare between means using K-means clustering and compare means using Z-score. The sampling data is compared to the prototype movement data. We compared every range of the basic golf swing patterns and got the percentage of similarity. The percentage of similarity provides information of the trend of the sampling data and predicts elementary injuries.

II. RELATED THEORIES

A. 9 Degrees of Freedom - Razor IMU

The 9 Degrees of Freedom-Razor IMU incorporates three sensors - an ITG-3200 (MEMS triple-axis gyro), ADXL345 (triple-axis accelerometer), and HMC5883L (triple-axis magnetometer) – in order to give you nine degrees of inertial measurement. The outputs of all sensors are processed by an on-board ATmega328 and over a serial interface [11]. This sensor is shown in Figure 1.

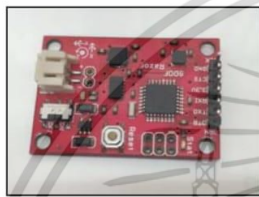


Figure 1. 9 Degrees of Freedom-Razor IMU

This sensor used with the body suit and golf club as illustrated in Figure 2.

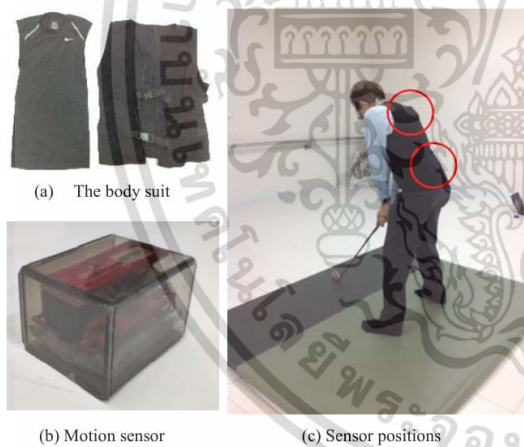


Figure 2. The equipment and attach points on the tester's back

Figure 2(a) shows a bodysuit used for attaching the sensor on the tester's back. Figure 2(b) is the sensor and a battery in a box. The box helps to secure the sensor. Figure 2(c) indicates of locations where sensors are attached on the tester's back.

B. Euler Equation

Euler equation [12] is an equation use for describing the relationship of linear and angular graphs. We applied Euler equation to simulate golf swing angles as written in Equation (1) and Equation (2).

$$x_i \cos \theta \quad (1)$$

$$x_i \sin \theta \quad (2)$$

Where x is the gathered data from the motion sensors
 i is the order of the data
 θ is the angle started from 1 degree to 360 degree

C. K-Means Clustering

K-means clustering [13] is a type of unsupervised learning, which is used when you have unlabeled data (i.e., data without defined categories or groups). The goal of this algorithm is to find groups in the data. The number of groups represented by the variable K . The algorithm works iteratively to assign each data point to one of the K groups based on the features provided. Data points are clustered based on feature's similarity. This research use K-means clustering for clustering the subgroups, which can be written in Equation (3) below.

$$SSE = \sum_{i=1}^2 \sum_{P \in M_i} dist(M_i, P_{i,n})^2 \quad (3)$$

Where i is the order of the data
 M_i is the centroid of the cluster order i
 $P_{i,n}$ are the Euler graph points.

Every round, a new centroid is adjusted use Equation (4).

$$M_i = \frac{1}{m_i} (P_1 + \dots + P_n) \quad (4)$$

Where m_i is the centroid of the cluster order i
 P is the point from Euler graphs
 n is the number of points in Euler graphs

D. Standard Score

In statistics, the standard score is the signed number of standard deviations by which the value of an observation or data point is above the mean value of what is being observed or measured. Observed values above the mean have positive standard scores, while values below the mean have negative standard scores. The standard score is a dimensionless quantity obtained by subtracting the population mean from an individual raw score and then dividing the difference by the population standard deviation. This conversion process is called standardizing or normalizing. They are most frequently used to compare an observation to a standard normal deviation, though they can be defined without assumptions of normality.

$$\bar{x} - Z_{\alpha/2} * \frac{SD}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} * \frac{SD}{\sqrt{n}} = 100(1 - \alpha)\% \quad (5)$$

Where Z is the standard score
 μ is the confidence interval (95%)
 \bar{X} is the mean
 SD is the standard deviation
 n is the number of data

α is the critical value (0.05)

Z-score is one of statistical tests for which the distribution of the test statistic under the null hypothesis can be approximated by a normal distribution. Because of the central limit theorem, many test statistics are approximately normally distributed for large sample size. For each significance level, the z-test has a single critical value (for example, 1.96 for 5% two tailed) which makes it more convenient than the student's t-test which has separate critical values for each sample size. Therefore, many statistical tests can be conveniently performed as approximate z-tests if the sample size is large or the population variance is known [14]. Z-score equation used for boundaries calculation is written in Equation (5).

E. Divide and Conquer Algorithm

In computer science, divide and conquer is an algorithm design paradigm based on multi-branched recursion. A divide and conquer algorithm works by recursively breaking down a problem into two or more sub-problems of the same or related type, until these become simple enough to be solved directly. The solutions to the sub-problems are then combined to give a solution to the original problem. Divide and conquer algorithm can be derive as shown in Algorithm 2.1.

Algorithm 2.1 : Divide and conquer

1. Sort points according to their x-coordinates.
2. Split the set of points into two equal-sized subsets by a vertical line $x=x_{mid}$.
3. Solve the problem recursively in the left and right subsets. This yields the left-side and right-side minimum distances d_{Lmin} and d_{Rmin} , respectively.
4. Find the minimal distance d_{LRmin} among the set of pairs of points in which one point lies on the left of the dividing vertical and the other point lies to the right.
5. The final answer is the minimum among d_{Lmin} , d_{Rmin} , and d_{LRmin}

From fourth step, a pair of point is calculated and has a distance value not over $dist = \min(d_{Lmin}, d_{Rmin})$. Therefore, each point(p) in the left side of the line is compared to the point of the right of the line sizing $dist, 2 \cdot dist$. For each calculation, we got up to a maximum of six points with pairwise distances of at least equal to d_{Rmin} from the rectangle. So the sufficient time in computing is not more than $6n$. The left-right distances in the fourth step are recurrence relation for the number of steps, which can be written as $T(n) = 2 T(n/2) + O(n)$, solving by the master theorem to get $O(n \log n)$ [15-16]. Researchers has applied this algorithm, which is described in Figure 3.

Figure 3 displays how to compare the distance data between the compared data and the normal and abnormal patterns. When the mean of the data group comes, the data group will be compared in each group of data. When

comparing the data, it will check the data in each range whether it is more or less than the prototype. If the data is compared to normal people and the value is greater than the prototype, it means that data is close to the abnormal value. But if the data compare to the unusual ones, it shows that they are close to normal value. This algorithm is used for comparing mean processed from Z-score as well.

When the comparison is completed, it will be accounted for a percentage of similarity. In each period, similar values to normal people will be obtained, which makes it is possible to know which swing range the problem is; hence will be able to analyze more easily.

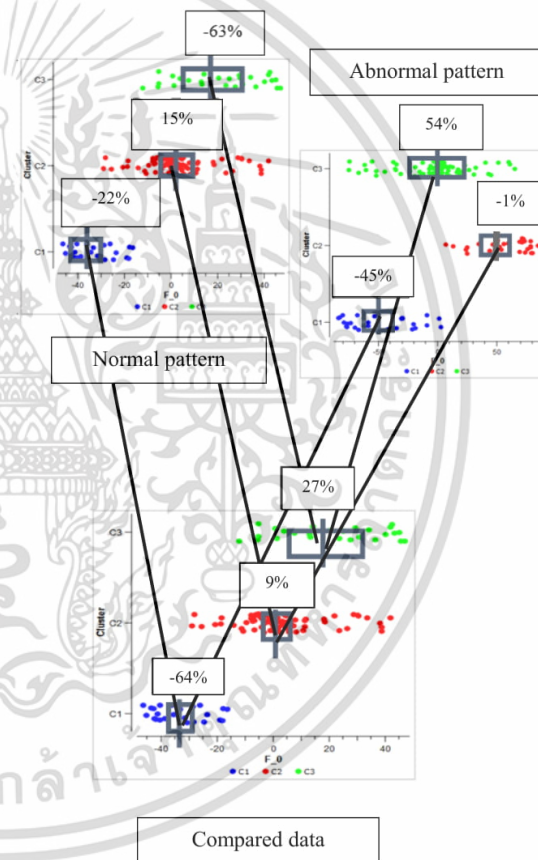


Figure 3. An example of distance data comparison between compared data and normal and abnormal patterns

III. METHODOLOGY

In the beginning, the golf swing data from 2 sensors that were set up on the upper and lower back were gathered. The raw data are linear graphs, which were classified by the standard golf swing stages into 8 subgroups. The eight data groups were transformed to Euler graphs for the golf swing

simulation. All densities of all groups were shown in this stage. Next, the Euler graphs were clustered by K-means clustering into 3 subgroups. At this stage, the groups were rearranged to determine the densities of each subgroup more easily. We used $k = 3$ because at this value, the clearest difference can be achieved. The Z-score was applied to specify the densities range of the subgroups. The prototype of normal and abnormal patterns are generated.

In testing process, we used the similarity of density ranges of normal and abnormal patterns compared to the test data. Divide and conquer algorithm was chosen because the data was separated, and this algorithm is suitable with this data characteristics. We also compared between mean from K-means clustering and Z-score as an accuracy test. Finally, the percentage of similarity from the divide and conquer algorithm was used for injury trends prediction and elementary diagnosis. The research methodology is as shown in Figure 4.

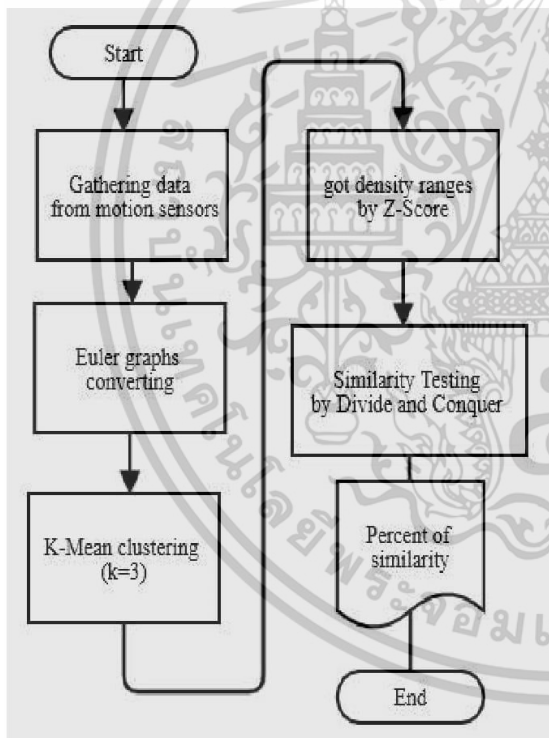


Figure 4. The research methodology

IV. RESULTS

The results of each stage are presented in this section. Every stage has 3 ranges of data: 1-4, 5-6 and 7-8 refer to the 8 basic golf swing stages. However, only the results in the range 7-8 are presented because the results are obvious and

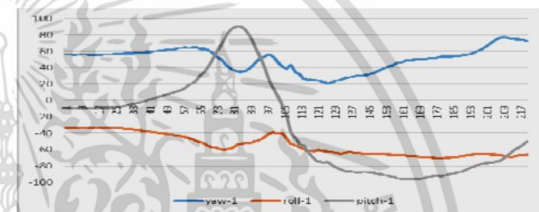
the easiest to classify. There are normal, abnormal and sample data patterns.

A. Raw data

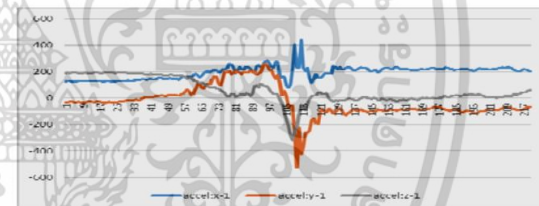
The raw data were gathered using the motion sensors. These raw data graphs were separated in 3 ranges, which referred to the basic stages of the golf swing: stage 1-4, stage 5-6, and stage 7-8. Figure 4 and Figure 5 show the normal data and the abnormal data, respectively.

1) Normal person

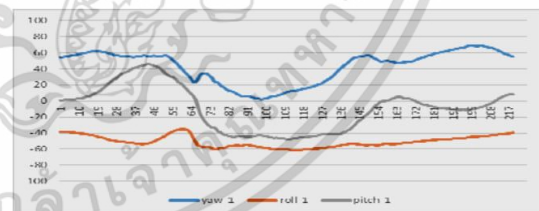
Figure 5(a) and 5(c) show the angle of the normal person's upper and lower back muscles, respectively. In the period 1-4, there is a high rise and fall of angle in the range 5-6 both at the upper and the lower back muscles.



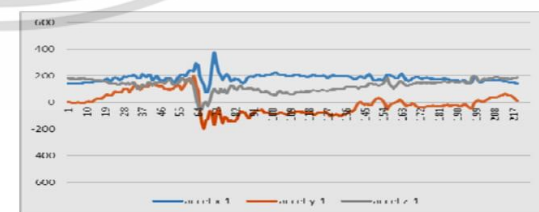
(a) Angle of normal person's upper back muscle



(b) Acceleration of normal person's upper back muscle



(c) Angle of normal person's lower back muscle



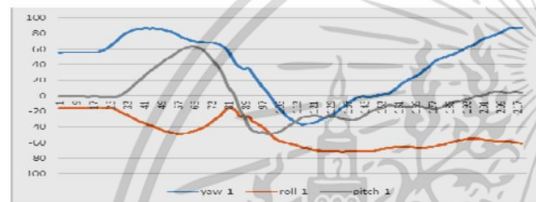
(d) Acceleration of normal person's lower back muscle

Figure 5. Linear graphs of normal person

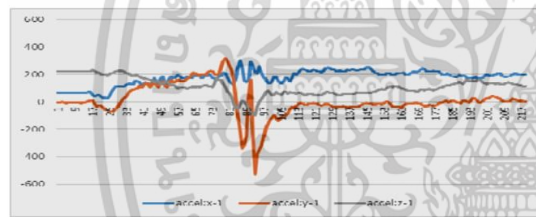
The Figure 5(b) and 5(d) show the acceleration of the normal person's upper and lower back muscles, respectively. There is fluctuation from the start of range 5-6. The fluctuation is in the same range to the finish stage.

2) *Abnormal person*

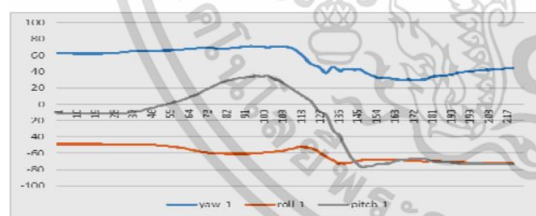
Figure 6(a) and 6(c) show the angle of the abnormal person's upper and lower back muscles, respectively. The range 1-4 of the angle of the abnormal person's upper back muscle has a high level and drastically falls in the range of 5-6. For the angle of the abnormal person's lower back muscle, in the period 1-4, there is a high rise and fall of angle in the range 5-6.



(a) Angle of abnormal person's upper back muscle



(b) Acceleration of abnormal person's upper back muscle



(c) Angle of abnormal person's lower back muscle



(d) Acceleration of abnormal person's lower back muscle

Figure 6. Linear graphs of abnormal person.

Figure 6(b) and 6(d) show the acceleration of the abnormal person's upper and lower back muscles, respectively. There is fluctuation from the start of range 5-6. The fluctuation is in the same range to the finish stage.

B. *Euler graphs*

Euler graphs are generated from the Euler equation. The Euler graph is used to simulate the golf swing pattern. In the equation, the swing time is transformed to angles. The obtained data from sensors are transformed to circle radius, which the data distribution can be observed. Euler graphs of the upper back muscle are shown in Figure 7 and 8. The Euler graphs of the lower back are illustrated in Figure 9 and 10.

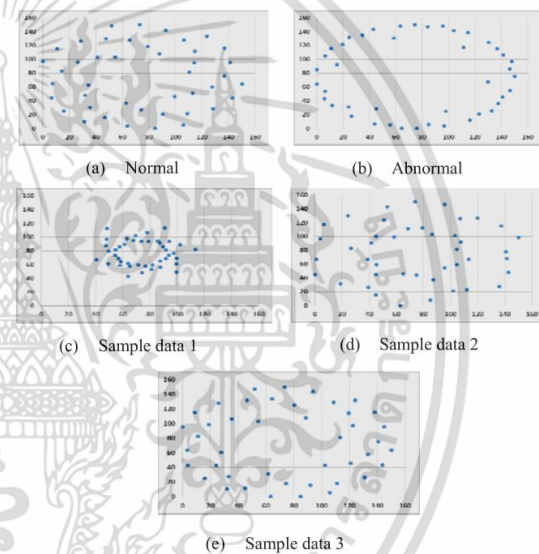
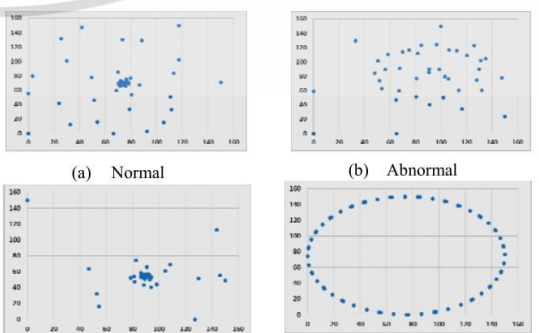


Figure 7. The Euler graphs in pitch axis of the range 7-8 of the upper back muscle

The density of normal pattern in Figure 7(a) spreads from inside to the outside border. The abnormal data in Figure 7(b) is a circle. The sample data 2 in Figure 7(d) and sample data 3 in Figure 7(e) are similar to the normal pattern. The sample data 1 in Figure 7(c) is not similar to any pattern.



(a) Normal

(b) Abnormal

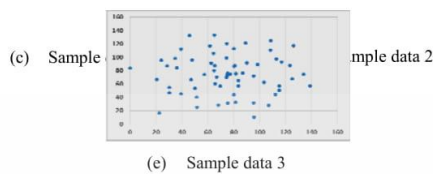


Figure 8. The Euler graphs in acceleration in Y axis of the range 7-8 of the upper back muscle

The density of normal pattern in Figure 8(a) spreads from the center to the outside. The abnormal pattern in Figure 8(b) is a circle and some data are outside a circle. The sample data 1 in Figure 8(c) is similar with the normal pattern. The sample data 2 in Figure 8(d) and sample data 3 in Figure 8(e) are similar with the abnormal pattern.

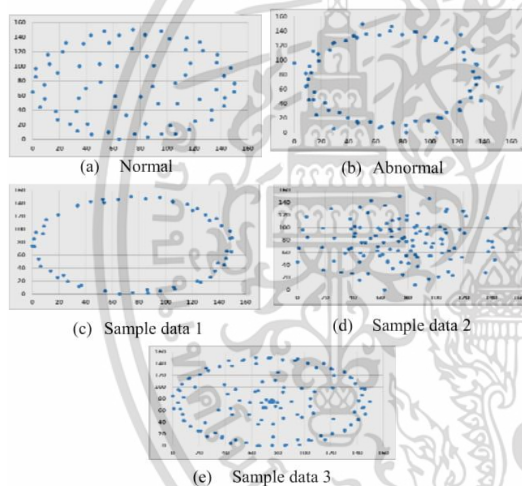


Figure 9. The Euler graphs in pitch axis of the range 7-8 of the lower back muscle

The normal pattern in Figure 9(a) is a distributed data and formed a patterned circle. The density of abnormal data in Figure 9(b) is formed a circle and the data is only around the circle. The sample data 1 in Figure 9(c) is similar to the abnormal pattern. The sample data 2 in Figure 9(d) and sample data 3 in Figure 9(e) were similar to the normal pattern.

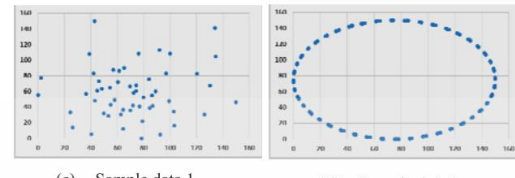
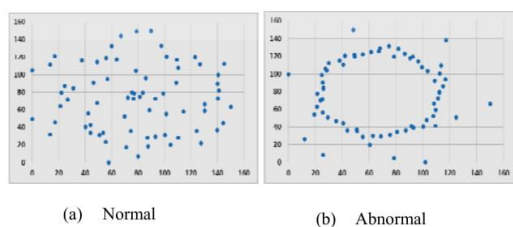


Figure 10. The Euler graphs in acceleration of Y axis the range 7-8 of the lower back muscle

The density of normal pattern in Figure 10(a) is dense in the center and spread to the outside. The abnormal pattern in Figure 10(b) is a circle and some data are distributed to outside of a circle. The sample data 1 in Figure 10(c) and the sample data 3 in Figure 10(e) are similar to the normal pattern. The sample data 2 in Figure 10(d) is similar to the abnormal pattern.

A. K-Means Clustering

K-means clustering separated data into 3 groups. Each group, the density can be detected easily. The mean of subgroups is generated from this process. The upper back data were shown in Figure 11 and 12 and the lower back data were shown in Figure 13 and 14.

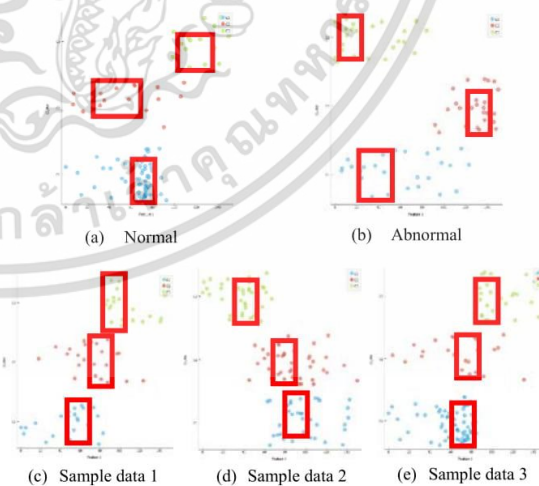


Figure 11. K-means clustering in pitch axis of the range 7-8 of the upper back muscle

TABLE I. MEAN OF PITCH AXIS OF THE RANGE 7-8 OF THE UPPER BACK MUSCLE

Dataset	Mean of Subgroups		
	1	2	3
Normal	50.36	56.45	83.92
Abnormal	73.74	45.58	125.16
Sample data 1	88.48	0.00	139.32
Sample data 2	19.27	127.19	77.58
Sample data 3	62.26	62.86	116.81

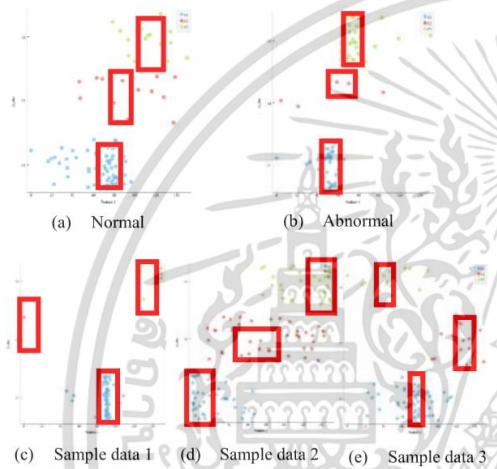


Figure 12. K-mean clustering in acceleration in y axis of the range 7-8 of the upper back muscle

TABLE II. MEAN OF ACCELERATION IN Y AXIS OF THE RANGE 7-8 OF THE UPPER BACK MUSCLE

Dataset	Mean of Subgroups		
	1	2	3
Normal	67.25	122.96	52.11
Abnormal	129.33	59.25	31.84
Sample data 1	86.12	106.24	45.14
Sample data 2	98.61	87.11	37.39
Sample data 3	56.99	67.62	118.79

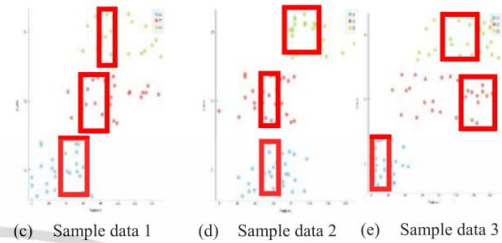
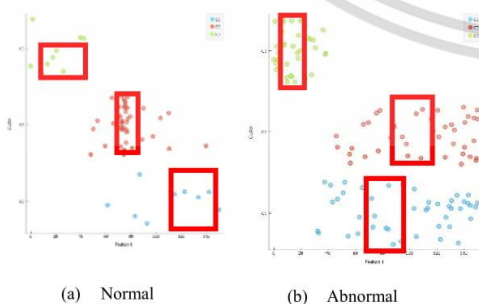


Figure 13. K-means clustering in pitch axis of the range 7-8 of the lower back muscle

Figure 11 and Figure 12, which is the upper back muscle data, show how to crop the data from the subgroups using the mean for the pitch and acceleration in Y axis are tabulated in Table I and Table II, respectively. The dense of data is observed in the pitch and acceleration in Y axis. In Figure 13 and Figure 14, which is the lower back muscle data, the cropped data from the subgroups using the mean for the pitch and acceleration in Y axis are summarized in Table III and Table IV, respectively. The mean of subgroups in Table I to Table IV were compared using the divide and conquer algorithm.

TABLE III. MEAN OF PITCH AXIS OF THE RANGE 7-8 OF THE LOWER BACK MUSCLE

Dataset	Mean of Subgroups		
	1	2	3
Normal	58.17	86.09	52.59
Abnormal	72.49	26.38	122.24
Sample data 1	36.07	125.21	57.08
Sample data 2	87.11	37.39	98.61
Sample data 3	67.25	99.32	66.84

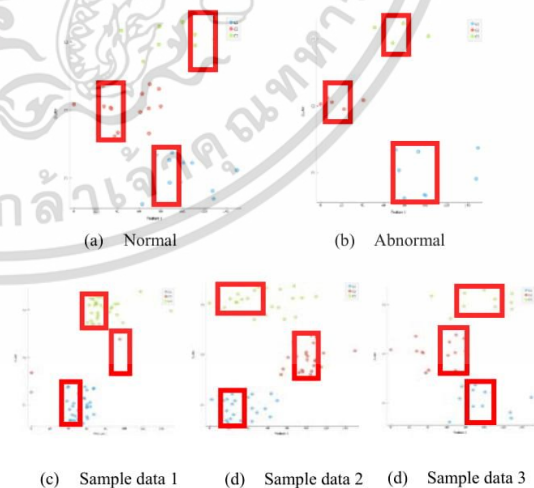


Figure 14. K-means clustering in acceleration in y axis of the range 7-8 of the lower back muscle

TABLE IV. MEAN OF ACCELERATION IN Y AXIS OF THE RANGE 7-8 OF THE LOWER BACK MUSCLE

Dataset	Mean of Subgroups		
	1	2	3
Normal	80.06	29.19	94.11
Abnormal	27.74	77.45	112.26
Sample data 1	60.34	77.41	56.66
Sample data 2	122.76	82.33	16.67
Sample data 3	121.75	62.70	65.06

Because of result from K-means clustering cannot classify the pattern, K-mean was used to get the mean and crop the subgroups to specify the golf swing pattern by the density group. Z-score is applied to calculate the upper and lower bounds of the density groups using Equation (5). All means represented the information and used for similarity calculation. Because the mean from K-means clustering and the mean from Z-score have some differences. Therefore, the researchers have tested that what value will give more accuracy. By knowing of which value has higher accuracy, that value will be used to calculate the percentage of similarity for injury trends analysis.

C. Percentage of similarity

Percentage of similarity is the conclusion of the results. These results are the comparison between the normal and the sample data patterns. It is easier to compare the sample data with the normal pattern as shown in Table V and Table VI for the upper and lower back muscles, respectively. This process was used to test the accuracy of the algorithm. We applied the divide and conquer algorithm to calculate similarity percentage.

TABLE V. COMPARISON OF THE SIMILARITY PERCENTAGE OF THE UPPER BACK MUSCLE

Order	Dataset	1-4	5-6	7-8
1 st	Sample data 1	50%	33.33%	33.33%
	Sample data 2	0%	50%	50%
	Sample data 3	66.66%	66.66%	33.33%
2 nd	Sample data 1	0%	66.66%	66.66%
	Sample data 2	0%	50%	50%
	Sample data 3	33.33%	66.66%	16.66%
3 rd	Sample data 1	66.66%	50%	50%
	Sample data 2	16.66%	66.66%	16.66%
	Sample data 3	66.66%	16.66%	66.66%
4 th	Sample data 1	0%	66.66%	50%
	Sample data 2	50%	0%	33.33%
	Sample data 3	16.66%	50%	83.33%
5 th	Sample data 1	83.33%	33.33%	83.33%
	Sample data 2	33.33%	83.33%	50%
	Sample data 3	50%	16.66%	50%

TABLE VI. COMPARISON OF THE SIMILARITY PERCENTAGE OF THE LOWER BACK MUSCLE

Order	Dataset	1-4	5-6	7-8
1 st	Sample data 1	50%	33.33%	33.33%
	Sample data 2	0%	50%	50%
	Sample data 3	66.66%	66.66%	33.33%
2 nd	Sample data 1	0%	66.66%	66.66%
	Sample data 2	0%	50%	50%
	Sample data 3	33.33%	66.66%	16.66%
3 rd	Sample data 1	66.66%	50%	50%
	Sample data 2	16.66%	66.66%	16.66%
	Sample data 3	66.66%	16.66%	66.66%
4 th	Sample data 1	0%	66.66%	50%
	Sample data 2	50%	0%	33.33%
	Sample data 3	16.66%	50%	83.33%
5 th	Sample data 1	83.33%	33.33%	83.33%
	Sample data 2	33.33%	83.33%	50%
	Sample data 3	50%	16.66%	50%

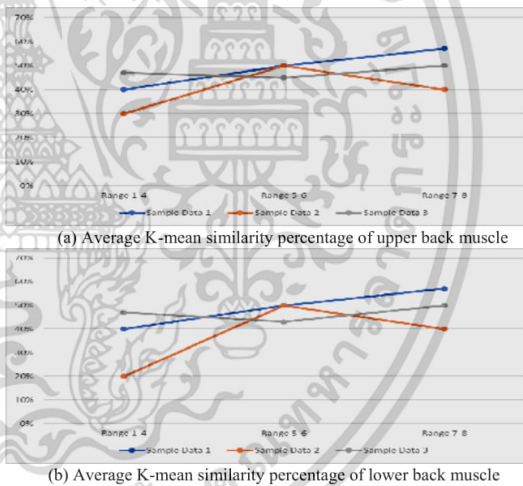
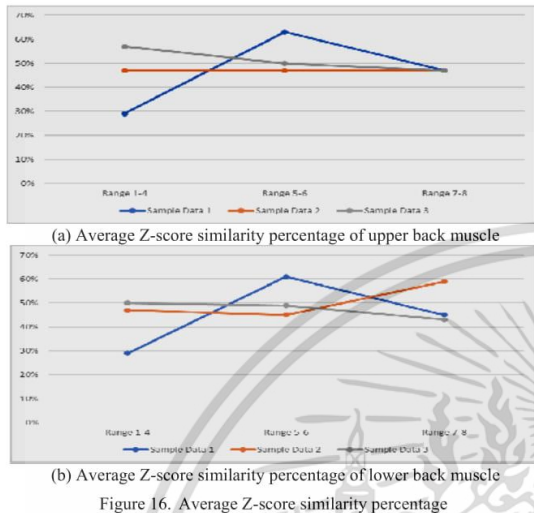


Figure 15. Average K-mean similarity percentage

Table V shows the similarity percentage of the upper back muscle. The percentage of similarity of 5 times repetition is illustrated in Figure 11(a). Table VI shows the similarity percentage of the lower back muscle. The percentage of similarity of 5 times repetition is illustrated in Figure 13(a). In addition, the researchers also compared the mean of the similarity percentage that was processed from K-mean to that was processed from Z-score in density ranges calculation. This comparison will determine which value should be used to find the similarity percentage with higher accuracy.



From Figure 15(a), in the range 1-4, the sample data 3 is the most similar to the normal pattern, followed by the sample data 1. The sample data 2 is the least similar to the normal pattern. In the range 5-6, every sample data have similar similarity percentage. In the range 7-8, the sample data 1 is the most similar to the normal pattern. The sample data 3 is the second and the sample data 2 is the least similar to the normal pattern. The average K-mean similarity of the lower back muscle is similar to the K-mean similarity of the upper back muscle. From Figure 15(b) got the results same as Figure 15(a).

From Figure 16(a), in the range 1-4, the sample data 3 is the most similar to the normal pattern. The sample data 2 is the second and the sample data 1 is the least similar to the normal pattern. In the range 5-6, the sample data 1 is the most, the sample data 3 is the second and the sample data 2 is the least similar to the normal pattern. In the range 7-8, all the test data have the same similarity percentage. From Figure 16(b), the similarity order of the lower back muscle is similar to the upper back muscle. Only the range 7-8, the sample data 2 is the most similar with the normal pattern, and the sample data 1 and 3 have lower similarity to the normal pattern.

From the experimental results, the mean from Z-score is more accurate than the mean from K-mean. With the mean from Z-score, the difference between range of swing can be observed and can be used to specify the range with high possibility of injuries.

V. CONCLUSION

This research presented an algorithm to classify golf swing patterns into normal and abnormal patterns. We used Razor-IMU sensors to collect the data. The Euler equation

was applied to transform linear graphs into angular graphs. K-means clustering was used to separate data into subgroups and the standard score was applied to specify the density position. The divide and conquer algorithm was used to calculate the distance between the sample data and the normal and abnormal patterns. The similarity was obtained from the calculated distance and similarity percentage for pattern comparison. The purposed algorithm can predict injury trends and can be used to prevent injuries. In future research, we will develop an analysis program to diagnose back injuries from golf swing. This will help doctors to classify the injuries of patients.

REFERENCES

- [1] Thai TGA "Golf history in Thailand" Search from <http://www.tga.or.th/tga2013/#p=1&PAGE=history> on 2019-03-01
- [2] G. Eason, B. Noble, and I. N. W. Chaoprecha. "Golf Injuries" Orthopedic Center, Vibhavadi Hospital. Search from <http://www.vibhavadi.com/orthopedic/resourcesdetail.php?id=83> on 2019-03-04
- [3] M.R. Farrally and A.J. Cochran (1998). Science and Golf □. Human Kinetics.
- [4] McCarroll, J.R., and Gioe, T.J. (1982). Professional golfers and the price they pay.
- [5] McCarroll, J.R., Retting, A., and Shelbourne, K. (1990). Injuries in the amateur golfer.
- [6] W. Tangwongcharoen, and W. Titiroongruang, "Determining Golf Swing Patterns Using Motion Sensors for Injury Prevention," Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2017, 15-17 March, 2017, Hong Kong, pp765-769
- [7] Y. Chen, Y. Hung, "Using Real-time Acceleration Data for Exercise Movement Training with a Decision Tree Approach", Expert Systems with Applications 2012, vol. 37, no. 12, pp. 7552-7556.
- [8] K. Shirota, K. Watanabe, Y. Kurihara, "Measurement and analysis of golf swing using 3-D acceleration and gyro sensor", SICE Annual Conference Akita University, pp. 356-360, 2012.
- [9] P. Luckemann, D. M. Haid, P. Bromel, et. al. (2018). "Validation of an Inertial Sensor System for Swing Analysis in Golf. Queensland, Australia: The 12th Biennial conference on the Engineering of Sport on behalf of the International Sports Engineering Association (ISEA), pp. 1-6
- [10] Cox D.R., Hinkley D.V. (1974) Theoretical Statistics, Chapman & Hall, p49, p209
- [11] Kendall, M.G. and Stuart, D.G. (1973) *The Advanced Theory of Statistics*. Vol 2: Inference and Relationship, Griffin, London. Section 20.4
- [12] J. Phanitchart, and W. Kimpan (2015). Phase Graphs Applying Used in Analyzing Scapular Patients. Chonburi, Thailand: The 7th conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology, pp. 137-140
- [13] Zar, J.H. (1984) *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall International, New Jersey, pp 43-45.
- [14] M. I. Shamos and D. Hoey. "Closest-point problems." In Proc. 16th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS), pp. 151-162, 1975
- [15] S. Fortune and J.E. Hopcroft. "A note on Rabin's nearest-neighbor algorithm." Information Processing Letters, 8(1), pp. 20-23, 1979
- [16] S. Khuller and Y. Matias. A simple randomized sieve algorithm for the closest-pair problem. Inf. Computer., 118(1):34-37, 1995.

**2017 14th International Conference
on Electrical Engineering/Electronics,
Computer, Telecommunications and
Information Technology
(ECTI-CON 2017)**

**Phuket, Thailand
27 – 30 June 2017**



IEEE Catalog Number: CFP1706E-POD
ISBN: 978-1-5386-0450-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Specific Golf Swing Patterns using K-Means Clustering with the Two-Sided Confidence Interval

Wisat Tangwongcharoen

Department of Electronics Engineering
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok, Thailand.
ktwisat@kmitl.ac.th

Wisut Titiroongruang

Department of Electronics Engineering
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok, Thailand
ktwisut@kmitl.ac.th

Abstract—Golf is a popular sport for exercise or socializing. It affects an increasing number of patients. Because of these reasons the researchers decided to focus on this problem. We presented the analysis golf swing using K-Means Clustering with Two-Sided Confidence Intervals and the Closest Pair of Points Problem. The raw data were clustered by K-Means Clustering. The boundaries of subgroups processed by K-Means Clustering were calculated to represent the data of the normal and abnormal golfers, which we use as the diagnose patterns. The compared data is the comparison of the diagnose patterns of both normal and abnormal patterns. From the experimental results, the percentage of similar pattern is shown. Therefore, this algorithm can help the doctor to predict the injuries trend of golf players.

Keywords- Specific Golf Swing Patterns; K-Means Clustering; Two-Sided Confidence Interval; Closest Pair of Points Problem;

I. INTRODUCTION

Presently, golf is a very popular sport. People who start to play golf could be kids or adults. The aims to play golf are for exercising, competition or socializing. The popularity of golf affects the number of injured golfers to increase. The injuries can occur in many part of bodies, for example, at the back, waist, spine, wrists and elbows. Records from Vibhavadi hospital [1]-[4] showed that 80% of golfers both professional and amateurs, who visited the hospital, were injured from golf swing practice. Our research adapted the 8 basic stages of gold swing [5] and shorten to 3 ranges. The first range is Set-Up to Top Swing. The second range is Down Swing to Impact and the third range is Follow Through to Finish. These new data ranges help to normalize data to be proper data for clustering and classifying the normal and abnormal patterns.

II. RELATED WORKS

In 2010, Y. Chen and Y. Hung [6] presented tennis and baseball acceleration analysis using ID3 algorithm. They used Wiiremote sensors attach on 3 parts of body which was upper arm, lower arm and wrist. The acceleration in 3D (X,Y and Z) was conducted via Bluetooth for analysis by a computer. This method is suitable for identify the sport pattern clearly.

In 2014 K.Shirota et.al. presented golf swing analysis using WAA-010 [7] sensors, which is a motion sensors equipped with accelerator and gyroscope. This sensors can detect acceleration in 3 dimensions by comparing with gravity and detect tilt, and swiveling around X,Y and Z in ± 180 degree.

III. RELATED THEORIES

Our research used the below theories:

A. K-Means Clustering

K-Means Clustering [8] is the easiest unsupervised clustering. This clustering will cut partitions and the data is separated to K groups. Each cluster is represented by mean. Means are used as centroid in the clusters and used for calculating distance between data in a same group. The distance between data is less when the data is in a same group. If the distance is large, the data is in a different group. The distances were calculated by Euclidean distance. Each data is in either group only. The proper data used for K-Means Clustering is quantitative variables, either on an interval scale or a ration scale. Start clustering by calculation as written in equation (1) below.

$$SSE = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in C_i} dist(c_i, x)^2 \quad (1)$$

Where x is the data wanted to clustering
 C_i is the cluster order i
 c_i is the centroid of cluster order i
 K is the number of cluster

Adjusting new centroid is written by equation (2)

$$c_i = \frac{1}{m_i} \sum_{x \in C_i} x \quad (2)$$

Where m_i is the number of object in cluster order i

B. Two-Sided Confidence Interval

In statistics, a confidence interval (CI) is a type of interval estimation of a population parameter. It is an observed interval, which in principle different from sample to sample, that potentially includes the unobservable true parameter of interest. How frequently the observed interval contains the true parameter if the experiment is repeated is called the confidence level. In other words, if confidence intervals are constructed in separate experiments on the same population using the same process, the proportion of such intervals that contain the true

value of the parameter will match the given confidence level[9]-[11]. Whereas two-sided confidence limits form a confidence interval, and one-sided limits are referred to as lower/upper confidence bounds (or limits).

Confidence intervals consist of a range of values (intervals) that act as good estimates of the unknown population parameters. However, an interval computed from a particular sample does not necessarily include the true value of the parameter. After any particular sample is taken, the population parameter is either in the interval or not. Since the observed data are random samples from the true population, the confidence interval obtained from the data is also random. The desired level of confidence is set by the researcher (not determined by the data). If a corresponding hypothesis test is performed, the confidence level is the complement of the level of significance. When tested, should not be rejected with the same sample. Confidence intervals of difference parameters not containing 0 imply that there is a statistically significant difference between the populations. In applied practice, confidence intervals are typically stated at the 95% confidence level[12]. However, when presented graphically, confidence intervals can be shown at several confidence levels, for example, 90%, 95%, and 99%. For this theory, equation used for boundaries calculation is written in equation (3).

$$\bar{x} - Z_{\alpha/2} * SD / \sqrt{n} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} * SD / \sqrt{n} = 100(1 - \alpha)\% \quad (3)$$

Where Z is the Standard Score
 μ is the Confidence Interval (95%)
 \bar{x} is the mean
 SD is the Standard Deviation
 n is the number of data
 α is the critical value (0.05)

C. The Closest Pair of Point Problem

The closest pair of points problem or closest pair problem is a problem of computational geometry: given n points in metric space, find a pair of points with the smallest distance between them. The closest pair problem for points in the Euclidean plane [13] was among the first geometric problems that were treated at the origins of the systematic study of the computational complexity of geometric algorithms. In the algebraic decision, tree model of computation, the $O(n \log n)$ algorithm is optimized by a reduction of the element uniqueness problem. In the computational model that assumes that the floor function is computable in a constant time, the problem can be solved in $O(n \log \log n)$ time [14] [15]. The closest pair of points problem can be applied to derive the

Algorithm 3.1 : Divide and conquer

1. Sort points according to their x-coordinates.
2. Split the set of points into two equal-sized subsets by a vertical line $x=x_{mid}$.
3. Solve the problem recursively in the left and right subsets. This yields the left-side and right-side minimum distances dL_{min} and dR_{min} , respectively.
4. Find the minimal distance dLR_{min} among the set of pairs of points in which one point lies on the left of the dividing vertical and the other point lies to the right.
5. The final answer is the minimum among dL_{min} , dR_{min} , and dLR_{min}

It turns out that step 4 may be accomplished in linear time. Again, Ww already know that the closest pair of points is no further apart than $dist = \min(dL_{min}, dR_{min})$. Therefore, for each point p to the left of the dividing line, we have to compare the

distances to the points that lie in the rectangle of dimensions $(dist, 2 \cdot dist)$ to the right of the dividing line, as shown in the figure 1. What is more, this rectangle can contain at most six points with pairwise distances of at least equal to dR_{min} . Therefore, it is sufficient to compute at most $6n$ left-right distances in step 4. The recurrence relation for the number of steps can be written as $T(n) = 2 T(n/2) + O(n)$, which we can solve using the master theorem to get $O(n \log n)$.

As the closest pair of points problem defines an edge in the Delaunay triangulation and correspond to two adjacent cells in the Voronoi diagram, the closest pair of points problem can be determined in linear time when we are given one of these two structures. Computing the Voronoi diagram takes $O(n \log n)$ meanwhile the divide-and-conquer algorithm can be generalized to take $O(n \log n)$ time for any constant value of d .

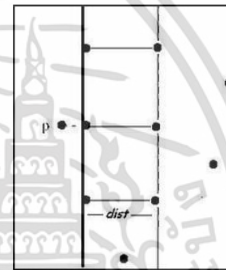


Figure 1. Divide and conquer Voronoi Diagram. [13]

IV. METHODOLOGIES

Figure 2 shows our algorithm. We collected the data from sensors attached to the upper and lower back of the body. The testers: normal and back injured golfers swung the basic golf swing 5 times. The raw data transferred from sensors to computer via Bluetooth. The raw data were then separated to 3 ranges referenced by the 8 basic golf swing stages. The raw data of each range was transformed to Euler's graphs by Euler's theory. The Euler's graphs were clustered by K-Means Clustering. We use $k=3$ because this value is proper with the golf swing data as we can see the difference clearly. The subgroups processed by K-Means Clustering specified the boundaries: lower and upper bounds by Two-Sided Confidence Interval. From this stage, we obtained mean and boundaries. These values are represented the golf swing pattern, which is the prototypes for calculating percentage of golf player's injuries trend. The last stage, we got the distance between points by divide and conquer. We calculated the distance between the normal and abnormal patterns, and calculated the distance of mean between the normal and abnormal patterns, both with the compared data. After that, the compared data were applied to compare the distance with both patterns. If the distance value of the compared data is closed with the pattern, it means that the compared data is in the same pattern.

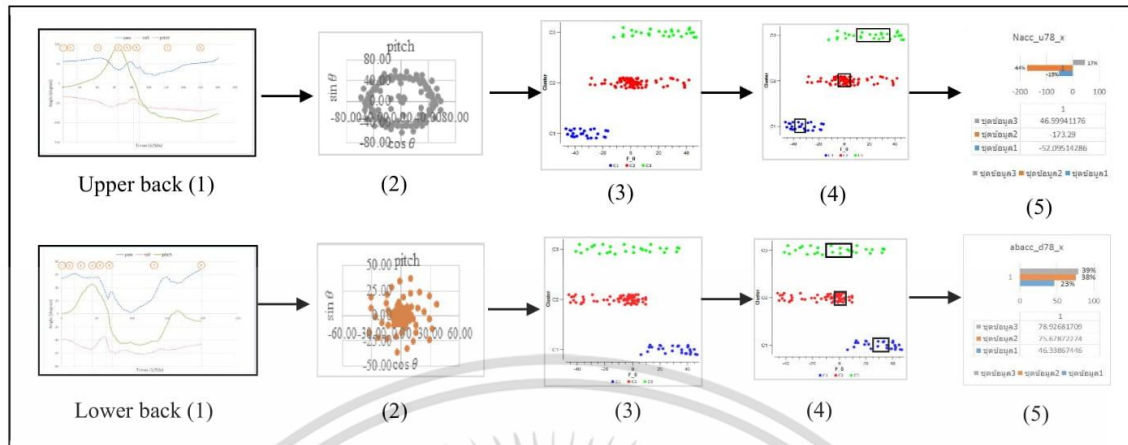


Figure 2. The research algorithm

Figure 3 displays how-to compare the distance data between the compared data to the normal and abnormal patterns. The mean of subgroups are used to calculate the distance between the prototype and the compared data. After the distance data were calculated, the distance data were estimated to percentage.

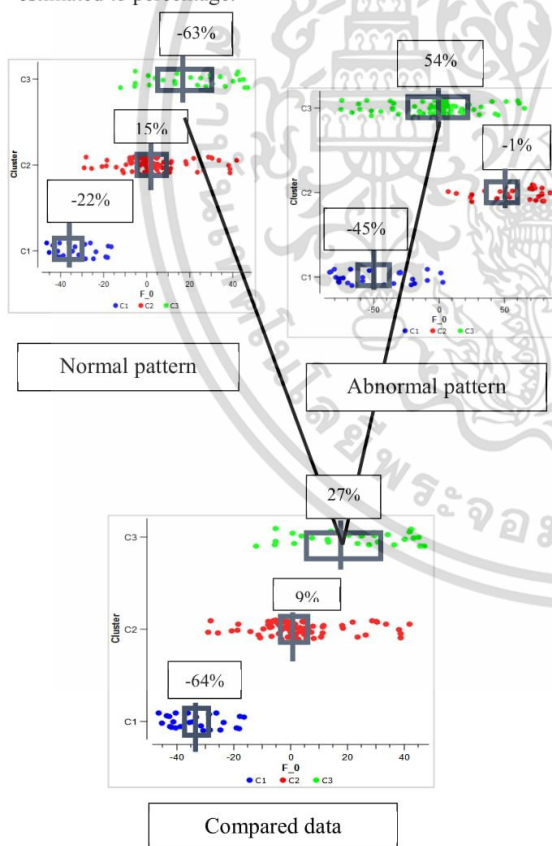


Figure 3. the distance of mean comparison.

V. THE EXPERIMENTAL RESULTS

The golf swing patterns are shown in Figure 4.

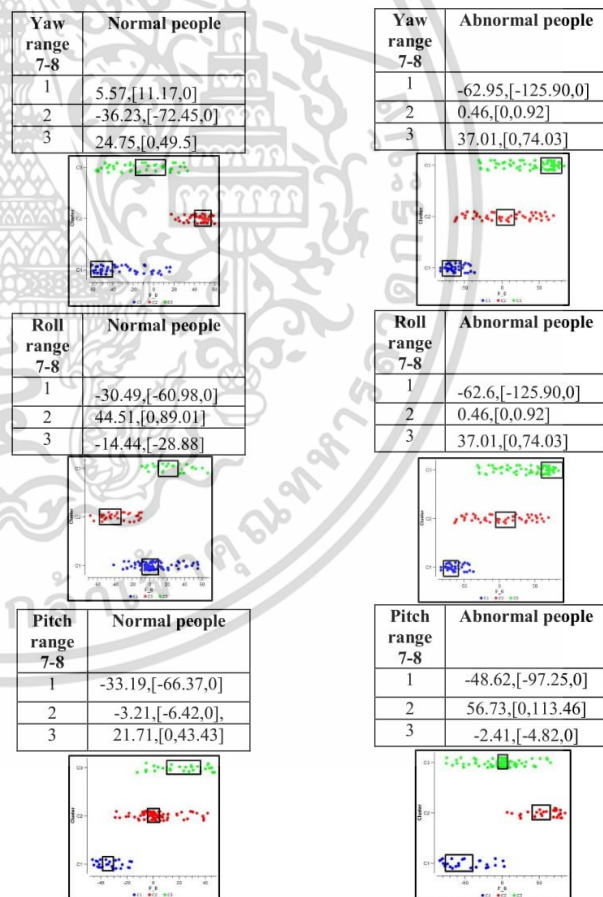


Figure 4. the golf swing patterns

The patterns were compared with the compared data followed by the Figure 3. The normal pattern and compared data comparison results is shown in Table I

TABLE I. THE NORMAL PATTERN AND COMPARED DATA COMPARISON

Range	Data axes					
	Yaw		Roll		Pitch	
1-4	1	-0.02%	1	-0.18%	1	-0.36%
	2	-1.14%	2	0.63%	2	0.04%
	3	0.44%	3	-0.1%	3	0.33%
5-6	1	-0.02%	1	-0.15%	1	-0.38%
	2	-1.13%	2	0.54%	2	0.06%
	3	0.43%	3	-0.07%	3	0.30%
7-8	1	-0.05%	1	-0.13%	1	-0.42%
	2	-1.21%	2	0.66%	2	0.06%
	3	0.46%	3	-0.09%	3	0.36%

The abnormal pattern and compared data comparison results is shown in Table II

TABLE II. THE ABNORMAL PATTERN AND COMPARED DATA COMPARISON

Range	Data axes					
	Yaw		Roll		Pitch	
1-4	1	0.78%	1	-0.04%	1	0.16%
	2	0.77%	2	-0.55%	2	0.09%
	3	0.25%	3	-0.25%	3	0.23%
5-6	1	0.80%	1	-0.03%	1	0.18%
	2	0.82%	2	0.55%	2	0.1%
	3	0.30%	3	-0.24%	3	0.26%
7-8	1	0.83%	1	-0.07%	1	-0.19%
	2	0.85%	2	-0.57%	2	0.1%
	3	0.32%	3	-0.27%	3	-0.27%

From the Table I and Table II, we got the percentage of similarity. Therefore, we can know the trend of the compared data that doctors or physical therapists can apply the analyzed the percentage in their diagnosis.

I. CONCLUSION

This paper is about the specification of golf swing patterns using K-Means Clustering with Two-sided

Confidence Interval. We represented the mean and boundaries to the normal and abnormal patterns. Our work used 2 sensors attached to the upper back and lower back of the body for gathering data from 5 testers. The raw data from sensors were transformed to Euler's graph. The Euler's graphs were classified by K-Means Clustering, and subgroups were arranged to normal curves and calculated mean and boundaries by Two-Sided Confidence Interval. Mean from Two-Sided Confidence Interval were applied to calculate the distance of the prototypes and the compared data for the similarity of both calculations.

The injuries similarity percentage will help the doctor to analyze and diagnose the injuries from golf. This paper can predict the golf player's injury trend if golfer's results are similar to the patient pattern.

REFERENCES

- [1] W. Chaopreecha. "Golf Injuries" Orthopedic Center, Vibhavadi Hospital. Search from <http://www.vibhavadi.com/orthopedic/resourcesdetail.php?id=83> on 2016-12-21
- [2] M.R. Farrally and A.J. Cochran (1998). Science and Golf III. Human Kinetics.
- [3] McCarroll, J.R., and Gioe, T.J. (1982). Professional golfers and the price they pay.
- [4] McCarroll, J.R., Retting, A., and Shelbourne, K. (1990). Injuries in the amateur golfer.
- [5] W. Tangwongcharoen, and W. Titiroongruang. "Determining Golf Swing Patterns Using Motion Sensors for Injury Prevention," Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2017, 15-17 March, 2017, Hong Kong, pp765-769
- [6] Y. Chen, Y. Hung. "Using Real-time Acceleration Data for Exercise Movement Training with a Decision Tree Approach", Expert Systems with Applications 2012, vol. 37, no. 12, pp. 7552-7556.
- [7] K. Shirota, K. Watanabe, Y. Kurihara. "Measurement and analysis of golf swing using 3-D acceleration and gyro sensor", SICE Annual Conference Akita University, pp. 356-360, 2012.
- [8] J. Phanitchart, and W. Kimpan (2015). Phase Graphs Applying Used in Analyzing Scapular Patients. Chonburi, Thailand: The 7th conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology, pp. 137-140
- [9] Cox D.R., Hinkley D.V. (1974) Theoretical Statistics, Chapman & Hall, p49, p209
- [10] Kendall, M.G. and Stuart, D.G. (1973) *The Advanced Theory of Statistics*. Vol 2: Inference and Relationship, Griffin, London. Section 20.4
- [11] Neyman, J. (1937). "Outline of a Theory of Statistical Estimation Based on the Classical Theory of Probability". Philosophical Transactions of the Royal Society
- [12] Zar, J.H. (1984) *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall International, New Jersey, pp 43-45.
- [13] M. I. Shamos and D. Hoey. "Closest-point problems." In Proc. 16th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS), pp. 151-162, 1975
- [14] S. Fortune and J.E. Hopcroft. "A note on Rabin's nearest-neighbor algorithm." Information Processing Letters, 8(1), pp. 20-23, 1979
- [15] S. Khuller and Y. Matias. A simple randomized sieve algorithm for the closest-pair problem. Inf. Comput., 118(1):34-37, 1995

Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2017

IMECS 2017, 15-17 March, 2017, Hong Kong

The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists has been organized by the International Association of Engineers (IAENG), a non-profit international association for the engineers and the computer scientists. The IMECS 2017 takes place in The Royal Garden Hotel, Kowloon, Hong Kong, 15-17 March, 2017.

The focus of our conference is on the frontier topics in the theoretical and applied engineering and computer science subjects. The IMECS conferences have been serving as good platforms for our members and the entire engineering community to meet with each other and to exchange ideas. The conferences have also strove a balance between theoretical and application development.

Our IMECS 2017 has been organized with conference committees that have been formed with over three hundred committee members who are mainly research center heads, faculty deans, department heads, professors, and research scientists from over 30 countries. The conferences are truly international meetings with a high level of participation from many countries.

The response that we have received for the multiconference is excellent. The IMECS 2017 has attracted more than six hundred participants from over 50 countries. All submitted papers have gone through the peer review process. The summary of submissions and accepted papers in IMECS 2017 is as followed: total number of submissions reviewed: 649; total number of accepted papers: 331. And the overall acceptance rate in our multiconference is 51%.

Editors: S. I. Ao and Oscar Castillo and Craig Douglas and David Dagan Feng and A. M. Korsunsky

ISBN of Vol I (pp1-549): 978-988-14047-3-2

ISBN of Vol II (pp550-1092): 978-988-14047-7-0

ISSN: 2078-0958 (Print) / ISSN: 2078-0966 (Online)

Publisher: Newswood Limited

Organization: International Association of Engineers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMECS 2017

[Conference Home](#)

[Conference Committee](#)

[Coming Conference](#)

[Order Conference
Publication](#)

[Contact Us](#)

Join IAENG Now!

[IAENG Membership is free.](#)

[Our societies welcome
committee members too.](#)

[Our journals are waiting for
your involvement.](#)

Determining Golf Swing Patterns Using Motion Sensors for Injury Prevention

Wisat Tangwongcharoen and Wisut Titiroongruang

Abstract— Golf is a popular sport for exercise or socializing. It affects an increasing number of patients. Because of these reasons the researchers decided to focus on this problem. We presented the analysis golf swing using sensors named Razor IMU to detect golf swing motions. The rotation and acceleration data were gathered by sensors attached on the upper and lower back. These data were clustered by K-Mean Clustering. The data clusters were calculated boundaries by Z-Score. The normal and abnormal data were compared for the Back Swing-Half Swing to Top Swing position and Top Swing to impact position. From the experimental results, this algorithm can classify normal and abnormal data due to the significant differences. This paper can help to improve and correct swings and thus avoid injuries.

Index Terms—Golf Swing Pattern, Injury Prevention, Gyroscope, Accelerometer, Polar Coordinate System, K-Mean Clustering, Standard Score

I. INTRODUCTION

Presently, many people around the world like to play golf. The person who plays is at risk of many kinds of injury such as at the back, waist, spine, wrists and elbow. Records from Vibhavadi hospital [1]-[4] showed that 80% of golfers, both professional and amateurs, who paid a visit to the hospital, had painful injuries from playing golf, and the main cause was improper swing. The 8 basic stages of a swing are as shown in Fig.1

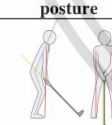

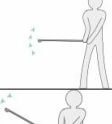

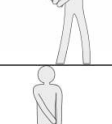
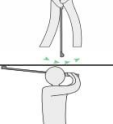
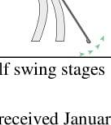

name	posture	name	posture
1. Set up		2. Back Swing – Takeaway	
3. Back Swing – Half Swing		4. Top Swing	
5. Down Swing		6. Impact	
7. Follow Through		8. Finish	

Fig.1. The 8 golf swing stages

Manuscript received January 7, 2017; revised January 30, 2017.

Wisat Tangwongcharoen and Wisut Titiroongruang are with Department of Electronics Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand. (e-mail:ktwisat@kmitl.ac.th, ktwisut@kmitl.ac.th).

Because of the popularity of golf, there have been many research papers on detection of golf swing motion. A search of the literature showed us that swing motion detection were done mainly with 2 types of devices: using camera to capture the posture of golfer while he or she is swinging and using sensors attached to the golfer's body parts. Using only one camera[5]-[6] may not capture all of the important body parts; adding more cameras at different locations around the golfer can fix this problem but it is very costly to do so. On the other hand, reliable results can be obtained using sensors[7]-[8] and the cost is much lower. This study investigated golf swing motion by using sensors with a new algorithm to classify proper and improper swings. Sensors were attached to 2 parts of the body where injuries have been most found at: upper back and lower back. Raw data were transformed into angular degree graphs. The graphs were then clustered by K-Mean Clustering in order to easily classify proper and improper swing. Subgroups of data processed by K-mean clustered were determined of their corresponding density by Z-Score.

II. RELATED THEORIES

A. Gyroscope

A gyroscope [9] is a spinning wheel in which the axis of rotation is free to assume any orientation by itself. When rotating, the orientation of this axis is unaffected by tilting or rotation of the mounting, according to the conservation of angular momentum. Because of this, gyroscopes are useful for measuring or maintaining orientation. The rotation around X axis called "Pitch". The rotation around Y axis called "Yaw" and Z axis called "Roll". For Razor IMU tilt and swivel values are ± 180 .

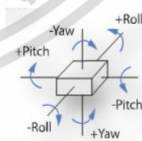


Fig. 2. The rotation around Yaw, Pitch, and Roll

B. Accelerometer

An accelerometer [10] is a device that measures proper acceleration in 3 dimension: x,y, and z. In this case proper acceleration is not the same as coordinate acceleration (rate of change of velocity). For Razor IMU acceleration values are $\pm 16g$.

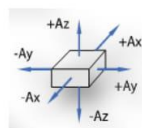


Fig. 3. The acceleration in X, Y and Z.

C. Polar Coordinate System

In mathematics, the polar coordinate system is a two-dimensional coordinate system in which each point on a plane is determined by a distance from a reference point and an angle from a reference direction. The reference point (analogous to the origin of a Cartesian system) is called the pole, and the ray from the pole in the reference direction is the polar axis. The distance from the pole is called the radial coordinate or radius, and the angle is called the angular coordinate, polar angle, or azimuth.[11] as shown in Fig. 4.

D. The relation between Cartesian coordinate system and Polar coordinate system

Both systems are related in trigonometry. The Polar Coordinate System will convert between r and θ to Cartesian System x and y using Sin and Cos as shown in (1) and (2)

$$x = r \cos \theta \quad (1)$$

$$y = r \sin \theta \quad (2)$$

Both equations illustrated in Fig.5

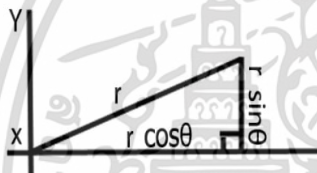


Fig. 4. The relation between Cartesian System and Polar Coordinate System [11]

E. K-Mean Clustering

K-Mean Clustering[12] is the easiest unsupervised clustering. This clustering will cut partitions. The data is separated to K groups. Each cluster is represented by mean. Means are used centroid in the clusters and used for calculating distance between data in same group. The distance between data is less when the data is in the same group. If the distance is big, the data is in a different group. The distances were calculated by Euclidean distance. Each data is only one group. The properly data used K-Mean Clustering is quantitative variable, interval scale or ration scale. Start clustering by equation (3)

$$SSE = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in C_i} dist(c_i, x)^2 \quad (3)$$

Where x is the data wanted to clustering

C_i is the cluster order i

c_i is centroid of cluster order i

K is number of cluster

Using equation (4) for adjusting new centroid

$$c_i = \frac{1}{m_i} \sum_{x \in C_i} x \quad (4)$$

Where m_i is number of data in cluster order i

Equations (4) and (5) explains the algorithm as in Fig. 5.

Algorithm Basic K-means algorithm.

- 1: Select K points as initial centroids.
- 2: **repeat**
- 3: Form K clusters by assigning each point to its closest centroid.
- 4: Recompute the centroid of each cluster.
- 5: **until** Centroids do not change.

Fig. 5. K Means algorithm[12]

From Fig.4, the nonclustered data were random centroid and calculate distance between each data and centroid by Euclidean distance as in equation (5)

$$dist(c_i, x) = \sqrt{(x_i - c_i)^2 + (x_j - c_j)^2} \quad (5)$$

Distance was checked for all data. When check was finished, the new centroid was generated by equation (5) until convergence.

F. Standard Score

Standard score [13] is the value using for comparing between 2 data sets. When the data sets were compared, there were problems, i.e. either the mean or SD were not equal. The data cannot be compared if there is no standard. The main idea of Standard value is to change the data to the same standard. The most commonly used standard scores are Z-scores, T-scores, and stanines. The Z score was used in this paper because the data was not calculated in percentage and only changed for calculating boundaries. The basic Z-Score calculation as shown in equation (6)

$$z = \frac{X - \bar{X}}{SD / \sqrt{n}} \quad (6)$$

Where Z is the clusters in X which are classified

X is the raw data

\bar{X} is the mean of the example data

SD is the standard deviation of the example data

n is number of data

When Z-Scores were calculated, the data was changed to the normal curves to cut the boundaries. The boundaries were calculated by the critical value (α) divided by 2 for equality of upper bound and lower bound. The boundaries were calculated by equation (7)

$$P \left\{ \bar{x} - Z_{\alpha/2} * \frac{SD}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + Z_{\alpha/2} * \frac{SD}{\sqrt{n}} \right\} = 100(1 - \alpha)\% \quad (7)$$

Where Z is standard score

μ is the Confidence Interval

\bar{X} is the mean of the example data

SD is the standard deviation of the example data

n is number of cluster data

III. METHODOLOGIES

The algorithm is showed in Fig. 6.

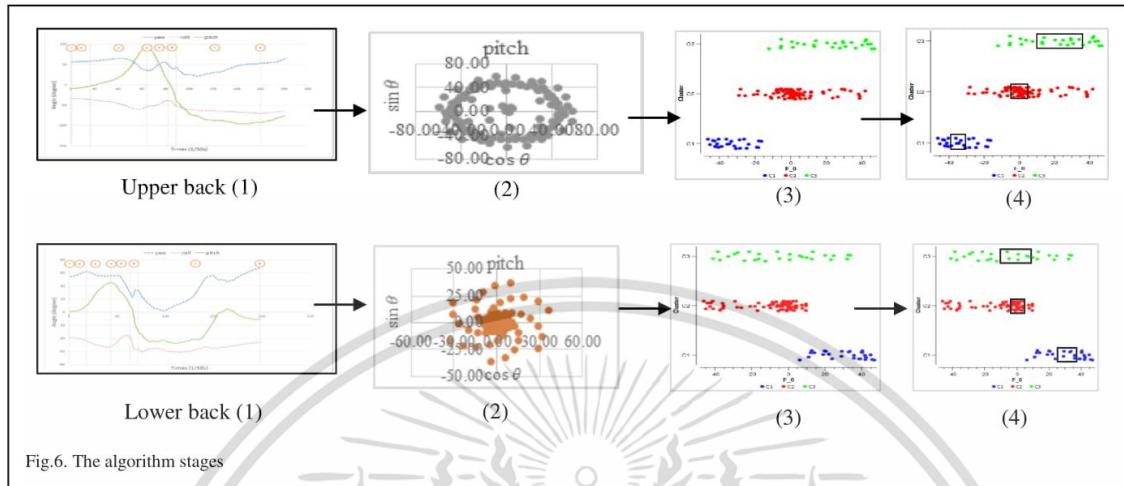


Fig.6. The algorithm stages

From Fig.6, shows the raw data obtained from the Razor IMU sensor developed by Sparkfun Co. Ltd. These sensors were wireless, using Bluetooth for data transfer and battery usage. These sensors were contained in an acrylic box and there was a body suit for the tester to wear as shown Fig. 7(a) and (b). The motion sensors was attached to the upper and lower back as shown in Fig. 7(c)

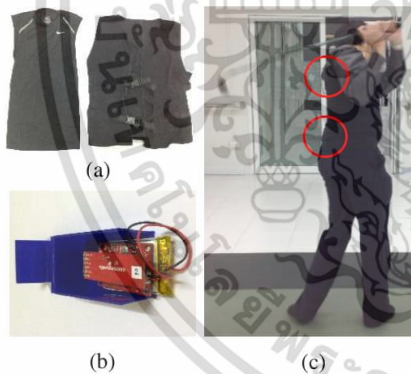


Fig.6. The motion sensor and how-to attached sensors to the tester body [13]

We tested with 10 testers: five were normal subjects and five were abnormal subjects. Each subject swung five times.

The raw data were transformed to linear graphs. Linear graphs were transformed to angular degree graphs (Euler's graphs) by equation (2) and (3) and time variables were represented by t1, t2 and t3 in second unit. Euler's graphs were classified by K-Mean Clustering to separate normal cases and abnormal cases by equation (4) and adjusting centroid by equation (5) From the K test, K=3 was suitable in this case. Each group had some sub data with obvious density. Standard deviations were calculated by Z-Score in equation (6) and boundaries of densities were calculated by equation (7) for bolded densities data.

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

A. Sensor data

Two data sets were obtained from motion sensors as shown in Fig. 8

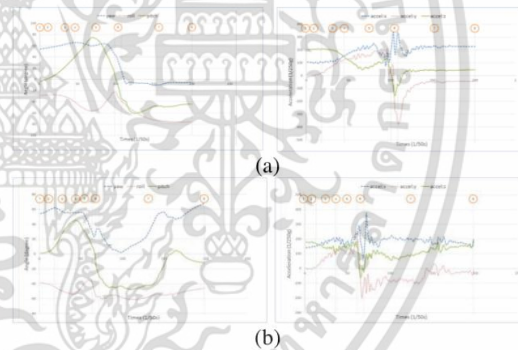


Fig.8. the tilt and acceleration graphs

From Fig. 8 shows the data obtained from the sensors on both the upper and lower back. Linear graphs are separated into 3 ranges followed by the basic stages of golf swing, which are Set up to Top Swing, Down Swing to Impact and Follow through to Finish. There are two types of data, which are the tilt and swivel data as shown in Fig. 8(a) left and acceleration data as shown in Fig. 8(a) right. Tilt and swivel data has 3 data types: yaw, roll, and pitch. Yaw and pitch data around range 4 to 6 shows extreme change, but roll data shows a steady graph. The acceleration has 3 data types: x, y, and z, changed from the end of range 5 to 6. In Fig.8 (b) the tilt and acceleration data of lower back shows change from range 3 to range 8.

B. Euler's Graphs

The raw data from sensors were transformed to Euler's graph as shown in Fig. 9

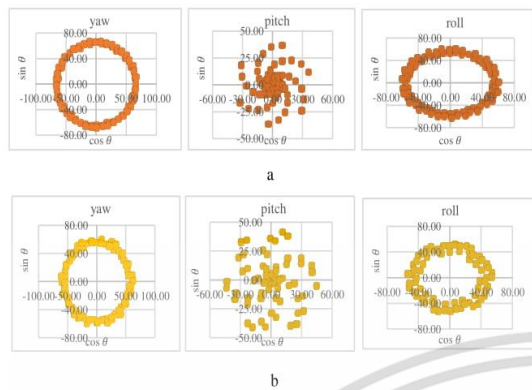


Fig.9. Tilt and swivel Euler's graphs comparison. The graph in normal case is shown in Fig. 8(a) and the graph in abnormal case is shown in Fig. 8(b)

From Fig.9 shows that the pitch and roll axis graphs for normal cases are different when compared to graphs for abnormal cases. The graph for normal cases in pitch axis has the density only center, but for the graph for abnormal cases in pitch axis, the data is distributed. The graph for normal cases in roll axis also has more density than the graph for abnormal cases.



Fig.10. Acceleration Euler's graphs comparison. The graph for normal cases showed in Fig. 9(a) and the graph for abnormal cases showed in Fig. 9(b)

From Fig.9 the normal acceleration graphs in 3 axis can see difference clearly. The normal graph has pattern more than abnormal case.

C. K-Mean Clustering

The Euler's graphs were clustered by K-Mean Clustering. In this case, we use K = 3 because the number of data points in each range is small. K= 3 is optimal because number of data points is suitable and good results were obtained as shown is Fig.11.

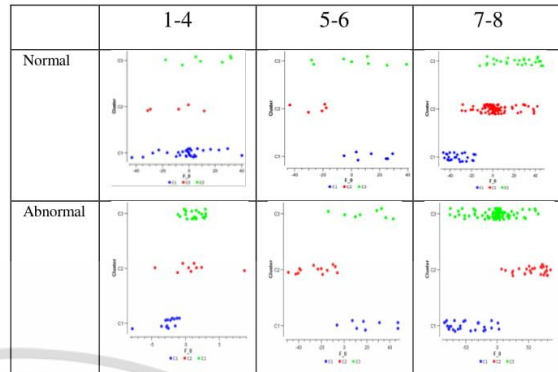


Fig.11 The K-Mean Clustering comparison

From Fig.11 the data in pitch axis were the best result obtained which are separated by the golf swing basic step in Fig.1. In range 1-6 there was not much difference in the result because the number of data points in this range is lesser. In range 7-8 data C2 for normal cases has obvious density. On the other hand, data for abnormal cases has obvious density in C3.

D. Boundaries Calculation

When we obtained clusters from data processed in the previous stage, the clusters were calculate for Z-score to determine the highest density of data by the boundaries. Clusters were arranged to the normal curve graph in which the area under the graph is equal 1. The normal curve graphs showed the highest density range.

The clusters were cut by range from normal curves used reliability percentage as 95% to find the boundaries.

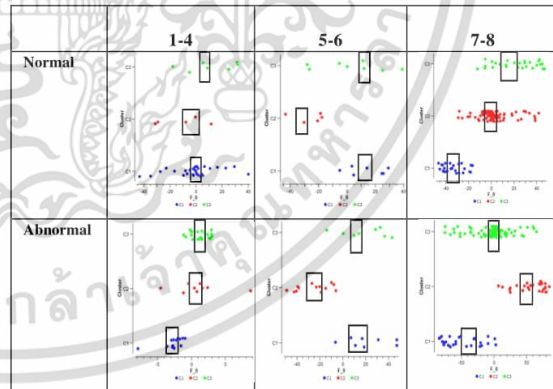


Fig.12. the pitch processed K-Mean clustering were cut boundaries.

From Fig.12. shows that each data set has a big difference range especially in the 7-8 range. In this range it can see that the normal case C2 and C1 have higher density than the abnormal case. The range 7-8 in Fig. 12 can be represented in numerical form as shown in Table I.

TABLE I
BOUNDARIES COMPARISON

Pitch range 1-4	Normal	Abnormal
1	-1.36,[-2.41,0]	-2.7,[-5.4,0]
2	-11.54,[-23.07,0]	0.99,[0,1.98]
3	11.28,[0,22.56]	1.19,[0,2.39]
Pitch range 5-6	Normal	Abnormal
1	13.66,[0,27.32]	21.47,[0,42.94]
2	-26.25,[-52.49,0]	-26.04,[-52.08,0]
3	3.35,[0,6.70]	18.78,[0,37.56]
Pitch range 7-8	Normal	Abnormal
1	-33.19,[-66.37,0]	-48.62,[-97.25,0]
2	18.44,[-26.52,0]	56.73,[0,113.46]
3	21.71,[0,43.43]	-2.41,[-4.82,0]

From Table I. Due to the clusters having 3 groups: C1, C2, and C3, the range shows mean, upper and lower bound values in the bracket. We show only the range 7-8 because we can see the difference more easily in this range than the pitch 1-4 and 5-6. The number in each range can represent both the normal and abnormal case. Table I. can classify between normal and abnormal cases.

V. CONCLUSION

This paper is about golf swing analysis using motion sensors to detect golf swinging motions for classifying normal and abnormal cases. Our work used 2 sensors attached on the upper back and lower back for gathering data from 10 testers. The raw data from sensors were transformed to Euler's graph. The Euler's graphs were classified by K-Mean Clustering and data was arranged to normal curves to find the highest density part in the sub data. From the experimental results, it is clear that this algorithm can classify between normal and abnormal. This paper can improve the golf swing in new players and avoid further injuries.

REFERENCES

- [1] W. Chaopreecha. "Golf Injuries" Orthopedic Center, Vibhavadi Hospital. Search from <http://www.vibhavadi.com/orthopedic/resourcesdetail.php?id=83> on 2016-12-21
- [2] M.R. Farrally and A.J. Cochran (1998). Science and Golf III, Human Kinetics.
- [3] McCarroll, J.R., and Gioe, T.J. (1982). Professional golfers and the price they pay.
- [4] McCarroll, J.R., Retting, A., and Shelbourne, K. (1990). Injuries in the amateur golfer.
- [5] C. N. K. Nam, H. J. Kang, Y. S. Suh, "Golf Swing Motion Tracking Using Inertial Sensors and a Stereo Camera", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 63, no. 4, pp. 943-952, April 2014.
- [6] H. Negoro, M. Ueda, K. Watanabe, K. Kobayashi, Y. Kurihara, "Measurement and Analysis of Golf Swing Using 3D Acceleration and Gyroscopic Sensors", SICE Annual Conference 2011 Waseda University Tokyo Japan, pp. 1111-1114, 2011.
- [7] K. Shirota, K. Watanabe, Y. Kurihara, "Measurement and analysis of golf swing using 3-D acceleration and gyro sensor", SICE Annual Conference Akita University, pp. 356-360, 2012.
- [8] Y. Chen, Y. Hung, "Using Real-time Acceleration Data for Exercise Movement Training with a Decision Tree Approach", Expert Systems with Applications 2012, vol. 37, no. 12, pp. 7552-7556.
- [9] D. MacKenzie. "Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance". Cambridge: MIT Press, 1990. pp. 40-42. ISBN 0-262-13258-3
- [10] A. Einstein(1920). "20". Relativity: The Special and General Theory. New York: Henry Holt. p. 168. ISBN 1-58734-092-5.

- [11] B. G. Richard(1997). Andrew M. Gleason, ed. Advanced Mathematics: Precalculus with Discrete Mathematics and Data Analysis. Evanston, Illinois: McDougal Littell. ISBN 0-395-77114-5.
- [12] J. Phanitchart, and W. Kimpan(2015).Phase Graphs Applying Used in Analyzing Scapular Patients. Chonburi, Thailand: The 7th conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology, pp. 137-140
- [13] P.M. Tan, M. Steinbach, and V. Kumar(2005). Introduction of Data Mining. Pearson Addison Wesley, pp. 497-502.ISBN-13: 978-0321321367
- [14] B. Gerstman(2008). Basic Biostatistics Statistics for Public Health Practice. Jones and Bartlett Publishers, pp.129-139. ISBN-13: 978-1284036015
- [15] N. Reintrakulchai and W. Kimpan, "The design of golf swing pattern analysis from motion sensors," 2014 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC), Khon Kaen, 2014, pp. 222-227.N. Meghanathan and G. W. Skelton, "Risk Notification Message Dissemination Protocol for Energy Efficient Broadcast in Vehicular Ad hoc Networks," *IAENG International Journal of Computer Science*, vol. 37, no. 1, pp. 1-10, Jul. 2010.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายวิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ
วัน เดือน ปีเกิด	25 ธันวาคม 2512
ที่อยู่	77/4 ถนนวุฒากาศ แขวงบางค้อ เขตจอมทอง กรุงเทพฯ 10150 โทร.08-1616-2324
ประวัติการศึกษา	2534 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร 2542 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และ เทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ทุนการศึกษา	พ.ศ.2536 ได้รับทุนการศึกษาจากมูลนิธิเพื่อการศึกษาคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร ความชำนาญเฉพาะด้าน 1) วิศวกรรมซอฟต์แวร์ 2) การออกแบบและพัฒนาคลังข้อมูล 3) การพัฒนาอุปกรณ์และระบบโปรแกรมเพื่อการกายภาพบำบัดผู้ป่วย และผู้สูงอายุ ด้วยเทคโนโลยีเมืองอัจฉริยะ Smart City
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	พ.ศ.2541-2542 นักวิชาการคอมพิวเตอร์ สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2542-ปัจจุบัน อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รางวัลเกียรติคุณ พ.ศ.2558 รางวัลวิทยาศาสตร์ประดับดาว ด้านการบริการวิชาการเพื่อชุมชนและสังคม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้