รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชุดฝึกการทรงตัว

Development of Interactive Actual Feedback for Balance Training

นายวิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดฝึกการทรงตัว ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา พัฒนาชุดอุปกรณ์และโปรแกรมมาประยุกต์ใช้กับทางด้านกายภาพบำบัด โดยมุ่งเน้นการช่วยผู้ป่วยในการบำบัดและฟื้นฟู ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้รับความร่วมมือจาก ดร .วรชาติ เฉิดชมจันทร์ คณบดีคณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยรังสิต ในการให้คำปรึกษา ในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และได้รับการสนับสนุนด้านสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆจากคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ

ชื่อโครงการ(ภาษาไทย) การพัฒนาชุดฝึกการทรงตัว
ชื่อโครงการ(ภาษาอังกฤษ) Development of Interactive Actual Feedback for Balance Training
แหล่งเงิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 347,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2554 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2555
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ นายวิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การทรงตัวเป็นระบบที่สำคัญของมนุษย์ ทุกๆกิจกรรมล้วนแล้วแต่อาศัยการทรงตัวเป็นพื้นฐานทั้งสิ้น หากระบบการทรงตัวบกพร่อง จะทำให้ผู้นั้นไม่สามารถดำรงชีวิตได้อย่างปรกติ กระดานทรงตัวเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัด สำหรับผู้ป่วยที่ฝึกการทรงตัว โดยเน้นการรักษาสมดุลในการทรงตัว และฝึกกล้ามเนื้อที่ควบคุมการทรงตัวให้กลับมาทำงานได้ปรกติ

การพัฒนาชุดฝึกการทรงตัว ผู้วิจัยได้พัฒนากระดานทรงตัวให้ทำงานร่วมกับโปรแกรมชุดฝึก โดยกระดานทรงตัวได้ถูกเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับการทรงตัวด้วยเทคโนโลยี Motion sensor และ Bluetooth ทำให้กระดานทรงตัวส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังโปรแกรมชุดฝึก ที่ประกอบด้วย 3 แบบฝึกคือ แบบการฝึกควบคุมการทรงตัว แบบฝึกการควบคุมการเอียงตัวซ้ายขวา และแบบฝึกการควบคุมการเอียงตัวรอบทิศทาง กระดานทรงตัวจะส่งข้อมูลการทรงตัวกลับมาที่คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อไว้ด้วย เพื่อประมวลผลการทรงตัวและ แสดงการทรงตัวให้ผู้ป่วยบังคับไปตามแบบฝึกเหมือนการเล่นเกม โปรแกรม นี้ออกแบบด้วย UML(Unified Modeling Language) ตาม Object-Oriented Concept and Technology และพัฒนาโดยใช้ภาษา Java

จากการทดสอบอุปกรณ์ทรงตัวและโปรแกรมชุดฝึกโดยอาจารย์กายภาพบำบัด ที่มีความเชี่ยวชาญด้านระบบประสาท พบว่ามีความถูกต้องตามหลักวิชาการในการทำงานประสานกันของสมอง ตา และการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ค่อยๆทำจากง่ายไปยากอยู่ในเกณฑ์ดีมาก การทำงานของโปรแกรมและความสอดคล้องกับปัญหาการควบคุมการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย สามารถกระตุ้นการทำงานของร่างกายอยู่ในเกณฑ์ดี ความเห็นของผู้ป่วยทางระบบประสาท ผู้สูงอายุ นักกีฬา ด้านความพึงพอใจ เครื่องมือและอุปกรณ์มีผลอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก

Abstract

Human balance system is an important of daily life human. Every activity must have based on human balance system. If some parts of system have an unusual, they cannot have a normal life. Balance board is one of balance training tools used to physical therapy for patients, who have problem in balance system. Balance board has importance in body balance and the muscle that control the balance to come back to work as usual.

Developments of this research, the researcher have developed balance board used with balance training program. The balance board has been improvement with motion sensor and bluetooth technology, that make balance board can send movement data to balance training program via bluetooth protocol. Balance training program have 3 training set is body balance control, body balance control left-right and body balance control all direction. When balance board has working, the data will be sent to computer which working with balance training program for processing data and show animation of movement like a game. Balance training program has been designed with UML (Unified Modeling Language) as object-oriented concept and technology and development by Java language.

For testing result of new balance board and balance training program by physical therapy professionals, who have specialization in the nervous system. As a result of the test, it satisfied while the result on treatment theory and requirements of program function were very good. The test of program and equipment were evaluated by patients senior and athlete. As a result of the test, it satisfied while the results on complacency were very good.

Keywords Balance Training, Balance board, Motion sensor, Bluetooth Technology, Infrared Data Association, Database Server, UML

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....I
บทคัดย่อ.....II
Abstract.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญภาพ.....VIII
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
1.5 นิยามศัพท์.....3
1.5.1 กระดานทรงตัว(Balance board).....3
1.5.2 เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว(Motion sensor).....3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 การกายภาพบำบัด.....4
2.1.1 การกายภาพบำบัดด้านการทรงตัว.....4
2.1.2 การกายภาพบำบัดด้านการทรงตัวด้วยกระดานทรงตัว.....4
2.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง.....5
2.2.1 อุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว.....5
2.2.1.1 ไจโรสโคป (Gyroscope).....5
2.2.1.2 แอคเซโรเรมิเตอร์ (Accelerometer).....6
2.2.1.3 แมกนิโทมิเตอร์ (magnetometer).....6
2.2.1.4 เซ็นเซอร์การตรวจจับการทรงตัว (Motion Sensor).....7
2.2.1.5 สัญญาณบลูทูธ (Bluetooth).....7

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1.6 ตัวส่งสัญญาณบลูทูธ (Bluetooth Sender).....7
2.2.1.7 แบตเตอรี่ (Battery).....8
บทที่ 3 ขั้นตอนการพัฒนาและออกแบบระบบ.....9
3.1 โครงสร้างโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว.....9
3.2 การออกแบบอุปกรณ์ฝึกการทรงตัว.....10
3.2.1 กระดานทรงตัว.....10
3.2.2 อุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว.....10
3.3 การออกแบบชุดฝึกการทรงตัว.....11
3.3.1 แบบฝึกที่ 1:การควบคุมการทรงตัว.....11
3.3.2 แบบฝึกที่ 2:การควบคุมการเอียงตัวซ้ายขวา.....12
3.3.3 แบบฝึกที่ 3:การควบคุมการเอียงตัวรอบทิศทาง.....13
3.4 การออกแบบโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว.....13
3.4.1 การออกแบบคลาสไดอาแกรม(Class diagram)ของระบบ.....13
3.4.2 การออกแบบฐานข้อมูลโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว.....15
3.4.2.1 แผนภาพอีอาร์(E-R Diagram)ระบบชุดฝึกการทรงตัว.....15
3.4.2.2 อธิบายตารางในฐานข้อมูล.....16
3.4.3 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....19
3.4.3.1 แผนผังการจัดการข้อมูลประวัติผู้ป่วย.....19
3.4.3.2 แผนผังการจัดการข้อมูลประวัตการฝึก.....20
3.4.3.3 แผนผังการทำการฝึก.....21
บทที่ 4 การทดสอบชุดฝึก.....23
4.1 กระดานฝึกการทรงตัว.....23
4.2 การเชื่อมต่อกระดานทรงตัวกับโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว.....23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 โปรแกรมการฝึกการทรงตัว.....24
4.3.1 หน้าแรก.....24
4.3.2 หน้าเลือกผู้ฝึก.....25
4.3.3 หน้าเลือกแบบฝึก.....25
4.3.3.1 แบบฝึกที่ 1:การควบคุมการทรงตัว.....26
4.3.3.2 แบบฝึกที่ 2:การควบคุมการเอียงตัวซ้ายขวา.....26
4.3.3.3 แบบฝึกที่ 3:การควบคุมการเอียงตัวรอบทิศทาง.....27
4.4 การทดสอบชุดการทรงตัว.....27
4.4.1 กลุ่มเป้าหมาย.....27
4.4.2 สถานที่ดำเนินการทดสอบ.....27
4.4.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....27
4.4.4 ผลการทดสอบโปรแกรม.....28
4.4.4.1 ด้านที่ 1: ความเหมาะสมของแบบแผนการฝึกตามหลักวิชาการ.....28
4.4.4.2 ด้านที่ 2 : ด้านความพึงพอใจของผู้ป่วย.....28
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....29
5.1 สรุปผลการวิจัย.....29
5.2 ข้อเสนอแนะ.....30
บรรณานุกรม.....31
ภาคผนวก ก.....34
ภาคผนวก ข.....37
ภาคผนวก ค.....40

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ตารางผู้ใช้งานระบบ.....16

3.2 ตารางข้อมูลการฝึก.....16

3.3 ตารางข้อมูลผู้ป่วย.....17

3.4 ตารางผลการฝึก.....18

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 กระดานทรงตัวในใช้ในการฝึกการทรงตัว....4
2.2 ไจโรสโคป (Gyroscope)....5
2.3 แอคเซโรเรมิเตอร์(Accelerometer)....6
2.4 แมกนิโทมิเตอร์(Magnetometer)....6
2.5 อุปกรณ์การตรวจจับการทรงตัว (9 Degrees of Freedom - Razor IMU) 7
2.6 บลูทูธเมทโกล (Bluetooth Mate Gold) 8
2.7 แบตเตอรี่ (Battery) 8
3.1 โครงสร้างการทำงานระบบ....9
3.2 อุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว....10
3.3 แผนภาพแสดงการทำงานของชุดฝึกที่ 1....11
3.4 แผนภาพแสดงการทำงานของชุดฝึกที่ 2....12
3.5 แผนภาพแสดงการทำงานของชุดฝึกที่ 3....13
3.6 แผนภาพคลาสไดอาแกรม(Class Diagram)ของโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว....14
3.7 แผนภาพอีอาร์ (E-R Diagram) ระบบชุดฝึกการทรงตัว....15
3.8 แผนผังการจัดการข้อมูลประวัติผู้ป่วย....19
3.9 แผนผังการจัดการข้อมูลประวัติการฝึก....20
3.10 แผนผังการทำการฝึก....21
4.1 การตรวจจับอุปกรณ์ทรงตัวเพื่อใช้งาน....23
4.2 แสดงการเชื่อมต่อเซนเซอร์กับคอมพิวเตอร์....24
4.3 หน้าจอแสดงหน้าแรกของโปรแกรม....24
4.4 หน้าจอแสดงข้อมูลผู้ฝึกและเลือกผู้ฝึก....25
4.5 หน้าจอแสดงหน้าเลือกชุดฝึก....25
4.6 หน้าจอแสดงหน้าเลือกแบบฝึกที่ 1 การควบคุมการทรงตัว....26
4.7 หน้าจอแสดงหน้าเลือกแบบฝึกที่ 2 การควบคุมการเอียงตัวซ้ายขวา....26
4.8 หน้าจอแสดงหน้าเลือกแบบฝึกที่ 3 การควบคุมการเอียงตัวรอบทิศทาง....27

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

กิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของทุกๆคนนั้นล้วนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ในแต่ละท่าทางการเคลื่อนไหวต้องมีความสมดุลของแต่ละท่าทาง การทรงตัวถือเป็นหนึ่งในความสมดุลที่สำคัญอย่างมากเช่น การทรงตัวขณะเดิน วิ่ง ขึ้นที่สูง ลุกยืน เป็นต้น โดยสังเกตได้ว่าการทรงตัวส่งผลต่อการเคลื่อนไหว ท่าทางที่ใช้ในกิจกรรม หากสูญเสียการทรงตัว ย่อมมีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะเกิดอันตรายหรือการบาดเจ็บขณะทำกิจกรรมต่างๆ การสูญเสียการทรงตัวมีทั้ง จากการประสบอุบัติเหตุ ความผิดปรกติตั้งแต่กำเนิด หรือจากโรคบางชนิด มีการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆเข้ามาช่วยในการฟื้นฟูการทรงตัว แต่ทว่าว่าอุปกรณ์หลายอย่างที่ใช้ในการกายภาพบำบัดต้องนำเข้าจากต่างประเทศ บางชิ้น ราคาสูง อีกทั้งการทำกายภาพบำบัดนั้นไม่ใช่เรื่องง่ายสำหรับผู้ป่วย เพราะจะต้องทำการฝึกปฏิบัติในท่าทางที่ซ้ำๆกันเป็นเวลานานๆ และยังมีข้อจำกัดปัญหาในการทำกายภาพบำบัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสัมผัสโดยตรงระหว่างนักกายภาพบำบัดและผู้ป่วย และอีกปัญหาสำคัญคือค่าที่วัดได้จากการฝึก ล้วนได้มาจากสังเกตโดยนักกายภาพเท่านั้น อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการฝึกได้

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion sensor) ที่ทำงานผ่านสัญญาณไร้สายบลูทูธ (Bluetooth) เพื่อใช้งานอย่างแพร่หลาย อีกทั้งเทคโนโลยีมัลติมีเดีย (Multimedia) ที่ช่วยในการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานให้เป็นเรื่องที่ง่ายที่จะเข้าใจและใช้งาน จึงนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาพัฒนาชุดอุปกรณ์แล้วส่งสัญญาณไร้สายจากอุปกรณ์ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมฝึก ชุดฝึกการทรงตัว โดยนำไปช่วยในการฝึกฝนทำกายภาพบำบัดก็จะง่ายขึ้น โดยจะใช้ความสามารถของอุปกรณ์ ในการวัดค่าการทรงตัวเข้ามาช่วยด้วย โดยที่โปรแกรมจะสามารถจะ ทำการบันทึกผล ตรวจสอบหาความเป็นไปได้ความถูกต้องของการฝึกครั้งเหล่านั้น เพื่อจะทำให้ได้ข้อมูลต่าง ๆ ที่ถูกต้องนำไปใช้ในการวิเคราะห์และรักษาต่อไป

จากแนวคิดดังกล่าว เมื่อนำเอาการพัฒนาชุดอุปกรณ์และโปรแกรมชุดฝึก การทรงตัวมาใช้กับทางด้านกายภาพบำบัด จึงเป็นการพัฒนาที่สำคัญ ในการเพิ่มความแม่นยำในการวัดการพัฒนาของผู้ป่วย เป็นประโยชน์ที่จะช่วยกระตุ้นให้ผู้ป่วย มีความมุ่งมั่นในการ กายภาพบำบัด และสามารถพัฒนา ชุดฝึกขึ้นใช้ได้เองภายในประเทศโดยมีต้นทุนการพัฒนาที่ไม่สูงนัก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. พัฒนาชุดอุปกรณ์และโปรแกรมกายภาพบำบัดด้านการทรงตัว

2. การนำอุปกรณ์วัดการทรงตัว (Motion sensor) ที่ทำงานผ่านสัญญาณไร้สาย บลูทูธ (Bluetooth) มาประยุกต์ใช้กับการทำกายภาพบำบัด

3. เพื่อลดการนำเข้าอุปกรณ์และโปรแกรมในการทำกายภาพบำบัดซึ่งมีราคาสูงได้

4. ศึกษาและวิเคราะห์การออกแบบโปรแกรมในลักษณะที่ซับซ้อนด้วยแนวความคิดเชิงวัตถุ (Object-Oriented Concept)

5. เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้ป่วยอยากที่จะทำ การกายภาพบำบัดและลด ความน่าเบื่อหน่ายของผู้ป่วยที่ต้องทำกายภาพบำบัดในรูปแบบเดิม ๆ โดยออกแบบโปรแกรมให้มีความน่าสนใจ ใช้ภาพและเสียงช่วยให้เกิดความน่าสนใจมากขึ้น

6. เพื่อให้แพทย์สามารถประเมินผลการกายภาพบำบัดของผู้ป่วย นำไปวิเคราะห์ใช้ในการรักษาได้รวดเร็วมากขึ้น ออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลประวัติการฝึกหรือการบำบัดของผู้ป่วย

7. สามารถนำไปใช้อ้างอิงและประยุกต์ใช้งาน ในการพัฒนาชุดอุปกร ณ์และโปรแกรมที่นำไปใช้ในด้านกายภาพบำบัดต่อไปในอนาคต

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. พัฒนาชุดอุปกรณ์และโปรแกรมเพื่อการฝึกการทรงตัว เพื่อใช้ในการกายภาพบำบัด

2. พัฒนาอุปกรณ์วัดการทรงตัว (Motion sensor) ที่ทำงานผ่านสัญญาณไร้สาย บลูทูธ (Bluetooth) มาประยุกต์ใช้กับการ ทำกายภาพบำบัด เพื่อความสะดวกในการใช้และเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ชุดฝึก โดยชุดอุปกรณ์จะติดอยู่กับ กระดานทรงตัว แล้วทำการส่งข้อมูลแบบสัญญาณไร้สายโดยใช้ Bluetooth ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีตัวรับสัญญาณ Bluetooth และที่ได้ติดตั้งโปรแกรมฝึกไว้แล้ว

3. พัฒนาโปรแกรมฝึกการควบคุมการทรงตัวโดยรับข้อมูลจากชุดอุปกรณ์ด้วยสัญญาณ Bluetooth แล้วนำมาประมวลผลโดยแสดงผลออกมาเป็นภาพและเสียงในทันที เพื่อให้ผู้ฝึกได้ทราบผลการขยับกล้ามเนื้อในขณะนั้น จากนั้นโปรแกรมจะสร้างจำลองภาพต่างๆ เพื่อให้ผู้ฝึกทำการขยับกล้ามเนื้อตามที่ภาพต่างๆปรากฏขึ้น โดยโปรแกรมทำการจัดชุดการทดสอบเป็นดังการเล่นเกมส์ เมื่อผู้ฝึกทำการฝึกในแต่ละชุดการทดสอบเรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะปรากฏผลการฝึกให้ทราบ พร้อมทั้งเก็บเป็นประวัติการฝึกของคนนั้นๆ

4. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมด้วย UML(Unified Modeling Language) ตาม Object-Oriented Concept and Technology และออกแบบเพื่อรองรับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง (Dynamic Parameter) เพื่อความยืดหยุ่นในการปรับแต่งโปรแกรม

5. ออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลผู้ฝึก โดยโปรแกรมทำการเก็บข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ฝึก รวมทั้งประวัติการฝึกในแต่ล ะครั้ง เพื่อให้แพทย์หรือนักกายภาพบำบัดสะดวกในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาให้กับผู้ฝึก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาอุปกรณ์และโปรแกรมชุดฝึกการควบคุมการทรงตัวที่จะนำไปใช้งานในด้านกายภาพบำบัด
2. เพื่อลดการที่จะต้องนำเข้าอุปกรณ์ในการทำกายภาพบำบัดซึ่งมีราคาแพง
3. เพื่อให้ผู้ฝึกมีความสะดวกและเสริมสร้างแรงจูงใจในการฝึก ทำให้ผู้ฝึกสามารถมีพัฒนาการที่ดีขึ้นได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น
4. เพื่อให้แพทย์สามารถประเมินผลการกายภาพบำบัดของผู้ป่วย นำไปวิเคราะห์ใช้ในการรักษาได้รวดเร็วมากขึ้น
5. สามารถพัฒนาโปรแกรมโดยใช้หลักการของ Component-Based ให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลผ่านสัญญาณแบบไร้สายไปยังคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมฝึก โดยมีลักษณะการประมวลผลแบบโต้ตอบ (Interactive Processing)
6. ก่อให้เกิดแนวคิดและทิศทางของการพึ่งพาศักยภาพของตนเอง สำหรับงานการรักษาทางกายภาพบำบัด

1.5 นิยามศัพท์

1.5.1 กระดานทรงตัว (Balance Board)

อุปกรณ์ทรงตัวที่มีลักษณะเป็นแผ่นกระดาน ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการทดสอบการทรงตัว การฝึกการทรงตัว และการเพิ่มความแข็งแรงของร่างกาย ทั้งในกลุ่มคนปรกติและผู้ที่มีปัญหาด้านการทรงตัว กระดานทรงตัวมีหลากหลายรูปแบบ แบ่งตามประเภทการใช้งานเช่นการฝึกท่ายืนของผู้ที่มีปัญหาด้านการทรงตัว ฝึกการทรงตัวในเด็กเล็ก การฝึกการทรงตัวเพื่อสร้างความคุ้นเคยให้แก่นักกีฬา เป็นต้น

1.5.2 เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion sensor)

เซ็นเซอร์หรือวงจรพิเศษที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการวัดการเคลื่อนไหวเป็นสัญญาณไฟฟ้า เซ็นเซอร์วัดการเคลื่อนไหวมีหลายรูปแบบ มีทั้งแบบเซ็นเซอร์ใช้คลื่นสะท้อนจากเป้าหมาย มีทั้งแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและคลื่นแสง เซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหวจากความร้อนจากร่างกายเมื่อเคลื่อนที่ เซ็นเซอร์วัดการเคลื่อนไหวที่วัตถุ วัดการเอียงการหมุนของวัตถุ หรือแม้กระทั่งแรงในทิศต่างๆที่กระทำกับตัวเซ็นเซอร์

บทที่2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การกายภาพบำบัด

การทำกายภาพบำบัด คือการกระทำที่เกี่ยวข้องกับการป้องกัน รักษา และจัดการเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวที่ผิดปรกติ ที่เกิดขึ้นจากหลายๆสาเหตุ เช่นการประสบอุบัติเหตุ ความบกพร่องทางร่างกายแต่กำเนิด หรือการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากโรคอื่นๆ เป็นต้น

2.1.1 การกายภาพบำบัดด้านการทรงตัว

การทำกายภาพบำบัดด้วยกระดานทรงตัว เป็นรูปแบบหนึ่งในการรักษาผู้ที่มีปัญหาทางด้านการทรงตัว โดยการใช้กระดานทรงตัวในการช่วยฝึก กระดานทรงตัวมีหลากหลายรูปแบบเช่น กระดานทรงตัวแบบพลาสติกรูปจานบิน กระดานทรงตัวแบบไม้ฐานมนกลม ดังภาพที่ **2.1**

ภาพที่ 2.1 กระดานทรงตัวในใช้ในการฝึกการทรงตัว รูปซ้ายเป็นกระดานทรงตัวแบบพลาสติกรูปจานบิน รูปขวาเป็นกระดานทรงตัวแบบไม้ฐานมนกลม

2.1.2 การกายภาพบำบัดด้านการทรงตัวด้วยกระดานทรงตัว

การฝึกการทรงตัวด้วยกระดานทรงตัว มีเป้าหมายเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อและระบบการตอบสนองต่อการทรงตัวให้เป็นปรกติ การฝึกมีทั้งแบบควบคุมระดับการทรงตัวให้นิ่งอยู่กับที่ในลักษณะแนวตั้งกับพื้นโลก การฝึกรูปแบบนี้เน้นการฟื้นฟูการทรงตัวในระดับแรก คือจากผู้ที่ไม่สามารถเริ่มต้นในการทรงตัวให้สามารถทรงตัวได้ก่อน จากนั้นจึงเป็นการควบคุมการทรงตัวไปตามทิ ศทางที่กำหนด ซึ่งการฝึกนี้จะเน้นไปทางความยืดหยุ่นในการควบคุมกล้ามเนื้อให้เข้ากันกับระบบการตอบสนองต่อการทรง

ตัว โดยความต่อเนื่องและจำนวนครั้งในการฝึกจะขึ้นกับการควบคุมของนักกายภาพบำบัดที่ดูแลผู้ฝึกในแต่ละราย

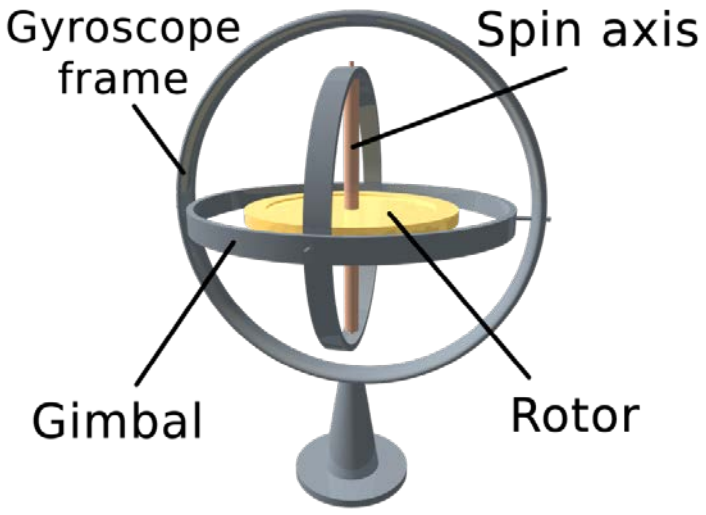
2.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 อุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว

อุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว ประกอบด้วย 3 ส่วนกันคือ อุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว ตัวส่งสัญญาณบลูทูธ และแบตเตอรี่

2.2.1.1 ไจโรสโคป (Gyroscope)

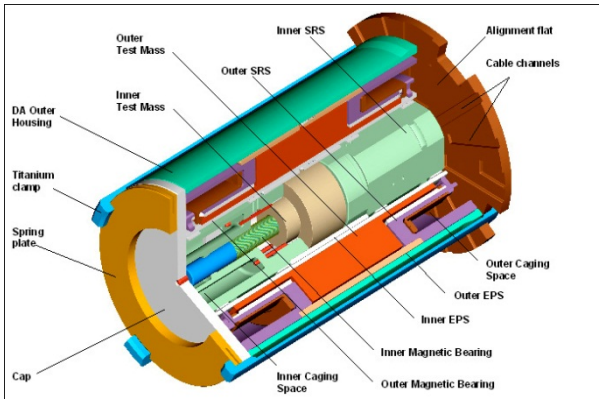
เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยแรงเฉื่อยของล้อหมุน เพื่อช่วยรักษาระดับทิศทางของแกนหมุนประกอบด้วยล้อหมุนเร็วบรรจุอยู่ในกรอบอีกทีหนึ่ง ทำให้เอียงในทิศทางต่างๆ ได้โดยอิสระ นั่นคือหมุนในแกนใดๆ ก็ ได้ โมเมนตัมเชิงมุมของล้อดังกล่าวทำให้มันคงรักษาตำแหน่งของมันไว้แม้กรอบล้อจะเอียง จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้สามารถนำหลักการนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ต่างๆ มากมาย เช่น เข็มทิศ และนักบินอัตโนมัติของเครื่องบิน เรือ กลไกบังคับ หางเสือของตอร์ปิโด อุปกรณ์ป้องกันการกลิ้งบนเรือใหญ่ และระบบนำร่องเฉื่อย (inertial guidance) รวมถึงระบบในยานอวกาศ และสถานีอวกาศ



ภาพที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของไจโรสโคป

2.2.1.2 แอคเซโรเรมิเตอร์ (Accelerometer)

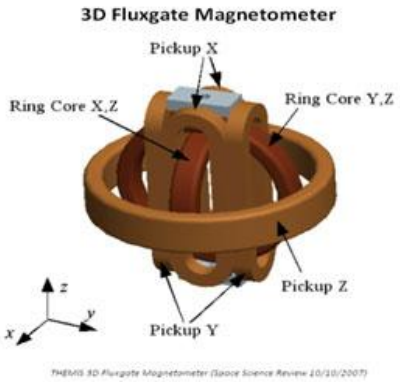
เครื่องตัววัดความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุ โครงสร้างของแอคเซโรเรมิเตอร์จะประกอบด้วยสปริงและลูกตุ้มน้ำหนัก เมื่อมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งลูกตุ้มน้ำหนักจะถูกกดไปอีกฝั่งตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ สปริงก็ทำหน้าที่ดึงกลับเข้าที่อีกครั้งเมื่อหยุดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่คือความเร่งเท่ากับศูนย์ ค่าที่วัดได้ก็จะไม่เปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของแอคเซโรเรมิเตอร์

2.2.1.3 แมกนิโทมิเตอร์ (Magnetometer)

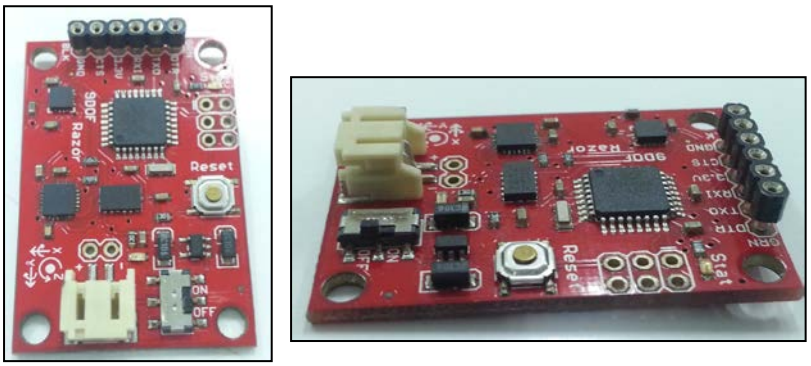
เครื่องมือวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ในการสำรวจทางภาคพื้นดินใช้วัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กแนวตั้ง บางครั้งใช้วัดความเข้มสนามแม่เหล็กแนวราบหรือแนวรวม แต่ในการสำรวจทางอากาศส่วนใหญ่ใช้วัดสนามแม่เหล็กแนวรวม



ภาพที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของแมกนิโทมิเตอร์

2.2.1.4 เซ็นเซอร์การตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Sensor)

อุปกรณ์การตรวจจับการทรงตัว (9 Degrees of Freedom - Razor IMU) เป็นเซ็นเซอร์ที่ผลิตโดย SparkFun Electronics ภายในวงจรประกอบด้วย 3 ส่วนย่อยคือ ITG-3200 (gyroscope) เป็นส่วนวัดค่าการเอียงในระนาบ 3 มิติ ADXL345 (accelerometer) เป็นส่วนวัดแรงที่กระทำกับเซ็นเซอร์ สามารถวัดค่าอยู่ในช่วง ±16g รูปแบบการส่งข้อมูล 13 bit และ HMC5883L (magnetometer) เป็นส่วนวัดค่าสนามแม่เหล็กในระนาบ 3 มิติ โดยทั้งหมดรวมอยู่บนแผงวงจรขนาด 1.1 x 1.6 นิ้ว



ภาพที่ 2.5 อุปกรณ์การตรวจจับการทรงตัว (9 Degrees of Freedom - Razor IMU)

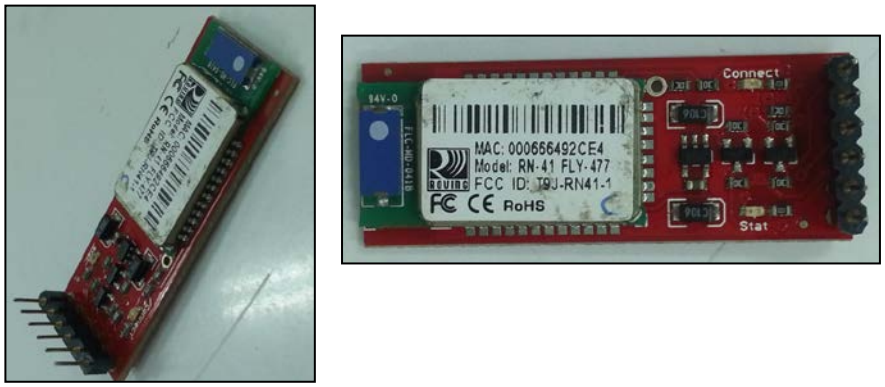
2.2.1.5 สัญญาณบลูทูธ (Bluetooth)

ระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็คโทรนิคแบบสองทาง ด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) โดยปราศจากการใช้สายเคเบิ้ล หรือ สายสัญญาณเชื่อมต่อ และไม่จำเป็นจะต้องใช้การเดิ นทางแบบเส้นตรงเหมือนกับอินฟราเรด ซึ่งถือว่าเพิ่มความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือ กับอุปกรณ์ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนๆ และในการวิจัย ไม่ได้มุ่งเฉพาะการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ยังศึกษาถึงการส่งข้อมูลที่ เป็นเสียง เพื่อใช้สำหรับ Headset บนโทรศัพท์มือถือด้วย

2.2.1.6 ตัวส่งสัญญาณบลูทูธ (Bluetooth Sender)

ตัวส่งสัญญาณบลูทูธ ที่ใช้กับอุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว เป็นแผงวงจรที่ผลิตโดย SparkFun Electronics มีชื่อว่าบลูทูธเมทโกล (Bluetooth Mate Gold) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดการทรงตัว โดยตัวส่งสัญญาณบลูทูธนี้สามารถส่งข้อมูลผ่านสัญญาณบลูทูธบนมาตรฐาน

802.11g ด้วยความ ถี่ 2.4~2.524 GHz รองรับการส่งข้อมูล 2400-115200bps สามารถทำงานบนสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิ -40 ~ +70C ใช้ไฟฟ้าขนาด 3.3V-6V เพื่อทำงาน ตัวส่งสัญญาณบลูทูธมีขนาด 1.75x0.65 นิ้ว



ภาพที่ 2.6 บลูทูธเมทโกล (Bluetooth Mate Gold)

2.2.1.7 แบตเตอรี่ (Battery)

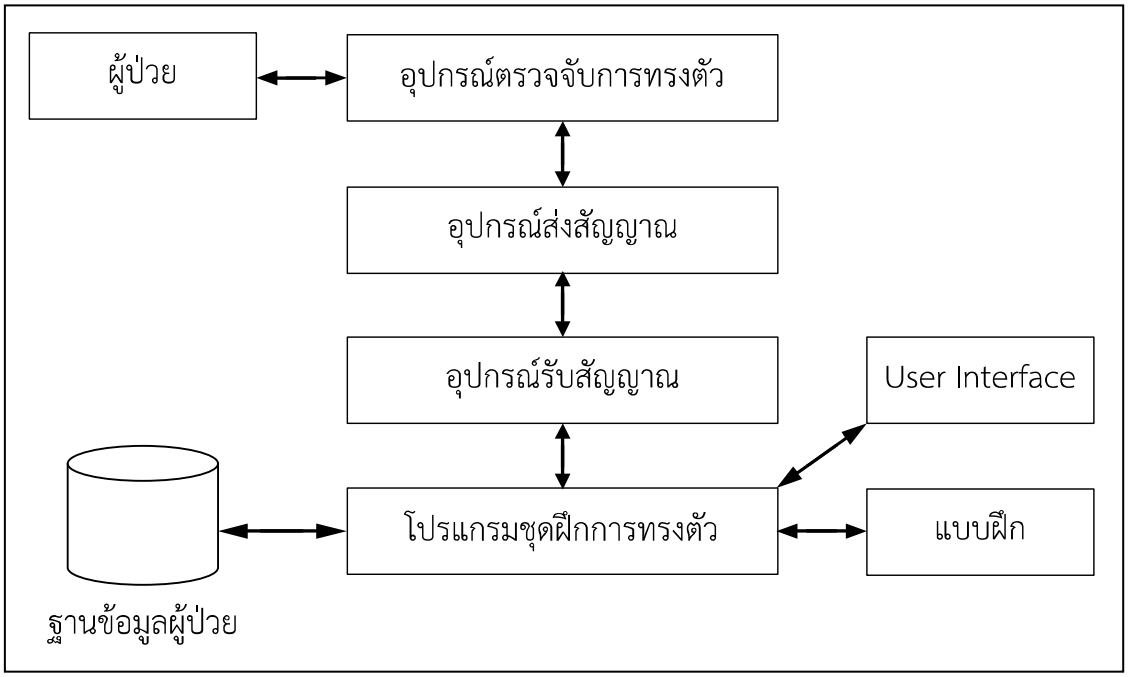
แบตเตอรี่เป็นพลังงานหลักสำหรับตัวรับสัญญาณบลูทูธและเซ็นเซอร์วัดการทรงตัว ซึ่งใช้แบตเตอรี่รุ่นพอลิเมอร์ ลิเทียมไอออนแบตเตอรี่ (Polymer Lithium Ion Battery) สามารถจ่ายไฟขนาด 3.7V และมีความจุอยู่ที่ 1000mAh ขนาดของแบตเตอรี่อยู่ที่ 2.00x1.32 x 0.23 นิ้ว

ภาพที่ 2.7 แบตเตอรี่ (Battery)

บทที่ 3
ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาชุดฝึกการทรงตัว

3.1 โครงสร้างโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

โปรแกรมชุดฝึกการทรงตัวมีโครงสร้างประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานชุดฝึกการทรงตัว

โครงสร้างโปรแกรมชุดฝึก มี 7 ส่วนที่สำคัญดังนี้

1) โมดูลฐานข้อมูลผู้ป่วย : เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลของผู้ป่วย

2) โมดูลอุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว : เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลประมวล ผลข้อมูลจากการทรงตัว

3) โมดูลอุปกรณ์ส่งสัญญาณ : เป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณข้อมูลต่างๆที่เกิดขึ้น กับอุปกรณ์จับการเคลื่อนไหว โดยข้อมูลจะส่งสัญญาณแบบ Bluetooth ไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณ

4) โมดูลอุปกรณ์รับสัญญาณ : เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณแบบ Bluetooth เพื่อรับข้อมูลต่างๆ

5) โมดูลโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว : เป็นโปรแกรมการประมวลผล ข้อมูลที่เข้ามาจากในส่วนของอินเตอร์เฟส ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลต่างๆ ลงในฐานข้อมูล และมีหน้าที่จำลองรูปแบบการฝึก

6) โมดูล User Interface : เป็นส่วนโปรแกรมในการติดต่อกับแพทย์หรือนักกายภาพบำบัดผู้ใช้งาน

7) โมดูลแบบฝึก : เป็นโปรแกรมทำหน้าที่ในส่วนการติดต่อกับผู้ป่วยที่ทำการ ฝึกการบริหารเพื่อการบำบัดการทรงตัวตามชุดฝึกต่างๆ

8) โมดูลฐานข้อมูลผู้ป่วย : เป็นที่จัดเก็บข้อมูลประวัติผู้ป่วย ข้อมูลการฝึกต่างๆของผู้ป่วย รวมถึงผู้เข้าใช้งานโปรแกรม

3.2 การออกแบบอุปกรณ์ฝึกการทรงตัว

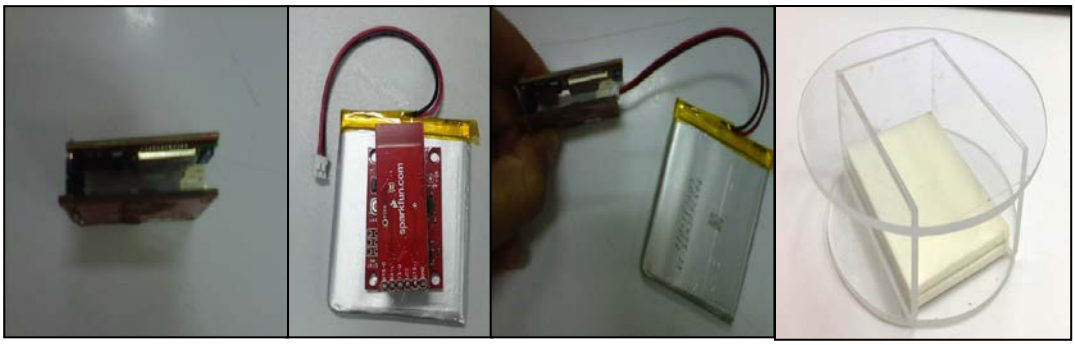
เป็นส่วนของอุปกรณ์ที่ผู้พัฒนา สร้างขึ้นเพื่อใช้ทำงานร่วมกับโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ ดังนี้

3.2.1 กระดานทรงตัว

เป็นอุปกรณ์ที่มีการปรับปรุงกระดานทรงตัวปรกติ ให้สามารถทำงานร่วมกับ อุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัวได้ โดยการเจาะที่บริเวณกลางกระดานทรงตัว เพื่อใส่ อุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว การเจาะที่บริเวณกลางของกระดานทรงตัวนั้นเพื่อให้ตรงกับบริเวณกลางลำตัวของผู้ใช้ ซึ่งตรงกับจุดสมดุล การทรงตัว

3.2.2 อุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว

เป็นอุปกรณ์ที่ถูกนำมาประกอบกัน 3 ส่วนด้วยกันคือ Razor IMU Bluetooth Mate Gold และ Battery โดยทั้ง 3 จะถูกประกอบรวมกันเรียกว่าเซ็นเซอร์ตรวจจับการทรงตัว เซ็นเซอร์ดังกล่าวจะถูกใส่อยู่ในกล่องอะคริลิคใสเพื่อสามารถทำงานร่วมกับกระดานทรงตัวได้ ดังภาพที่ 3.2



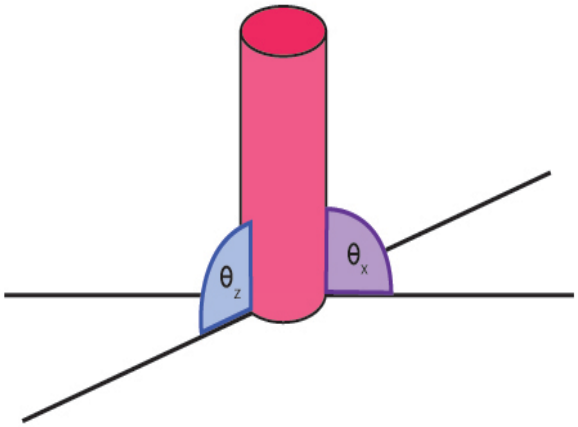
ภาพที่ 3.2 อุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว

3.3 การออกแบบชุดฝึกการทรงตัว

การออกแบบชุดฝึกการทรงตัว เป็นการออกแบบรูปแบบการฝึกที่ผู้ป่วยจะต้องมีการปฏิบัติถูกออกแบบร่วมกับนักกายภาพบำบัด เพื่อทำการฝึกร่วมกันอุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว มีทั้งสิ้น 3 แบบฝึก ดังนี้

3.3.1 แบบฝึกที่ 1 : การควบคุมการทรงตัว

แบบฝึกนี้เป็นการแสดงการควบคุมการทรงตัวของผู้ฝึก โดยแสดงลักษณะการทรงตัวเป็นแท่งทรงกระบอก เพื่อบ่งบอกลักษณะการทรงตัวบนกระดานทรงตัว เมื่อผู้ฝึกทำการเอียงตัว รูปทรงกระบอกจะแสดงทิศทางที่เอียงตัวไปในทิศทางนั้นๆ การออกแบบดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 แผนภาพแสดงการทำงานของชุดฝึกที่ 1

แบบฝึกนี้ใช้ค่า X , Y และ Z ในการคำนวณเท่านั้น โดยเราจะนำมา คำนวณ ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ เพื่อควบคุมการเอนเอียงทรงกระบอกให้มีความสัมพันธ์กับตัวอุปกรณ์ควบคุมระดับ การเอนเอียงของทรงกระบอกในระบบพิกัด3มิตินี้เกิดจากการเอียงรอบ แกน X และแกน Z ไปพร้อมๆกัน ซึ่งจำเป็นต้องทราบค่าของมุมที่เกิดการการเอียง ของทั้งสองแกน ซึ่งสามารถ คำนวณได้จากสมการ

$$\sin \theta_Z = Y / X$$

$$\sin \theta_X = Y / Z$$

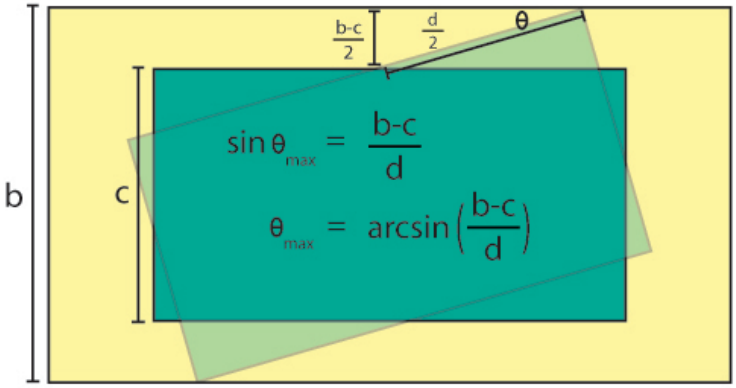
โดยเราสามารถทำการหาค่า ของมุมรอบแกนนั้นๆได้จาก

$$\theta_Z = \arcsin (Y / X)$$

$$\theta_X = \arcsin (Y / Z)$$

3.3.2 แบบฝึกที่ 2 : การควบคุมการเอียงตัวซ้ายขวา

แบบฝึกนี้เป็นการฝึกผู้ฝึกให้ควบคุมการเอียงตัวไปทางซ้ายขวา โดยแสดงดังรูปภาพสี่เหลี่ยมใหญ่ด้านหลังเป็นตัวควบคุมการเอียงตัวซ้ายขวา ให้ผู้ฝึกขยับกระดานทรงตัวแสดงเป็นภาพสี่เหลี่ยมเล็กอยู่ด้านหน้า และขยับทิศทางไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของภาพสี่เหลี่ยมใหญ่ด้านหลัง โดยให้ภาพสี่เหลี่ยมเล็กอยู่ภายในกรอบภาพของสี่เหลี่ยมใหญ่ตลอดเวลาการฝึก



ภาพที่ 3.4 แผนภาพแสดงการทำงานของชุดฝึกที่ 2

ในแบบฝึกนี้เราใช้ค่าจากอุปกรณ์ควบคุมระดับ 2 ค่าคือ X และ Y เพื่อคำนวณหามุมไปควบคุมการหมุนของสี่เหลี่ยม ซึ่งหลักการจะคล้ายกับในแบบฝึกที่หนึ่งคือสามารถหาได้จากสมการ

$$\theta z = \arcsin (Y / X)$$

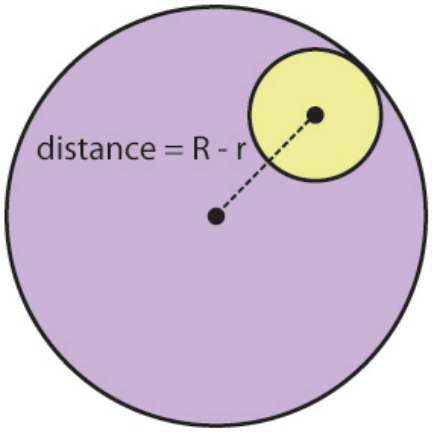
วิธีตรวจสอบ การออกนอกกรอบของแบบฝึกนี้ เราจะใช้วิธีการ คำนวณหาผลต่างของมุมที่มากที่สุดระหว่างสี่เหลี่ยมสองรูปและยังคงทำให้เงื่อนไขการอยู่ในกรอบเป็นจริง นั่นคือ ผลต่างของมุมระหว่างสี่เหลี่ยมสองรูปจะต้องมีค่าไม่เกินค่า MAX นี้ จึงจะถือว่ายังไม่ออกนอกกรอบ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการนี้

$$\theta_{max} = \arcsin ((B/2-C/2)/(D/2))$$

เมื่อ B คือความกว้างของรูปสี่เหลี่ยมใหญ่, C คือความกว้างของรูปสี่เหลี่ยมเล็ก และ D คือความยาวของรูปสี่เหลี่ยมเล็ก

3.3.3 แบบฝึกที่ 3 :การควบคุมการเอียงตัวรอบทิศทาง

แบบฝึกนี้เป็นการฝึกผู้ฝึกให้เอียงตัวไปรอบทิศทาง โดยแสดงภาพวงกลมใหญ่ด้านหลังเป็นวงกลมควบคุมการฝึก ผู้ฝึกบังคับวงกลมภาพเล็กจะแสดงอยู่ด้านหน้า ให้วงกลมเล็กขยับไปทิศทางที่วงกลมใหญ่โดยให้วงกลมเล็กอยู่ในวงกลมใหญ่ตลอดระยะเวลาการฝึก



ภาพที่ 3.5 แผนภาพแสดงการทำงานของชุดฝึกที่ 3

ซึ่งแบบฝึกนี้เราจะใช้ค่า X และ Y ในการคำนวณการเคลื่อนที่ของลูกบอล โดยวงกลมใหญ่นั้นจะเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางต่างๆแบบ random เมื่อชนขอบ ก็จะ กระเด้งไปอย่างสุ่มทิศทางนั่นเอง

ในขณะที่วงกลมใหญ่เคลื่อนที่ และผู้ป่วยประคองลูกบอลเล็กให้เ คลื่อนที่ตาม ข้อมูลที่เรามีอยู่ก็คือ พิกัดของวงกลมใหญ่ และ พิกัดของลูกบอลเล็ก เราสามารถทำการหาระยะห่างระหว่าง จุดศูนย์กลางของวงกลม 2 วงนี้ได้จากสมการ

$$\text{distance} = \{(x_1-x_2)^2 + (y_1-y_2)^2\}^{1/2}$$

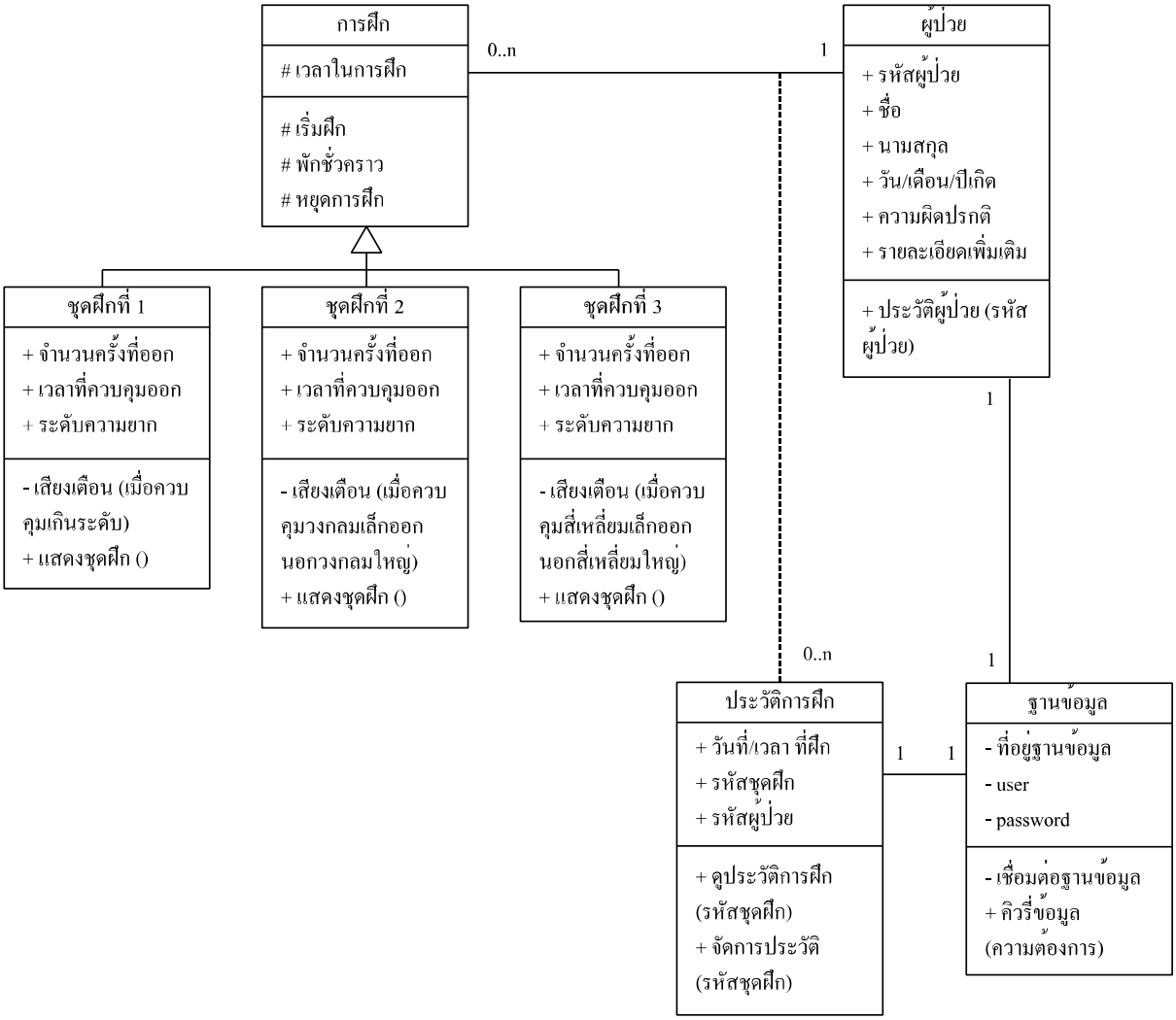
เมื่อระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของทั้งสอง มีค่ามากกว่าระหว่างรัศมีวงกลมเล็กและรัศมีของวงกลมใหญ่ระบบจะแจ้งเตือน

3.4 การออกแบบโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

การออกแบบการพัฒนาโปรแกรม เพื่อใช้ฝึกการทรงตัวด้วยกระดานทรงตัว มีการออกแบบดังนี้

3.4.1 การออกแบบคลาสไดอาแกรม (Class Diagram) ของโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

โปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว มีการออกแบบแสดงโดยคลาสไดอาแกรม ดังนี้



ภาพที่ 3.6 แผนภาพคลาสไดอาแกรมของโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

การออกแบบในส่วนแรก ผู้พัฒนาได้ออกแบบให้คลาสผู้ป่วย แทนตัวผู้ป่วยในระบบ โดยกำหนดแอตทริบิวต์(attributes)ที่สำคัญไว้คือรหัสผู้ป่วย ชื่อ นามสกุล วัน/เดือน/ปีที่เกิด ความผิดปรกติและรายละเอียดอื่นๆเพิ่มเติม ในคลาสนี้กำหนดเมทอด(Method)ไว้คือประวัติผู้ป่วย สำหรับการเรียกดูภาพรวมของข้อมูลต่างๆของผู้ป่วย โดยการใส่รหัสผู้ป่วยที่ต้องการ ในการใช้งาน หากต้องการแก้ไขประวัติผู้ป่วย จะมีการเรียกใช้งานคลาสฐานข้อมูลเพื่อทำการเชื่อมต่อคลังข้อมูลและทำการประมวลผลข้อมูลเพื่อแก้ไขต่อไป

ผู้ป่วยแต่ละคน เมื่อมีความต้องการทำการฝึกเกิดขึ้น จะเกิดความสัมพันธ์ขึ้นกับ คลาสการฝึก โดยในการฝึกนี้เป็นคลาสแม่ของการทำการฝึกทั้งหมดในระบบ มีคลาสลูกย่อยเป็นการฝึก 3รูปแบบ แอตทริบิวต์หลักของการฝึกจะเป็นเวลาในการฝึก โดย กำหนดเมทอดไว้สำหรับแต่ละชุดฝึกคือแต่ละชุดฝึก

การเริ่มฝึก การพักชั่วคราวและหยุดการฝึก สำหรับ คลาสลูกที่เป็นชุดฝึกแต่ละชุดฝึกนั้นแอตทริบิวต์เฉพาะของแต่ละชุดฝึกเอง

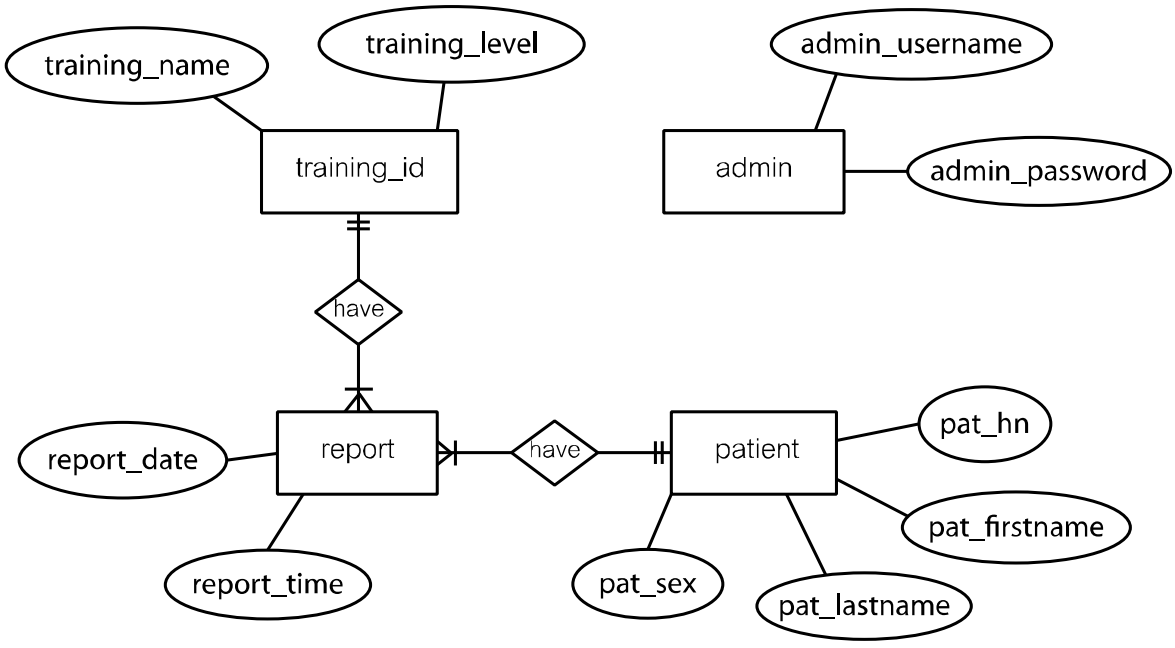
เมื่อทำการฝึกเสร็จสิ้น เกิดประวัติการฝึกขึ้น ซึ่งหากผู้ ใช้งานต้องการดูข้อมูลประวัติการฝึก หรือมีการบันทึกผลการฝึก ส่วนประวัติการฝึกจะทำการเรียกคลาสฐานข้อมูลเพื่อทำการประมวลผลข้อมูล

3.4.2 การออกแบบฐานข้อมูลโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

การออกแบบการจัดเก็บข้อมูลให้สามารถรองรับประวัติผู้ป่วย ประวัติการฝึก และข้อมูลผู้ใช้งานได้ดังต่อไปนี้

3.4.2.1 แผนภาพอีอาร์ (E-R Diagram) ของฐานข้อมูลโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

การออกแบบฐานข้อมูลของโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว เป็นการเก็บข้อมูลประวัติผู้ฝึก ผลการฝึก และประวัติการฝึก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ของแพทย์ แสดงการออกแบบเป็นอีอาร์ไดอาแกรม ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 แผนภาพอีอาร์ของฐานข้อมูลโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

3.4.2.2 อธิบายตารางในฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว ประกอบด้วยตารางต่างๆ ดังนี้

- **ตารางผู้ใช้งานระบบ**

ชื่อตาราง admin

คำอธิบายตาราง ตารางนี้เป็นตารางที่เก็บข้อมูลผู้ใช้งานระบบโดยแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

ฟิลด์	ชนิด	คำอธิบาย	หมายเหตุ
admin_id	AutoNumber	รหัสผู้ใช้งาน	Pk(auto_inc)
admin_username	Short Text (50)	ชื่อผู้ใช้งาน	
admin_password	Short Text (50)	รหัสผู้ใช้งาน	
date_register	Date/Time	วันที่เพิ่มชื่อเข้าระบบ	
admin_status	Short Text (50)	สถานะผู้ใช้งาน	

- **ตารางข้อมูลการฝึก**

ชื่อตาราง training_id

คำอธิบายตาราง ตารางนี้เป็นตารางที่เก็บข้อมูลการทำการฝึกในแต่ละแบบฝึกแต่ละครั้งของผู้ป่วย โดยแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2

ฟิลด์	ชนิด	คำอธิบาย	หมายเหตุ
training_id	AutoNumber	รหัสชุดฝึก	Pk
training_name	Short Text (255)	ชื่อชุดฝึก	
training_level	Number	ระดับการฝึก	
training_desc	Short Text (255)	รายละเอียดอื่นๆ	

- **ตารางข้อมูลผู้ป่วย**

ชื่อตาราง patient

คำอธิบายตาราง ตารางนี้เป็นตารางที่เก็บข้อมูลผู้ป่วยที่จะใช้อ้างอิงถึงในแต่ละบุคคล โดยแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3

ฟิลด์	ชนิด	คำอธิบาย	หมายเหตุ
pat_hn	Short Text (50)	รหัส HN ผู้ป่วย	Pk
pat_tel	Short Text (50)	เบอร์โทรศัพท์	
pat_idcode	Short Text (50)	เลขประจำตัวประชาชน	
pat_prefixname	Short Text (50)	คำนำหน้าชื่อ	
pat_firstname	Short Text (50)	ชื่อผู้ป่วย	
pat_lastname	Short Text (50)	นามสกุล	
pat_sex	Short Text (50)	เพศ	
pat_birthdate	Short Text (50)	วัน/เดือน/ปี เกิด	
pat_age	Short Text (50)	อายุ	
pat_job	Short Text (50)	อาชีพ	
pat_bloodgroup	Short Text (50)	กลุ่มเลือด	
pat_intolerance	Short Text (50)	การแพ้ยา	
pat_congenital	Short Text (50)	โรคประจำตัว	
pat_address	Short Text (255)	ที่อยู่	
pat_id	AutoNumber	รหัสผู้ป่วย	Pk
pat_desc	Short Text (255)	รายละเอียดอื่นๆ	

- **ตารางผลการฝึก**

ชื่อตาราง report

คำอธิบายตาราง ตารางนี้เป็นตารางที่เก็บข้อมูลผลการฝึกของผู้ป่วยในแต่ละครั้งโดยแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4

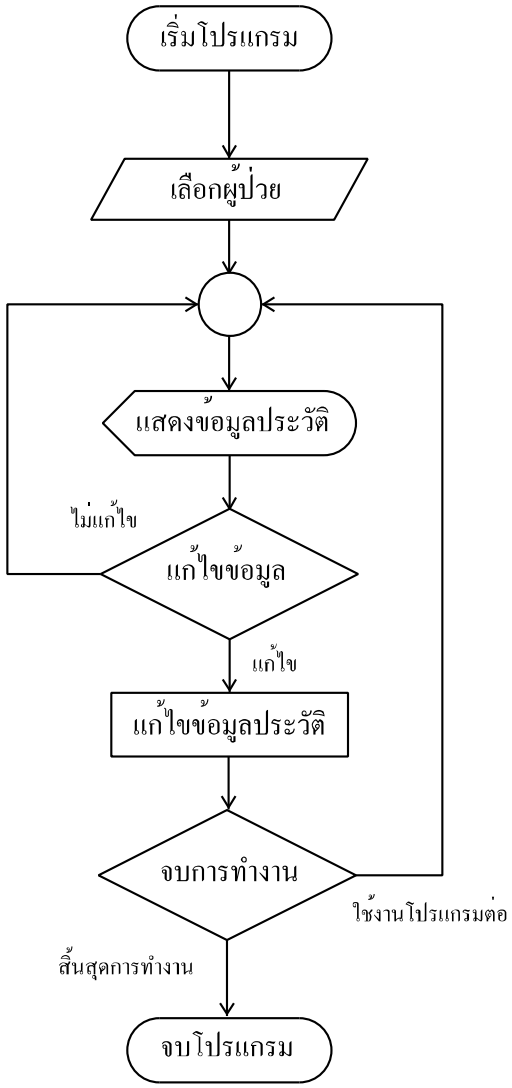
ฟิลด์	ชนิด	คำอธิบาย	หมายเหตุ
report_id	AutoNumber	รหัส	Pk(auto_inc)
report_date	Short Text (50)	วัน/เดือน/ปี ที่ทำการฝึก	
report_time	Short Text (50)	ระยะเวลาที่ทำการฝึก	
report_desc	Short Text (255)	รายละเอียดอื่นๆ	
pat_hn	Short Text (50)	รหัส HN สำหรับอ้างอิงถึงผู้ป่วย	Fk
training_id	Number	รหัสชุดฝึก	Fk

3.4.3 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมชุดฝึกการทรงตัววิเคราะห์และออกแบบขั้นตอนการทำงานส่วนต่างๆของโปรแกรม ดังนี้

3.4.3.1 แผนผังการจัดการข้อมูลประวัติผู้ป่วย

ขั้นตอนของการจัดการข้อมูลประวัติผู้ป่วย เมื่อผู้ใช้งานต้องการเพิ่ม แก้ไข หรือลบชื่อผู้ป่วยออกจากระบบ แสดงดังแผนผังในภาพที่ 3.8 ดังนี้



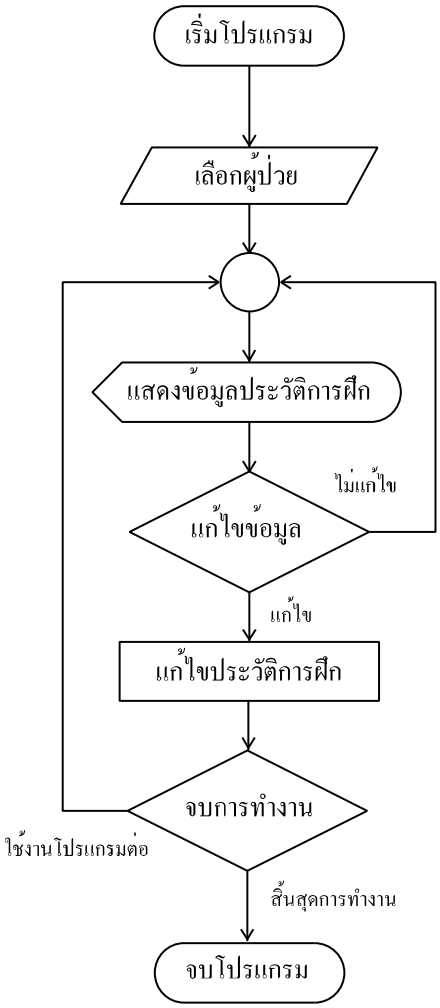
ภาพที่ 3.8 แผนผังการจัดการข้อมูลประวัติผู้ป่วย

ขั้นตอนการทำงานในส่วนของประวัติผู้ป่วย เมื่อเริ่มโปรแกรม โปรแกรมจะแสดงรายชื่อผู้ป่วยให้ผู้ใช้งานเลือกก่อน เมื่อเลือกแล้วโปรแกรมจะแสดงข้อมูลประวัติต่างๆของผู้ป่วย

ได้แก่ชื่อ นามสกุล วัน /เดือน/ปีเกิด ความผิดปรกติและรายละเอียดอื่นๆเกี่ยวกับผู้ป่วย หากต้องการแ ก้ไข ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขได้ที่ส่วนนี้ หากไม่แก้ไข สามารถเลือกดูประวัติผู้ป่วยรายอื่นๆได้ เมื่อผู้ใช้งานบันทึกการแก้ไขแล้ว สามารถเลือกจบการทำงาน หรือเลือกผู้ป่วยที่จะจัดการต่อไป

3.4.3.2 แผนผังการจัดการข้อมูลประวัติการฝึก

ขั้นตอนของการจัดการข้อมูลประวัติการฝึก เมื่อผู้ใช้งานต้องการเรียกดูประวัติการฝึก หรือต้องการลบข้อมูลประวัติการฝึก แสดงดังแผนผังในภาพที่ 3.9 ดังนี้



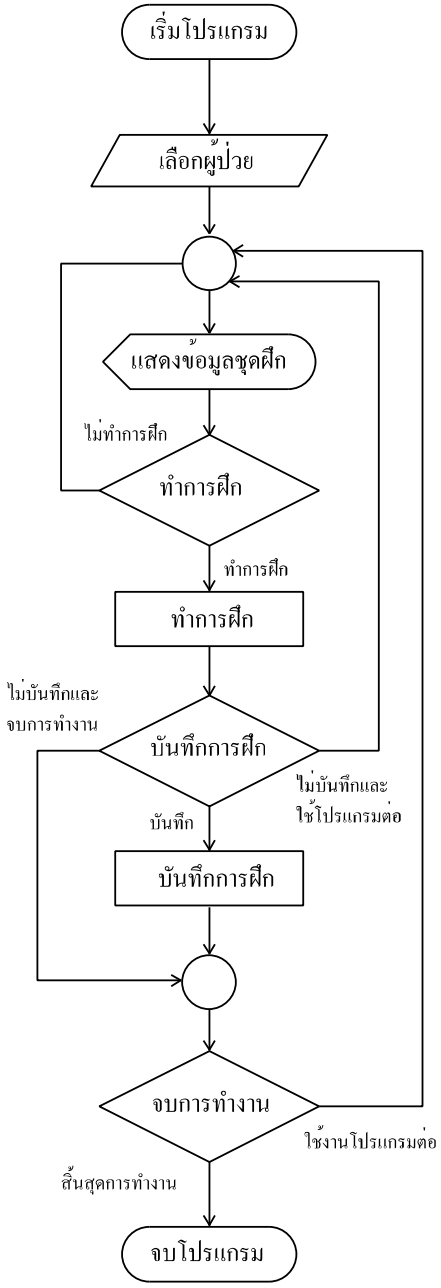
ภาพที่ 3.9 แผนผังการจัดการข้อมูลประวัติการฝึก

ขั้นตอนการทำงานในส่วนของประวัติการฝึก เมื่อเริ่มโปรแกรม โปรแกรมจะแสดงรายชื่อผู้ป่วยให้ผู้ใช้งานเลือกก่อน เมื่อเลือกแล้วโปรแกรมจะแสดงข้อมูลประวัติการฝึกที่ผู้ป่วยเคยได้ทำการฝึกมาก่อนแล้ว เพื่อการวิเคราะห์การพัฒนาด้านการฝึก โดยจะแสดงตามลำดับของเวลาและครั้งที่ทำการฝึก หากต้องการ

แก้ไข ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขได้ที่ส่วน นี้ หากไม่แก้ไข สามารถเลือกดูประวัติการฝึกของผู้ป่วยรายอื่นๆได้ เมื่อผู้ใช้งานบันทึกการแก้ไขแล้ว สามารถเลือกจบการทำงาน หรือเลือกผู้ป่วยที่จะจัดการต่อไป

3.4.3.3 แผนผังการทำการฝึก

ขั้นตอนของการทำการฝึก เมื่อผู้ใช้งาน ต้องการให้ผู้ป่วยทำการฝึกตามแบบของโปรแกรม แสดงดังแผนผังในภาพที่ 3.10 ดังนี้



ภาพที่ 3.10 แผนผังการทำการฝึก

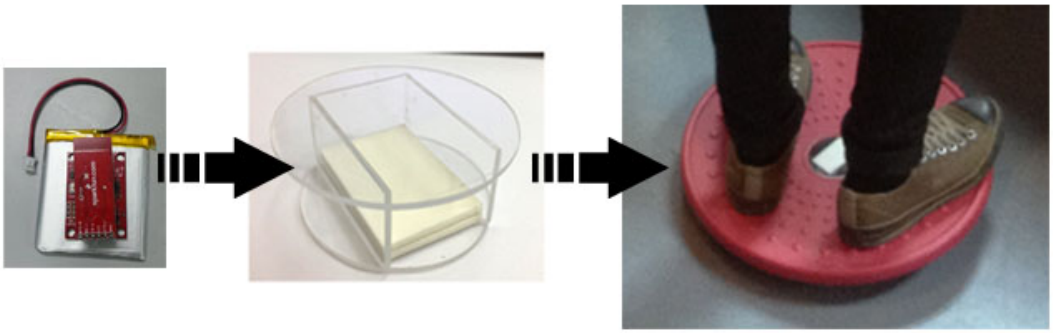
ขั้นตอนการทำงานในส่วนของประวัติผู้ป่วย เมื่อเริ่มโปรแกรม โปรแกรมจะแสดงรายชื่อผู้ป่วยให้ผู้ใช้งานเลือกก่อน เมื่อเลือกแล้วโปรแกรมจะแสดงข้อมูลชุดฝึกที่มีในโปรแกรม ผู้ใช้งานสามารถเลือกจะทำการฝึกได้ หรือย้อนกลับไปหน้าแรกเพื่อเลือกชุดฝึกใหม่ เมื่อผู้ฝึกได้ทำการฝึกแล้ว ผู้ฝึกสามารถเลือกที่จะบันทึกข้อมูลนั้นๆหรือไม่บันทึกก็ได้ หากบันทึกผู้ใช้งานสามารถเลือกจะทำการฝึกให ม่ได้ โดยโปรแกรมจะนำไปยังหน้าเลือกแบบฝึกใหม่ หรือหากผู้ใช้ต้องการสิ้นสุดการทำงาน ก็จะเป็นการจบโปรแกรมในการฝึกครั้งนี้

บทที่ 4
การทดสอบชุดฝึก

การใช้งานโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว มี 2 ส่วนที่ทำงานร่วมกันคือกระดานทรงตัว และโปรแกรมฝึกการทรงตัว โดยอธิบายการใช้งานดังนี้

4.1 กระดานฝึกทรงตัว

กระดานทรงตัวนี้เป็นอุปกรณ์ที่ดัดแปลงมาจากกระดานทรงตัวแบบปรกติ ที่ใช้ในการฝึกการทรงตัวในผู้ที่สูญเสียการทรงตัว หรือมีปัญหาด้านการทรงตัว โดยทำการเพิ่มเติมอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวประกอบไปด้วย 3 อุปกรณ์เข้าด้วยกัน ได้แก่ Razor-IMU Bluetooth Mate Gold และ Battery จากนั้นจึงประกอบอุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัวเข้ากับกล่องใส เพื่อประกอบเข้ากับกระดานทรงตัว ดังภาพที่ 4.1

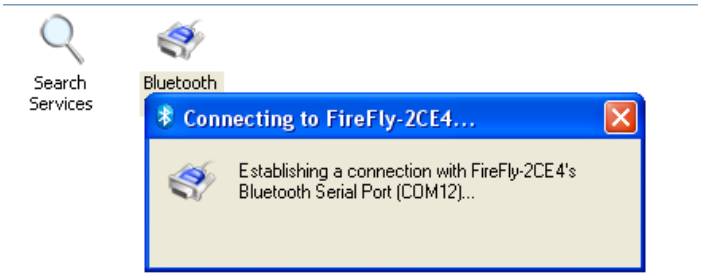


ภาพที่ 4.1 การประกอบอุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัวเพื่อใช้งาน

4.2 การเชื่อมต่อกระดานทรงตัวกับโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

สำหรับขั้นตอนนี้ เป็นการเชื่อมต่อระหว่างกระดานทรงตัวที่ประกอบอุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว กับเครื่องคอมพิวเตอร์ชุดฝึกการทรงตัว โดยใช้สัญญาณบลูทูธในการเชื่อมต่อ มีขั้นตอนการเชื่อมต่อดังนี้

1) เปิดอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ที่บริเวณด้านบนของ Razor IMU หลอดไฟ LED บน Razor IMU จะปรากฏเป็นสีแดงกระพริบ
2) ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเข้ากับคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องสามารถใช้ software ที่ติดมากับเครื่องได้ หรือสามารถใช้ software ช่วยในการจัดการการเชื่อมต่อ ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แสดงการเชื่อมต่อเซนเซอร์กับคอมพิวเตอร์

3) เมื่อทำการเชื่อมต่อสำเร็จแล้ว หลอดไฟ LED บน Razor IMU จะปรากฏเป็นสีเขียวตลอดระยะเวลาที่ทำงาน

4.3 โปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

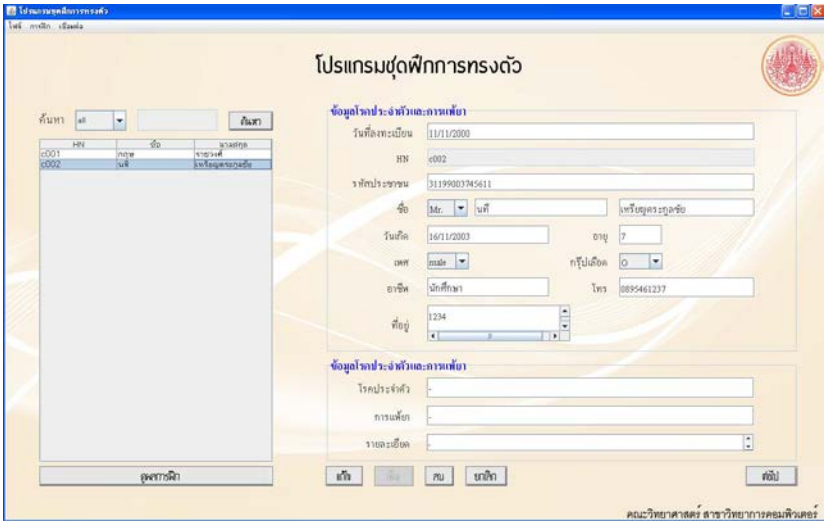
4.3.1 หน้าแรก

หน้าแรกเป็นหน้าสำหรับแนะนำข้อมูลโปรแกรม ในเบื้องต้น ดังภาพที่ 4.3

ภาพที่ 4.3 หน้าจอแสดงหน้าแรกของโปรแกรม

4.3.2 หน้าเลือกผู้ฝึก

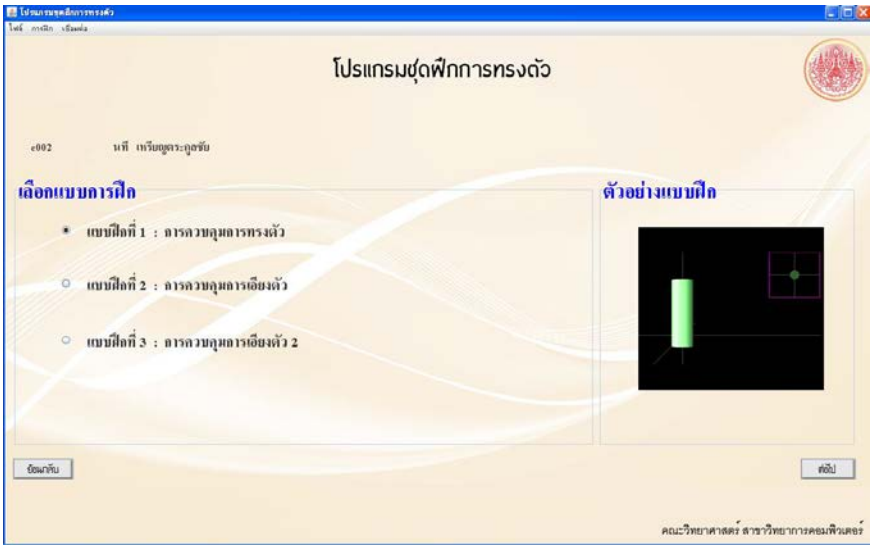
หน้าเลือกผู้ฝึกเป็นหน้าสำหรับเลือกผู้ป่วยที่จะทำการฝึก หรือจัดการข้อมูลประวัติ ในหน้านี้ ผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ว่าจะเรียกดูประวัติการฝึก แก้ไขประวัติผู้ป่วย หรือ อเลือกแบบฝึกเพื่อทำการฝึก ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 หน้าจอแสดงข้อมูลผู้ฝึกและเลือกผู้ฝึก

4.3.3 หน้าเลือกแบบฝึก

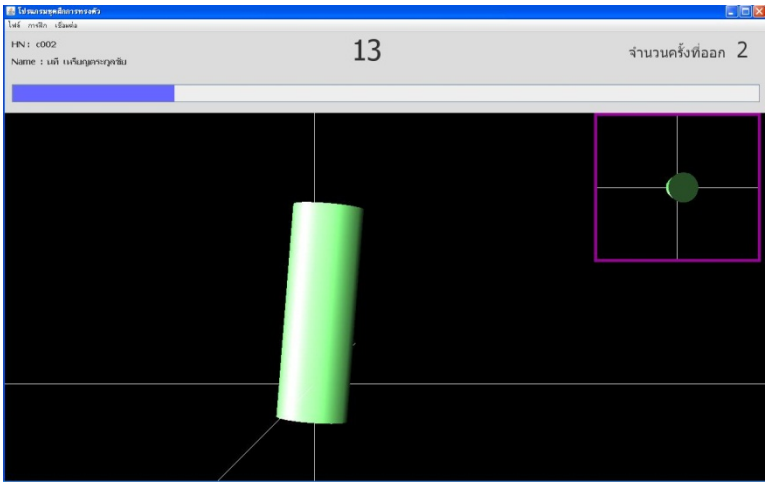
หน้าเลือกแบบฝึกเป็นหน้าสำหรับเลือกแบบฝึกที่ต้องการจะทำการฝึก โดยแบบฝึกในโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว จะสามารถเลือกได้ 3 แบบฝึกดังนี้



ภาพที่ 4.5 หน้าจอแสดงหน้าเลือกแบบฝึก

4.3.3.1 แบบฝึกที่ 1:การควบคุมการทรงตัว

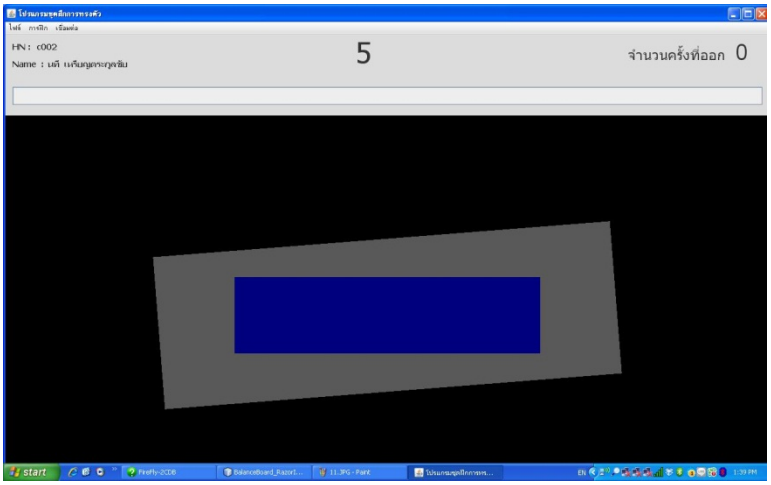
แบบฝึกนี้เป็นการควบคุมแท่งทรงกระบอกให้อยู่ในระนาบ x, y และ z ตามลำดับ ตามเส้นสีขาวที่ปรากฏบนหน้าจอ ผู้ป่วยจะต้องควบคุ มให้ได้ในระยะเวลาที่กำหนด ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 หน้าจอแสดงหน้าเลือกแบบฝึกที่ 1 การควบคุมการทรงตัว

4.3.3.2 แบบฝึกที่ 2:การควบคุมการทรงตัวซ้ายขวา

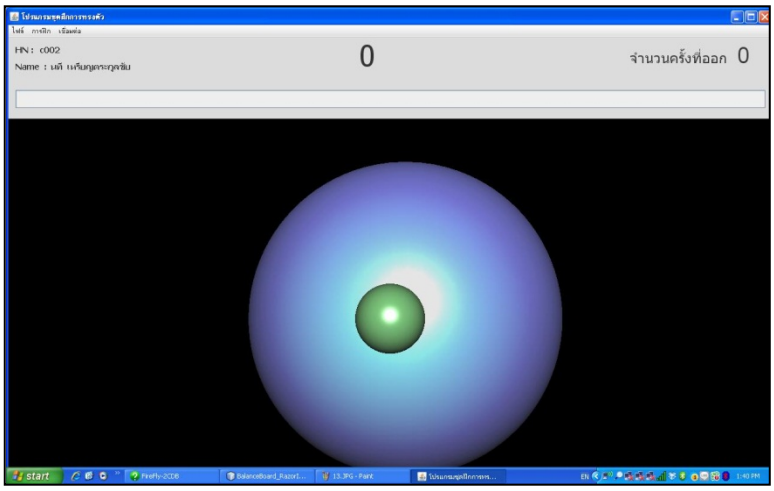
แบบฝึกนี้เป็นการควบคุมสี่เหลี่ยมเล็กสีฟ้าให้เอียงไปตามสีเลี่ยมใหญ่สีเทา ผู้ป่วยจะต้องควบคุมให้ได้ในระยะเวลาที่กำหนด ดังภาพที่ 4.7



รูปที่ 4.7 หน้าจอแสดงหน้าเลือกแบบฝึกที่ 2 การควบคุมการทรงตัวซ้ายขวา

4.3.3.3 แบบฝึกที่ 3:การควบคุมการทรงตัวรอบทิศทาง

แบบฝึกนี้เป็นการควบคุมการเอียงตัวของวงกลมเล็กสีเขียว ให้อยู่ภายในวงกลมใหญ่สีม่วง ผู้ป่วยจะต้องควบคุมให้ได้ในระยะเวลาที่กำหนด ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 หน้าจอแสดงหน้าเลือกแบบฝึกที่ 3 การควบคุมการทรงตัวรอบทิศทาง

4.4 การทดสอบชุดฝึกการทรงตัว

4.4.1 กลุ่มเป้าหมายในการทดสอบ

ประกอบด้วย

- อาจารย์กายภาพบำบัด ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนทางด้านระบบประสาทมาไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 4 คน
- ผู้ป่วยทางระบบประสาท ผู้สูงอายุ นักกีฬา ที่สามารถสื่อสารและเข้าใจขั้นตอนการฝึก จำนวน 15 คน

4.4.2 สถานที่ดำเนินการทดสอบ

- คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี
- คลินิกกายภาพบำบัด / แผนกกายภาพบำบัด / ศูนย์กีฬา

4.4.3 ขั้นตอนการทดสอบ

กลุ่มเป้าหมายทั้งหมดจะได้รับคำอธิบายถึงขั้นตอนการดำเนินงานในการเก็บข้อมูลการทดสอบทั้งหมด วิธีการใช้อย่างละเอียดและทดสอบใช้ชุดฝึกการควบคุมการทรงตัว จำนวน 3 ครั้ง กลุ่มเป้าหมายจะได้รับคำอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงานและการใช้โปรแกรมฝึกในรูปแบบ

ต่างๆ จนเป็นที่ เข้าใจและสามารถใช้โปรแกรมได้เอง หลังจากนั้นกลุ่มเป้าหมายจะให้ความเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกการควบคุมการทรงตัวตามแบบประเมิน

4.4.4 ผลการทดสอบ

โปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว ถูกทดสอบใน 2 ด้านคือ

4.4.4.1 ด้านที่ 1: ความเหมาะสมของแบบแผนการฝึกตามหลักวิชาการ

ได้รับการประเมินโดยอาจารย์กายภาพบำบัดจำนวน 4 คน ได้ผลการประเมินมีดังนี้

1) มีความถูกต้องตามหลักวิชาการในการทำงานประสานกันของสมอง ตา และการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ค่อยๆทำจากง่ายไปยาก พร้อมกับภาพและเสียงที่สามารถเป็นสัญญาณป้อนกลับมาให้ผู้ป่วยได้เป็นอย่างดี อยู่ ในเกณฑ์ดีมาก
2) การทำงานของโปรแกรม สามารถกระตุ้นการทำงานของร่างกายอยู่ในเกณฑ์ดี
3) รูปแบบการฝึกมีความสอดคล้องกับปัญหาการควบคุมการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยอยู่ในเกณฑ์ดี
4) เงื่อนไขของโปรแกรมที่ออกแบบไว้ เช่นการกำหนดเวลา และจำนวนครั้ง สามารถใช้เป็นตัวกระตุ้นการเรียนรู้การ ทำงานของร่างกายเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการทรงตัวให้กับกลุ่มตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ดี
5) รูปแบบและโครงสร้างของเกมส์คอมพิวเตอร์เป็นการออกแบบมาจากการทำงานที่คล้ายกับการทำงานจริงของแขนและสมอง โดยมีสัญญาณป้อนกลับจากเสียงและภาพที่ปรากฏ

4.4.4.2 ด้านที่ 2 : ด้านความพึงพอใจของผู้ป่วย

ถูกประเมินโดยผู้ป่วยจำนวน 15 ราย พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รู้สึกพึงพอใจกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ได้ลองฝึกใช้อยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาชุดฝึกการทรงตัว โดยมีการแบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วนคือ กระดานทรงตัว และโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว กระดานทรงตัวได้ดัดแปลงจากกระดานทรงตัวปรกตินำมาเพิ่มอุปกรณ์ตรวจจับการทรงตัว ที่ประกอบด้วย 3 อุปกรณ์ด้วยกันคือ Razor-IMU สำหรับตรวจจับการทรงตัวของผู้ป่วย Bluetooth Mate Gold สำหรับส่งข้อมูลการทรงตัวกลับไปยังคอมพิ วเตอร์ที่ทำงานร่วมกับโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัวแบบไร้สายผ่านทางสัญญาณบลูทูธ และ Battery สำหรับเป็นแหล่งพลังงานของชุดอุปกรณ์ ส่วนโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาเป็น 3 แบบฝึกคือ การควบคุมการทรงตัว สำหรับเน้นการฝึกการรักษาสมดุลในการทรงตัวให้กระดูกสันหลังตั้งตรง การควบคุมการทรงตัวซ้ายขวา สำหรับฝึกการทรงตัวไปตามแบบฝึกในการเอียงตัวซ้ายขวา และการควบคุมการทรงตัวรอบทิศทาง สำหรับฝึกการทรงตัวในลักษณะรอบทิศทางของตัว ผู้ฝึก โปรแกรมสามารถบันทึกประวัติผู้ป่วยและผลการฝึกเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทางกายภาพบำบัดทำการวิเคราะห์ผลการกายภาพบำบัดได้สะดวกยิ่งขึ้น

ผลจากการทดสอบการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญทางกายภาพบำบัด พบว่ามีความถูกต้องตามหลักวิชาการในการทำงานประสานกันของสมอง ตา และการเคลื่ อนไหวของร่างกายที่ค่อยๆทำจากง่ายไปยาก พร้อมกับภาพและเสียงที่สามารถเป็นสัญญาณป้อนกลับมาให้ผู้ป่วย อยู่ในเกณฑ์ดีมาก การทำงานของโปรแกรม สามารถกระตุ้นการทำงานของร่างกาย อยู่ในเกณฑ์ดี รูปแบบการฝึกมีความสอดคล้องกับปัญหาการควบคุมการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย อยู่ในเ กณฑ์ดี เงื่อนไขของโปรแกรมที่ออกแบบไว้ เช่นการกำหนดเวลา และจำนวนครั้ง สามารถใช้เป็นตัวกระตุ้นการเรียนรู้การทำงานของร่างกายเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการทรงตัวให้กับกลุ่มตัวอย่าง อยู่ในเกณฑ์ดี ด้านความพึงพอใจของผู้ป วย ผู้ป่วยมีความพึงพอใจกับเครื่องมือและอุ ปกรณ์ที่ได้ลองฝึกใช้ อยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก และจากการทดสอบในภาพรวมพบว่า เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากทางคลินิก และเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้กับนักกายภาพบำบัดหรือบุคลากรทางการแพทย์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการรักษา ฟื้นฟูการควบคุมการทรงตัวให้กับผู้ป่วยแล ะเสริมสมรรถภาพในการทรงตัวเพื่อป้องกันการล้มในผู้สูงอายุ และเพิ่มทักษะให้กับนักกีฬาได้เป็นอย่างดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การแสดงผลสรุปหลังการฝึก ควรเพิ่มค่ามุมหรือระยะทางที่มีการเคลื่อนออกนอกตำแหน่งที่กำหนดควบคู่ไปกับจำนวนครั้งที่มีการเคลื่อนที่ออก

2) ควรปรับให้เซนเซอร์มาติดตามจุดต่างๆในร่างกายได้ เพื่อการฝึกควบคุมการทรงท่าในท่านั่งและการฝึกกล้ามเนื้อลำตัว หรือฝึกการทรงท่าในท่ายืนบนพื้นราบ

3) ควรเพิ่มรูปแบบโปรแกรมการฝึกและการแสดงผลขณะฝึก เช่น ฝึกการลงน้ำหนัก ใช้วงกลมแสดง การฝึก การถ่ายน้ำหนัก และการฝึกที่เน้นขาทีละข้า ง เพื่อนำไปใช้ในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกได้

4) ควรให้มีการปรับมุมของความยากแต่ละระดับได้เอง เพื่อให้เหมาะสมกับผู้ฝึกแต่ละราย เนื่องจากความสามารถของแต่ละคนไม่เท่ากัน

5) ควรมีเสียงเตือนเวลาที่ไม่สามารถรักษาตำแหน่งร่างกายได้ตามกำหนด เพื่อเป็นการกระตุ้นผู้ฝึก

บรรณานุกรม

1. Carr J, Shepherd R. ***Neurological rehabilitation***: optimizing motor performance.Butterworth Heineman; 2000.
2. Dutton R. Clinical ***resoning in physical disabilities***. Baltimore: William&wilkins; 1995.
3. Lundy-Ekman L. ***Neuroscience: fundamentals for rehabilitation,3rd ed. Philadaphia***: W.B. Saunders; 2007.
4. Mayo. ***Clinical examination in neurology, 7th ed,*** Mayo clinic department of neurology. Mosby; 1998.
5. Misulis KE, Head TC. ***Netter's concise neurology.*** United State of America: Saunders; 2007.
6. Natee Rientrakulchai ,Warangkhana Kimpan, Wisan Tangwongcharoen. (2013). ***Pattern Analysis of Golf Swing Using Motion Sensors***. Proceeding 0f 2013 3rd International Conference on Computer Engineering and Bioinformatics (ICCEB 2013). Bangkok,Thailand. November 24 ,2013.
7. Shumway-Cook A, Woolacott M. Motor control: Translating research into clinical practice. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
8. Sullivan SB, Schmitz TJ. Physical rehabilitation: assessment and treatment.3rd ed. Philadelphia: FA Davis Company; 1980.
9. Suzanne K, Campbell RJ, Palisano DW, Vander L. Physical therapy for children. St. Louis: Elsevier Saunders; 2006.
10. วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ. (2554). ***รายงานการวิจัยการพัฒนาชุดฝึกการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยสัญญาณไฟฟ้าป้อนกลับ***. รายงานประจำปี 2554 สำนักงานวิจัยแห่งชาติ(วช.). กรุงเทพฯ.
11. Biomedical Engineering. 13 กรกฎาคม 2554. ***Accelerometer*** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://bme231metrology.blogspot.com/2011/07/accelerometer-iphone-accelerometer.html 22 พฤศจิกายน 2556.

12. GuRuu. 29 พฤศจิกายน 2552. *Magnetometer*(ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://guru.sanook.com/answer/question/magnetometer/. 22 พฤศจิกายน 2556.

13. Rehab2554. 2556. ***อุปกรณ์ในการฝึกกายภาพบำบัดและกิจกรรมบำบัด*** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://rehab2554.alotspace.com/tool.php . 23 พฤศจิกายน 2556.

14. Sleeping for less. 2 มีนาคม 2556. *การใช้งาน Accelerometer* (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.akexorcist.com/2013/03/android-code-accelerometer.html 22 พฤศจิกายน 2556

15. กฤษณ์ เตตานนทร์สกุล. 2556. *บลูทูธ "ฟันสีฟ้า" เทคโนโลยีไร้สายสำหรับอนาคต* (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.siamphone.com/news/bluetooth/page.htm. 22 พฤศจิกายน 2556

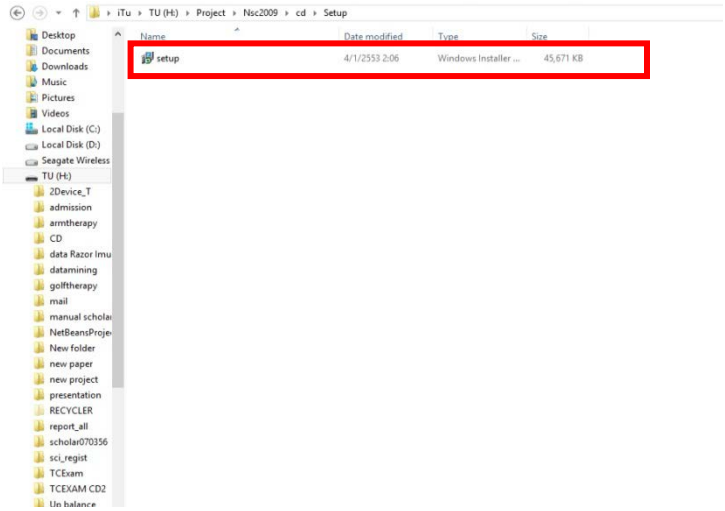
16. วิกิพีเดีย 22 ตุลาคม 2556. *ไจโรสโคป* (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%88%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%AA%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%9B. 22 พฤศจิกายน 2556.

17. เอนจิเนียร์การาจ. ***Magnetometers*** (ออนไลน์)**.** แหล่งที่มา : http://www.engineersgarage.com/sites/default/files/imagecache/Original/wysiwyg_imageupload/4214/3D-fluxgate-magnetometer.jpg . 28 พฤศจิกายน 2556.

ภาคผนวก

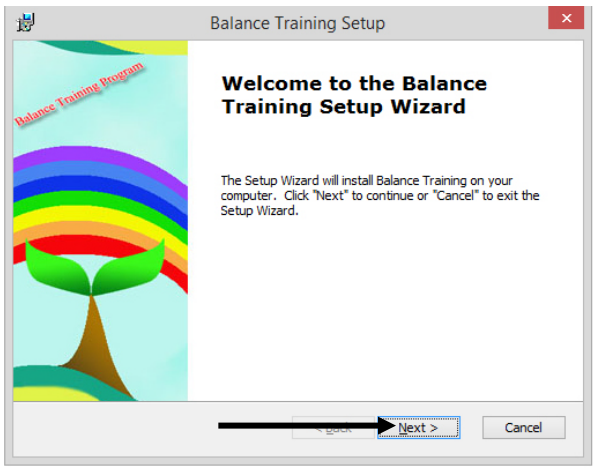
ภาคผนวก ก
วิธีการติดตั้งโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

1. เมื่อเปิดแผ่นซีดีผู้ใช้จะพบกับไฟล์ชื่อเซ็ทอัพ ดับเบิ้ลคลิกที่ไฟล์



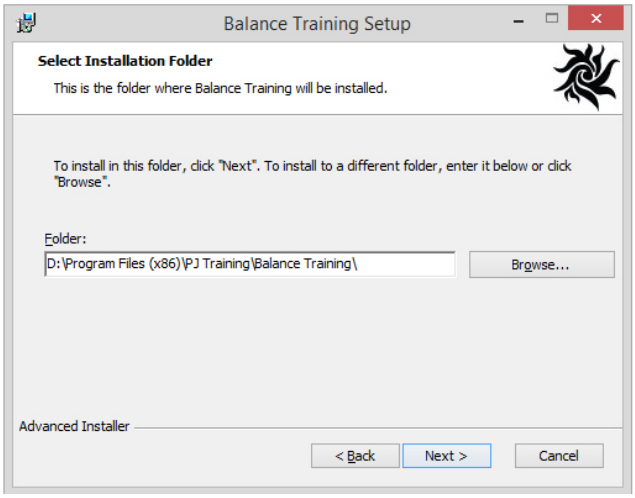
ภาพที่ ก.1 แสดงไฟล์ที่ติดตั้งโปรแกรมชุดฝึก

2. หลังจากเปิดไฟล์เซ็ทอัพเรียบร้อยแล้ว จะแสดงหน้าต่างเพื่อให้ติดตั้งโปรแกรม คลิกที่ next



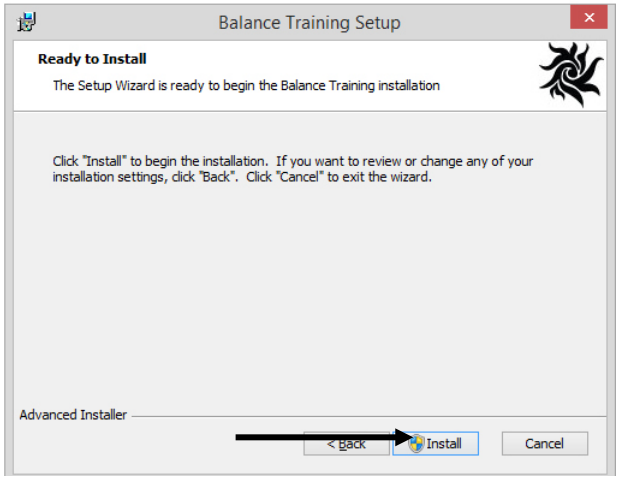
ภาพที่ ก.2 หน้าต่างเพื่อติดตั้งโปรแกรม

3. โปรแกรมติดตั้งจะให้ผู้ใช้เลือกที่ติดตั้งไฟล์ ซึ่งผู้ใช้สามารถเปลี่ยนได้ตามใจชอบ



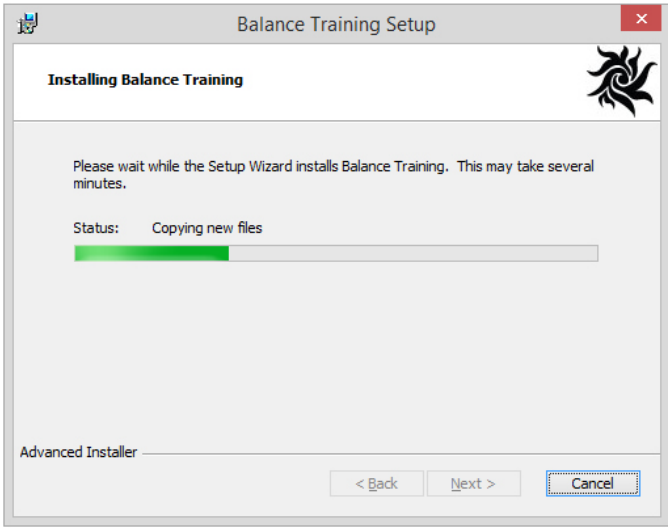
ภาพที่ ก.3 ขั้นตอนต่อไปของการติดตั้ง

4. โปรแกรมติดตั้งอธิบายว่าถ้าต้องการติดตั้ง คลิกที่ install ถ้าไม่ต้องการคลิก cancel



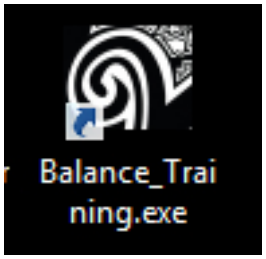
ภาพที่ ก.4 ยืนยันการติดตั้งโปรแกรม

6. เริ่มการติดตั้งโปรแกรมลงคอมพิวเตอร์



รูปที่ ก.5 แสดงขณะกำลังติดตั้งโปรแกรม

7.เมื่อติดตั้งโปรแกรมเสร็จ รีสตาร์ทคอมพิวเตอร์ 1ครั้ง เมื่อเปิดคอมพิวเตอร์ขึ้นมา จะมีไอคอนโปรแกรมอยู่หน้าเดสก์ท็อป หากไม่มีให้คลิกที่ start เลือกที่ All program

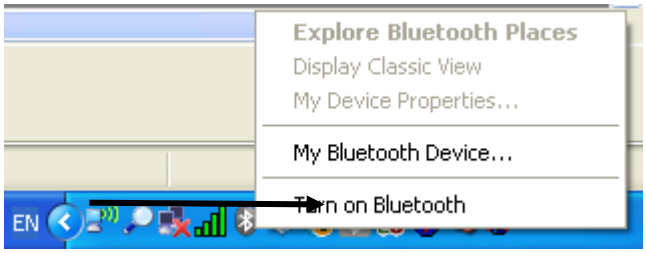


รูปที่ ก.6 ไอคอนโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

ภาคผนวก ข

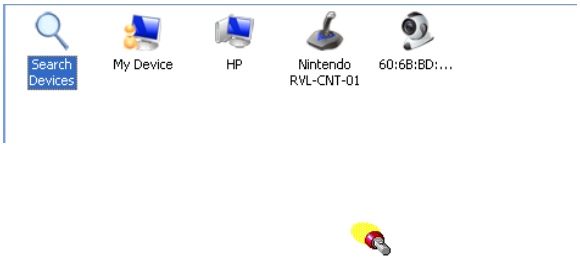
วิธีการเชื่อมต่อระหว่างกระดานทรงตัวกับโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัวด้วยสัญญาณบลูทูธ

1. เมื่อผู้ใช้เปิดคอมพิวเตอร์เข้าสู่หน้าระบบปฏิบัติการเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้คลิกขวาที่สัญลักษณ์บลูทูธ จากนั้นคลิกที่ Turn on Bluetooth เพื่อเปิดการใช้งานอุปกรณ์ ดังภาพ ข.1



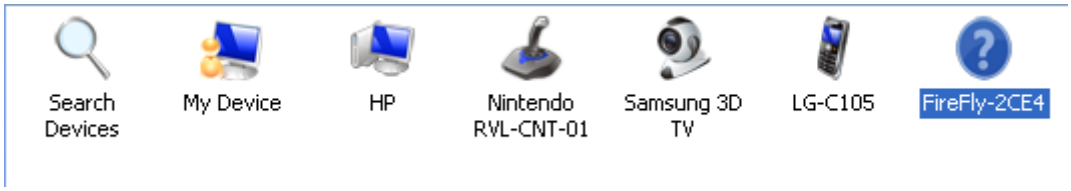
ภาพที่ ข.1 แสดงวีธีการเปิดสัญญาณบลูทูธ

2. หลังจากเปิดการใช้งานอุปกรณ์บลูทูธเรียบร้อยแล้ว จะมีหน้าต่างสำหรับหาอุปกรณ์ที่ต้องการเชื่อมต่อ เพื่อค้นหาเซ็นเซอร์



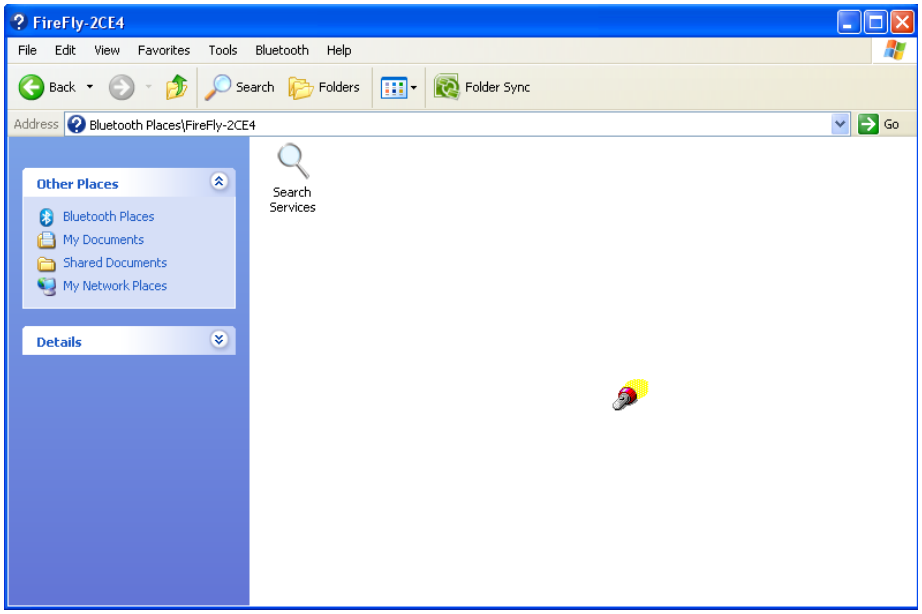
ภาพที่ ข.2 แสดงการค้นหาอุปกรณ์

3. เมื่อพบอุปกรณ์แล้ว จะแสดงไอคอนอุปกรณ์เพิ่มขึ้นมา จากนั้นให้ดับเบิ้ลคลิกที่ไอคอนอุปกรณ์เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์



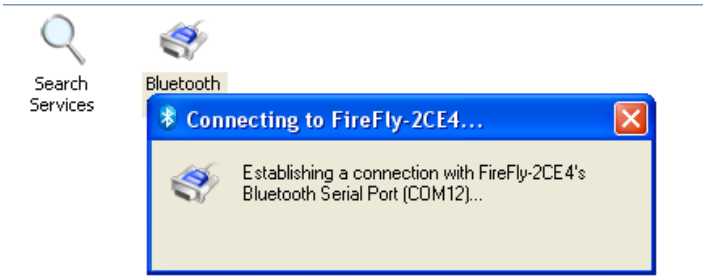
ภาพที่ ข.3 แสดงการพบอุปกรณ์ที่ต้องการเชื่อมต่อ

4. หลังจากดับเบิ้ลคลิกแล้ว เข้าสู่หน้าค้นหาอุปกรณ์เพื่อให้เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ ดังภาพที่ ข.4



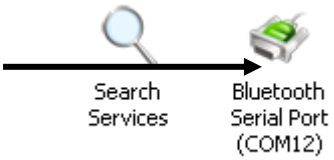
ภาพที่ ข.4 หน้าจอแสดงการค้นหาอุปกรณ์

5. เมื่อพบอุปกรณ์แล้ว ดับเบิ้ลคลิกที่อุปกรณ์ เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ ดังภาพที่ ข.5



ภาพที่ ข.5 หน้าจอแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์

6. ถ้าเชื่อมต่ออุปกรณ์เรียบร้อยระบบปฏิบัติการจะแจ้งการเชื่อมต่อที่สมบูรณ์ ดังภาพที่ ข .6 แต่ถ้าอุปกรณ์เชื่อมต่อไม่สมบูรณ์หรือขาดการเชื่อมต่อจะเป็นสีฟ้า ให้ย้อนกลับไปทำขั้นตอนที่ ข .5 อีกครั้ง

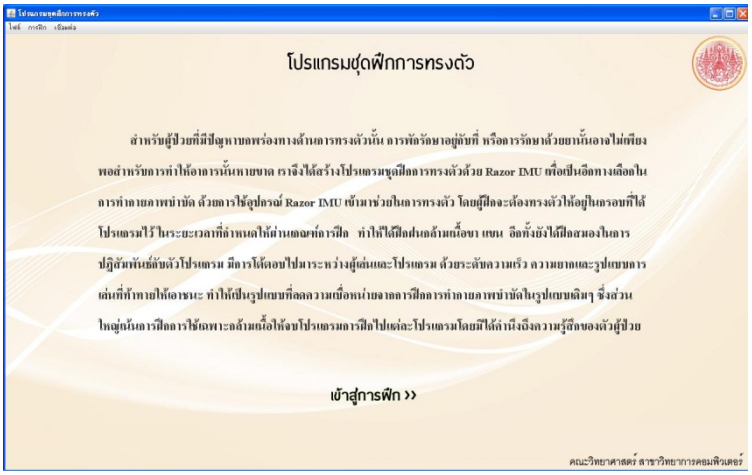


ภาพที่ ข.6 หน้าจอแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์สมบูรณ์

ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้งานโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

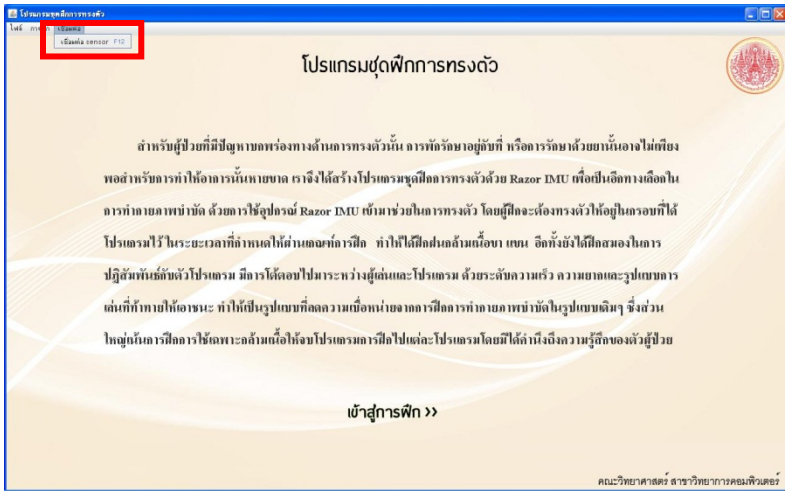
1.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์

เมื่อเข้าโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว หน้าแรกของโปรแกรมเป็นการอธิบายจุดประสงค์ของโปรแกรม และวิธีการฝึกโดยสังเขป ก่อนที่จะเริ่มการฝึกได้นั้น ผู้ใช้ต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้เรียบร้อยเสียก่อนโดยมีขั้นตอน ดังนี้



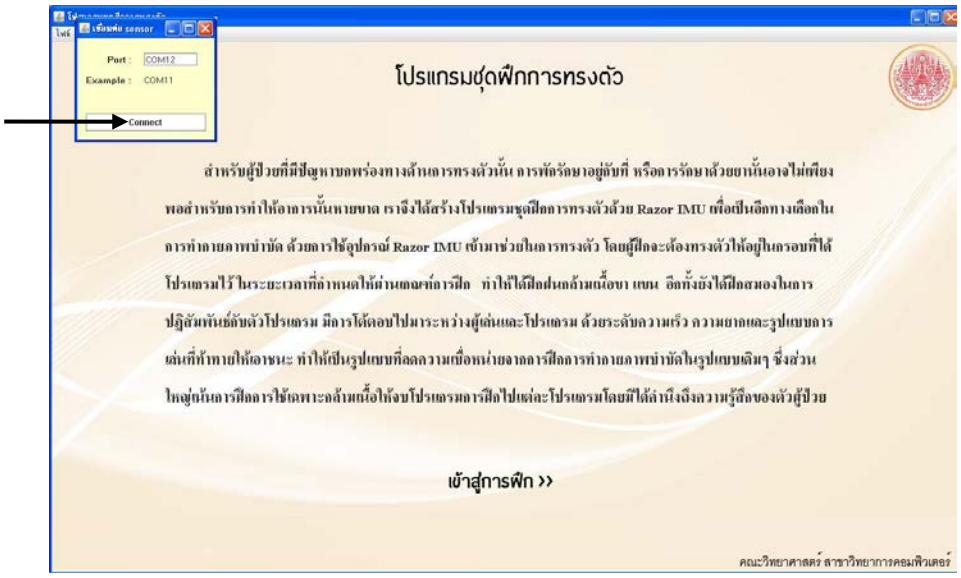
ภาพที่ ค.1 หน้าแรกของโปรแกรมชุดฝึกการทรงตัว

1.1.1 คลิกที่ปุ่มเชื่อมต่อในกรอบสีแดง เมื่อคลิกแล้วจะมีเมนูให้ผู้ใช้เชื่อมต่อเซ็นเซอร์ ดัง ภาพที่ ค.2



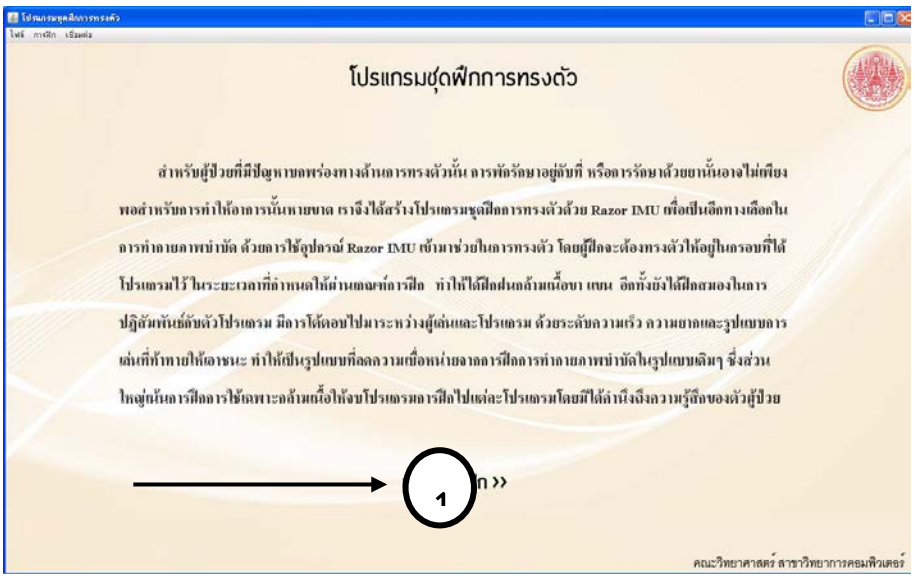
ภาพที่ ค.2 หน้าจอเมื่อผู้ใช้คลิกที่ปุ่มเชื่อมต่อ

1.1.2 หลังจากคลิกเชื่อมต่อเซ็นเซอร์เรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงหน้าจอเชื่อมต่อพอร์ท ให้ผู้ใช้กรอก โดยกรอกพอร์ทที่ได้เชื่อมต่อไว้แล้วในขั้นตอนที่ ข.6 ในที่นี้ คือ COM12 คลิกปุ่ม Connect ดังภาพที่ ค.3



ภาพที่ ค.3 หน้าจอแสดงการเชื่อมต่อพอร์ท

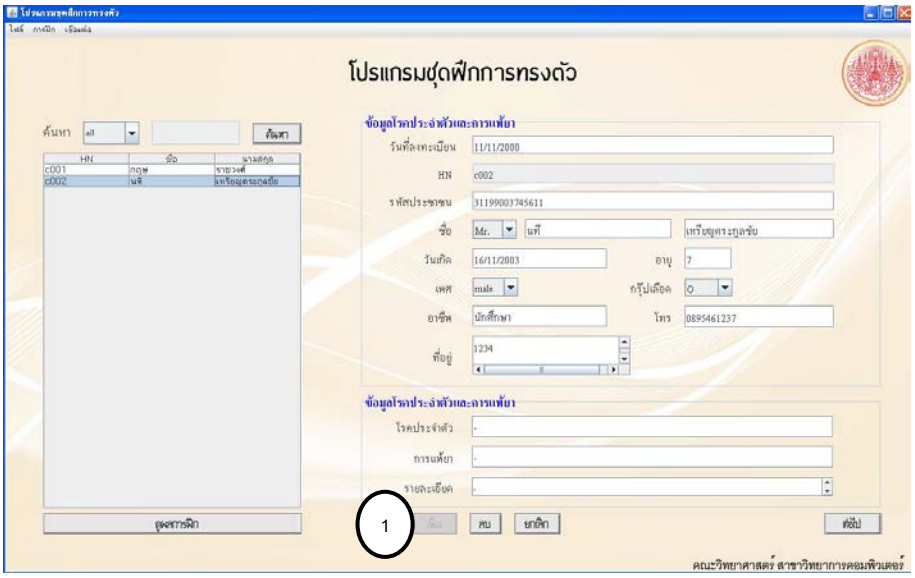
1.1.3 เมื่อเชื่อมต่อพอร์ทเรียบร้อยแล้ว คลิกที่สัญลักษณ์ที่ 1 เพื่อเข้าสู่การฝึก ดังภาพที่ ค.4



ภาพที่ ค.4 หน้าจอเข้าสู่การฝึก

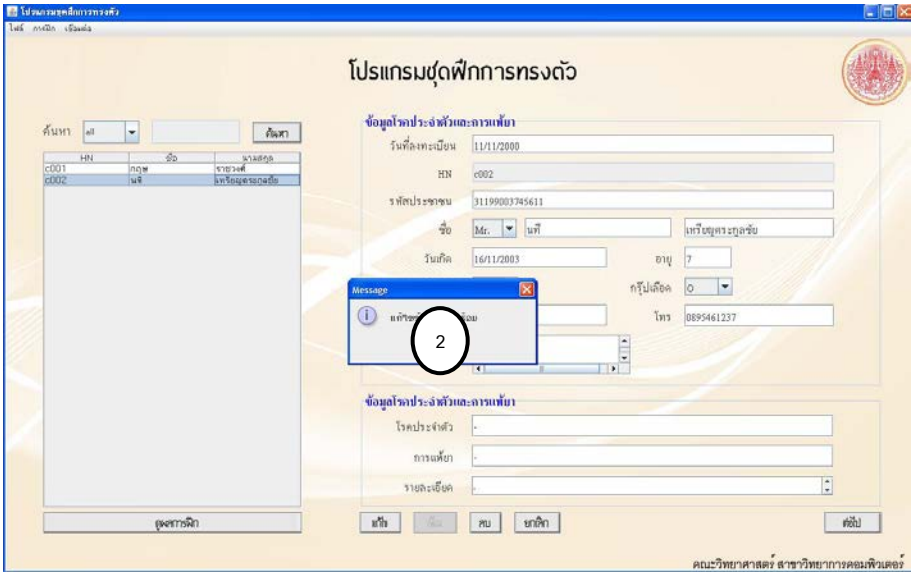
1.2 การแก้ไขข้อมูลผู้ฝึก

1.2.1 หลังจากเข้าสู่การฝึกแล้ว โปรแกรมจะแสดงข้อมูลผู้ฝึก เพื่อเลือกผู้ฝึก ดังภาพที่ ค.5 ถ้าผู้ใช้ต้องการแก้ไขข้อมูลผู้ฝึก ทำได้โดยการคลิกสัญลักษณ์ที่ 1 ดังภาพที่ ค.5



ภาพที่ ค.5 หน้าจอแสดงข้อมูลผู้ฝึก

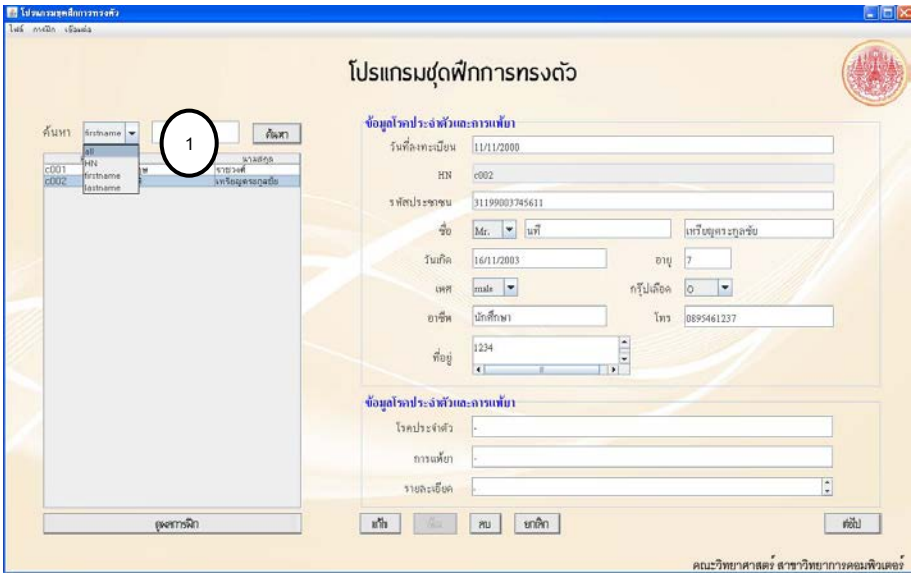
1.2.2 เมื่อแก้ไขเรียบร้อย โปรแกรมจะแจ้งว่าแก้ไขข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ดังภาพที่ ค.6 คลิกที่สัญลักษณ์ที่ 2 เพื่อสิ้นสุดการแก้ไขข้อมูล



ภาพที่ ค.6 หน้าจอแสดงการแก้ไขข้อมูล

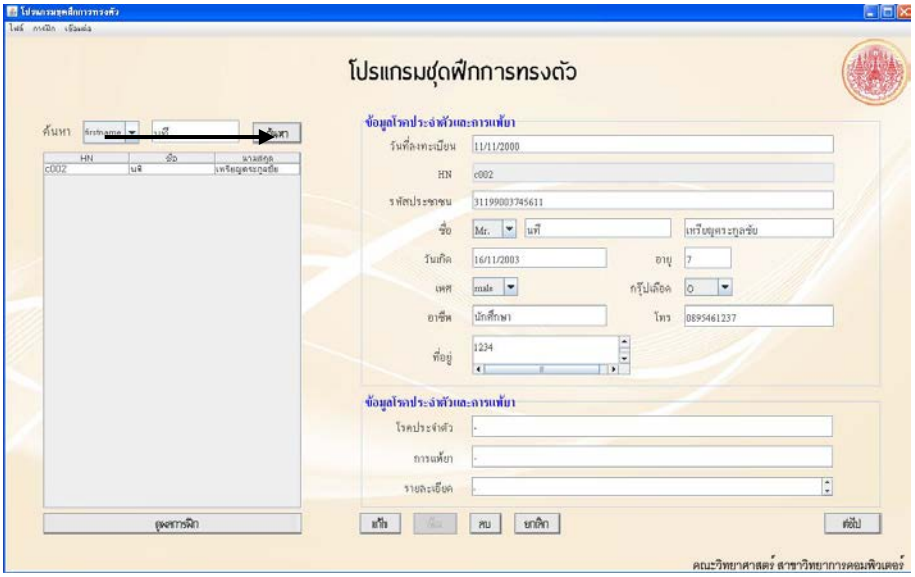
1.3 การค้นหาผู้ฝึก

1.3.1 ผู้ใช้สามารถค้นหาผู้ฝึกโดยเลือกที่สัญลักษณ์ที่ 1 เพื่อเลือกประเภทการค้นหา ซึ่งค้นจากรหัสประจำตัวผู้ฝึก ชื่อจริง หรือนามสกุล



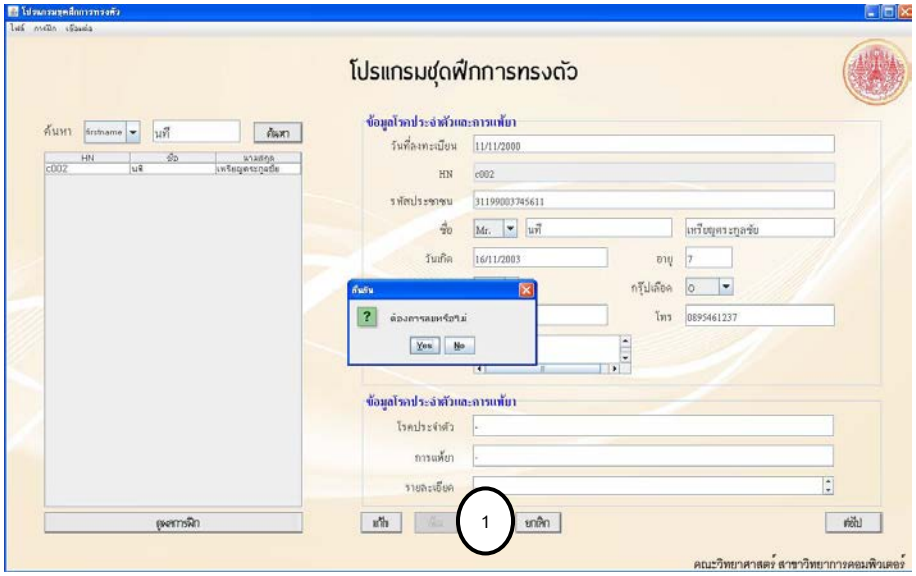
ภาพที่ ค.7 หน้าจอเลือกประเภทการค้นหา

1.3.2 จากตัวอย่างค้นหาผู้ฝึกจากชื่อจริง โดยพิมพ์ชื่อจริงในช่องค้นหาเพื่อลบข้อมูลผู้ฝึก คลิกปุ่ม ค้นหา ดังภาพที่ ค.7



ภาพที่ ค.8 หน้าจอแสดงการค้นหาข้อมูลผู้ฝึกด้วยชื่อจริง

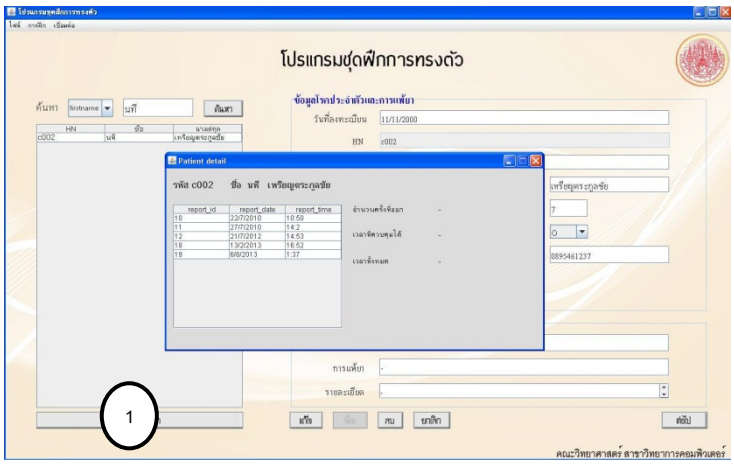
1.3.3 เมื่อค้นหาพบ คลิกที่ปุ่มลบที่สัญลักษณ์ที่ 1 โปรแกรมจะแสดงข้อความต้องการลบ คลิก yes หากไม่ต้องการคลิก no ดังภาพที่ ค.9



ภาพที่ ค.9 หน้าจอแสดงการลบข้อมูลผู้ฝึก

1.4 การดูประวัติผู้ฝึก

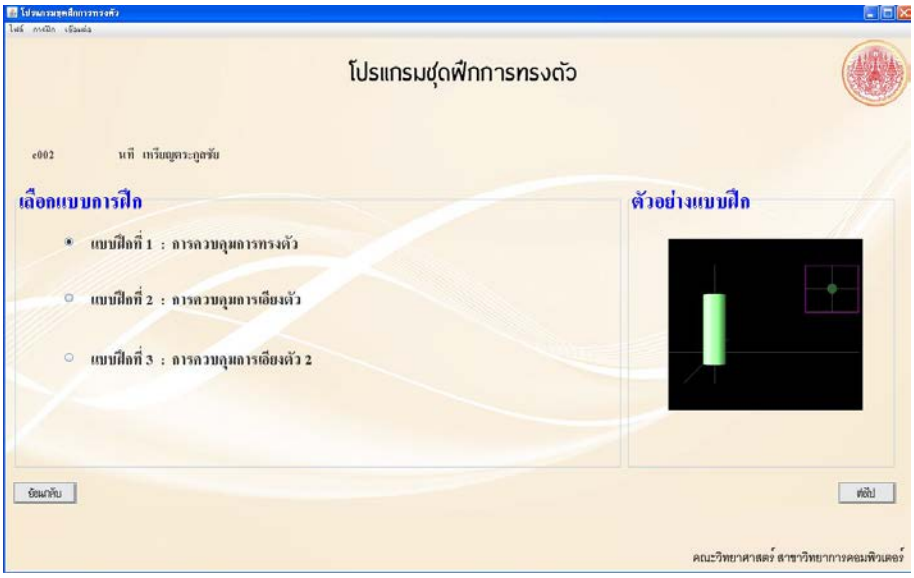
1.4.1 ถ้าผู้ใช้ต้องการดูประวัติการฝึก สามารถดูได้จากปุ่มดูผลการฝึก คลิกที่สัญลักษณ์ที่ 1



รูปที่ ค.10 หน้าจอแสดงประวัติการฝึก

1.5 การใช้ชุดฝึก

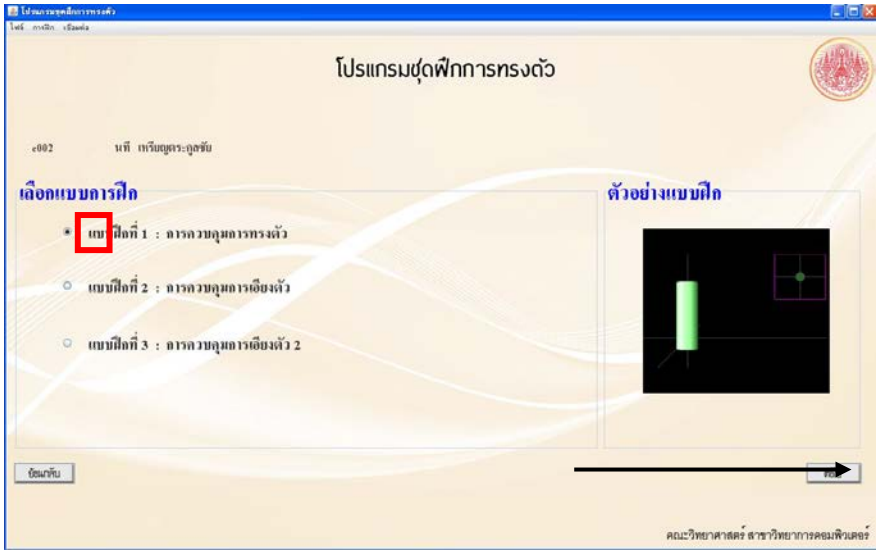
เมื่อเลือกผู้ฝึกเรียบร้อยแล้ว เข้าสู่หน้าจอเลือกแบบฝึกซึ่งมีให้เลือก 3 แบบด้วยกัน ดังนี้ 1. การควบคุมการทรงตัว 2. การควบคุมการเอียงตัว 3. การควบคุมการเอียงตัว 2



ภาพที่ ค.11 หน้าจอแสดงแบบฝึก

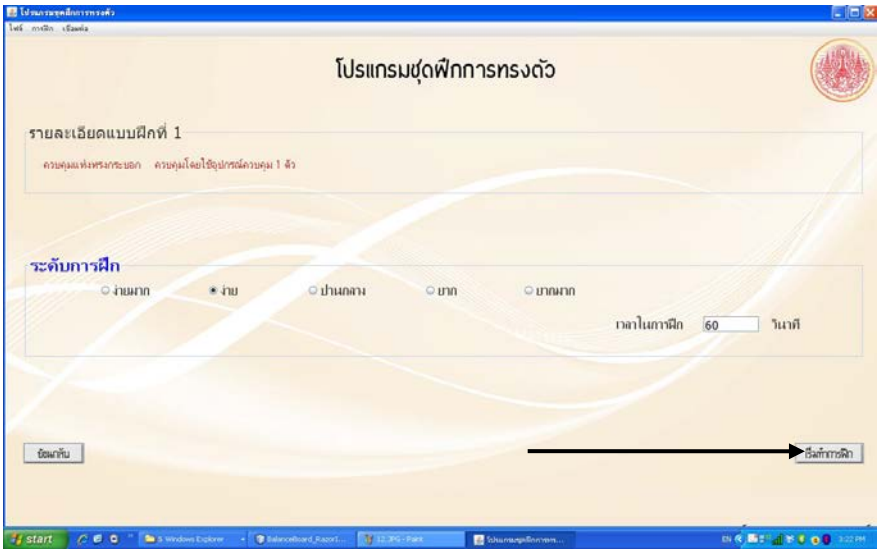
1.5.1 การใช้แบบฝึกที่ 1 การควบคุมการทรงตัว

1.5.1.1 ถ้าผู้ใช้ต้องการฝึกแบบฝึกที่1 คลิกที่กรอบสีแดงเมื่อเลือกเสร็จคลิกปุ่ม ต่อไป เพื่อกำหนดระดับการฝึก ดังภาพที่ ค.12



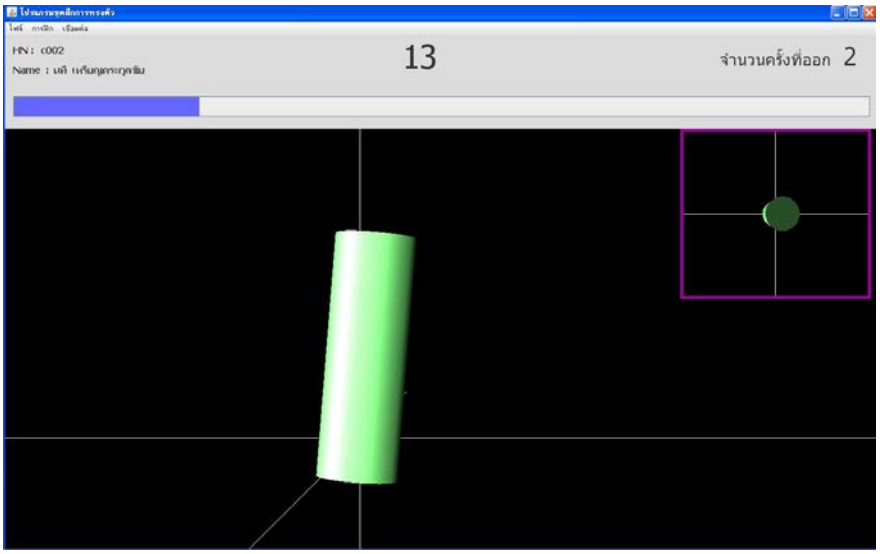
ภาพที่ ค.12 หน้าจอเมื่อเลือกแบบฝึกที่ 1 การควบคุมการทรงตัว

1.5.1.2 เมื่อเลือกแบบฝึกเรียบร้อยแล้ว เข้าสู่ขั้นตอนเลือกระดับของการฝึก และเวลาในการฝึกในหน้านี้จะแสดงรายละเอียดของแบบฝึกที่ผู้ใช้เลือก เมื่อกำหนดค่าเรียบร้อยแล้วคลิกปุ่ม ดังภาพที่ ค.13



ภาพที่ ค.13 หน้าจอแสดงรายละเอียดแบบฝึกที่1 ระดับของการฝึก และเวลาในการฝึก

1.5.1.3 เริ่มต้นการฝึกที่ 1 การควบคุมการทรงตัว วิธีการฝึกคือ ผู้ฝึกต้องบังคับให้ทรงกระบอกอยู่ตรงกลาง

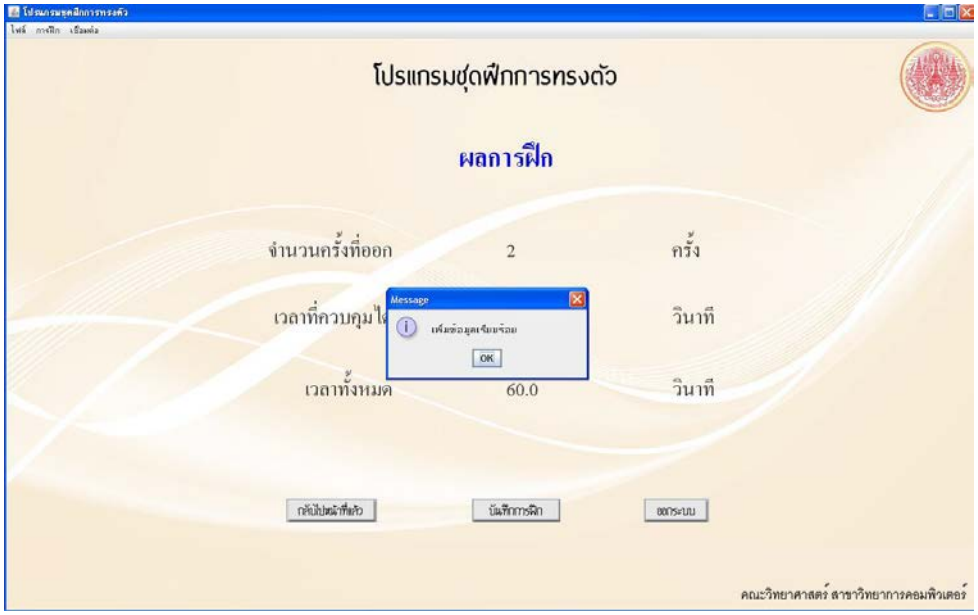


ภาพที่ 3.14 หน้าจอแสดงการฝึกที่ 1

1.5.1.4 เมื่อฝึกเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงผลการฝึก ซึ่งผู้ใช้สามารถบันทึกผลไว้โดยคลิกปุ่มบันทึกการฝึกที่สัญลักษณ์ที่ 2 คลิกปุ่มกลับไปหน้าที่แล้วที่สัญลักษณ์ที่ 1 เพื่อย้อนกลับไปเลือกแบบฝึกใหม่ หรือคลิกปุ่มออกจากระบบที่สัญลักษณ์ที่ 3 เพื่อออกจากโปรแกรม

ภาพที่ ค.15 หน้าจอแสดงผลของการฝึก

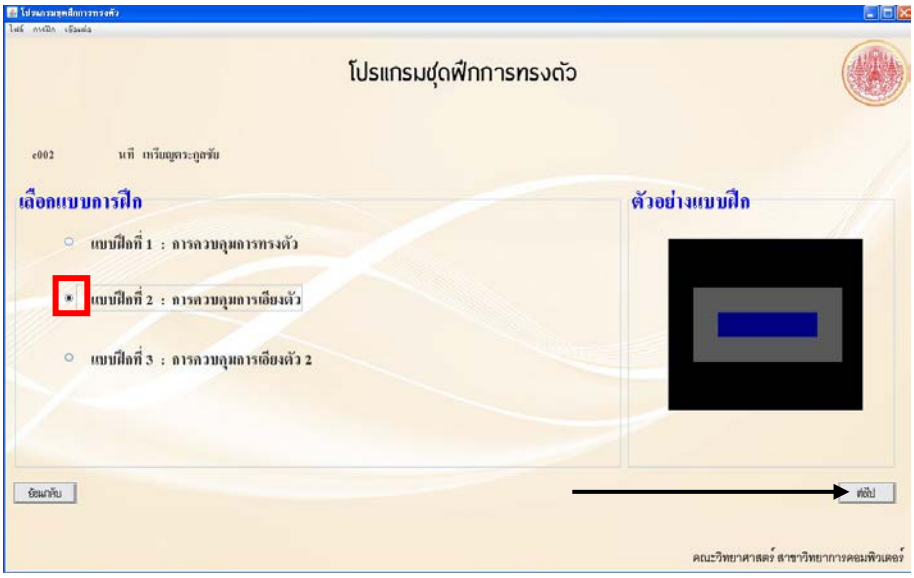
1.5.1.5 เมื่อบันทึกผลการฝึก โปรแกรมแจ้งเตือนเมื่อบันทึกผลเรียบร้อยแล้ว ดังภาพที่ ค.16



ภาพที่ ค.16 หน้าจอแจ้งเตือนการบันทึกผลเรียบร้อย

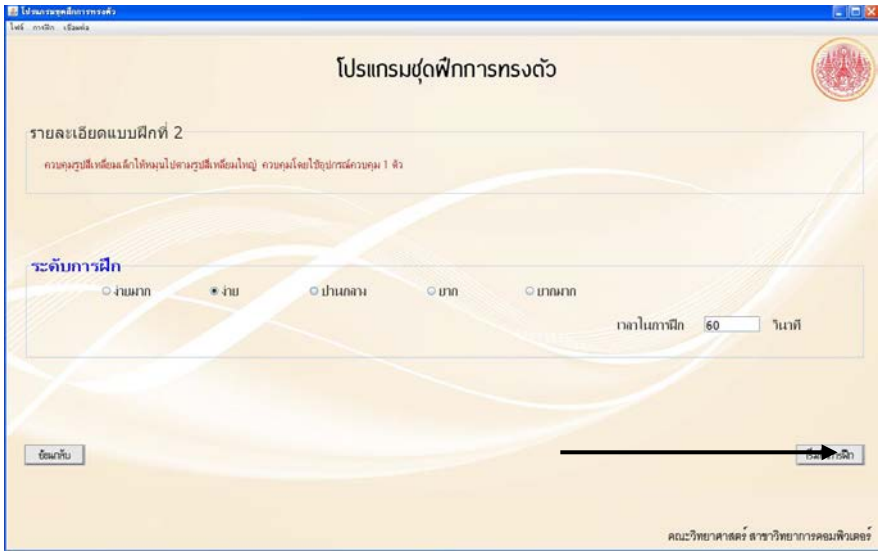
1.5.2 การใช้แบบฝึกที่ 2 การควบคุมการเอียงตัวซ้ายขวา

1.5.2.1 เลือกแบบฝึกที่ 2 โดยคลิกที่กรอบสีแดงเมื่อเลือกเสร็จคลิกปุ่ม ต่อไป เพื่อกำหนดระดับการฝึก ดังภาพที่ ค.17



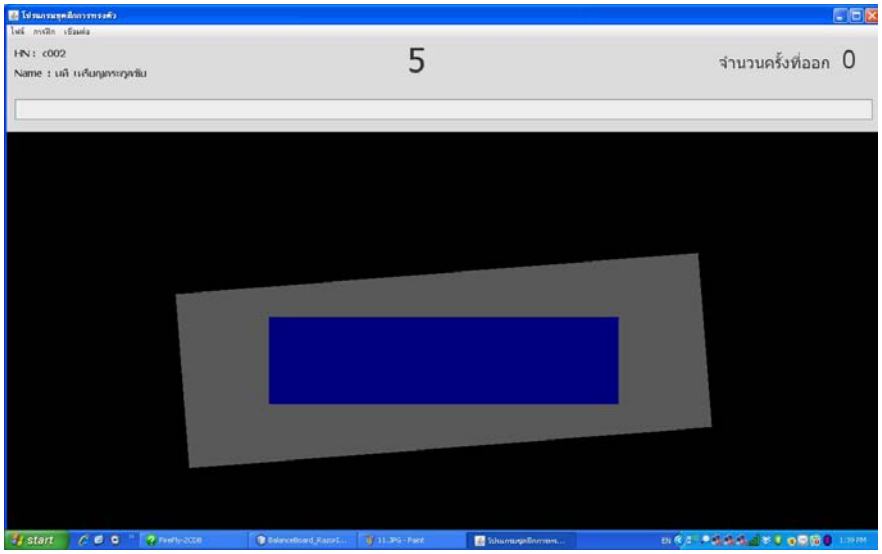
ภาพที่ ค.17 หน้าจอแสดงการเลือกแบบฝึกที่ 2 การควบคุมการเอียงตัวซ้ายขวา

1.5.2.2 เมื่อเลือกแบบฝึกเรียบร้อย เข้าสู่ขั้นตอนเลือกระดับของการฝึกและกำหนดระยะเวลาฝึก คลิกปุ่ม เริ่มทำการฝึก หลังจากกำหนดค่าเรียบร้อยแล้ว ดังภาพที่ ค.18



ภาพที่ ค.18 หน้าจอกำหนดระดับการฝึกและระยะเวลาการฝึก

1.5.2.3 เริ่มแบบฝึกที่2 การควบคุมการเอียงตัว วิธีการฝึก คือ ผู้ฝึกต้องควบคุมให้สี่เหลี่ยมสีน้ำเงินอยู่ในสี่เหลี่ยมสี่เทา ดังภาพที่ ค.19



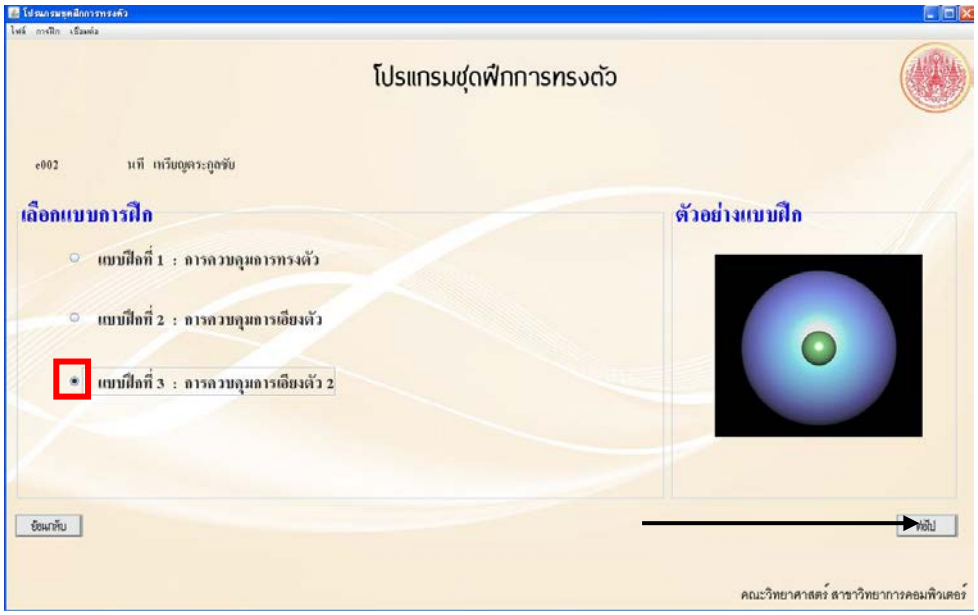
ภาพที่ ค.19 หน้าจอแบบฝึกที่ 2 การควบคุมการเอียงตัวซ้ายขวา

1.5.2.4 เมื่อฝึกเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงผลการฝึก ซึ่งผู้ใช้สามารถบันทึกผลไว้โดยคลิกปุ่ม บันทึกการฝึกที่สัญลักษณ์ที่ 2 คลิกปุ่มกลับไปหน้าที่แล้วที่สัญลักษณ์ที่ 1 เพื่อย้อนกลับไปเลือกแบบฝึกใหม่ หรือคลิกปุ่มออกจากระบบที่สัญลักษณ์ที่ 3 เพื่อออกจากโปรแกรม

ภาพที่ ค.20 หน้าจอแสดงผลการฝึก

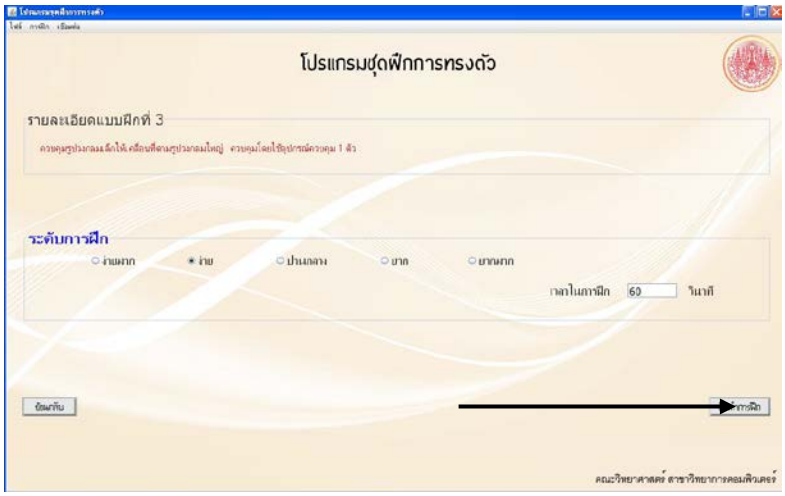
1.5.3 การใช้แบบฝึกที่ 3 การควบคุมการเอียงตัวรอบทิศทาง

1.5.3.1 เลือกแบบฝึกที่ 3 โดยคลิกที่กรอบสีแดง เมื่อเลือกเสร็จคลิกปุ่ม ต่อไป เพื่อกำหนดระดับการฝึก ดังภาพที่ ค.21



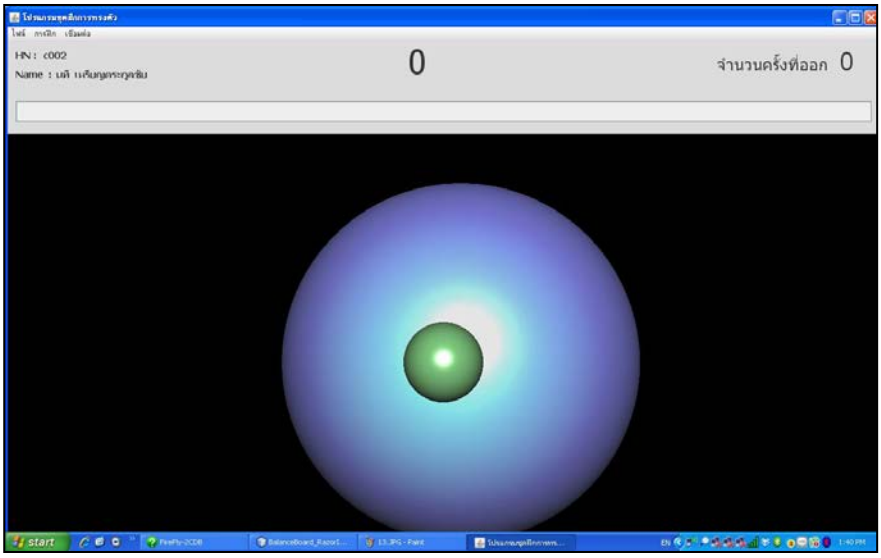
ภาพที่ ค.21 หน้าจอแสดงการเลือกแบบฝึกที่3 การควบคุมการเอียงตัวรอบทิศทาง

1.5.3.2 หลังจากเลือกแบบฝึกเรียบร้อย เข้าสู่ขั้นตอนการกำหนดระดับการฝึกและระยะเวลาที่ต้องการฝึก คลิกปุ่ม เริ่มทำการฝึก หลังจากกำหนดค่าเรียบร้อยแล้ว ดังภาพที่ ค.22



ภาพที่ ค.22 หน้าจอกำหนดระดับการฝึกและระยะเวลาการฝึก

1.5.3.3 เริ่มแบบฝึกที่ 3 วิธีการฝึก คือ ผู้ฝึกต้องควบคุมให้ทรงกลมสีเขียวอยู่ในทรงกลมสีฟ้า ดังภาพที่ ค.23



ภาพที่ ค.23 หน้าจอแบบฝึกที่ 3 การควบคุมการเอียงตัวรอบทิศทาง

1.5.3.4 เมื่อฝึกเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงผลการฝึก ซึ่งผู้ใช้สามารถบันทึกผลไว้โดยคลิกปุ่มบันทึกการฝึกที่สัญลักษณ์ที่ 2 คลิกปุ่มกลับไปหน้าที่แล้วที่สัญลักษณ์ที่ 1 เพื่อย้อนกลับไปเลือกแบบฝึกใหม่ หรือคลิกปุ่มออกจากระบบที่สัญลักษณ์ที่ 3 เพื่อออกจากโปรแกรม ดังภาพที่ ค.23

ภาพที่ ค.23 หน้าจอแสดงผลการฝึก