

ระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด

Pool-Billiards Assistant System



ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด

Pool-Billiards Assistant System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

ภาควิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด

POOL-BILIARDS ASSISTANT SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายภูวดินทร์ เทียนทอง รหัสนักศึกษา 62010711
2. นางสาวรินทร์ลภัส สุวัฒน์นาคกร รหัสนักศึกษา 62010775
3. นายศิวกร เพชรน้อย รหัสนักศึกษา 62010882

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ดร. เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด

นายภูวดินทร์ เทียนทอง รหัสนักศึกษา 62010711
นางสาวรินทร์ลภัส สุวัฒน์ธนากร รหัสนักศึกษา 62010775
นายศิวกร เพชรน้อย รหัสนักศึกษา 62010882
รศ.ดร. เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอเครื่องมือสำหรับช่วยเหลือในการฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด โดยมีแรงบันดาลใจ มาจากการดูการแข่งขันกีฬาพูล-บิลเลียดที่มีเงินรางวัลและการแข่งขันต่างๆ มากมาย อีกทั้งยังเป็นสื่อความบันเทิงให้แก่ผู้ชม ทางผู้จัดทำจึงเกิดความต้องการในการพัฒนา เครื่องมือที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมให้กับผู้ที่ต้องการฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด โดยใช้ การประมวลผลภาพเข้ามาช่วยเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด ให้แก่ผู้ใช้งาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมและสามารถตัดสินใจของผู้ใช้งาน โดยเครื่องมือ ช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียดนี้จะประกอบไปด้วยโหมดฝึกซ้อมที่จะมีแบบฝึกหัดสำหรับการ ฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด ที่มีการแบ่งความยากออกเป็นระดับ เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ค่อยๆพัฒนา ความสามารถตามระดับ และ โหมดเล่นเกมที่สามารถเลือกได้ว่าจะเล่นแบบ 1 ผู้เล่นหรือ 2 ผู้เล่น โดยแต่ละโหมดจะมีการสร้างเส้นวิถีคาดการณ์ของลูกพูลเพื่อให้ผู้ใช้งานเห็นภาพการแทงในแต่ละ ครั้งอย่างเป็นรูปธรรมและสามารถทำความเข้าใจกับสถานการณ์ต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากการดำเนินการพัฒนาระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬา-พูลบิลเลียด ระบบสามารถทำงานได้ ตามที่ออกแบบไว้และจากการรวบรวมความคิดเห็นจากผู้ใช้งานพบว่าส่วนใหญ่มีความพึงพอใจใน การใช้งานระบบและมีความคิดเห็นว่าระบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาพูล-บิลเลียด ได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pool-Billiards Assistant System

Pubodin	Tieanthong	62010711
Rinraphat	Suwatthanakorn	62010775
Siwakon	Phetnoi	62010882
Assoc. Prof. Dr. Charoen Vongchumyen		Advisor
Academic Year 2022		

Abstract

This thesis offers tools to help you practice pool billiards. with inspiration It comes from watching pool and billiards tournaments with lots of prize money. It is also an entertainment medium for the audience. The organizer therefore needs to develop tools that help increase the efficiency of training for those who want to practice pool billiards. By using image processing to help create an environment suitable for practicing pool-billiards for users, To increase the efficiency of training and be able to view statistics about the user. This pool-billiards assisting tool includes a practice mode with exercises for practicing pool-billiards, with difficulty divided into levels so that users can gradually develop their abilities according to their level. And a game mode that can choose to play as 1 player or 2 players, with each mode creating a projected trajectory of the pool ball so that users can see concrete images of each shot and be able to familiarize themselves with betting in different situations more effectively.

The implementation of the Pool-Billiards Assistant, The system works as designed, and based on the user feedback gathered, most of them are satisfied with the system and are of the opinion that the system can actually increase the efficiency of playing pool or billiards.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทในภาคการศึกษาสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาและช่วยเหลือจากหลายบุคคล ดังรายนามต่อไปนี้

ขอขอบคุณ รศ.ดร.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ที่ให้ความรู้ ให้ประสบการณ์ ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ รวมถึงช่วยแก้ปัญหาให้แก่คณะผู้จัดทำ

ขอขอบคุณ อ.สรยุทธ กลมกล่อม และ ผศ.ธนา หงษ์สุวรรณ อาจารย์ผู้สอนวิชาการเตรียมโครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, วิชาโครงการ และวิชาการพัฒนาทักษะทางวิชาชีพวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ผู้ที่ให้คำแนะนำ และแนะแนวทางในการทำเล่มปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จ

ขอขอบคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความรู้มาตลอดระยะเวลา 4 ปี โดยองค์ความรู้ต่างแขนงวิชาต่าง ๆ เป็นพื้นฐานและส่วนหนึ่งในโครงการนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ให้คำปรึกษา และแลกเปลี่ยนความรู้ รวมไปถึงการรับฟังและแก้ไขปัญหา

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่อำนวยความสะดวก เอื้อเฟื้อสถานที่ในการติดตั้งโต๊ะพูล-บิลเลียด

ภูวดินทร์ เทียนทอง

รินทร์ลภัส สุวัฒน์ธนากร

ศิวกร เพชรน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

ระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด	I
Pool-Billiards Assistant System.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4.1 ระบบคำนวณมุมในการยิง.....	2
1.4.2 ระบบการแยกแยะลูกพูล-บิลเลียดและระบุตำแหน่งไม้คิว.....	2
1.4.3 ระบบเลือกโหมดในการเล่น	2
1.5 แผนการดำเนินการ	3
1.6 ความท้าทายของโครงการ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1.1 การประมวลผลภาพ (Image Processing)	5
2.1.2 การชนและ โมเมนตัม (Collision and Momentum)	6
2.1.3 OpenCV	7
2.1.4 นัมไพ (Numpy)	13
2.1.5 เซชเอสวี (HSV).....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การปรับค่าของกล้อง (Camera Calibration)	14
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Works)	15
2.2.1 PoolLiveAid: Augmented reality pool table to assist inexperienced players	15
2.2.2 Pool Balls Identification and Calibration for a Pool Robot	16
2.2.3 AR Display of Visual Aids for Supporting Pool Games	17
บทที่ 3 การออกแบบและการพัฒนา.....	18
3.1 การออกแบบโครงสร้างระบบ.....	18
3.1.1 การเชื่อมต่อกันระหว่าง Software และ Hardware.....	18
3.2 การออกแบบส่วน Hardware.....	19
3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการทำโครงงาน.....	19
3.2.2 การจัดวางอุปกรณ์.....	21
3.3 การออกแบบส่วนของซอฟต์แวร์.....	23
3.3.1 Use Case Diagram	23
3.3.2 BPMN Diagram.....	25
3.3.3 DFD Diagram	25
3.3.4 Sequence Diagram.....	26
3.3.5 การออกแบบส่วนแสดงผลให้กับผู้ใช้.....	29
3.4 การพัฒนาส่วนของซอฟต์แวร์.....	32
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	46
4.1 การพัฒนาระบบตรวจจับสิ่งต่างๆบน โต๊ะพูล.....	46
4.1.1 ทดสอบระบบการตรวจจับลูกพูล.....	46
4.1.2 ระบบการแยกแยะลูกพูลสีขาว	47
4.1.3 ระบบการแยกแยะลูกพูล 2 ชนิด (ลูกกลายและลูกสี)	48
4.1.4 ระบบการคำนวณมุมต่างๆ	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ระบบการตรวจจับไม้คิว.....	50
4.1.6 ระบบการสร้างเส้นคาดการณ์.....	51
4.2 การทดลองแสดงผลหน้าตาการใช้งานแก่ผู้ใช้งานบน โຕະพູລ.....	52
4.2.1 การแสดงผลหน้าตาผู้ใช้งานลงบน โຕະพູລ.....	52
4.2.2 การแสดงผลการคำนวณต่างๆภายในโปรแกรม.....	54
4.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ.....	55
4.3.1 กราฟแสดงผลพื้นฐานในการเล่นกีฬาพูล-บิลเลียด.....	55
4.3.2 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบสามารถเพิ่มศักยภาพในการเล่นกีฬาพูล-บิลเลียด.....	56
4.3.3 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน.....	56
4.3.4 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบสามารถสร้างความสนุกสนานให้แก่ผู้ใช้.....	57
4.3.5 กราฟแสดงผลความชื่นชอบโหมดการเล่นของระบบ.....	58
บทที่ 5 สรุป.....	59
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	59
5.1.1 ส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์.....	59
5.1.2 ส่วนของซอฟต์แวร์.....	60
5.1.3 ส่วนของการประมวลผลภาพ.....	61
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข.....	61
5.2.1 การแสดงผลของโปรเจคเตอร์.....	61
5.2.2 แสงที่มีบน โຕະพູລ.....	62
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ.....	62
บรรณานุกรม.....	63
ภาคผนวก.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 ระบบการตรวจจับรถยนต์บนถนนด้วย Image Processing	5
รูปที่ 2 การกระทบของลูกบิลเลียดกับขอบโต๊ะ	6
รูปที่ 3 แสดงการจำลองการวาดเส้นวิถีของลูกพูล ด้วย OpenCV	7
รูปที่ 4 Parameter แต่ละตัวในฟังก์ชัน Gaussian Blur	8
รูปที่ 5 แสดงการผลทำ Gaussian Blur ด้วย OpenCV	9
รูปที่ 6 ค่ามุมที่ได้หลังจากการบิดค่า	10
รูปที่ 7 ขั้นตอนการทำ Hysteresis Thresholding	10
รูปที่ 8 แสดงการใช้ Canny Edge ใน OpenCV	11
รูปที่ 9 แสดงการหาวงกลมด้วยเทคนิค Hough Circle Transform	12
รูปที่ 10 ตัวอย่างสมการเส้นตรงในรูปแบบ Polar	12
รูปที่ 11 ตัวอย่างใช้งาน Function cv2.warpPerspective	13
รูปที่ 12 แสดงรูปแบบของ Array ในแบบต่างๆ	13
รูปที่ 13 ตัวอย่างค่า HSV ในช่วงต่างๆ	14
รูปที่ 14 ตัวอย่างรูปแบบการเกิด Distortion	14
รูปที่ 15 แสดงผลลัพธ์ของโครงการ PoolLiveAid	15
รูปที่ 16 แสดงการตรวจจับตำแหน่งของลูกพูลแต่ละลูกจากโครงการ	16
รูปที่ 17 แสดงผลลัพธ์ของโครงการ AR Display of Visual Aids for Supporting Pool Games	17
รูปที่ 18 แสดงถึงการเชื่อมต่อกัน ระหว่าง Software และ Hardware	18
รูปที่ 19 โต๊ะพูลที่ใช้ในการทดลอง	19
รูปที่ 20 กล้อง Webcam ที่ใช้ตรวจจับภาพบนโต๊ะ	20
รูปที่ 21 Projector ที่ใช้แสดงผลการคำนวณ	20
รูปที่ 22 ตัวอย่างการติดตั้งและภาพที่ได้จากกล้อง	21
รูปที่ 23 การหาขนาดพื้นที่ที่ต้องการฉาย	22
รูปที่ 24 แสดงการออกแบบและภาพพื้นที่ฉายภาพที่ได้จากการติดตั้ง	22
รูปที่ 25 Use Case Diagram	23
รูปที่ 26 BPMN Diagram	25
รูปที่ 27 DFD Diagram	26
รูปที่ 28 Sequence Diagram ของการเลือกโหมด	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 29 Sequence Diagram ของโหมด Training	28
รูปที่ 30 Sequence Diagram ของโหมด Gameplay	29
รูปที่ 31 แสดงการออกแบบการแสดงผลเส้นวิถีของลูกพูล	29
รูปที่ 32 แสดง Wireflow ที่ออกแบบไว้ใน Figma.....	30
รูปที่ 33 ตัวอย่างการคำนวณระยะเวลาการขยับแต่ละ Step.....	31
รูปที่ 34 ขนาดของสิ่งต่างๆบน โต๊ะพูล	31
รูปที่ 35 ภาพหลังจากผ่านฟังก์ชัน Undist.....	32
รูปที่ 36 ผลลัพธ์การทดลองใช้งาน Canny EdgeDetection	33
รูปที่ 37 แสดงการตรวจจับและระบุสีของลูกพูล	34
รูปที่ 38 การทดสอบตรวจจับไม้คิวในพื้นที่ลูกสีขาวที่กำหนด	34
รูปที่ 39 การแสดงผลเส้นคาดการณ์วิถีของลูกสีขาว	35
รูปที่ 40 การแยกสีของโต๊ะออกจากลูกเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจจับ	36
รูปที่ 41 อุปกรณ์สำหรับการใช้งานหน้าต่างผู้ใช้	36
รูปที่ 42 หน้า Welcome	37
รูปที่ 43 หน้าเลือกโหมด.....	37
รูปที่ 44 หน้าเลือกระดับ	38
รูปที่ 45 หน้าตัวอย่างด่านฝึกซ้อม.....	38
รูปที่ 46 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 1 ใน Stage ที่ 2.....	39
รูปที่ 47 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 2 ใน Stage ที่ 4.....	39
รูปที่ 48 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 3 ใน Stage ที่ 4.....	40
รูปที่ 49 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 7.....	40
รูปที่ 50 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 3.....	41
รูปที่ 51 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 3.....	41
รูปที่ 52 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 4.....	42
รูปที่ 53 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 5.....	42
รูปที่ 54 หน้าเลือกโหมด 8-Pool.....	43
รูปที่ 55 หน้าเลือกโหมดมน Single player	44
รูปที่ 56 หน้าแสดงคะแนนเมื่อเวลาหมด	44
รูปที่ 57 หน้าแสดง Result การฝึกซ้อม.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศีกษา VIII เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 58 ผลการทดสอบใช้งาน Hough Circle Detection	46
รูปที่ 59 ผลการทดสอบการแยกแยะลูกพูลสีขาวจากลูกพูลหลายๆลูก	47
รูปที่ 60 ผลการทดสอบใช้งานระบบการแยกแยะลูกพูล 2 ชนิด (ลูกลายและลูกสี).....	48
รูปที่ 61 ผลการทดสอบการวัดมุมภายใน โຕ้ะพูล	49
รูปที่ 62 ตัวอย่างการตรวจจับไม้คิว	50
รูปที่ 63 ตัวอย่างการสร้างเส้นคาดการณ์ด้วยข้อมูลต่างๆ	51
รูปที่ 64 ผลการทดสอบแสดงผลหน้าตาต่างผู้ใช้งานบน โຕ้ะพูล	53
รูปที่ 65 ตัวอย่างการฉายแบบฝึกหัดในห้องที่มีด	53
รูปที่ 66 การแสดงผลการคำนวณผ่าน โปรเจคเตอร์	54
รูปที่ 67 กราฟแสดงผลพื้นฐานในการเล่นกีฬาพูล-บิลเลียด	55
รูปที่ 68 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบสามารถเพิ่มศักยภาพในการเล่นกีฬาพูล-บิลเลียด	56
รูปที่ 69 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	57
รูปที่ 70 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบสามารถสร้างความสนุกสนานให้แก่ผู้ใช้.....	57
รูปที่ 71 กราฟแสดงผลความชื่นชอบโหมดการเล่นของระบบ.....	58
รูปที่ 72 หน้า Welcome	66
รูปที่ 73 หน้าเลือกโหมด.....	66
รูปที่ 74 หน้าเลือกระดับ	67
รูปที่ 75 หน้าตัวอย่างด้านฝึกซ้อม.....	67
รูปที่ 76 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 1 ใน Stage ที่ 1.....	68
รูปที่ 77 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 1 ใน Stage ที่ 2.....	68
รูปที่ 78 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 1 ใน Stage ที่ 3.....	68
รูปที่ 79 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 2 ใน Stage ที่ 1.....	69
รูปที่ 80 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 2 ใน Stage ที่ 2.....	69
รูปที่ 81 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 2 ใน Stage ที่ 3.....	69
รูปที่ 82 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 2 ใน Stage ที่ 4.....	70
รูปที่ 83 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 3 ใน Stage ที่ 1.....	70
รูปที่ 84 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 3 ใน Stage ที่ 2.....	70
รูปที่ 85 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 3 ใน Stage ที่ 3.....	71
รูปที่ 86 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 3 ใน Stage ที่ 4.....	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาIXเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 87 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 1.....	71
รูปที่ 88 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 2.....	72
รูปที่ 89 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 3.....	72
รูปที่ 90 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 4.....	72
รูปที่ 91 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 5.....	73
รูปที่ 92 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 6.....	73
รูปที่ 93 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 7.....	73
รูปที่ 94 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 8.....	74
รูปที่ 95 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 9.....	74
รูปที่ 96 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 1.....	74
รูปที่ 97 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 2.....	75
รูปที่ 98 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 3.....	75
รูปที่ 99 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 4.....	75
รูปที่ 100 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 5.....	76
รูปที่ 101 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 6.....	76
รูปที่ 102 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 7.....	76
รูปที่ 103 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 1.....	77
รูปที่ 104 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 2.....	77
รูปที่ 105 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 3.....	77
รูปที่ 106 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 4.....	78
รูปที่ 107 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 5.....	78
รูปที่ 108 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 6.....	78
รูปที่ 109 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 1.....	79
รูปที่ 110 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 2.....	79
รูปที่ 111 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 3.....	79
รูปที่ 112 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 4.....	80
รูปที่ 113 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 5.....	80
รูปที่ 114 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 1.....	80
รูปที่ 115 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 2.....	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 116 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 3.....	81
รูปที่ 117 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 4.....	81
รูปที่ 118 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 5.....	82
รูปที่ 119 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 6.....	82
รูปที่ 120 หน้าเลือกโหมด 8-Pool.....	82
รูปที่ 121 หน้าเลือกโหมดมน Single player	83
รูปที่ 122 หน้าแสดงคะแนนเมื่อเวลาหมด	83
รูปที่ 123 หน้าแสดง Result การฝึกซ้อม.....	84



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 Use Case Select Training Mode.....	24
ตาราง 2 Use Case Select Playing Mode	24
ตาราง 3 ตารางความแม่นยำของเส้นคาดการณ์	52
ตาราง 4 ตารางผลการดำเนินงานส่วนฮาร์ดแวร์	59
ตาราง 5 ตารางผลการดำเนินงานส่วนซอฟต์แวร์	60
ตาราง 6 ตารางผลการดำเนินงานส่วนการประมวลผลภาพ	61



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษิตี XII เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมกีฬานับว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ที่ประกอบไปด้วยหลากหลายภาคส่วน มีการหมุนเวียนของทรัพย์สินจำนวนมาก ทั้งที่มาจากเงินรางวัลการแข่งขัน รวมถึงการถ่ายทอดสดในด้านของความบันเทิง ดังนั้นการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาในประเทศจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งยังเล็งเห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีมาช่วยส่งผลกระทบต่อการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาในชาติได้

ทางผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกีฬาอย่าง พูล-บิลเลียด ที่เป็นกีฬาที่สรีระนั้นไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการเล่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่เป็นกีฬาที่เน้นทักษะการคำนวณและการวางแผนเป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีความแพร่หลายในประเทศไทย รวมถึงมีนักกีฬาชื่อดังอย่าง อำนวยพร โชติพงษ์ (เอ ระยอง) แชมป์พูลประเทศไทย 2 สมัย นักกีฬาทีมชาติไทยชุดเอเชียอินดอร์ แอนด์ มาร์เชียลอาร์ตเกมส์ ซึ่งในกีฬาพูล-บิลเลียด มักมีปัญหาคือพบจากการฝึกซ้อมและพัฒนาศักยภาพจากการที่จะต้องเสียเวลาเพื่อฝึกซ้อมและทำซ้ำ โดยไม่สามารถคาดเดาตำแหน่งของลูกที่เล่นได้อย่างแม่นยำ

เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาล่าช้า ทางผู้จัดทำจึงได้จัดทำโปรเจก Pool-Billiards Assistant System โปรเจกจะแก้ไขปัญหาคือการสร้างสภาพแวดล้อมที่ช่วยในการฝึกซ้อมของผู้เล่น โดยจะมีการฉายภาพผ่าน โปรเจกเตอร์ลงมายังโต๊ะพูลให้ผู้เล่นได้เห็นว่าหากผู้เล่นเลือกที่จะแทงลูกขาวจากแต่ละมุมเส้นทางที่ลูกเคลื่อนที่ไปจะเป็นอย่างไร ซึ่งจะเป็นสิ่งที่จะช่วยให้ผู้เล่นได้เห็นผลลัพธ์ของการแทงลูกในมุมต่างๆชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยภาพที่ฉายเหล่านี้เป็นผลลัพธ์ของการประมวลผลจากสภาพบนโต๊ะพูลที่ลูกส่งมาจากกล้องเหนือโต๊ะพูลไปยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งการที่สามารถมองเห็นเส้นทางเคลื่อนที่ของลูกได้นั้นจะช่วยให้ผู้เล่นสามารถฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียดได้ดีมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูลบิลเลียดสำหรับผู้เริ่มเล่นใหม่
- 2) เพื่อเพิ่มศักยภาพให้แก่ผู้เล่นกีฬาพูลบิลเลียดในการฝึกซ้อมในสถานการณ์ต่างๆ
- 3) เพื่อเพิ่มความคุ้นชินให้กับผู้เล่นในการแทงลูกพูลในมุมต่างๆ
- 4) เพื่อเพื่อให้ผู้เล่นได้เห็นเส้นทางเคลื่อนที่ของลูกประกอบการตัดสินใจในการเล่น
- 5) เพื่อเพิ่มความสนุกสนานในการเล่นกีฬาพูลบิลเลียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เครื่องมือช่วยฝึกซ้อมนี้สามารถนำไปใช้เพื่อส่งเสริมทักษะความแม่นยำให้แก่ผู้เล่นได้จริง
- 2) เครื่องมือช่วยฝึกซ้อมนี้สามารถอำนวยความสะดวกในการเล่นให้กับผู้ใช้งานได้
- 3) เครื่องมือช่วยฝึกซ้อมนี้สามารถนำข้อมูลสถิติที่ได้จากการเล่นในแต่ละรอบมาช่วยในการวางแผนการฝึกซ้อมและเพิ่มทักษะการวางแผนการเล่นของผู้ฝึกซ้อม

1.4 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้เป็นโครงการเพื่อการสร้างระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาฟุต-บิลเลียดโดยภายในระบบก็จะมีแบบฝึกหัดสำหรับการฝึกซ้อมกีฬาฟุต-บิลเลียด ให้ผู้เล่นได้นำไปใช้ในการฝึกซ้อมในรูปแบบและระดับที่ต่างกันออกไป นอกจากนี้ยังมีระบบสำหรับแสดงเส้นคาดการณ์วิถีการวิ่งของลูกขาวเมื่อนำไม้คิวไปเส็งที่ลูก โดยการแสดงผลจะฉายผ่าน โปรเจคเตอร์ลงมายัง โต๊ะพูล โดยภาพที่ฉายเหล่านี้เป็นผลลัพธ์ของการประมวลผลจากสภาพบน โต๊ะพูลที่ถูกส่งมาจากกล้องเหนือ โต๊ะพูล ไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้เล่นมองการออกคิวในแต่ละครั้งได้เป็นรูปธรรมมากขึ้นและคุ้นเคยกับการออกคิวในรูปแบบต่างๆ ได้ง่ายมากยิ่งขึ้นอีกทั้งยังมีการเก็บสถิติในการแทงแต่ละครั้งแล้วแสดงผลออกมาเมื่อลูกพูลสีค่าถูกแทงลงหลุมแล้ว ซึ่งระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาฟุต-บิลเลียดสามารถแบ่งเป็นระบบได้ดังนี้

1.4.1 ระบบคำนวณมุมในการยิง

ระบบช่วยตรวจจับไม้คิวและคำนวณมุมการยิงของไม้คิวจากมุมสูง โดยฉายทิศทางที่ลูกจะเดินทางไปหลังจากการคำนวณผ่าน โปรเจคเตอร์ที่อยู่เหนือ โต๊ะ

1.4.2 ระบบการแยกแยะลูกฟุต-บิลเลียดและระบุตำแหน่งไม้คิว

ระบบที่ช่วยตรวจจับตำแหน่งของลูกฟุตและไม้คิว โดยรับภาพจากกล้องที่อยู่เหนือ โต๊ะ แล้วนำมาประมวลผลและแยกแยะภาพเพื่อระบุตำแหน่งสิ่งต่าง ได้อย่างแม่นยำ

- 1) ระบบสามารถแยกแยะสีของลูกและตัวจับไม้คิวได้อย่างแม่นยำเพื่อนำมาสร้างเส้นคาดการณ์เพื่อช่วยเหลือผู้เล่นในการตัดสินใจยิง
- 2) สามารถระบุตำแหน่งของลูกบน โต๊ะฟุต-บิลเลียด ได้อย่างแม่นยำ

1.4.3 ระบบเลือกโหมดในการเล่น

1) โหมดฝึกซ้อม หรือ โหมด Training สำหรับผู้เล่นที่ต้องการเล่นคนเดียวเพื่อทำการฝึกซ้อม โหมดฝึกซ้อมแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งในแต่ละระดับก็มีด่านให้ผู้เล่นได้ทำการฝึกฝนแบ่งออกดังนี้

- Easy สำหรับผู้เล่นใหม่ ที่ยังไม่มีประสบการณ์หรือประสบการณ์น้อย
- Medium สำหรับผู้เล่นทั่วไปมีที่ประสบการณ์การเล่นมาบ้าง โดยจะเป็นการสอนเทคนิคเบื้องต้นในการเล่นฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Hard สำหรับผู้เล่นที่มีประสบการณ์ในการเล่นพุลมาก ที่ต้องการฝึกในการเล่นในมุมที่ยากและมีความท้าทายและผู้เล่นมีประสบการณ์และเทคนิคขั้นสูงต่างๆ

2) โหมด Game Play สำหรับกรณีที่ต้องการเล่นคนเดียวหรือทำการแข่งขันกับผู้อื่น โดยจะมีเส้นคาดการณ์แสดงให้ผู้เล่นเมื่อทำการเลี้ยงลูกขาว เมื่อจบเกมจะแสดงสถิติของผู้เล่นแต่ละคนได้แก่จำนวนครั้งในการแทงและความแม่นยำของผู้เล่นโดยแบ่งโหมดได้ดังนี้

- Single Player เป็นโหมดไว้สำหรับผู้ที่ต้องการเล่นคนเดียว และอยากรู้ถึงสถิติและความสามารถในการเล่นของตัวเอง โดยโหมดนี้ จะถูกแบ่งย่อยการเล่นเป็น 2 แบบ ดังนี้

1) Freedom จะเป็นการเล่นกีฬาพุลบิลเลียดตามกฎกติกาพื้นฐาน โดยจะมีการเก็บสถิติการแทงลูกในแต่ละครั้งของผู้เล่นแล้วแสดงผลสถิติทั้งหมดออกมาเมื่อลูกพุลสีดำถูกแทงลงหลุมแล้ว

2) Time Trial จะเป็นการเล่นที่ให้ผู้เล่นแทงลูกลงหลุมตามตำแหน่งที่ระบบได้มีการสุ่มออกมาและมีเวลานับถอยหลัง โดยจะนับการแทงลงหลุม 1 ครั้ง = 1 คะแนน โดยจะแสดงคะแนนที่ผู้เล่นทำได้ผ่านโปรเจกเตอร์

- Multi Player เป็นโหมดการแข่งขันของผู้เล่น โดยใช้กติกาพุลบิลเลียดตามกฎกติกาพื้นฐาน โดยจะมีผู้เล่น 2 คนและเก็บสถิติที่ผู้เล่นแทงในแต่ละครั้งและแสดงผลสถิติของผู้เล่นแต่ละคนออกมาเมื่อผู้เล่นแทงลูกสีดำลงหลุมแล้ว

1.5 แผนการดำเนินการ

- 1) กำหนดขอบเขต เป้าหมาย และวัตถุประสงค์ในการจัดทำโครงการ
- 2) กำหนดหน้าที่และส่วนที่รับผิดชอบของสมาชิกแต่ละคน
- 3) ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำโครงการ
- 4) นำความรู้ที่ได้มาปรับใช้เพื่อออกแบบโครงการให้สอดคล้องกับเป้าหมายของโครงการ
- 5) ออกแบบกระบวนการ ขั้นตอนการทำงาน
- 6) พัฒนาโครงการตามที่ได้ออกแบบไว้ตามขั้นตอน
- 7) นำงานที่ทำในแต่ละส่วนมารวมเข้าด้วยกัน
- 8) ทดสอบการทำงาน ค้นหาข้อผิดพลาด และทำการปรับปรุงแก้ไข
- 9) ทำการวัดประสิทธิภาพของโครงการ
- 10) สรุปผลทั้งหมดและจัดทำรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ความท้าทายของโครงการ

เนื่องจากจุดประสงค์ของโครงการนี้คือการสร้างเครื่องมือสำหรับช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด ดังนั้นเส้นวิถึคาดการณ์ที่แสดงผลเพื่อให้ผู้ใช้งานใช้ประกอบการตัดสินใจนั้นจึงต้องมีความแม่นยำสูง เพื่อให้ผู้ใช้เกิดความคุ้นชินกับการแท่งที่ควรจะเป็นในมุมต่างๆ และเกิดพัฒนาการนอกจากนี้ การตรวจจับวัตถุต่างๆบน โต๊ะพูลเองต้องมีความแม่นยำในการตรวจจับสูงเพื่อไปใช้ในการคำนวณต่างๆบนโต๊ะ อีกทั้งยังมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อการตรวจจับ เช่น แสงในแต่ละสถานที่ และช่วงเวลาที่มีความแตกต่างกันไปซึ่งส่งผลให้สีของภาพที่ถ่ายออกมานั้นแตกต่างกันออกไปค่าความผิดพลาดของกล้องแต่ละตัวที่ใช้ในการตรวจจับภาพของโต๊ะ อีกทั้งการฉายภาพผ่านโปรเจคเตอร์นั้นยังต้องมีการฉายให้ภาพให้ตรงกับตำแหน่งที่กล้องตรวจจับได้ ตามความเป็นจริงบนโต๊ะพูลอีกด้วย

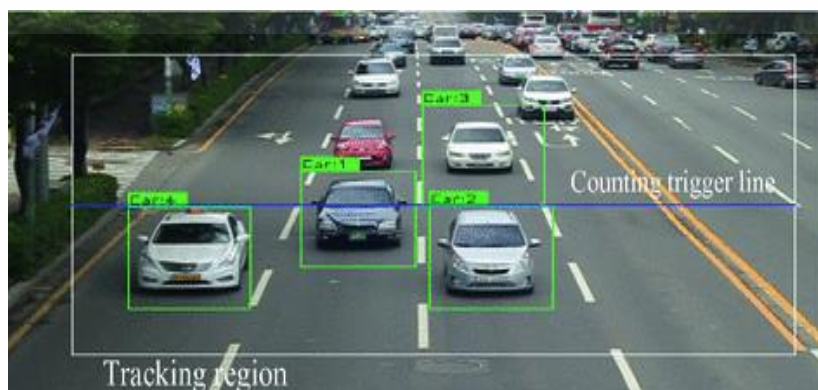
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การประมวลผลภาพ (Image Processing)[1]

การประมวลผลภาพ (Image Processing) นั้นคือเทคโนโลยีการประมวลผลหรือการคำนวณภาพด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ (ขนาด รูปร่าง) โดยการประมวลผลภาพมีฟังก์ชัน (Function)การใช้งานต่างมากมายตามจุดประสงค์ที่ผู้ใช้งานต้องการเช่น การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดคลื่นรบกวน (Noise)ออกจากภาพ การแบ่งส่วนวัตถุต่างๆที่สนใจออกมาจากภาพ โดยมีขั้นตอนต่างๆมาก เพื่อนำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณเช่น ขนาด รูปร่าง ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุที่สนใจจากนั้นสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นไปวิเคราะห์หรือพัฒนาต่อยอดเป็นระบบต่างๆเช่น ระบบดูแลและตรวจสอบสภาพการจราจรบนท้องถนนโดยวัดจากจำนวนรถบนท้องถนนด้วยภาพจากกล้องวงจรปิดในช่วงเวลาต่างๆ ระบบตรวจจับใบหน้าโดยการนำภาพใบหน้ามาเปรียบเทียบกับภาพบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล เป็นต้น จะเห็นได้ว่าระบบเหล่านี้จำเป็นต้องประมวลผลภาพเป็นจำนวนมาก และเป็นขั้นตอนที่ต้องทำซ้ำๆในรูปแบบเดิมๆ ซึ่งเห็นได้ว่าหากให้มนุษย์วิเคราะห์ภาพจำนวนมากด้วยมือ จะต้องใช้เวลาและใช้แรงงานสูง อีกทั้งยังเกิดข้อผิดพลาดได้มากมาย ดังนั้นการนำคอมพิวเตอร์มาประมวลผลภาพแทนมนุษย์ จึงเป็นทางเลือกที่ดีเป็นอย่างมาก อีกทั้งคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลมหาศาลในเวลาอันสั้นได้ ตามประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์นั้นๆ ดังนั้นการประมวลผลภาพจึงมีประโยชน์อย่างมากในการนำไปพัฒนาเป็นระบบต่างๆในชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยทางผู้จัดทำได้นำการประมวลผลภาพมาใช้ในการตรวจจับสิ่งต่างๆบนโต๊ะพูลด้วยเทคนิคต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 1 ระบบการตรวจจับรถยนต์บนถนนด้วย Image Processing [1]
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การชนและโมเมนตัม (Collision and Momentum) [2]

เนื่องจากโครงการนี้มีความเกี่ยวข้องกับกีฬาพูล-บิลเลียด ซึ่งเป็นกีฬาที่จำเป็นต้องแทงลูกขาวเพื่อให้ไปกระทบกับลูกพูลลูกอื่นและลงหลุม ดังนั้นทางผู้ที่มีพัฒนาจึงทำการศึกษาเรื่องของการชนและโมเมนตัมตามหลักฟิสิกส์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการทำโครงการ

$$\text{โมเมนตัม} = \text{มวล} \times \text{ความเร็ว} \quad (\mathbf{P} = m\mathbf{v}) \quad (1)$$

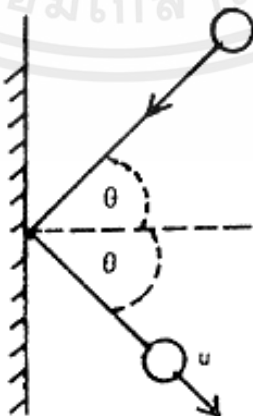
สมการที่ 1 สมการในการหาโมเมนตัม

โมเมนตัม คือ ความสามารถในการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยคิดจากสมการที่ 1 โมเมนตัมจะมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ โดยที่มวลเป็นปริมาณสเกลาร์แต่ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งเมื่อนำปริมาณทั้งสองเข้าคูณด้วยกัน จะได้ปริมาณเวกเตอร์เสมอ ดังนั้นโมเมนตัมจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ หรือก็คือมีทั้งขนาดและทิศทาง

การชน (Collision) หมายถึง การที่วัตถุหนึ่งกระทบกับอีกวัตถุหนึ่งในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น การชนกันของรถ การตอกตะปู การเตะลูกบอล การกระทบกันของลูกพูล หรือในบางครั้งวัตถุอาจ ไม่ต้องกระทบกัน แต่มีแรงมากระทำต่อวัตถุเช่น การระเบิดของวัตถุระเบิด การยิงปืน โดยการชนโดยมากมักจะมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ ซึ่งขนาดของแรงจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับลักษณะการชนของวัตถุ และในการชนอาจมีการสูญเสียค่าโมเมนตัมมากหรือน้อย หรือไม่สูญเสีย เลยก็ได้ ซึ่งเราสามารถแยกการชนออกได้ 2 ลักษณะดังนี้

1) เมื่อโมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่ เป็นการชนที่ขณะชนมีแรงภายนอกมากระทบน้อยมากๆ เมื่อ เทียบกับขนาดของแรงคลที่เกิดขึ้น หรือแรงภายนอกเป็นศูนย์ เช่น การชนกันของลูกบิลเลียด การชนของ รถยนต์ การยิงปืน เป็นต้น

2) เมื่อโมเมนตัมของระบบไม่คงที่ เป็นการชนที่ขณะชนมีแรงภายนอกมากระทำมากกว่าแรงคลที่ เกิดกับวัตถุขณะชนกัน เช่น ลูกบอลตกกระทบพื้น รถยนต์ชนกับต้นไม้ เป็นต้น



รูปที่ 2 การกระทบของลูกบิลเลียดกับขอบโต๊ะ [2]

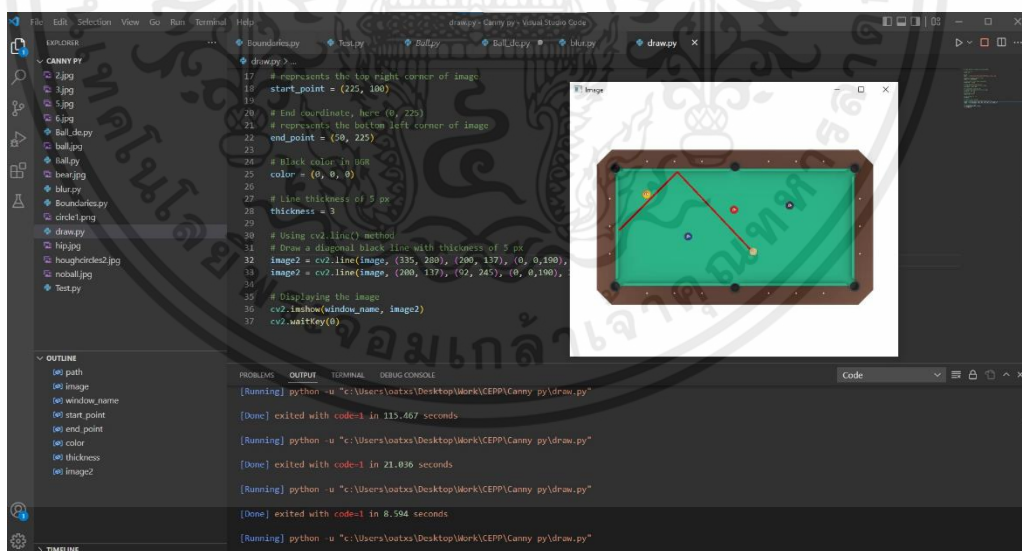
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 OpenCV [3]

เป็นไลบรารีโอเพ่นซอร์สที่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้งานในด้าน Image Processing โดยเฉพาะเป็นไลบรารีสำหรับการประมวลผลภาพ ส่วนใหญ่มุ่งเน้นเป้าหมายไปที่การแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ (Real-Time Computer Vision) โดย OpenCV เดิมทีถูกพัฒนาโดยบริษัท Intel แต่ภายหลังได้รับการสนับสนุนโดยบริษัท Willow Garage และ Itseez ซึ่ง OpenCV ถูกเขียนขึ้นมาด้วย C++ และมีการรองรับภาษาต่างๆ เช่น Python, Java, MATLAB เป็นต้น การใช้งานเบื้องต้นของ OpenCV นั้นยกตัวอย่างเช่น การเบลอภาพ การผสมภาพ การเพิ่มคุณภาพของภาพและวิดีโอ เป็นต้น และสามารถนำมาประยุกต์ต่อยอดใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น ระบบจดจำใบหน้า (Facial recognition system) การจดจำท่าทางต่างๆ ของผู้ใช้ (Gesture Recognition) การประมาณระยะในขณะเคลื่อนที่ เป็นต้น โดยผู้จัดทำได้นำ OpenCV มานี้มาปรับใช้กับการตรวจจับต่างๆ เป็นหลัก เช่น ตรวจจับตำแหน่งของลูกพูลบอล ตรวจจับตำแหน่งของไม้คิว การคำนวณการเดินทางของลูก เป็นต้น

1) การวาดอย่างง่ายด้วย OpenCV (Basic Drawing with OpenCV)

เนื่องจากโครงงานนี้จำเป็นต้องวาดเส้นวิถีการเคลื่อนที่ของลูกพูล ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงทำการศึกษาและทดลองใช้ Function ที่ใช้สำหรับการวาดภาพต่างๆ ที่ได้จาก การคำนวณภายใน OpenCV เช่น การสร้างเส้นตรง วงกลม ลีเหลี่ยม เป็นต้น



รูปที่ 3 แสดงการจำลองการวาดเส้นวิถีของลูกพูล ด้วย OpenCV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การเบลอด้วยฟิลเตอร์เกาส์เซียน (Gaussian Blur) [4]

Gaussian Blur เป็นฟิลเตอร์เบลอภาพชนิดหนึ่ง เป็นวิธีการลด noise ภายในภาพ โดยการเบลอภาพด้วย Gaussian Function เป็นการเบลอภาพด้วยการใช้ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักค่าที่ได้จากการทำ Gaussian Function นั้นจะนำไปใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าแต่ละ Pixel ในภาพที่ต้องการ โดยภาพที่ได้จากการทำ Gaussian Blur นั้นจะให้ผลลัพธ์ภาพที่ได้จะเบลออย่างเป็นธรรมชาติ นอกจากนั้นยังสามารถรักษาสีของขอบในภาพได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเบลอชนิดอื่นๆ โดย Gaussian Function นั้นจะมีทั้ง 1 มิติและ 2 มิติ

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

สมการที่ 2 ตัวอย่างสมการ Gaussian Function 2 มิติ

จากสมการที่ 2 นั้นจะเป็นสมการที่ใช้สำหรับการหา Gaussian Function โดย x นั้นแทนตัวแปรสุ่ม ตัวแปร μ แสดงค่ามัชฌิม และ σ^2 คือค่าความแปรปรวน ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกปริมาณการกระจายของการแจกแจง โดยการแจกแจงปกติที่มีค่า $\mu = 0$ และ $\sigma^2 = 1$ และจะถูกเรียกว่า การแจกแจงปกติมาตรฐาน ซึ่งทางผู้จัดทำก็ได้ทำการใช้งาน Gaussian Blur ที่เป็นหนึ่งในฟังก์ชันใน OpenCV ในการทำ Pre-processing ซึ่งเป็นการเตรียมภาพให้เหมาะสมกับการทำ Image Processing ด้วย โดยการเรียกใช้งานฟังก์ชันนั้นสามารถทำได้ด้วยการพิมพ์คำสั่งดังนี้

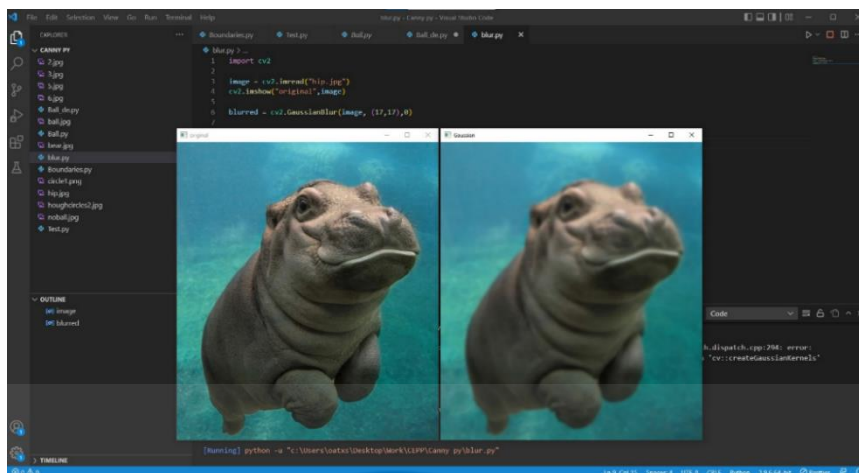
```
cv2.GaussianBlur(image, kernel, sigmaX, sigmaY, borderType)
```

Parameters:

- image => ภาพที่ต้องการนำมาใช้
- kernel => องค์ประกอบโครงสร้างที่ใช้สำหรับการ blur
- sigmaX => ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ kernel ตามแนวนอน (row)
- sigmaY => ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ kernel ตามแนวตั้ง (column)
- borderType => ขอบเขตของรูปภาพในขณะที่ kernel ถูกนำไปใช้กับเส้นขอบของรูปภาพ

รูปที่ 4 Parameter แต่ละตัวในฟังก์ชัน Gaussian Blur

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แสดงการผลทำ Gaussian Blur ด้วย OpenCV

3) การตรวจจับขอบด้วยแคนนี่ (Canny Edge Detection) [5]

Canny Edge เป็น Function หนึ่งที่อยู่ใน OpenCV เป็น Function ที่ได้รับความนิยมในตรวจจับขอบของสิ่งต่างๆที่เราสนใจ โดยเป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ภายในภาพ สำหรับขั้นตอนในการตรวจจับเส้นภายในภาพของ Canny Edge Detection นั้นจะประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

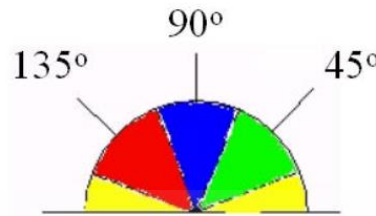
- 1) การนำภาพไปผ่าน Gaussian Filter เพื่อกรอง Noise ของภาพให้ภาพมีความเนียนมากยิ่งขึ้น เนื่องจาก Noise จะเข้าไปรบกวนผลลัพธ์ของ Edge detection ดังนั้นจึงต้องลด Noise เพื่อป้องกันการตรวจจับผิดพลาด
- 2) เนื่องจากเส้นขอบต่างๆภายในภาพนั้นสามารถชี้ไปได้หลายทิศทาง ดังนั้นอัลกอริทึมของ Canny จึงมีการใช้ Filter ทั้งหมด 4 ตัว ในการตรวจจับเส้นขอบทั้งในแนวนอน แนวตั้ง และแนวทแยง ทำให้ได้ค่าของทิศทางแนวนอน (G_x) และทิศทางแนวตั้ง (G_y) ซึ่งจากค่าเหล่านี้จะทำให้ได้ค่าการไล่ระดับสี (G) และทิศทางของเส้นขอบ (θ) ได้จากสมการ 3

$$\theta = \text{atan2}(G_y, G_x), \quad (3)$$

สมการที่ 3 สมการในการหาค่าทิศทางของเส้นขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมุมที่ได้จากการคำนวณจะต้องทำการปัดเป็น 1 ใน 4 มุมที่แทนแนวอน
แนวตั้ง และแนวทแยงอีก 2 ด้าน ได้แก่ (0° , 45° , 90° , 135°)

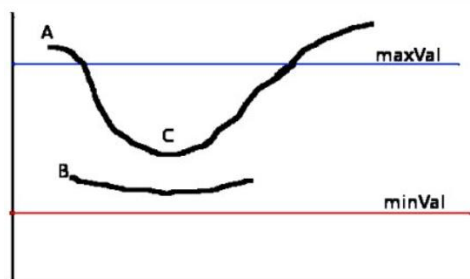


รูปที่ 6 ค่ามุมที่ได้หลังจากการปัดค่า θ [3]

3) การนำ Pixel มาทำการเทียบกับ Threshold เพื่อระบุว่า Pixel ใดที่เป็นเส้นขอบ
บ้าง

4) หลังจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ จะทำให้ได้ Pixel ของเส้นขอบที่แม่นยำในระดับหนึ่ง
แล้ว แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังคงมี Pixel บางส่วนที่เกิดจาก Noise และ Color Variation ซึ่ง
ในการที่จะกำจัดผลลัพธ์ที่แปลกปลอมเหล่านี้ จะใช้วิธีการกรอง Pixel ที่มีค่าการไล่
ระดับสีต่ำออก โดยการที่จะระบุว่า Pixel ใดมีค่าการไล่ระดับสีอยู่ในเกณฑ์ต่ำหรือสูง
นั้นเกิดจากการกำหนดค่า High Threshold และ Low Threshold หากค่าการไล่ระดับสีมี
ค่ามากกว่า High Threshold จะมองว่า Pixel นั้นมีความเป็นเส้นขอบที่สูง ในขณะที่หาก
ค่าการไล่ระดับสีมีค่าน้อยกว่า High Threshold แต่มีค่ามากกว่า Low Threshold นั้นจะ
มองว่า Pixel นั้นมีความเป็นเส้นขอบที่ต่ำ ส่วนค่าที่ต่ำกว่า Low Threshold นั้นจะถูก
ตัดทิ้งไป

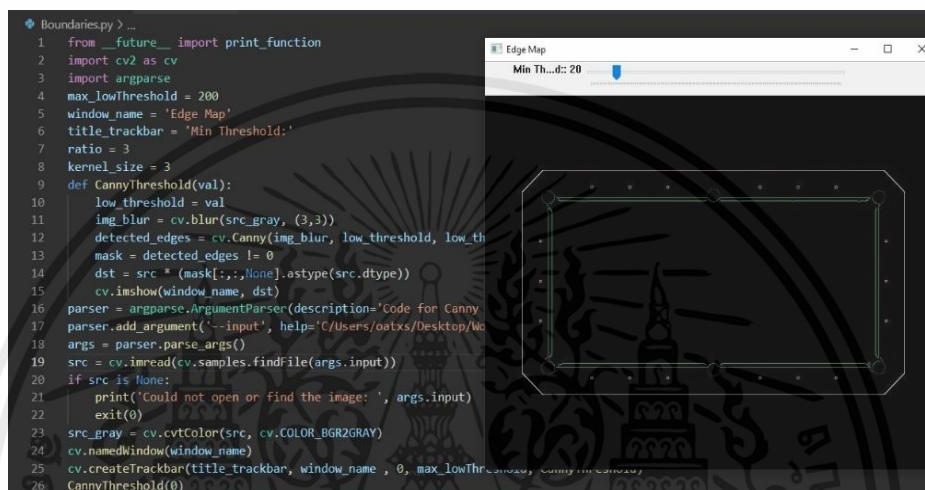
5) ในขั้นตอนสุดท้ายนี้ จะเป็นขั้นตอนที่เลือกว่า Pixel ใดเป็นเส้นขอบที่จะนำไปใช้
จริงบ้าง โดยจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ Pixel ที่มีความเป็นเส้นขอบสูงจะถูกมองว่าเป็นเส้น
ขอบ ส่วน Pixel ที่มี ความเป็นเส้นขอบต่ำนั้น ในกรณีที่มีการเชื่อมอยู่กับเส้นขอบที่ถูก
ตัดสินว่าเป็นเส้นขอบจริงๆแล้ว จะมองว่า Pixel ที่มี ความเป็นเส้นขอบต่ำนี้ถูกตัดสินว่า
เป็นเส้นขอบจริงๆด้วย



รูปที่ 7 ขั้นตอนการทำ Hysteresis Thresholding [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 9 ส่วน A นั้นมีค่ามากกว่า High Threshold ทำให้ถูกตัดสินว่าเป็นเส้นขอบจริง ในขณะที่ ส่วน C ถึงแม้จะมีค่าน้อยกว่า High Threshold และมากกว่า Low Threshold แต่ส่วน C นั้นติดอยู่กับส่วน A ซึ่งถูกตัดสินว่าเป็นเส้นขอบจริง ทำให้ส่วน C นั้นถูกตัดสินว่าเป็นเส้นขอบจริงไปด้วย ส่วน B นั้นมีค่าอยู่ระหว่าง High Threshold และ Low Threshold เหมือนกับส่วน C แต่ส่วน C นั้นไม่ได้ติดกับส่วน A ซึ่งเป็นเส้นขอบจริง ดังนั้นส่วน B จึงถูกตัดสินว่าไม่ใช่เส้นขอบจริง



```

Boundaries.py > ...
1 from __future__ import print_function
2 import cv2 as cv
3 import argparse
4 max_lowThreshold = 200
5 window_name = 'Edge Map'
6 title_trackbar = 'Min Threshold:'
7 ratio = 3
8 kernel_size = 3
9
10 def CannyThreshold(val):
11     low_threshold = val
12     img_blur = cv.blur(src_gray, (3,3))
13     detected_edges = cv.Canny(img_blur, low_threshold, low_th
14     mask = detected_edges != 0
15     dst = src * (mask[:,None].astype(src.dtype))
16     cv.imshow(window_name, dst)
17
18 parser = argparse.ArgumentParser(description="Code for Canny
19 parser.add_argument('--input', help='C:/Users/otxs/Desktop/Wc
20 args = parser.parse_args()
21 src = cv.imread(cv.samples.findFile(args.input))
22 if src is None:
23     print('Could not open or find the image: ', args.input)
24     exit(0)
25 src_gray = cv.cvtColor(src, cv.COLOR_BGR2GRAY)
26 cv.namedWindow(window_name)
27 cv.createTrackbar(title_trackbar, window_name, 0, max_lowThr
28 CannyThreshold(0)
  
```

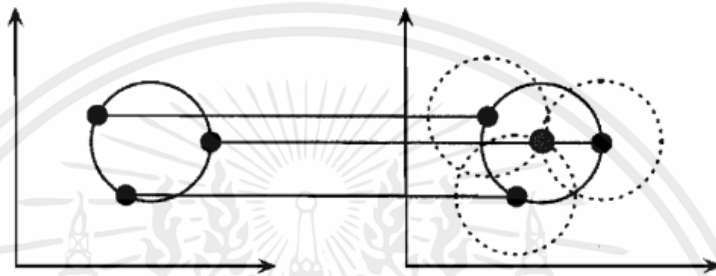
รูปที่ 8 แสดงการใช้ Canny Edge ใน OpenCV

4) การแปลงแบบเฮาต์ (Hough Transform) [6]

เป็นหนึ่งในวิธีที่นิยมในการวิเคราะห์หาวัตถุต่างๆที่มีรูปทรงเป็นรูปเลขาคณิตภายในภาพ โดยจะสามารถสร้างรูปร่างต่างๆในภาพได้จากสมการทางคณิตศาสตร์เช่น สมการวงกลม สมการเส้นตรง เป็นต้น โดยการประมวลผลภาพเพื่อหารูปทรงของวัตถุภายในภาพด้วย Hough Transform นั้นมีหลายวิธีเช่น Hough Circle Transform Hough Line Transform ซึ่งเป็น Function ต่างๆสำหรับการทำ Hough Transform ภายใน OpenCV ด้วย อีกทั้ง Hough Transform นั้นยังสามารถหารูปร่างรูปทรงต่างๆที่ไม่ใช่รูปทรงเลขาคณิตได้เช่นสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า ด้วยวิธีการ Generalized Hough Transform และ Modified Generalized Hough Transform ในการหาตำแหน่งของวัตถุนั้นๆได้

1) การแปลงวงกลมแบบเฮาส์ (Hough Circle Transform)

Hough Circle เป็น Function หนึ่งที่อยู่ใน OpenCV เช่นเดียวกับ Canny Edge เป็น Function ที่ใช้ในตรวจจับตำแหน่งวงกลมที่อยู่ในภาพ โดยการสร้าง Accumulator Array (A) ของรัศมีวงกลมที่ต้องการหา (r) แล้วทำการวาดวงกลมใน A ด้วยรัศมี r ของทุกๆจุดสีดำ (X, Y) ในภาพ ซึ่งตำแหน่งที่มีค่า vote สูงของ A นั้นคือตำแหน่งที่พบวงกลมดังกล่าว

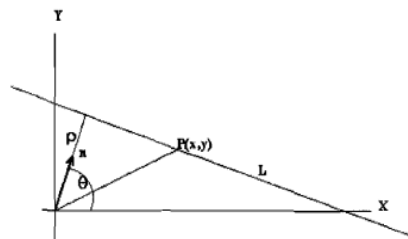


รูปที่ 9 แสดงการหาวงกลมด้วยเทคนิค Hough Circle Transform [5]

2) การแปลงเส้นตรงแบบเฮาส์ (Hough Line Transform)

Hough Line Transform เป็น Function ในการหาเส้นตรงต่างๆที่อยู่ในภาพด้วยสมการเส้นตรงที่อยู่ใน OpenCV เช่นเดียวกับ Hough Circle Transform สามารถหาเส้นตรงโดยการสร้าง Accumulator Array (A) ของความชันและค่าคงที่ภายในสมการเส้นตรงแล้วทำการ Sampling ค่าความชันหรือค่าคงที่ทุกจุด x, y ภายในภาพซึ่งตำแหน่งที่มีค่า A สูงสุดจะเป็นมุมเส้นตรงต่างๆภายในภาพแต่เนื่องจากสมการเส้นตรงจะเกิดปัญหาในบางครั้งเมื่อเส้นเป็นแนวตั้งแล้วค่าของความชันจะสูงมากซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้สมการเส้นตรงในรูปแบบเชิงขั้วในการประมวลผลโดย

$$\text{สมการในรูปแบบ Polar } \rho = x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta \quad (3)$$

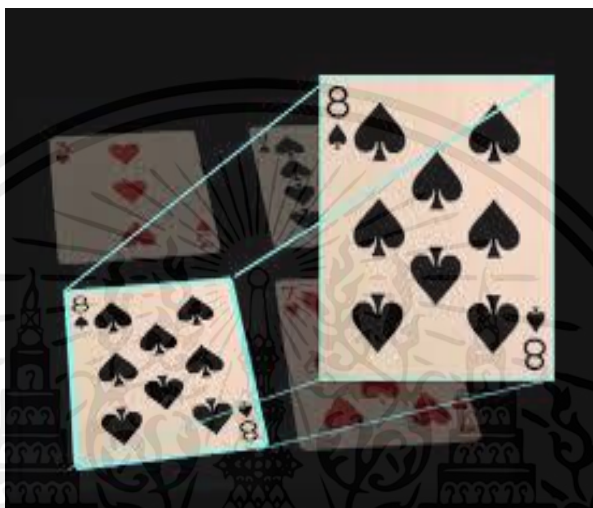


รูปที่ 10 ตัวอย่างสมการเส้นตรงในรูปแบบ Polar [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การแปลงภาพให้ได้สัดส่วน (Wrap perspective)

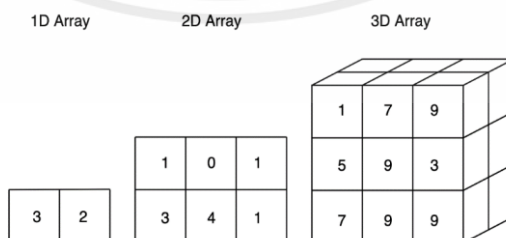
เป็นการประมวลผลภาพด้วยการนำค่าของภาพมาคูณด้วยค่าเมทริกซ์ที่ได้จาก Function `cv2.getPerspectiveTransform()` ซึ่งจะใช้จุด 4 จุดในการนำมาคำนวณเพื่อหาค่าเมทริกซ์ที่ใช้สำหรับการคำนวณภาพ แล้วนำค่าเมทริกซ์ที่ได้นั้นมาใช้งานกับ Function `cv2.warpPerspective` เพื่อให้จุด 4 จุดที่เราต้องการบนวัตถุ 3 มิติมาทาง ออกเป็นรูปแบบ 2 มิติ



รูปที่ 11 ตัวอย่างใช้งาน Function `cv2.warpPerspective`

2.1.4 นัมไพ (Numpy) [7]

เป็น library หนึ่งที่ใช้สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ในภาษา Python โดยมีโครงสร้างมาจากภาษา C ทำให้ Numpy ทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยความสามารถของ Numpy นั้นคือการจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ได้ทั้ง Array หลายมิติและข้อมูลแบบ Matrix โดยส่วนมากจะเป็นตัวเลขเช่น `int` หรือ `float`

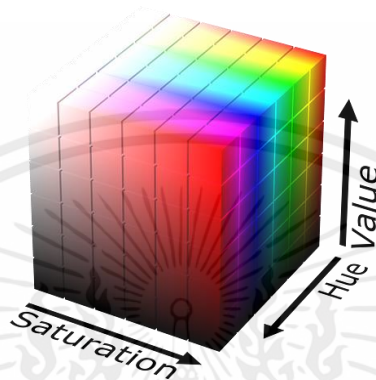


รูปที่ 12 แสดงรูปแบบของ Array ในแบบต่างๆ [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 เชนเอสวี (HSV)

HSV เป็นช่วงค่าสีอีกรูปแบบหนึ่งที่ต่างจาก RGB ที่คนส่วนใหญ่รู้จัก โดย HSV มีตัวย่อมาจาก Hue คือค่าสีบริสุทธิ์ Saturation คือค่าแสงผสมกับค่าสีบริสุทธิ์ และ Value คือค่าความสว่างของภาพ ตามลำดับ เมื่อนำแต่ละมาผสมกันจะได้ค่าสีที่มีค่าความสว่าง และ ความเข้มไม่เท่ากันเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการแยกแยะสีต่างๆในสิ่งแวดล้อมที่มีค่าความสว่างต่างกัน



รูปที่ 13 ตัวอย่างค่า HSV ในช่วงต่างๆ

2.1.6 การปรับค่าของกล้อง (Camera Calibration) [8]

เป็นการหาค่า Parameter 3 ค่าได้แก่ 1. Intrinsic Parameters คือ พารามิเตอร์ที่บอกลักษณะจำเพาะของกล้องเช่น Focal length , Skew , Image center เป็นต้น 2. Extrinsic Parameters เป็นพารามิเตอร์ที่บอกตำแหน่งการวางตัวของกล้องบนโลกจริง ซึ่งจะประกอบไปด้วย Rotation และ Translation matrix 3. Distortion Parameters คือ พารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงค่าสัมประสิทธิ์ใน Order ต่าง ๆ ของ Radial distortion และ Tangential distortion ซึ่งก็คือ Distortion ที่เกิดจากความโค้งของเลนส์ ซึ่ง Distortion นั้นเป็นค่าความผิดเพี้ยนของรูปภาพซึ่งเกิดได้จากเลนส์ของกล้อง ทำให้ภาพที่ได้นั้นผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง



รูปที่ 14 ตัวอย่างรูปแบบการเกิด Distortion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Works)

2.2.1 งานวิจัย 1 : PoolLiveAid: Augmented reality pool table to assist inexperienced players [9]

งานวิจัยที่ทำเกี่ยวกับระบบช่วยเหลือผู้เล่น โดยการฉายเส้นคาดการณ์วิถีของลูกพูลเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของผู้ใช้ โดยภายในงานวิจัยนี้จะมีการอธิบายรายละเอียดของระบบต่างๆภายในงานวิจัยไว้ชัดเจน ไม่ว่าจะเป็น Ball Detection, Table Detection, Movement Detection, Ball Trajectories ในแต่ละหัวข้อก็จะอธิบายตั้งแต่ทฤษฎีไปจนถึงขั้นตอนการนำมาใช้

จากการศึกษางานวิจัยทำให้ได้ตัวอย่างของการนำความรู้ในด้านการประมวลผลภาพเข้ามาใช้งานเพื่อตรวจจับวัตถุแต่ละอย่างที่อยู่ในสภาพแวดล้อม ขณะเล่นพูล-บิลเลียด

ในส่วนที่สามารถปรับปรุงเพิ่มเติมได้ภายในโครงการนี้ก็จะจะเป็นระบบที่มีการนำกฎกติกาของกีฬาพูล-บิลเลียดเข้ามาเพื่อให้เครื่องมือช่วยฝึกซ้อมมีมิติมากยิ่งขึ้น



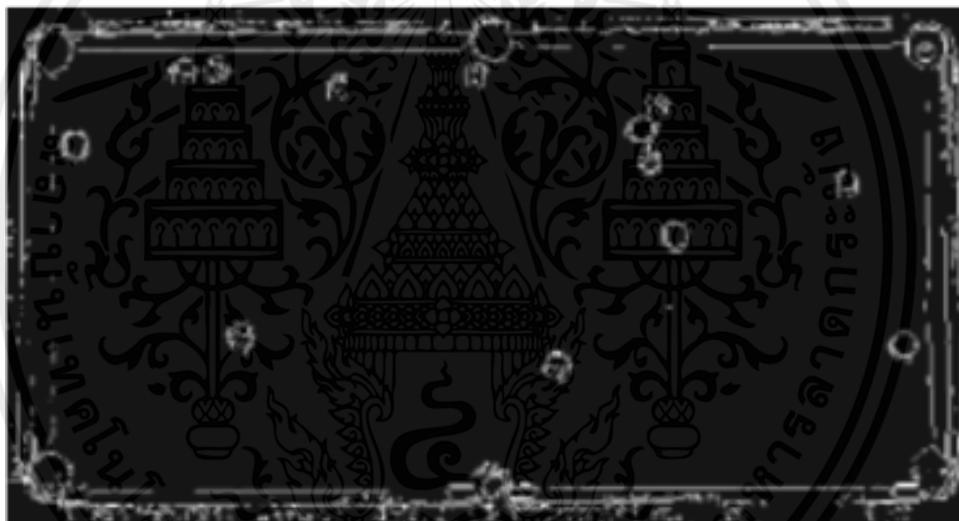
รูปที่ 15 แสดงผลลัพธ์ของโครงการ PoolLiveAid [9]

2.2.2 งานวิจัย 2 : Pool Balls Identification and Calibration for a Pool Robot [10]

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการหาดำแหน่งปัจจุบันของลูกพูล และชนิดของลูกพูลลูกนั้นๆ (ลูกสี ลูกลาย ลูกขาว ลูกดำ) ภายในงานวิจัยมีการใช้ Edge detection เพื่อใช้ในการหาขอบเขตของโต๊ะที่จะใช้อ้างอิงตำแหน่งของลูกพูล มีการใช้ Circle Hough Transform ที่เป็นการทำ Circle Detection เพื่อหาลูกพูลแต่ละลูกบน โต๊ะ และจบด้วยการระบุชนิดของลูกพูลแต่ละลูก

จากการศึกษาวิจัยทำให้ได้ตัวอย่างของการนำความรู้ในด้านการประมวลผลภาพเข้ามาใช้งานเพื่อทำการแยกแยะชนิดของลูกพูลแต่ละชนิด (ลูกสี ลูกลาย ลูกขาว ลูกดำ) เพื่อนำไปพัฒนาในส่วนของการแยกแยะลูกพูลที่ผู้เล่นสามารถแทงได้ตามกติกา

ในส่วนที่สามารถปรับปรุงเพิ่มเติมได้ภายในโครงการนี้ก็จะเป็นการนำความสามารถในการแยกแยะลูกพูลแต่ละชนิดและตำแหน่งของลูกพูลแต่ละลูกมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบอื่นๆสำหรับการเล่นพูล-บิลเลียดต่อไป



รูปที่ 16 แสดงการตรวจจับตำแหน่งของลูกพูลแต่ละลูกจากโครงการ

Pool Balls Identification and Calibration for a Pool Robot [10]

2.2.3 งานวิจัย 3 : AR Display of Visual Aids for Supporting Pool Games [11]

เป็นงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบคำนวณทิศทางการยิงลูกพูลบิลเลียดโดยการแสดงผลผ่าน AR Display ว่าลูกพูลบิลเลียดอยู่ตำแหน่งไหนบนโต๊ะ และคำนวณว่าการเล็งไม้ไปทางไหนแล้วลูกจะไปทางไหน โดยงานวิจัยนี้เริ่มต้นศึกษาเกี่ยวกับการวางตำแหน่งของกล้องเพื่อตรวจจับรายละเอียดของโต๊ะพูลอีกทั้งยังสามารถตรวจจับตำแหน่งของลูกพูลบิลเลียดที่อยู่บนโต๊ะได้โดยผ่านสูตรการคำนวณมุมต่างๆ แล้วนำมาทำการแปลงเป็นรูปโต๊ะและลูกทั้งหมดในตำแหน่ง Top view อีกทั้งยังสามารถแยกได้อีกว่าลูกพูลบิลเลียดที่อยู่บนโต๊ะเป็นเลขอะไร ต่อมาคือศึกษาเกี่ยวกับการกระทบของลูกพูลบิลเลียดที่กระทบกับไม้คิว โต๊ะ และลูกด้วยกัน แล้วนำมาคำนวณทิศทางการเคลื่อนที่ต่างๆของลูก โดยแสดงผลใน AR Display

จากการศึกษางานวิจัยทำให้ได้ตัวอย่างของการนำความรู้ในด้านการประมวลผลภาพเข้ามาใช้งานเพื่อทำการแยกแยะลูกพูลถึงระดับเลขของลูกพูลแต่ละลูก และโครงการนี้ยังมีการคำนวณเส้นทางของลูกพูลที่มากกว่า 1 ชั้น เช่น จากในภาพจะพบว่าระบบทำการคำนวณเส้นทางของลูกขาว(c) ไปยังลูกสีน้ำเงิน(4) และมีการคำนวณหาตำแหน่งของลูกขาวที่คาดว่าจะเกิดหลังจากการแทงลูกสีน้ำเงิน(4)แล้วคำนวณเส้นทางเพื่อแทงไปยังลูกสีเขียว(6)ต่อ

ในส่วนที่สามารถปรับปรุงเพิ่มเติมได้ภายในโครงการนี้ก็จะเป็นการพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนการแสดงผล ภายในโครงการนี้มีการแสดงผลทั้งแบบ VR display และ AR display แต่ทั้ง 2 รูปแบบนี้ก็ยังคงอยู่ในหน้าจอทั้งคู่ หากมีการพัฒนาให้สามารถแสดงผลลงบน โต๊ะจริงๆ ได้ ก็จะทำให้สามารถใช้งานได้จริงมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 17 แสดงผลลัพธ์ของโครงการ AR Display of Visual Aids for Supporting Pool Games [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

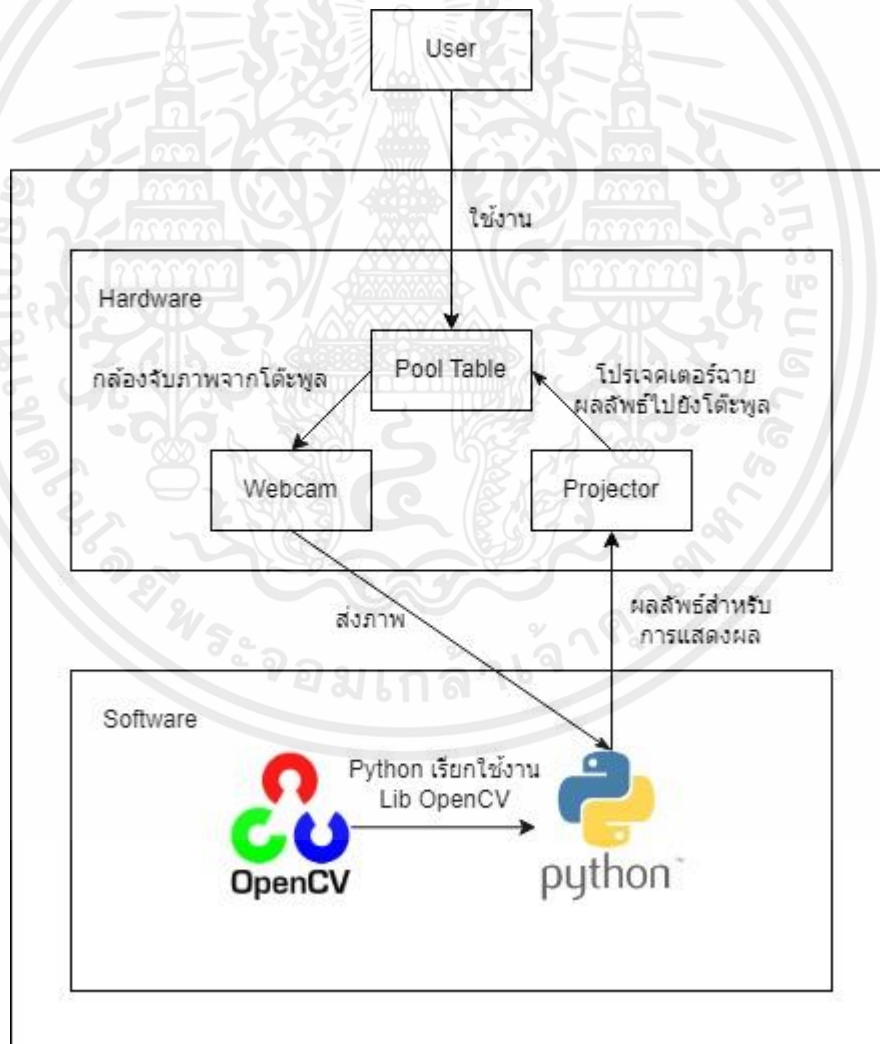
การออกแบบและการพัฒนา

3.1 การออกแบบโครงสร้างระบบ

3.1.1 การเชื่อมต่อกันระหว่าง Software และ Hardware

แสดงถึงการความสัมพันธ์กันของ Software และ Hardware ต่างๆในระบบ

- 1) ในส่วนของ Hardware จะติดตั้ง โต้ะพูล กล้อง โปรเจคเตอร์ ตามตำแหน่งที่ออกแบบ
- 2) สำหรับกล้อง ที่ใช้ในการ Protect วัตถุบนโต้ะพูล จะใช้ OpenCV ในการพัฒนาระบบ
- 3) สำหรับ Projector ที่ใช้ในการแสดงผลหน้าตาต่างผู้ใช้งานและแสดงผลการคำนวณต่างๆ



รูปที่ 18 แสดงถึงการเชื่อมต่อกัน ระหว่าง Software และ Hardware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบส่วน Hardware

3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการทำโครงการ

1) โต๊ะพูล สำหรับใช้ในการพัฒนาโครงการโดยมีคุณสมบัติดังนี้

ความกว้าง x ความยาว

- 110 x 210 เซนติเมตร (ความยาวจากขอบโต๊ะถึงขอบโต๊ะ)
- 90 x 180 เซนติเมตร (ความยาวจากขอบสักหลาดถึงขอบสักหลาดอีกด้าน)

ความสูง

- 82 เซนติเมตร (จากพื้นถึงขอบบนของโต๊ะ)



รูปที่ 19 โต๊ะพูลที่ใช้ในการทดลอง

2) กล้อง เนื่องจากพื้นที่โต๊ะพูลที่ต้องการตรวจจับมีความยาวอยู่ที่ 180 เซนติเมตร และความกว้างอยู่ที่ 90 เซนติเมตรเมื่อนำมาแปลงเป็นรูปภาพในหน่วย Pixel ในอัตราส่วน 10 Pixel : 1 เซนติเมตร จะได้ภาพขนาด 1800 x 900 Pixel ดังนั้นหากต้องการใช้งานรูปภาพขนาด 1800 x 900 Pixel ในการนำมาประมวลผล จำเป็นจะต้องมีกล้องที่มีความละเอียดอย่างน้อย 1800 x 900 Pixel สำหรับการถ่ายภาพบนโต๊ะพูล โดยทางผู้จัดทำเลือกใช้งานกล้องที่มีคุณสมบัติดังนี้

ความละเอียดสูงสุด

- 2560 x 1440p 30fps



รูปที่ 20 กล้องWebcam ที่ใช้ตรวจจับภาพบนโต๊ะ

- 3) โปรเจคเตอร์ เนื่องจากโต๊ะพูลนั้นมีความยาวอยู่ที่ 180 เซนติเมตร และความกว้างอยู่ที่ 90 เซนติเมตรเมื่อนำมาแปลงเป็นรูปภาพในหน่วย Pixel ในอัตราส่วน 10 Pixel : 1 เซนติเมตร จะได้ภาพขนาด 1800 x 900 Pixel เป็นอย่างน้อย สำหรับแสดงผลผ่านทางโปรเจคเตอร์ ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงเลือกใช้งานโปรเจคเตอร์ที่มีคุณสมบัติ ดังนี้

ความละเอียดสูงสุด

- 1920 x 1080p 60fps

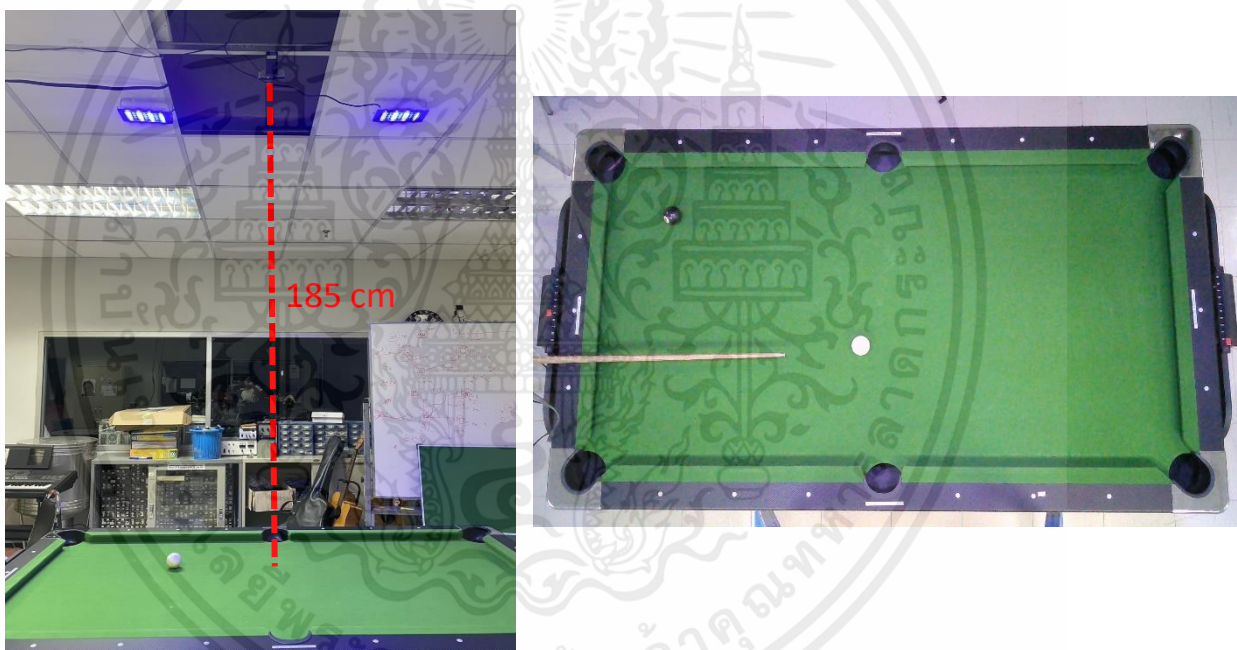


รูปที่ 21 Projector ที่ใช้แสดงผลการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การจัดวางอุปกรณ์

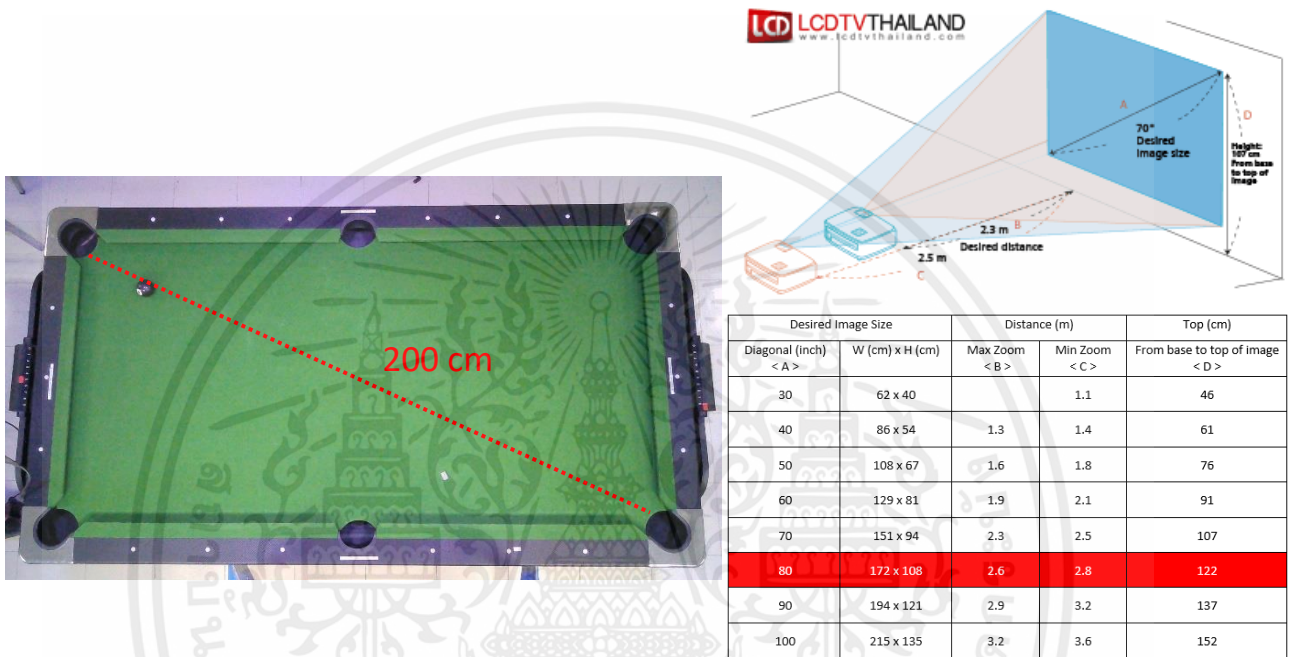
สำหรับกล้องและโปรเจกเตอร์ ทางผู้จัดทำได้ออกแบบโดยให้ทำการติดตั้งไว้ด้านบนของโต๊ะพูลและถ่ายหรือฉายภาพลงมายังโต๊ะพูล เนื่องจากกีฬาพูล-บิลเลียดนั้นในขณะที่เล่น ผู้เล่นจะเดินไปมาอยู่รอบโต๊ะพูล ดังนั้นการติดตั้งกล้องหรือโปรเจกเตอร์ไว้บริเวณด้านข้างของโต๊ะพูลอาจทำให้การถ่ายหรือฉายภาพนั้นถูกบดบังได้หรืออาจทำให้อุปกรณ์ต่างๆที่ติดตั้งกีดขวางการเล่นกีฬาพูล-บิลเลียดของผู้ใช้งานได้ อีกทั้งยังมีการติดตั้งไฟสปอร์ตไลท์เพื่อให้สิ่งต่างๆบนโต๊ะนั้นมีความสว่างชัดเจนมากยิ่งขึ้นและควบคุมสภาพสิ่งแวดล้อมให้คงที่ ทำให้ให้ง่ายต่อการตรวจจับภาพของกล้องอีกด้วย ซึ่งทางผู้จัดทำนั้นได้ทำการทดลองติดตั้งกล้องไว้ที่เพดานของห้องตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งภาพที่ออกมาได้นั้นสามารถถ่ายได้ครอบคลุมทั่วทั้งโต๊ะ ซึ่งเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ เมื่อวัดระยะที่ได้จากการติดตั้งกล้องบนเพดานนั้นจะมีระยะอยู่ที่ 185 เซนติเมตร



รูปที่ 22 ตัวอย่างการติดตั้งและภาพที่ได้จากกล้อง

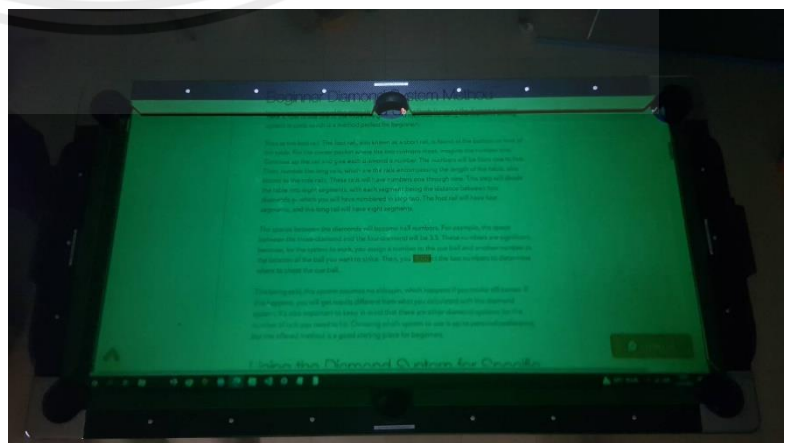
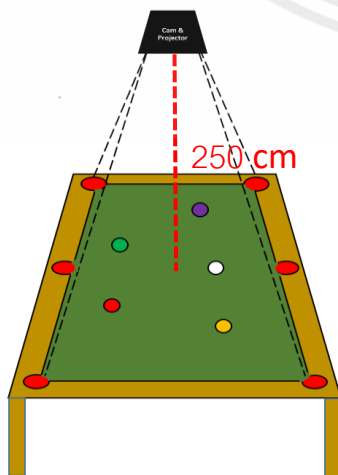
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการออกแบบติดตั้งโปรเจคเตอร์นั้น ทำการออกแบบจากการวัดพื้นที่ของโต๊ะในตำแหน่งที่ต้องการฉายภาพลง ไป ทางผู้จัดทำได้ทำการคำนวณขนาดของหน้าจอที่ต้องการเพื่อจะฉายลงไปยังโต๊ะพูลนั้นมีขนาดหน้าจอขั้นต่ำที่ต้องการคือ 200 เซนติเมตร หรือ เท่ากับขนาดหน้าจอ 79 นิ้ว และจากการเทียบตารางขนาดในการฉายกับระยะในการฉายของ โปรเจคเตอร์ แล้วนั้นจะทำให้รู้ระยะขั้นต่ำที่จะติด โปรเจคเตอร์ได้ อยู่ที่ประมาณ 2.5 - 2.6 เมตร



รูปที่ 23 การหาขนาดพื้นที่ที่ต้องการฉาย

หลังจากการรู้ระยะขั้นต่ำในการติดตั้งและขนาดพื้นที่ที่ต้องการและนั้นก็มาออกแบบว่าจะต้องติดตั้ง โปรเจคเตอร์ในตำแหน่งที่ความสูงที่เท่าใด แต่เนื่องจากความสูงของห้องนั้นมีจำกัดทางผู้จัดทำจึงทำการติดตั้งไว้ที่ความสูง 2.5 เมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งรูปที่ 24 แสดงการออกแบบและภาพพื้นที่ฉายภาพที่ได้จากการติดตั้ง โยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากการทดลองฉายภาพผ่านโปรเจคเตอร์สามารถหาขนาดภาพที่ต้องการที่มีขนาดเท่ากับพื้นที่บนพื้นโต๊ะพูลที่ต้องการแสดงผลได้อยู่ที่ 1920 x 880 Pixel เพื่อนำไปออกแบบหน้าตาผู้ใช้งานต่อไป

3.3 การออกแบบส่วนของซอฟต์แวร์

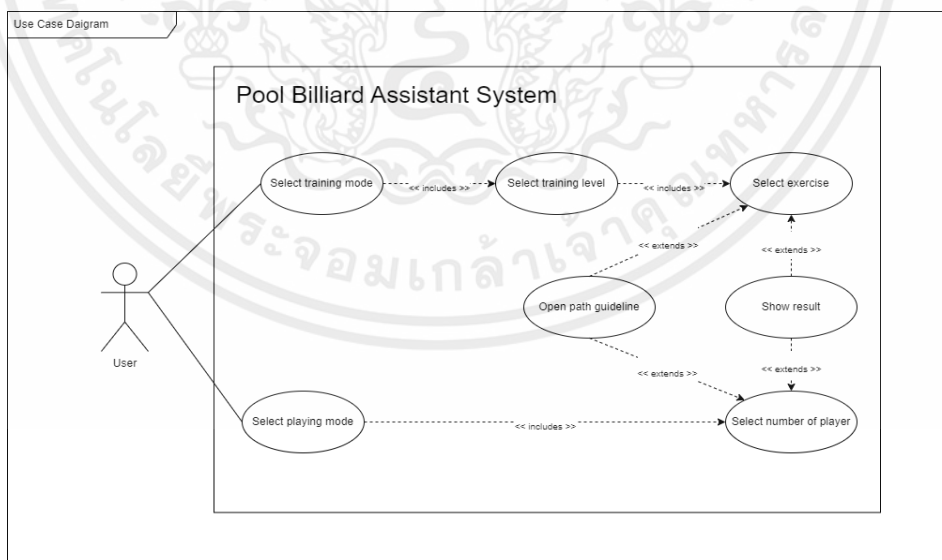
3.3.1 Use Case Diagram

Use Case Diagram ระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด จะเป็นระบบที่ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถใช้งานระบบได้ โดยมีหน้าที่หลักๆของระบบ อยู่ 2 หน้าที่ ได้แก่ การใช้งานระบบในโหมดฝึกซ้อม และการใช้งานระบบในโหมดเล่นหรือแข่งขันปกติ

1) ถ้าผู้ใช้เลือกใช้งานในโหมด Training Mode ผู้ใช้จะต้องทำหน้าที่ ในการเลือกระดับความยากง่ายของแบบฝึกหัดหรือด่าน หลังจากนั้น ทำการเลือกด่าน จึงจะสามารถเริ่มการฝึกซ้อมได้

2) ถ้าผู้ใช้เลือกใช้งานในโหมด Game Play Mode ผู้ใช้จะต้องทำหน้าที่ เลือกจำนวนผู้เล่นในการแข่งขัน

ในขณะที่ฝึกซ้อมหรือแข่งขันผู้ใช้สามารถเปิด/ปิดเส้นคาดการณ์วิถีที่สามารถแนะแนวทางในการยิงได้ โดยหลังจากจบเกมจะมีการสถิติแสดงผลการเล่นในครั้งนั้นๆ ที่จะแสดงเวลาจำนวนครั้งในการยิง และเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำให้แก่ผู้เล่นบน โต๊ะ



รูปที่ 25 Use Case Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะแบ่งฟังก์ชันการทำงานดังนี้

ตาราง 1 Use Case Select Training Mode

Use Case ID	U-1
Use Case	Select Training Mode
Actor	User
Main Flow	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้ใช้เลือกใช้งาน Training Mode 2. ผู้ใช้เลือกระดับของด่าน 3 ระดับ 3. ผู้ใช้เลือกด่าน 4. แสดงแบบฝึกหัด 4. แสดงผลลัพธ์ การฝึกซ้อม

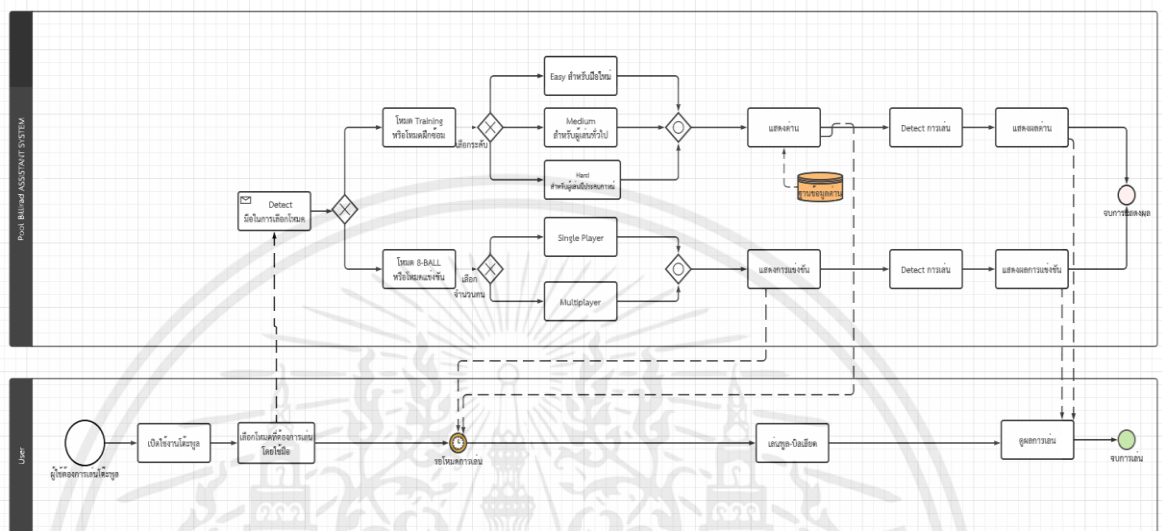
ตาราง 2 Use Case Select Playing Mode

Use Case ID	U-1
Use Case	Select Training Mode
Actor	User
Main Flow	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้ใช้เลือกใช้งาน Playing Mode 2. ผู้ใช้เลือกจำนวนผู้เล่น 3. แสดง guideline ให้ผู้ใช้งานฝึกซ้อม 4. แสดงผลลัพธ์ การฝึกซ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 BPMN Diagram

Business Process Model and Notation เป็นการออกแบบแนวทางการใช้งานระบบในเชิงธุรกิจ ที่อธิบายถึง กระบวนการใช้งานของ User ขณะใช้ระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาฟุต-บิลเลียด เพื่อให้คนทั่วไปเข้าใจโดยง่าย



รูปที่ 26 BPMN Diagram

การออกแบบ Business Process Model and Notation แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีผู้ใช้งานต้องการจะใช้งานระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาฟุต-บิลเลียด ผู้ใช้สามารถเข้ามาใช้งานระบบได้โดยง่าย เพียงเปิดใช้งานระบบ เลือกโหมดที่ต้องการจะฝึกซ้อม เลือกระดับหรือด่านที่ต้องการฝึก หรือจะเลือกเป็น Gameplay ซึ่งจะเป็นด่านที่ช่วยเพิ่มความสนุกให้แก่ผู้ใช้งาน โดยหลังจากฝึกซ้อมเสร็จระบบจะแสดงผลคะแนน และบอกถึงประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมแก่ผู้เล่น ซึ่งจะช่วยให้การฝึกซ้อมและวิเคราะห์ความสามารถได้ง่ายมากขึ้น จากการใช้งานระบบ

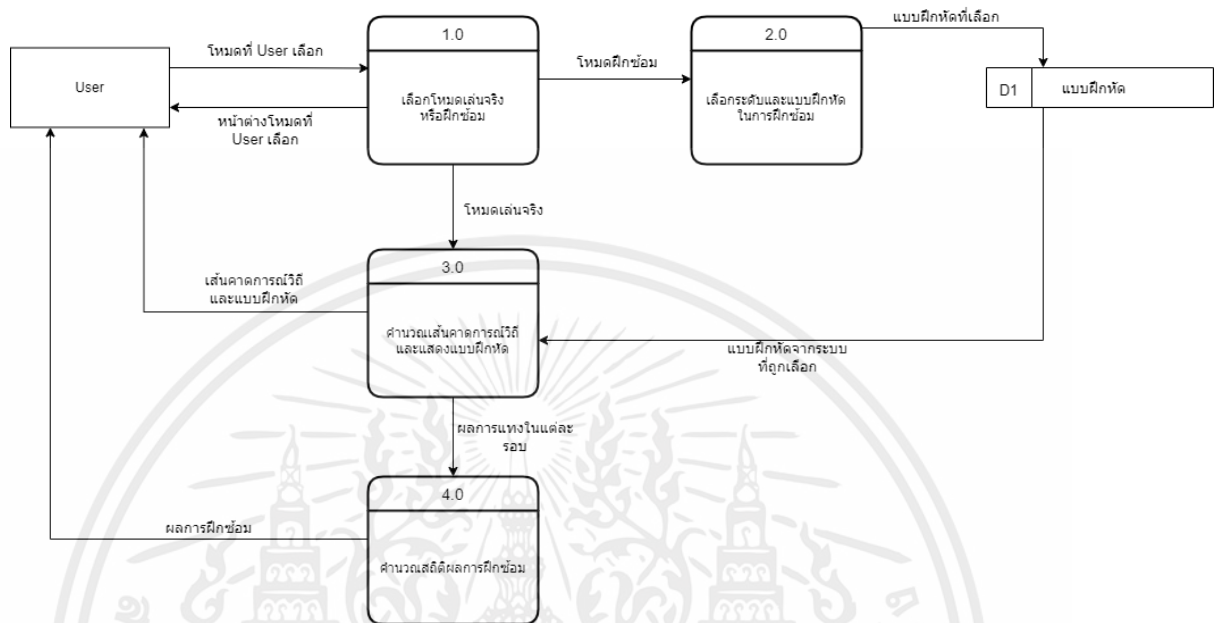
3.3.3 DFD Diagram

Data Flow Diagram เป็นการออกแบบรูปแบบการส่งข้อมูลที่จะนำมาขายยังโปรเจกเตอร์ ซึ่งจะแสดงถึงขั้นตอนการทำงานของระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาฟุต-บิลเลียด โดยแผนภาพจะแสดงทิศทางการไหลของข้อมูล

โดยเริ่มจาก ได้ข้อมูลจากผู้ใช้งาน นั่นก็คือ โหมดที่ผู้ใช้เลือกซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ตัวเลือก

1. ถ้าเลือกโหมดฝึกซ้อม ผู้ใช้งานจะเลือกระดับ และเลือกด่าน ระบบก็จะดึงข้อมูลแบบฝึกหัดที่ผู้ใช้ต้องการฝึก มาแสดงยังโปรเจกเตอร์

2.ถ้าเลือกโหมดเล่น หรือ GamePlay ระบบก็จะคำนวณเส้นคาดการณ์วิถี และเมื่อผู้ใช้งานเริ่มเล่น ระบบจะเก็บข้อมูลการแทงเอาไว้ และเมื่อจบการใช้งาน ระบบจะดึงข้อมูลมาแสดงผลสถิติการฝึกซ้อม



รูปที่ 27 DFD Diagram

3.3.4 Sequence Diagram

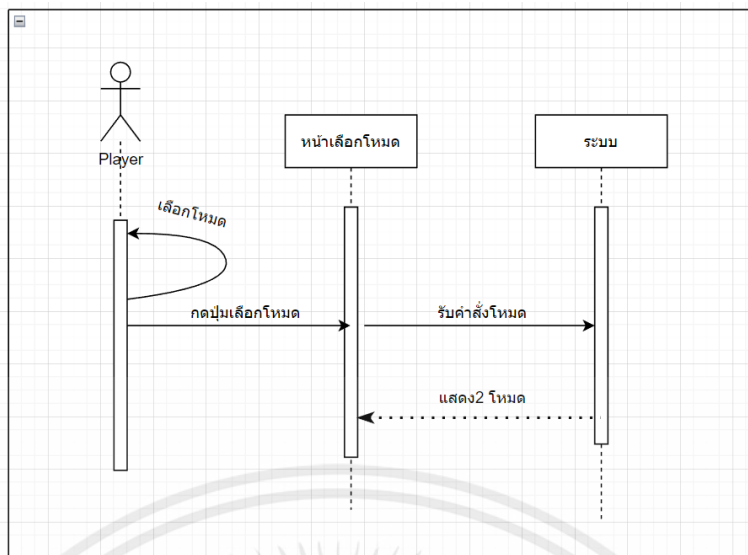
Sequence Diagram ของระบบ ที่จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบและผู้ใช้งาน โดยจะแสดงกระบวนการทำงานของระบบ ที่แบ่งตามลำดับการใช้งาน วิธีการทำงานของระบบ และผลการใช้งาน

1) Sequence Diagram ของการเลือกโหมด

เป็น Sequence Diagram ที่แสดงปฏิสัมพันธ์ ในแต่ละส่วนของการเลือกโหมด ซึ่งเป็นการใช้งานระบบในขั้นตอนแรก

โดย Sequence Diagram นี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผู้ใช้งาน , การแสดงผล และระบบ โดยส่วน ผู้ใช้งาน จะติดต่อกับส่วนแสดงผล ผู้ใช้งานจะทำการเลือกโหมด และระบบจะรับคำสั่งผ่านส่วนแสดงผล ว่าผู้ใช้งานเลือกโหมดใด และทำการแสดงโหมด ผ่านส่วนแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

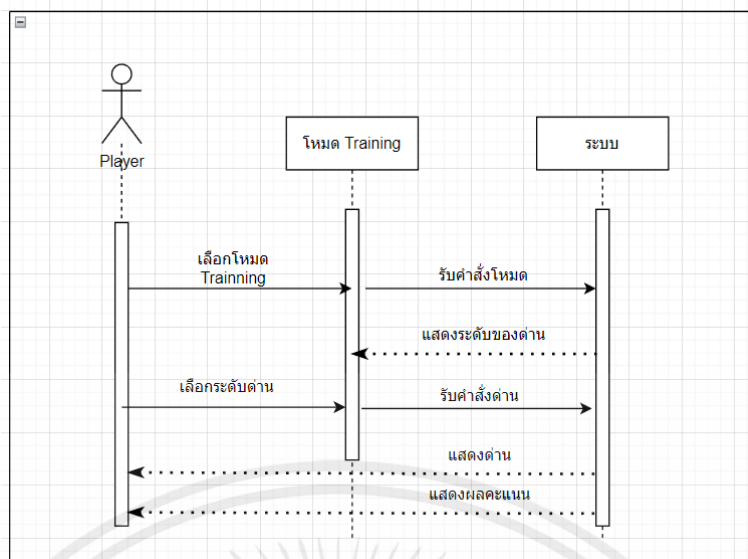


รูปที่ 28 Sequence Diagram ของการเลือกโหมต

2) Sequence Diagram ของโหมต Training

เป็น Sequence Diagram ที่แสดงปฏิสัมพันธ์ ในแต่ละส่วนของการโหมต Training ซึ่งเป็นโหมตฝึกซ้อม

โดย Sequence Diagram นี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผู้ใช้งาน , การแสดงผล และระบบ โดยส่วน ผู้ใช้งาน จะติดต่อกับส่วนแสดงผล ใน Sequence Diagram นี้ จะแสดงถึงกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกโหมต Training เมื่อระบบรับคำสั่งโหมต ระบบจะส่งข้อมูลมายังส่วนแสดงผล ให้แสดงผลระดับของค่าน ผู้ใช้งานก็จะทำการเลือกระดับผ่านการแสดงผล หลังจากนั้นระบบจะรับคำสั่งผ่านส่วนแสดงผล ว่าผู้ใช้งานเลือกค่านใด และจะทำการแสดงค่านให้ ผู้ใช้งานได้ใช้งานระบบ รวมถึงแสดงผลคะแนนการเล่น

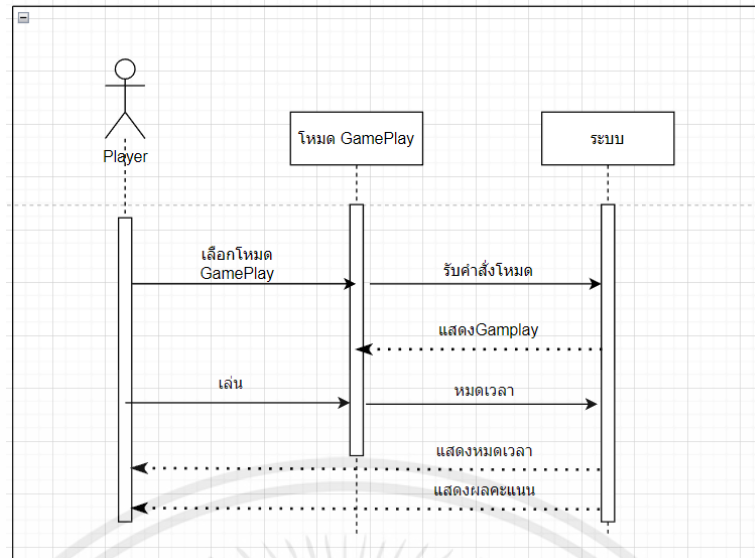


รูปที่ 29 Sequence Diagram ของโหมด Training

3) Sequence Diagram ของโหมด Gameplay

เป็น Sequence Diagram ที่แสดงปฏิสัมพันธ์ ในแต่ละส่วนของการ โหมด Gameplay

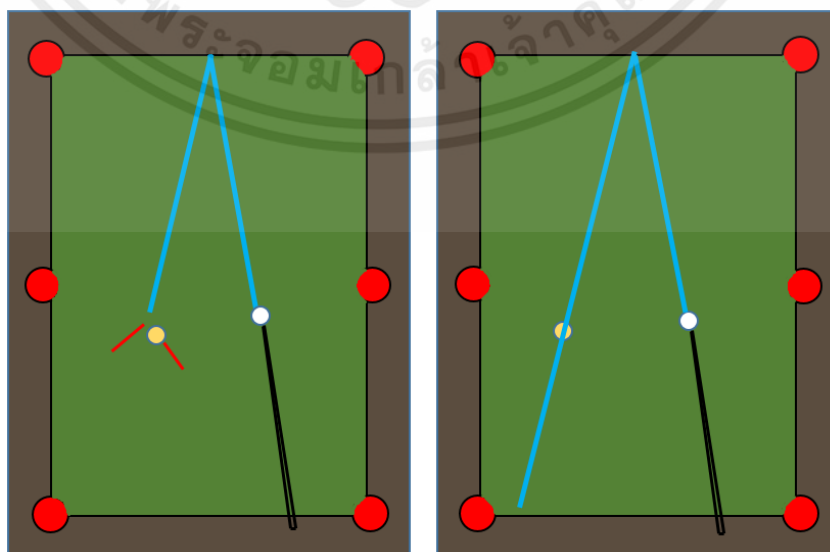
โดย Sequence Diagram นี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผู้ใช้งาน การแสดงผล และระบบ โดยส่วน ผู้ใช้งาน จะติดต่อกับส่วนแสดงผล ใน Sequence Diagram นี้ จะแสดงถึงกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกโหมด Gameplay เมื่อระบบรับคำสั่งโหมด ระบบจะส่งข้อมูลมายังส่วนแสดงผล ให้แสดงผล Gameplay โดยเมื่อเริ่มแสดงผล จะเท่ากับเป็นการเริ่มเล่น ซึ่งระบบจะทำการนับถอยหลัง 180 วินาที หลังจากนั้นเมื่อหมดเวลา ส่วนแสดงผลจะทำการแสดงผลคะแนนการเล่น



รูปที่ 30 Sequence Diagram ของโหมด Gameplay

3.3.5 การออกแบบส่วนแสดงผลให้กับผู้ใช้

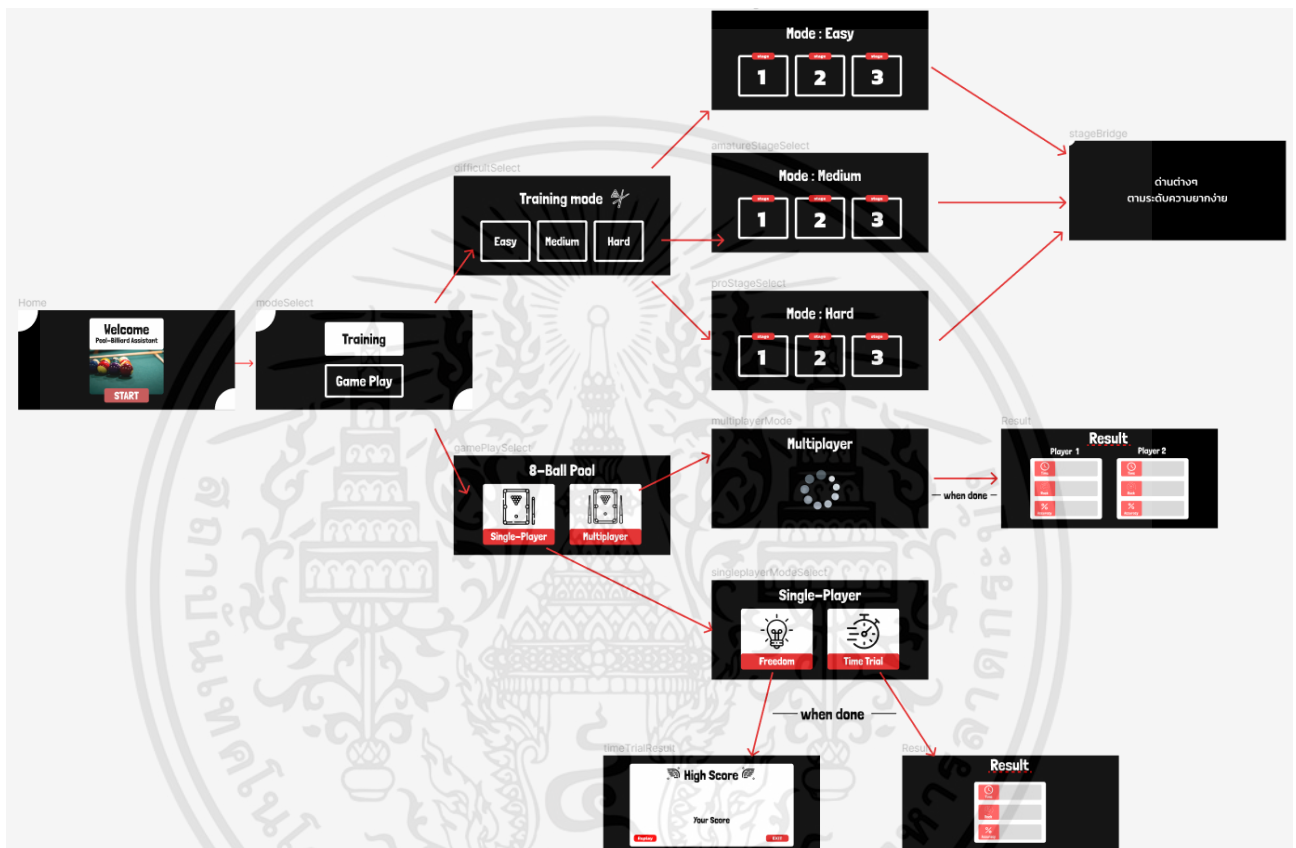
ทางผู้จัดทำได้ทำการออกแบบการแสดงผลของโครงการให้แสดงเส้นคาดการณ์วิถีที่ได้จากการประมวลผลภาพบนโต๊ะพูล โดยหลักๆ ทางผู้จัดทำได้ออกแบบออกมาเป็น 2 แบบ โดยแบบแรกนั้นจะแสดงเส้นวิถีของลูกพูล โดยที่คำนึงถึงแค่การชนของลูกพูลกับโต๊ะ ส่วนแบบที่สองจะแสดงเส้นวิถีของลูกพูล โดยคำนึงถึงการชนของลูกพูลกับโต๊ะและการชนของลูกพูล-บิลเลียดด้วยกันเองและหากผู้ใช้เล็งไม่ไปยังลูกพูล-บิลเลียดที่ไม่ถูกต้องเช่นผู้ใช้อิงลูกพูลที่มีเลข 1-7 แต่ผู้ใช้เล็งไม่ไปที่ลูก 8-15 ก็จะมีการแจ้งว่าผู้ใช้เล็งไม่ผิดเช่นมีสีแดงขึ้นรอบๆลูกสีขาว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 31 แสดงการออกแบบการแสดงผลเส้นวิถีของลูกพูลซึ่งประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การออกแบบ User Interface ของระบบ

จากการออกแบบ Use Case Diagram จึงนำ Flow มาเป็นหลักในการออกแบบ User Interface หน้าการใช้งานของระบบ จะมี Resolution 1920 * 880 โดย Wireflow ของการทำงานดังนี้โดยที่ทางผู้จัดทำ



รูปที่ 32 แสดง Wireflow ที่ออกแบบไว้ใน Figma

2) การออกแบบและคำนวณการแสดงผลเส้นวิถีคาดการณ์

ในส่วนของการแสดงผลเส้นวิถีคาดการณ์ เนื่องจากเส้นวิถีคาดการณ์เกิดจากมุมมองของไม้คิวต่อลูกขาวดังนั้น ทางทีมผู้จัดทำจึงจำเป็นต้องทำการออกแบบจำนวนStepของการแสดงผลเส้นวิถีคาดการณ์ในการหมุนมุมของไม้คิว 360 องศารอบลูกขาว โดยทำการหาว่าตำแหน่งของเส้นที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละStepนั้นมีค่าเท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cutting a Circle into equal sectors

Circle Radius 201	Number of Sectors 90	Calculator precision Digits after the decimal point: 2
----------------------	-------------------------	---

Angle of a Sector: $4^{\circ}00'$

Length of an Arc of a Sector: 14.03

Length of a Chord of a Sector: 14.03



LINK SAVE WIDGET

$360 / 360 = 1$ degree

ทุกการหมุนห่าง 3.5075 cm

$360 / 1440 = 0.25$ degree

ทุกการหมุนห่าง 0.8768 cm

รูปที่ 33 ตัวอย่างการคำนวณระยะการขยับแต่ละStep

จากภาพเป็นการหาว่าในการขยับทุกๆ 4 องศา ทั้งหมด 90 Step นั้นก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งเส้นในกรณีทีระยะห่างห่างที่สุดบนโต๊ะมีค่าเท่าใด โดยในภาพนั้นจากระยะห่างที่ห่างที่สุดของโต๊ะพูล (201 เซนติเมตร) ในทุกๆการขยับ 1 Step จะทำให้ตำแหน่งเปลี่ยนแปลงไป 14 เซนติเมตร



รูปที่ 34 ขนาดของสิ่งต่างๆบนโต๊ะพูล

ซึ่งจากการวัดขนาดของปากหลุมและขนาดของลูกพูลแล้วนั้น (รูปที่ 35) พบว่าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของเส้น 14 เซนติเมตร จะทำให้เส้นวิถีคาดการณ์เคลื่อนที่ข้ามหลุมไปเลยเนื่องจากความกว้างของหลุมคือ 11 เซนติเมตร ดังนั้น 90 Step จึงอยู่ในขอบเขตที่ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องทำการคำนวณใหม่ ในกรณีของ 360 Step 1 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ระยะการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของเส้นวิถีคาดการณ์เท่ากับ 3.5075 เซนติเมตร ถึงแม้ว่าระยะนี้จะน้อยกว่าความกว้างของหลุมและความกว้างของลูกพูล แต่ทางทีมผู้จัดทำมองว่า การที่เส้นวิถีคาดการณ์เกิดการขยับครั้งละ 3.5075 เซนติเมตร นั้นทำให้ภาพที่ได้ออกมาดูไม่ราบรื่น จึงได้ทำการเปลี่ยนแปลงเป็น 1440 Step 0.25 องศา ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเส้นวิถีคาดการณ์ในแต่ละ Step อยู่ที่ 0.8768 เซนติเมตร (รูปที่ 34) อยู่ในระดับที่ยอมรับได้และภาพที่ออกมาก็ดูราบรื่นดี

3.4 การพัฒนาส่วนของซอฟต์แวร์

ในส่วนของซอฟต์แวร์นั้นทางผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาฟังก์ชันหลักๆที่ต้องจำเป็นต้องใช้ไว้ั้น ประกอบไปด้วย Camera Calibration , Boundaries Detection , Ball Detection , Cue Detection , Guide Line Drawing , Color Detection และส่วนการแสดงผลผู้ใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การปรับค่าของกล้อง (Camera Calibration)

เนื่องจากการตรวจจับตำแหน่งของวัตถุให้มีความแม่นยำเป็นไปได้ยากหากกล้องที่ใช้ นั้นเกิด Distortion ไม่ว่าจะรูปแบบไหนก็ส่งผลให้ภาพที่นำไปคำนวณนั้นอาจเกิดความผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง จึงจำเป็นต้องทำ Camera Calibration เพื่อให้ภาพที่ได้นั้นเหมือนความจริงที่สุดเพื่อให้ผลลัพธ์ออกมาถูกต้องอย่างที่ควรจะเป็น โดยทำการตั้งค่ากล้องด้วยการถ่ายรูป Checkerboard ที่ปริ้นออกมาในหลายมุมมองของกล้องแล้วนำรูปภาพเหล่านั้น ไปผ่านฟังก์ชัน `cv2.calibrateCamera()` ที่มีอยู่ใน OpenCV โดยผลลัพธ์จะออกมาในรูปแบบ เมทริกซ์ แล้วนำค่านี้ไปใช้กับฟังก์ชัน `cv2.undist()` เพื่อให้ทำการแปลงภาพออกมาไม่ผิดเพี้ยนจากค่าเมทริกซ์ที่ทำได้



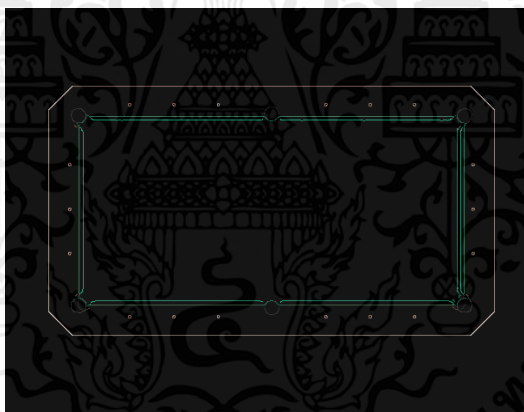
รูปที่ 35 ภาพหลังจากผ่านฟังก์ชัน Undist

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 36 จะเห็นได้ว่าที่ขอบของภาพมีพื้นสีดำที่เกิดจากการทำ Camera Calibration ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงไป

2) การตรวจจับขอบ (Boundaries Detection)

ใช้สำหรับการตรวจจับขอบต่างๆของวัตถุ โดยทางผู้จัดทำได้นำการตรวจจับขอบของวัตถุมาใช้ในการตรวจจับขอบของโต๊ะพูลเพื่อนำขอบของโต๊ะมาใช้ควบคู่กับการคำนวณทิศทางการกระแทกของลูกว่าจะไปทิศทางใด โดยทางผู้จัดทำจะใช้ Function หนึ่ง ใน OpenCV ที่ชื่อว่า Canny Edge Function มาใช้ในการตรวจจับขอบของโต๊ะพูล โดยการเรียกใช้งาน Canny Edge Function จำเป็นจะต้องใช้พารามิเตอร์ที่สำคัญ 2 ตัวได้แก่ ค่า minVal และ maxVal ของ Threshold ซึ่งค่า minVal และ maxVal เปรียบเสมือนขอบบนและของล่างของค่า Threshold ซึ่งจะมีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 0 และมากที่สุดอยู่ที่ 255 เพื่อใช้สำหรับการแยกแยะขอบของวัตถุซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะออกมาในรูปแบบของเส้นขอบวัตถุ ยิ่งช่วงของค่า Threshold กว้างมากขึ้นก็จะทำให้สามารถตรวจจับขอบของวัตถุได้เป็นจำนวนมาก

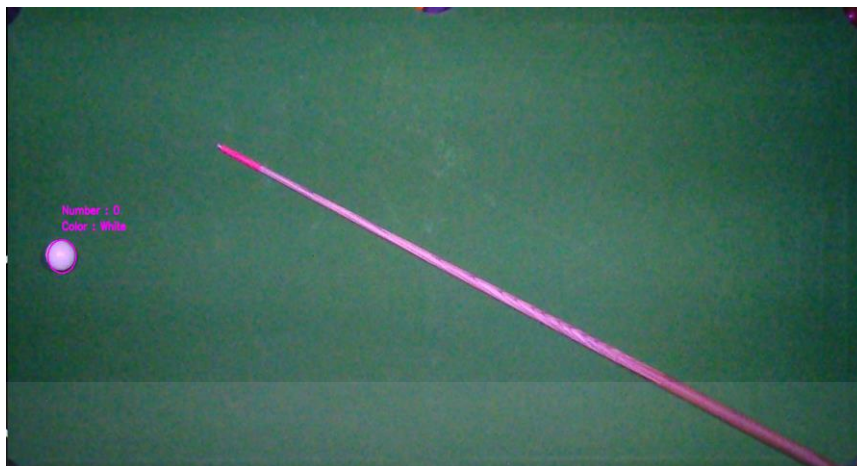


รูปที่ 36 ผลลัพธ์การทดลองใช้งาน Canny EdgeDetection

3) การตรวจจับบอล (Ball Detection)

ใช้สำหรับการตรวจจับลูกพูลที่อยู่ทั้งหมดบน โต๊ะ เพื่อระบุตำแหน่งและนำตำแหน่งมาใช้งานในการคำนวณทิศทางการเล่นที่ของลูก อีกทั้งยังสามารถแยกแยะสีและเลขของลูกพูลแต่ละลูกได้ โดยการตรวจจับและแยกแยะสีของลูกพูลนั้นทำได้โดยการที่ตรวจจับวัตถุทรงกลมที่อยู่บนโต๊ะพูล โดยแยกสีของลูกพูลออกจากสีของโต๊ะพูลแล้วนำมาหาวัตถุทรงกลมที่อยู่บนโต๊ะ โดยใช้งาน Function ที่ชื่อว่า Hough Circle Transform ที่อยู่ใน OpenCV สำหรับการนำมาประมวลผลเพื่อหาวัตถุทรงกลม เมื่อผู้จัดทำสามารถระบุตำแหน่งของลูกได้ก็นำตำแหน่งเหล่านั้นไปหาสีของตำแหน่งนั้นๆต่อได้ด้วยช่วงสี HSV

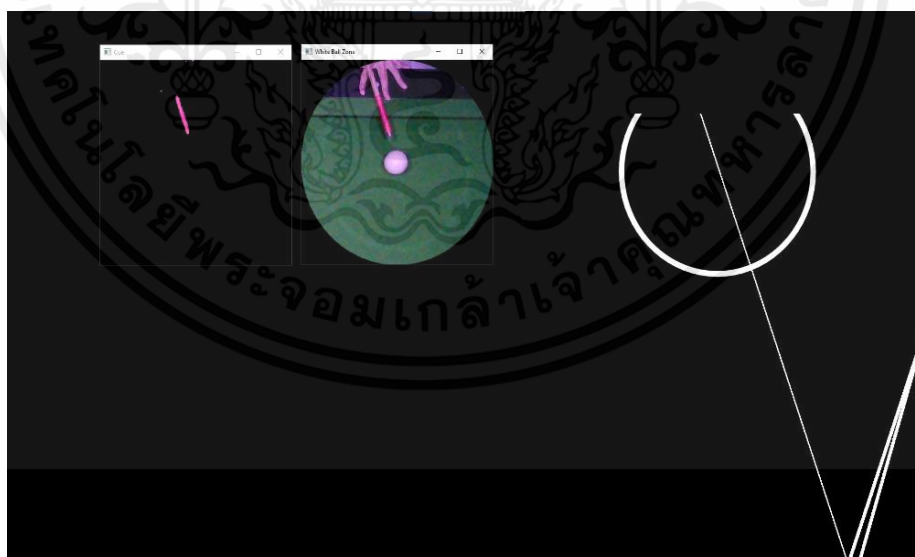
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 37 แสดงการตรวจจับและระบุสีของลูกพูล

4) การตรวจจับไม้คิว (Cue Detection)

สำหรับการตรวจสอบทิศทางการเล่นของไม้เพื่อที่จะนำทิศทางที่ได้มาใช้สำหรับการคำนวณและสร้างเส้นคาดการณ์วิถีการเคลื่อนของลูกพูล โดยจะทำการตรวจจับไม้จากสีที่ทำการติดไว้ที่ไม้ ทำให้ง่ายต่อการหาตำแหน่งด้วยการหาค่าช่วงสี hsv เมื่อพบสีของไม้ทำการหาจุดกึ่งกลางของไม้คิวจำนวน 2 จุดในตำแหน่งหัวและท้าย เมื่อได้จุดแล้วก็นำไปทำการหาว่าจุดใดใกล้ลูกสีขาวมากกว่า เพื่อหาว่าตอนนี้ไม้กำลังเล็งไปในทิศทางใด เพื่อให้ระบบสามารถทราบได้ว่าจะต้องวาดเส้นวิถีคาดการณ์ไปในทิศทางใดต่อไป

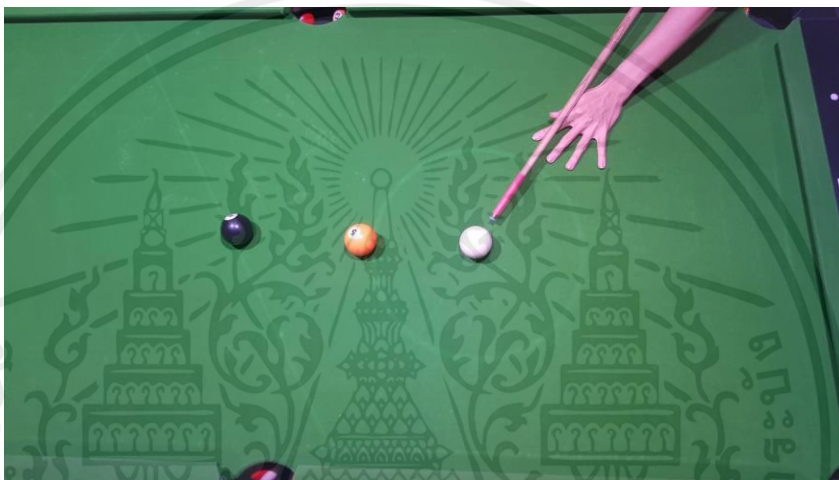


รูปที่ 38 การทดสอบตรวจจับไม้คิวในพื้นที่ลูกสีขาวที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การวาดเส้นคาดการณ์วิถี (Guide Line Drawing)

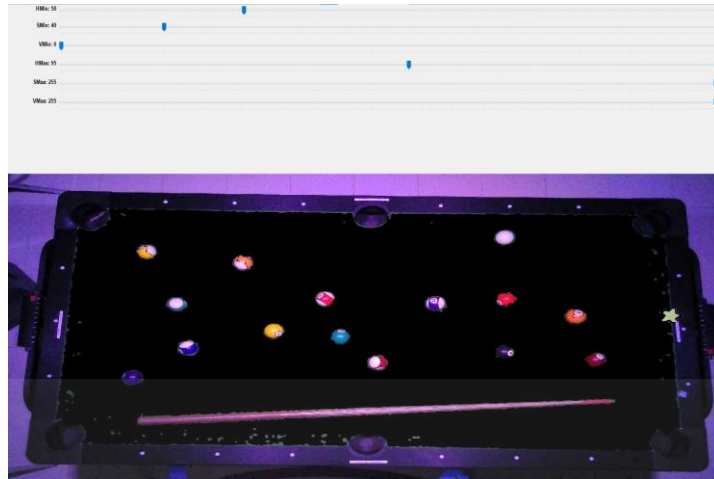
จากการทำ Cue Detection นั้นจะทำให้ทราบว่าจุดกึ่งกลางไม่อยู่ตำแหน่งใดและไม่กำลังเล็งไปในทิศทางใด จากนั้นจะทำการหาค่าความชันจากจุด 2 จุด เพื่อนำความชันมาสร้างเป็นเส้นตรงด้วยสมการของเส้นตรง จากนั้นทำการสะท้อนเส้นตรงเส้นแรกที่สร้างขึ้นจากทฤษฎีการกระทบของลูกพูลจะทำให้ได้เส้นคาดการณ์วิถีเส้นที่ 2 เกิดขึ้นและทำเช่นนี้อีกครั้งเพื่อสร้างเส้นคาดการณ์วิถีเส้นที่ 3 แล้วนำผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้นั้นมาแสดงผลผ่าน โปรแกรมเตอร์ โดยเส้นวิถีคาดการณ์นั้นสามารถแสดงได้ทั้งหมด 3 เส้น



รูปที่ 39 การแสดงผลเส้นคาดการณ์วิถีของลูกสีขาว

6) การตรวจจับสี (Color Detection)

เป็นระบบที่ใช้ตรวจจับสีของสิ่งต่างๆที่อยู่บน โต๊ะเพื่อให้ง่ายต่อการแยกแยะลูกพูลทั้งแยกลูกพูลออกจากสีโต๊ะ แยกแยะหัวไม้คิว แยกลูกพูลสีขาวรวมถึงไม้สำหรับการใช้งานหน้าตาผู้ใช้อีกด้วย โดยการแยกแยะสีนั้นจะใช้งานการแยกแยะสีในช่วงสี HSV โดยทางผู้จัดทำนั้นได้ทำการออกแบบ โปรแกรมที่มีบาร์เลื่อนปรับค่าได้ เพื่อให้ทราบช่วงค่าสีที่เหมาะสมกับการตรวจจับที่ถูกต้องและใช้ประโยชน์สำหรับการตรวจจับสีของไม้และสีของลูกพูลต่อไป อีกทั้งยังสามารถตรวจจับสีของพื้นโต๊ะเพื่อแยกแยะลูกพูลออกจากโต๊ะได้



รูปที่ 40 การแยกสีของโต๊ะออกจากลูกเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจจับ

7) ส่วนหน้าต่างผู้ใช้งาน

จากการออกแบบ ได้พัฒนาออกมาเป็นหน้าต่างผู้ใช้งานต่างๆ โดยการทำงานของหน้าต่างผู้ใช้งานจะถูกสั่งจากผู้เล่นจากการตรวจจับอุปกรณ์ที่ผู้ใช้งานนำไปถือค้างไว้บริเวณนั้นๆ โดยจะเป็นไม้ที่มีรูปดาวเพื่อเพิ่มความสวยงามและน่าใช้งาน โดยกล้องจะทำการตรวจจับไม้นี้เมื่อผู้เล่นนำไม้ลงไปยังโต๊ะพูล ซึ่ง โครงการนี้ผู้จัดทำได้ทำการกำหนดให้กล้องจับวัตถุที่มีสีเหลือง เนื่องจากเป็นสีที่แตกต่างจากลูกพูลบนโต๊ะ



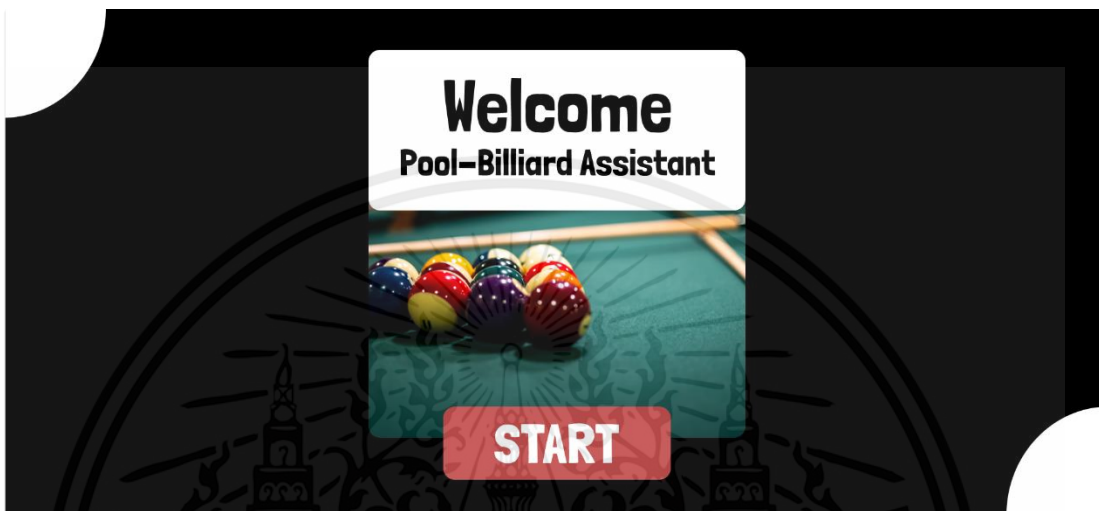
รูปที่ 41 อุปกรณ์สำหรับการใช้งานหน้าต่างผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาหน้าจอต่างๆ ออกมาได้ดังนี้

1) หน้า Welcome ก่อนเริ่มใช้งาน

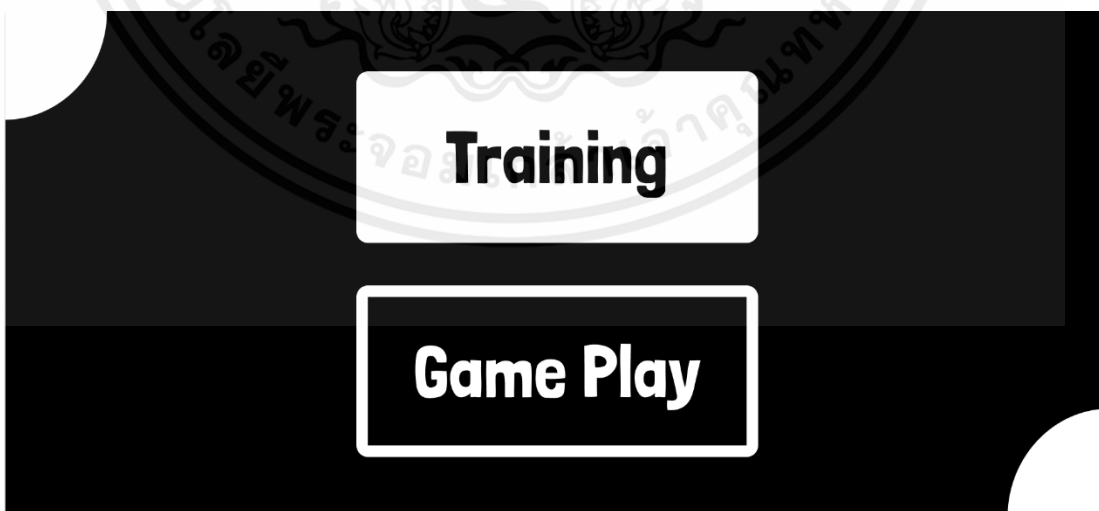
หน้าแรกเมื่อเปิดใช้งานเครื่อง โดยเมื่อผู้ใช้งานต้องการจะเริ่มใช้งาน ให้นำมือไปวางเหนือปุ่ม Start ระบบจะทำการตรวจจับอุปกรณ์ในพื้นที่นั้น



รูปที่ 42 หน้า Welcome

2) หน้าเลือกโหมด

ผู้ใช้งานต้องเลือกโหมดในการเล่น โดยจะมี 2 โหมดให้เลือก ได้แก่ Training และ 8-Ball หรือโหมดแข่งขัน



รูปที่ 43 หน้าเลือกโหมด

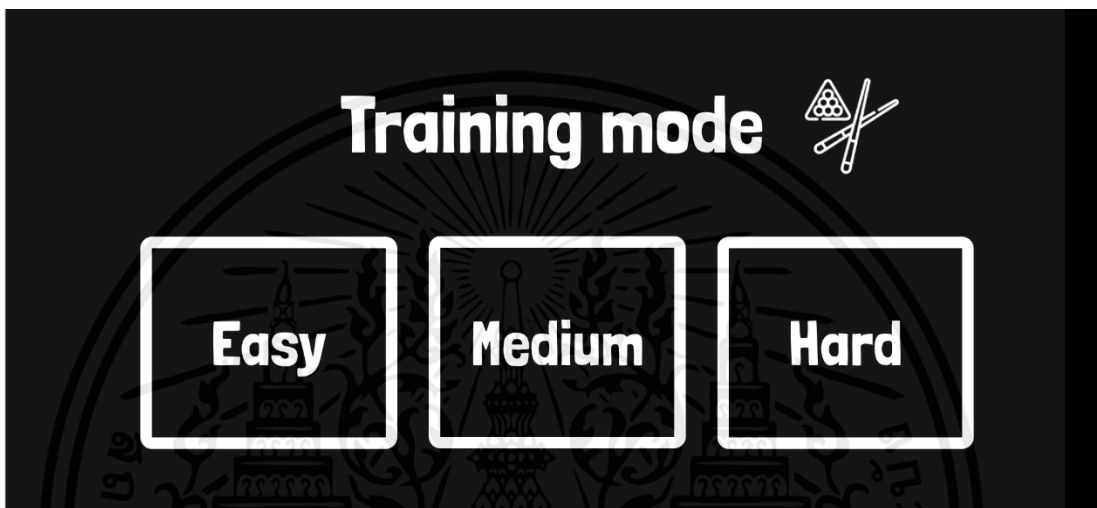
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หน้าเลือกระดับความยาก-ง่ายของแต่ละโหมด

ผู้ใช้งานต้องเลือกระดับความยากง่ายของแบบฝึกหัด โดยมีให้เลือก 3 ระดับ ได้แก่

- Easy
- Medium
- Hard

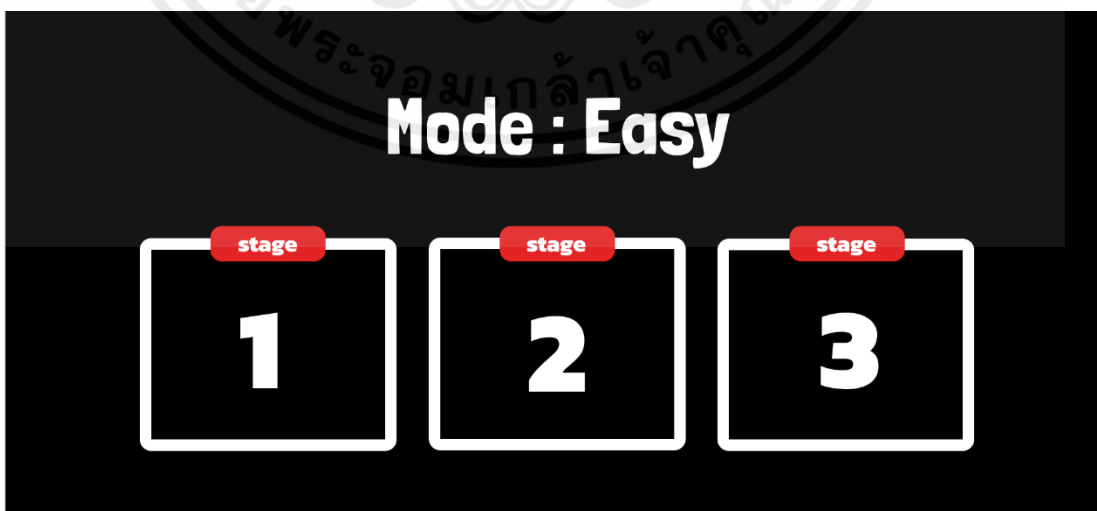
ซึ่งในแต่ละระดับก็จะมีแบบฝึกหัดในความยากที่ต่างกันออกไป



รูปที่ 44 หน้าเลือกระดับ

4) หน้าเลือกด่านในการฝึก

จะมีด่านหรือแบบฝึกหัดให้เลือก โดย 1 หน้า จะแสดง 3 ด่าน และสามารถคลิกครเพื่อเลื่อนดูด่านอื่นๆที่จะมีในอนาคต



รูปที่ 45 หน้าตัวอย่างด่านฝึกซ้อม

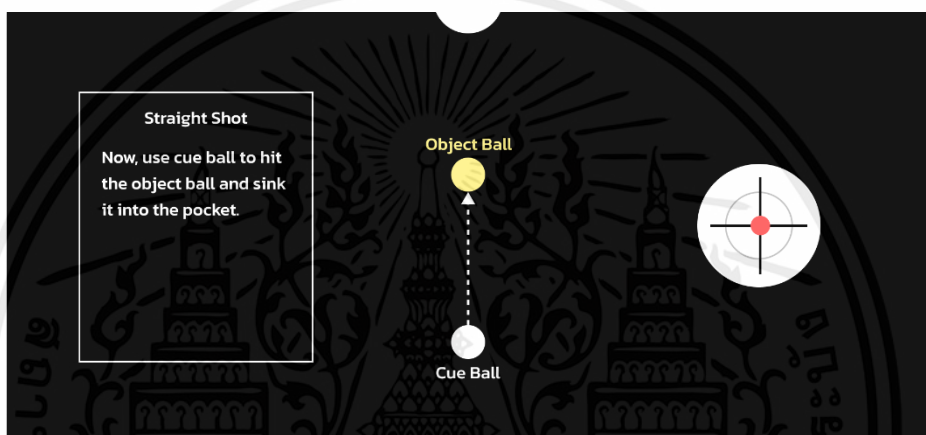
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) หน้าด่านต่างๆ ที่ให้ผู้เล่นฝึกซ้อม

โดยในหน้าด่านๆ จะช่องสี่เหลี่ยมสีขาว ที่ภายในจะแสดงคำอธิบายวิธีการเล่นของด่านต่างๆ ให้ผู้ใช้งานได้เห็นและทำตาม

5.1) ด่านที่ 1 Straight Shot ใน Mode : Easy

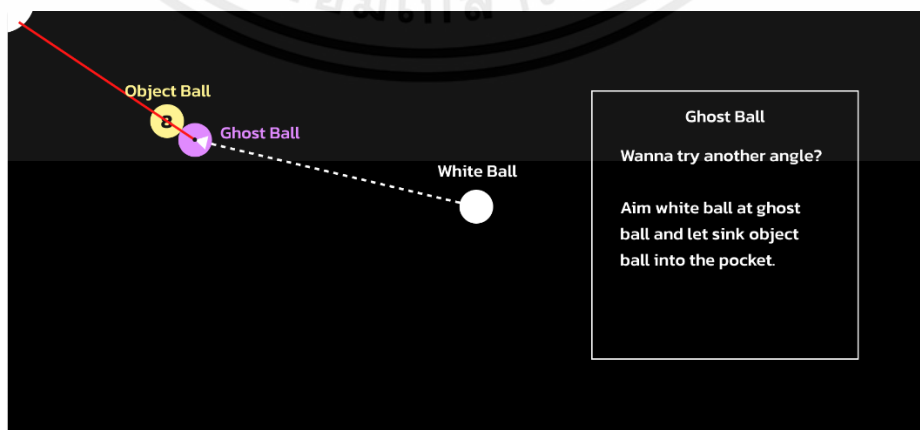
โดยจะให้ผู้เล่นทำตามที่ด่านอธิบายเมื่อทำตามที่ด่านอธิบายแล้วนั้นก็จะเป็นการใน Stage ต่อไปให้ผู้เล่นทำตามเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามความยากของด่าน ภายในด่านนี้จะเป็นแบบฝึกหัดที่เกี่ยวกับสิ่งที่เรียกว่า Straight Shot โดยจะเป็นแบบฝึกหัดเกี่ยวกับการฝึกแทงลูกตรง ซึ่งเป็นพื้นฐานในการแทงลูกพูล



รูปที่ 46 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 1 ใน Stage ที่ 2

5.2) ด่านที่ 2 Ghost Ball ใน Mode : Easy

ภายในด่านนี้จะเป็นแบบฝึกหัดที่เกี่ยวกับสิ่งที่เรียกว่า Ghost Ball โดยจะเป็นแบบฝึกหัดให้ผู้ใช้งานได้ฝึกซ้อมการแทงลูกพูลในมุมอื่นๆ ที่แตกต่างกันออกไป นอกเหนือจากการแทงลูกตรง

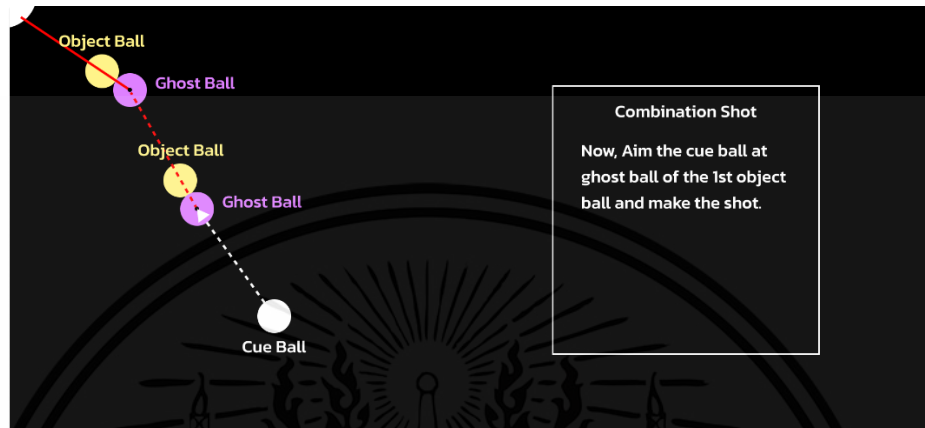


รูปที่ 47 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 2 ใน Stage ที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3) ด้านที่ 3 Combination Shot ใน Mode : Medium

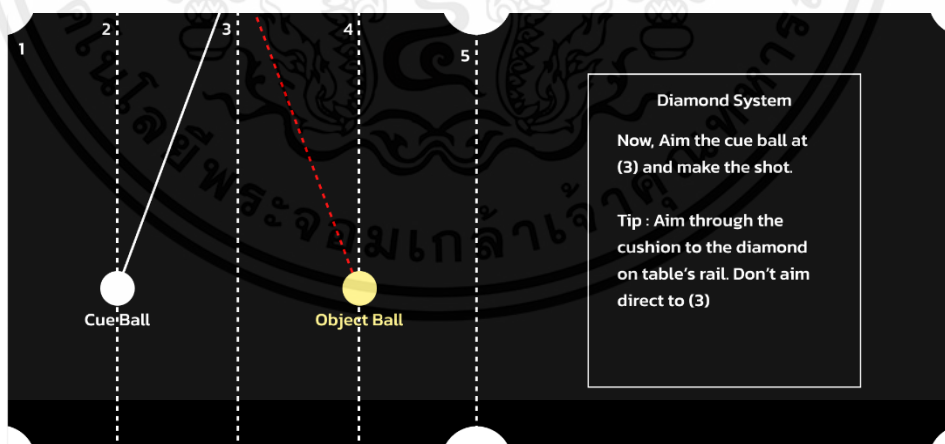
ภายในด้านนี้จะเป็นแบบฝึกหัดที่เกี่ยวกับสิ่งที่เรียกว่า Combination Shot ซึ่งเป็น การแทงลูกคิวไปกระทบลูกพูลอื่นให้ไปกระทบลูกเป้าหมายในกรณีที่ไม่สามารถแทง ลูกคิวไปยังลูกเป้าหมายโดยตรงได้



รูปที่ 48 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 3 ใน Stage ที่ 4

5.4) ด้านที่ 4 Diamond System ใน Mode : Medium

ภายในด้านนี้จะเป็นแบบฝึกหัดที่เกี่ยวกับสิ่งที่เรียกว่า Diamond System โดยจะเป็น แบบฝึกหัดที่อธิบายเกี่ยวกับระบบการคำนวณมุมตกกระทบและมุมสะท้อน พื้นฐานโดย อาศัย Diamond บนขอบของ โต๊ะพูลมาใช้ร่วมกับการคำนวณ

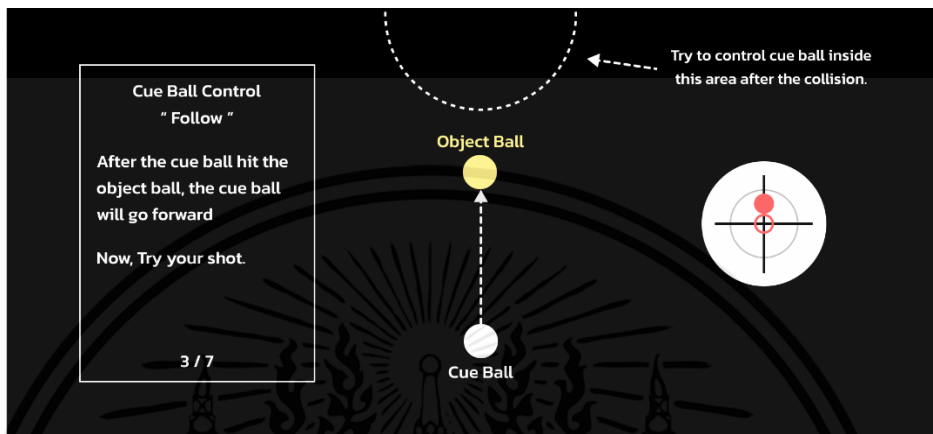


รูปที่ 49 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5) ด้านที่ 5 Ball Control ใน Mode : Medium

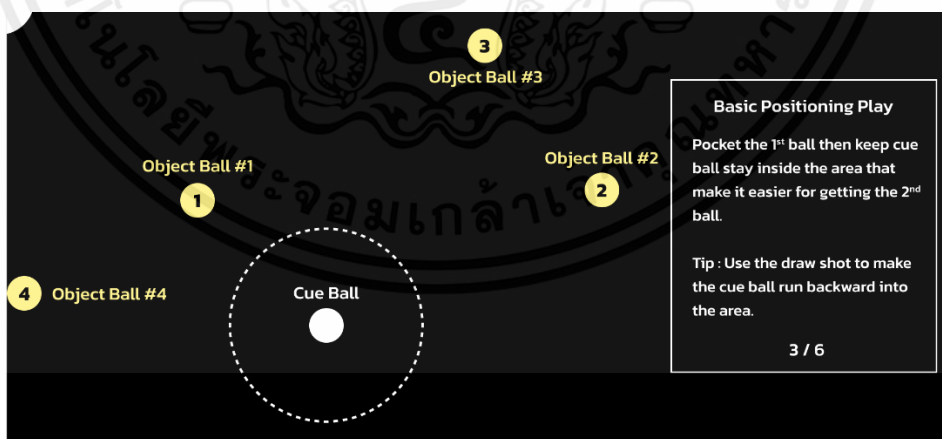
ภายในด้านนี้จะเป็นแบบฝึกหัดที่เกี่ยวกับสิ่งที่เรียกว่า Cue Ball Control โดยจะเป็นแบบฝึกหัดเกี่ยวกับการควบคุมลูกคิว เนื่องจากในกีฬาพูล-บิลเลียดนั้น นอกจากการทำให้ลูกเป้าหมายลงหลุมแล้ว การควบคุมตำแหน่งของลูกคิวส สำหรับการแทงลูกเป้าหมายลูกต่อไปเองก็มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง



รูปที่ 50 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 3

5.6) ด้านที่ 6 Stage Basic Positioning ในโหมด Medium

ภายในด้านนี้จะเป็นแบบฝึกหัดที่เกี่ยวกับสิ่งที่เรียกว่า Basic Positioning Play โดยจะเป็นแบบฝึกหัดที่มีการนำทักษะในการควบคุมลูกคิวมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่ได้มีการกำหนดมาให้

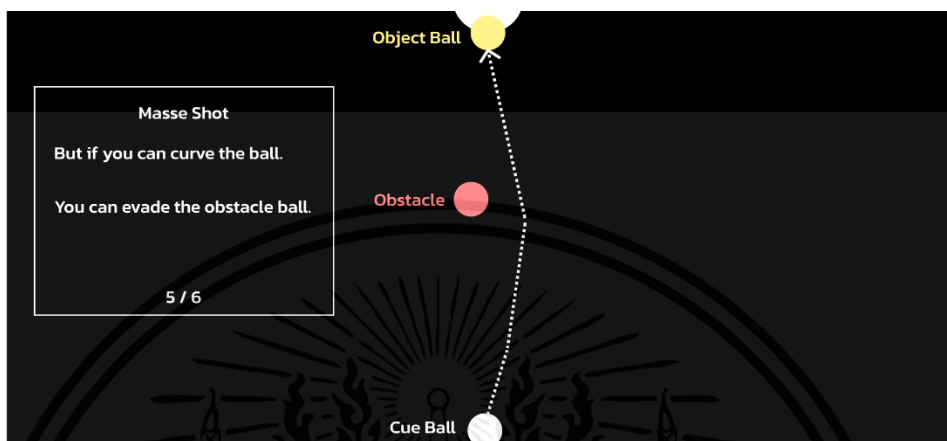


รูปที่ 51 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 ด้านที่ 7 Masse ในโหมด Hard

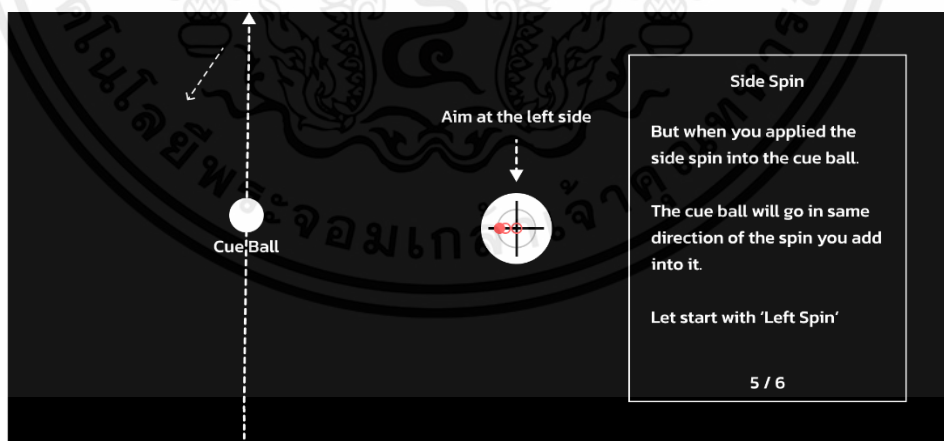
ภายในด้านนี้จะเป็นแบบฝึกหัดที่เกี่ยวกับสิ่งที่เรียกว่า Masse Shot โดยจะเป็นแบบฝึกหัดเกี่ยวกับการแทงลูกพูลที่ยากขึ้นมาอีกชั้น โดยจะเป็นการแทงให้ลูกพูลวิ่งเป็นวิถีโค้งแทนที่จะวิ่งเป็นวิถีตรงตามปกติ



รูปที่ 52 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 4

5.8 ด้านที่ 8 Side Spin ในโหมด Hard

ภายในด้านนี้จะเป็นแบบฝึกหัดที่เกี่ยวกับสิ่งที่เรียกว่า Side Spin โดยภายในจะเป็นแบบฝึกหัดที่อธิบายเกี่ยวกับการเติมการหมุนในทิศทางต่างๆของการแทงลูกและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเติมการหมุนในทิศทางต่างๆ

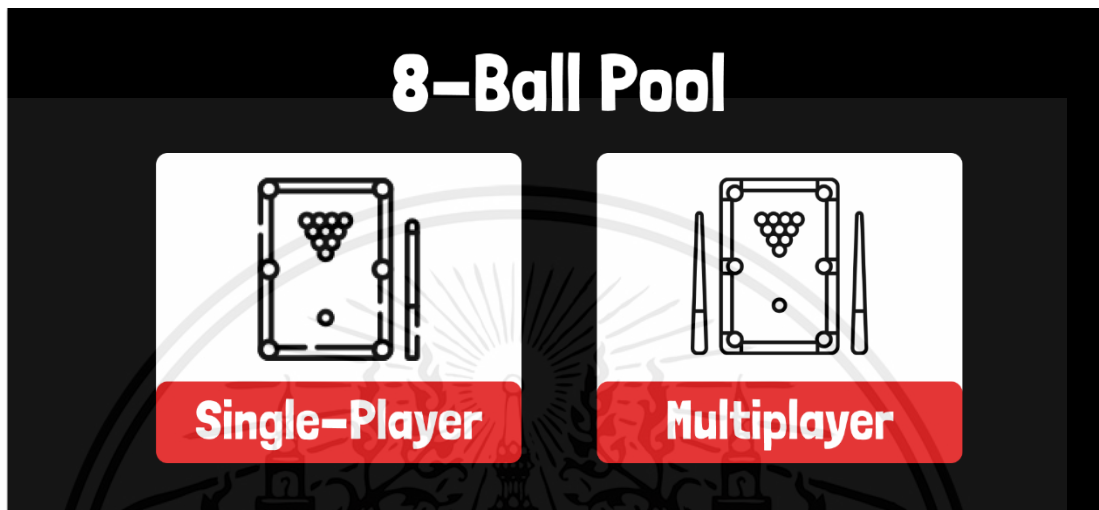


รูปที่ 53 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) หน้าโฮมด 8-Pool หรือโฮมด Gameplay

ถ้าผู้ใช้ต้องการใช้งาน โฮมด 8-Pool หรือโฮมดแข่งขัน จะต้องเลือกจำนวนคนในการเล่น โดยโฮมดนี้ เมื่อเล่นเสร็จจะแสดง คะแนนของผู้เล่น เวลาในการเล่น จำนวนครั้งในการแทง และความแม่นยำของผู้เล่น



รูปที่ 54 หน้าเลือกโฮมด 8-Pool

7) หน้าเลือกรูปแบบการเล่น ของ Single-Player

เมื่อผู้เล่นเลือก Single-Player โฮมดนี้ จะถูกแบ่งย่อยการเล่นเป็น 2 แบบ ได้แก่

1) Freedom ผู้ใช้สามารถวางลูกได้อย่างอิสระตามต้องการและมีการเก็บสถิติระหว่างการ เล่น โดยระบบจะทำการคำนวณและแสดงผลเส้นวิถีคาดการณ์ของลูกคิวจากทิศทางของไม้

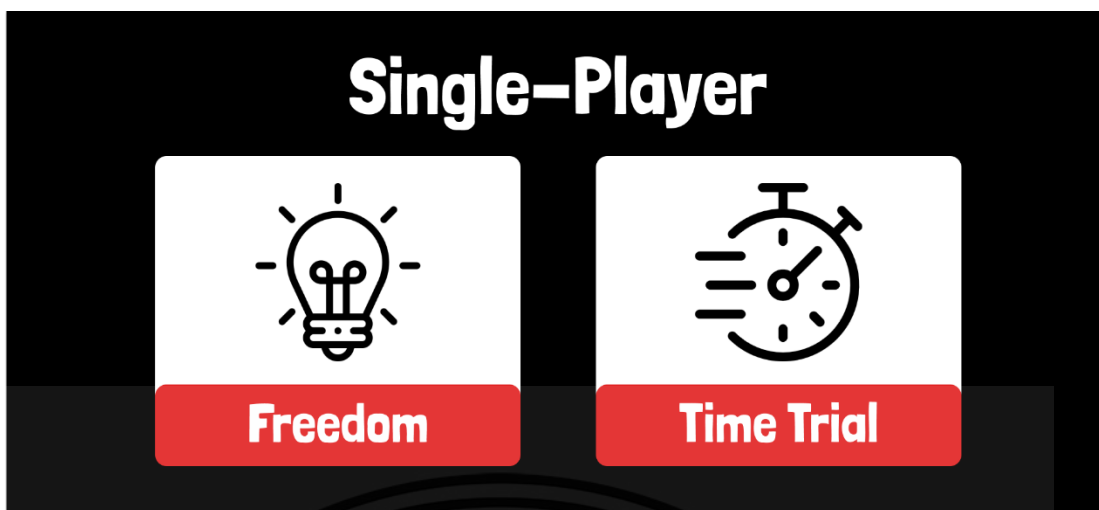
2) Time Trial จะเป็นการเล่นที่ให้ผู้เล่นแทงลูกลงหลุมตามตำแหน่งที่ระบบได้มีการ สุ่มออกมาและมีเวลานับถอยหลัง

เมื่อเข้าสู่ช่วงการเล่นของ Time Trial ระบบจะทำการสุ่มสร้างวงกลมขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้นำลูกเป้าหมายวางไว้ในวงกลมที่กำหนด วงกลมจะทำการเปลี่ยนสี เป็นสัญญาณบ่งบอก ว่าพร้อมสำหรับการเล่น ให้ผู้ใช้ทำการแทงลูกคิวไปกระทบกับลูกเป้าหมายเพื่อให้ลูกเป้าหมายลงหลุมใดหลุมหนึ่ง โดยหลังจากผู้ใช้ทำการแทงลูกคิวออกไปแล้ว ระบบจะทำการอัปเดตคะแนนของผู้ใช้

โดยในส่วนของคะแนนนั้น แบ่งออกเป็น 3 กรณีดังนี้

- o กรณีที่ผู้ใช้สามารถทำให้ลูกเป้าหมายลงหลุมใดหลุมหนึ่งได้ จะได้รับ 50 คะแนน
- o กรณีที่ผู้ใช้ไม่สามารถทำให้ลูกเป้าหมายลงหลุมใดหลุมหนึ่งได้ จะสูญเสีย 10 คะแนน
- o กรณีที่ผู้ใช้ทำให้ลูกคิวลงหลุมใดหลุมหนึ่ง จะสูญเสีย 50 คะแนน

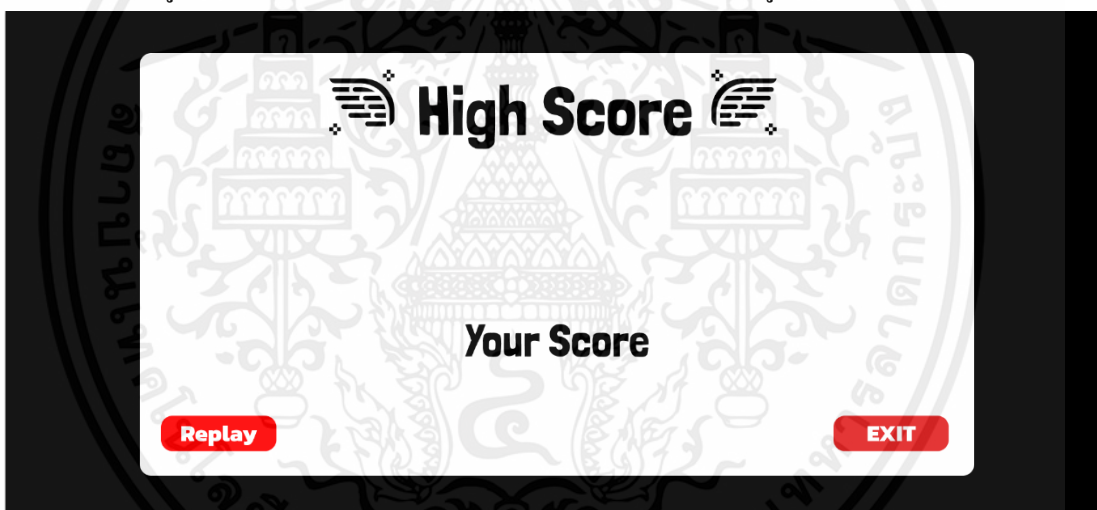
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 55 หน้าเลือกโหมดเกม Single player

8) หน้า แสดงผล Score ของการเล่นแบบ Time Trial

เมื่อผู้เล่น เล่นแบบ Time Trial จบแล้ว จะแสดงคะแนนที่ผู้เล่นทำได้



รูปที่ 56 หน้าแสดงผลคะแนนเมื่อเวลาหมด

9) หน้า Result การฝึกซ้อม

เมื่อเล่น โหมด Single Player รูปแบบ Freedom หรือ เล่นโหมด Multi Player เสร็จ จะแสดงผลการฝึกซ้อม ที่จะแสดงถึง เวลา จำนวนครั้งในการแทง และเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ ให้แก่ผู้เล่น ให้เห็นถึงความสามารถของผู้เล่นในการฝึกซ้อมครั้งนั้นๆ

Result

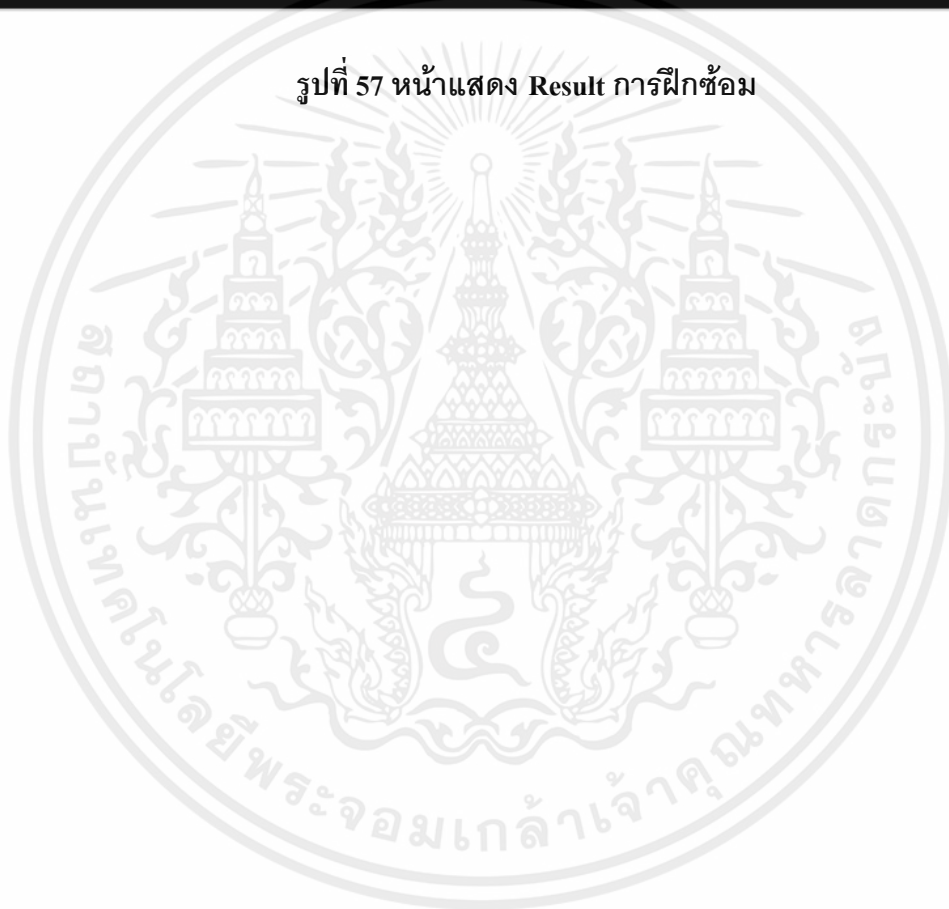
Player 1

🕒 Time	
📦 Rack	
% Accuracy	

Player 2

🕒 Time	
📦 Rack	
% Accuracy	

รูปที่ 57 หน้าแสดง Result การฝึกซ้อม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การพัฒนาระบบตรวจจับสิ่งต่างๆบนโต๊ะพูล

4.1.1 ทดสอบระบบการตรวจจับลูกพูล

1) วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการตรวจจับลูกพูลเพื่อหาตำแหน่งของลูกพูลบนโต๊ะซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของการดำเนินโครงการในครั้งนี้

2) วิธีในการทดสอบ

2.1 ทดลองวางลูกพูล 1 ลูกลงบนโต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

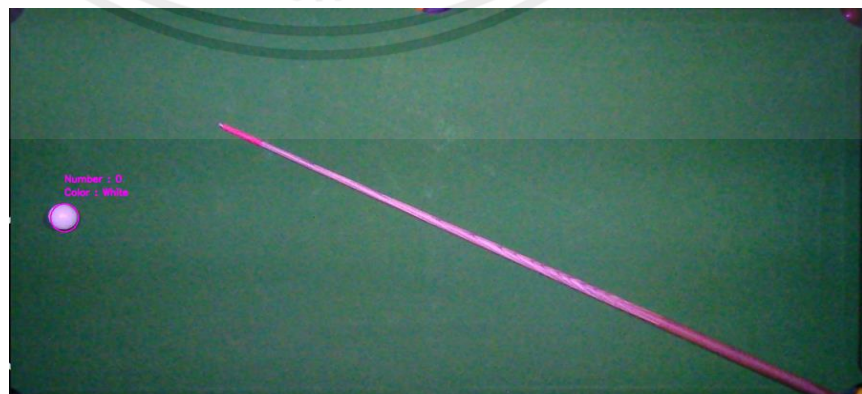
2.2 ทดลองวางลูกพูลหลายๆลูกลงบนโต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

2.3 ทดลองกลิ้งลูกพูลไปมาลงบนโต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

2.4 ทดลองนำสิ่งของที่มีลักษณะกลมวางลงบนโต๊ะพร้อมกับลูกพูล

3) ผลการทดสอบ

ทางทีมผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาระบบการตรวจจับลูกพูลเพื่อใช้ในการหาตำแหน่งของลูกพูลต่างๆบนโต๊ะพูลสำหรับนำไปประมวลผลและคำนวณการกระทบของลูกพูลกับขอบของโต๊ะหรือลูกพูลสีขาว โดยมีการใช้งาน Hough Circle ซึ่งเป็น Function หนึ่งภายใน OpenCV ในการหาตำแหน่งของวัตถุภายในภาพที่มีลักษณะเป็นวงกลมแล้ววางเส้นรอบวัตถุเหล่านั้นขึ้นมาซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ในระบบนั้นตรวจจับลูกพูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 58 ผลการทดสอบการใช้งาน Hough Circle Detection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ระบบการแยกแยะลูกพูลสีขาว

1) วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการตรวจจับลูกพูลสีขาวเพื่อหาตำแหน่งของลูกพูลสีขาวบน โต๊ะซึ่งเป็นหนึ่งในสิ่งที่จำเป็นสำหรับ โครงการนี้เนื่องจากระบบจะตรวจจับว่ามีการเลี้ยงลูกพูลสีขาวเมื่ออยู่ในพื้นที่ที่กำหนดเท่านั้น

2) วิธีในการทดสอบ

2.1 ทดลองวางลูกพูลสีขาว 1 ลูกลงบน โต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

2.2 ทดลองวางลูกพูลหลายๆลูกลงบน โต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

2.3 ทดลองกลิ้งลูกพูล ไปมาลงบน โต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

3) ผลการทดสอบ

ทางเนื่องจากการในการเล่นพูลนั้น ปกติแล้วลูกที่ผู้เล่นจะทำการแทงคือลูกสีขาวและเส้นลาดการณ์ภายใน โครงการนี้ก็ต้องคำนวณจากทิศทางของไม้คิวที่กำลังเลี้ยงลูกพูลสีขาวอยู่ ดังนั้น โครงการนี้จึงต้องมีระบบสำหรับการแยกแยะลูกสีขาวจากลูกพูลลูกอื่นได้ โดยการตรวจจับลูกพูลสีขาวนั้นจะเริ่มจากการตรวจจับลูกพูลทั้งหมดบน โต๊ะแล้วนำมาหาว่าลูกพูลใดคือลูกสีขาวโดยผลการทดลองนั้นคือระบบสามารถตรวจจับลูกพูลสีขาวในจุดที่มีแสงสว่างได้อย่างแม่นยำแต่เมื่อลูกขาวอยู่ในจุดที่มีเงาหรือมืดนั้น บางครั้งระบบจะเห็นว่าลูกพูลอื่นเป็นลูกสีขาว



รูปที่ 59 ผลการทดสอบการแยกแยะลูกพูลสีขาวจากลูกพูลหลายๆลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ระบบการแยกแยะลูกพูล 2 ชนิด (ลูกลายและลูกสี)

1) วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการตรวจจับลูกพูลทั้ง 2 ชนิดเพื่อหาตำแหน่งของลูกพูลทั้ง 2 ชนิดบนโต๊ะและนำไปใช้ในการตัดสินใจหลังการแข่งหรือฝึกซ้อมของระบบ

2) วิธีในการทดสอบ

2.1 ทดลองวางลูกพูลลูกลายหลายๆลูกลงบนโต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

2.2 ทดลองวางลูกพูลลูกสีหลายๆลูกลงบนโต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

2.3 ทดลองวางลูกพูลลูกสีและลูกลายหลายๆลูกพร้อมกันลงบนโต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

3) ผลการทดสอบ

ในการเล่นพูลนั้นประกอบไปด้วยลูกพูลชนิดลูกสี (Solid Ball) และลูกลาย (Stripe Ball) ซึ่งมีผลต่อการเล่นในการเล่นระหว่างผู้เล่น ดังนั้นระบบภายในโครงการจึงต้องสามารถแยกแยะลูกพูลทั้งสองชนิดนี้แยกออกจากกันได้ โดยในปัจจุบันนั้นทางทีมผู้จัดทำได้ใช้วิธีการนำลูกพูลที่ตรวจจับได้ไปหาค่าสีเฉลี่ยในระบบ gray scale เนื่องจากลูกพูลที่เป็นลูกลายนั้นจะมีส่วนของสีขาวมากกว่าลูกพูลที่เป็นลูกสี ทำให้ระบบสามารถแบ่งแยกลูกสีและลูกลายระหว่างลูกพูลที่มีสีเดียวกันได้ และแยกแยะลูกพูลแต่ละสีด้วยค่าสี HSV เนื่องจากช่วงสี RGB นั้นไม่สามารถแยกสีได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมต่าง



รูปที่ 60 ผลการทดสอบใช้งานระบบการแยกแยะลูกพูล 2 ชนิด (ลูกลายและลูกสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ระบบการคำนวณมุมต่างๆ

1) วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการตรวจจับลูกพูลทั้ง2ชนิดเพื่อหาตำแหน่งของลูกพูลทั้ง2ชนิดบนโต๊ะและนำไปใช้ในการคิดสถิติหลังการแข่งขันหรือฝึกซ้อมของระบบ

2) วิธีในการทดสอบ

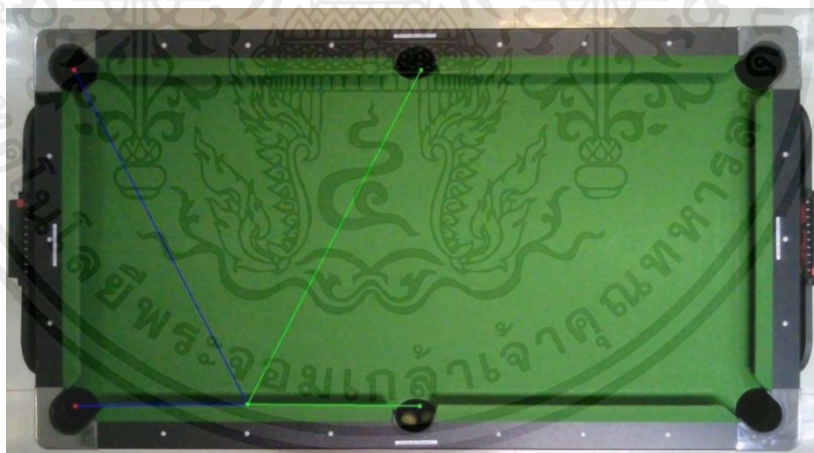
2.1 ทดลองวางลูกพูลลูกกลายหลายๆลูกลงบนโต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

2.2 ทดลองวางลูกพูลลูกสีหลายๆลูกลงบนโต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

2.3 ทดลองวางลูกพูลลูกสีและลูกกลายหลายๆลูกพร้อมกันลงบนโต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

3) ผลการทดสอบ

ในการคำนวณและวาดเส้นคาดการณ์วิถีของลูกพูลออกมานั้น มีทฤษฎีเกี่ยวกับการสะท้อนของมุมเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นทางทีมผู้จัดทำจึงได้ทำการพัฒนาระบบในการคำนวณมุมและเส้นที่เกิดจากการสะท้อนของมุมที่กำหนดโดยผลลัพธ์ที่ได้นั้นระบบสามารถคำนวณมุมที่เกิดขึ้นจากเส้นได้อย่างแม่นยำสามารถวัดมุมได้ทั้งหมด 360 องศา



รูปที่ 61 ผลการทดสอบการวัดมุมภายในโต๊ะพูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ระบบการตรวจจับไม้คิว

1) วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการตรวจจับไม้คิวให้มีความแม่นยำเนื่องจากเป็นสิ่งที่จำเป็นของระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียดนี้ และนำตำแหน่งของไม้มาคำนวณต่อไป

2) วิธีในการทดสอบ

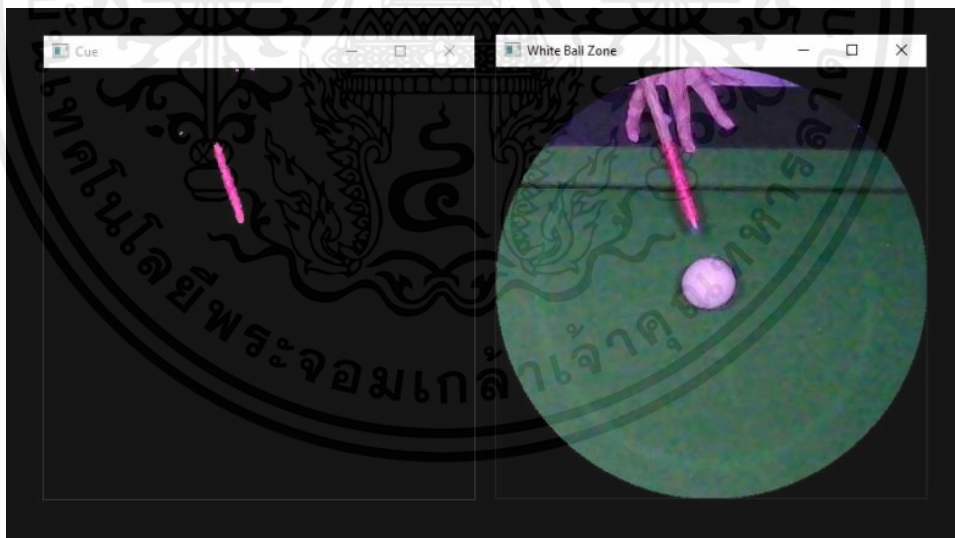
2.1 ทดลองวางไม้คิวในตำแหน่งต่างๆบน โต๊ะแล้วทำการตรวจจับ

2.2 ทดลองดึงไม้คิวไปที่ลูกขาว โดยที่ไม่มีนิ้วมือผู้ทดลองอยู่ใกล้ๆแล้วทำการตรวจจับในมุมต่างๆที่ไม่เฉียงไป

2.3 ทดลองดึงไม้คิวไปที่ลูกขาว โดยที่มีนิ้วมือผู้ทดลองอยู่ใกล้ๆแล้วทำการตรวจจับในมุมต่างๆที่ไม่เฉียงไปเพื่อทดสอบว่าระบบสามารถแยกแยะไม้คิวได้

3) ผลการทดสอบ

ในการทดสอบนั้นระบบสามารถตรวจจับไม้คิวได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถแยกแยะนิ้วมือผู้ทดลองและไม้คิวออกจากกันได้ แต่จะมีข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในบางครั้งเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมต่างๆไม่ว่าจะเป็นแสง Noise ของกล้องเป็นต้น โดยจะนำตำแหน่งไม้คิวที่ตรวจจับได้ไปสร้างเส้นคาดการณ์ต่อไป



รูปที่ 62 ตัวอย่างการตรวจจับไม้คิว

4.1.6 ระบบการสร้างเส้นคาดการณ์

1) วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบความแม่นยำของเส้นคาดการณ์ที่สร้างขึ้นว่าเมื่อนำไปใช้บนโต๊ะจริงๆแล้วนั้นมีความแม่นยำมากเพียงพอหรือไม่

2) วิธีในการทดสอบ

2.1 ทดลองเล็งไม้บนโต๊ะไปในทิศทางต่าง 360 องศารอบๆโต๊ะแล้วทำการดูผลลัพธ์ในโปรแกรมว่ามีความถูกต้องตามหลักหรือไม่

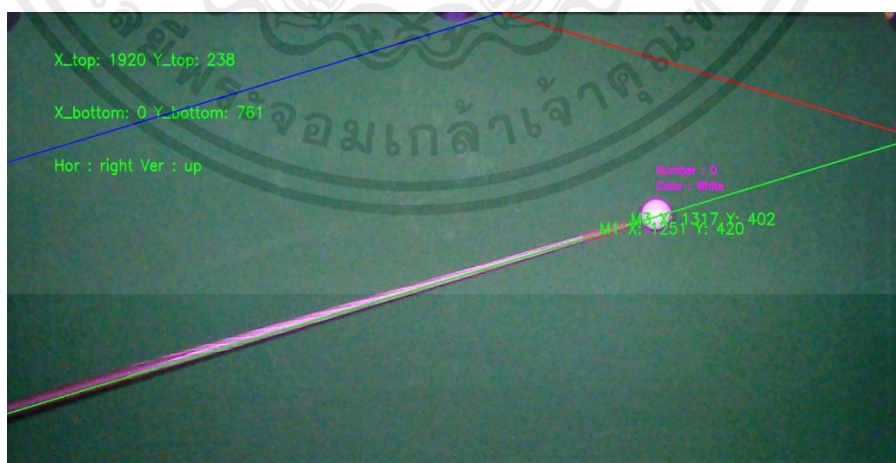
2.2 ทดลองเล็งไม้บนโต๊ะไปในทิศทางต่าง 360 องศารอบๆโต๊ะแล้วทำการดูผลลัพธ์ที่ฉายผ่านโปรเจกเตอร์ มีตำแหน่งที่ตรงและมีความถูกต้องตามหลักหรือไม่

2.3 ทดลองยิงลูกพูลไปตามเส้นที่ฉายผ่านโปรเจกเตอร์ว่าลูกพูลนั้นเคลื่อนที่ไปตามเส้นคาดการณ์ที่แสดงผลออกมาหรือไม่

2.4 ทดลองยิงลูกพูลลงหลุมตามเส้นที่ฉายผ่านโปรเจกเตอร์ว่าลูกพูลนั้นเคลื่อนที่ลงหลุมไปตามเส้นคาดการณ์ที่แสดงผลออกมาหรือไม่

3) ผลการทดสอบ

ในการทดสอบนั้นระบบสามารถสร้างเส้นคาดการณ์ตามที่ไม่ควิเล็งได้อย่างถูกต้องไม่ว่าจะแสดงผลในโปรแกรมหรือฉายผ่านโปรเจกเตอร์ สามารถสร้างตำแหน่งของเส้นคาดการณ์ได้ตรงตามที่ไม่ควิเล็งอยู่ตามความเป็นจริง แต่การทดลองยิงลูกพูลนั้นจะมีความผิดพลาดในบางครั้งเป็นผลมาจากสภาพของโต๊ะพูลนั้นมีความลาดเอียงในบางส่วนของโต๊ะส่งผลให้ลูกพูลเคลื่อนที่ไม่ตรงตามเส้นคาดการณ์



รูปที่ 63 ตัวอย่างการสร้างเส้นคาดการณ์ด้วยข้อมูลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3 ตารางความแม่นยำของเส้นคาดการณ์

รูปแบบในการยิง	จำนวนครั้งในการยิง	จำนวนครั้งถูกลงหลุม	ความแม่นยำ
ยิงโดยอิงจากเส้นการเคลื่อนที่เส้นที่ 1	20	19	95 %
ยิงโดยอิงจากเส้นการเคลื่อนที่เส้นที่ 2	20	15	75 %
ยิงโดยอิงจากเส้นการเคลื่อนที่เส้นที่ 3	20	8	40 %

4.2 การทดลองแสดงผลหน้าตาการใช้งานแก่ผู้ใช้งานบนโต๊ะพูล

4.2.1 การแสดงผลหน้าตาต่างผู้ใช้งานลงบนโต๊ะพูล

1) วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการแสดงผลหน้าตาต่างการใช้งาน โดยการฉายผ่าน โปรเจกเตอร์ลงไปยังโต๊ะพูล

2) วิธีในการทดสอบ

2.1 ทดลองแสดงผลการออกแบบหน้าตาต่างผู้ใช้งานลงไปยังโต๊ะพูลในขณะที่ห้องสว่าง

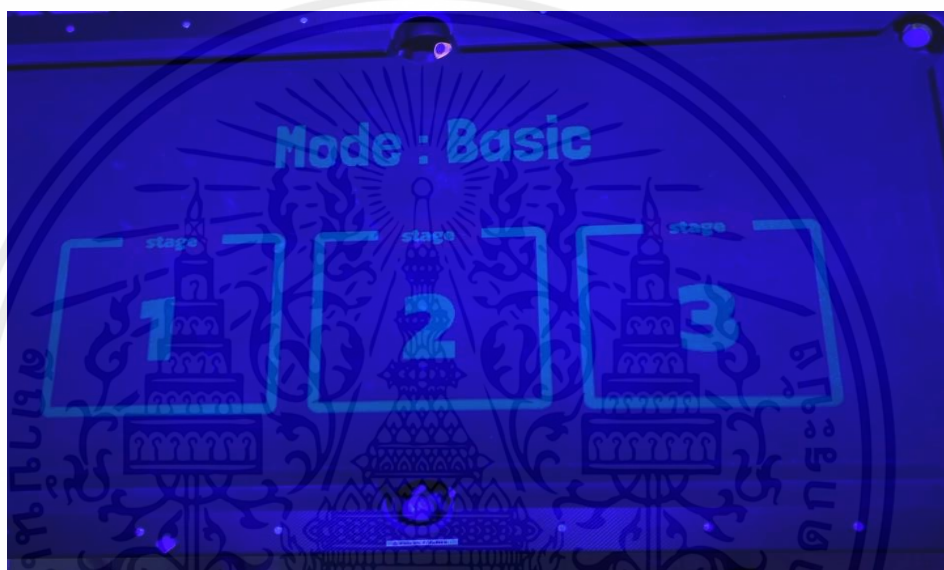
2.2 ทดลองแสดงผลการออกแบบหน้าตาต่างผู้ใช้งานลงไปยังโต๊ะพูลในขณะที่ห้องมืด

2.3 ทดลองแสดงผลการออกแบบหน้าตาต่างผู้ใช้งานลงไปยังโต๊ะพูลในรูปแบบที่ออกแบบไว้ในรูปแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ผลการทดสอบ

ภายในโครงการมีการใช้งานโปรเจกเตอร์ในการแสดงผลที่ได้จากการประมวลผลออกมาให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นได้บนโต๊ะพูล โดยผลการทดลองนั้นทางทีมผู้จัดทำได้ทำการทดลองฉายภาพตัวอย่างหน้าตาการใช้งานที่ได้ทำการออกแบบไว้ลงไปยังโต๊ะพูล ซึ่งยังมีปัญหาในการแสดงผลเนื่องจากความสว่างในการฉายนั้นน้อยเกินไปหน้าตาแสดงผลจึงมีความไม่ชัดเจนมากพอ เมื่อในห้องมีความสว่าง



รูปที่ 64 ผลการทดสอบแสดงผลหน้าตาของผู้ใช้ลงบนโต๊ะพูล



รูปที่ 65 ตัวอย่างการฉายแบบฝึกหัดในห้องที่มืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การแสดงผลการคำนวณต่างๆภายในโปรแกรม

1) วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการแสดงผลการคำนวณต่างๆที่ได้ แสดงผลออกมาผ่านโปรแกรมเตอร์ ว่าจากตำแหน่งที่กล้องจับได้กับตำแหน่งที่แสดงผลนั้นมีความตรงกันหรือไม่

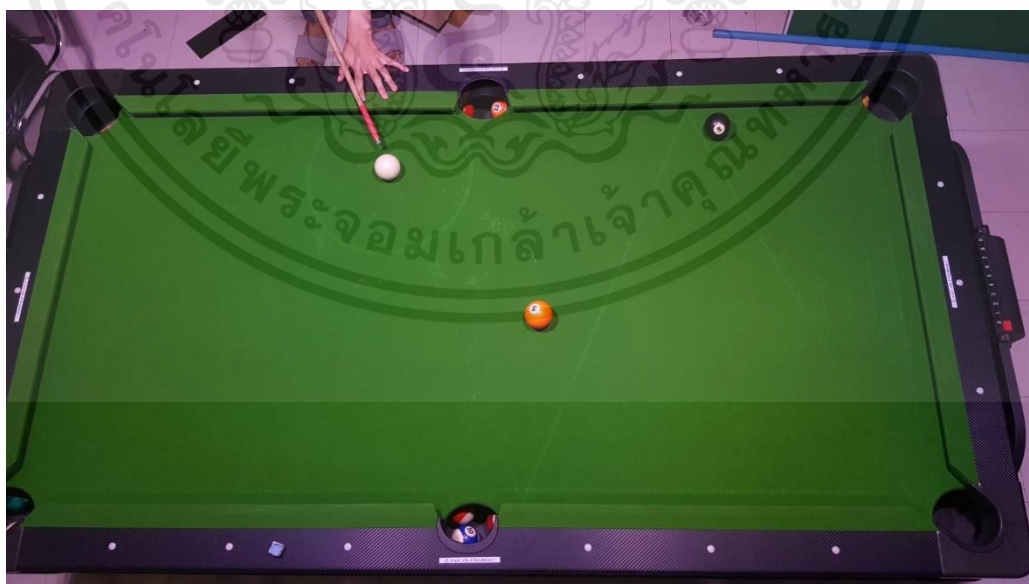
2) วิธีในการทดสอบ

2.1 วางสิ่งต่างๆลงบนโต๊ะแล้วนำภาพที่ได้จากกล้องแสดงผลออกมาผ่านโปรแกรมเตอร์แล้วดูว่า ตำแหน่งที่วัตถุอยู่ตรงกับที่โปรแกรมเตอร์แสดงผลออกมาหรือไม่

2.2 ทดลองแสดงผลการคำนวณต่างๆได้ใน โปรแกรม แสดงผลออกมาผ่านโปรแกรมเตอร์ไม่ว่าจะเป็นแสดงผลเส้นกาดการณ์ แสดงตำแหน่งลูกสีขาวเมื่อแสดงผลออกมาแล้วมีตำแหน่งตรงกับความเป็นจริงหรือไม่

3) ผลการทดสอบ

จากการทดสอบนั้นโปรแกรมเตอร์สามารถฉายผลลัพธ์ตามตำแหน่งของวัตถุได้อย่างแม่นยำ แต่เมื่ออยู่ใกล้ขอบของพื้นที่การฉายนั้นตำแหน่งที่ฉายมีความคลาดเคลื่อนในบางครั้งเนื่องจากเลนส์ของโปรแกรมเตอร์นั้นเป็นเลนส์นูนทำให้เกิด Distortion ขึ้นได้ และเนื่องจากประสิทธิภาพของโปรแกรมเตอร์นั้นมีความสว่างค่อนข้างน้อยทำให้เมื่อฉายภาพลงยังโต๊ะแล้วทำให้มีความไม่ชัดเจนเกิดขึ้น



รูปที่ 66 การแสดงผลการคำนวณผ่านโปรแกรมเตอร์

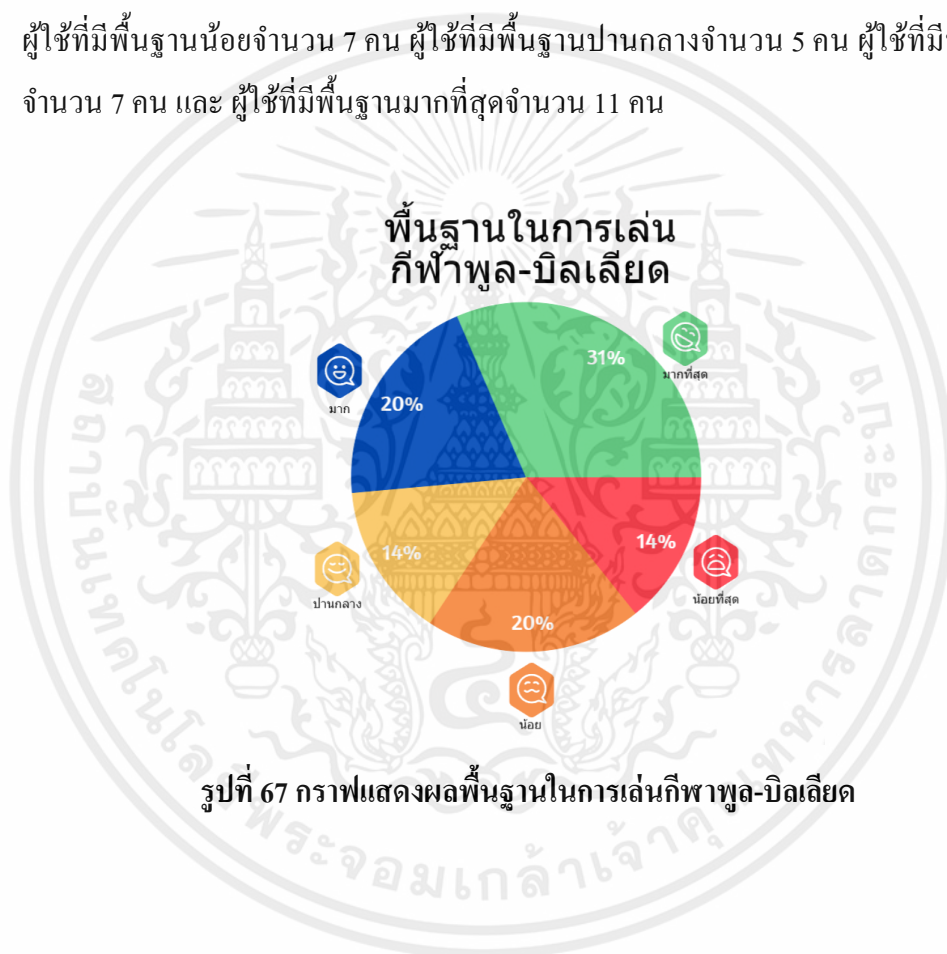
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

จากการเก็บรวบรวมความพึงพอใจของผู้ที่ได้ทดลองใช้งานระบบช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด เพื่อวัดผลวัตถุประสงค์ของ โครงการแล้วนั้น แสดงให้เห็นว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานนั้นเป็นไปในทิศทางใดระบบมีประสิทธิภาพจริงหรือไม่ นั้น มีผลลัพธ์ดังนี้

4.3.1 กราฟแสดงผลพื้นฐานในการเล่นกีฬาพูล-บิลเลียด

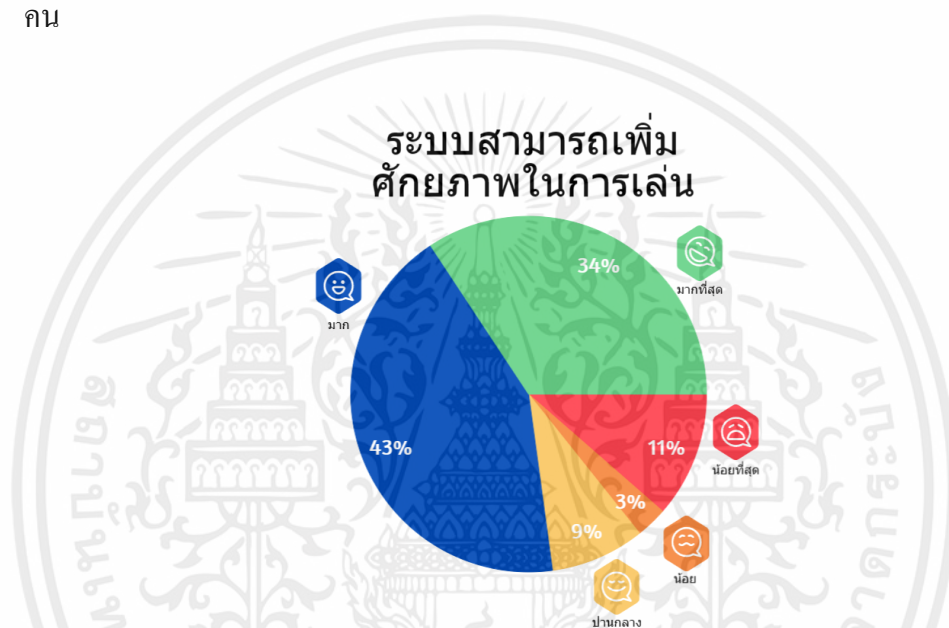
จากผู้ร่วมทดลองใช้งานระบบจำนวน 35 คน สามารถแบ่งพื้นฐานในการเล่นกีฬาพูล-บิลเลียดของผู้ใช้แต่ละคนออกเป็นจำนวนต่างๆดังนี้ ผู้ใช้ที่มีพื้นฐานน้อยที่สุดจำนวน 5 คน ผู้ใช้ที่มีพื้นฐานน้อยจำนวน 7 คน ผู้ใช้ที่มีพื้นฐานปานกลางจำนวน 5 คน ผู้ใช้ที่มีพื้นฐานมากจำนวน 7 คน และ ผู้ใช้ที่มีพื้นฐานมากที่สุดจำนวน 11 คน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบสามารถเพิ่มศักยภาพในการเล่นกีฬาพูล-บิลเลียด

จากผู้ร่วมทดลองใช้งานระบบจำนวน 35 คน โดยความคิดเห็นของผู้ใช้แต่ละคนที่มีความเห็นว่าระบบสามารถช่วยเพิ่มศักยภาพในการเล่นกีฬาพูล-บิลเลียดได้ในระดับใด สามารถแบ่งออกเป็นจำนวนต่างๆดังนี้ ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบช่วยเพิ่มศักยภาพได้น้อยที่สุดจำนวน 4 คน ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบช่วยเพิ่มศักยภาพได้น้อยจำนวน 1 คน ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบช่วยเพิ่มศักยภาพได้ปานกลางจำนวน 3 คน ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบช่วยเพิ่มศักยภาพได้มากจำนวน 15 คน และ ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบช่วยเพิ่มศักยภาพได้มากที่สุดจำนวน 12 คน

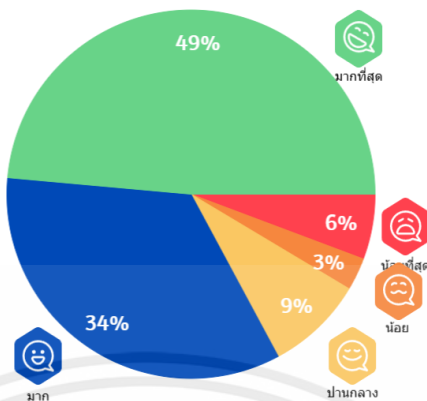


รูปที่ 68 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบสามารถเพิ่มศักยภาพในการเล่นกีฬาพูล-บิลเลียด

4.3.3 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน

จากผู้ร่วมทดลองใช้งานระบบจำนวน 35 คน โดยความคิดเห็นของผู้ใช้แต่ละคนที่มีความเห็นว่าระบบมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน สามารถแบ่งออกเป็นจำนวนต่างๆดังนี้ ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานน้อยที่สุดจำนวน 2 คน ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานน้อยจำนวน 1 คน ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานปานกลางจำนวน 3 คน ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานมากจำนวน 12 คน และ ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานมากที่สุดจำนวน 17 คน

ประโยชน์ของระบบช่วย ฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด

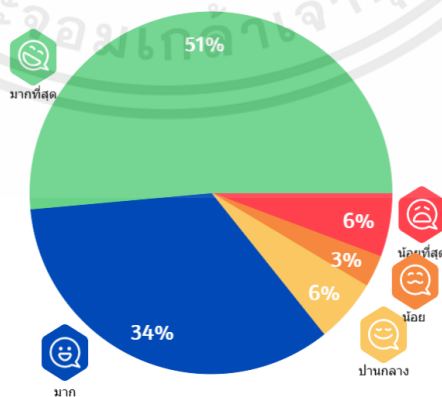


รูปที่ 69 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน

4.3.4 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบสามารถสร้างความสนุกสนานให้แก่ผู้ใช้

จากผู้ร่วมทดลองใช้งานระบบจำนวน 35 คน โดยความคิดเห็นของผู้ใช้แต่ละคนที่มีความเห็นว่าระบบสามารถสร้างความสนุกสนานให้แก่ผู้ใช้ สามารถแบ่งออกเป็นจำนวนต่างๆ ดังนี้ ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบสามารถสร้างความสนุกสนานให้แก่ผู้ใช้น้อยที่สุดจำนวน 2 คน ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบสามารถสร้างความสนุกสนานให้แก่ผู้ใช้น้อยจำนวน 1 คน ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบสามารถสร้างความสนุกสนานให้แก่ผู้ใช้งานปานกลางจำนวน 2 คน ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบสามารถสร้างความสนุกสนานให้แก่ผู้ใช้งานมากจำนวน 12 คน และ ผู้ใช้ที่มีความเห็นว่าระบบสามารถสร้างความสนุกสนานให้แก่ผู้ใช้งานมากที่สุดจำนวน 18 คน

ความสนุกสนานใน การใช้งานระบบ

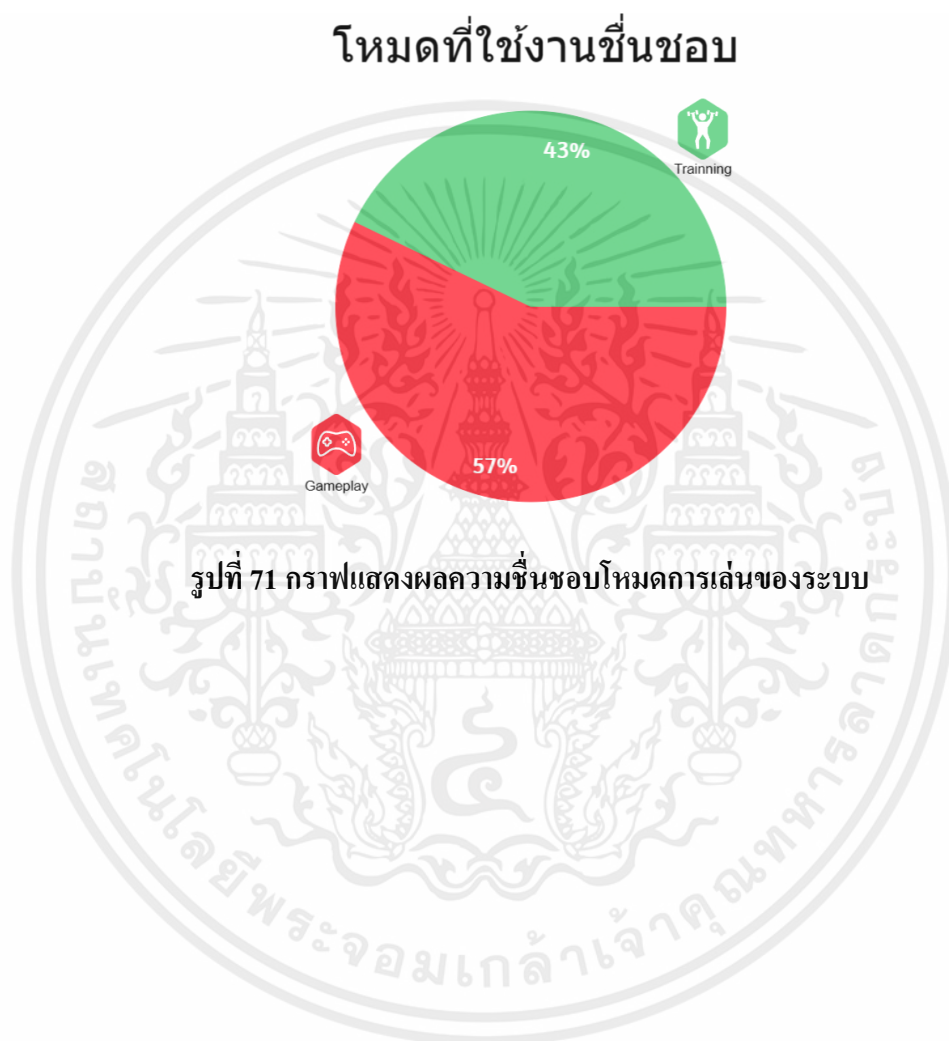


รูปที่ 70 กราฟแสดงผลความคิดเห็นว่าระบบสามารถสร้างความสนุกสนานให้แก่ผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 กราฟแสดงผลความชื่นชอบโหมคการเล่นของระบบ

จากผู้ร่วมทดลองใช้งานระบบจำนวน 35 คน โดยความชื่นชอบโหมคการเล่นของระบบ ช่วยฝึกซ้อมกีฬาพูล-บิลเลียด สามารถแบ่งออกเป็นจำนวนต่างๆดังนี้ ผู้ใช้ที่มีความชื่นชอบโหมคการเล่น Training จำนวน 15 คน ผู้ใช้ที่มีความชื่นชอบโหมคการเล่น Gameplay จำนวน 20 คน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการดำเนินงานโครงการนั้น ระบบสามารถดำเนินงานบรรลุได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ระบบสามารถช่วยเพิ่มศักยภาพในการเล่นกีฬาฟุต-บิลเลียดได้จริง มีแบบฝึกหัดต่างๆ ให้ผู้ใช้งาน ได้ฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มความเคยชินให้แก่ผู้เล่น อีกทั้งยังสามารถเพิ่มความสนุกสนานให้แก่ผู้เล่นได้ โดยสามารถวัดผลได้จากการสร้างแบบสอบถามการใช้งานระบบของผู้ใช้งาน

5.1.1 ส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

สำหรับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่มีการใช้งานภายในโครงการนี้ ประกอบไปด้วย โต้ะพูล กล้องสำหรับจับภาพบนโต้ะพูล สปอร์ตไลท์สำหรับการควบคุมแสง และ โปรเจคเตอร์สำหรับการแสดงผล จากการดำเนินงานผลลัพธ์ที่ได้ออกมาดังนี้

ตาราง 4 ตารางผลการดำเนินงานส่วนฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์	ผลลัพธ์
โต้ะพูล	สามารถใช้งานในการเล่นจริงได้ แต่จะมีปัญหาเล็กน้อย ในเรื่องของความเอียงของโต้ะพูล ทำให้ส่งผลต่อผลลัพธ์ของการแทงในบางสถานการณ์
กล้อง	สามารถใช้งานในการถ่ายภาพจากโต้ะพูลได้ทั้งโต้ะ และมีความละเอียดอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งาน แต่ยังมีปัญหาเล็กน้อย ในเรื่องของ Noise ที่เกิดขึ้นภายในภาพ ซึ่งจากการเกิดความบิดเบี้ยวของภาพและ Noise ทำให้ทางผู้จัดทำได้เรียนรู้ถึงการทำให้ Camera Calibration
โปรเจคเตอร์	สามารถใช้ฉายภาพได้ขนาดตามที่ต้องการ แต่มีปัญหาเรื่องของแสงที่โปรเจคเตอร์ฉาย โดยเมื่อแสงจากสภาพแวดล้อมมีความสว่างในระดับหนึ่ง จะทำให้ภาพที่ฉายจากโปรเจคเตอร์นั้นมองเห็นได้ยากมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สปอร์ตไลท์	สามารถใช้งานเพื่อฉายแสงแทนที่ไฟภายในห้อง ในการควบคุมสภาพแวดล้อม ให้มีความเสถียรมากยิ่งขึ้นได้ ซึ่งทำให้ทางผู้จัดทำได้เรียนรู้ถึงความสำคัญของการควบคุมสภาพแวดล้อมเพื่อการพัฒนาสิ่งต่างๆ
------------	--

5.1.2 ส่วนของซอฟต์แวร์

สำหรับส่วนของซอฟต์แวร์นั้น ทางทีมผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาโดยใช้ภาษาหลักเป็น Python และใช้ OpenCV เป็นไลบรารีหลักในส่วนของประมวลผลภาพ จากผลลัพธ์ของการพัฒนา ซอฟต์แวร์มีฟังก์ชันหลัก ดังนี้

ตาราง 5 ตารางผลการดำเนินงานส่วนซอฟต์แวร์

ฟังก์ชัน	ผลลัพธ์
โหมดฝึกซ้อม	สามารถใช้งาน เพื่อทำการฝึกซ้อมการแทงพุลในสถานการณ์ต่างๆ และฝึกซ้อมเทคนิคที่มีความเกี่ยวข้องกับการแทงได้ตามแบบฝึกซ้อมที่ทางผู้จัดทำมีการใส่เอาไว้ โดยมีความยากง่ายแตกต่างกันตามความต้องการของผู้ใช้งาน
โหมดผู้เล่น 1 คน	สามารถใช้งาน เพื่อทำการแสดงสถิติในการแทง ทั้งจำนวนครั้งในการแทง และเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ อีกทั้งยังมีการแสดงเส้นวิถีคาดการณ์เพื่อให้ผู้เล่นสามารถสร้างความคุ้นชินให้แก่ผู้เล่น อีกทั้งยังมีการสร้างมินิเกมเสริมเพื่อเพิ่มความสนุกสนานให้แก่ผู้ใช้งานซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นที่น่าพึงพอใจ ซึ่งรู้ได้จากการทำแบบสอบถามผู้ใช้งาน
การแสดงเส้นวิถีคาดการณ์	สามารถใช้งานเพื่อแสดงเส้นวิถีคาดการณ์ที่เกิดจากการเลี้ยงของไม้พุลต่อลูกพุลสีขาวได้ โดยจากการทดลองสรุปผลได้ว่า การแทงตามเส้นคาดการณ์วิถีในเส้นที่ 1 มีความแม่นยำอยู่ที่ 95 % ตามเส้นที่ 2 มีความแม่นยำอยู่ที่ 75 % ตามเส้นที่ 3 มีความแม่นยำอยู่ที่ 40 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ส่วนของการประมวลผลภาพ

สำหรับส่วนของการประมวลผลภาพที่ใช้ OpenCV เป็นไลบรารีหลักนั้น มีการนำไปใช้ในการตรวจจับวัตถุต่างๆบน โຕ้ะพุด ทั้งลูกพุด และไม้พุด จากผลการดำเนินได้ดังนี้

ตาราง 6 ตารางผลการดำเนินงานส่วนการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ	ผลลัพธ์
การตรวจจับลูกพุด	สามารถตรวจจับลูกพุดได้ มีความแม่นยำในกรณีที่ลูกพุดไม้ได้อยู่ชิดกันมากจนเกินไป และเมื่อมีแสงสว่างที่เพียงพอจะสามารถตรวจจับลูกพุดได้อย่างแม่นยำมากขึ้น
การตรวจจับไม้พุด	สามารถตรวจจับไม้พุดที่มีการเล็งลูกขาวอยู่ในระยะที่กำหนดได้เพื่อนำตำแหน่งของไม้คิ้วที่ค้นหาได้นั้นไปใช้สำหรับการสร้างเส้นวิถีคาดการณ์
การแยกแยะสีของลูกพุด	สามารถแยกแยะสีของลูกพุดแต่ละสีได้ อย่างแม่นยำเมื่อมีความสว่างที่เพียงพอ
การแยกแยะชนิดของลูกพุด	สามารถแยกแยะชนิดของลูกพุด(ลูกสีเขียว-ลูกลาย) ได้ แต่ความแม่นยำยังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจ

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

5.2.1 การแสดงผลของโปรเจกเตอร์

ภายในโครงการมีการใช้งานโปรเจกเตอร์ในการแสดงผลที่ได้จากการประมวลผลออกมาให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นได้บน โຕ้ะพุด ซึ่งการแสดงผลผ่านโปรเจกเตอร์นี้ก่อให้เกิดปัญหาเนื่องจากความสูงของสถานที่ทำงานทำให้ระยะห่างระหว่างโปรเจกเตอร์และ โຕ้ะพุดนั้นมีไม่เพียงพอต่อการฉายภาพผ่านโปรเจกเตอร์ให้มีขนาดภาพตรงตามที่ต้องการเมื่อทำการติดโปรเจกเตอร์ไว้กับฝ้าเหนือ โຕ้ะพุด นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องความสว่างของภาพที่ฉายผ่านโปรเจกเตอร์ ซึ่งจะมองเห็นได้ยากในตอนที่สภาพแวดล้อมมีแสงสว่างมากเกินไป

สำหรับการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ทางทีมผู้จัดทำได้ทำการเปิดฝ้า เพื่อนำโปรเจกเตอร์ขึ้นไปติดเหนือฝ้า โดยติดเข้ากับเพดานของชั้น ทำให้ระยะห่างระหว่างโปรเจกเตอร์และ โຕ้ะพุดนั้นมากยิ่งขึ้น และเพียงพอต่อการฉายภาพผ่านโปรเจกเตอร์ให้มีขนาดภาพตรงตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 แสงที่มีบนโต๊ะพูล

เนื่องจากโครงการจำเป็นต้องรับข้อมูลเข้าเป็นภาพและมีการประมวลผลภาพเป็นส่วนสำคัญในระบบ ดังนั้นปัจจัยจากสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อภาพอย่างแสงจึงก่อให้เกิดปัญหาต่อการประมวลผลภาพอย่างมาก เช่น การที่ปริมาณแสงในแต่ละเวลาไม่เท่ากันทำให้สีของลูกพูลบนโต๊ะจากภาพที่ถ่ายได้นั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในเวลาที่ไม่เท่ากัน ทิศทางของแสงที่ก่อให้เกิดเงาในรูปแบบต่างๆ ส่งผลให้เกิดความยากลำบากในการประมวลผลภาพ

สำหรับการแก้ปัญหาเรื่องแสงจากสภาพแวดล้อมนั้น ทางทีมผู้จัดทำจึงได้ทำการติดตั้งสปอร์ตไลท์บริเวณเหนือโต๊ะพูลและฉายแสงลงมายังโต๊ะพูล เพื่อควบคุมแสงในช่วงเวลาต่างๆ ให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

- 1) ปรับปรุงประสิทธิภาพในการตรวจจับสิ่งต่างๆบนโต๊ะพูล
- 2) เพิ่มเดิมแบบฝึกหัดให้มากยิ่งขึ้น
- 3) ปรับปรุงความแม่นยำของเส้นวิถีคาดการณ์ที่คำนวณได้
- 4) ปรับปรุงประสิทธิภาพในการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เสถียรมากยิ่งขึ้น
- 5) ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- 6) เพิ่มฟังก์ชันอื่นๆที่มีประโยชน์หรือมีความน่าสนใจ

บรรณานุกรม

[1] Medium . Image Processing : [Online]

Available : <https://medium.com/tni-university/image-processing-981c65c26289>

[2] การชนและโมเมนตัม : [Online]

Available : <https://sites.google.com/a/nwschool.ac.th/chelim-rach-sema-phechr/momentam>

[3] Wikipedia . OpenCV : [Online]

Available : <https://en.m.wikipedia.org/wiki/OpenCV>

Medium . OpenCV : [Online]

Available : <https://medium.com/@nut.ch40/opencv-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-8771e2a4c414>

[4] Advance Innovation Centre. Gaussian blur : [Online]

Available : <https://docs.aic-eeec.com/artificial-intelligence-ai/computer-vision-for-python/lab-2-basic-cv/gaussian-blur>

OpenCV. Smoothing Images: [Online]

Available : https://docs.opencv.org/4.x/d4/d13/tutorial_py_filtering.html

Gaussian เบลอ เนื้อหาและคณิตศาสตร์ : [Online]

Available : https://hmong.in.th/wiki/Gaussian_blur#title

[5] OpenCV. Canny edge detector: [Online]

Available : https://docs.opencv.org/4.x/da/d22/tutorial_py_canny.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wikipedia. Canny edge detector: [Online]

Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Canny_edge_detector

[6] OpenCV . Hough Circle Transform : [Online]

Available : https://docs.opencv.org/4.x/da/d53/tutorial_py_houghcircles.html

กิตติวัฒน์ นิ่มเกิดผล. การตรวจเอกสารแบบตัวเลือกด้วยการประมวลผลภาพ : [Online]

Available :

<http://www.repository.rmutt.ac.th/dspace/bitstream/123456789/880/1/053614.pdf>

[7] GreekDataGuy. 2020. Numpy Array Cookbook: Generating and Manipulating Arrays in

Python: [Online] Available : [https://towardsdatascience.com/numpy-array-cookbook-](https://towardsdatascience.com/numpy-array-cookbook-generating-and-manipulating-arrays-in-python-2195c3988b09)

[generating-and-manipulating-arrays-in-python-2195c3988b09](https://towardsdatascience.com/numpy-array-cookbook-generating-and-manipulating-arrays-in-python-2195c3988b09)

[8] What Is Camera Calibration? : [Online]

Available : <https://www.mathworks.com/help/vision/ug/camera-calibration.html>

[9] PoolLiveAid: Augmented reality pool table to assist inexperienced players : [Online]

Available :

https://www.researchgate.net/publication/266394007_PoolLiveAid_Augmented

[reality_pool_table_to_assist_inexperienced_players](https://www.researchgate.net/publication/266394007_PoolLiveAid_Augmented_reality_pool_table_to_assist_inexperienced_players)

[10] Pool Balls Identification and Calibration for a Pool Robot : [Online]

Available :

https://www.researchgate.net/publication/319313350_Pool_Balls_Identification

[_and_Calibration_for_a_Pool_Robot](https://www.researchgate.net/publication/319313350_Pool_Balls_Identification_and_Calibration_for_a_Pool_Robot)

[11] (PDF) AR Display of Visual Aids for Supporting Pool Games by Online Markerless

Tracking

: [Online]. Available : https://www.researchgate.net/publication/4304424_AR_Display

[_of_Visual_Aids_for_Supporting_Pool_Games_by_Online_Markerless_Tracking](https://www.researchgate.net/publication/4304424_AR_Display_of_Visual_Aids_for_Supporting_Pool_Games_by_Online_Markerless_Tracking)

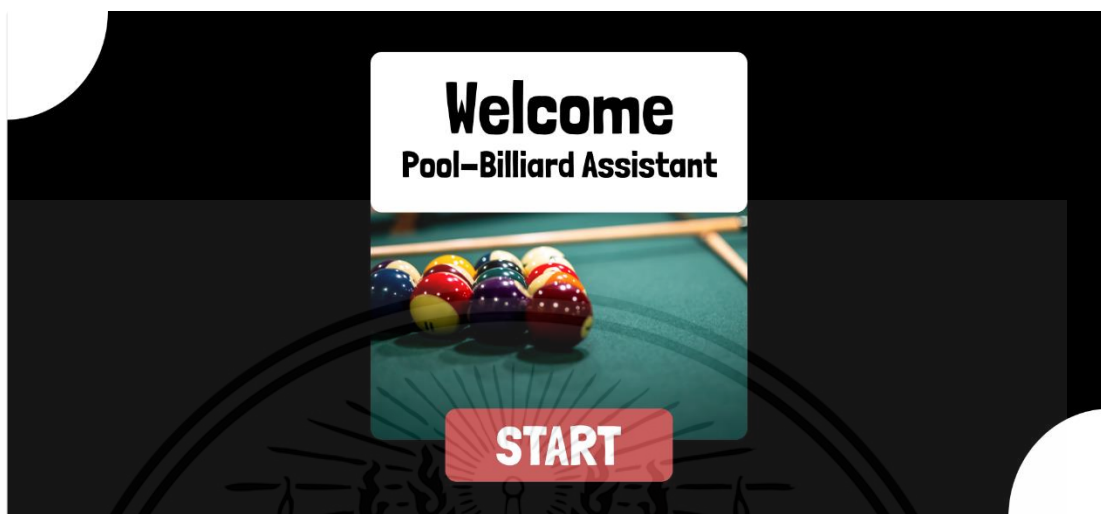
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) หน้า Welcome ก่อนเริ่มใช้งาน



รูปที่ 72 หน้า Welcome

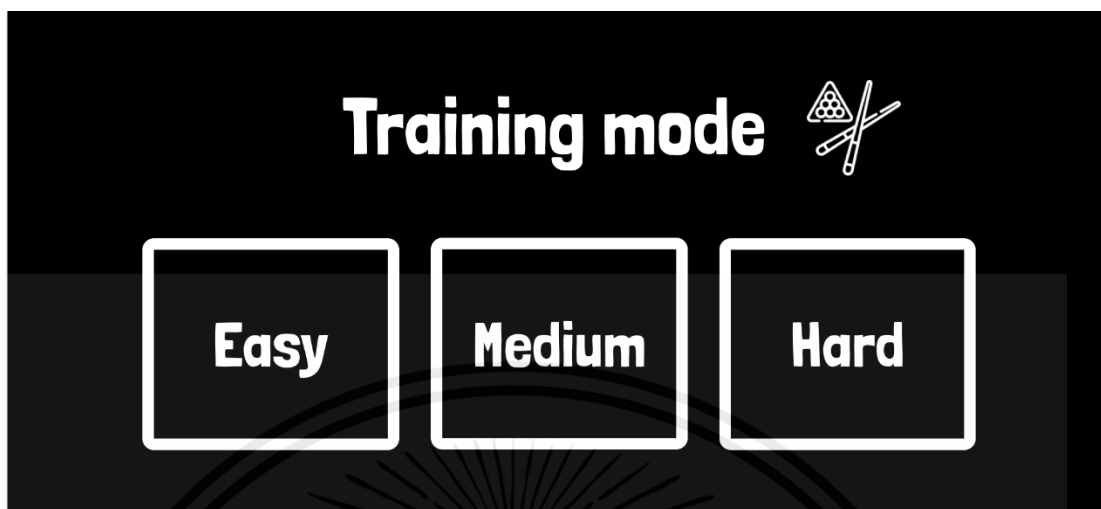
2) หน้าเลือกโหมด



รูปที่ 73 หน้าเลือกโหมด

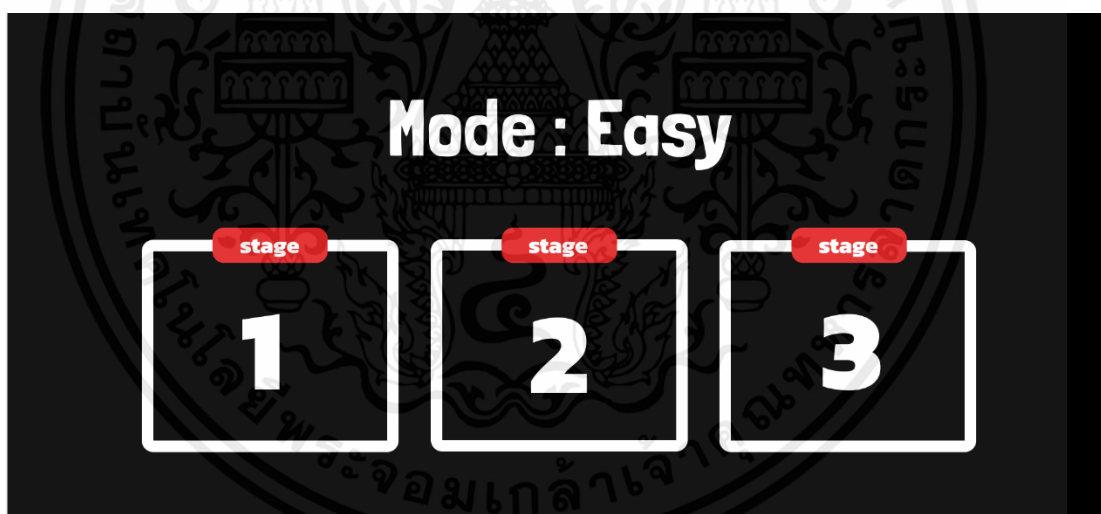
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หน้าเลือกระดับความยาก-ง่ายของแต่ละโหมด



รูปที่ 74 หน้าเลือกระดับ

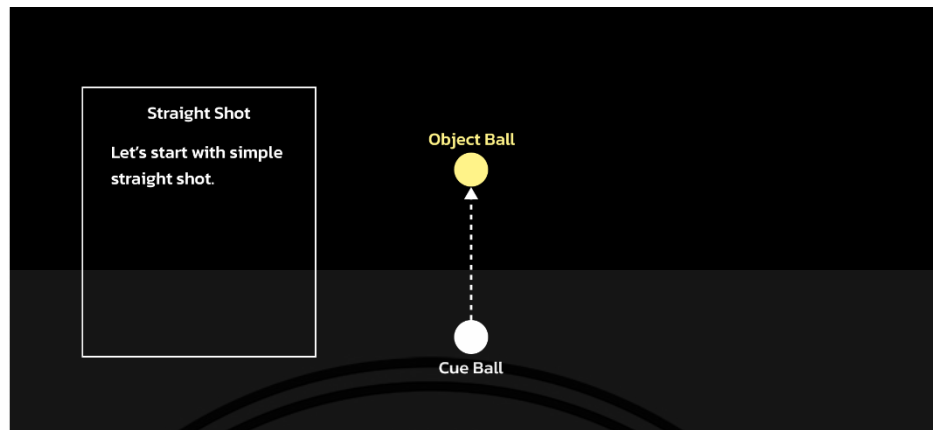
4) หน้าเลือกด่านในการฝึก



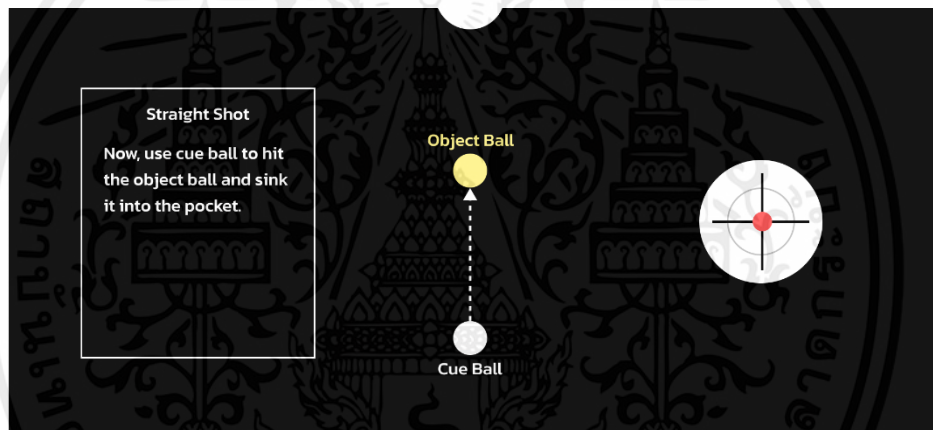
รูปที่ 75 หน้าตัวอย่างด่านฝึกซ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

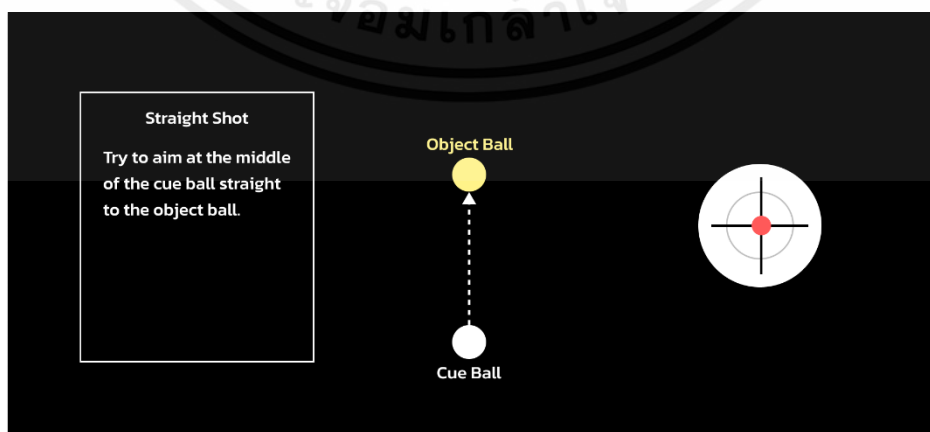
5) หน้าด้านต่างๆ ที่ให้ผู้เล่นฝึกซ้อม



รูปที่ 76 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 1 ใน Stage ที่ 1



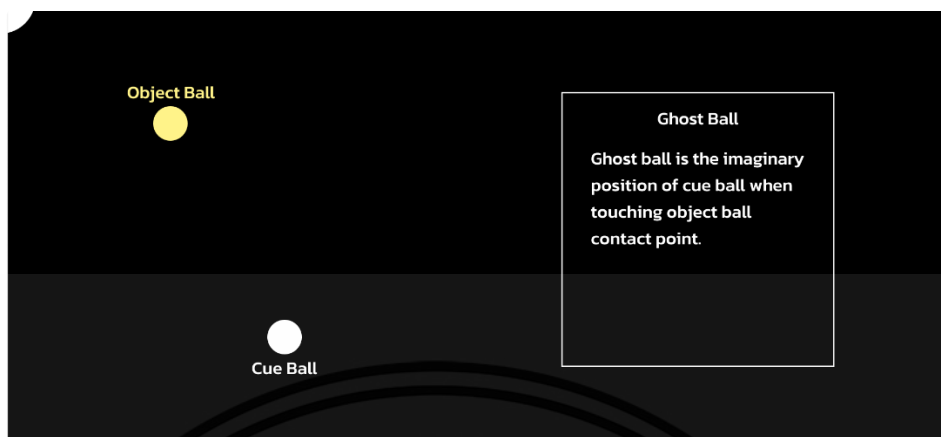
รูปที่ 77 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 1 ใน Stage ที่ 2



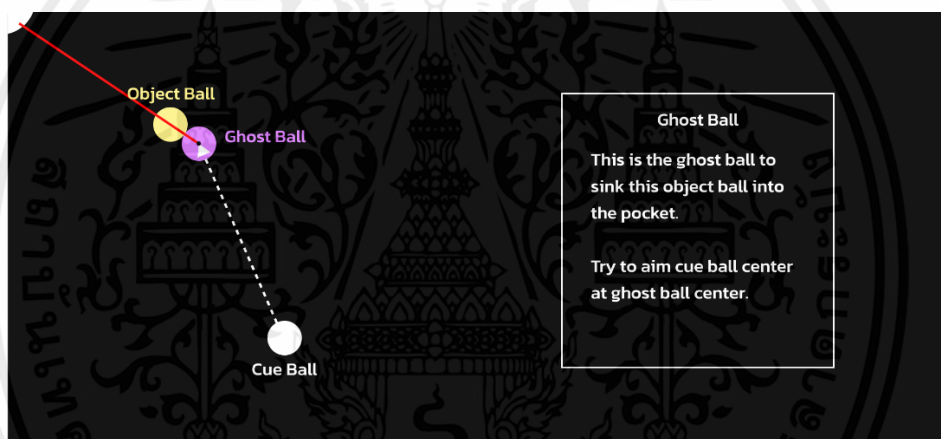
รูปที่ 78 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 1 ใน Stage ที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

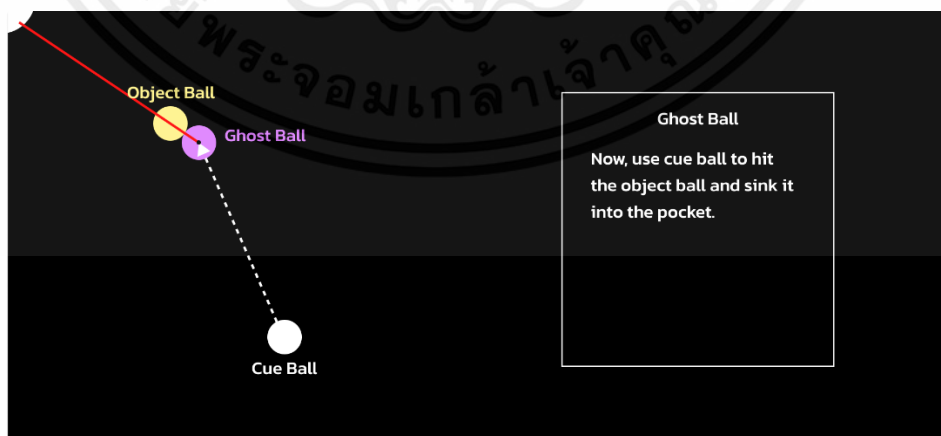
5.2) ด้านที่ 2 Ghost Ball ใน Mode : Easy



รูปที่ 79 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 2 ใน Stage ที่ 1

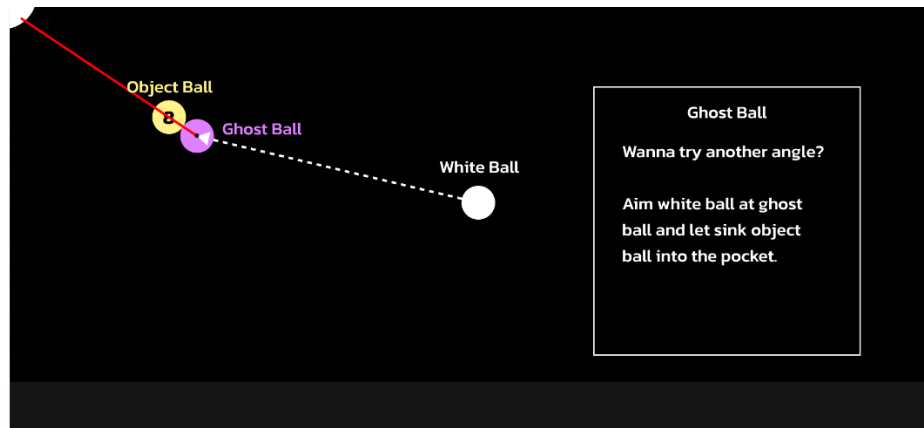


รูปที่ 80 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 2 ใน Stage ที่ 2



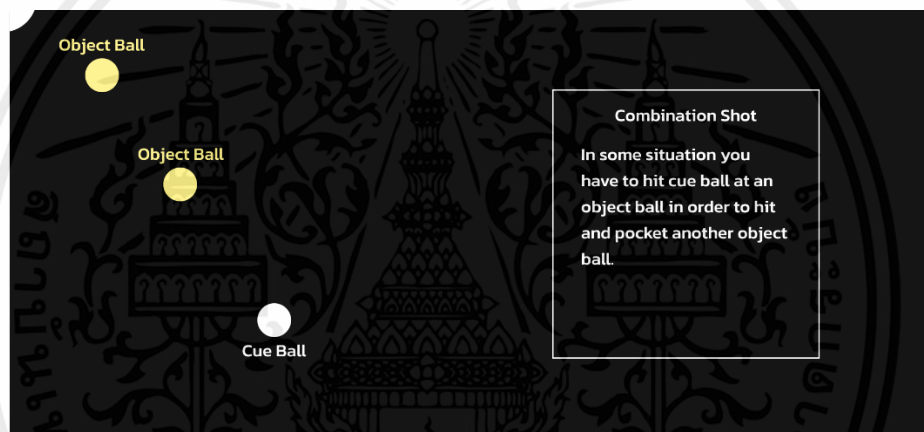
รูปที่ 81 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 2 ใน Stage ที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

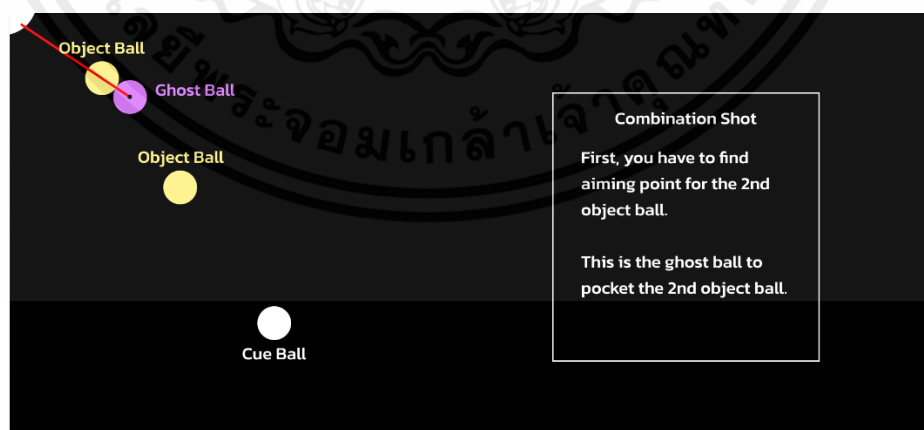


รูปที่ 82 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 2 ใน Stage ที่ 4

5.3) ด้านที่ 3 Combination Shot ใน Mode : Medium

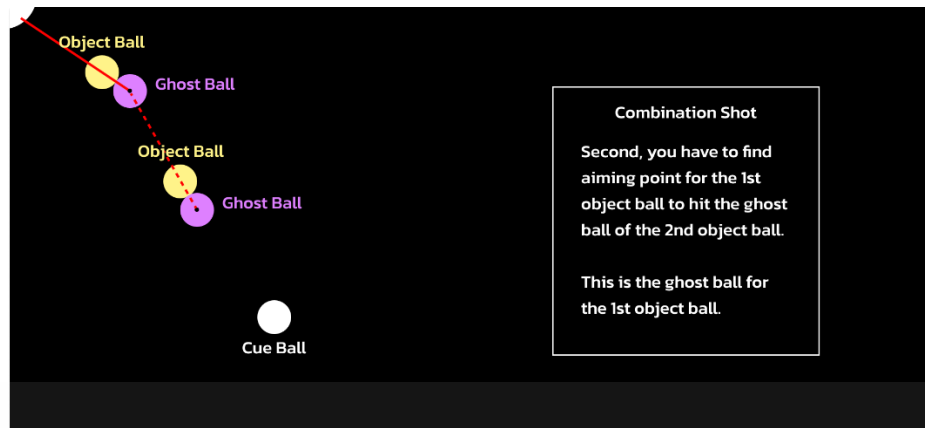


รูปที่ 83 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 3 ใน Stage ที่ 1

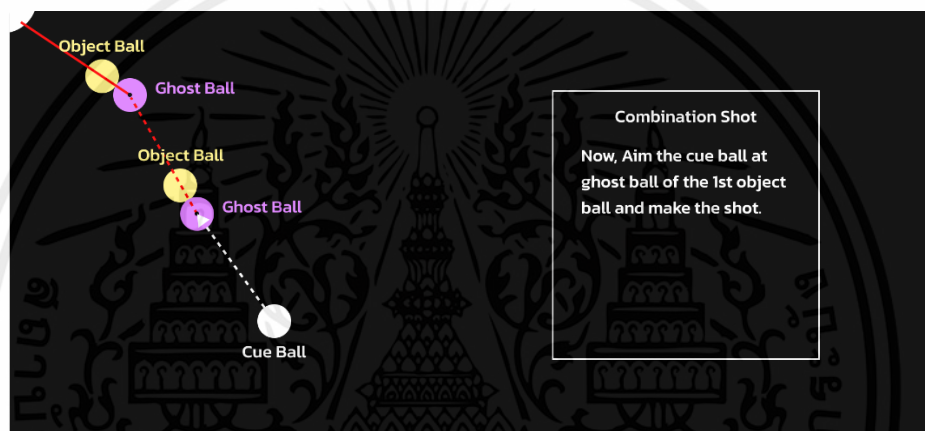


รูปที่ 84 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 3 ใน Stage ที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

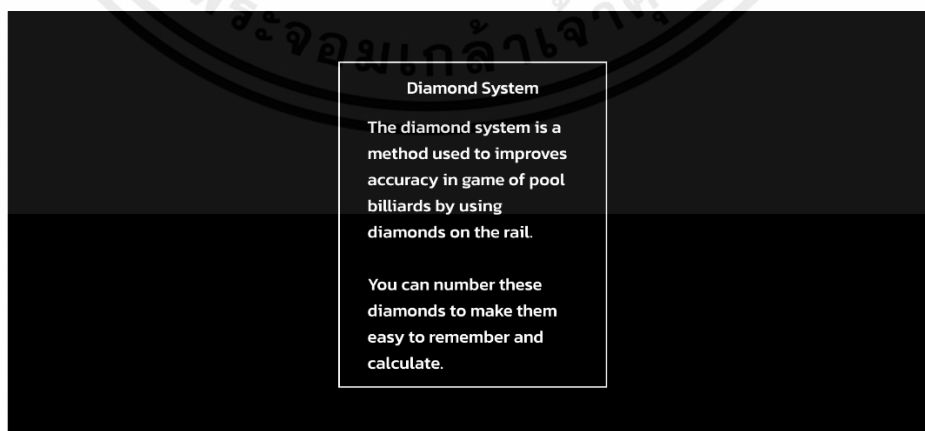


รูปที่ 85 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 3 ใน Stage ที่ 3



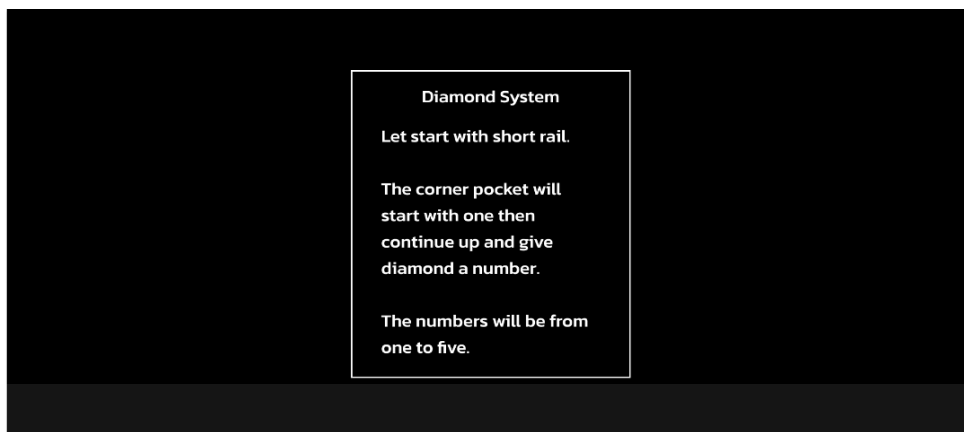
รูปที่ 86 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 3 ใน Stage ที่ 4

5.4) ด้านที่ 4 Diamond System ใน Mode : Medium



รูปที่ 87 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 1

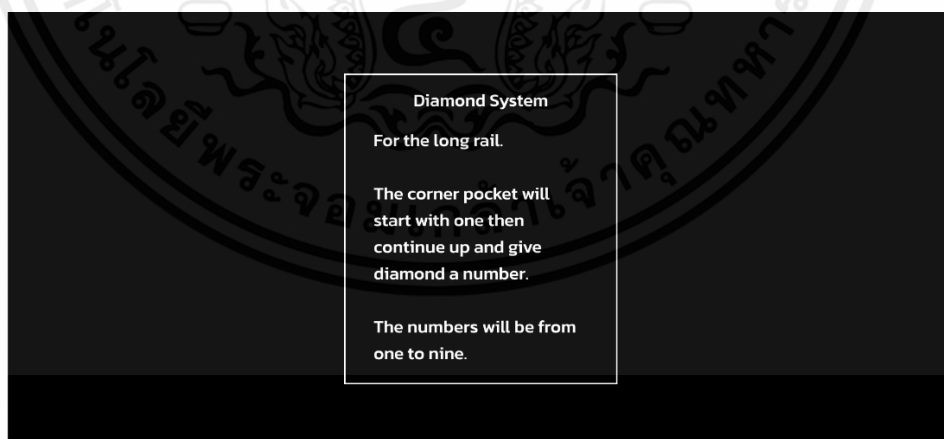
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 88 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 2

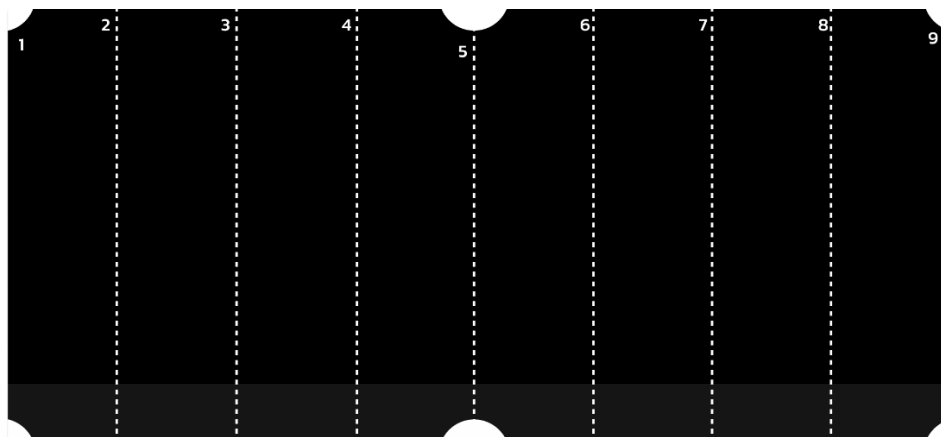


รูปที่ 89 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 3

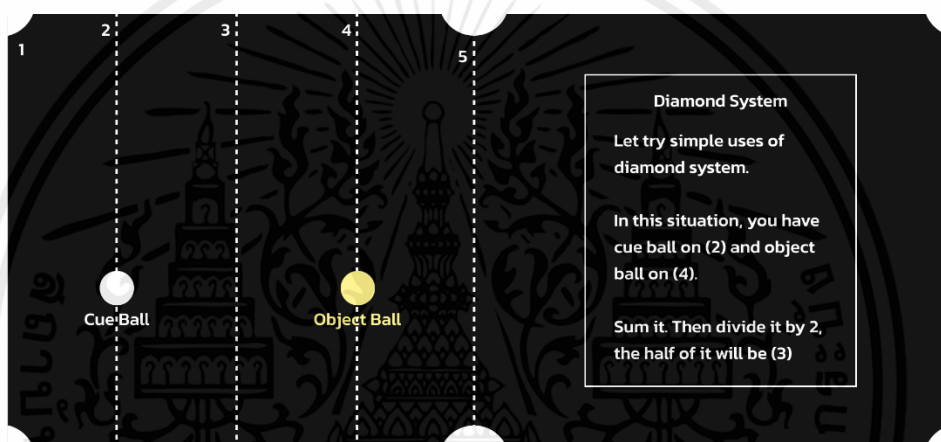


รูปที่ 90 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 4

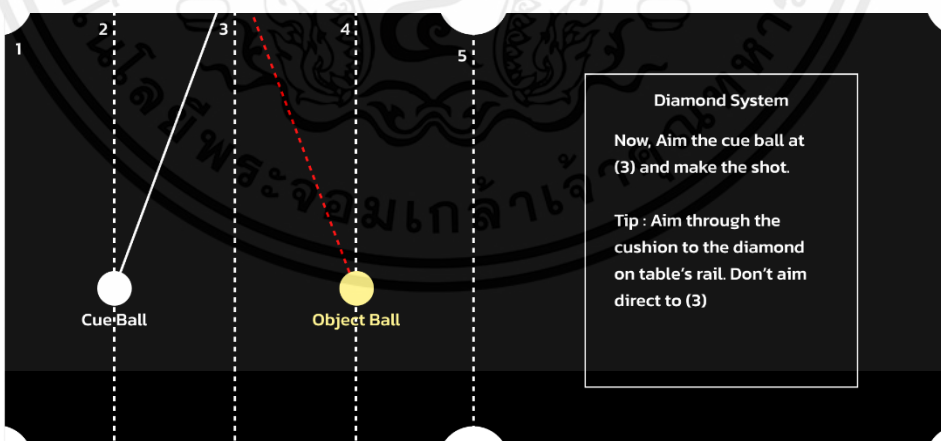
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 91 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 5

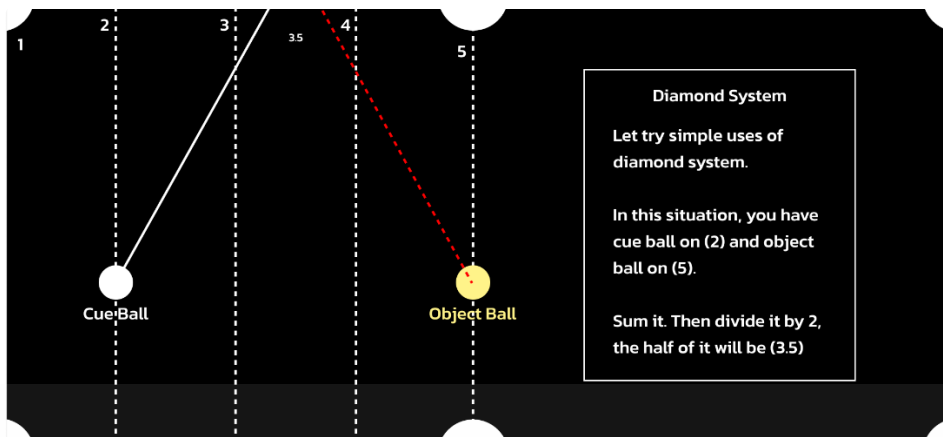


รูปที่ 92 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 6

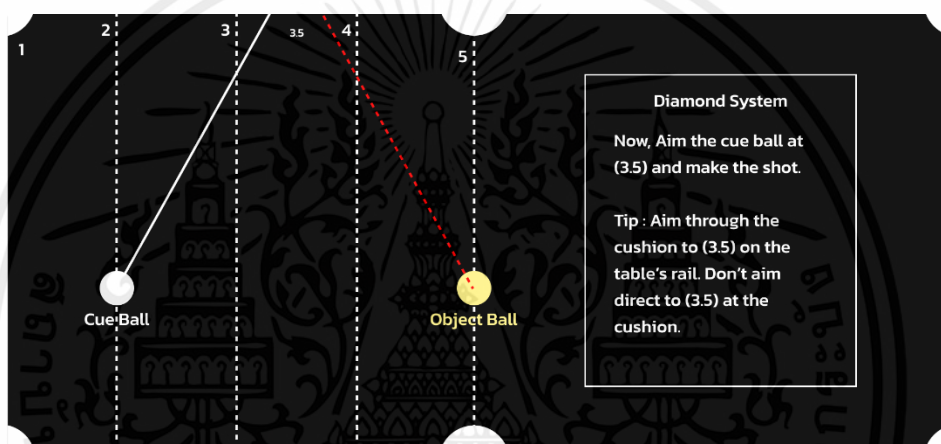


รูปที่ 93 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

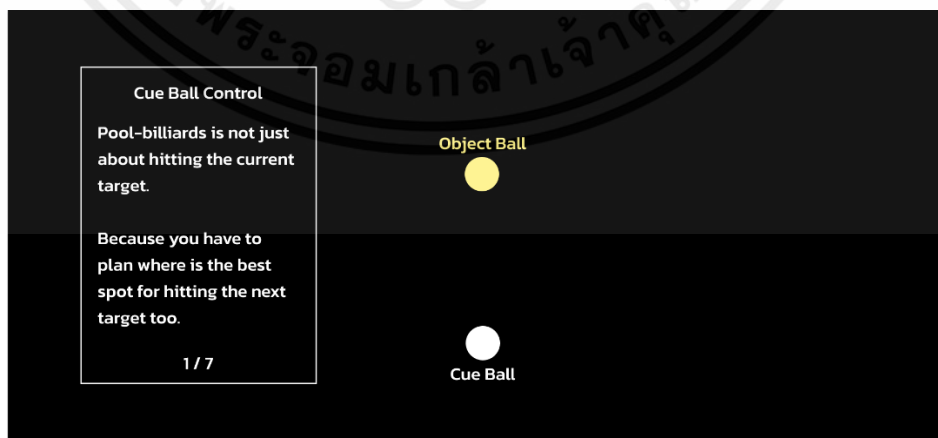


รูปที่ 94 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 8



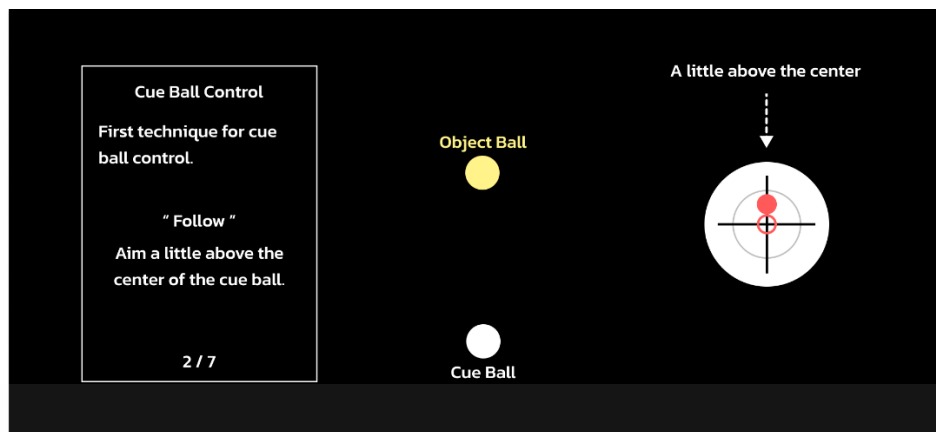
รูปที่ 95 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 4 ใน Stage ที่ 9

5.5) ด้านที่ 5 Ball Control ใน Mode : Medium

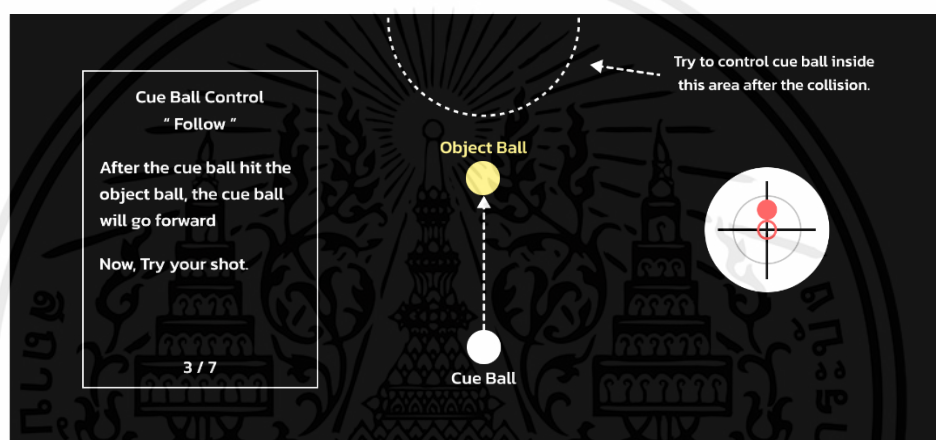


รูปที่ 96 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 1

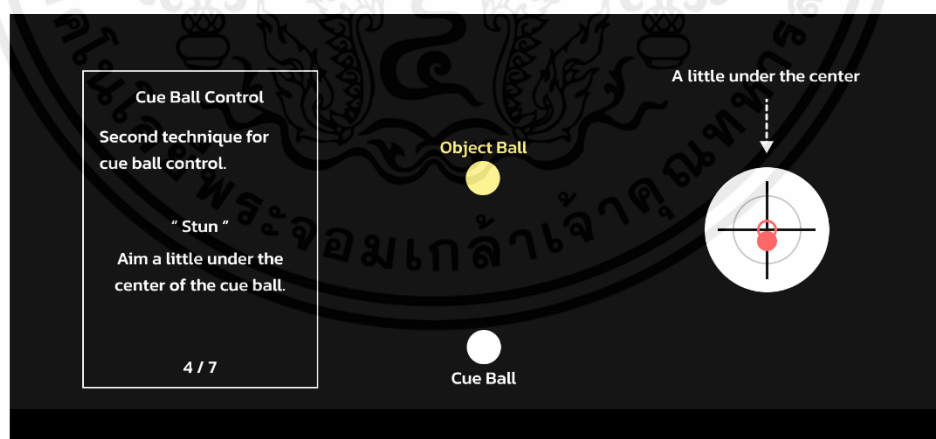
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 97 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 2

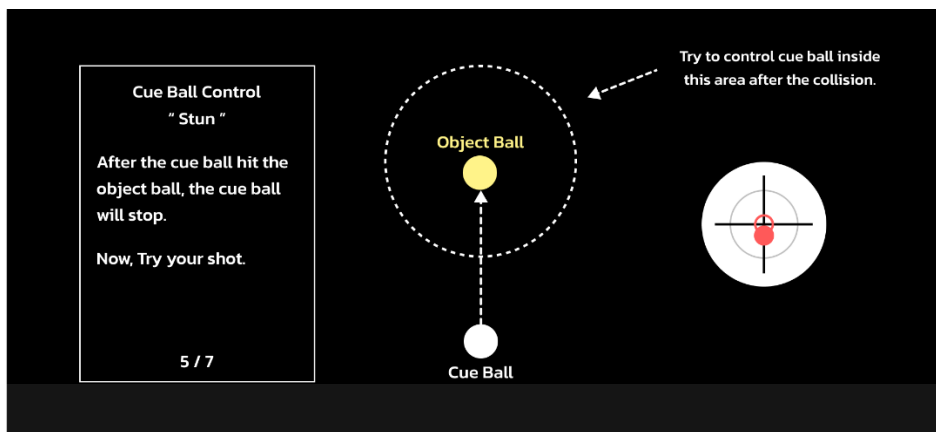


รูปที่ 98 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 3

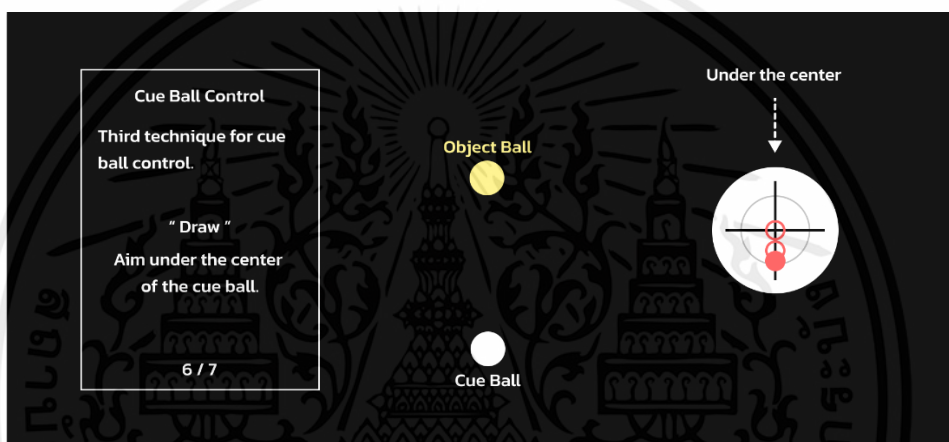


รูปที่ 99 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 4

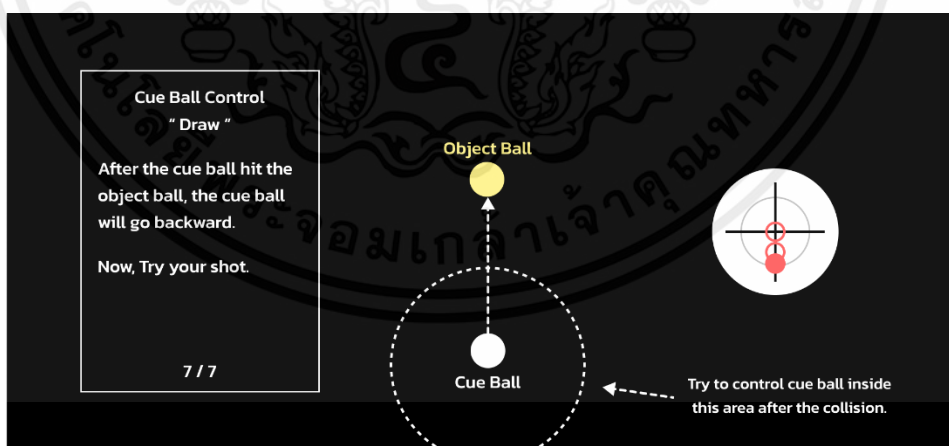
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 100 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 5



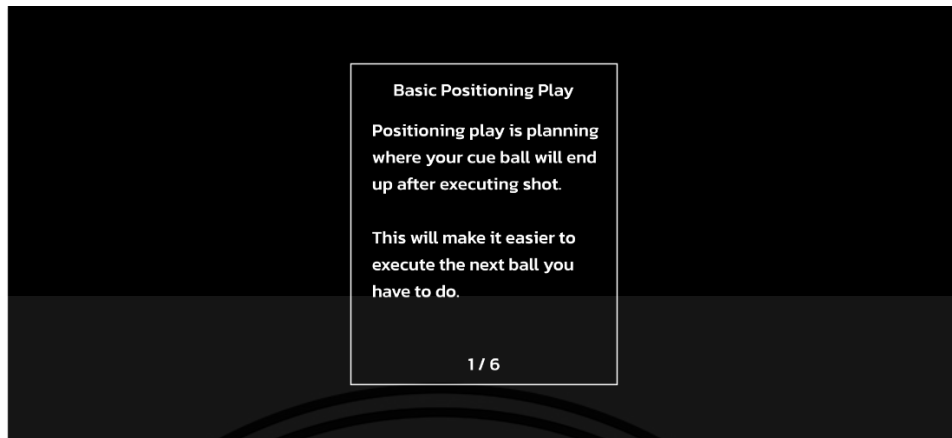
รูปที่ 101 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 6



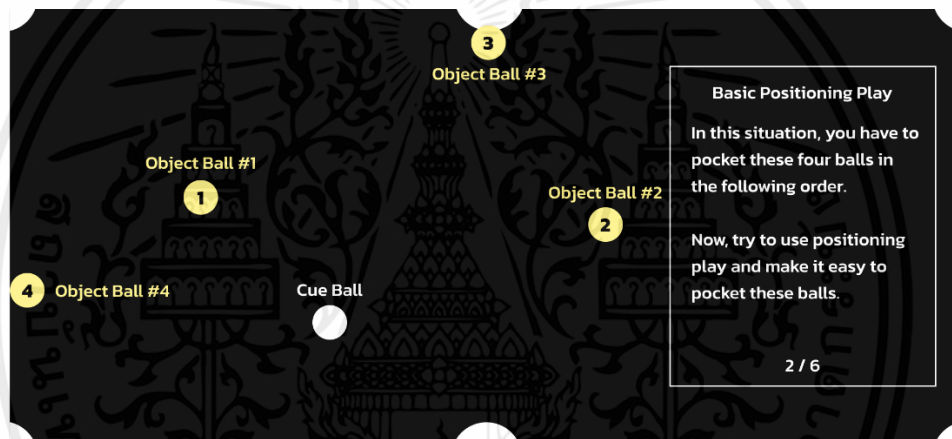
รูปที่ 102 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 5 ใน Stage ที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

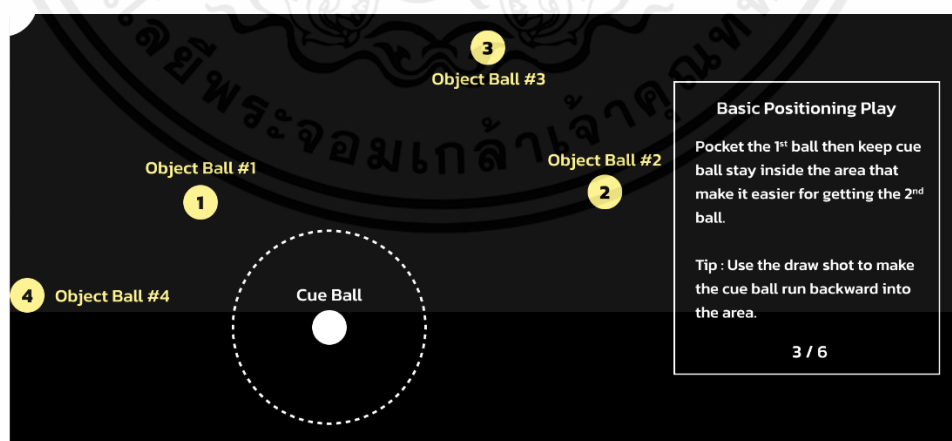
5.6) ด้านที่ 6 Stage Basic Positioning ในโหมด Medium



รูปที่ 103 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 1

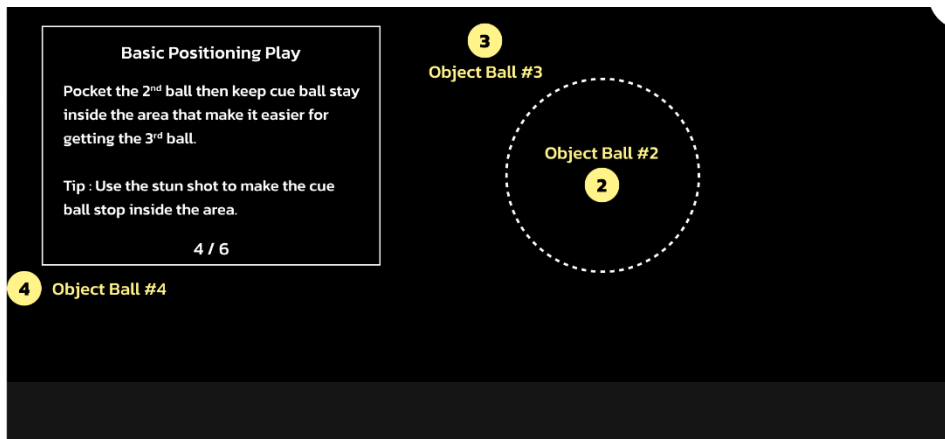


รูปที่ 104 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 2

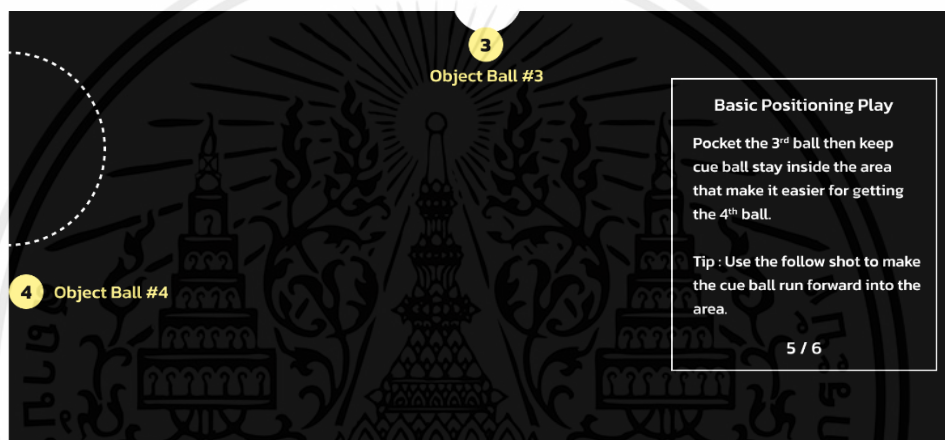


รูปที่ 105 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 3

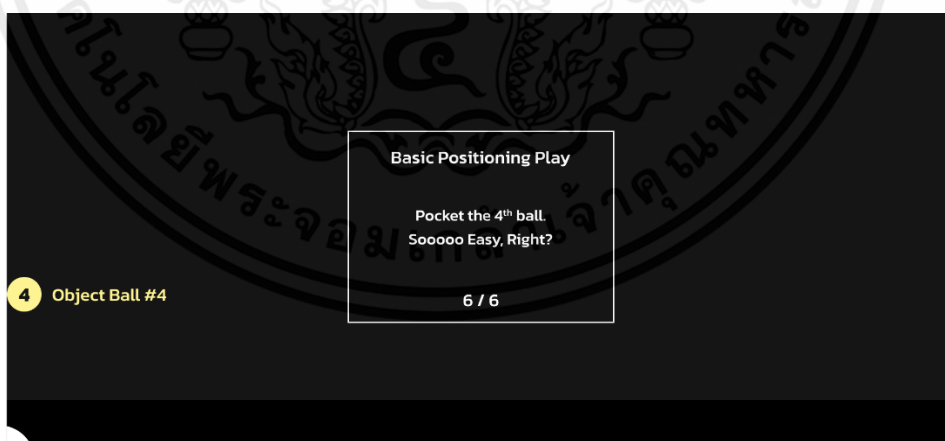
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 106 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 4



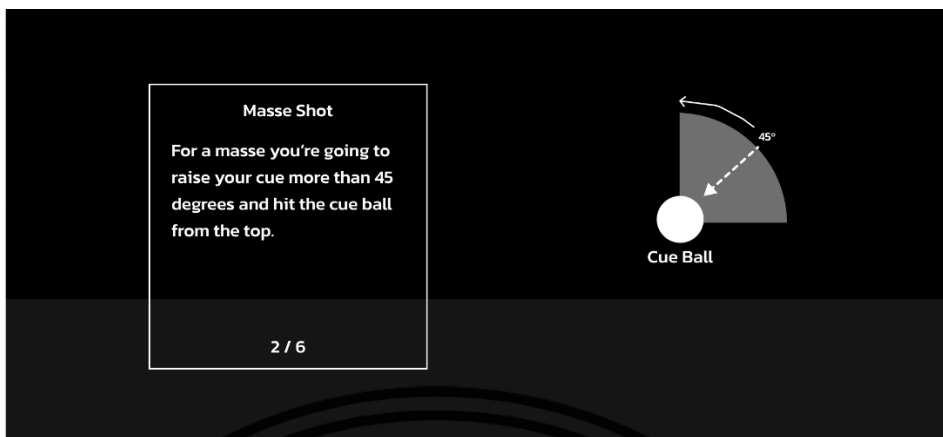
รูปที่ 107 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 5



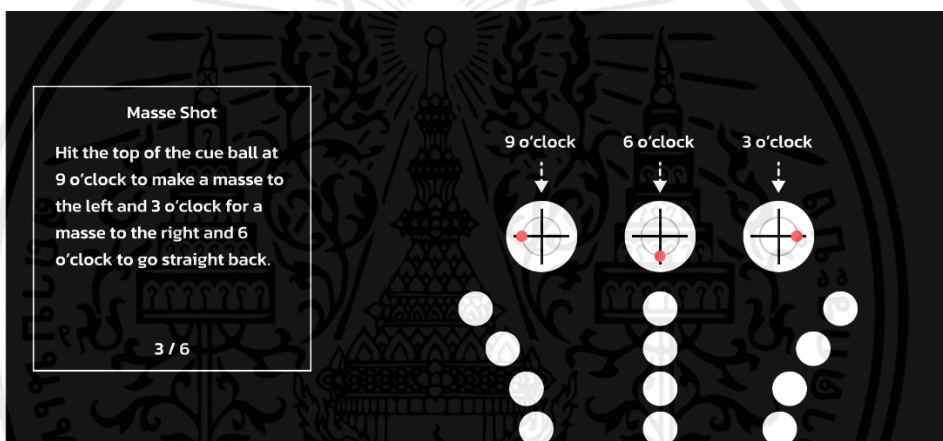
รูปที่ 108 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 6 ใน Stage ที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

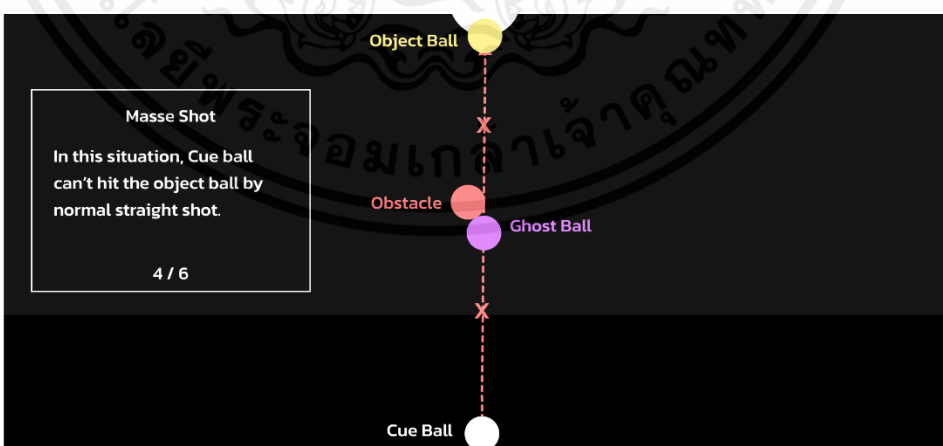
5.7 ด้านที่ 7 Masse โหมด Hard



รูปที่ 109 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 1

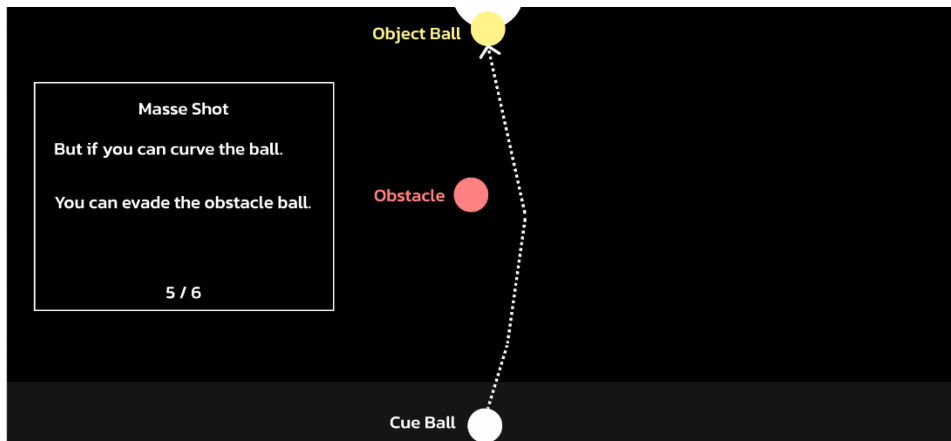


รูปที่ 110 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 2

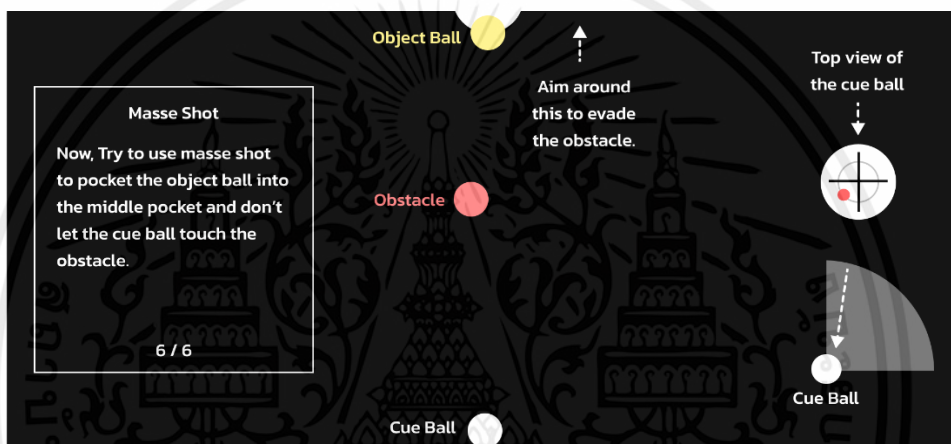


รูปที่ 111 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

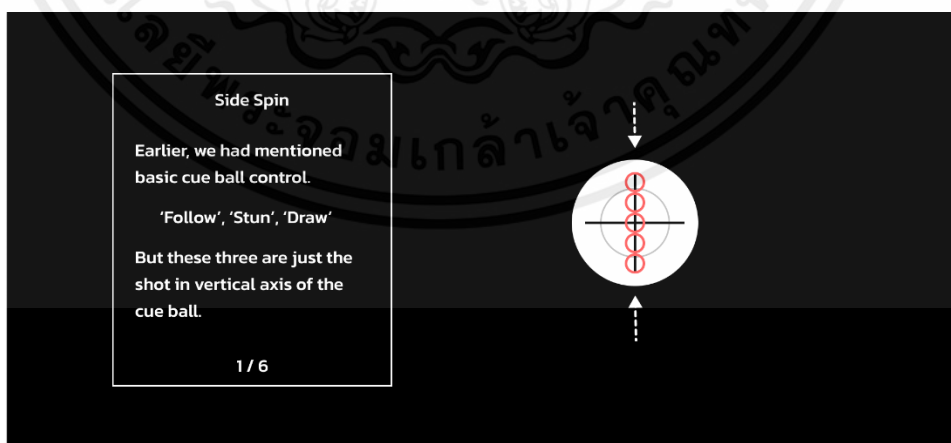


รูปที่ 112 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 4



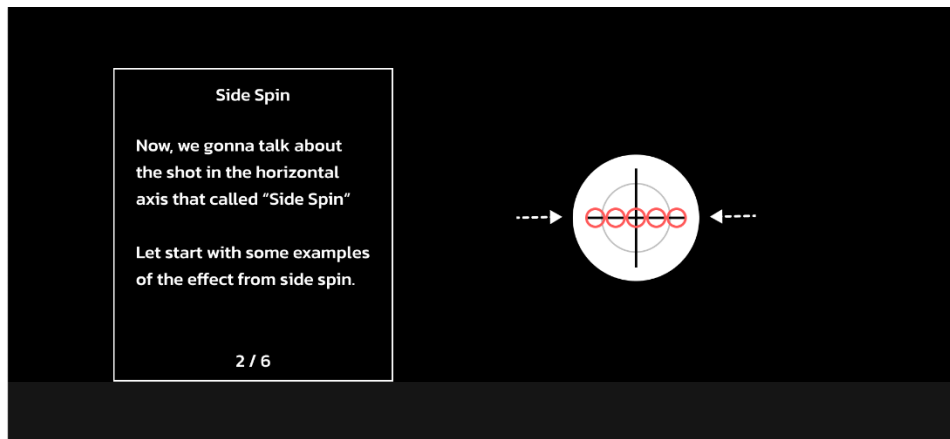
รูปที่ 113 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 7 ใน Stage ที่ 5

5.8 ด้านที่ 8 Side Spin ในโหมด Hard

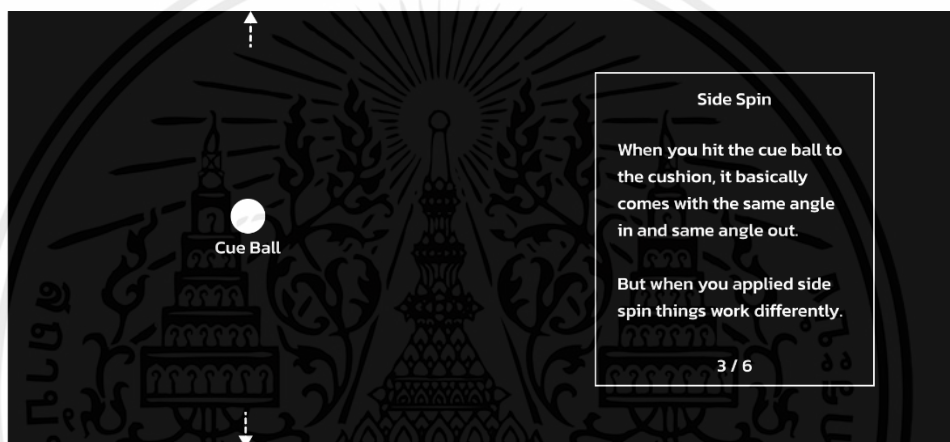


รูปที่ 114 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 1

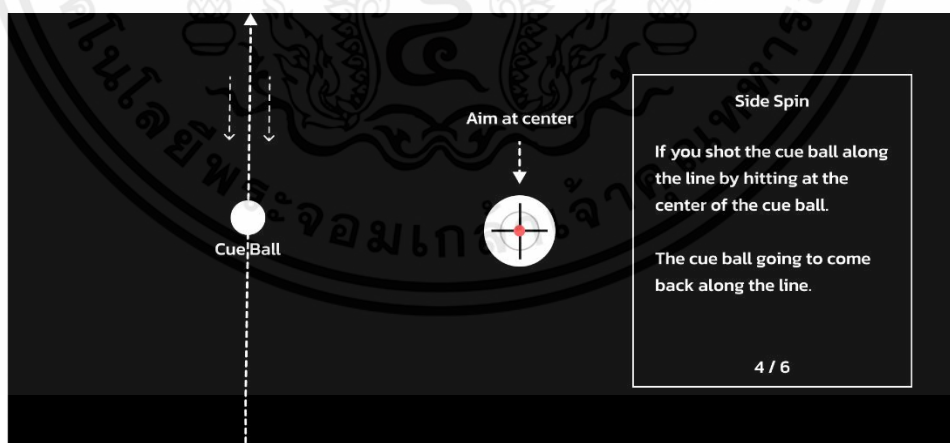
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 115 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 2

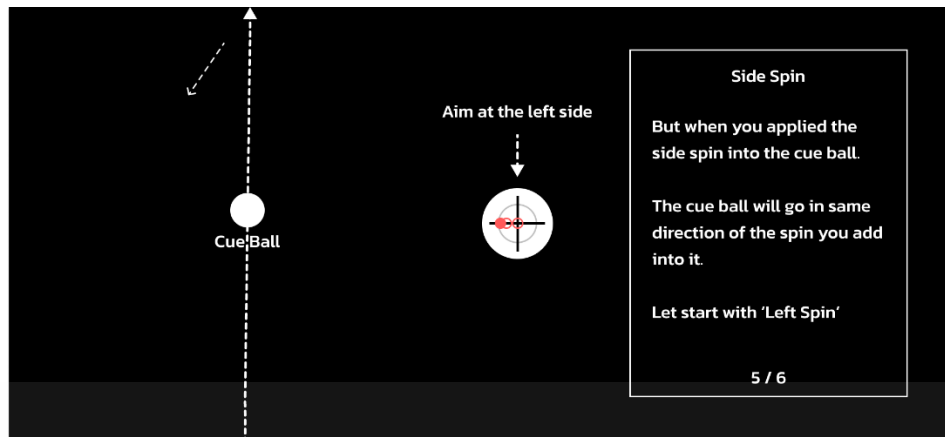


รูปที่ 116 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 3

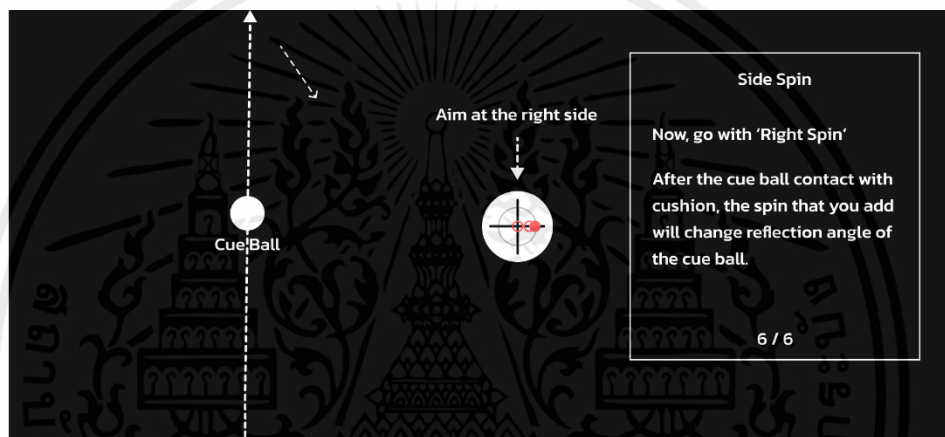


รูปที่ 117 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

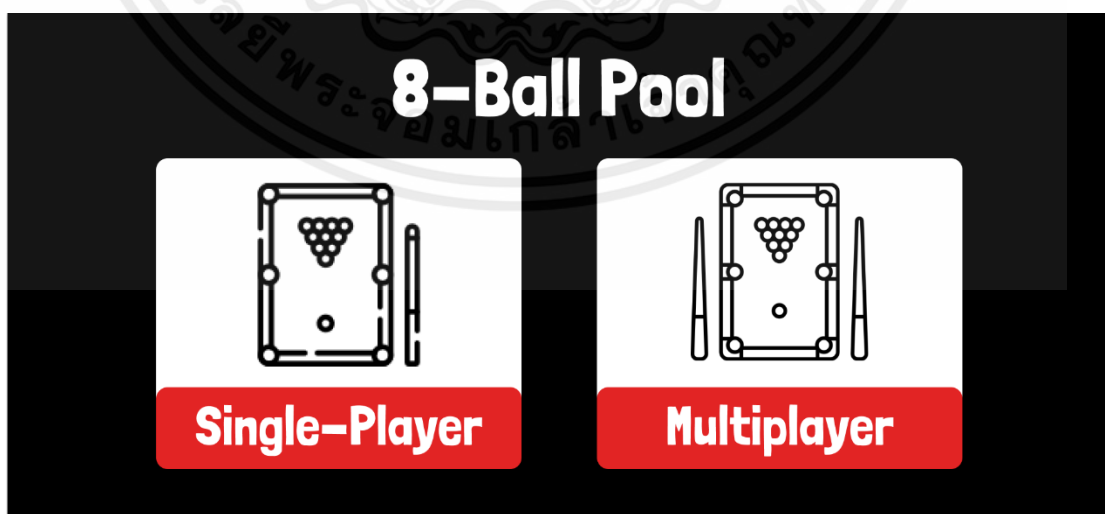


รูปที่ 118 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 5



รูปที่ 119 ตัวอย่างแบบฝึกหัดที่ 8 ใน Stage ที่ 6

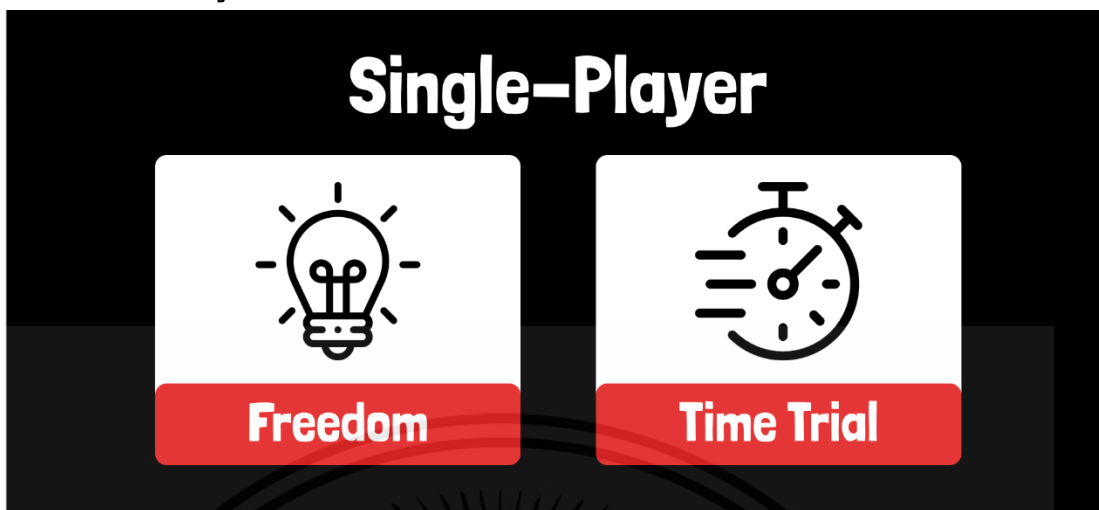
6) หน้าโหมด 8-Pool หรือโหมด Gameplay



รูปที่ 120 หน้าเลือกโหมด 8-Pool

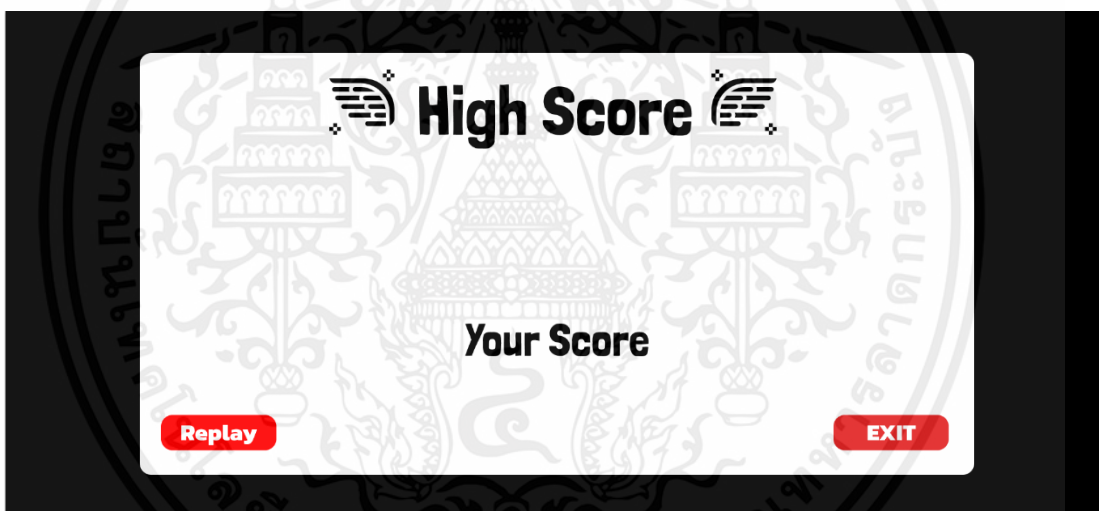
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) หน้าเลือกรูปแบบการเล่น ของ Single-Player



รูปที่ 121 หน้าเลือกโหมดเกม Single player

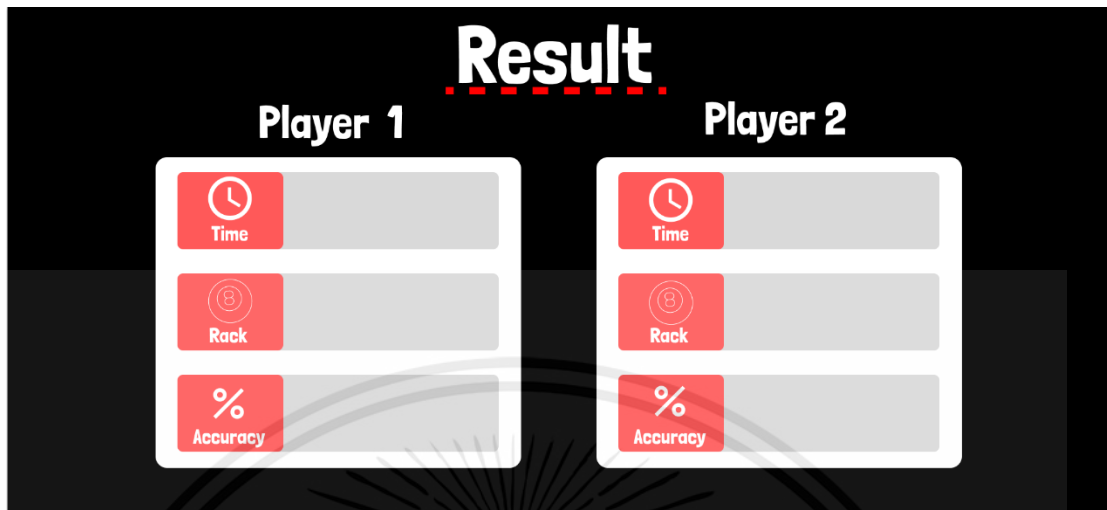
8) หน้า แสดงผล Score ของการเล่นแบบ Time Trial



รูปที่ 122 หน้าแสดงผลคะแนนเมื่อเวลาหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) หน้า Result การฝึกซ้อม



รูปที่ 123 หน้าแสดง Result การฝึกซ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้