การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง โดยเทคนิคการทำนายข้อมูล

VIRTUAL REALITY INTERACTION BEHAVIOR ANALYSIS BY USING INFORMATION PREDICTION TECHNIQUE

มณฑล อินทรประสิทธิ์
MONTHON INTRARAPRASIT

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2561

KMITL-2018-EN-M-070-053

การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง โดยเทคนิคการทำนายข้อมูล

VIRTUAL REALITY INTERACTION BEHAVIOR ANALYSIS BY USING INFORMATION PREDICTION TECHNIQUE

มณฑล อินทรประสิทธิ์

MONTHON INTRARAPRASIT

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

KMITL-2018-EN-M-070-053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VIRTUAL REALITY INTERACTION BEHAVIOR ANALYSIS BY USING INFORMATION PREDICTION TECHNIQUE

MONTHON INTRARAPRASIT

A THESIS SUBMITTED IN FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2018

KMITL-2018-EN-M-070-053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2018

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงโดยเทคนิคการทำนายข้อมูล
Thesis Title Virtual Reality Interaction Behavior Analysis by using Information Prediction Technique
นักศึกษา นายมณฑล อินทรประสิทธิ์
รหัสประจำตัว 60601117
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ชมพูนุท จินจาคาม
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2018-EN-M-070-053

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.จักรี	ศรีนนท์ฉัตร	
ผศ.ดร.สมศักดิ์	วลัยรัชต์	
ผศ.ดร.สุรินทร์	กิตติธรกุล	
รศ.ดร.อรฉัตร	จิตต์โสภักตร์	
ดร.ชมพูนุท	จินจาคาม	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 เวลา 11.00-13.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้อง HM-402 อาคารเฉลิมพระเกียรติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงโดยเทคนิคการทำนายข้อมูล
นักศึกษา	นายมณฑล อินทรประสิทธิ์
รหัสนักศึกษา	60601117
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.ชมพูนุท จินจาคาม

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์พฤติกรรมของการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีการทำนายข้อมูลจากเทคนิคการเรียนรู้เครื่องจักร ซึ่งรูปแบบของแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์เป็นแอปพลิเคชันที่ถูกออกแบบมาสำหรับการฝึกทักษะของสมองในด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ โดยมีรูปแบบของกิจกรรมเกี่ยวกับการหยิบสิ่งของและการวางสิ่งของ ระหว่างการใช้แอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง ข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานจะถูกเก็บโดยแอปพลิเคชัน ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยการทำนายผ่านเทคนิคการเรียนรู้เครื่องจักรแบบต่าง ๆ ได้แก่ การทำนายโดยวิธีค่าเฉลี่ย การทำนายโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้น และการทำนายโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ การทำนายโดยวิธีค่าเฉลี่ยจะเป็นจุดอ้างอิงที่ช่วยบอกว่าพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงมีผลหรือไม่กับทักษะของสมอง ส่วนการวิเคราะห์การถดถอยจะช่วยให้เข้าใจความสัมพันธ์ของคุณลักษณะที่เป็นข้อมูลจากพฤติกรรมการใช้งานกับแบบประเมินผลทักษะสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ที่ได้ออกมาจากการใช้งานแอปพลิเคชันว่าพฤติกรรมการใช้งานแบบใดให้ผลของแบบประเมินออกมาอย่างไร ซึ่งผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบผลจากการทำนายโดยค่าเฉลี่ย การทำนายโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้น และการทำนายโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ พบว่าพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันและภูมิหลังของผู้เข้าร่วมมีผลกับความสามารถของสมองในด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ซึ่งการวิเคราะห์พฤติกรรมของการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงสามารถนำไปใช้ในการออกแบบการใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับฝึกสมองให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Virtual Reality Interaction Behavior Analysis by using Information Prediction Technique
Student	Mr. Monthon Intraraprasit
Student ID.	60601117
Degree	Master of Engineering
Program	Computer Engineering
Year	2018
Thesis Advisor	Dr. Chompoonuch Jinjakam

ABSTRACT

This thesis proposes the interaction behavior analysis of virtual reality application that is analyzed by machine learning. The machine learning is a technique that analyze data used for data prediction or classification. The virtual reality application that is used in this research is implemented for brain training in visual short-term memory and visuospatial skill fields. The activities in virtual reality application are pick and place item activity. During using virtual reality application, interaction behavior information is kept by application. This information will be analyzed by value prediction via machine learning technique as follows: average prediction, linear regression prediction, and support vector regression (linear kernel) prediction. The average prediction is used as a reference point, in order to decide which interaction behavior from using application has or has not effect with brain abilities. In the part of regression, it helps to explain correlation between features (interaction behavior information) and 2 assessments (visual short-term memory and visuospatial skill assessments). The regression predicts how the assessments score affected by each interaction behavior. The result from comparing average prediction and regression prediction (linear regression and support vector regression) showed interaction behavior from using application and background of participant has effect with visuospatial skill. The interaction behavior analysis of virtual reality application can help to design application for better brain training efficiently.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือและความกรุณาจากหลายฝ่าย ซึ่งหากปราศจากบุคคลเหล่านี้แล้ววิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จลุล่วงได้

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ชมพูนุท จินจาคาม ที่ให้คำปรึกษาทั้งด้านวิชาการและด้านการใช้ชีวิต อีกทั้งสนับสนุนอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ให้กำลังใจเมื่อต้องเผชิญหน้ากับปัญหาที่ยากต่อการแก้ไข ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณบุคลากรทางการแพทย์จากโรงพยาบาลรามาธิบดีแผนกจิตเวช ได้แก่ พญ. ดาว ชมพู นาคะวิโร จิตแพทย์ น.ส. จารุณี วิทยาจักษ์ นักจิตวิทยา และน.ส. พลินท์ชฎา พัชราพิสิฐกุล นักกิจกรรมบำบัด ที่ให้คำปรึกษาด้านวิชาการเกี่ยวกับกิจกรรมฝึกสมอง

ขอขอบคุณอาจารย์จากคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ดร.วรรณนิภัทศ บัวเทศ ที่ให้คำปรึกษา จัดหาสถานที่และกำกับดูแลการเก็บผลการวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณบุคลากรทางการแพทย์จากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลวัดศรีวารีน้อย ที่ช่วยในการติดต่อผู้เข้าร่วมงานวิจัย รวมทั้งผู้เข้าร่วมในงานวิจัยทุกท่าน

ขอขอบคุณอาจารย์และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ให้คำแนะนำ ความรู้สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรศ.ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักตร์

ขอขอบคุณผู้สนับสนุนทุนการศึกษาตลอดระยะเวลาของการศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บริษัท เบญจจินดา โฮลดิ้ง จำกัด

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบทุกๆ ท่าน ที่ให้คำชี้แนะในการแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย

ขอบคุณ รุ่นพี่ เพื่อน และรุ่นน้องในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำ อีกทั้งกำลังใจในการทำงานวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง “พี่ตี๊ฟ” คุณวิษุวัต ซันเฮม และ “หลิน” คุณภิญญรัตน์ ชื่นประเสริฐสุข รวมถึงทุก ๆ ท่านที่ข้าพเจ้ามิได้เอ่ยนาม

ท้ายที่สุดขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่เลี้ยงดู อบรม สั่งสอน สนับสนุนโอกาสทางการศึกษา อีกทั้งให้กำลังใจเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันใดที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้แด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน

มณฑล อินทรประสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย 3

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.6 ขั้นตอนการศึกษา 4

1.7 ข้อจำกัดของการศึกษา 4

1.8 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย 4

1.9 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ 5

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 เทคโนโลยีโลกเสมือนจริงสำหรับฝึกทักษะของสมอง 7

2.2 การทำนายราคาขายส่งของอาหาร 10

บทที่ 3 ความรู้พื้นฐานในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 12

3.1 แอปพลิเคชันสำหรับการฝึกสมอง(Virtual reality cognitive training application) 12

3.2 การทำนายข้อมูลโดยค่าเฉลี่ย 12

3.3 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 13

3.4 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ในแกนเชิงเส้น 14

3.5 การแบ่งข้อมูลสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองแบบ Leave-one-out cross-validation 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 รากที่สองค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Root Mean Squared Error: RMSE)..... 17
3.7 การวัดความน่าเชื่อถือของแบบประเมินความพึงพอใจ 17

บทที่ 4 งานวิจัยที่นำเสนอ 19
4.1 ภาพรวมของงานวิจัยที่นำเสนอ 19
4.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันกับทักษะของสมอง 33
4.2.1 การทำนายผลโดยค่าเฉลี่ย 35
4.2.2 การทำนายข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 35
4.2.3 การทำนายข้อมูลด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ 36

บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล 38
5.1 การเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 38
5.2 ผลการทดลองจากเทคนิคการทำนายทั้ง 3 เทคนิค 40
5.2.1 การทำนายผลโดยค่าเฉลี่ย 40
5.2.2 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 43
5.2.3 การทำนายด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ 48
5.3 แบบประเมินผลทางด้านความพึงพอใจ 63

บทที่ 6 สรุปผลและแนวทางในการพัฒนา 65
6.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 65
6.1.1 การสรุปผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานกับทักษะของสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ 65
6.1.2 การสรุปผลความพึงพอใจ 66
6.2 แนวทางในการพัฒนา 66

เอกสารอ้างอิง 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 70

ภาคผนวก ก. ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ 71

ภาคผนวก ข. ข้อมูลการปรับพารามิเตอร์ C ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นสนับสนุนเวกเตอร์ . 84

ภาคผนวก ค. ข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมที่ในแต่ละคุณลักษณะ 90

ภาคผนวก ง. แบบประเมินผลความพึงพอใจจากกิจกรรมแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง 95

ประวัติผู้เขียน 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 จำนวนสิ่งของในแต่ละระดับความยากของกิจกรรมในแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง 25

4.2 สิ่งของในแต่ละห้อง 26

4.3 จำนวนสิ่งของที่สุ่มออกมากับจำนวนสิ่งของทั้งหมดสิ่งของในแต่ละห้อง 26

4.4 คุณลักษณะทั้ง 12 คุณลักษณะ 33

5.1 คุณลักษณะของกลุ่มผู้เข้าร่วม 38

5.2 ข้อมูลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะ 39

5.3 การทำนายค่าเฉลี่ยของแบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้น 40

5.4 การทำนายค่าเฉลี่ยของแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ 42

5.5 การทำนายด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นของแบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้น 44

5.6 การทำนายด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นของแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ 46

5.7 การทำนายด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ของแบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้น 48

5.8 การทำนายด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ของแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ 50

5.9 ค่าสัมบูรณ์ของน้ำหนักของแต่ละคุณลักษณะในแบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้น 54

5.10 คุณลักษณะในแต่ละอันดับของแบบจำลองความจำภาพระยะสั้น 55

5.11 ค่าสัมบูรณ์ของน้ำหนักของแต่ละคุณลักษณะในแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ 57

5.12 คุณลักษณะในแต่ละอันดับของแบบจำลองการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ซุปเปอร์มาร์เก็ตเสมือนจริง 7
2.2 ตัวอย่างกิจกรรมของแบบทดสอบ Multiple Errands Test ฉบับแก้ไข 8
2.3 ตัวอย่างการเก็บคะแนนของแบบทดสอบ Multiple Errands Test ฉบับแก้ไข 8
2.4 ตัวอย่างแบบทดสอบ MoCA ในภาษาไทย 9
3.1 linear regression 14
3.2 การตั้งค่าความสูญเสีย soft margin สำหรับการสนับสนุนของเวกเตอร์ในแกนเชิงเส้น 16
3.3 Leave-one-out cross-validation 16
4.1 อุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ Oculus Rift 20
4.2 อุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch 20
4.3 อุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor 21
4.4 พื้นที่ทำการของอุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor 22
4.5 การติดตั้งอุปกรณ์ 22
4.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง 23
4.7 ขั้นตอนการทำกิจกรรมของผู้เข้าร่วมในแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง 24
4.8 หน้าแรกของแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง 25
4.9 หน้าเลือกสิ่งของ 27
4.10 ห้องนั่งเล่น 28
4.11 แผนผังของห้องในแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง 28
4.12 หน้าแสดงสิ่งของ 29
4.13 การหยิบและวางสิ่งของ 29
4.14 การยืนยันการวางสิ่งของ 30
4.15 แบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น 30
4.16 แบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ 31
4.17 ผังการทำแบบประเมินผลที่ 2 ของผู้เข้าร่วม 32
4.18 ข้อมูลพฤติกรรมการใช้งาน 33
4.19 pseudo code ของการสกัดคุณลักษณะ 34
4.20 pseudo code ของการทำนายค่าเฉลี่ย 35
4.21 pseudo code ของการทำนายข้อมูลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.22 pseudo code ของการทำนายข้อมูลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ 37

5.1 การทำนายผลโดยค่าเฉลี่ย ด้านความจำภาพระยะสั้น 41

5.2 การทำนายผลโดยค่าเฉลี่ย ด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ 43

5.3 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น ด้านความจำภาพระยะสั้น 45

5.4 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น ด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ 47

5.5 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ ด้านความจำภาพระยะสั้น 49

5.6 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ 51

5.7 คะแนนแบบประเมินด้านความจำภาพระยะสั้นของผู้เข้าร่วมแต่ละคนกับเทคนิคทำนายข้อมูลทั้ง 3 เทคนิค 52

5.8 คะแนนแบบประเมินด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ของผู้เข้าร่วมแต่ละคนกับเทคนิคทำนายข้อมูลทั้ง 3 เทคนิค 53

5.9 กราฟค่าสัมบูรณ์ของน้ำหนักของแต่ละคุณลักษณะในแบบจำลองความจำภาพระยะสั้น 55

5.10 กราฟค่าสัมบูรณ์ของน้ำหนักของแต่ละคุณลักษณะในแบบจำลองการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ 58

5.11 ชุดข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มคนที่ผลการทำนายมีความผิดพลาดสูงด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 61

5.12 ชุดข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มคนที่ผลการทำนายมีความผิดพลาดต่ำด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 61

5.13 ชุดข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มคนที่ผลการทำนายมีความผิดพลาดสูงด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ 62

5.14 ชุดข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มคนที่ผลการทำนายมีความผิดพลาดต่ำด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ 62

5.15 ความพึงพอใจในแต่ละด้านจากผู้เข้าร่วม 63

5.16 คะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจในแต่ละด้าน 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประชากรเริ่มเข้าสู่วัยสูงอายุมากขึ้น ซึ่งการเข้าสู่วัยสูงอายุส่งผลให้ทักษะต่างๆ ของร่างกายเสื่อมถอยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะที่เกี่ยวข้องกับสมอง ผู้สูงอายุวัยเกษียณส่วนใหญ่พักผ่อนอยู่บ้าน ขาดการใช้งานทักษะของสมอง ส่งผลให้ทักษะของสมองยิ่งลดลง ดังนั้น เพื่อชะลอการเสื่อมของสมอง รวมถึงปรับปรุงประสิทธิภาพของสมอง ทางการแพทย์ได้มีการใช้กิจกรรมการออกกำลังกายสมองหรือที่เรียกว่าการฝึกสมอง เข้ามาช่วยในการเตรียมความพร้อม ป้องกัน และปรับปรุงประสิทธิภาพเมื่อต้องเผชิญหน้ากับปัญหาข้างต้น ซึ่งมีการนำเทคโนโลยีในยุคปัจจุบันอย่างคอมพิวเตอร์มาพัฒนาแอปพลิเคชันทั้งในโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ เพื่อเข้ามาช่วยในการฝึกสมอง โดยวัดผลพัฒนาการทางด้านสมองจากแบบประเมินผลจากแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นตามทักษะที่ต้องการวัด ซึ่งปรับรูปแบบของแบบประเมินผลมาจากแบบทดสอบทางการแพทย์ ซึ่งสามารถเห็นผลของการเปลี่ยนแปลงหลังจากฝึกผ่านไปในหลายสัปดาห์ แต่ยังขาดการวิเคราะห์ในเชิงพฤติกรรมของการใช้งานแอปพลิเคชันที่อาจมีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกับทักษะของสมองที่ผู้สูงอายุแสดงออกมาผ่านการทำกิจกรรม

การวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันสำหรับการฝึกสมองในกลุ่มผู้สูงอายุนอกจากจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของผู้สูงอายุที่อาจมีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกับทักษะของสมองแล้วยังเป็นตัวช่วยในวางแผนรูปแบบการฝึกสมองให้กับกลุ่มผู้สูงอายุในการใช้แอปพลิเคชันสำหรับฝึกสมองให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

ดังนั้นเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้สูงอายุกับทักษะของสมอง ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงสำหรับการฝึกสมองในด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ การใช้แอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงจะช่วยเพิ่มความเสมือนจริงของสภาพแวดล้อมให้ใกล้เคียงกับโลกความเป็นจริง ทำให้ผู้เข้าร่วมรู้สึกว่ากิจกรรมในแอปพลิเคชันคือกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ซึ่งแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมได้ถูกออกแบบรูปแบบของกิจกรรมในชีวิตประจำวัน คือ กิจกรรมการหยิบของและวางสิ่งของ ระหว่างการใช้งานแอปพลิเคชันจะมีการเก็บข้อมูลการใช้งานต่าง ๆ ไว้ในระบบ ซึ่งเป็นพฤติกรรมการโต้ตอบของผู้สูงอายุ หลังจากนั้นข้อมูลพฤติกรรมการโต้ตอบและภูมิหลังของผู้สูงอายุจะถูกนำไปวิเคราะห์ต่อด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) ซึ่งเป็นตัวช่วยในการทำนายข้อมูล โดยการใช้วิธีการทำนายค่าเฉลี่ย การวิเคราะห์เชิงถดถอยเชิงเส้น และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ ช่วยให้ทราบถึงพฤติกรรมการโต้ตอบของผู้สูงอายุจากการใช้แอปพลิเคชันโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสมือนจริงและภูมิหลังของผู้สูงอายุที่ส่งผลต่อทักษะด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1 เพื่อค้นหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชัน, ภูมิหลังของผู้สูงอายุกับผลลัพธ์จากแบบประเมินทักษะสมองของแอปพลิเคชัน

2 เพื่อทดสอบความเหมาะสมของอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องต่อการหาความสัมพันธ์ดังกล่าว

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผลของประสิทธิภาพของสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ การวิเคราะห์จะใช้แบบทดสอบเป็นแบบประเมินในแอปพลิเคชัน ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจะวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลภูมิหลังของผู้สูงอายุ และใช้สถิติสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ในการวิเคราะห์ แต่ในการใช้แอปพลิเคชันจะมีพฤติกรรมของผู้สูงอายุมาเกี่ยวข้องด้วยในขณะทำการฝึกหรือทดสอบ ทำให้พฤติกรรมการใช้งานข้างต้นมีแนวโน้มสูงที่จะมีผลต่อทักษะของสมองและเชื่อมโยงกัน เนื่องจากผู้สูงอายุแต่ละคนมีภูมิหลังที่แตกต่างกัน การใช้ชีวิตของแต่ละคนย่อมแตกต่างกัน ซึ่งมีผลทำให้พฤติกรรมการใช้งานที่แตกต่างกัน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง โดยใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องจักรแบบมีผู้สอน ซึ่งเป็นการสอนเครื่องจักรว่าข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่เข้ามาในแต่ละลักษณะ จะได้ผลลัพธ์ออกมาแบบใด เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการใช้งานที่ส่งผลและเชื่อมโยงกับทักษะของสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ สำหรับการวิเคราะห์เบื้องต้นจำเป็นต้องสร้างจุดอ้างอิง ซึ่งจุดดังกล่าวจะเป็นตัวช่วยบ่งบอกว่าพฤติกรรมจะมีผลกับทักษะของสมองในด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์หรือไม่ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ในการทำนายคำตอบ หลังจากนั้นจะมีการแปลงข้อมูลพฤติกรรมออกมาในเชิงของคุณลักษณะและนำข้อมูลคุณลักษณะมาใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นร่วมกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ และเปรียบเทียบกันโดยใช้หลักการรากที่สองค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง ซึ่งในกรณีที่การวิเคราะห์เชิงเส้นหรือการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์มีค่ารากที่สองค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองที่ต่ำกว่า แสดงว่าพฤติกรรมที่นำมาทำเป็นคุณลักษณะของข้อมูลที่ใช้สอนเครื่องจักรนั้นมีผลกับทักษะของสมองในด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ซึ่งการวิเคราะห์พฤติกรรมข้างต้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในลักษณะการวางรูปแบบของการฝึกทักษะสมองให้เกิดประสิทธิภาพ รวมถึงวิเคราะห์พฤติกรรมที่อาจเปลี่ยนแปลงในการฝึกทักษะของสมองในระยะยาวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย

วิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมผ่านแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงสำหรับฝึกทักษะสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ใช้หลักการและทฤษฎีต่อไปนี้

1 การออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับการเก็บพฤติกรรมของผู้เข้าร่วม โดยลักษณะของแอปพลิเคชันเป็นรูปแบบการฝึกทักษะสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

2 การทำนายผลโดยค่าเฉลี่ย (average) ถูกนำมาใช้เป็นจุดอ้างอิงสำหรับการเปรียบว่าพฤติกรรมมีผลกับทักษะของสมองด้านความจำภาพระยะสั้นหรือการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์หรือไม่

3 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์คุณลักษณะที่มาจากพฤติกรรมและภูมิหลังของผู้เข้าร่วม

4 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ (Support Vector Regression: linear kernel) ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์คุณลักษณะที่มาจากพฤติกรรมและภูมิหลังของเข้าร่วม

5 การแบ่งข้อมูลสำหรับทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองแบบ Leave-one-out cross-validation โดยใช้รากที่สองค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Root Mean Square Error) ในการการเปรียบเทียบอัลกอริทึม

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษา ค้นคว้า และวิจัยพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันที่ส่งผลต่อทักษะของสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ซึ่งมีขอบเขตของการวิจัยดังต่อไปนี้

1 แอปพลิเคชันที่ใช้ในการเก็บพฤติกรรมเป็นแอปพลิเคชันใช้สำหรับฝึกความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

2 การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้การทำนายผลค่าเฉลี่ย การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ วัดประสิทธิภาพโดยรากที่สองค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงสำหรับฝึกสมองกับผลการประเมินความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

1 วางแผนการศึกษางานวิจัยในหัวข้อนี้ กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตสำหรับการทำงานวิจัย

2 ศึกษาแอปพลิเคชันสำหรับการฝึกทักษะสมองและปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรูปแบบของแอปพลิเคชัน

3 ตั้งสมมติฐานจากการศึกษางานวิจัยจากข้อแนะนำของผู้เชี่ยวชาญด้านการฝึกสมอง เพื่อกำหนดแนวทางสำหรับการวิจัย

4 พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการฝึกทักษะสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลของผู้เข้าร่วม

5 ติดต่อผู้เชี่ยวชาญสำหรับการประชาสัมพันธ์ผู้เข้าร่วมงานวิจัยและขอสถานที่สำหรับการเก็บผลการวิจัย

6 นำผลจากใช้งานแอปพลิเคชันของผู้เข้าร่วมไปวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เข้าร่วม เพื่อดูว่าพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันมีผลกับทักษะสมองหรือไม่อย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ไปใช้ต่อในอนาคตสำหรับบุคคลอื่น

7 ทำสรุปผลการทดลองในการเปรียบเทียบผลในด้านความผิดพลาดของการทำนายจากอัลกอริทึม และผลของพฤติกรรม

1.7 ข้อจำกัดของการศึกษา

1 ในงานวิจัยเป็นการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานในการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงเพียงครั้งเดียวของผู้เข้าร่วม เพื่อหลีกเลี่ยงเลี่ยงผลจากประสบการณ์การเรียนรู้ (learning experience)

2 การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้วิธีการทำนายผลลัพธ์จากแบบประเมินผลจากการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงด้วยวิธีการทำนายโดยค่าเฉลี่ยและการเรียนรู้เครื่องจักร (การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์)

3 ระหว่างการใช้งานแอปพลิเคชันผู้วิจัยและผู้ช่วยจะอธิบายเกี่ยวกับการใช้งานระบบ เมื่อผู้เข้าร่วมถามเกี่ยวกับการใช้งาน

4 ระหว่างการทำแบบประเมินผลของผู้เข้าร่วม ผู้วิจัยและผู้ช่วยไม่สามารถช่วยตอบได้

1.8 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้หน่วยประมวลผล Core i7 และการ์ดจอ GTX 1070 จำนวน 1 เครื่อง

2 อุปกรณ์แว่นตาสามมิติ Oculus Rift และอุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch จำนวน 1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 อุปกรณ์เซนเซอร์ Oculus จำนวน 2 ชิ้น

4 โปรแกรม Adobe Photoshop CS6

5 โปรแกรม PyCharm

6 โปรแกรม Visual Studio code

7 โปรแกรม Unreal Engine 4

8 โปรแกรม 3ds Max

9 โปรแกรม MySQL

10 โปรแกรม Intellij

11 โปรแกรม Microsoft office 2016

1.9 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีเนื้อหาทั้งหมด 6 บท ประกอบไปด้วยเนื้อหา ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญ ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ขั้นตอนการศึกษา ข้อจำกัดของการศึกษา และเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวกับด้านการฝึกสมอง และการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 3 กล่าวถึงความรู้พื้นฐานและทฤษฎีที่ใช้ในการทำงานวิจัย ได้แก่ แอปพลิเคชันสำหรับการฝึกสมอง ค่าเฉลี่ย การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ และการวัดความน่าเชื่อถือของแบบประเมินความพึงพอใจ

บทที่ 4 กล่าวถึงขั้นตอนการทำงานวิจัยโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ขั้นตอนการเตรียมแอปพลิเคชันสำหรับการเก็บข้อมูล การแปลงข้อมูลพฤติกรรมออกมาในรูปแบบคุณลักษณะ

บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและแนวทางในการนำไปใช้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการฝึกทักษะสมองหรือที่เรียกว่า การออกกำลังกายสมอง ในทางการแพทย์การฝึกทักษะสมองจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสมอง ซึ่งเห็นได้จากงานวิจัยการฝึกสมองด้านความจำได้สร้างความเปลี่ยนแปลงในประสิทธิภาพของการเรียนรู้ของสมอง [1] ในงานวิจัยมีผู้เข้าร่วมเป็นผู้สูงอายุ 2 กลุ่ม คือ ผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี และผู้ที่มีภาวะความสามารถของสมองบกพร่องเล็กน้อย ซึ่งทั้ง 2 กลุ่ม ถูกแบ่งออกเป็นอีก 3 กลุ่มย่อย คือ 1) กลุ่มฝึกความจำ ผู้เข้าร่วมจะได้รับการฝึกทั้งหมด 8 ครั้ง ซึ่งมีการอธิบายเกี่ยวกับความจำและสอนกลยุทธ์วิธีการช่วยจำ การฝึกด้านความสนใจและด้านการบริหารจัดการ 2) กลุ่มการศึกษา ในกลุ่มนี้จำนวนครั้งของการฝึกเท่ากับกลุ่มการฝึกความจำ แต่จะใช้เนื้อหาเพียงส่วนแรกของกลุ่มการฝึกความจำ คือ การอธิบายเกี่ยวกับความจำ 3) กลุ่มควบคุม จะไม่ได้รับการฝึกใด ๆ แต่จะมีการให้ทำแบบทดสอบก่อนและหลัง โดยทั้ง 3 กลุ่มจะมีการทำแบบทดสอบทางการแพทย์ก่อนและหลังการฝึก ซึ่งจะเกี่ยวกับการใช้คำในการพูด การคิดเรื่องราว และการเรียกคืนความจำ ซึ่งผลลัพธ์แสดงออกมาว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นจากการฝึกความจำ และในกลุ่มการฝึกความจำมีการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพด้านการเรียนรู้มากที่สุด เมื่อพิจารณาจากแบบทดสอบทางด้านการแพทย์

ในภายหลังที่เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและเกิดเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงขึ้น [2], [3] เทคโนโลยีดังกล่าวใช้ในการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงขึ้น โดยตัวผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับสภาพแวดล้อมจำลอง เพื่อเพิ่มประสบการณ์กิจกรรมในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้แล้วเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงยังช่วยในเรื่องสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ใช้ในการฝึกทักษะของสมอง และยังสามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางทั้งการฝึกสถานการณ์จำลอง การฟื้นฟูสมรรถภาพ และอุตสาหกรรมเกม ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถช่วยสนับสนุนผู้ใช้ที่มีปัญหาทางด้านสุขภาพ เช่น การเดิน การขยับตัว ในกลุ่มผู้สูงอายุ ซึ่งช่วยให้สะดวกสบายในการทำกิจกรรมที่ต้องการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมในการฝึกฝนหรือการฟื้นฟูสมรรถภาพได้ ยกตัวอย่างอุปกรณ์โลกเสมือนจริงที่ใช้มือในการควบคุม ผู้ใช้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ตัวเองในสภาพแวดล้อมจำลองได้เสมือนการเดินในสภาพแวดล้อมความเป็นจริง ซึ่งยังช่วยในเรื่องความปลอดภัยจากการล้มหรือเดินชนสิ่งของในโลกความเป็นจริงด้วย และยังสามารถเลือกใช้สภาพแวดล้อมจำลองได้หลากหลายขึ้นกับรูปแบบของกิจกรรม

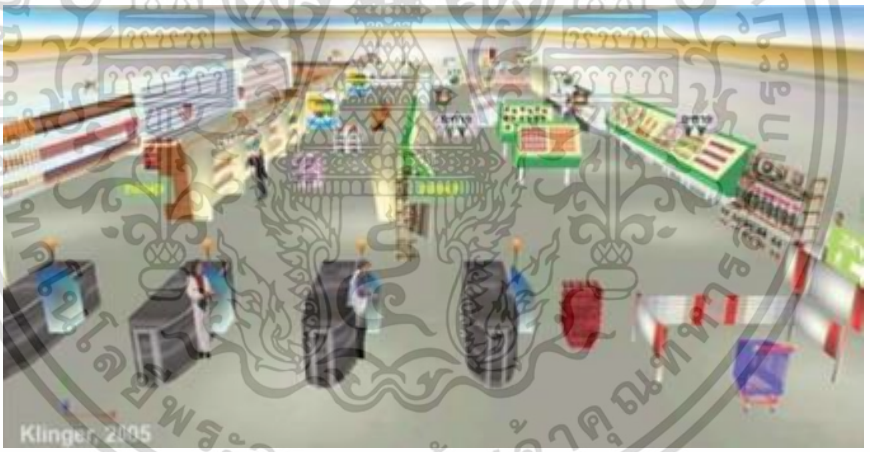
ดังนั้นเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงจึงถูกนำมาใช้ในทางการแพทย์สำหรับการฝึกทักษะของสมอง เกิดเป็นระบบโลกเสมือนจริงสำหรับฝึกทักษะของสมอง ซึ่งหากระบบนี้ถูกนำไปวิเคราะห์ถึงการใช้งานจะสามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้งานกับทักษะของสมองในเบื้องต้นได้ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยให้ทราบถึงตัวแปรทางด้านพฤติกรรมที่อาจจะส่งผลกับทักษะของสมอง นอกเหนือจากการวัดประสิทธิภาพของทักษะสมองที่เปลี่ยนแปลง เมื่อวัดผลจากแบบทดสอบทางการแพทย์ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการฝึก และทราบเพียงประสิทธิภาพของสมองที่เปลี่ยนแปลง

2.1 เทคโนโลยีโลกเสมือนจริงสำหรับฝึกทักษะของสมอง

เทคโนโลยีโลกเสมือนจริงที่ได้ถูกนำมาใช้ในด้านการฝึกสมอง ยกตัวอย่าง งานวิจัยการใช้ซุปเปอร์มาร์เก็ตเสมือนจริงสำหรับวัดการฝึกสมองด้านการบริหารจัดการ [4] ซึ่งได้มีการนำแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงที่จำลองการซื้อของในซุปเปอร์มาร์เก็ตมาใช้ในการฝึกด้านการบริหารจัดการ โดยผู้เข้าร่วมจะถูกพาไปในซุปเปอร์มาร์เก็ตและยืนอยู่หลังรถเข็น หากว่าผู้เข้าร่วมต้องการเคลื่อนที่สามารถใช้ลูกศรของคีย์บอร์ดในการเคลื่อนที่ได้ ซึ่งผู้เข้าร่วมจะเห็นมุมมองในมุมมองบุคคลแรก (first person perspective) คือ มุมมองที่เห็นสภาพแวดล้อมเป็นหลัก หลังจากนั้นจะมีรายการของสิ่งของปรากฏออกมาบนหน้าจอ จากนั้นผู้เข้าร่วมจะต้องไปซื้อสิ่งของตามรายการ และสุดท้าย ต้องนำสิ่งของไปชำระเงินที่จุดชำระและออกจากซุปเปอร์มาร์เก็ต โดยซุปเปอร์มาร์เก็ตมีสภาพแวดล้อมดังรูปที่ 2.1

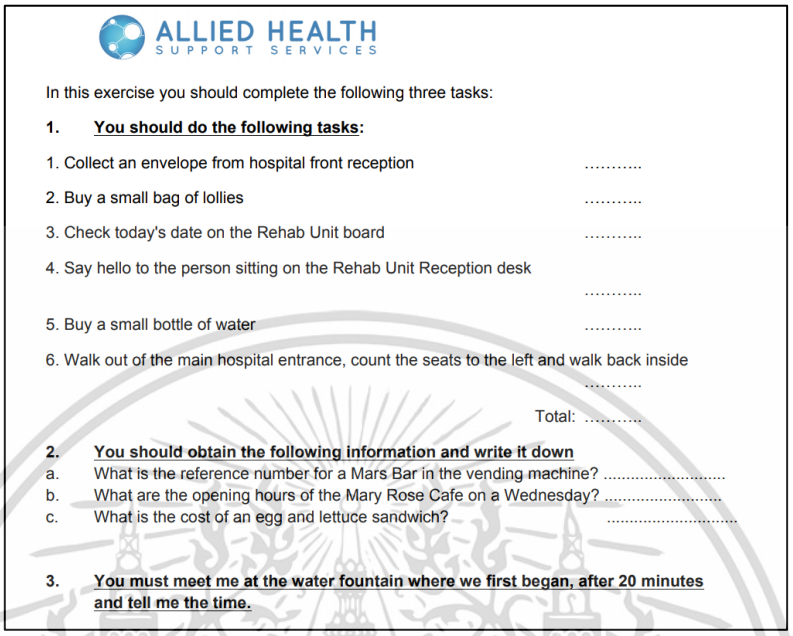


รูปที่ 2.1 ซุปเปอร์มาร์เก็ตเสมือนจริง [4]

ซึ่งได้มีการวัดแบบประเมินผลด้านการบริหารจัดการสำหรับสภาพแวดล้อมความเป็นจริงผ่านแบบทดสอบทางการแพทย์ที่ชื่อ Multiple Errands Test (MET) ซึ่งผลแสดงให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมมีประสิทธิภาพของการบริหารจัดการที่ดีขึ้น ตัวอย่างของแบบทดสอบ Multiple Errands Test แสดงในรูปที่ 2.2 และ 2.3 โดยในรูปที่ 2.2 จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับกิจกรรมให้ผู้เข้าร่วมทำ เช่น ไปรับซองจดหมายที่เคาน์เตอร์ของโรงพยาบาล จากนั้นให้ไปซื้อของในสถานที่ต่าง ๆ เป็นต้น หลังจากผ่านไป 20 นาที ให้กลับมาพบกับแพทย์ และจะมีคำถามเกี่ยวกับสถานที่ที่ผ่าน เช่น เวลาทำการของร้านกาแฟ ถามราคาของสินค้า เป็นต้น และยังมีการถามรายละเอียดอื่น ๆ ในรูปที่ 2.3 เพื่อที่จะนำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการให้คะแนน เช่น เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม จำนวนสถานที่ที่ไป จำนวนงานที่ทำสำเร็จ จำนวนครั้งที่ผ่านสถานที่ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่ทำ เป็นต้น



ALLIED HEALTH
SUPPORT SERVICES

In this exercise you should complete the following three tasks:

1. **You should do the following tasks:**

1. Collect an envelope from hospital front reception .....
2. Buy a small bag of lollies .....
3. Check today's date on the Rehab Unit board .....
4. Say hello to the person sitting on the Rehab Unit Reception desk .....
5. Buy a small bottle of water .....
6. Walk out of the main hospital entrance, count the seats to the left and walk back inside .....

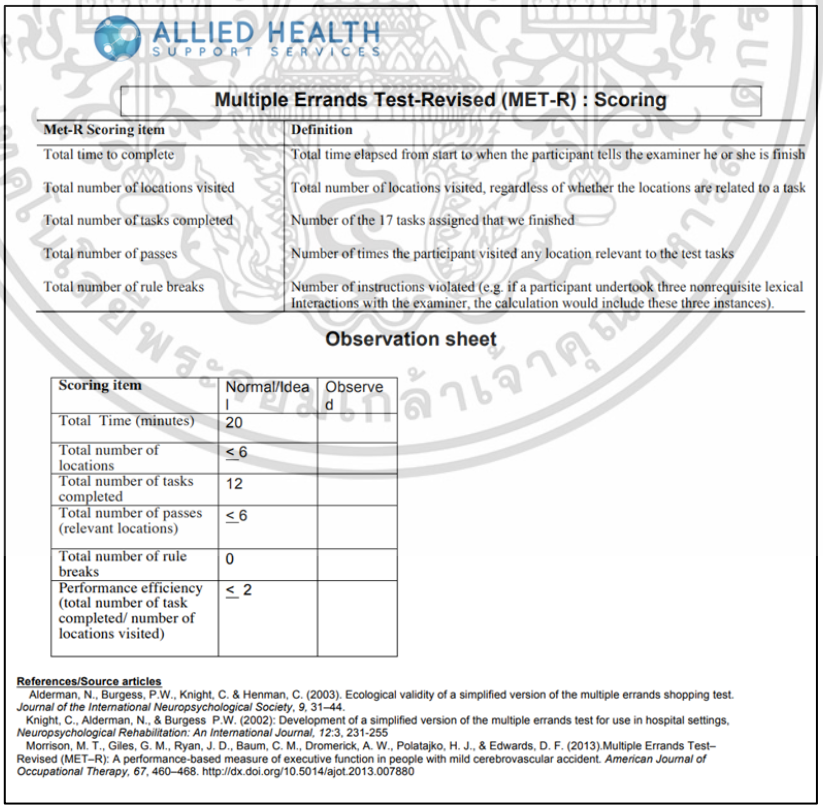
Total: .....

2. **You should obtain the following information and write it down**

a. What is the reference number for a Mars Bar in the vending machine? .....
b. What are the opening hours of the Mary Rose Cafe on a Wednesday? .....
c. What is the cost of an egg and lettuce sandwich? .....

3. **You must meet me at the water fountain where we first began, after 20 minutes and tell me the time.**

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างกิจกรรมของแบบทดสอบ Multiple Errands Test ฉบับแก้ไข [5]



ALLIED HEALTH
SUPPORT SERVICES

Multiple Errands Test-Revised (MET-R) : Scoring

Met-R Scoring item	Definition
Total time to complete	Total time elapsed from start to when the participant tells the examiner he or she is finish
Total number of locations visited	Total number of locations visited, regardless of whether the locations are related to a task
Total number of tasks completed	Number of the 17 tasks assigned that we finished
Total number of passes	Number of times the participant visited any location relevant to the test tasks
Total number of rule breaks	Number of instructions violated (e.g. if a participant undertook three nonrequisite lexical interactions with the examiner, the calculation would include these three instances).

Observation sheet

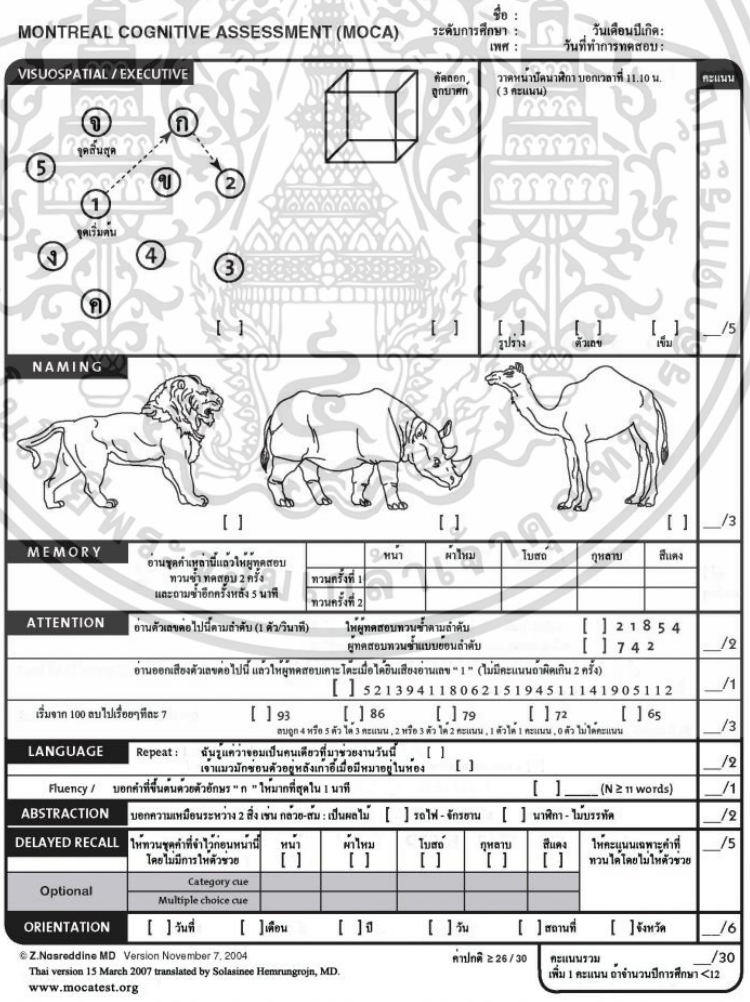
Scoring item	Normal/Ideal	Observed
Total Time (minutes)	20	
Total number of locations	≤ 6	
Total number of tasks completed	12	
Total number of passes (relevant locations)	≤ 6	
Total number of rule breaks	0	
Performance efficiency (total number of task completed/ number of locations visited)	≤ 2	

References/Source articles
Alderman, N., Burgess, P.W., Knight, C. & Henman, C. (2003). Ecological validity of a simplified version of the multiple errands shopping test. *Journal of the International Neuropsychological Society, 9*, 31–44.
Knight, C., Alderman, N., & Burgess P.W. (2002): Development of a simplified version of the multiple errands test for use in hospital settings, *Neuropsychological Rehabilitation: An International Journal, 12*:3, 231-255
Morrison, M. T., Giles, G. M., Ryan, J. D., Baum, C. M., Dromerick, A. W., Polatajko, H. J., & Edwards, D. F. (2013).Multiple Errands Test–Revised (MET–R): A performance-based measure of executive function in people with mild cerebrovascular accident. *American Journal of Occupational Therapy, 67*, 460–468. http://dx.doi.org/10.5014/ajot.2013.007880

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการเก็บคะแนนของแบบทดสอบ Multiple Errands Test ฉบับแก้ไข [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้งานวิจัยซุปเปอร์มาร์เก็ตเสมือนจริงที่ใช้ในการฝึกสมองได้ถูกนำมาใช้ในการคัดกรองกลุ่มผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดีและผู้ที่มีภาวะความสามารถของสมองบกพร่องเล็กน้อย [6] ซึ่งรูปแบบของแอปพลิเคชันมีลักษณะเป็นการจำลองการซื้อของในซุปเปอร์มาร์เก็ตเช่นเดียวกัน โดยความสามารถของแอปพลิเคชันทั้งหมดถูกออกแบบมาให้ฝึกทักษะสมองด้านความจำภาพ ความจำด้านการพูด ความใส่ใจ การบริหารจัดการ และการนำทางในเชิงพื้นที่ที่เน้นการบริหารจัดการ ซึ่งพัฒนาในระบบปฏิบัติการ Android และใช้งานในแท็บเล็ต สำหรับการทดสอบมีการพิจารณาตัวแปรทางด้านระยะเวลาการใช้งาน ความถูกต้องของชนิดสิ่งของที่ซื้อ ความถูกต้องในด้านปริมาณของสิ่งของที่ซื้อ และการซื้อสิ่งของที่ไม่ได้อยู่ในรายการ ซึ่งผลของอัตราความถูกต้องในการจำแนกเท่ากับ 87.30 % แสดงให้เห็นถึงแอปพลิเคชันซุปเปอร์มาร์เก็ตเสมือนจริงสามารถนำมาใช้ในการคัดกรองกลุ่มผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดีและผู้มีภาวะความสามารถของสมองบกพร่องเล็กน้อยได้ ซึ่งได้มีการนำแบบทดสอบ Montreal Cognitive Assessment (MoCA) มาร่วมใช้ด้วยในการคัดกรองกลุ่มผู้สูงอายุ แบบทดสอบ MoCa แสดงในรูปที่ 2.4 โดยจะเป็นการวัดผลของทักษะสมองในหลายๆ ด้าน



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างแบบทดสอบ MoCA ในภาษาไทย [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นที่ได้นำเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงมาใช้ในการฝึกความจำและประเมินผล [8] ซึ่งออกแบบสภาพแวดล้อมเป็นบ้านและร้านค้า และให้ผู้เข้าร่วมจดจำตำแหน่งของสิ่งของและรายการของคำ เพื่อหยิบสิ่งของให้ถูกต้อง

2.2 การทำนายราคาขายส่งของอาหาร [9]

งานวิจัยการทำนายราคาขายส่งอาหาร เป็นงานวิจัยที่สาธิตการสร้างแบบจำลองสำหรับการทำนายราคาขายส่งอาหาร และประเมินผลแบบจำลองที่ถูกนำมาใช้ โดยตัวอย่างของแบบประเมินที่นำมาใช้ในงานวิจัยและถูกใช้อย่างกว้างขวาง คือ ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Squared Error : MSE) ซึ่งใช้วัดความแม่นยำของแบบจำลอง สำหรับงานในการเรียนรู้ของเครื่องจักรตัววัดนี้ถูกใช้ในการประเมินผลด้านประสิทธิภาพของอัลกอริทึม โดยในงานวิจัยได้ใช้เทคนิคการทำนายต่าง ๆ และเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยและค่าผิดพลาดชนิดอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้แล้วมีการอธิบายถึงตัวทำนายพื้นฐานที่เป็นส่วนสำคัญในการเป็นจุดอ้างอิง เพื่อช่วยในการเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจว่าเทคนิคอื่น ๆ ดีหรือแย่กว่าอย่างไร โดยตัวทำนายที่เป็นพื้นฐานที่ใช้ในงานวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย ที่ถูกใช้ในทางปฏิบัติ เพื่อช่วยในการทำนายความต้องการ

งานวิจัยที่ได้กล่าวในเบื้องต้น [4], [6], [8], [9] ได้ถูกนำมาปรับใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงสำหรับฝึกทักษะของสมอง จำเป็นที่จะต้องสร้างแอปพลิเคชันสำหรับการเก็บข้อมูลและแบบประเมินผลของทักษะสมอง งานวิจัย [4], [6], [8] เป็นแนวทางในการออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับการฝึกสมอง ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ออกแบบร่วมกับทีมผู้เชี่ยวชาญจากแผนกจิตเวชโรงพยาบาลรามาธิบดี โดยรูปแบบของแอปพลิเคชันจะใช้เพียงทักษะของสมองในด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ที่เป็นกิจกรรมที่จัดขึ้นในโรงพยาบาล ซึ่งลดการฝึกทักษะของสมองในด้านอื่น ๆ เพื่อไม่ให้เกิดความซับซ้อนในการทำแบบประเมินผลและการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งาน กิจกรรมที่ถูกจำลองขึ้นเป็นกิจกรรมการหยิบสิ่งของและวางสิ่งของบนเฟอร์นิเจอร์ในที่พัก หลังจากการทำกิจกรรมจะมีแบบประเมินผลทักษะสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ข้อมูลการใช้งานของผู้เข้าร่วมจะถูกนำไปใช้กับการเรียนรู้ของเครื่องจักร

การเรียนรู้เครื่องจักร [10] เป็นเทคนิคการเรียนรู้ เพื่อทำการทำนายข้อมูลได้อย่างแม่นยำ จากการสำรวจข้อมูลในอดีต ยกตัวอย่าง หากต้องการสร้างตัวคัดกรองจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นขยะกับจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่ได้เป็นขยะ เริ่มต้นต้องเก็บตัวอย่างของจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 ประเภท จากนั้นทำการส่งคุณลักษณะของตัวอย่างพร้อมระบุว่าจดหมายอิเล็กทรอนิกส์เป็นจดหมายประเภทใด (ขยะหรือไม่ได้เป็นขยะ) และทำการเลือกอัลกอริทึมสำหรับการสอนเครื่องจักร ซึ่งอัลกอริทึมจะสร้างกฎสำหรับการจำแนกหรือการทำนายโดยอัตโนมัติ เมื่อมีจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ฉบับใหม่ที่ยังไม่ได้ระบุสถานะ จะถูกทำนายตามกฎว่าเป็นขยะหรือไม่ใช่ เป้าหมายของการเรียนรู้เครื่องจักร คือ การสร้างกฎ เพื่อทำนายกลุ่มตัวอย่างใหม่ให้แม่นยำ การเรียนรู้เครื่องจักรจะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปใช้ในลักษณะของการทำนายผลแบบประเมินทักษะของสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์จากข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานที่ได้จากแอปพลิเคชัน

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้งานวิจัยที่ [9] โดยมีการสร้างตัวทำนายพื้นฐาน ซึ่งไม่ได้ใช้พฤติกรรมการใช้งานในการสร้างตัวทำนาย เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงและเปรียบเทียบกับเทคนิคการทำนายอื่นๆ ที่ใช้พฤติกรรมการใช้งานในการสร้างตัวทำนาย โดยตัวทำนายพื้นฐานจะช่วยบอกว่าพฤติกรรมการใช้งานที่ได้จากแอปพลิเคชันมีผลหรือไม่กับแบบประเมินทักษะของสมองในด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ความรู้พื้นฐานในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

3.1 แอปพลิเคชันสำหรับการฝึกสมอง (Virtual reality cognitive training application)

การออกแบบแอปพลิเคชันที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมกับทักษะของสมอง รูปแบบกิจกรรมที่ใช้ในระบบต้องมีการสร้างแบบประเมินภายในสำหรับประเมินผลกิจกรรมที่ทำและสัมพันธ์กับทักษะของสมองด้วย สำหรับด้านความจำภาพระยะสั้น โดยทั่วไปความสามารถของมนุษย์สามารถจดจำโดยใช้ความจำระยะสั้นได้ประมาณ 7 อย่าง ขึ้นอยู่กับทักษะกระบวนการจดจำ แต่การจดจำที่เป็นการจดจำที่แม่นยำในกลุ่มวัยของคนหนุ่มสาวจะอยู่ระหว่าง 3 – 5 ชิ้น ซึ่งความสามารถในการจดจำของผู้สูงอายุที่เผชิญหน้ากับการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอายุ ส่งผลให้ความสามารถในการจดจำลดลง [11] ดังนั้นการออกแบบระบบในด้านความจำความระยะสั้น การใช้สิ่งของจำนวน 5 ชิ้น จึงเป็นจำนวนที่เหมาะสมในการออกแบบกิจกรรมด้านการใช้ความจำภาพระยะสั้น ในส่วนของทักษะด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์เป็นการรับรู้และเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ผ่านการรับรู้ทางสายตา ซึ่งทักษะในส่วนนี้ สามารถฝึกผ่านเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงได้ การแสดงผลของสภาพแวดล้อมโลกเสมือนจริงสามารถแสดงได้ในรูปแบบสภาพแวดล้อมครอบคลุมแบบบางส่วน (partial immersion) และแบบสภาพแวดล้อมครอบคลุมแบบเต็มรูปแบบ (full immersion) โดยสภาพแวดล้อมครอบคลุมแบบบางส่วนสามารถใช้ จอคอมพิวเตอร์ จอโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น ส่วนสภาพแวดล้อมครอบคลุมแบบเต็มรูปแบบสามารถใช้อุปกรณ์สวมใส่ศีรษะหรือแว่นตาสามมิติ (head-mounted display : HMD) ในการแสดงผลโลกเสมือนจริงได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้และการฝึกทักษะต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมโลกเสมือนจริง การใช้การแสดงผลแบบสภาพแวดล้อมครอบคลุมแบบเต็มรูปแบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ดีกว่าแบบบางส่วน [12] นอกจากนี้แล้วการแสดงผลสภาพแวดล้อมแบบเต็มรูปแบบจะช่วยให้กิจกรรมที่ออกแบบเหมือนกับการใช้ชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ ทำให้ทักษะที่ฝึกฝนจากกิจกรรมที่ออกแบบเหมือนกับชีวิตจริงและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ อีกทั้งยังช่วยฝึกด้านการรับรู้ระยะวัตถุ ซึ่งความสามารถในการจดจำจะถูกนำมาใช้ในการออกแบบแอปพลิเคชันในด้านจำนวนสิ่งของที่ต้องจดจำและการออกแบบประเมินผล ในส่วนของอุปกรณ์สวมใส่ศีรษะจะนำมาช่วยในการแสดงผลสภาพแวดล้อมครอบคลุมแบบเต็มรูปแบบ

3.2 การทำนายข้อมูลโดยค่าเฉลี่ย

การทำนายข้อมูลโดยค่าเฉลี่ยเป็นการทำนายข้อมูลจากการใช้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกับข้อมูลที่ต้องการทดสอบ ซึ่งตัวทำนายนี้จะถูกนำมาใช้เป็นตัวทำนายพื้นฐานสำหรับเป็นจุดอ้างอิง เพื่อช่วยในการเปรียบเทียบกับเทคนิคการทำนายอื่น ๆ และเป็นตัวทำนายที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานการสร้างแบบจำลอง โดยหาได้จากสมการที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{x} = \frac{x_1+x_2+\ldots+x_n}{n} \tag{3.1}$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย

x_n คือ ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่ n

n คือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

3.3 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น [13]

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเป็นหนึ่งในอัลกอริทึมของการเรียนรู้เครื่องจักร ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอน โดยผู้สอนจะสอนเครื่องจักรว่าข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่เข้ามาในแต่ละลักษณะ จะได้ผลลัพธ์ออกมาแบบใด ความสัมพันธ์ของแบบจำลองเป็นการใช้ฟังก์ชันเส้นตรงสำหรับการประมาณค่าจากข้อมูล โดยลักษณะของความสัมพันธ์ข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบของสมการที่ 3.2

$$h_\theta(x) = \theta_0+\theta_1x_1+\ldots+\theta_px_p \tag{3.2}$$

เมื่อ $h_\theta(x)$ คือ ค่าของการทำนายหรือตัวแปรตาม

$\theta = (\theta_0,\theta_1,\ldots,\theta_p)$ คือ เวกเตอร์พารามิเตอร์มิติเป็นค่าสัมประสิทธิ์

$x = (x_1,\ldots,x_p)$ คือ ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรอธิบาย

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจะปรับรูปแบบของแบบจำลองกับสัมประสิทธิ์ $\theta = (\theta_1,\ldots,\theta_p)$ ให้คาผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุดระหว่างชุดข้อมูลจากการสอนกับค่าที่ทำนายโดยการประมาณในลักษณะเชิงเส้น ซึ่งในทางคณิตศาสตร์ได้แก้ปัญหาตามรูปแบบดังต่อไปนี้

$$\mathrm{J}(\theta) = \frac{1}{2m}\sum_{i=1}^{m}\left(h_\theta\left(x^{(i)}\right)-y^{(i)}\right)^2 \tag{3.3}$$

เมื่อ $\mathrm{J}(\theta)$ คือ cost function

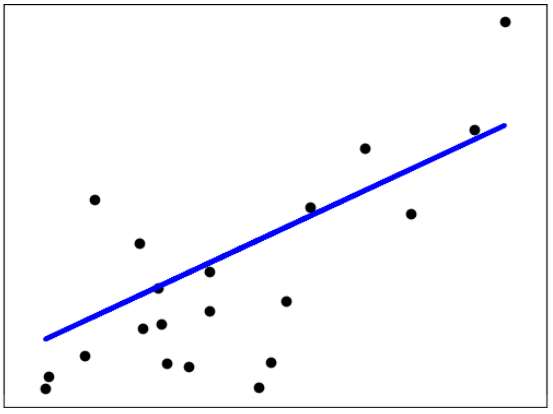
m คือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง

i คือ ตำแหน่งของกลุ่มตัวอย่าง

$h_\theta\left(x^{(i)}\right)$ คือ ค่าของการทำนายตัวอย่างที่ i

$y^{(i)}$ คือ ค่าคำตอบจากชุดข้อมูลที่ใช้สอนตัวอย่างที่ i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 linear regression [13]

ในรูปที่ 3.1 เป็นการประมาณในลักษณะเชิงเส้นที่เกิดจากผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุดระหว่างชุดข้อมูลจากการสอนกับค่าที่ทำนาย

ค่าสัมประสิทธิ์การประมาณของวิธีกำลังสองที่น้อยที่สุดจะขึ้นอยู่กับความอิสระของรูปแบบของแบบจำลอง เมื่อรูปแบบมีความสัมพันธ์กันและคอลัมน์ของการออกแบบเมตริกซ์ x อยู่ในลักษณะของการประมาณการเชิงเส้น ซึ่งทำให้ผลที่ได้ใกล้เคียงกับผลลัพธ์ โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจะถูกนำมาสร้างเป็นตัวทำนายแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ที่ใช้พฤติกรรมการใช้งานมาสร้างแบบจำลอง

3.4 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ในแกนเชิงเส้น [14]

การวิเคราะห์การถดถอยแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์เป็นหนึ่งในอัลกอริทึมของการเรียนรู้เครื่องจักร ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอนเช่นเดียวกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น การวิเคราะห์การถดถอยแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์เป็นวิธีที่เกิดจากการประยุกต์ ใช้อัลกอริทึมการสนับสนุนของเวกเตอร์ สำหรับแนวคิดของหลักการนี้ ถ้าให้ข้อมูลที่ใช้ในการสอนเครื่องจักรมีรูปแบบ $\{(x_1 y_1),\ldots,(x_n y_n)\} \subset \mathrm{X}\times\mathrm{R}$ ซึ่ง X คือ ชุดรูปแบบข้อมูลที่นำเข้ามาใช้ในการสอน (ตัวอย่าง $\mathrm{X}\times\mathrm{R}^d$) R คือ จำนวนจริง R^d คือ โดเมนของจำนวนจริง ยกตัวอย่างอัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา ซึ่งบางสกุลเงินถูกวัดในวันถัดไปพร้อมกับตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจที่สอดคล้องกัน เมื่อสังเกตตัวแปร ε จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ เป้าหมายของการวิเคราะห์การถดถอยแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ คือ การหาฟังก์ชัน *f(x)* ในจุดที่ส่วนเบี่ยงเบน ε มากที่สุดจากค่าความเป็นจริงที่ได้จาก y_i สำหรับชุดข้อมูลที่ใช้สอนและในขณะเดียวกันฟังก์ชันจะต้องเป็นระนาบมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าข้อมูลที่อยู่ในช่วงที่น้อยกว่าค่า ε จะไม่ได้รับความสนใจและจะไม่ยอมรับข้อมูลอื่น ๆ ที่เบี่ยงเบนมากกว่าค่า ε เช่นกัน สิ่งนี้อาจจะเป็นจุดสำคัญ ถ้าต้องการความมั่นใจว่าจะไม่มีการสูญเสียเงินตราที่มีค่ามากกว่า ε เมื่อต้องรับมือกับอัตราแลกเปลี่ยน ซึ่งในการวิเคราะห์การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถดถอยแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ค่า ε เป็นตัวกำหนดความแม่นยำของแบบจำลอง ซึ่งได้เริ่มการอธิบายจากกรณีฟังก์ชันเชิงเส้น f ในรูปแบบดังต่อไปนี้

$$f(x) = \langle w, x \rangle + b \text{ ซึ่ง } w \in \mathrm{X},\ b \in \mathrm{R} \tag{3.4}$$

$\langle \cdot, \cdot \rangle$ คือ ผลคูณเชิงสเกลลาร์ภายใน X การเป็นระนาบในสมการข้างต้นหมายความว่าความพยายามที่จะทำให้ค่า w มีขนาดเล็ก ทางหนึ่งที่จะรับประกันได้ คือ การลดค่านอร์ม (norm) ให้ต่ำที่สุด นอร์มเป็นการวัดขนาดของเวกเตอร์ ยกตัวอย่าง $\|w\|^2 = \langle w,w \rangle$ ซึ่งสามารถเขียนปัญหานี้ในรูปแบบปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพ (convex optimization problem) ได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} &\text{minimize } \frac{1}{2}\|w\|^2 \\ &\text{ภายใต้เงื่อนไข } \begin{cases} y_i - \langle w,x_i \rangle - b \le \varepsilon \\ \langle w,x_i \rangle + y_i \le \varepsilon \end{cases} \end{aligned} \tag{3.5}$$

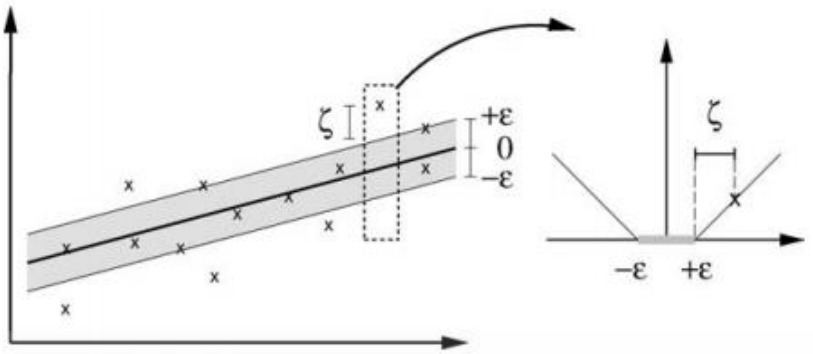
สมมติฐานของสมการข้างต้น คือ ฟังก์ชัน f ซึ่งมีค่าในความเป็นจริงประมาณจากคู่อันดับทั้งหมด (x_i,y_i) กับค่าความแม่นยำ ε หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่ารูปแบบปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพสามารถยืดหยุ่นได้ โดยสามารถที่จะยอมรับค่าผิดพลาดบางอย่างที่เกิดขึ้นได้ คล้ายคลึงกับ soft margin ฟังก์ชันการสูญเสีย ซึ่งถูกปรับใช้กับการสนับสนุนของเวกเตอร์สำหรับเครื่องจักร (Support Vector Machine) โดย Cortes และ Vapnik โดยมีตัวแปรหย่อนคล้อย (slack variable) ξ_i, ξ_i^* ซึ่งเป็นจุดที่อยู่เหนือและต่ำกว่าการทำนาย สำหรับจัดการกับข้อจำกัดที่เป็นไปไม่ได้ของปัญหาการปรับประสิทธิภาพในสมการข้างต้น จึงมีการใช้รูปแบบของสมการที่ระบุไว้โดย Vapnik เป็นดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} &\text{minimize } \frac{1}{2}\|w\|^2 + C\sum_{i=1}^{n}(\xi_i + \xi_i^*) \\ &\text{ภายใต้เงื่อนไข } \begin{cases} y_i - \langle w,x_i \rangle - b \le \varepsilon + \xi_i \\ \langle w,x_i \rangle + b - y_i \le \varepsilon + \xi_i^* \\ \xi_i, \xi_i^* \ge 0 \end{cases} \end{aligned} \tag{3.6}$$

ค่าคงที่ $C > 0$ เป็นตัวกำหนดจุดตัดระหว่างความเป็นระนาบของฟังก์ชัน f และขนาดที่เบี่ยงเบนใหญ่กว่า ε ที่จะยอมรับได้ ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการที่เรียกว่า ε insensitive loss function $|\xi|_\varepsilon$ ซึ่งอธิบายดังนี้

$$|\xi|_\varepsilon := \begin{cases} 0 \text{ ถ้า } |\xi| \le \varepsilon \\ |\xi| - \varepsilon \text{ ในกรณีอื่น ๆ} \end{cases} \tag{3.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การตั้งค่าความสูญเสีย soft margin สำหรับการสนับสนุนของเวกเตอร์ในแกนเชิงเส้น [14]

ในรูปที่ 3.2 แสดงภาพกราฟฟิกจากตามเงื่อนไขข้างต้น เฉพาะจุดที่อยู่นอกพื้นที่แรเงาจะส่งผลต่อค่าพื้นฐานที่สูงขึ้น (cost insofar) ตราบเท่าที่การเบี่ยงเบนถูกกระทำในรูปแบบเชิงเส้น โดยการวิเคราะห์การถดถอยแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ในแกนเชิงเส้นจะถูกนำมาสร้างเป็นตัวทำนายแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ที่ใช้พฤติกรรมการใช้งานมาสร้างแบบจำลอง

3.5 การแบ่งข้อมูลสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองแบบ Leave-one-out cross-validation

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพจะใช้รูปแบบ Leave-one-out cross-validation (LOOCV) เป็นการสอนเครื่องจักรด้วยจำนวนข้อมูล n-1 คือ จำนวนทั้งหมดที่ยกเว้นข้อมูลหนึ่งตัวที่ต้องการทำนาย เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบแบบจำลอง หลังจากที่หยิบข้อมูลตัวหนึ่งออกต้องทำการสลับข้อมูลที่ใช้ทดสอบให้ครบทั้งหมด หมายความว่า ถ้าข้อมูลทั้งหมดมี 5 ชุด ต้องทำการทำนายข้อมูลทั้ง 5 ครั้ง โดยเปลี่ยนข้อมูลที่ทำการทดสอบทุกครั้งและทุกครั้งที่เปลี่ยนจะนำข้อมูลที่หยิบออกก่อนหน้าใส่กลับเข้ามาสอนเครื่องจักรด้วย

รูปที่ 3.3 Leave-one-out cross-validation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 แสดงการสอนและทดสอบแบบจำลองโดยการใช้ Leave-one-out cross-validation ซึ่งช่องสีเหลือง คือ ข้อมูลที่ต้องการทดสอบ และช่องสีขาว คือ ข้อมูลที่ใช้ในการสอน

3.6 รากที่สองค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Root Mean Squared Error: RMSE)

รากที่สองค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองมาจากการหารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Squared Error : MSE) เป็นการประเมินผลด้านประสิทธิภาพของอัลกอริทึม โดยถูกนำมาใช้เปรียบเทียบความผิดพลาดของเทคนิคการทำนายที่แตกต่างกันที่ใช้ชุดข้อมูลเดียวกัน ซึ่งจะแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างระหว่างค่าของการทำนายกับค่าความเป็นจริงที่เรียกว่าค่าความผิดพลาดหรืออาจเรียกว่าค่าความผิดพลาดของการทำนาย โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\mathrm{MSE}} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \hat{y}_i\right)^2} \tag{3.8}$$

เมื่อ n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

y_i คือ ค่าจริงของข้อมูลที่ i

$\hat{y}_i$ คือ ค่าที่ถูกทำนายของข้อมูลที่ i

โดยการเปรียบเทียบเทคนิคของอัลกอริทึมที่ใช้ในการทำนายข้อมูล ถ้ามีค่ารากที่สองค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองที่ต่ำกว่าจะมีประสิทธิภาพดีกว่า เนื่องจากมีค่าความผิดพลาดของการทำนายข้อมูลที่ต่ำกว่า

3.7 การวัดความน่าเชื่อถือของแบบประเมินความพึงพอใจ

การวัดความน่าเชื่อถือของแบบประเมินความพึงพอใจเป็นการวัดความสอดคล้องภายในของการตอบแบบประเมินความพึงพอใจ ซึ่งเป็นการหาค่า Cronbach's alpha (สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น) โดยเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้อยู่ที่ 0.7 ขึ้นไป ก่อนการคำนวณสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นต้องคำนวณค่าความสัมพันธ์ของแต่ละหัวข้อกับหัวข้อทั้งหมดที่ได้จากตอบแบบประเมินความพึงพอใจ หากข้อใดมีค่าต่ำกว่า 0.2 ควรตัดออก ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$r_i = \frac{\sum_{j=1}^{n}\left(x_j - \bar{x}\right)\sum_{j=1}^{n}\left(y_j - \bar{y}\right)}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(x_j - \bar{x}\right)^2 \sum_{j=1}^{n}\left(y_j - \bar{y}\right)^2}} \tag{3.9}$$

เมื่อ r_i คือ สัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์หัวข้อที่ i

n คือ จำนวนผู้เข้าร่วมที่ตอบแบบสอบถาม

x_j คือ ค่าจากการตอบแบบประเมินความพึงพอใจของคนที่ j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยจากการตอบแบบประเมินความพึงพอใจ

y_j คือ ค่าจากการรวมการตอบแบบประเมินความพึงพอใจทุกข้อของคนที่ j ยกเว้นข้อที่ i

$\bar{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยจากการรวมการตอบแบบประเมินความพึงพอใจทุกข้อ ยกเว้นข้อที่ i

สำหรับการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\alpha = \frac{K}{K\text{-}1}\left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{K} \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2}\right) \tag{3.10}$$

เมื่อ α คือ สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น

K คือ จำนวนหัวข้อของแบบประเมินความพึงพอใจ

$\sigma_{Y_i}^2$ คือ ค่าความแปรปรวนของหัวข้อที่ i

σ_X^2 คือ ค่าความแปรปรวนของทุกหัวข้อรวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
งานวิจัยที่นำเสนอ

บทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงกับทักษะสมองด้านความจำภาพและการรับรู้มิติสัมพันธ์ ซึ่งเริ่มจากการเตรียมแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีลักษณะรูปแบบอย่างไร แบบประเมินผลในแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง โดยรูปแบบของแอปพลิเคชันที่ใช้ในการฝึกทักษะสมองยังขาดการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานจากผู้เข้าร่วม และในงานได้นี้ได้ทำการเก็บข้อมูลส่วนการใช้งานของผู้เข้าร่วมมาใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานจากผู้เข้าร่วม เพื่อวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมการใช้งานหรือการโต้ตอบของผู้เข้าร่วมที่มีผลกับทักษะของสมองในด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ซึ่งจะกล่าวถึงวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานของผู้เข้าร่วมโดยวิธีการเรียนรู้เครื่องจักร ซึ่งจะอธิบายวิธีการเตรียมข้อมูล วิธีการวิเคราะห์ ในส่วนถัดไป

4.1 ภาพรวมของงานวิจัยที่นำเสนอ

การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงกับทักษะของสมองในด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

เริ่มจากการเตรียมแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง รูปแบบแอปพลิเคชันที่ใช้ในงานวิจัยได้ปรับจากงานวิจัยซุปเปอร์มาร์เก็ตเสมือนจริงที่จำลองการซื้อของในซุปเปอร์มาร์เก็ต [4], [6] เป็นกิจกรรมการหยิบและวางสิ่งของภายในห้อง จำนวน 5 ชิ้น โดยสถานที่ที่จำลองขึ้นมีห้องทั้งหมด 5 ห้อง ได้แก่ ห้องนั่งเล่น ห้องนอน ห้องน้ำ ห้องครัว และห้องซักผ้า โดยในแต่ละห้องสามารถวางสิ่งของได้ 3 – 5 ชิ้น และเฟอร์นิเจอร์สามารถวางสิ่งของได้ 1 หรือ 2 ชิ้น หลังจากผู้เข้าร่วมทำการวางสิ่งของครบทั้งหมด 5 ชิ้น จะมีแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ โดยรูปแบบแอฟพลิเคชันโลกเสมือนจริงข้างต้นมีผู้เชี่ยวชาญจากแผนกจิตเวชของโรงพยาบาลรามาธิบดีในด้านการฝึกทักษะของสมองในกลุ่มผู้สูงอายุ ช่วยให้คำปรึกษาสำหรับการปรับแก้ไขรูปแบบของแอปพลิเคชัน สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยสำหรับใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงเป็นอุปกรณ์จากบริษัท Oculus ที่พัฒนาอุปกรณ์เกี่ยวกับเทคโนโลยีโลกเสมือนจริง โดยอุปกรณ์แต่ละอย่างแสดงในรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 อุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ Oculus Rift [15]

อุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ Oculus Rift เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แสดงผลภาพของสภาพแวดล้อมจำลองที่ส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยเลนส์แต่ละข้างมีความละเอียด 1080×1200 พิกเซล ซึ่งการแสดงผลภาพออกมาในลักษณะสามมิติ ภาพที่แสดงในเลนส์แต่ละข้างจะเยื้องจากกันเล็กน้อยประมาณ 3 นิ้ว เมื่อดวงตาแต่ละข้างมองภาพที่แตกต่างกัน สมองจะนำภาพมารวมกัน จากนั้นแปลผลออกมาเป็นภาพเดียวที่มีมิติความตื้นและลึก นอกจากนี้ตัวอุปกรณ์สามารถหมุนได้ใน 6 แกนอิสระ คือ ทิศ X, Y, Z, Row, Pitch และ Yaw โดยในงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ Oculus Rift สำหรับแสดงภาพของสภาพแวดล้อมโลกเสมือนจริง

รูปที่ 4.2 อุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch [16]

อุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch เป็นอุปกรณ์ที่ใช้มือในการควบคุมสำหรับใช้ในการโต้ตอบกับระบบจำลองในโลกเสมือนจริง ซึ่งตัวอุปกรณ์จะมี 2 ชิ้น สำหรับใช้กับมือซ้ายและมือขวา โดยตัวอุปกรณ์จะมี joystick, และปุ่มกดเพื่อใช้ในการควบคุมระบบ อุปกรณ์สามารถหมุนได้ใน 6 แกนอิสระ เช่นเดียวกับอุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ Oculus Rift อีกทั้งยังสามารถตรวจจับท่าทางการใช้นิ้ว เมื่อมีการถืออุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch สำหรับงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch สำหรับการควบคุมระบบโลกเสมือนจริงโดยการกดปุ่ม การหยิบและวางสิ่งของ ซึ่งตัวอุปกรณ์จะเชื่อมกับ

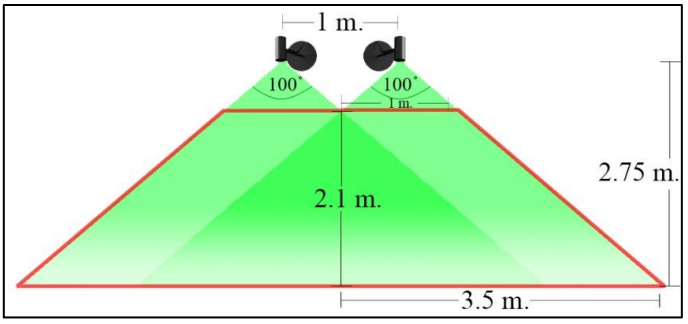
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองมือในโลกเสมือนจริง คือ ในกรณีที่มีการขยับอุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch จากผู้เข้าร่วม แบบจำลองของมือที่อยู่ภายในโลกเสมือนจริงจะมีการขยับตาม

รูปที่ 4.3 อุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor [16]

อุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของอุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ Oculus Rift และอุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch โดยภายในอุปกรณ์ทั้ง 2 จะมีการติดตั้งชุด light emitting diode (LED) อินฟาเรดไว้ภายใน ในส่วนของอุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor มีเซ็นเซอร์ตรวจจับอินฟาเรด เพื่อให้ตรวจจับตำแหน่งของอุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ Oculus Rift และอุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch ได้ ซึ่งอุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor สามารถใช้ได้หลายชิ้น (2 หรือ 3 ชิ้น) เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานร่วมกันในการตรวจจับตำแหน่งในกรณีที่ต้องใช้อุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ Oculus Rift ร่วมกับอุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch ซึ่งในงานวิจัยใช้อุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor ทั้งหมด 2 ชิ้น สำหรับพื้นที่ทำการทั้งหมดของอุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor ทั้ง 2 ตัว สามารถตั้งค่าได้ ซึ่งขนาดพื้นที่ขึ้นอยู่กับการตั้งระยะห่างของ Oculus Rift Constellation sensor ทั้ง 2 ตัว ที่แสดงในรูปที่ 4.4 โดยในงานวิจัยผู้วิจัยนี้ ได้ติดตั้งให้อุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor ทั้ง 2 ตัวห่างกัน 1 เมตร ซึ่งข้อแนะนำของผู้ผลิตสามารถตั้งค่าให้ห่างกันได้ 1-2 เมตร ในพื้นที่กรอบสีแดงเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมกับการตั้งค่าการใช้งานจริงให้กับผู้เข้าร่วม เมื่อคำนวณพื้นที่สีแดงที่เป็นพื้นที่แบบสีเหลี่ยมคางหมูจะมีพื้นที่เท่ากับ 9.45 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 พื้นที่ทำการของอุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor

อุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor จะถูกติดตั้งบนโต๊ะตามรูปที่ 4.5 โดยอุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor นำมาใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของอุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ Oculus Rift และอุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch เพื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งของภาพในโลกเสมือนให้ตรงกับการเคลื่อนไหวของทั้ง 2 อุปกรณ์จากผู้เข้าร่วม ซึ่งพื้นที่สีเขียวแสดงขอบเขตการทำงานของอุปกรณ์ Oculus Rift Constellation sensor ที่รับข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ Oculus Rift และอุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch โดยพื้นที่การทำงานทั้งหมดของพื้นที่สีเขียวในรูปที่ 4.5 สามารถคำนวณได้จากรูปที่ 4.4 และพื้นที่สีฟ้าเป็นการตั้งค่าภายในกรอบสีแดงของรูปที่ 4.4 ในส่วนผู้เข้าร่วมจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับงานวิจัย กิจกรรมที่ต้องทำและการใช้งานอุปกรณ์ หลังจากนั้นผู้เข้าร่วมจะต้องนั่งบนเก้าอี้หมุนบริเวณพื้นที่ตรงกลางของขนาดพื้นที่ 1.5 เมตร และ 2 เมตร (พื้นที่สีฟ้าในรูปที่ 4.5) จากนั้นสวมอุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ Oculus Rift เพื่อแสดงผลภาพของโลกเสมือนจริง และอุปกรณ์ควบคุม Oculus Touch เพื่อใช้ในการโต้ตอบกับแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง เช่น การกดปุ่มเพื่อการหยิบและวางสิ่งของ การกดปุ่มเพื่อเลือกตัวเลือกต่างๆ เป็นต้น

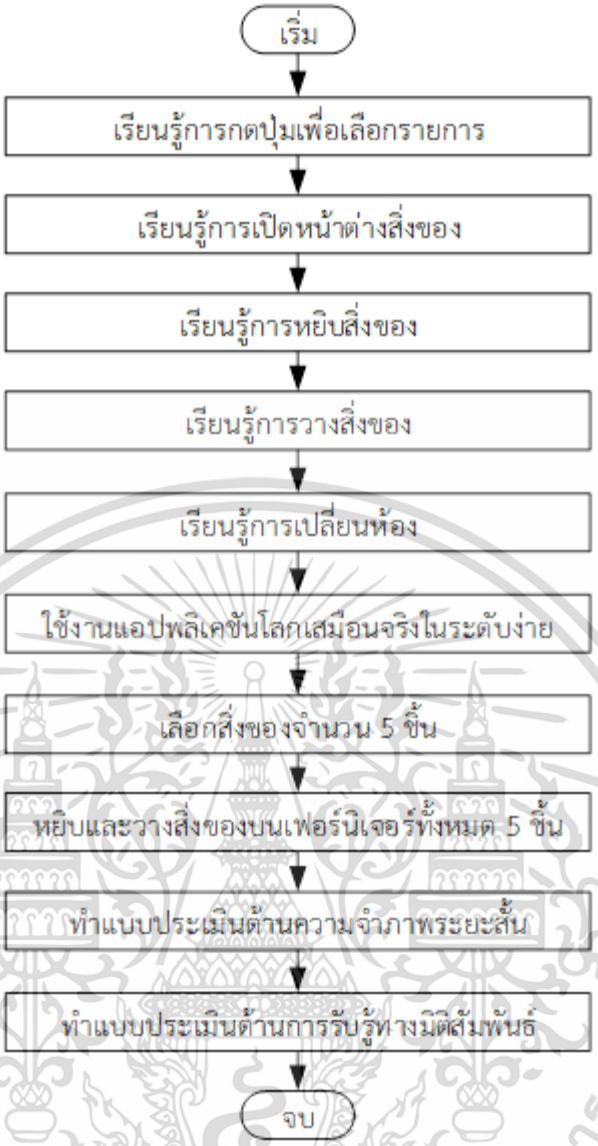
รูปที่ 4.5 การติดตั้งอุปกรณ์ [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง

รูปที่ 4.6 แสดงขั้นตอนทั้งหมดในการทำงานวิจัยการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง ซึ่งเริ่มตั้งแต่การสอนผู้เข้าร่วมในการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงจนถึงการวิเคราะห์ผลแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากเทคนิคทำนายข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ขั้นตอนการทำกิจกรรมของผู้เข้าร่วมในแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง

รูปที่ 4.7 ในขั้นตอนที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ ผู้เข้าร่วมจะเรียนรู้เพียง 1 ครั้ง และจะเรียนรู้ตามลำดับ โดยไม่มีการจับเวลา ซึ่งจะต้องเรียนรู้ให้ครบทุกการใช้งานก่อนเข้าทำกิจกรรมต่อในแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงในระดับง่าย หากมีการลืมการใช้งานระหว่างการทำกิจกรรมผู้วิจัยและผู้ช่วยจะอธิบายให้ผู้เข้าร่วมฟัง

เมื่อผู้เข้าร่วมเข้าสู่ระบบของแอปพลิเคชันจะมีหน้าแรกของแอปพลิเคชันแสดงขึ้นมาตามรูปที่ 4.8 ซึ่งผู้เข้าร่วมจะถูกสอนวิธีการใช้งานระบบผ่านวิธีการเล่นโดยจะมีการสอนวิธีการกดปุ่มต่าง ๆ การเปิดหน้าต่างของกระเป๋า การหยิบสิ่งของ การวางสิ่งของ การยืนยันการวางสิ่งของ และการเปลี่ยนห้อง หลังจากจบการสอนการใช้งานระบบผู้เข้าร่วมจะกลับมาที่หน้าแรกของแอปพลิเคชัน ซึ่งมีระดับความยาก 3 ระดับ ในแต่ละระดับจะมีจำนวนสิ่งของแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 จำนวนสิ่งของในแต่ละระดับความยากของกิจกรรมในแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง

ระดับความยาก		
ง่าย	**ปานกลาง**	**ยาก**
5 ชิ้น	7 ชิ้น	10 ชิ้น

สำหรับงานวิจัยการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานนี้จะเลือกใช้ระดับง่าย หลังจากเลือกระดับแล้วผู้เข้าร่วมจะต้องทำการกดปุ่มเริ่ม เพื่อทำกิจกรรมถัดไป

รูปที่ 4.8 หน้าแรกของแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง

หลังจากกดปุ่มเริ่ม ระบบจะทำการสุ่มสิ่งของทั้งหมด 15 ชิ้น จากทั้งหมด 77 ชิ้น โดยสิ่งของภายในระบบจะถูกแบ่งออกเป็นหมวดตามการใช้งานภายในแต่ละห้อง ซึ่งผู้วิจัยได้จัดแบ่งหมวดหมู่สิ่งของเป็นสองประเภท คือ สิ่งของที่มีนัยสำคัญกับห้อง เช่น สบู่ แปรงสีฟัน (สัมพันธ์กับห้องน้ำ) ผงซักฟอก (สัมพันธ์กับห้องซักผ้า) หม้อ ช้อน (สัมพันธ์กับห้องครัว) และสิ่งของที่ไม่มีนัยสำคัญกับห้อง เช่น หนังสือ แจกัน เป็นต้น ดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สิ่งของในแต่ละห้อง

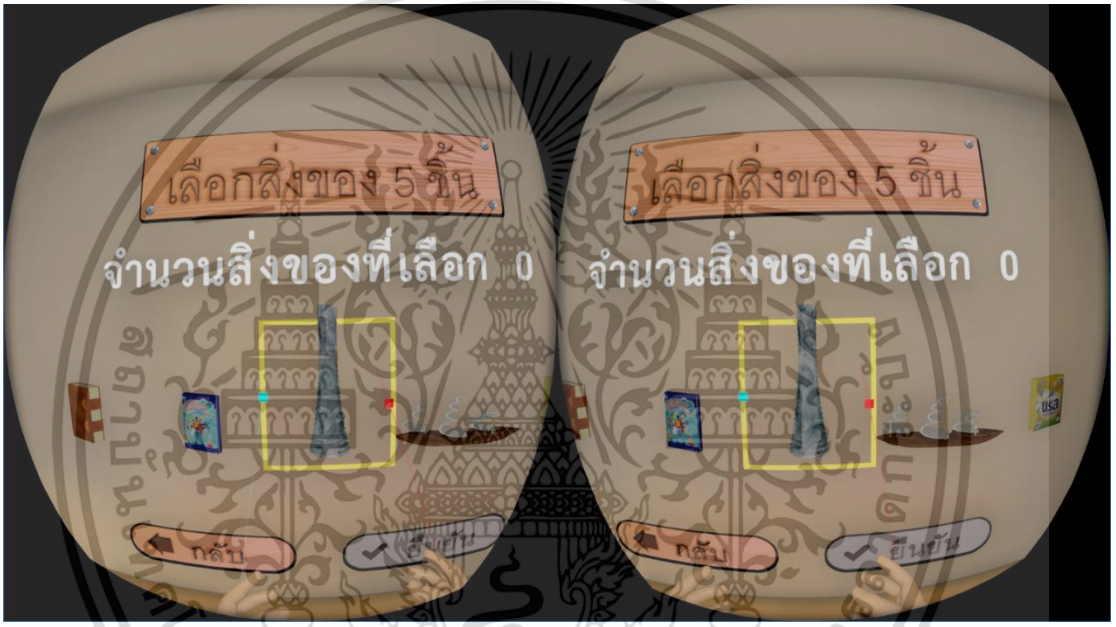
ห้องน้ำ	ห้องนอน	ห้องครัว	ห้องซักผ้า	ห้องนั่งเล่น	สิ่งของที่ไม่มีนัยสำคัญกับห้อง
สบู่ก้อน	ไม้แขวนเสื้อ 2 แบบ	เขียง	ผงซักฟอก 6 ยี่ห้อ	กรอบรูป 5 แบบ	ลูกบอล
ขวดสบู่เหลว	เมาส์ 2 ยี่ห้อ	ตะเกียบ	ผ้าขนหนู 6 สี	หมอน 2 แบบ	โมเดลเรือ 2 แบบ
หินขัดผิว	คีย์บอร์ด	ลูกแอปเปิ้ล			หนังสือ 11 แบบ
แชมพู 3 ยี่ห้อ	แฟ้มเอกสาร 2 สี	ขนมปัง			ขวดไวน์
กระดาษชำระ		เหยือกน้ำ 2 แบบ			กล้องถ่ายรูป
แปรงสีฟัน 2 สี		ครก			เทียน
ยาสีฟัน 3 ยี่ห้อ		หม้อ			แก้วกาแฟ
		ช้อน			ไดฟ์เป่าผม 2 สี
					แก้วน้ำ
					โทรศัพท์มือถือ
					กระบอกซุป
					ถาด
					แจกัน 4 แบบ
					แหวน
					แก้วไวน์

ตารางที่ 4.3 จำนวนสิ่งของที่สุ่มออกมากับจำนวนสิ่งของทั้งหมดสิ่งของในแต่ละห้อง

	ห้องน้ำ	ห้องนอน	ห้องครัว	ห้องซักผ้า	ห้องนั่งเล่น	สิ่งของที่ไม่มีนัยสำคัญกับห้อง
จำนวนสิ่งของที่สุ่มออกมา	2	1	1	2	1	8
จำนวนสิ่งของทั้งหมด	12	7	9	12	7	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

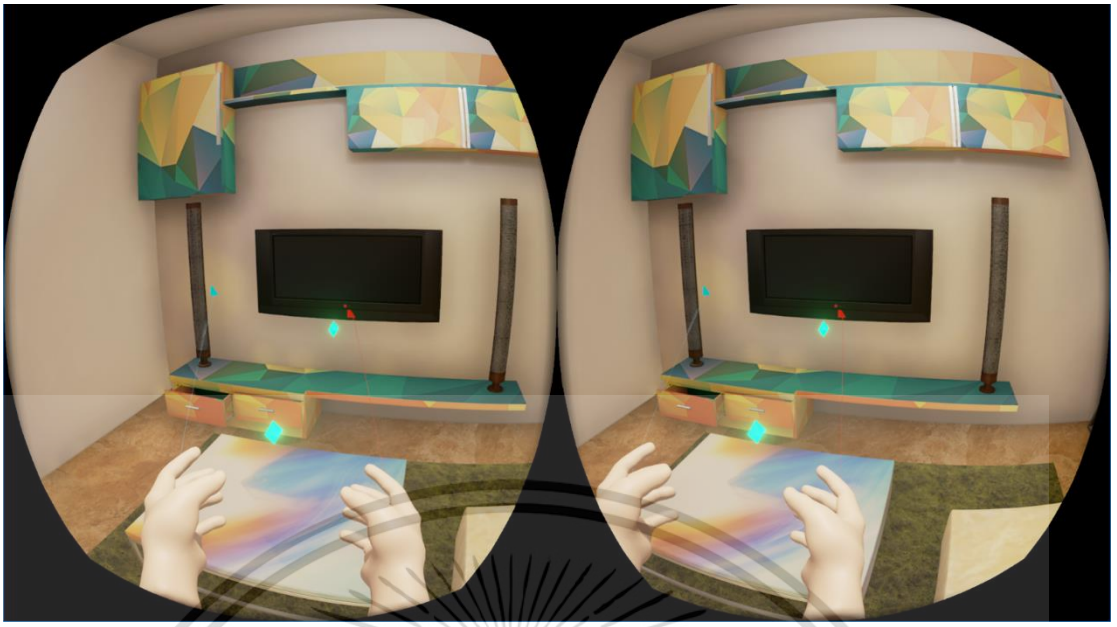
ผู้เข้าร่วมสามารถเลือกสิ่งของชิ้นใดก็ได้ตามความต้องการของตัวผู้เข้าร่วมเอง การเลือกจะใช้จุดสีแดงชี้ไปที่สิ่งของ สิ่งของที่ถูกชี้จะมีกรอบสีเหลืองแสดงขึ้นมาตามรูปที่ 4.9 และถ้าทำการกดปุ่มที่ใช้สำหรับเลือกสิ่งของ สิ่งของชิ้นนั้นจะมีกรอบสีเขียวแสดงขึ้นมา เพื่อเป็นการบอกถึงสิ่งของชิ้นนั้นถูกเลือก หากไม่ต้องการเลือกสิ่งของชิ้นนั้นแล้วให้ใช้จุดสีแดงชี้ไปที่สิ่งของชิ้นนั้นและทำการกดปุ่มเลือกอีกครั้งกรอบสีเขียวจะหายไป โดยสิ่งของจะถูกแสดงรอบตัวผู้เข้าร่วมใน 3 ด้าน ด้านละ 5 ชิ้น คือ ด้านซ้าย ตรงกลาง และขวา ซึ่งในรูปที่ 4.9 แสดงสิ่งของด้านตรงกลาง หลังจากเลือกสิ่งของครบทั้ง 5 ชิ้น ผู้เข้าร่วมจะสามารถกดปุ่มยืนยัน เพื่อทำกิจกรรมถัดไป หรือสามารถกดปุ่มกลับเพื่อกลับไปหน้าหลัก



รูปที่ 4.9 หน้าเลือกสิ่งของ

หลังจากกดปุ่มยืนยัน ผู้เข้าร่วมจะถูกส่งไปในห้องที่จำลองขึ้นสำหรับทำกิจกรรมการหยิบและวางสิ่งของบนเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งห้องแรกที่ผู้เข้าร่วมจะพบ คือ ห้องนั่งเล่น วัตถุสีเขียวเรืองแสงที่แสดงในรูปที่ 4.10 บ่งบอกถึงว่าเฟอร์นิเจอร์ชิ้นไหนในห้องสามารถวางสิ่งของได้ แผนผังของห้องต่าง ๆ ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 4.11 ผู้เข้าร่วมจะทราบเพียงว่ามีห้องน้ำ ห้องครัว ห้องซักผ้า ห้องนั่งเล่น และห้องนอน แต่ไม่ทราบแผนผังของห้อง โดยการเปลี่ยนห้องจะใช้จุดสีฟ้าที่ควบคุมด้วยมือซ้าย ชี้ไปที่ประตูห้อง หลังจากนั้นจะมีภาพของสถานที่ในห้องนั้นออกมา เพื่อให้รู้ว่าประตูบานดังกล่าวเชื่อมไปที่ห้องใด ยกตัวอย่าง ห้องนอนเมื่อถูกจุดสีฟ้าชี้จะมีภาพเตียงขึ้นมาที่บานประตู โดยผู้วิจัยได้ทำการอธิบายเพิ่มเติมว่าภาพใดเป็นห้องใดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ห้องนั่งเล่น

รูปที่ 4.11 แผนผังของห้องในแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง กรอบสีแดงของรูปด้านซ้ายล่างแสดงประตูที่ใช้เปิดเพื่อเข้าสู่การทำแบบประเมินผลหลังจากทำกิจกรรมวางสิ่งของเสร็จสิ้น

สำหรับการทำกิจกรรมหยิบและวางสิ่งของ เมื่อผู้เข้าร่วมต้องการทำการหยิบสิ่งของจะต้องทำการกดปุ่มเปิดกระเป๋าด้วยมือขวา ซึ่งจะมีหน้าต่างของกระเป๋าแสดงขึ้นมาพร้อมกับสิ่งของที่ผู้เข้าร่วมเลือกในตอนแรกตามรูปที่ 4.12 ผู้เข้าร่วมสามารถเลือกสิ่งของชิ้นใดก็ได้ เพื่อที่จะหยิบและนำไปวาง โดยการหยิบสิ่งของต้องทำการเอื้อมมือขวาไปให้ถึงสิ่งของและทำการกดปุ่มหยิบสิ่งของค้างไว้ เพื่อจำลองการหยิบสิ่งของไว้ในมือ หากมีการปล่อยมือจากปุ่มหยิบของก่อนจุดสีแดงจะชี้ไปที่ตำแหน่งของเฟอร์นิเจอร์ที่สามารถวางสิ่งของได้ สิ่งของจะถูกเก็บเข้าไปในกระเป๋า ซึ่งต้องทำการเปิดหน้าต่างกระเป๋าและทำการหยิบใหม่ แต่ถ้าจุดสีแดงชี้ไปที่ตำแหน่งของเฟอร์นิเจอร์ที่สามารถวางสิ่งของได้จุดสีแดงจะเปลี่ยนเป็นจุดสีแดงวงใหญ่ตามรูปที่ 4.13 และถ้าปล่อยปุ่มหยิบของจะมีหน้าต่างการยืนยันการวางสิ่งของแสดงขึ้นมาตามรูปที่ 4.14 หากทำการกดปุ่มยืนยันสิ่งของจะถูกนำไปวางที่

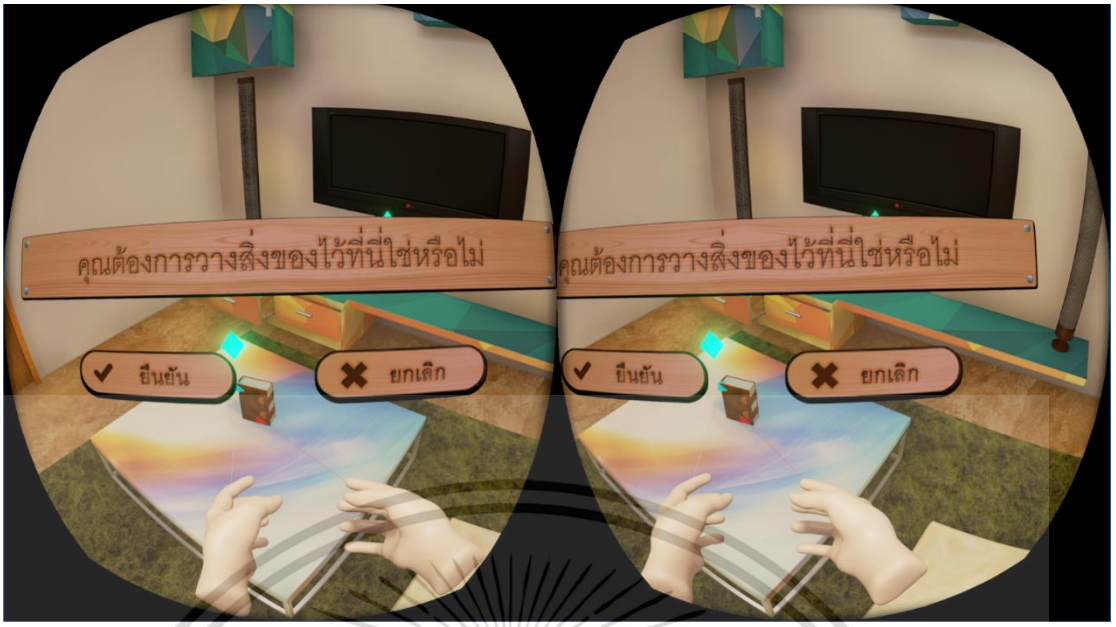
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟอร์นิเจอร์ชิ้นนั้นและไม่สามารถเปลี่ยนที่วางได้ แต่ถ้ากดปุ่มยกเลิกสิ่งของจะถูกเก็บเข้ากระเป๋า ซึ่งต้องทำการเปิดกระเป๋าและหยิบสิ่งของใหม่ ผู้เข้าร่วมสามารถวางสิ่งของบนเฟอร์นิเจอร์ชิ้นใดก็ได้ในแต่ละห้อง (เฟอร์นิเจอร์ที่มีวัตถุสีเขียวเรืองแสง) ระบบไม่ได้กำหนดว่าสิ่งของชิ้นใดจะต้องอยู่ห้องใด แต่ระหว่างการทำกิจกรรมหยิบและวางสิ่งของผู้เข้าร่วมต้องใช้ทักษะความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ในการจดจำสิ่งของและเชื่อมโยงสิ่งของที่นำไปวางกับสถานที่ หลังจากการทำกิจกรรมการหยิบและวางสิ่งของครบจำนวน 5 ชิ้น ผู้เข้าร่วมจะต้องกลับมาที่ห้องนั่งเล่นและทำการเปลี่ยนห้องโดยใช้บานประตูที่ตีกรอบสีแดงที่แสดงในรูปที่ 4.11 ด้านซ้าย เพื่อทำกิจกรรมถัดไป

รูปที่ 4.12 หน้าแสดงสิ่งของ

รูปที่ 4.13 การหยิบและวางสิ่งของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 การยืนยันการวางสิ่งของ

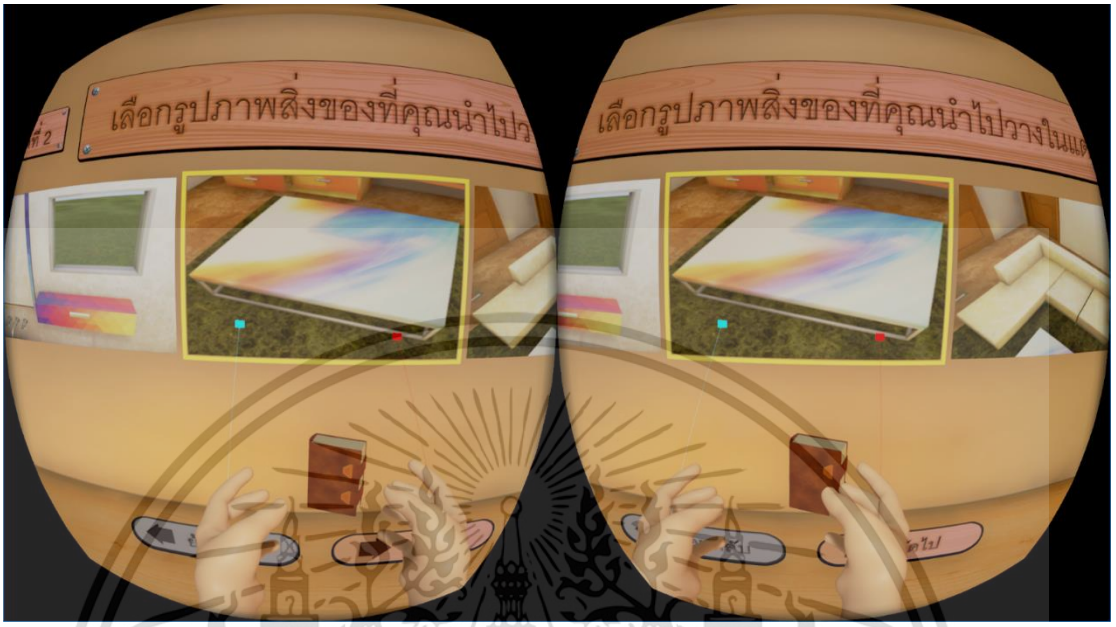
เมื่อผู้เข้าร่วมเปลี่ยนห้องจากบานประตูที่มีกรอบสีแดงในรูปที่ 4.11 ด้านซ้าย ผู้เข้าร่วมจะถูกส่งไปที่ห้องว่าง โดยมีการจับเวลาเพื่อให้ทบทวนความจำในระบบเป็นเวลา 10 วินาที หลังจากนั้นจะเข้าสู่กิจกรรมการทำแบบประเมินผล

รูปที่ 4.15 แบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น

สำหรับแบบประเมินผลที่ 1 เป็นแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น โดยผู้เข้าร่วมจะต้องเลือกสิ่งของให้ตรงกับสิ่งของที่ผู้เข้าร่วมเลือกในตอนแรกจำนวน 5 ชิ้น โดยการใช้มือขวา จุดสีแดงชี้ไปที่สิ่งของและกดปุ่มเลือกสิ่งของ หรือหากต้องการยกเลิกสิ่งของก็ให้กดปุ่มเลือกสิ่งของชิ้นนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

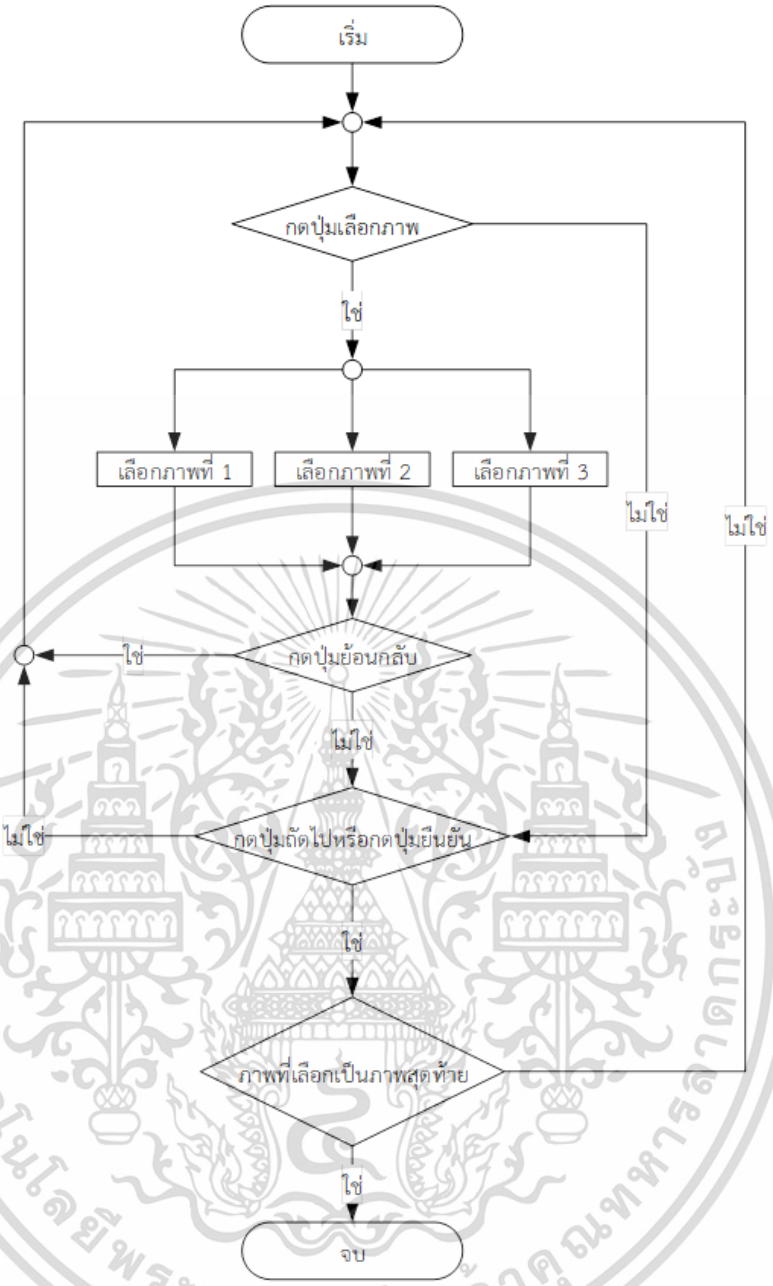
อีกครั้ง เมื่อทำการเลือกครบตามจำนวนผู้เข้าร่วมจะสามารถกดปุ่มยืนยันในรูปที่ 4.15 เพื่อไปทำแบบประเมินผลที่ 2



รูปที่ 4.16 แบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

สำหรับแบบประเมินผลที่ 2 เป็นแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ผู้เข้าร่วมจะต้องเลือกภาพสถานที่ที่นำสิ่งของที่แสดงใต้ภาพไปวางไว้ จากตัวเลือก 3 ตัวเลือก ดังแสดงในรูปที่ 4.16 ภาพตัวเลือกจะถูกสุ่มจากภาพเฟอร์นิเจอร์ทั้งหมดที่สามารถวางสิ่งของได้ (เฟอร์นิเจอร์ที่มีวัตถุสีเขียวเรืองแสง) โดยจะมี 1 ตัวเลือกที่ผู้เข้าร่วมได้นำสิ่งของที่แสดงใต้ภาพไปวางไว้จริง การเลือกตอบภาพเฟอร์นิเจอร์สามารถใช้จุดสีแดงชี้ไปที่ภาพ ภาพจะมีกรอบสีเหลืองล้อมรอบและทำการกดปุ่มเลือก หลังจากเลือกแล้วจะมีกรอบสีเขียวล้อมรอบแสดงผลว่าภาพนั้นถูกเลือก หากต้องการเปลี่ยนตัวเลือกให้ใช้จุดสีแดงชี้ที่ภาพอื่นและกดปุ่มเลือก จากนั้นทำการกดปุ่มถัดไป (ปุ่มด้านล่างขวาในรูปที่ 4.16) โดยใช้จุดสีแดงชี้ที่ปุ่มถัดไปและทำการกดปุ่ม เมื่อถึงสิ่งของชิ้นสุดท้ายตัวเลือกถัดไปจะเปลี่ยนเป็นปุ่มยืนยัน ถ้าหากต้องการแก้ไขสามารถกดปุ่มย้อนกลับได้ (ปุ่มด้านล่างซ้ายในรูปที่ 4.16) หลังจากกดปุ่มยืนยันแล้วจะมีการเฉลยคำตอบและคะแนนของแบบประเมินผลทั้ง 2 แบบ โดยผังการทำแบบประเมินผลที่ 2 ของผู้เข้าร่วมแสดงในรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ผังการทำแบบประเมินผลที่ 2 ของผู้เข้าร่วม

หลังจากที่ผู้เข้าร่วมใช้งานแอปพลิเคชันจะมีการเก็บข้อมูลการใช้งานต่าง ๆ รวมถึงเวลาที่ทำกิจกรรมในแต่ละจุด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานต่อ สำหรับการคิดคะแนนของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ จะใช้วิธีคิดจากจำนวนของสิ่งของ ซึ่งมีจำนวน 5 ชิ้น ดังนั้นแต่ละแบบประเมินจะมีคะแนนเต็ม 5 คะแนน ในแบบประเมินผลที่ 1 สิ่งของแต่ละชิ้นที่ผู้เข้าร่วมเลือกจะมีคะแนน 1 คะแนนต่อชิ้น ถ้าเลือกได้ตรงกับที่ผู้เข้าร่วมเลือกในตอนแรกจะได้รับ 1 คะแนนต่อชิ้น สำหรับแบบประเมินผลที่ 2 ถ้าภาพสถานที่ที่ผู้เข้าร่วมเลือกตรงกับสถานที่ที่ถูกวางสิ่งของ จะได้รับ 1 คะแนนต่อภาพสถานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันกับทักษะของสมอง

หลังจากได้ข้อมูลจากการใช้งาน ข้อมูลจะถูกนำมาเตรียมใหม่ เพื่อใช้สำหรับการสร้างตัวทำนายผล โดยสร้างตัวทำนายพื้นฐานและตัวทำนายจากอัลกอริทึมของการเรียนรู้เครื่องจักร เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ผลต่อ ซึ่งลักษณะของข้อมูลจะมีลักษณะตามภาพด้านล่างต่อไปนี้

```
Item 13 Mar 7, 2018, 10:34:00 AM
Item 66 Mar 7, 2018, 10:34:00 AM
Item 42 Mar 7, 2018, 10:34:00 AM
LivingRoomLevel Mar 7, 2018, 10:34:01 AM
OpenBag Mar 7, 2018, 10:35:02 AM
GrabItem Phone_C Mar 7, 2018, 10:35:20 AM
CloseBag Mar 7, 2018, 10:35:20 AM
ReleaseButton Item Phone_C Mar 7, 2018, 10:35:25 AM
OpenBag Mar 7, 2018, 10:35:29 AM
GrabItem Phone_C Mar 7, 2018, 10:35:32 AM
CloseBag Mar 7, 2018, 10:35:32 AM
ReleaseButton Item Phone_C Mar 7, 2018, 10:35:34 AM
```

รูปที่ 4.18 ข้อมูลพฤติกรรมการใช้งาน

รูปที่ 4.18 แสดงข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานของผู้เข้าร่วม โดยลักษณะของข้อมูลจากระบบแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกแสดงพฤติกรรมการโต้ตอบ, การใช้งาน หรือการทำงานของระบบ ส่วนที่ 2 แสดงวัน เดือน ปี และเวลาของกิจกรรมที่เกิดขึ้น วิธีการสกัดคุณลักษณะจากข้อมูลจะสกัดตามแนวคิดของ pseudo code ที่แสดงในรูปที่ 4.19 ข้อมูลเหล่านี้จะถูกสกัดคุณลักษณะของพฤติกรรมการใช้งานออกมาเป็น 10 คุณลักษณะ ร่วมกับภูมิหลังของผู้เข้าร่วมอีก 2 คุณลักษณะ คือ อายุและจำนวนปีการศึกษาในระบบ รวมเป็น 12 คุณลักษณะ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 คุณลักษณะทั้ง 12 คุณลักษณะ

คุณลักษณะที่	คำอธิบายคุณลักษณะ
1	ลำดับของวางสิ่งของที่ผู้เข้าร่วมเลือกเป็นชิ้นแรก
2	ลำดับของวางสิ่งของที่ผู้เข้าร่วมเลือกเป็นชิ้นสุดท้าย
3	จำนวนครั้งที่มากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมเข้าไปในห้องหนึ่ง (ยกเว้นห้องนั่งเล่น เนื่องจากเป็นห้องเชื่อมต่อกับห้องอื่น)
4	จำนวนครั้งที่ผู้เข้าร่วมกดเปิดประตูไปห้องนั่งเล่น
5	จำนวนสิ่งของที่มากที่สุดที่ถูกวางไว้ในห้องใดห้องหนึ่ง
6	จำนวนห้องที่ผู้เข้าร่วมไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) คุณลักษณะทั้ง 12 คุณลักษณะ

คุณลักษณะที่	คำอธิบายคุณลักษณะ
7	จำนวนครั้งที่ผิดพลาดจากการวางสิ่งของ (เกิดจากการปล่อยสิ่งของก่อนที่ตัวชี้จะถึงเฟอร์นิเจอร์)
8	จำนวนครั้งของการเปลี่ยนห้อง
9	เวลาที่มากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมอยู่ในห้องใดห้องหนึ่ง
10 (แบบประเมินผลที่ 1)	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น
10 (แบบประเมินผลที่ 2)	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์
11	อายุ
12	จำนวนปีการศึกษา

ข้อมูลทั้ง 12 คุณลักษณะใช้เป็นข้อมูลขาเข้า ส่วนคะแนนจากแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์เป็นข้อมูลขาออก โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองของความจำภาพระยะสั้นและแบบจำลองของการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ หลังจากการเตรียมข้อมูล ข้อมูลจะถูกนำเข้าสู่วิธีการทำนายผลผ่าน 3 เทคนิค ได้แก่ ค่าเฉลี่ย การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์

```
track "choose item" stage from user
keep list of chosen item
loop
    if "room" stage :
        keep type of room in list and room time in list
    else if "release grab button before placing item" :
        keep mistake
    else if "placing" stage :
        if "confirm placing item" stage :
            keep order of placing item
            keep number of item in each room
        else if "cancel placing item" stage :
            keep mistake
find position of first item form list of chosen item and placing item (feature 1)
find position of final item from list of chosen item and placing item (feature 2)
find most number of one room excluding living room from type of room list (feature 3)
find number of living room from type of room list (feature 4)
find max item in one room from type of room list (feature 5)
find number of room from type of room list (feature 6)
count all mistake (feature 7)
count room from type of room list (feature 8)
find max time in one room (feature 9)
track "start assessment" stage
keep start time
track "finish assessment" stage
keep finish time
calculate assessment time from start time and finish time (feature 10)
```

รูปที่ 4.19 pseudo code ของการสกัดคุณลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การทำนายผลโดยค่าเฉลี่ย

สำหรับแบบจำลองค่าเฉลี่ยจะทำนายชุดข้อมูลทดสอบด้วยค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลที่ใช้ในการสอน ซึ่งค่าเฉลี่ยไม่ได้ใช้คุณลักษณะทั้ง 12 คุณลักษณะ จะใช้เพียงผลคะแนนจากแบบประเมินผลเท่านั้น โดยแบบจำลองจะถูกสร้างออกเป็น 2 แบบ แบบที่หนึ่งจะเป็นการทำนายข้อมูลของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นและแบบจำลองที่สองจะเป็นการทำนายข้อมูลของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ โดย pseudo code ของการทำนายข้อมูลโดยค่าเฉลี่ยถูกแสดงในรูปที่ 4.20

```
load visual_model dataset
load visuospatial_model dataset
model1 = split visual_model dataset by Leave-one-out cross-validation
model2 = split visuospatial_model dataset by Leave-one-out cross-validation

loop train_index , test_index in model1
    predict_visual_model = mean of assessment_visual in train_index
    keep predict_visual_model in list of predictive value
    keep actual_visual_model from test_index in list of actual value

loop train_index , test_index in model2
    predict_visuospatial_model = mean of assessment_visuospatial in train_index
    keep predict_visuospatial_model in list of predictive value
    keep actual_visuospatial_model from test_index in list of actual value

find Root Mean Square Error of visual_model from predict_visual_model list and actual_visual_model list
find Root Mean Square Error of visuospatial_model from predict_visuospatial_model list and actual_visuospatial_model list
```

รูปที่ 4.20 pseudo code ของการทำนายค่าเฉลี่ย

4.2.2 การทำนายข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจะทำนายข้อมูลโดยใช้คุณลักษณะทั้ง 12 คุณลักษณะ สร้างแบบจำลอง 2 แบบ เช่นเดียวกับการทำนายค่าเฉลี่ย คือ แบบจำลองสำหรับแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นและแบบจำลองสำหรับแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ สำหรับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจะใช้ชุดคำสั่งจาก scikit-learn ซึ่งเป็นชุดคำสั่งเกี่ยวกับการเรียนรู้เครื่องจักรในภาษาไพทอน (python) [18] สำหรับก่อนการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายข้อมูลจำเป็นต้องทำข้อมูลให้เป็นปกติ (normalization) โดยใช้ Z-score ซึ่งมีสมการดังต่อไปนี้

$$z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} \tag{4.1}$$

เมื่อ z_i คือ Z-score แต่ละคุณลักษณะชุดข้อมูลที่ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะ

x_i คือ ค่าของชุดข้อมูลที่ i

σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

pseudo code ของการทำนายข้อมูลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นถูกแสดงในรูปที่ 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
load visual_model dataset
load visuospatial_model dataset
model1 = split visual_model dataset by Leave-one-out cross-validation
model2 = split visuospatial_model dataset by Leave-one-out cross-validation

loop train_index , test_index in model1
    normalize train_index by Z-score
    normalize test_index by Z-score
    fit linear regression model by train_index
    predict_visual_model = predict test_index by linear regression model
    keep predict_visual_model in list of predictive value
    keep actual_visual_model from test_index in list of actual value

loop train_index , test_index in model2
    normalize train_index by Z-score
    normalize test_index by Z-score
    fit linear regression model by train_index
    predict_visuospatial_model = predict test_index by linear regression model
    keep predict_visuospatial_model in list of predictive value
    keep actual_visuospatial_model from test_index in list of actual value

find Root Mean Square Error of visual_model from predict_visual_model list and actual_visual_model list
find Root Mean Square Error of visuospatial_model from predict_visuospatial_model list and actual_visuospatial_model list
```

รูปที่ 4.21 pseudo code ของการทำนายข้อมูลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

4.2.3 การทำนายข้อมูลด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์จะนำมาใช้ในการทำนายข้อมูลที่ใช้คุณลักษณะทั้ง 12 คุณลักษณะ และสร้างแบบจำลอง 2 แบบ เช่นเดียวกับการทำนายด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น แต่แบบจำลองแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ในแกนเชิงเส้นได้มีการปรับพารามิเตอร์ C โดยช่วงของการปรับจะอยู่ระหว่าง 10^{-6} และ 10^{4} ซึ่งจะใส่ค่าในชุดคำสั่งในแต่ละครั้งเป็นกำลังของ 10 ในรูปแบบ $\{10^{-6}, 10^{-5}, \ldots, 10^{3}, 10^{4}\}$ โดยต้องทำทั้ง 2 แบบจำลอง ทั้งในแบบจำลองความจำภาพระยะสั้นและแบบจำลองการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ C ที่ทำให้ค่าความผิดพลาดที่ได้ออกมามีค่าต่ำที่สุดในแต่ละแบบจำลอง และใช้ค่าพารามิเตอร์ ε เท่ากับ 0.1 ซึ่งเป็นค่าตั้งต้นของชุดคำสั่ง สำหรับแบบจำลองแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ในแกนเชิงเส้นจะใช้ชุดคำสั่งของ scikit-learn และการทำข้อมูลให้เป็นปกติใช้ Z-score เหมือนกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดย pseudo code ของการทำนายข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ถูกแสดงในรูปที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
load visual_model dataset
load visuospatial_model dataset
model1 = split visual_model dataset by Leave-one-out cross-validation
model2 = split visuospatial_model dataset by Leave-one-out cross-validation

loop train_index , test_index in model1
    normalize train_index by Z-score
    normalize test_index by Z-score
    loop power of 10 in range (-6,4)
        set C parameter, linear kernel of Support Vector Regression
        fit linear Support Vector Regression model by train_index
        predict_visual_model = predict test_index by linear regression model
        keep predict_visual_model in list of predictive value
        keep actual_visual_model from test_index in list of actual value
find Mean Square Error for each C parameter from predict_visual_model list and actual_visual_model list
find the lowest Mean Square Error in visual_model

loop train_index , test_index in model2
    normalize train_index by Z-score
    normalize test_index by Z-score
    loop power of 10 in range (-6,4)
        set C parameter, linear kernel of Support Vector Regression
        fit linear Support Vector Regression model by train_index
        predict_visuospatial_model = predict test_index by linear regression model
        keep predict_visuospatial_model in list of predictive value
        keep actual_visuospatial_model from test_index in list of actual value
find Mean Square Error for each C parameter from predict_visuospatial_model list and actual_visuospatial_model list
find the lowest Mean Square Error in visuospatial_model

find Root Mean Square Error of visual_model from the lowest Mean Square Error in visual_model
find Root Mean Square Error of visuospatial_model from the lowest Mean Square Error in visuospatial_model
```

รูปที่ 4.22 pseudo code ของการทำนายข้อมูลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ในบทที่ 5 จะกล่าวถึงการทดลอง ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลจากพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมผ่านแบบจำลองที่ได้จากการเรียนรู้เครื่องจักร เพื่อดูถึงปัจจัยที่มีผลต่อทักษะของสมองในด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ค่าเฉลี่ยจะเป็นตัวช่วยสำหรับการอ้างอิงว่าพฤติกรรมอาจจะมีผลหรือไม่มีผลกับคุณลักษณะที่ใช้ในแบบจำลองอื่น ๆ โดยการเปรียบเทียบค่ารากที่สองค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง เพื่อดูความผิดพลาดของแต่ละแบบจำลอง หลังจากนั้นจะทำการวิเคราะห์น้ำหนักในแต่ละคุณลักษณะว่ามีผลอย่างไรในแต่ละทักษะของสมอง นอกจากนี้จะดูผลของแบบประเมินผลทางด้านความพึงพอใจ เพื่อสำรวจความพึงพอใจที่ได้รับจากผู้เข้าร่วม

สำหรับในส่วนของการทดลองและผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิคการทำนายผลทั้ง 3 เทคนิค และการวิเคราะห์ผลความพึงพอใจ

5.1 การเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มผู้สูงอายุในวัยเกษียณ ที่อายุมากกว่าหรือเท่ากับ 55 ปี ไม่มีปัญหาสุขภาพด้านการใช้มือ ตาบอด หูหนวก รวมทั้งอาการแพ้อุปกรณ์สวมใส่ศีรษะ ซึ่งข้อมูลผู้เข้าร่วมถูกแสดงในตารางที่ 5.1 โดยตารางที่ 5.1 มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.1

$$\text{S.E.} = \frac{s}{\sqrt{n}} \tag{5.1}$$

เมื่อ S.E. คือ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)

s คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n คือ จำนวนข้อมูล

ตารางที่ 5.1 คุณลักษณะของกลุ่มผู้เข้าร่วม

คุณลักษณะ			
เพศ		**ค่าเฉลี่ยอายุ**	**ค่าเฉลี่ยจำนวนปีการศึกษาในระบบ**
ชาย	**หญิง**	**(ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)**	**(ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)**
9	23	65.00 (1.60)	11.22 (0.97)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เข้าร่วมมีทั้งหมด 32 คน เป็นเพศชายจำนวน 9 คน เพศหญิงจำนวน 23 คน ช่วงอายุของผู้เข้าร่วมอยู่ระหว่าง 55 ถึง 91 ปี มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.07 สำหรับช่วงจำนวนปีการศึกษาในระบบอยู่ระหว่าง 0 ถึง 19 ปี มีค่าส่วนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.50 ผู้เข้าร่วมจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระบบ ทั้งวัตถุประสงค์ การใช้งานอุปกรณ์แว่นตาสามมิติและการอุปกรณ์ควบคุม การใช้งานระบบ ซึ่งได้ถูกออกแบบไว้ภายในแอปพลิเคชัน หลังจากการสอนการใช้งานระบบผู้เข้าร่วมจะได้รับการอธิบายกิจกรรมที่ต้องทำ เริ่มจากการเลือกสิ่งของ 5 ชิ้นจาก 15 ชิ้น หยิบและวางสิ่งของทั้ง 5 ชิ้น จากนั้นทำแบบประเมินผลทั้ง 2 แบบ ระหว่างการทำกิจกรรมผู้เข้าร่วมจะอยู่ภายใต้การดูแลผู้ฝึกสอน โดยผู้เข้าร่วมสามารถถามเกี่ยวกับการใช้งานอุปกรณ์ได้ แต่การจดจำสิ่งของและสถานที่ที่วางสิ่งของผู้เข้าร่วมต้องจดจำเอง ซึ่งจะเก็บผลการทดสอบการใช้งานเพียงครั้งแรก เพื่อหลีกเลี่ยงเลี่ยงผลจากประสบการณ์การเรียนรู้ (learning experience) หลังจากที่ได้ข้อมูลจากการใช้งานแอปพลิเคชันและภูมิหลังของผู้เข้าร่วมจะถูกนำไปสกัดคุณลักษณะทั้ง 12 คุณลักษณะ ก่อนนำไปใช้สร้างแบบจำลองสำหรับทำนายผลแบบประเมินโดยเทคนิคต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ผลของพฤติกรรมต่อ โดยข้อมูลที่ได้จากคุณลักษณะทั้ง 12 คุณลักษณะ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะจากตารางที่ ค.2

คุณลักษณะ	**ค่าเฉลี่ยจากการแปลงข้อมูลพฤติกรรมเป็นคุณลักษณะของผู้เข้าร่วม**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**
1	2.94	1.54
2	3.16	1.14
3	2.31	1.45
4	4.09	1.63
5	2.72	0.99
6	3.81	1.20
7	2.56	2.14
8	7.88	4.43
9	206.81	70.55
10 (แบบประเมินผลที่ 1)	65.19	29.85
10 (แบบประเมินผลที่ 2)	133.69	80.23
11	65.00	9.07
12	11.22	5.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการทดลองจากเทคนิคการทำนายทั้ง 3 เทคนิค

สำหรับการทำนายผลจากพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันร่วมกับภูมิหลังของผู้เข้าร่วมในเทคนิค การทำนายผลโดยค่าเฉลี่ย การทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น และการทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ มีผลดังต่อไปนี้

5.2.1 การทำนายผลโดยค่าเฉลี่ย

สำหรับการทำนายค่าเฉลี่ยจะแบ่งแบบจำลองออกเป็น 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองค่าเฉลี่ยสำหรับแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นและแบบจำลองค่าเฉลี่ยสำหรับแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

ตารางที่ 5.3 การทำนายค่าเฉลี่ยของแบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้น

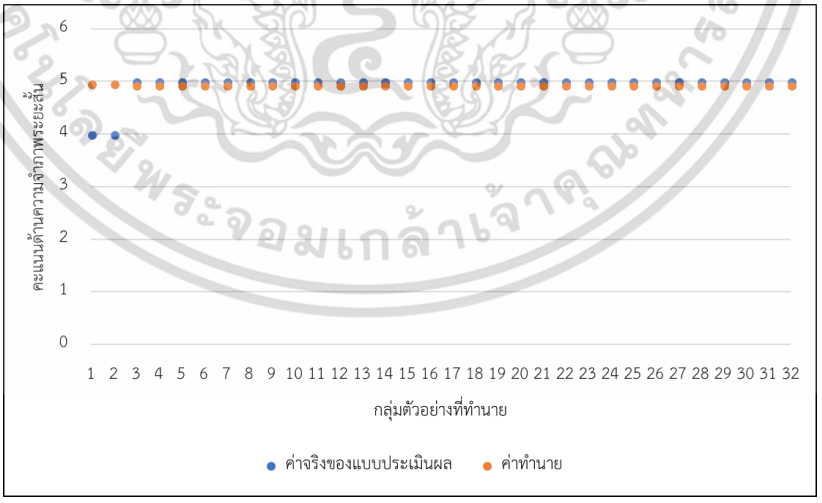
ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น	ค่าทำนายจากวิธีค่าเฉลี่ย
1	4	4.9677
2	4	4.9677
3	5	4.9355
4	5	4.9355
5	5	4.9355
6	5	4.9355
7	5	4.9355
8	5	4.9355
9	5	4.9355
10	5	4.9355
11	5	4.9355
12	5	4.9355
13	5	4.9355
14	5	4.9355
15	5	4.9355
16	5	4.9355
17	5	4.9355
18	5	4.9355
19	5	4.9355
20	5	4.9355

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) การทำนายค่าเฉลี่ยของแบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้น

ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น	ค่าทำนายจากวิธีค่าเฉลี่ย
21	5	4.9355
22	5	4.9355
23	5	4.9355
24	5	4.9355
25	5	4.9355
26	5	4.9355
27	5	4.9355
28	5	4.9355
29	5	4.9355
30	5	4.9355
31	5	4.9355
32	5	4.9355

ค่าทำนายจากวิธีค่าเฉลี่ยได้มาจากการนำคะแนนของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นของผู้เข้าร่วมทั้งหมด ยกเว้นผู้เข้าร่วมที่ต้องการทำนายผล แล้วมาทำการหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 5.1 การทำนายผลโดยค่าเฉลี่ย ด้านความจำภาพระยะสั้น

รูปที่ 5.1 แสดงการทำนายผลคะแนนของแบบประเมินด้านความจำภาพระยะสั้น การทำนายโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าของการทำนายจะอยู่ที่ประมาณใกล้ 5 คะแนน อยู่ในช่วงของค่าจริงของแบบประเมินผลในช่วง 4 – 5 ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าจริงของแบบประเมินเท่ากับ 0.2459 ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เท่ากับ 0.0624 และผลของการหาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองของแบบจำลอง (RMSE) มีค่าเท่ากับ 0.2499

ตารางที่ 5.4 การทำนายค่าเฉลี่ยของแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

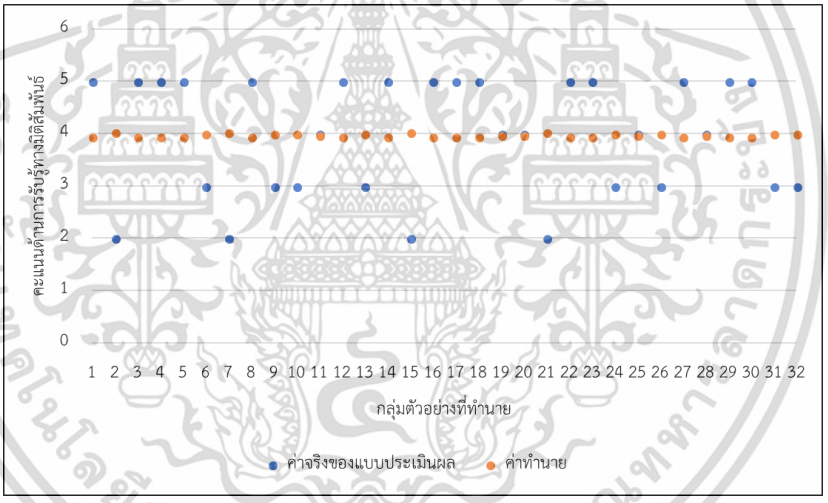
ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์	ค่าทำนายจากวิธีค่าเฉลี่ย
1	5	3.9355
2	2	4.0323
3	5	3.9355
4	5	3.9355
5	5	3.9355
6	3	4.0000
7	2	4.0323
8	5	3.9355
9	3	4.0000
10	3	4.0000
11	4	3.9677
12	5	3.9355
13	3	4.0000
14	5	3.9355
15	2	4.0323
16	5	3.9355
17	5	3.9355
18	5	3.9355
19	4	3.9677
20	4	3.9677
21	2	4.0323
22	5	3.9355
23	5	3.9355
24	3	4.0000
25	4	3.9677
26	3	4.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) การทำนายค่าเฉลี่ยของแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์	ค่าทำนายจากวิธีค่าเฉลี่ย
27	5	3.9355
28	4	3.9677
29	5	3.9355
30	5	3.9355
31	3	4.0000
32	3	4.0000

ค่าทำนายจากวิธีค่าเฉลี่ยได้จากการนำคะแนนของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ของผู้เข้าร่วมทั้งหมด ยกเว้นผู้เข้าร่วมที่ต้องการทำนายผล มาทำการหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 5.2 การทำนายผลโดยค่าเฉลี่ย ด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

รูปที่ 5.2 แสดงการทำนายผลคะแนนของแบบประเมินด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ การทำนายโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าของการทำนายจะอยู่ที่ระดับคะแนนประมาณ 4 คะแนน ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าจริงของแบบประเมินเท่ากับ 1.1212 ผลของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เท่ากับ 1.2976 และผลของการหาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองของแบบจำลอง (RMSE) มีค่าเท่ากับ 1.1391

5.2.2 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

สำหรับการทำนายด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นจะแบ่งแบบจำลองออกเป็น 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นสำหรับแบบประเมินผลด้านความจำภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะสั้นและแบบจำลองด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นสำหรับแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

ตารางที่ 5.5 การทำนายด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นของแบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้น

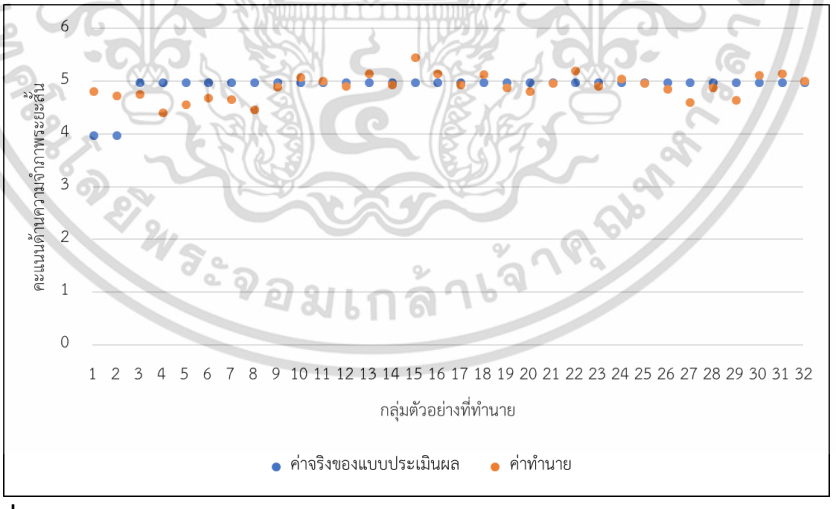
ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น	ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้น
1	4	4.8368
2	4	4.7473
3	5	4.7754
4	5	4.4242
5	5	4.5813
6	5	4.7058
7	5	4.6763
8	5	4.4792
9	5	4.9148
10	5	5.0928
11	5	5.0332
12	5	4.9319
13	5	5.1664
14	5	4.9651
15	5	5.4713
16	5	5.1730
17	5	4.9609
18	5	5.1491
19	5	4.9021
20	5	4.8304
21	5	4.9830
22	5	5.2277
23	5	4.9382
24	5	5.0730
25	5	4.9912
26	5	4.8706

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 (ต่อ) การทำนายด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นของแบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้น

ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น	ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้น
27	5	4.6293
28	5	4.9016
29	5	4.6703
30	5	5.1427
31	5	5.1723
32	5	5.0366

ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้นได้จากการนำข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมทั้งหมด (ข้อมูลจากตารางที่ ค.1 และคุณลักษณะที่ 10 เวลาที่ใช้ในการทำแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น) ยกเว้นผู้ร่วมที่ต้องการทำนายผล เป็นข้อมูลขาเข้าและคะแนนของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นเป็นข้อมูลขาออกสำหรับสอนเครื่องจักรด้วยอัลกอริทึมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้ใส่ข้อมูลของผู้เข้าร่วมที่ต้องการทำนายผล ซึ่งแบบจำลองจะทำนายผลของผู้เข้าร่วมออกมาให้



รูปที่ 5.3 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น ด้านความจำภาพระยะสั้น

รูปที่ 5.3 แสดงการทำนายผลของแบบประเมินด้านความจำภาพระยะสั้น โดยใช้การทำนายการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น ค่าของการทำนายจะอยู่ที่ประมาณใกล้ 5 คะแนน ซึ่งมีทั้งมากกว่า 5 และต่ำกว่า 5 ผลของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เท่ากับ 0.0946 และผลของการหาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองของแบบจำลอง (RMSE) มีค่าเท่ากับ 0.3076

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 การทำนายด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นของแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

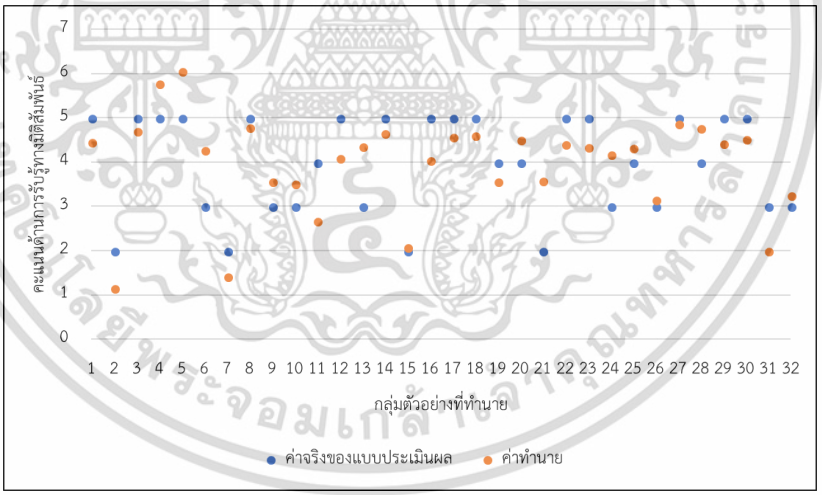
ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์	ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้น
1	5	4.4555
2	2	1.1522
3	5	4.7125
4	5	5.7839
5	5	6.0547
6	3	4.2848
7	2	1.4271
8	5	4.7961
9	3	3.5604
10	3	3.5239
11	4	2.6797
12	5	4.1002
13	3	4.3551
14	5	4.6515
15	2	2.0831
16	5	4.0474
17	5	4.5714
18	5	4.6011
19	4	3.5677
20	4	4.5047
21	2	3.5890
22	5	4.4068
23	5	4.3359
24	3	4.1746
25	4	4.3223
26	3	3.1563
27	5	4.8746
28	4	4.7660

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 (ต่อ) การทำนายด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นของแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์	ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้น
29	5	4.4266
30	5	4.5213
31	3	2.0041
32	3	3.2604

ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้นได้จากการนำข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมทั้งหมด (ข้อมูลจากตารางที่ ค.1 และคุณลักษณะที่ 10 เวลาที่ใช้ในการทำแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์) ยกเว้นผู้ร่วมที่ต้องการทำนายผล เป็นข้อมูลขาเข้า และคะแนนของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์เป็นข้อมูลขาออก สำหรับสอนเครื่องจักรด้วยอัลกอริทึมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้ใส่ข้อมูลของผู้เข้าร่วมที่ต้องการทำนายผล ซึ่งแบบจำลองจะทำนายผลของผู้เข้าร่วมออกมาให้



รูปที่ 5.4 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น ด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

รูปที่ 5.4 แสดงการทำนายผลคะแนนของแบบประเมินด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ การทำนายโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น ค่าของการทำนายมีการกระจายตามค่าจริงของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ผลของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เท่ากับ 0.5840 และผลของการหาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองของแบบจำลอง (RMSE) มีค่าเท่ากับ 0.7642

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 การทำนายด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์

สำหรับการทำนายด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์จะแบ่งแบบจำลองออกเป็น 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์สำหรับแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น และแบบจำลองการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์สำหรับแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

ตารางที่ 5.7 การทำนายด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ของแบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้น

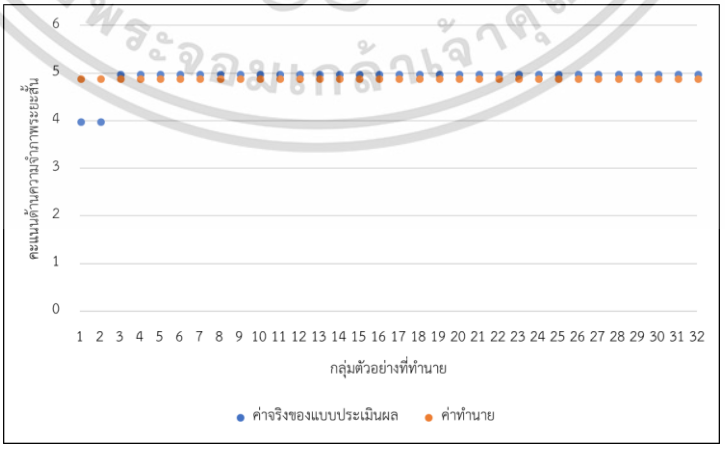
ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น	ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์
1	4	4.8999
2	4	4.8999
3	5	4.9003
4	5	4.8989
5	5	4.9002
6	5	4.9001
7	5	4.9001
8	5	4.8998
9	5	4.8999
10	5	4.9004
11	5	4.9002
12	5	4.9002
13	5	4.9001
14	5	4.9000
15	5	4.9001
16	5	4.9002
17	5	4.9002
18	5	4.9002
19	5	4.9002
20	5	4.9000
21	5	4.9002
22	5	4.9001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 (ต่อ) การทำนายด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ของแบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้น

ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น	ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์
23	5	4.9002
24	5	4.9001
25	5	4.9001
26	5	4.9001
27	5	4.8998
28	5	4.9004
29	5	4.8993
30	5	4.9001
31	5	4.9001
32	5	4.9000

ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ได้จากการนำข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมทั้งหมด (ข้อมูลจากตารางที่ ค.1 และคุณลักษณะที่ 10 เวลาที่ใช้ทำแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น) ยกเว้นผู้ร่วมที่ต้องการทำนายผล เป็นข้อมูลขาเข้า และคะแนนของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นเป็นข้อมูลขาออกสำหรับสอนเครื่องจักรด้วยอัลกอริทึมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้ใส่ข้อมูลของผู้เข้าร่วมที่ต้องการทำนายผล ซึ่งแบบจำลองจะทำนายผลของผู้เข้าร่วมออกมาให้



รูปที่ 5.5 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ด้านความจำภาพระยะสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.5 แสดงการทำนายผลคะแนนของแบบประเมินด้านความจำภาพระยะสั้น ที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ C เท่ากับ 0.0001 การทำนายโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ ค่าของการทำนายจะอยู่ที่ประมาณ 5 คะแนน ผลของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เท่ากับ 0.0600 และผลของการหาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองของแบบจำลอง (RMSE) มีค่าเท่ากับ 0.2449

ตารางที่ 5.8 การทำนายด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ของแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

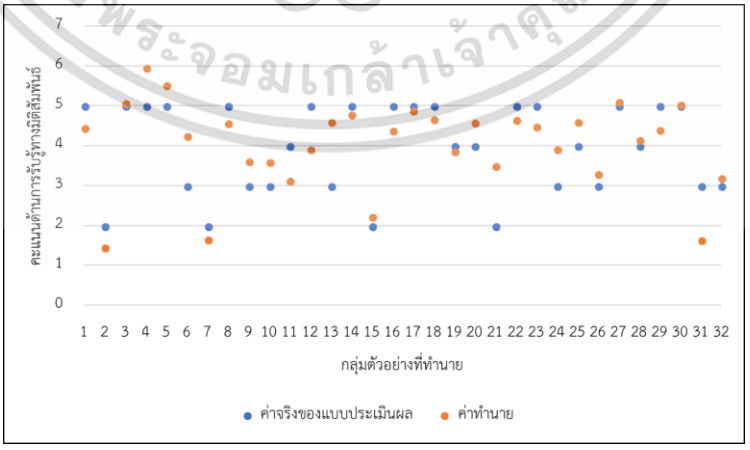
ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์	ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์
1	5	4.4623
2	2	1.4507
3	5	5.0689
4	5	5.9625
5	5	5.5251
6	3	4.2544
7	2	1.6621
8	5	4.5772
9	3	3.6211
10	3	3.6019
11	4	3.1261
12	5	3.9248
13	3	4.5964
14	5	4.7964
15	2	2.2324
16	5	4.3932
17	5	4.8826
18	5	4.6650
19	4	3.8742
20	4	4.5829
21	2	3.4934
22	5	4.6476

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 (ต่อ) การทำนายด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ของแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

ผู้เข้าร่วมคนที่	คะแนนของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์	ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์
23	5	4.4845
24	3	3.9151
25	4	4.5990
26	3	3.2952
27	5	5.1139
28	4	4.1479
29	5	4.4019
30	5	5.0475
31	3	1.6422
32	3	3.2006

ค่าทำนายจากวิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ได้จากการนำข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมทั้งหมด (ข้อมูลจากตารางที่ ค.1 และคุณลักษณะที่ 10 เวลาที่ใช้ทำแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์) ยกเว้นผู้ร่วมที่ต้องการทำนายผล เป็นข้อมูลขาเข้า และคะแนนของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์เป็นข้อมูลขาออก สำหรับสอนเครื่องจักรด้วยอัลกอริทึมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้ใส่ข้อมูลของผู้เข้าร่วมที่ต้องการทำนายผล ซึ่งแบบจำลองจะทำนายผลของผู้เข้าร่วมออกมาให้

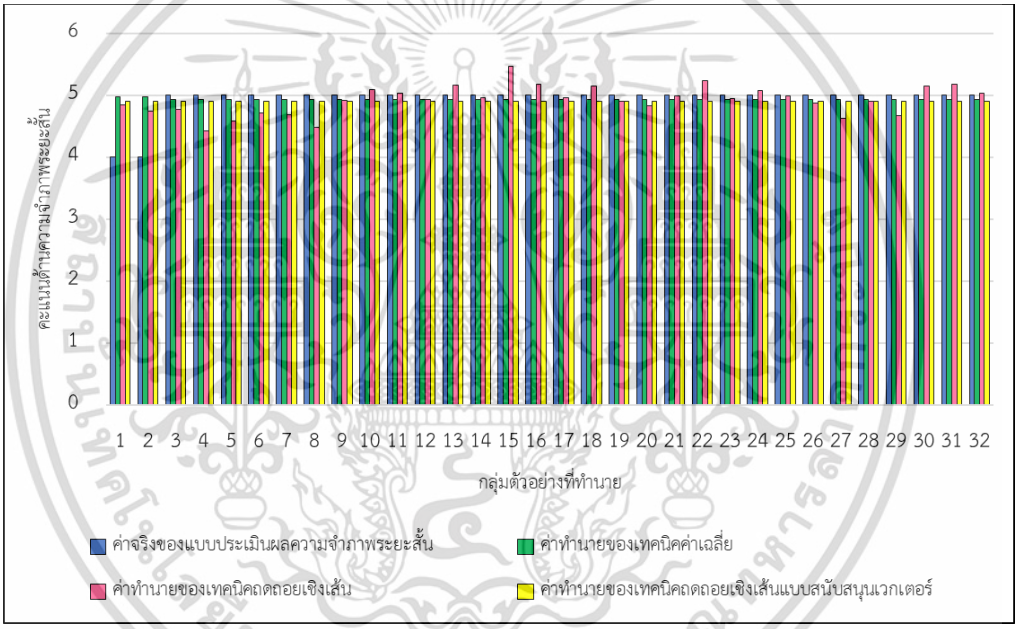


รูปที่ 5.6 การทำนายผลโดยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.6 แสดงการทำนายผลคะแนนของแบบประเมินด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ C เท่ากับ 1 การทำนายโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์ ค่าของการทำนายมีการกระจายตามค่าจริงของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ผลของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เท่ากับ 0.5002 และผลของการหาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองของแบบจำลอง (RMSE) มีค่าเท่ากับ 0.7073

หลังจากที่ใช้เทคนิคการทำนายทั้ง 3 เทคนิค เมื่อเปรียบเทียบค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองของทั้ง 3 เทคนิค วิธีการทำนายที่ใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์มีค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองของแบบจำลองต่ำกว่าจุดอ้างอิงที่ใช้เทคนิคการทำนายโดยค่าเฉลี่ยในทั้ง 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

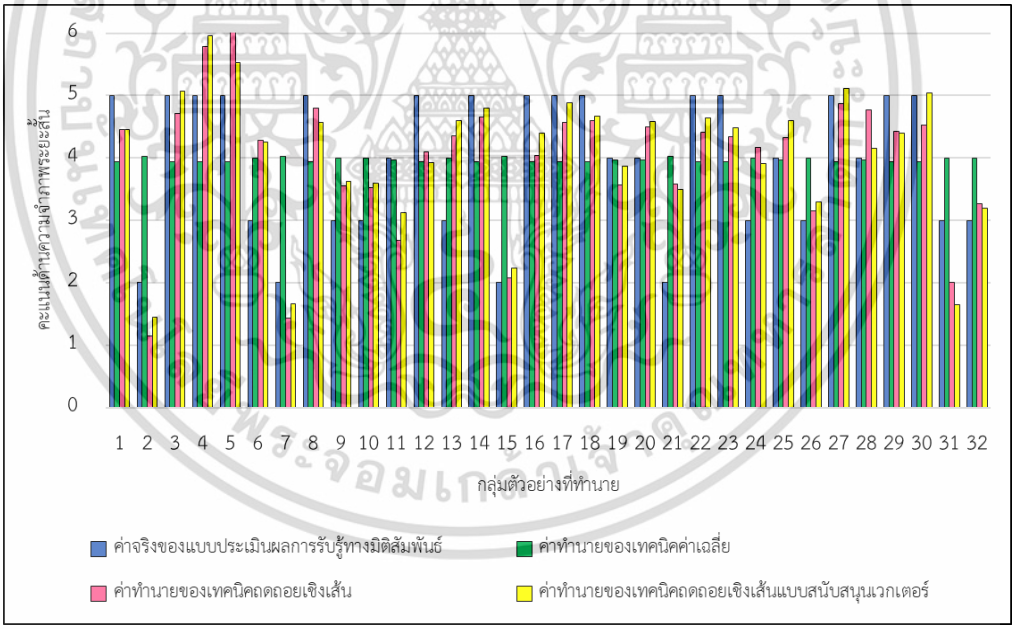


รูปที่ 5.7 คะแนนแบบประเมินด้านความจำภาพระยะสั้นของผู้เข้าร่วมแต่ละคนกับเทคนิคทำนายข้อมูลทั้ง 3 เทคนิค

การกระจายของข้อมูลของแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น ซึ่งพิจารณาจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เท่ากับ 0.2459 ถือว่ามีการกระจายของข้อมูลที่ต่ำ ดังนั้นการทำนายโดยใช้ค่าเฉลี่ยสามารถทำนายค่าได้ใกล้เคียงกับข้อมูลและแสดงให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมเกือบทั้งหมดสามารถทำคะแนนได้เต็มในแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น หากเปรียบเทียบการใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นที่ใช้ข้อมูลคุณลักษณะทั้ง 12 คุณลักษณะ มาใช้ในการทำนายข้อมูล ข้อมูลมีความหลากหลายและมีการกระจายที่ค่อนข้างสูงในบางคุณลักษณะเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5.2 แต่คำตอบของแบบประเมินผลมีการกระจายที่ต่ำ ดังนั้นการใช้การถดถอยเชิงเส้นไม่ใช่ผลดีกับลักษณะของข้อมูล แต่ไม่ใช่กับเทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบการสนับสนุนของเวกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าข้อมูลจะมีความหลากหลาย แต่รูปแบบของอัลกอริทึมจะมีช่วงที่รับค่าผิดพลาดของการทำนายได้ รวมทั้งการใช้การสนับสนุนของเวกเตอร์ในการคำนวณของน้ำหนักแต่ละคุณลักษณะ ทำให้สามารถทำนายข้อมูลออกมาได้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองที่ใกล้เคียงและยังต่ำกว่าวิธีการของค่าเฉลี่ย เมื่อเปรียบเทียบเทคนิคทำนายข้อมูลคะแนนแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้นระหว่างเทคนิคค่าเฉลี่ยและเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นด้วยการทดสอบ t-test พบว่าประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t = 0.521 ที่ค่าระดับนัยสำคัญ 0.05) สำหรับเทคนิคค่าเฉลี่ยและเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t = 0.963 ที่ค่าระดับนัยสำคัญ 0.05) และเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน (t = 0.4447 ที่ค่าระดับนัยสำคัญ 0.05) แสดงให้แสดงเห็นว่าเทคนิคการทำนายผลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ไม่ได้ดีกว่าเทคนิคการทำนายผลด้วยค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง ภูมิหลังของผู้เข้าร่วม ไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น



รูปที่ 5.8 คะแนนแบบประเมินด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ของผู้เข้าร่วมแต่ละคนกับเทคนิคทำนายข้อมูลทั้ง 3 เทคนิค

แบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ การทำนายโดยวิธีค่าเฉลี่ยที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง ข้อมูลของแบบประเมินผลมีการกระจายข้อมูลที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.1212 ซึ่งการทำนายโดยค่าเฉลี่ยทำนายคะแนนประมาณที่ 4 คะแนน ทำให้การทำนายโดยค่าเฉลี่ยมีค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองของแบบจำลองที่สูงขึ้น ซึ่งในกรณีนี้การใช้เทคนิคของการวิเคราะห์การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

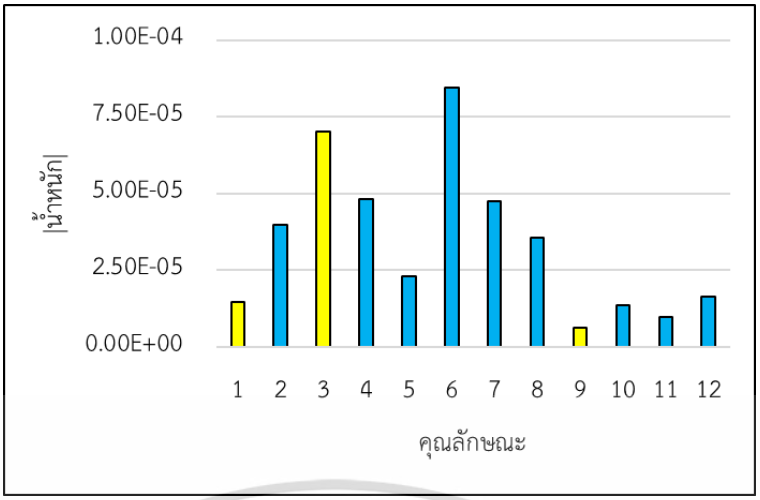
ถดถอยเชิงเส้นและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์มีค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองต่ำกว่าและเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์มีค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบเทคนิคทำนายข้อมูลของคะแนนแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคค่าเฉลี่ยและเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นด้วยการทดสอบ t-test พบว่าประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t = 0.003 ที่ค่าระดับนัยสำคัญ 0.05) สำหรับเทคนิคค่าเฉลี่ยและเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t = 0.001 ที่ค่าระดับนัยสำคัญ 0.05) และเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t = 0.610 ที่ค่าระดับนัยสำคัญ 0.05) แสดงให้แสดงเห็นว่าเทคนิคการทำนายผลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ดีกว่าเทคนิคการทำนายผลด้วยค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง ภูมิหลังของผู้เข้าร่วมมีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

ข้อมูลของกลุ่มผู้เข้าร่วมทั้งหมดจะถูกนำมาสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ เพื่อดูน้ำหนักของแต่ละคุณลักษณะทั้งแบบจำลองของความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

ตารางที่ 5.9 ค่าสัมบูรณ์ของน้ำหนักของแต่ละคุณลักษณะในแบบจำลองด้านความจำภาพระยะสั้น

คุณลักษณะ	**|น้ำหนัก|**
1	1.47E-05
2	3.98E-05
3	7.02E-05
4	4.83E-05
5	2.29E-05
6	8.44E-05
7	4.75E-05
8	3.57E-05
9	6.28E-06
10	1.35E-05
11	9.59E-06
12	1.63E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 กราฟค่าสัมบูรณ์ของน้ำหนักของแต่ละคุณลักษณะในแบบจำลองความจำภาพระยะสั้น สีฟ้าแสดงน้ำหนักในลักษณะเชิงลบ สีเหลืองแสดงน้ำหนักในลักษณะเชิงบวก

ค่าสัมบูรณ์ของน้ำหนักแต่ละคุณลักษณะมีน้ำหนักที่แตกต่างกันออกไป โดยค่าน้ำหนักที่มีค่ามากจะมีผลกับการทำนายผลของแบบจำลองมาก ซึ่งเมื่อเรียงลำดับของน้ำหนักจากมากไปน้อยจะสามารถอธิบายแต่ละคุณลักษณะตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.10 คุณลักษณะในแต่ละอันดับของแบบจำลองความจำภาพระยะสั้น

อันดับที่	คุณลักษณะที่	คำอธิบาย
1	6	จำนวนห้องที่ผู้เข้าร่วมไป ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าการเปลี่ยนห้องไปทุก ๆ ห้อง จะทำให้ความสนใจในการจดจำสิ่งของและรายละเอียดของสิ่งของลดลง ซึ่งผลแสดงออกมาไปในทิศทางเดียวกัน
2	3	หรือจำนวนครั้งที่มากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมเข้าไปในห้องหนึ่ง (ยกเว้นห้องนั่งเล่น เนื่องจากเป็นห้องเชื่อมต่อกับห้องอื่น ๆ) แสดงถึงความสนใจของผู้เข้าร่วม การเข้าห้องใดห้องหนึ่งบ่อย ๆ จะช่วยให้เกิดการจดจำสิ่งของในห้องได้ดี เนื่องจากพบเห็นสิ่งของในห้องนั้นบ่อยครั้ง
3	4	จำนวนครั้งที่ผู้เข้าร่วมไปห้องนั่งเล่น ห้องนั่งเล่นเป็นห้องเริ่มต้นและเชื่อมต่อกับห้องอื่น ๆ ทำให้ต้องแยกคุณลักษณะออกมาจากคุณลักษณะที่ 3 ในกรณีที่เดินผ่านจุดเชื่อมต่ออาจจะส่งผลต่อการใช้ทักษะทางด้านการจดจำ
4	7	จำนวนครั้งที่ผิดพลาดจากการวางสิ่งของ ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าหากมีข้อผิดพลาดน้อยจะทำให้ได้คะแนนมากขึ้น เนื่องจากไม่มีการรบกวนสมาธิในการจดจำจากข้อผิดพลาด ซึ่งผลที่ออกมาก็ไปในทิศทางเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.10 (ต่อ) คุณลักษณะในแต่ละอันดับของแบบจำลองความจำภาพระยะสั้น

อันดับที่	คุณลักษณะที่	คำอธิบาย
5	2	ลำดับของวางสิ่งของที่ผู้เข้าร่วมเลือกเป็นชิ้นสุดท้าย คุณลักษณะเกี่ยวกับลำดับของการจดจำ ความสามารถในการจดจำสิ่งของในรายการชิ้นแรกจะดี แต่ในกรณีของชิ้นถัดไป ความสามารถในการจดจำจะค่อย ๆ ลดลง [19]
6	8	จำนวนครั้งของการเปลี่ยนห้อง ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าการเปลี่ยนห้องบ่อยครั้งจะทำให้ต้องใช้สมองตลอดเวลา ซึ่งส่งผลให้การใช้ทักษะการจดจำลดลง โดยผลที่ออกมามีลักษณะไปในทิศทางเดียวกัน
7	5	จำนวนสิ่งของที่มากที่สุดที่ถูกวางในห้องใดห้องหนึ่ง ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าหากวางสิ่งของไว้ภายในห้องเดียวกัน จะช่วยในการจดจำที่ดีขึ้นเพราะได้เห็นสิ่งของที่ผู้เข้าร่วมจดจำทั้งหมด แต่การวางสิ่งของของผู้เข้าร่วมมีปัจจัยจากพฤติกรรมจากการใช้ชีวิตและสิ่งของที่เลือกมา
8	12	จำนวนปีการศึกษาในระบบ สำหรับทักษะด้านความจำภาพระยะสั้น ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าไม่น่าใช่ปัจจัยที่ส่งผลเนื่องจากเมื่อพิจารณาผลที่ออกมาจากแบบประเมินทักษะด้านการจดจำภาพโดยใช้ความจำระยะสั้นของกลุ่มผู้เข้าร่วมยังคงเป็นปกติ
9	1	ลำดับของวางสิ่งของที่ผู้เข้าร่วมเลือกเป็นชิ้นแรก ความสามารถในการจดจำสิ่งของในรายการชิ้นแรกจะดี แต่ในกรณีของชิ้นถัดไป ความสามารถในการจดจำจะค่อย ๆ ลดลง [19]
10	10	ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบประเมินผล ถ้าใช้เวลาน้อยแสดงถึงการเรียกคืนความจำได้อย่างรวดเร็ว
11	11	อายุ ผลที่ออกมาจากแบบประเมินทักษะด้านการจดจำภาพโดยใช้ความจำระยะสั้นของกลุ่มผู้เข้าร่วมยังคงเป็นปกติ สังเกตจากค่าเฉลี่ยในแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น ยังคงทำได้เท่ากับค่าเฉลี่ยของกลุ่มคนหนุ่มสาว แม้ว่าระดับการจดจำของผู้สูงอายุจะลดลงตามอายุก็ตาม [11]
12	9	เวลาที่มากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมอยู่ในห้องใดห้องหนึ่ง การจดจ่อกับสภาพแวดล้อมเดิมเป็นเวลานานจะช่วยในการจดจำได้

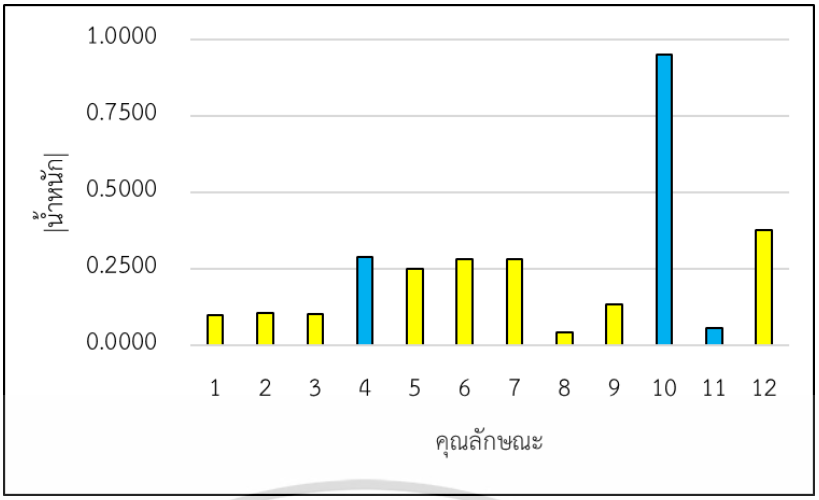
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นทักษะทางด้านความจำภาพระยะสั้นมีแนวโน้มที่จะลดลงได้ยาก ซึ่งคุณลักษณะที่มีน้ำหนักน้อยมีความเป็นไปได้สูงที่จะไม่มีผลกับแบบจำลอง สำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะในด้านความจำภาพระยะสั้นเป็นการวิเคราะห์จากน้ำหนักของแบบจำลอง หากพิจารณาที่ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง มีความใกล้เคียงกันมากในการทำนายโดยค่าเฉลี่ยและการถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ ซึ่งไม่ได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญแสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะทั้งหมดไม่ได้ส่งผลกระทบกับทักษะด้านความจำภาพระยะสั้นจากการทดลองในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 5.11 ค่าสัมบูรณ์ของน้ำหนักของแต่ละคุณลักษณะในแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

คุณลักษณะ	|น้ำหนัก|
1	0.0977
2	0.1068
3	0.1029
4	0.2897
5	0.2509
6	0.2822
7	0.2800
8	0.0422
9	0.1343
10	0.9492
11	0.0579
12	0.3767

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 กราฟค่าสัมบูรณ์ของน้ำหนักของแต่ละคุณลักษณะในแบบจำลองการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ สีฟ้าแสดงน้ำหนักในลักษณะเชิงลบ สีเหลืองแสดงน้ำหนักในลักษณะเชิงบวก

เมื่อเรียงลำดับของน้ำหนักจากมากไปน้อยจะสามารถอธิบายแต่ละคุณลักษณะของแบบจำลองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ตามลำดับดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.12 คุณลักษณะในแต่ละอันดับของแบบจำลองการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

อันดับที่	คุณลักษณะที่	คำอธิบาย
1	10	มีน้ำหนักมากที่สุดในแบบจำลอง การใช้เวลาในการทำแบบประเมินมีผลสูงมากกับคะแนนที่ได้ออกมา เนื่องจากความไม่มั่นใจในสถานที่ที่นำสิ่งของไปวาง จากการสังเกตพฤติกรรม ผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่จะเน้นการใช้มิติสัมพันธ์แบบจำในรูปแบบห้องมากกว่าการจำแบบสิ่งของกับเฟอร์นิเจอร์จึงเชื่อมโยงสิ่งของกับห้องได้ดีกว่าสิ่งของกับสถานที่ เพราะในหลายครั้งที่ผู้เข้าร่วมไม่มั่นใจจะมีการพูดถึงห้องที่นำสิ่งของไปวาง
2	12	จำนวนปีการศึกษาในระบบที่มากขึ้น จะช่วยให้ทักษะด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ดีขึ้น [20]
3	4	หากมีการผ่านห้องนั่งเล่นที่เป็นห้องเชื่อมต่อบ่อยครั้ง แต่ไม่ได้มีการวางสิ่งของไว้ อาจส่งผลต่อการใช้ทักษะการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์เกิดการเชื่อมโยงสถานที่ผิดพลาด
4	6	การไปในสภาพแวดล้อมหลาย ๆ ห้องทำให้มีการใช้ทักษะการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ในพื้นที่หลาย ๆ ห้อง ทำให้ต้องเชื่อมโยงสิ่งของกับสถานที่ทุก ๆ พื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.12 (ต่อ) คุณลักษณะในแต่ละอันดับของแบบจำลองการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

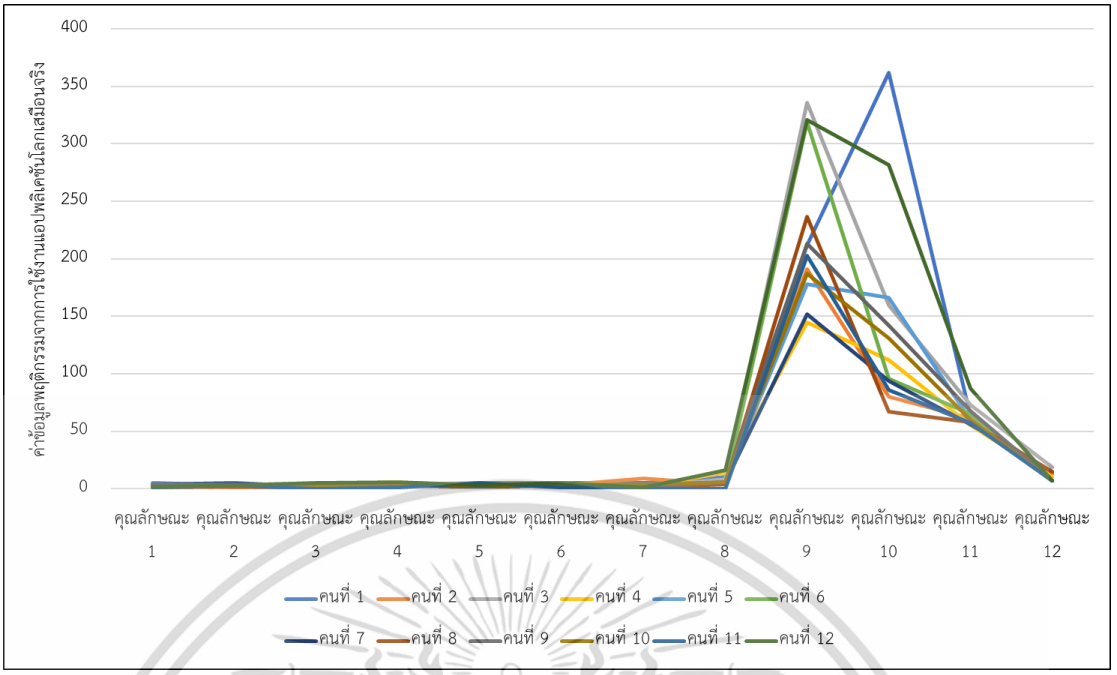
อันดับที่	คุณลักษณะที่	คำอธิบาย
5	7	การเกิดข้อผิดพลาดจากการหยิบและวางสิ่งของ หลังจากเกิดข้อผิดพลาดต้องทำการหยิบและการวางสิ่งของใหม่ ส่งผลให้มีการใช้ทักษะด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างสิ่งของและสถานที่เพิ่มมากขึ้น
6	5	เนื่องจากสิ่งของอยู่ในบริเวณและสภาพแวดล้อมเดียวกัน ช่วยให้พื้นที่การใช้มิติสัมพันธ์ลดลง
7	9	เมื่อพิจารณาจากน้ำหนัก การอยู่ในพื้นที่ของห้องหนึ่งเป็นเวลานานจะเกิดการใช้ทักษะการรับรู้ในสภาพแวดล้อม ซึ่งช่วยให้ใช้ทักษะการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์มากขึ้นในพื้นที่บริเวณนั้น
8	2	สัมพันธ์กับลำดับการจดจำ ซึ่งจะทำให้การใช้ทักษะด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์เกิดการใช้งานเป็นลำดับด้วย
9	3	การเข้าห้องใดห้องหนึ่งมากกว่าห้องอื่น ๆ จะช่วยให้การใช้ทักษะด้านการรับรู้มิติสัมพันธ์ในพื้นที่นั้นดีขึ้น
10	1	สัมพันธ์กับลำดับการจดจำเช่นเดียวกับคุณลักษณะที่ 2
11	11	แม้ว่าอายุที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อทักษะของสมองในหลายทักษะลดลงเนื่องจากขาดการใช้งาน แต่แทบไม่มีผลกับด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์จากผลการพิจารณาจากน้ำหนัก
12	8	จำนวนครั้งการเปลี่ยนห้องอาจไม่ได้มีผลกับแบบจำลอง

เมื่อเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของการทำนายผลโดยวิธีค่าเฉลี่ยกับวิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมข้างต้นมีความสัมพันธ์กับทักษะทางด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญจากผลการทดลองในงานวิจัยนี้ เพื่อให้เห็นถึงข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง ภูมิหลังของผู้เข้าร่วม ที่อาจส่งผลต่อการทำนายของแบบจำลองที่ผิดพลาดสูงจากวิธีการถดถอยเชิงเส้นและวิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ของแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ จำเป็นที่จะต้องนำข้อมูลคุณลักษณะทั้ง 12 คุณลักษณะ มาพิจารณา โดยการพิจารณาจะไม่ได้พิจารณาข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมกับแบบประเมินผลที่ได้จากความจำภาพระยะสั้นเนื่องจากเทคนิคการทำนายผลด้วยวิธีค่าเฉลี่ยดีอยู่แล้วเนื่องจากข้อมูลแทบไม่มีการกระจายตัว เมื่อพิจารณาจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนเทคนิคการทำนายผลด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ไม่ได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ และในแบบจำลองของการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์การทำนายโดยค่าเฉลี่ยมีค่าความผิดพลาดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและการ

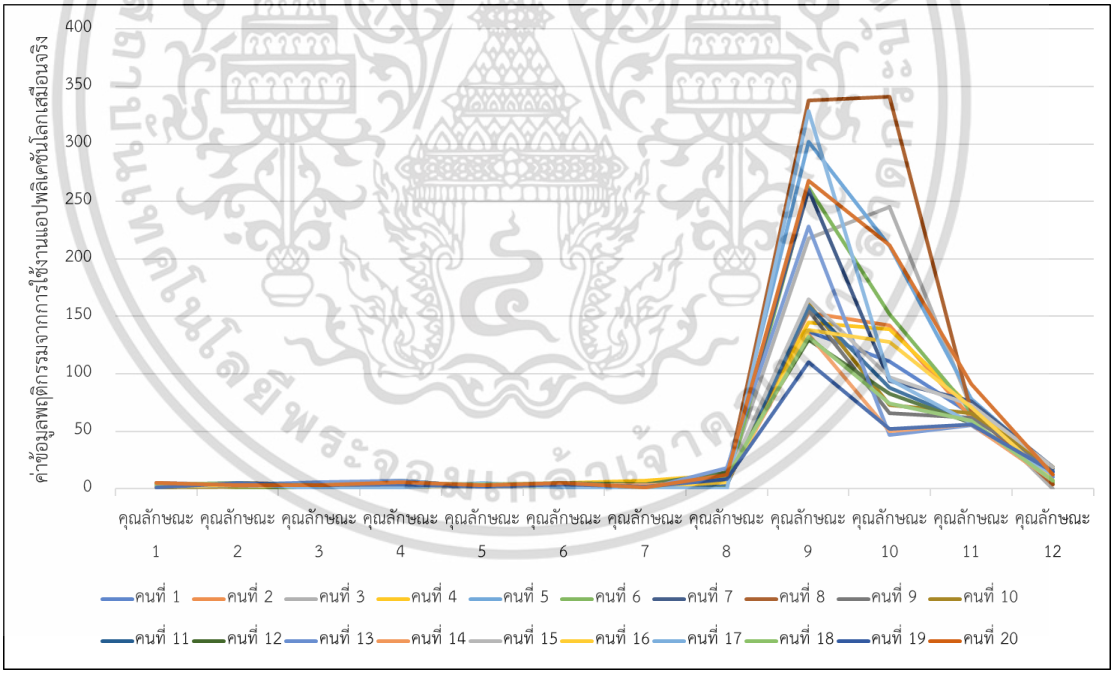
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ จึงเลือกพิจารณาชุดข้อมูลทั้ง 12 คุณลักษณะจากพฤติกรรมการใช้งานของผู้เข้าร่วมเฉพาะแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ที่ใช้เทคนิคทำนายข้อมูลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์เท่านั้น ซึ่งจะวิเคราะห์ถึงชุดข้อมูลของผู้เข้าร่วมที่เป็นข้อมูลขาเข้าและใช้ทำนายแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ เพื่อวิเคราะห์ว่าชุดข้อมูลในกลุ่มของผู้เข้าร่วมที่มีผลต่อการทำนายที่ผิดพลาดสูงมีคุณลักษณะใดแตกต่างจากกลุ่มของผู้เข้าร่วมที่มีผลต่อการทำนายที่ผิดพลาดต่ำเมื่อใช้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการวัดว่าผลการทำนายมีความผิดพลาดสูงหรือต่ำ จากในรูปที่ 5.11 – 5.14 แสดงค่ากราฟข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมจากการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงทั้ง 12 คุณลักษณะ โดยรูปที่ 5.11 เป็นกลุ่มผู้เข้าร่วมที่ข้อมูลมีผลต่อการทำนายที่ผิดพลาดสูงและรูปที่ 5.12 เป็นกลุ่มผู้เข้าร่วมที่ข้อมูลมีผลต่อการทำนายที่ผิดพลาดต่ำ จากวิธีการทำนายผลด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น เมื่อเปรียบเทียบชุดข้อมูลของรูปที่ 5.11 และ 5.12 แนวโน้มของกลุ่มข้อมูลที่มีค่าการทำนายผลที่ผิดพลาดต่ำจะมีค่าความแตกต่างของคุณลักษณะที่ 9 (เวลาที่มากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมอยู่ในห้องใดห้องหนึ่ง) และคุณลักษณะที่ 10 (ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์) ค่อนข้างน้อยกว่าในกลุ่มข้อมูลที่มีค่าการทำนายผลที่ผิดพลาดสูง สำหรับในรูปที่ 5.13 เป็นกลุ่มผู้เข้าร่วมที่ข้อมูลมีผลต่อการทำนายที่ผิดพลาดสูงและรูปที่ 5.14 เป็นกลุ่มผู้เข้าร่วมที่ข้อมูลมีผลต่อการทำนายที่ผิดพลาดต่ำ จากวิธีการทำนายผลด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ ซึ่งแนวโน้มของกลุ่มข้อมูลที่มีค่าการทำนายผลที่ผิดพลาดต่ำจะมีค่าความแตกต่างของคุณลักษณะที่ 9 (เวลาที่มากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมอยู่ในห้องใดห้องหนึ่ง) และคุณลักษณะที่ 10 (ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์) ค่อนข้างน้อยกว่าในกลุ่มข้อมูลที่มีค่าการทำนายผลที่ผิดพลาดสูงเช่นเดียวกันกับการทำนายผลด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

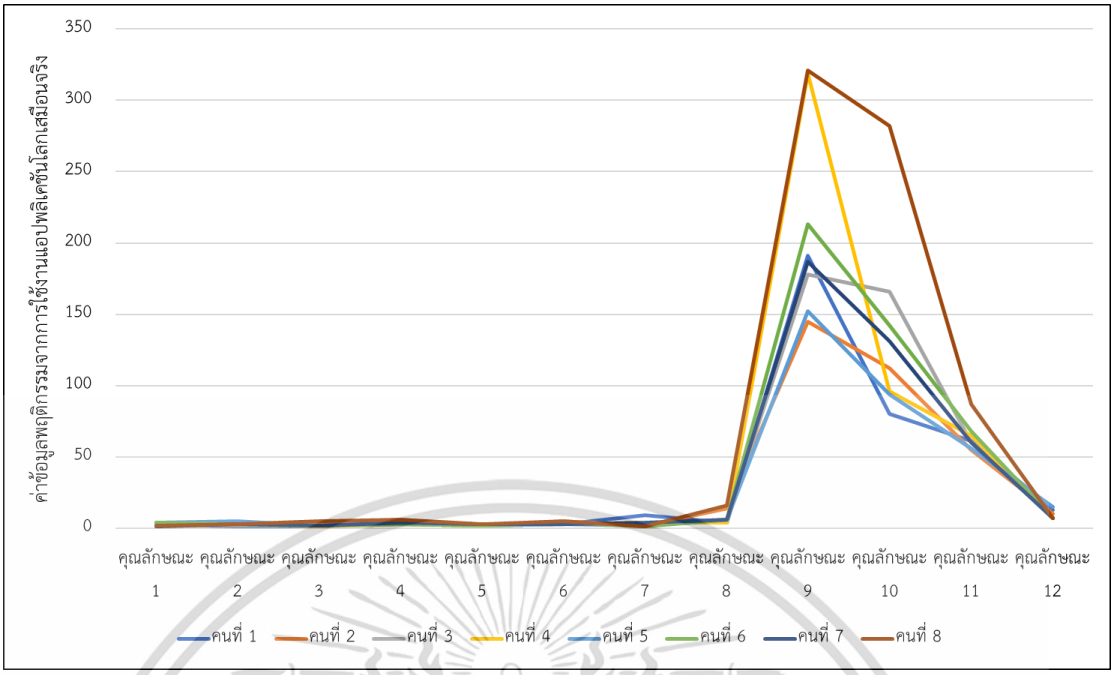


รูปที่ 5.11 ชุดข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มคนที่ผลการทำนายมีความผิดพลาดสูงด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

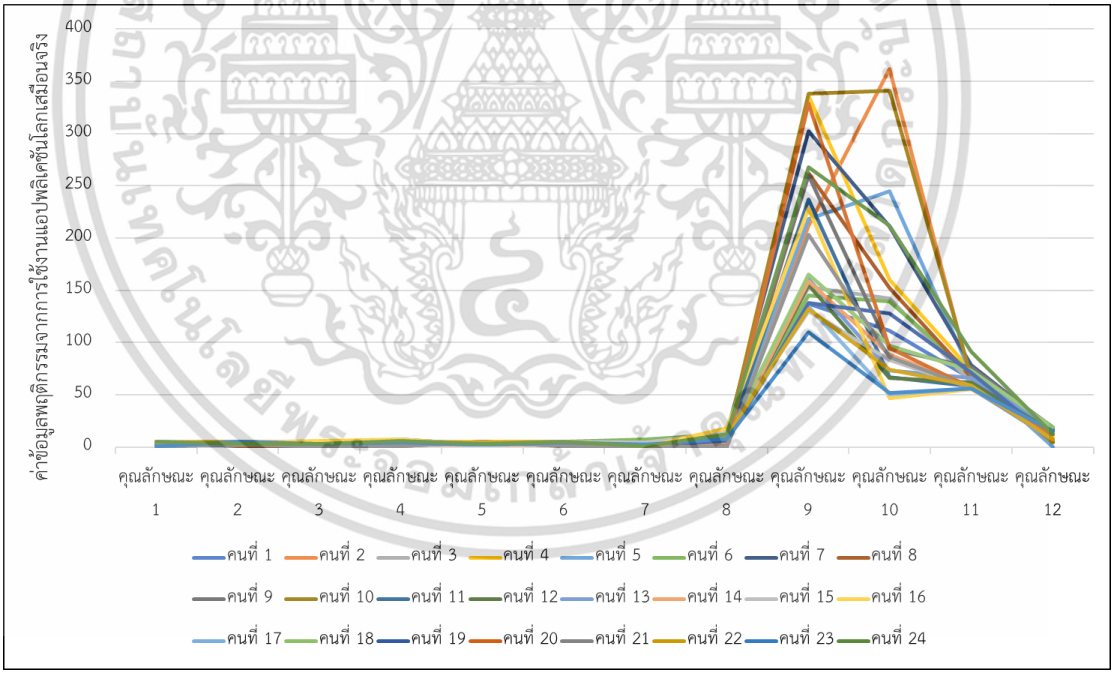


รูปที่ 5.12 ชุดข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มคนที่ผลการทำนายมีความผิดพลาดต่ำด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 ชุดข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มคนที่ผลการทำนายมีความผิดพลาดสูงด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์

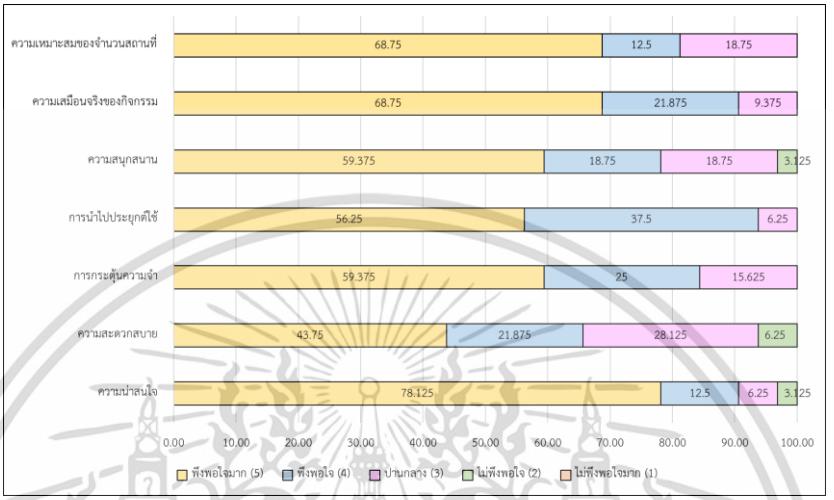


รูปที่ 5.14 ชุดข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มคนที่ผลการทำนายมีความผิดพลาดต่ำด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แบบประเมินผลทางด้านความพึงพอใจ

สำหรับแบบประเมินด้านความพึงพอใจจะใช้มาตราวัดความพึงพอใจแบบ 5 ระดับ (Likert scale 1-5 คะแนน) โดยมากที่สุด คือ พึงพอใจมาก (5) และน้อยที่สุด คือ ไม่พึงพอใจเป็นอย่างมาก (1)

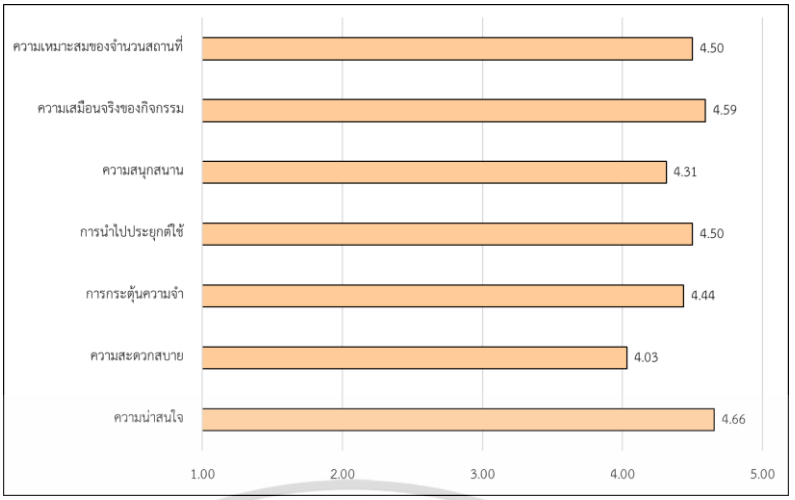


รูปที่ 5.15 ความพึงพอใจในแต่ละด้านจากผู้เข้าร่วม

รูปที่ 5.15 แสดงข้อมูลความพึงพอใจจากผู้เข้าร่วมทั้งหมด 32 คน ซึ่งมี 7 หัวข้อ ได้แก่

1 ความเหมาะสมของจำนวนสถานที่ คือ ความพึงพอใจของจำนวนเฟอร์นิเจอร์ในกิจกรรมที่ทำในแอปพลิเคชัน
2 ความเสมือนจริงของกิจกรรม คือ ความพึงพอใจในแง่ของความเสมือนจริงของกิจกรรมที่ทำในแอปพลิเคชัน
3 ความสนุกสนาน คือ ความพึงพอใจในแง่ความสนุกสนานระหว่างการใช้งานระบบ
4 การนำไปประยุกต์ใช้ คือ ความพึงพอใจในแง่การนำกิจกรรมนี่ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน
5 การกระตุ้นความจำ คือ ความพึงพอใจในแง่กิจกรรมนี้สามารถช่วยกระตุ้นความจำ
6 ความสะดวกสบาย คือ ความพึงพอใจในแง่ความสะดวกสบายในการใช้งานอุปกรณ์
7 ความน่าสนใจ คือ ความพึงพอใจในแง่ของความน่าสนใจของกิจกรรมที่ทำในแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.16 คะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจในแต่ละด้าน

คะแนนถูกแบ่งออกเป็นช่วงของความพึงพอใจ โดยพิจารณาจากความกว้างของแต่ละอัตราภาคชั้น คือ (คะแนนสูงสุด – คะแนนต่ำสุด) / จำนวนชั้น ซึ่งแบ่งเกณฑ์ออกเป็นดังนี้

1 1.00 – 1.80 ไม่พึงพอใจมาก

2 1.81 – 2.60 ไม่พึงพอใจ

3 2.61 – 3.40 ปานกลาง

4 3.41 – 4.20 พึงพอใจ

5 4.21 – 5.00 พึงพอใจมาก

เมื่อพิจาณาช่วงของคะแนนเฉลี่ยจากรูปที่ 5.16 ความพึงพอใจในแต่ละด้านอยู่ในระดับความพึงพอใจมากทั้งหมด ยกเว้นแค่ด้านความสะดวกสบายในการใช้งานที่อยู่ในเกณฑ์ของพึงพอใจ เมื่อวัดความสอดคล้องภายในของแบบสอบถามด้วยสัมประสิทธิ์ Cronbach's alpha ของแบบสอบถามพบว่ามีค่าอยู่ที่ 0.708 ซึ่งมากกว่า 0.7 เป็นค่าที่ยอมรับได้ หมายความว่าแบบสอบถามนี้มีความสอดคล้องกันภายในและมีความน่าเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลและแนวทางในการพัฒนา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันกับทักษะของสมองด้านความจำระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ โดยการสร้างจุดอ้างอิงกับเทคนิคอื่น ๆ ของการเรียนรู้เครื่องจักร ซึ่งได้เลือกวิธีการทำนายค่าเฉลี่ยเป็นจุดอ้างอิงและเปรียบเทียบกับเทคนิคการทำนายโดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์จากกลุ่มตัวอย่าง 32 คน เพื่อให้ทราบว่าพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันนั้นมีผลกับทักษะของสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์หรือไม่ อย่างไร และจะช่วยเป็นแนวทางในการวางแผนการฝึกทักษะของสมองทั้ง 2 ด้าน นอกจากนี้การวัดความพึงพอใจยังช่วยให้ทราบถึงความพึงพอใจในการใช้งานระบบในกลุ่มผู้เข้าร่วมที่เป็นผู้สูงอายุ

6.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

6.1.1 การสรุปผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานกับทักษะของสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์

สำหรับงานวิจัยนี้ที่ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานกับทักษะของสมองทั้ง 2 ด้าน โดยแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บพฤติกรรมของผู้เข้าร่วม เพื่อนำข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมมาวิเคราะห์ การวิเคราะห์พฤติกรรมจำเป็นต้องเก็บข้อมูลพฤติกรรมที่เกิดจากทำกิจกรรมฝึกสมอง แต่การเก็บข้อมูลจากการฝึกจริงทำได้ยาก เนื่องจากผู้ที่ทำการเก็บข้อมูลต้องเดินตามผู้ที่ทำกิจกรรม ซึ่งอาจรบกวนสมาธิการทำกิจกรรมของผู้เข้าร่วม ทำให้ผู้เข้าร่วมไม่สามารถใช้ทักษะทางด้านสมองได้อย่างมีประสิทธิภาพและอาจเกิดข้อผิดพลาดูสงระหว่างการเก็บข้อมูลเพราะต้องใช้การสังเกตพฤติกรรมรวมทั้งปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก นอกจากนี้แล้วผู้เข้าร่วมที่ทำกิจกรรมฝึกสมองมักอยู่ในวัยของผู้สูงอายุ การทำกิจกรรมในสภาพแวดล้อมของจริงผู้สูงอายุอาจเกิดอาการเหนื่อยล้าและบางคนมีปัญหาทางด้านกายกาพ (การเดิน) ทำให้ใช้ทักษะของสมองได้ไม่เต็มที่ระหว่างการเดินทำกิจกรรม อีกทั้งยังมีความเสี่ยงกับการเกิดอุบัติเหตุในสภาพแวดล้อมของจริง ดังนั้นการเก็บข้อมูลพฤติกรรมจากการตรวจจับผ่านการใช้งานแอปพลิเคชันจะทำให้เก็บข้อมูลได้ผิดพลาดน้อยลงเพราะเป็นพฤติกรรมที่ระบบจับจากการใช้งานของผู้เข้าร่วมและไม่รบกวนสมาธิของผู้เข้าร่วมระหว่างการทำกิจกรรม อีกทั้งยังสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นได้ หลังจากได้ข้อมูลพฤติกรรมสามารถประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของการเรียนรู้เครื่องจักรมาเป็นตัววิเคราะห์พฤติกรรมและภูมิหลังของผู้เข้าร่วม เพื่อหาความสัมพันธ์ของพฤติกรรมและภูมิหลัง กับแบบประเมินผลของทักษะสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์จากการใช้จุดอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบผลจากค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการใช้งานของผู้เข้าร่วมไม่มีความสัมพันธ์กับทักษะของสมองในด้านความจำภาพระยะสั้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความสัมพันธ์กับทักษะของสมองที่ออกมาในแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ เมื่อพิจารณาจากค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ที่ต่ำกว่าในจุดอ้างอิงที่สร้างจากค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการวัดประสิทธิภาพดังกล่าวทำให้ได้คุณลักษณะที่มีความน่าเชื่อถือว่ามีความสำคัญต่อการทำแบบประเมินด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ใน 3 อันดับแรก คือ คุณลักษณะที่ 10 (เวลาที่ใช้ในการทำแบบประเมินผล), คุณลักษณะที่ 12 (จำนวนปีการศึกษาในระบบ) และ คุณลักษณะที่ 4 (จำนวนครั้งที่ผู้เข้าร่วมไปห้องนั่งเล่น) สำหรับคุณลักษณะที่ 12 เป็นคุณลักษณะภูมิหลังส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วม ซึ่งไม่ใช่คุณลักษณะที่เกิดจากพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการฝึกความจำ

6.1.2 การสรุปผลความพึงพอใจ

การวัดความพึงพอใจในงานวิจัยนี้ช่วยให้ทราบถึงความพึงพอใจจากการใช้งานระบบ ซึ่งผู้เข้าร่วมพึงพอใจมากในเกือบทุกด้าน ยกเว้นด้านความสะดวกสบายในการใช้งานอุปกรณ์ที่อยู่ในระดับพึงพอใจ สำหรับการออกแบบที่จำลองการหยิบของให้เสมือนจริงโดยการเอื้อมและกดหยิบค้างไว้ แม้ว่าจะช่วยในการฝึกด้านความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้นจากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แต่สำหรับการใช้งานในกลุ่มผู้สูงอายุอาจไม่สะดวกสบายกับการใช้งาน สำหรับคำแนะนำอื่น ๆ ของผู้เข้าร่วม ผู้เข้าร่วมชื่นชอบในรูปแบบของแอปพลิเคชันที่ออกแบบ การทำออกมาในลักษณะ 3 มิติ ที่เหมือนจริง ทำให้รู้สึกสนุกและไม่เครียดระหว่างการทำกิจกรรม อีกทั้งความเสมือนจริงของกิจกรรมช่วยให้สามารถฝึกและเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้นจากคำแนะนำของผู้เข้าร่วม

6.2 แนวทางในการพัฒนา

ในงานวิจัยพบว่า จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงเบื้องต้นสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยแพทย์ในการวินิจฉัยทักษะของสมองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์เพื่อช่วยตั้งค่าการใช้งานแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริงของงานวิจัยนี้ โดยการให้ผู้เข้าร่วมทดลองใช้และนำคุณลักษณะที่ได้มาพิจารณากับแบบประเมินผลที่ได้จากแอปพลิเคชัน เพื่อกำหนดเงื่อนไขสำหรับการใช้งานแอปพลิเคชันให้เกิดประสิทธิภาพในแต่ละบุคคล ซึ่งแอปพลิเคชันสามารถนำไปใช้ต่อในการฝึกสมองด้านความจำภาพระยะสั้นและการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ เนื่องจากอ้างอิงรูปแบบกิจกรรมการฝึกสมองมาจากกิจกรรมจริง นอกจากนี้ในการทำกิจกรรมเกี่ยวกับการฝึกสมองที่มีการเก็บข้อมูลพฤติกรรมสามารถนำเทคนิคการวิเคราะห์พฤติกรรมไปใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของกิจกรรมฝึกสมอง เพื่อช่วยในการตั้งข้อกำหนดของกิจกรรมฝึกสมองได้อย่างเหมาะสมสำหรับแต่ละบุคคล สำหรับการประเมินผลทักษะสมองทั้งก่อนและหลังการฝึกควรประเมินผลทั้งจากแบบทดสอบสมองโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแบบทดสอบที่ใช้ในแอปพลิเคชัน เพื่อให้สามารถดูพัฒนาการโดยรวมและทักษะเฉพาะด้านที่ตัวแอปพลิเคชันสามารถใช้ฝึกได้

สำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรม หากมีการใช้เทคนิคการทำนายแบบอื่นเข้ามาร่วมด้วยจะช่วยให้เห็นความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันกับผลของแบบประเมินผลในมุมมองอื่น ซึ่งในงานวิจัยนี้มองในมุมมองของความสัมพันธ์เชิงเส้น นอกจากนี้การคัดเลือกคุณลักษณะจากที่สร้างขึ้นเบื้องต้นสามารถที่จะช่วยให้ตัดคุณลักษณะบางตัวที่อาจจะไม่ได้มีความสัมพันธ์กับทักษะสมองด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์และอาจจะช่วยให้เห็นคุณลักษณะอื่นที่ส่งผลกับทักษะสมองชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Olchik, J. Farina, N. Steibel, A. Teixeira and M. Yassuda. “Memory training (MT) in mild cognitive impairment (MCI) generates change in cognitive performance.” Archives of Gerontology and Geriatrics, vol. 56, no. 3, pp. 442–447, 2013.

[2] M. Kurosu. *Human-Computer Interaction.* Theory, Design, Development and Practice, 1st ed. Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 3–10.

[3] I. Tarnanas, W. Schlee, M. Tsolaki, R. Muri, U. Mosimann and T. Nef. “Ecological Validity of Virtual Reality Daily Living Activities Screening for Early Dementia: Longitudinal Study.” JMIR Serious Games, vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2013.

[4] R. Kizony, M. Korman, G. Sinoff, E. Klinger, and N. Josman. “Using a virtual supermarket as a tool for training executive functions in people with mild cognitive impairment.” Proc. 9th International conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies, pp. 41-46, 2012.

[5] Sarena Jones. “Multiple Errands Test (MET) and its local application.” [Online]. Available : http://alliedhealthsupport.com.au/wp-content/uploads/2016/10/MET-test.pdf. 2018

[6] S. Zygouris, D. Giakoumis, K. Votis, S. Doumpoulakis, K. Ntovas, S. Segkouli, C. Karagiannidis, D. Tzovaras and M. Tsolaki. “Can a virtual reality cognitive training application fulfill a dual role? Using the virtual supermarket cognitive training application as a screening tool for mild cognitive impairment.” Journal of Alzheimer's Disease, vol. 44, no. 4, 2015, pp. 1333–1347.

[7] Cueid.org. “Montreal Cognitive Assessment (MoCA).” [Online]. Available : http://www.cueid.org/content/view/2764/40/. 2018

[8] D. Man, J. Chung and G. Lee. “Evaluation of a virtual reality-based memory training programme for Hong Kong Chinese older adults with questionable dementia: a pilot study.” International Journal of Geriatric Psychiatry, vol. 27, no. 5, pp. 513–520, 2011.

[9] J. Bakker and M. Pechenizkiy. “Food wholesales prediction: What is your baseline?” in Foundations of Intelligent Systems, J. Rauch, Z. W. Raš, P. Berka, and T. Elomaa, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 493–502.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] R. E. Schapire. The Boosting Approach to Machine Learning: An Overview. New York, NY: Springer New York, 2003, pp. 149–171.

[11] M. Naveh-Benjamin, N. Cowan, A. Kilb, and Z. Chen. “Age-related differences in immediate serial recall: Dissociating chunk formation and capacity.” Memory & Cognition, vol. 35, no. 4, pp. 724–737, Jun 2007.

[12] J. D. Westwood., R. S. Haluck., H. M. Hoffman., G. T. Mogel., R. Phillips., R. A. Robb. and K. G. Vosburgh. Medicine Meets Virtual Reality 15, 1st ed. Amsterdam: IOS Press, 2007, pp. 155–160.

[13] Scikit-learn Developers. “Linear Regression.” [Online]. Available : http://scikit-learn.org/stable/modules/linear_model.html. 2018

[14] A. J. Smola and B. Scholkopf. “A tutorial on support vector regression.” Statistics and Computing, vol. 14, no. 3, pp. 199–222, Aug 2004.

[15] Amazon. “Oculus Rift.” [Online]. Available : https://www.amazon.in/Oculus-Rift-Virtual-Reality-Headset/dp/B00VF0IXEY. 2018

[16] Wikipedia. “Oculus Rift.” [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift. 2018

[17] ภาณุธร พรรณปัญญา และ มณฑล อินทรประสิทธิ์. 2559 “ระบบพัฒนาความจำผ่านโลกเสมือนจริง.” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[18] L. Buitinck, G. Louppe, M. Blondel, F. Pedregosa, A. Mueller, O. Grisel, V. Niculae, P. Prettenhofer, A. Gramfort, J. Grobler, R. Layton, J. VanderPlas, A. Joly, B. Holt, and G. Varoquaux. “API design for machine learning software: experiences from the scikit-learn project.” in ECML PKDD Workshop: Languages for Data Mining and Machine Learning, 2013, pp. 108–122.

[19] E. B. Lange, J. Cerella, and P. Verhaeghen. “Ease of access to list items in short-term memory depends on the order of the recognition probes.” Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, vol. 37, no. 3, 2011, pp. 608–620.

[20] R. Bendayan, A. M. Piccinin, S. M. Hofer, D. Cadar, B. Johansson, and G. Muniz-Terrera. “Decline in memory, visuospatial ability, and crystalized cognitive abilities in older adults: Normative aging or terminal decline?” Journal of Aging Research, vol. 2017, 2017, pp. 1–9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

ภาคผนวก ข. ข้อมูลการปรับพารามิเตอร์ C ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นสนับสนุนเวกเตอร์

ภาคผนวก ค. ข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมที่ในแต่ละคุณลักษณะ

ภาคผนวก ง. แบบประเมินผลความพึงพอใจจากกิจกรรมแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Steering Committee
Chuchart Pintavirooj, Thailand
Somkiat Wattanasirichaigoon, Thailand
Wibool Piyawattanametha, Thailand
Kosin Chanongthai, Thailand
Kazuhiko Hamamoto, Japan
Shin'ichiro Kanoh, Thailand
Kohji Masuda, Japan
Manfred Glesner, Germany
Keiji Iramina, Japan
Michael Khoo, USA
Sunu Wibirama , Indonesia
Viet Dung Nguyen, Vietnam

Organizing Committee

Honorary Chair

Somkiat Wattanasirichaigoon
Srinakharinwirot University

General Chair

Tohru Yaki
Tokyo Institute of Technology

General Co-Chair
Yoshikazu Miyanaga,
Hokkaido University

Technical Program Chair
Chuchart Pintavirooj, KMITL

Publications Chair
Adisom Leelasantithum,
Mahidol University

Publicity Chair
Kohji Masuda
Tokyo University of Agriculture and Technology

Local Committee
Nobuki Kudo,
Hokkaido University

Financial Chair
Arthorn Sanpanich
Mahidol University

General Secretary
Kazuhiko Hamamoto
Tokai University

The 10th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON2017) is intended to provide an international forum where researchers, practitioners, and professionals interested in the advances in, and applications of, biomedical engineering can exchange the latest research, results, and ideas in these areas through presentation and discussion.

The BMEiCON2017 will be held in Hokaido, Japan, during August 31- September 2, 2017. The organizing committee is pleased to invite all engineers, physicians, scientists, technicians, and technologists to attend and help shape the future of biomedical technology. The topics for regular sessions include, but are not limited to, the followings:

- Biomedical signal processing
- Biomedical imaging and image processing
- Bioinstrumentation
- Bio-robotics and biomechanics
- Biosensors and Biomaterials
- Cardiovascular and respiratory systems engineering
- Cellular and Tissue Engineering
- Healthcare information systems
- Human machine/computer interface
- Medical device design
- Neural and rehabilitation engineering
- Technology commercialization, industry, education, and society
- Telemedicine
- Therapeutic and diagnostics systems
- Recent advancements in biomedical engineering

Submission of Papers

Prospective authors are invited to submit full-length papers, including figures, tables, and references, via our website at

http://www.bmeicon.org/bmeicon2017

All papers will be peer reviewed and handled electronically. All papers submitted must be previously unpublished and may not be considered for publication elsewhere at any time during the review period.

Any accepted paper included in the final program is expected to have at least one author or qualified proxy attend and present the paper at the conference. For additional information and submission guidelines, please visit our website at

http://www.bmeicon.org/bmeicon2017/

Important Dates

Regular paper submission deadline: May 15, 2017

Notification of regular paper acceptance : June 15, 2017

Camera-ready submission deadline: July 31, 2017

Early Bird registration deadline: July 31,2017

Conference Date: August 31- September 2, 2017

Contact

Kazuhiko Hamamoto, Tokai University

E-mail: hama@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

Chuchart Pintavirooj, KMITL

E-mail: chuchartpintavirooj@gmail.com

http://www.bmeicon.org/bmeicon2017/

Sponsor

IEEE Advancing Technology for Humanity

Patrons

IEEJ

IEEE EMB Thailand Chapter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 2017 Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON-2017)

Cognitive Training using Immersive Virtual Reality

Monthon Intraraprasit, Phanuthon Phanpanya, and Chompoonuch Jinjakam
Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok 10520, Thailand
monthon.int@gmail.com, phanuthonp@gmail.com, and chompoonuch.ji@kmitl.ac.th*

***Abstract*—Normal adult becomes memory decline when increasing age. Memory decline can change from normal aging to mild cognitive impairment (MCI) and then Alzheimer's disease dementia. In order to reduce the risk of dementia, the cognitive training or brain training is needed. Cognitive training can stimulate the ability of normal person's memory for keeping ability of memory prompt when increasing age. Virtual Reality (VR) technology can be used to establish VR application for cognitive training. This paper proposes VR application for cognitive training that uses a head-mounted display for a full immersive device with VR controllers. This VR application is designed for training in visual memory and visuospatial under the psychiatrist's guidance. There were 45 participants in this experiment. All participants were tested memory ability of remember things and places from first practicing and evaluated satisfaction after using our VR application from satisfactory form. This experiment can help to determine the difficulty level in the next training and suitability of activity. The time duration of recall memory related to difficulty level in VR application (correlation coefficient, p = 0.379, 0.010). Furthermore, the satisfied evaluation of participants using VR application was "satisfied" and "very satisfied" in each difficulty level in VR application that Cronbach's alpha = 0.743.**

***Index Terms*—Virtual Reality, cognitive training, memory training, head mounted display, Oculus VR**

I. Introduction

Research about the risk of changing from normal aging to mild cognitive impairment (MCI) and Alzheimer's disease (AD) or AD dementia is shown in [1]. The sequence of changing started from normal aging, then MCI and finally AD. The main health problems when increasing age is reducing of memory ability, visuospatial and other cognitive functions [2].

Virtual reality (VR) technology uses a computer to simulate virtual environment. The user can respond to the simulated VR environment in order to increase experience in daily life and ecological validity. VR has been used in various fields e.g., training, rehabilitation, and gaming. In addition, VR can support users who have walking problem to do comfortable training or rehabilitation. For example, users can control the VR devices instead of self-walking in the real world, then they are safety from real world environment [3], [4]. VR environment can be displayed in the form of partial immersion and full immersion. The degree of immersion result was compared between partial immersion and full immersion in medical results for efficient learning in VR environments. Fully immersed VR environment was displayed by using head-mounted display (HMD), on the other hand, partially immersed VR environment was displayed by using general screens (e.g. computer monitors, smartphone or tablet screen). Both partial immersion and full immersion could expand learning performance by using VR training, but full immersion could improve learning performance better than partial immersion [5].

One important method to improve cognitive effectiveness is memory training. From research [6], memory training was used to change cognitive effectiveness by learning various methods that help in remembering. The cognitive effectiveness compared memory results between before and after memory training. After retested the effectiveness, the results showed memory training could improve cognitive effectiveness when older adults faced with cognitive deterioration. Moreover, VR cognitive training is one method that can improve cognitive effectiveness. VR cognitive training can implement for an application that runs on various operating systems (OS) such as Windows, iPhone Operating System (iOS) and Android. For example, VR has been used for cognitive training in 1) Virtual supermarket (VSM) that was an application ran on Android OS to train cognitive functions in older adults (e.g., executive function, navigation, planning, and memory) in order to improve their cognitive functions. VSM was designed an activity about shopping in the virtual supermarket that is the same activity in daily life [7]; 2) VR for memory training that was implemented with auditory and VR experience for treating memory impairment. This VR environment was created similar to the place and the environment within the real world (e.g., home and green park). This VR memory training was tested memory ability of participants to recognize the paths and orientation [8]; and 3) VR for cognitive training that was implemented about home and shop environments. The participants were requested to recognize the position of objects and the list of words to pick up correct items and then took action about activities of daily living (ADL) [9].

Therefore, our research has 3 purposes: Firstly, develops VR application for cognitive training, reduce stress and increase enjoyment during the training. The VR application displays virtual environment via HMD (Oculus Rift) and controls by Oculus Touch; Secondly, investigates memory ability of students for the first training from experimental results; And thirdly, evaluate the satisfaction of participants after using this application.

978-1-5386-0882-1/17/$31.00 ©2017 IEEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II. Methods

A. Participants

All participants were the volunteers from bachelor degree students in the department of computer engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

TABLE I. Characteristics of participant

Participant	Characteristics			
	Gender		*Mean Age (SE[a])*	*Mean Education in years (SE)*
	Man	*Woman*		
Students	29	16	20.96 (0.14)	18.40 (0.14)

[a]SE: standard error

Characteristics of participants were shown in Table I. The volunteer students were 45 persons (29 men and 16 women). Mean age of particapants was 20.96 years in a range from 18 to 22 years. Mean education of students was 18.40 years in a range from 16 to 19 years of formal education. For men's group, mean age was 20.83 (SE = 0.19) and mean education was 18.31 years (SE = 0.20). For women's group, mean age was 21.19 (SE = 0.19) and mean education was 18.56 years (SE = 0.13). Gender was no statistically significant differences in age (t-test, t = 1.253, p = 0.217) and education (t-test, t = 1.065, p = 0.293). Participants were divided into 3 groups according to difficulty levels in VR application (easy, normal and hard level).

TABLE II. Characteristics of participant in each level

Level	Characteristics			
	Gender		*Mean Age (SE[a])*	*Mean Education in years (SE)*
	Man	*Woman*		
Easy	10	5	20.73 (0.35)	18.07 (0.34)
Normal	10	5	21.07 (0.18)	18.60 (0.13)
Hard	9	6	21.07 (0.15)	18.53 (0.17)

[a]SE: standard error

Characteristics of 15 participants in each level were shown in Table II. Mean age of easy group was 20.73 years in a range from 18 to 22 years. Mean education was 18.07 years in a range from 16 to 19 years. Mean age of normal group was 21.07 years in a range from 20 to 22 years. Mean education was 18.60 years in a range from 18 to 19 years. Mean age of hard group was 21.07 years in a range from 20 to 22 years. Mean education was 18.53 years in a range from 17 to 19 years.

B. Virtual Reality Application

The VR cognitive training application can improve content from VR application for cognitive training and assessment [7]. Therefore, we created this VR application along with the suggestions from psychiatry department, Ramathibodi Hospital. Our VR application program was full immersion by using HMD. This Application ran on Windows 7 or newer Operating System in the personal computer (PC) that required high specification computer: HMD recommends NVIDIA GTX 1060 Graphics Card, equivalent or greater Intel i5-4590 central processing unit (CPU) and more than 8 Gigabyte (Random Access Memory: RAM) memory.

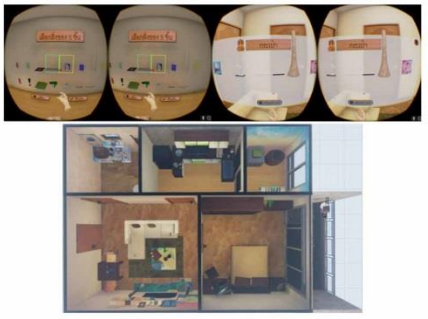


Fig. 1. Virtual Reality environment that developed in our application.

The application was designed to simulate picking up and placing item, similar in daily life at home. The experimental area had 5 rooms: living room, bedroom, bathroom, kitchen and laundry room, are shown in figure 1. These rooms were similarly designed for the common condominium. Each room had different types of furniture that limited to be placed on only 1 or 2 items. At the beginning of the experiment, users will choose the difficulty level of training from easy level (5 items), normal level (7 items) and hard level (10 items) that the number of items in easy level will be appropriate for older adult or person who has problem about memory (memory ability less than 5). However, at the first training with the bachelor students, we adjusted number of items to 7,10 and 13 items (easy, normal and hard level) for suitability that considered from memory ability of normal persons is about 7 items [10]. Next, VR application will random 15 items from 77 items. The users will choose items that they are interested as the amount indicated by their chosen level. Then users will pick up items from their bag and place on the furniture that they are satisfied. This part is very important because users must recognize things and locations of things (furnitures). After that, our application has 2 assessments for recalling memory. The first assessment, users recalled memory about their choosing items depends on chosen level, from overall 15 items. The second assessment, users recalled memory about choosing furniture from the choices that match with their placed item. For example, if they picked up a mobile phone and placed on the top of the washing machine, when a mobile phone is shown - they have to choose washing machine. Time duration during users evaluate both assessments also recorded. Finally, our application displays total corrected answer after the user finished both assessments.

The purposes of our application are 1) to train visual memory (recognition and recall) and 2) to train visuospatial that related to memory improvement [8]. This application has different levels of training, random things to avoid learning effects and using HMD for fully immersed VR environment.

C. Training the Virtual Reality Application

All participants were trained by our staff about how to control VR application before starting the experiment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

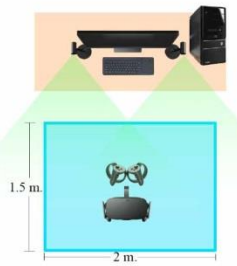


Fig. 2. Virtual Reality devices and setup area.

Figure 2 shows VR application that consists of 2 controller devices : Oculus Rift (HMD) and Oculus Touch (controller). Oculus Rift displays full immersion VR environment and Oculus Touch controls virtual hand in VR application. Pariticipants were set to sit on the swivel chair to avoid injury and feel comfortable during training. Before starting the experiment, participants can ask about using information on VR application. In this research, group of participants were tested in easy, normal and hard level for testing memory ability and satisfaction.

D. Assessments

In order to investigate memory ability of participants, we assessed the recognition and recall number of corrected items and corrected places from VR application. The first assessment was recognition and recall things (visual memory). The second assessment was recognition and recall locations that placed on things by the pariticipants (visual memory with visuospatial) . And then record time duration during recall memory for both assessments.

The satisfaction of using this VR application was assessed with a satisfied evaluation form. The questionnaire was evaluated the satisfactions about the interesting in the VR environment, and comfortable during use or control VR devices. Moreover, their opinion that VR activity can stimulate their memory or stimulus their memory in daily life, are evaluated. The satisfied questionnaire used a 5-point Likert scale, ranging from 1 (Very dissatisfied) to 5 (Very satisfied).

E. Data analysis

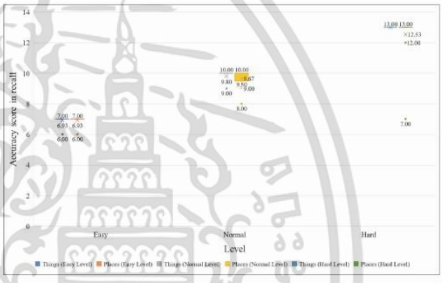
From the raw data in VR application, we extracted each variable, average accuracy score from recall things, average accuracy score from recall places, and the average time from recall. After that, we analyzed gender differences about accuracy score and time by using student's t-tests for independent samples. For the relation analysis, correlations of variables was calculated by Pearson product-moment correlation coefficient (PPMCC). In part of the satisfied evaluation, we extracted each field of the average score, then analyzed and evaluated in terms of reliability. The reliability was examined with Cronbach's alpha. Statistical Package for the Social Sciences 22 (SPSS. 22) is used.

III. Experimental results

A. Memory ability of participants in application

Figure 3 shows the experimental results that are obtained from 3 participant groups (45 persons). Duration of two assessments had average time in easy level = 1:07 minutes (SE = 0:05), normal level = 1:26 minutes (SE = 0:06) and hard level = 1:32 (SE = 0:09). Accuracy score in the corrected recalling things had average score in easy level = 6.93 (SE = 0.07), normal level = 9.80 (SE = 0.10) and hard level = 13 (SE = 0). Accuracy score in recalling places had average score in easy level = 6.93 (SE = 0.07), normal level = 9.67 (SE = 0.16) and hard level = 12.53 (SE = 0.40).

(a)



(b)

Fig. 3. The assessment of Duration, Recall things and Recall places of participants in easy, normal and hard level. (a) Spread of time duration between minimum time and maximum time. (b) Spread of correct score in the recalling assessments between minimum score and maximum score. "Things" and "Places" indicate corrected score in the recalling assessments.

TABLE III. Difference of assessments in gender for each level

Level	Assessments	Independent Samples Test	
		t	*Significance*
Easy	Assessment things	0.694	0.500
	Assessment places	0.694	0.500
	Duration	-0.657	0.523
Normal	Assessment things	0.000	1.000
	Assessment places	0.577	0.574
	Duration	-0.744	0.470
Hard	Assessment things	-	-
	Assessment places	-1.094	0.294
	Duration	-1.132	0.278

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gender was found no statistically significant differences in assessment things and places, and duration of recall memory at all level. And all participants of hard level could do full scores in assessment things that had no distribution of information, so there is not information of assessment things in hard level.

TABLE IV. CORRELATIONS BETWEEN CHARACTERISTICS OF PARTICIPANT AND ASSESSMENTS IN APPLICATION FOR EACH LEVEL

Level	Char.[a]	Assessments					
		Assessment things		*Assessment places*		*Duration*	
		PCC.[b]	*Sig.*[c]	*PCC.*	*Sig.*	*PCC.*	*Sig.*
Easy	Age	-0.055	0.845	0.359	0.188	0.067	0.813
	Edu.[d]	-0.193	0.490	0.428	0.111	0.188	0.503
Normal	Age	0.049	0.862	-0.110	0.697	-0.118	0.676
	Edu.	0.272	0.326	0.000	1.000	-0.167	0.553
Hard	Age	-	-	0.501	0.057	-0.361	0.186
	Edu.	-	-	0.197	0.483	0.118	0.676

[a]Char., Characteristics
[b]PCC., Pearson correlation coefficient
[c]Sig., Significance
[d]Ed., Education

Table IV shows correlations between characteristics and assessment, Pearson product-moment correlation analysis was found no correlation between all characteristics and all assessments at every level. And we did not found information of assessment things in hard level because it had no distribution of information.

TABLE V. CORRELATIONS BETWEEN PROPERTY AND ASSESSMENTS IN APPLICATION

Property	Assessments					
	Assessment things		*Assessment places*		*Duration*	
	PCC.[a]	*Sig.*[b]	*PCC.*	*Sig.*	*PCC.*	*Sig.*
Level	0.122	0.426	-0.137	0.370	0.379	0.010

[a]PCC., Pearson correlation coefficient
[b]Sig., Significance

Table V shows correlations between properties and assessment, We found positive relation between levels of difficulty and duration during recall memory (Correlation is significant at the 0.05 level).

B. Satisfactions of application from participants

Figure 4 is shown the satisfaction results from all participants after using our VR application in each level. Satisfaction about interesting in VR environment of easy level had average score 4.33 from 5 (SE = 0.16), normal level 4.33 (SE = 0.16) and hard level 4.67 (SE = 0.13). Satisfaction about comfortable when using VR devices of easy level had average score 4.33 from 5 (SE = 0.19), normal level 4.07 (SE = 0.12), and hard level 4.27 (SE = 0.15). Satisfaction about this activity can stimulate memory of easy level had average score 4.20 from 5 (SE = 0.17), normal level 4.27 (SE = 0.18) and hard level 4.27 (SE = 0.15). Satisfaction about this activity can apply memory stimulus in daily life of easy level had average score 4.00 from 5 (SE = 0.20), normal level 3.67 (SE = 0.16) and hard level 4.00 (SE = 0.22). When defined mean interval 0.80 ((Maximum value − Minimum value) / number of classes). Almost all satisfactions answers were satisfied (3.41-4.20) and some satisfactions answers were very satisfied (4.21-5.00). The reliability was examined with Cronbach's alpha that equals 0.743, so the satisfaction evaluation form was reliable from the acceptable indices of internal consistency (> 0.7).

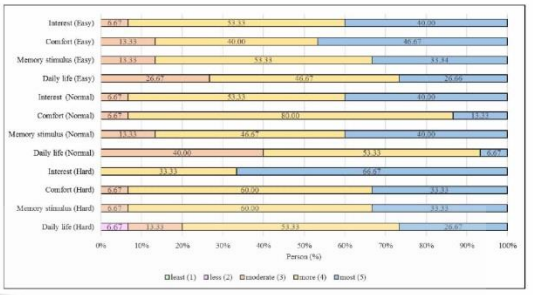


Fig. 4. Satisfactory of participants. "Interest" indicates satisfaction about interesting in Virtual Reality environments. "Comfort" indicates satisfaction about comfortable during use Virtual Reality devices. "Memory stimulus" indicates satisfaction about this activity can stimulate memory. "Daily life" indicates satisfaction about this activity can apply memory stimulus in daily life. "Person" on x-axis indicates the percentage of participants.

We questioned participants about their experienced in VR environment. Twienty five persons had experienced in VR environment but 20 persons had no experienced.

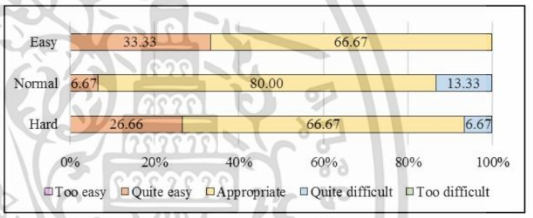


Fig. 5. Opinion of activity in this application.

Figure 5 shows the opinion about appropriate use of application from each level. At easy level, participants thought application quite easy 5 persons (33.33%) and appropriate 10 persons (66.67%). At normal level, participants thought application quite easy 1 person (6.67%), appropriate 12 persons (80%) and quite difficult 2 persons (13.33%). At hard level, participants thought quite easy 4 persons (26.66%), appropriate 10 persons (66.67%) and quite difficult 1 person (6.67%).

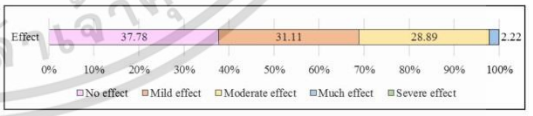


Fig. 6. The effects of using HMD (Oculus Rift).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 6 is shown the effect after using HMD. Seventeen persons (37.78%) had no sickness effect, fourteen persons (31.11%) had mild effect, thirteen persons (28.89%) had moderate effect and only one person (2.22%) had much sickness effect.

IV. Discussion

There are many VR applications for cognitive training that were developed in different versions. In addition, VR technology has rapidly evolved, especially VR devices. Consequently, we propose VR applications for fully immersed VR environment via HMD (Oculus Rift and Touch). Our VR application had first tested cognitive training by the bachelor students, then evaluate the results in memory ability from first tranining and evaluate user satisfaction.

The experimental results showed memory scores were not affected from all characteristics of participants, it might be because all characteristics of participants were very close. But, duration of recall memory was affected from degree of difficulty level. Increase of items then increase in time for recall memory. We found abnormality in hard level. In spite of choosing 13 from 15 items, all participants could do full score in assessment things. When compare the number of selectable items and number of overall items that the wrong answers are only 2 items, so the hard level was easy in assessment things and participants would focus attention in memory at assessment places more than assessment things. And we found that the assessment places are affected by placing item related to its place, for example, knife should place on furniture in the kitchen or soap should place in the bathroom. Therefore, almost all participants placed items related to its place to help them remember.

To evaluate satisfaction, VR application was assessed both "satisfied" and "very satisfied" from all participants. Regarding to user feeling about VR application from participants, the suggestions are some models of items were not clear (contours and texture) and too small, but they liked virtual reality of place and activity. They thought virtual reality (VR environment collaborates HMD) could help them to increase ability of recognition. The most participants thought the activity of VR application was appropriate. However, the participants had some motion sickness. The effect from using the application via HMD may induce motion sickness [11].

V. Conclusion

In this paper, we propose a VR application for cognitive training in visual memory and visuospatial field by using HMD. Our VR application has tested the satisfaction of usage and design, and the limit of memory ability by volunteer students. the results showed, participants were in satisfied and very satisfied level for our VR application. The limit of memory ability for recognition and recall should start from 10 items, but should consider from first practicing. For hard level must increase overall items in order to be suitable for practicing. This VR application was verified by psychiatrist, psychologist and occupational therapist that this application can be used for a cognitive training. HMD is necessary for full immersion in order to practice visuospatial field that should be taken care for side effect during practicing. In addition, this VR application can increase safety practice from the real world environment for participants and make joyfulness during training.

In future work, VR application should compare the effectiveness of visual memory and visuospatial between full immersion and partial immersion that testing in a long period, in order to see changing results from practicing.

Acknowledgment

The authors sincerely thank Dr. Daochompu Nakawiro (psychiatrist), Ms. Charunee Vidhyachak (psychologist), and Ms. Parlinzhaadaa Phatcharapisitgul (occupational therapist) from psychiatry department, Ramathibodi Hospital for their fruitful suggestion and supervision. Additionally, we appreciated all 45 student volunteers for their interesting with practicing memory, and kindly given us valued suggestions.

References

[1] R. Sperling, P. Aisen, L. Beckett, D. Bennett, S. Craft, A. Fagan, T. Iwatsubo, C. Jack, J. Kaye, T. Montine, D. Park, E. Reiman, C. Rowe, E. Siemers, Y. Stern, K. Yaffe, M. Carrillo, B. Thies, M. Morrison-Bogorad, M. Wagster and C. Phelps, "Toward defining the preclinical stages of Alzheimer's disease: Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease," Alzheimer's & Dementia, vol. 7, no. 3, pp. 280–292, 2011.

[2] A. P. Nelson and M. G. O'Connor, "Mild Cognitive Impairment: A Neuropsychological Perspective," CNS Spectrums, vol. 13, no. 1, pp. 56–64, 2008.

[3] M. Kurosu, Human-Computer Interaction. Theory, Design, Development and Practice, 1st ed. Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 3–10.

[4] I. Tarnanas, W. Schlee, M. Tsolaki, R. Müri, U. Mosimann and T. Nef, "Ecological Validity of Virtual Reality Daily Living Activities Screening for Early Dementia: Longitudinal Study," JMIR Serious Games, vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2013.

[5] J. D. Westwood., R. S. Haluck., H. M. Hoffman., G. T. Mogel., R. Phillips., R. A. Robb. and K. G. Vosburgh., Medicine Meets Virtual Reality 15, 1st ed. Amsterdam: IOS Press, 2007, pp. 155–160.

[6] M. Olchik, J. Farina, N. Steibel, A. Teixeira and M. Yassuda, "Memory training (MT) in mild cognitive impairment (MCI) generates change in cognitive performance," Archives of Gerontology and Geriatrics, vol. 56, no. 3, pp. 442–447, 2013.

[7] S. Zygouris, D. Giakoumis, K. Votis, S. Doumpoulakis, K. Ntovas, S. Segkouli, C. Karagiannidis, D. Tzovaras and M. Tsolaki, "Can a Virtual Reality Cognitive Training Application Fulfill a Dual Role? Using the Virtual Supermarket Cognitive Training Application as a Screening Tool for Mild Cognitive Impairment," Journal of Alzheimer's Disease, vol. 44, no. 4, pp. 1333–1347, 2015.

[8] G. Optale, C. Urgesi, V. Busato, S. Marin, L. Piron, K. Priftis, L. Gamberini, S. Capodieci and A. Bordin, "Controlling Memory Impairment in Elderly Adults Using Virtual Reality Memory Training: A Randomized Controlled Pilot Study," Neurorehabilitation and Neural Repair, vol. 24, no. 4, pp. 348–357, 2010.

[9] D. Man, J. Chung and G. Lee, "Evaluation of a virtual reality-based memory training programme for Hong Kong Chinese older adults with questionable dementia: a pilot study," International Journal of Geriatric Psychiatry, vol. 27, no. 5, pp. 513–520, 2011.

[10] G. Miller, "The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information," Psychological Review, vol. 101, no. 2, pp. 343–352, 1994.

[11] J. Munafo, M. Diedrick and T. Stoffregen, "The virtual reality head-mounted display Oculus Rift induces motion sickness and is sexist in its effects," Experimental Brain Research, vol. 235, no. 3, pp. 889–901, 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IEEE ICCCS2018

Nagoya Institute of Technology, Japan | April 27-30, 2018

Paper Submission Deadline - March 1st, 2018

http://www.iccs.org/

=About=

The 3rd International Conference on Computer and Communication Systems will be held in Nagoya Institute of Technology, Nagoya, Japan on April 27-30, 2018.

- Papers of first edition of ICCCS haven been indexed by Ei Compendex and Scopus.

Publication--IEEE Conference Proceeding

Accepted papers will be published in the conference proceedings, which will be published by IEEE, reviewed by IEEE Xplore, submitted for indexing in Ei Compendex and Scopus.

NOTE: Each paper should be more than 4 pages, including all figures, tables, and references.When a paper exceeds 5 pages, additional charges will occur.

=Keynote Speakers=

*Prof. Toshio Fukuda (IEEE, SICE, JSME, RSJ, and VRSJ Fellow), Nagoya University, Japan
*Prof. Yang Xiao, The University of Alabama, USA
*Prof. Yutaka Ishibashi, Nagoya Institute of Technology
*Prof. Alessandro Rizzi, University of Milan, Italy

ELSEVIER SCOPUS

IEEE

Engineering Village

NAGOYA INSTITUTE OF TECHNOLOGY 1905

TOPICS

Wireless Communications
Network Communication
Remote Sensing and GPS
Wireless and Sensor Devices
Communications Transmission
Network Security and Cryptography
RF and Microwave Communication
Information and Its Technical Education
Speech and Audio Processing
Signal, Image and Video Processing
Signal Detection and Parameter Estimation
Artificial Intelligence and Machine Learning
RF, Microwave and millimeter circuit
Techniques of Laser
Antenna and Propagation
RF and Microwave devices
Electromagnetic and Photonics
Microwave Theory and Techniques
Virtual Reality and Visualization
Modulation, Coding, and Channel Analysis
Integrated Optics and Electrooptics Devices

Algorithms
Big Data
Computer Architecture
Data Compression
Image Processing
Mobile Computing
High-Performance Computing
Autonomic and Trusted Computing
Parallel and Distributing Computing
Biomedical Informatics and Computation
Software Engineering and Knowledge Engineering

=VENUE=

Nagoya Institute of Technology
Add: Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya, Aichi, 466-8555 Japan
Website:http://www.nitech.ac.jp/eng/about/index.html

=CONTACT US=

Nicole Hu
Email: icccs@academic.net
Tel: +86-132-9869-9999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2018 3rd International Conference on Computer and Communication Systems

Interaction Behavior of Older Adults with Immersive Virtual Reality Application for Cognitive Training

Monthon Intraraprasit, Wisuwat Sunhem, and Chompoonuch Jinjakam
Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok 10520, Thailand
e-mail: monthon.int@gmail.com, wisuwat.sun@gmail.com, and chompoonuch.ji@kmitl.ac.th

Abstract—**Nowadays, older adults face health problems. The main problem is decreasing our brain skills. Memory, visuospatial skill, and cognitive functions are considered to be essence of the brain skills. These capabilities can performance by applying cognitive training or brain training. Currently, virtual reality (VR) technology is applied to cognitive training application. The results of training can be analyzed after several weeks, but it is a lack of interaction behavior analysis of older adults with VR application. The behavior analysis helps to design efficient program training, in other words, we can utilize better VR application with older adults who do not familiar with current technology. Moreover, we can understand behavior of older adult via VR application for their brain ability. VR application can be designed and kept log files for interaction behavior analysis. The algorithm for preliminary analysis is machine learning. Machine learning can predict score that measures brain's ability from the dataset. We adopted 2 models in this research. The first model is to predict the scores of visual short-term memory, called VSTM-model. The second model is to predict the scores of visuospatial skill, called VS-model. We performed baseline regression and support vector regression algorithm for score prediction of behavior. Root mean squared error is selected to measure performance of the algorithm; root mean squared error of baseline regression equal to 0.3012 in VSTM-model and 1.2427 in VS-model, and root mean squared error of support vector regression equal to 0.2876 in VSTM-model and 1.0536 in VS-model.**

Keywords-human computer interaction; cognitive training; machine learning; virtual reality application; behavior analysis

I. INTRODUCTION

Generally, older adults develop health problems. The main health problem is decreasing of the brain's ability that can change normal to dementia in older adults. The first changing state start from normal age changing. The second state is mild cognitive impairment (MCI) and then Alzheimer's disease (AD). AD is a deadly disease that affects the daily life and may lead to death, because patient will forget their names, places or daily routines [1] (e.g. have breakfast or take a medicine). The above problem will affect memory, visuospatial skill and other cognitive functions [2]. One of the main methods is cognitive training (memory training or brain training) for improving cognitive effectiveness of the brain [3]. This method can prevent declining of the brain's ability and AD. Therefore, cognitive training is used for brain training in older adults. In addition, the current VR technology is applied with cognitive training.

VR technology is the environment simulation technology and VR can simulate everything that does not exist in the real world. It is widely used in the game industry, including training and rehabilitation [4]-[5]. Environment simulation of VR helps to reduce space from using real world space. For example, if we would like to train memory for recognition and recall items in the supermarket from memo list, or train recognition path of traveling from home to the park, we will simulate supermarket, home, park and the other places in VR. VR helps for safety from the real world environment (e.g. barrier or accident). In addition, VR can be used by people, who have physical problems such as walking. VR is developed in the application for cognitive training in older adults for both partial immersion (computer screen, tablet and smartphone) and full immersion (head-mounted display: HMD) [6]-[8]. Our previous research developed full immersion VR application that used Oculus Rift (HMD) and Oculus Touch [9]. In medical analysis, we can see results of improving cognitive effectiveness after several weeks of training and analyze results from the score of neuropsychological test (this test is used for measuring brain function) including progress analysis for score evaluation of VR application. Unfortunately, we do not know the main factor that effects on evaluation score from using the VR application. Therefore, the behavior analysis by machine learning in older adults is considered.

Machine learning is an algorithm that accurately predicts the result of observation of previous data [10]. For example, suppose that we would like to divide types of vehicle from an image that may be a motorcycle, car or truck. Firstly, gathering sample images of vehicles (motorcycle, car and truck). Next, representing the sample images as feature vectors while each of those samples was defined by vehicle type as a label. Finally, the feature vectors with their labels were treated as ingredients of the classifier generation process. To complete the process, we need to choose a machine learning algorithm which is compatible to the dataset. However, the goal of machine learning is to create rules for predictions, which can deal with unseen sample accurately.

Therefore, our research analyze behavior of cognitive functions that are visual short-term memory and visuospatial skill fields in older adult via interaction with VR application

978-1-5386-6349-3/18/$31.00 ©2018 IEEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

combined with machine learning in order to design effective program training for cognitive training.

II. METHODS

A. Participants

The target group was elder adult in retirement age. All participants age 55 and over were volunteers from Bang Sao Thong District of Samut Prakan Province in Central Thailand. The experiments were under the supervision of Srivaree Healthcare Center and Wat Si Wari Noi Health Promoting Hospital of Srisajorakhaeyai District. Participants had neither health problems (injury or control problems) with hand, wrist and fingers, nor being blind and deaf.

TABLE I. CHARACTERISTICS OF PARTICIPANTS

Characteristics			
Gender		Mean Age (SE^a)	Mean Education in years (SE)
Man	Woman		
5	17	64.23 (1.42)	11.77 (1.27)

a. SE: standard error

Table I shows characteristics of twenty-two participants (5 men and 17 women). Mean age of participants was 64.23 years in a range from 55 to 78 years. Mean of formal education was 11.77 years in a range from 0 to 19 years.

B. Virtual Reality Application

The VR application of this research was developed from our previous immersive VR application [9]. Our VR application is used to train visual short-term memory and visuospatial skill. The activities in VR application were picked up and placed item on furniture in rooms. Normally, capacity of short-term memory estimate 7 items that depends on encouragement of mnemonic processes, but the average of recalled items precisely in young adults is 3-5 items. Therefore, we chose 5 items that were maximum capacity from average of young adults because capacity of short-term memory will be decline with aging [11]. Therefore, older adults may recall less than 5 items. Firstly, the participants were asked to start the VR application by pressing the start button. Next, the VR application random 15 items that participants can choose 5 items, which they are interested in placing the items in various rooms. There are 5 rooms in our VR application: bathroom, kitchen, laundry room, living room and bedroom. The participants were acknowledged the room information from researchers, but they did not know room layout as is shown in figure 1. Participants have to place all 5 items on furniture in a room provided, maximum 3-5 items per room. The list of item will be randomly shown in bag widget. Finally, the participants respond 2 assessments. The first one is a visual short-term memory assessment, which is recalling items. The participant chose (5 items in the beginning) to get one point per one correct item. The second assessment is a visuospatial skill, which is recalling place (the furniture that was placed an item on). The participant got one point when they answer one correct place. These activities increase an interactive ability between participants and VR application. Moreover, when participants pressed buttons to interact with VR interface, log files were saved by the system in order to further analysis.

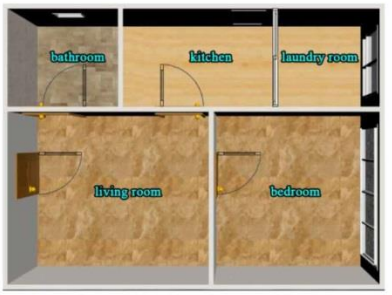


Figure 1. Layout of 5 rooms in the experiment.

C. Extract Features

Log files were extracted to several features that related to the factors in predicted evaluation. All features were combined between background information of the participants and their interaction behavior in VR applications. Twelve considerable features were (1) what order that the first chosen item from shelf was placed on furniture, (2) what order that the last chosen item from shelf was placed on furniture, (3) the maximum of visiting one room (excluded living room), (4) number of visiting living room, (5) the maximum placing items in one room, (6) number of rooms that were visited, (7) number of mistakes of placing an item (release grab button before placing item or cancel placing item), (8) total number of entering rooms, (9) the maximum time that participants spent in one room, (10) total duration of time that participant spent to answer two assessments, (11) age of each participant and (12) years of formal education of each participant. These twelve features were set to be input, and scores of two assessments were set to be output of the training.

D. Machine Learning Predictor

Baseline regression predictor is a significant reference point which would be used to compare with the other techniques. Baseline regression helps to assess how better/worse when compare with the other techniques. Regarding basic predictor of learning techniques is an average in regression [12], so the average was set to the baseline.

Support Vector Regression (SVR) is also used in this research. SVR is a principle that similar to Support Vector Machine (SVM) for classification. SVM maintain the main features to explain algorithm form [13]. The linear kernel was used in this research. We used SVR Algorithm from scikit-learn machine learning in Python [14]. For tuning parameter, we tuned C parameter for optimum performance. The boundary of C parameter for tuning was 10^{-6} to 10^{4} (10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}, …, 10^{2}, 10^{3}, 10^{4}). The dataset was normalized by Z-score from an equation:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

Where μ is the mean of each attribute, x_i is the value of dataset and σ is the standard deviation.

Leave-one-out cross-validation (LOOCV) was used for this research because we had small group of data. LOOCV is principle of generalization performance that train model on n – 1 (n: number of samples) samples of data and test one sample. LOOCV will change sample when training and test until it predicts all samples. The round of LOOCV depends on number of samples.

E. Participant Training with Virtual Reality Application

The participants were obtained objectives of VR application from researchers. If they agreed consent, the experiment will be continued. After that, researchers introduced Oculus Rift (HMD) and Oculus Touch, including how to control them. Then the 'no sickness from using HMD' participants were screened in order to avoid motion sickness from HMD that can conduct motion sickness [15]. Moreover, participants were trained tutorials in VR application that had contents 1) how to control Oculus Rift and Touch. 2) How to pick up an item from the bag and how to place an item on furniture. 3) How to enter the other room.

Figure 2. Equipment setup and seat allocated for participant.

Figure 2 shows setup of VR devices and personal computer. participant was sat on the swivel chair.

F. Data Analysis

According to average-baseline predictor and SVR predictor, we can find the Root Mean Squared Error (RMSE) between actual value and predictive value of 2 models (VSTM-model and VS-model). The VSTM-model is a model that predicts score of visual short-term memory assessment and VS-model is a model that predict the score of the visuospatial skill assessment. The algorithm was evaluated performance by RMSE. The equation of RMSE is

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2)$$

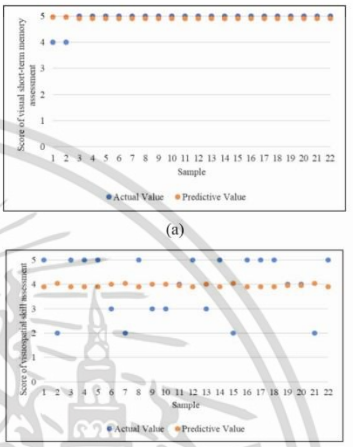
Where n is the number of samples, y_i is the true value and $\hat{y}_i$ is the predictive value of the sample.

Then, we compared baseline predictor and SVR predictor algorithm by RMSE. For SVR predictor, the weight of each feature will affect with prediction. Weight of each feature helps to analyze feature that had an effect on recalling visual short-term memory and visuospatial skill of the participant.

III. Experimental Results

A. Baseline Predictor Algorithm

Figure 3 shows the prediction of baseline predictor algorithms for visual short-term memory assessment and visuospatial skill assessment. VSTM-model of baseline predictor had RMSE equal to 0.3012. VS-model of baseline predictor had RMSE equal to 1.2427.



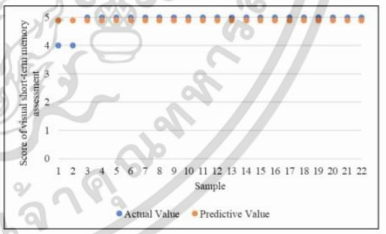
(a)

(b)

Figure 3. Baseline prediction. (a) Prediction of visual short-term memory assessment about recalling items. (b) Prediction of visuospatial skill assessment about recalling place that was placed items. "Sample" on X-axis represented each participant in the experiment.

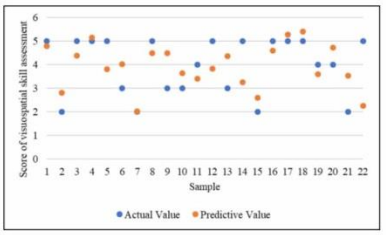
B. Support Vector Regression Predictor Algorithm

Figure 4 shows the prediction of SVR algorithm in both visual short-term memory assessment and visuospatial skill assessment. VSTM-model of SVR had RMSE equal to 0.2876. And VS-model of SVR had RMSE equal to 1.0536.



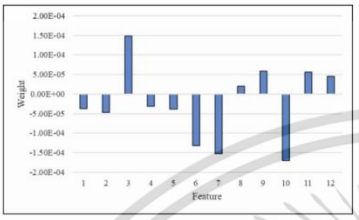
(a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

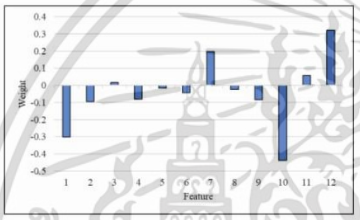


(b)

Figure 4. Prediction of SVR Algorithm. (a) Prediction of visual short-term memory assessment about recalling items. (b) Prediction of visuospatial skill assessment about recalling place that was placed items. "Sample" on X-axis represented each participant in the experiment.



(a)



(b)

Figure 5. Weight of each feature, (a) Weight of VSTM-model from SVR predictor. (b) Weight of VS-model from SVR predictor.

Figure 5 shows the weight of each feature that was created from linear SVR.

IV. Discussion and Conclusions

The cognitive training were kept log files in 12 features that combined between background of each participant and their interaction behavior in VR applications. Machine learning was used to find the relationship between chosen features and participant's ability (visual short term memory and visuospatial skill). These features related with participant's behavior. Baseline predictor was created in order to predict the results by using mean of the other samples but it was not used input from any chosen features. SVR predictor was created for results prediction from input of every feature. Consequently, when RMSE of 2 models are compared, it will be able to explain that all chosen features impact on visual short-term memory and visuospatial skill or not. According to the experimental results, the RMSE of SVR model is less than RMSE of baseline in both 2 models. It means that the selected features from participants ability that related with their interaction behavior via VR application affects with visual short-term memory and visuospatial skill.

VSTM-model of SVR related to short-term memory. the weights more than absolute value of 1.00E-04 will be considered because these features were significantly affected by the prediction. The third feature considered the room that was the most frequently visited by the participants. The participants increase their interest in memorization of items in room that they often visited, so they can increase better visual short-term memory. The sixth feature is the changing of variety of room types. The different environment of each room may increase mistake during recognition, so the visual short-term memory score decreased. The seventh feature is the number of mistakes of placing items. The design of picked up items for this VR application may not appropriate for this participant group because the system was designed for the purpose of realistic controlling by holding the button that was simulated to carrying. Moreover, participants were not familiar with device controllers, so this mistake resulted bad score effect because participants must reopen bag every time after mistake happened and they would try to pick up an item in the bag again that decrease their interest in the other items. The tenth feature is the highest weight when compared with the other features. This feature is time that spend to answer two assessments in VR application. The participants did not focus on the item details, even though some items have the same shape but different texture. So, participants were not feel confident during answering the assessment that was affected on incorrect recall and also increasing time of answering the assessment.

Regarding VS-model of SVR related to visuospatial skill, the weights more than absolute value of 0.1 were considered. Therefore, the first feature is order of placing the first chosen item. The first chosen item from shelf is the first list of recognition. It is the best performance of recognition from the beginning of list and then gradually decline by the order of items [16]. This order of recognition helps to encourage visuospatial skill. The seventh feature is number of mistake of picking up items. Before placing items, participants must keep pressing button for holding virtual object. If they release the button before cursor reaches the goal (furniture), an item will be return to the bag and they will not success in placing the item. After that, they must pick up and place an item again that help them to memorize item with the place. This action affects with their visuospatial skill which links place with item together. Although this interaction encourages visuospatial skill, it is not suitable in terms of usability with older adults. The tenth feature (assessment time) is the highest weight. Participants focused on recognition of room more than furniture. It means they pay attention in visuospatial skill in all rooms instead of focusing on place and item. The participants would not assure of furniture that was placed items. Consequently, if participants spent longer time, they may get score dropped. The twelfth feature is years of formal education. It affects with a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

performance of visuospatial skill [17]. As the results shown, the longer years of formal education impact on the better visuospatial skill.

In this paper, we presented interaction behavior of older adults with immersive VR application for cognitive training. We analyzed behavior from log file of VR application and used prediction of machine learning. We used an average values as the baseline and compared with SVR regression. SVR regression provided better results than the baseline, so interaction behavior had an effect on visual short-term memory and visuospatial skill, including background of participants.

In future works, the authors suggest that the design training via VR application from preliminary interaction behavior analysis gives better performance of training visual short-term memory and visuospatial skill. Besides, the interaction behavior analysis every time after training can detect participant behavior that may change in each time and might effect on visual short-term memory performance and visuospatial skill for long-term training.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would also like to show our gratitude to Dr. Wannipat Buated from Department of Physical Therapy, Thammasat University for her supervision and suggestion, and Srivaree Healthcare Center and Wat Si Wari Noi Health Promoting Hospital of Srisajorakhaeyai District for their supervision and support. This research was supported by King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Research Fund under grant agreement number KREF135912.

REFERENCES

[1] R. A. Sperling, P. S. Aisen, L. A. Beckett, D. A. Bennett, S. Craft, A. M. Fagan, T. Iwatsubo, C. R. Jack, J. Kaye, T. J. Montine, D. C. Park, E. M. Reiman, C. C. Rowe, E. Siemers, Y. Stern, K. Yaffe, M. C. Carrillo, B. Thies, M. MorrisonBogorad, M. V. Wagster, and C. H. Phelps, "Toward defining the preclinical stages of alzheimers disease: Recommendations from the national institute on aging-alzheimer's association workgroups on diagnostic guidelines for alzheimer's disease," Alzheimer's & Dementia, vol. 7, no. 3, 2011, pp. 280–292.

[2] A. P. Nelson and M. G. O'Connor, "Mild cognitive impairment: A neuropsychological perspective," CNS Spectrums, vol. 13, no. 1, 2008, pp. 56–64.

[3] M. R. Olchik, J. Farina, N. Steibel, A. R. Teixeira, and M. S. Yassuda, "Memory training (mt) in mild cognitive impairment (mci) generates change in cognitive performance," Archives of Gerontology and Geriatrics, vol. 56, no. 3, 2013, pp. 442–447.

[4] S. Cao, "Virtual reality applications in rehabilitation," in Human-Computer Interaction. Theory, Design, Development and Practice, M. Kurosu, Ed. Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 3–10.

[5] I. Tarnanas, W. Schlee, M. Tsolaki, R. Muri, U. Mosimann and T. Nef, "Ecological validity of virtual reality daily living activities screening for early dementia: Longitudinal study," JMIR Serious Games, vol. 1, no. 1, 2013, pp. 1–14.

[6] S. Zygouris, D. Giakoumis, K. Votis, S. Doumpoulakis, K. Ntovas, S. Segkouli, C. Karagiannidis, D. Tzovaras and M. Tsolaki, "Can a virtual reality cognitive training application fulfill a dual role? using the virtual supermarket cognitive training application as a screening tool for mild cognitive impairment," Journal of Alzheimer's Disease, vol. 44, no. 4, 2015, pp. 1333–1347.

[7] G. Optale, C. Urgesi, V. Busato, S. Marin, L. Piron, K. Priftis, L. Gamberini, S. Capodieci and A. Bordin, "Controlling memory impairment in elderly adults using virtual reality memory training: A randomized controlled pilot study," Neurorehabilitation and Neural Repair, vol. 24, no. 4, 2010, pp. 348–357.

[8] D. W. K. Man, J. C. C. Chung, and G. Y. Y. Lee, "Evaluation of a virtual reality-based memory training programme for hong kong chinese older adults with questionable dementia: a pilot study," International Journal of Geriatric Psychiatry, vol. 27, no. 5, 2012, pp. 513–520.

[9] M. Intaraprasit, P. Phanpanya, and C. Jinjakam, "Cognitive training using immersive virtual reality," in the 10th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON), Aug 2017, pp. 1–5.

[10] R. E. Schapire, The Boosting Approach to Machine Learning: An Overview. New York, NY: Springer New York, 2003, pp. 149–171.

[11] M. Naveh-Benjamin, N. Cowan, A. Kilb, and Z. Chen, "Age-related differences in immediate serial recall: Dissociating chunk formation and capacity," Memory & Cognition, vol. 35, no. 4, Jun 2007, pp. 724–737.

[12] J. Bakker and M. Pechenizkiy, "Food wholesales prediction: What is your baseline?" in Foundations of Intelligent Systems, J. Rauch, Z. W. Raś, P. Berka, and T. Elomaa, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 493–502.

[13] X. Yu, Z. Qi, and Y. Zhao, "Support vector regression for newspaper/magazine sales forecasting," Procedia Computer Science, vol. 17, 2013, pp. 1055–1062.

[14] L. Buitinck, G. Louppe, M. Blondel, F. Pedregosa, A. Mueller, O. Grisel, V. Niculae, P. Prettenhofer, A. Gramfort, J. Grobler, R. Layton, J. VanderPlas, A. Joly, B. Holt, and G. Varoquaux, "API design for machine learning software: experiences from the scikit-learn project," in ECML PKDD Workshop: Languages for Data Mining and Machine Learning, 2013, pp. 108–122.

[15] J. Munafo, M. Diedrick, and T. A. Stoffregen, "The virtual reality head-mounted display oculus rift induces motion sickness and is sexist in its effects," Experimental Brain Research, vol. 235, no. 3, Mar 2017, pp. 889–901.

[16] E. B. Lange, J. Cerella, and P. Verhaeghen, "Ease of access to list items in short-term memory depends on the order of the recognition probes," Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, vol. 37, no. 3, 2011, pp. 608–620.

[17] R. Bendayan, A. M. Piccinin, S. M. Hofer, D. Cadar, B. Johansson, and G. Muniz-Terrera, "Decline in memory, visuospatial ability, and crystalized cognitive abilities in older adults: Normative aging or terminal decline?" Journal of Aging Research, vol. 2017, 2017, pp. 1–9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ข้อมูลการปรับพารามิเตอร์ C ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นสนับสนุนเวกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลการปรับพารามิเตอร์ C ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นสนับสนุนเวกเตอร์

แบบจำลอง	**กลุ่มตัวอย่างที่ทำนาย**	**ค่า C**										
		10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^{0}	10^{1}	10^{2}	10^{3}	10^{4}
ความจำภาพระยะสั้น	1	4.9000	4.8999	4.8999	4.9019	4.9183	4.9764	4.9437	4.8929	4.8822	4.8827	4.8876
	2	4.9000	4.9000	4.8999	4.9001	4.9022	4.9119	4.8738	4.8162	4.8087	4.8086	4.8105
	3	4.9000	4.9000	4.9003	4.9030	4.9301	5.1973	5.2933	5.0739	5.0516	5.0500	5.0646
	4	4.9000	4.8998	4.8989	4.8962	4.8642	4.6703	4.6369	4.6521	4.6265	4.6267	4.6315
	5	4.9000	4.9001	4.9002	4.8986	4.8925	4.8131	4.5454	4.6062	4.6518	4.6170	4.6302
	6	4.9000	4.9000	4.9001	4.9008	4.9070	4.9482	4.9618	4.7324	4.7458	4.7456	4.7402
	7	4.9000	4.9000	4.9001	4.9001	4.8985	4.9169	4.7445	4.7260	4.7262	4.7256	4.7228
	8	4.9000	4.9000	4.8998	4.8985	4.8834	4.7578	4.7237	4.6737	4.6743	4.6741	4.6746
	9	4.9000	4.9001	4.8999	4.9007	4.9043	4.9502	4.9423	5.0020	5.0091	5.0021	5.0114
	10	4.9000	4.9001	4.9004	4.9009	4.9116	5.0136	5.0194	5.0878	5.0882	5.0878	5.0897
	11	4.9000	4.9000	4.9002	4.9009	4.9079	4.9722	5.0247	5.0750	5.0752	5.0745	5.0726
	12	4.9000	4.9000	4.9002	4.9010	4.9111	5.0290	5.0515	5.0272	5.0380	5.0296	5.0557
	13	4.9000	4.8999	4.9001	4.9016	4.9145	5.0390	4.9971	5.1313	5.1672	5.1720	5.1505
	14	4.9000	4.9001	4.9000	4.9002	4.9031	4.9088	4.8764	5.0934	5.0942	5.0936	5.0946
	15	4.9000	4.9000	4.9001	4.9014	4.9177	5.0793	5.2863	5.4455	5.4446	5.4438	5.4354

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) ข้อมูลการปรับพารามิเตอร์ C ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นสนับสนุนเวกเตอร์

แบบจำลอง	**กลุ่มตัวอย่างที่ทำนาย**	**ค่า C**										
		10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^{0}	10^{1}	10^{2}	10^{3}	10^{4}
ความจำภาพระยะสั้น	16	4.9000	4.9000	4.9002	4.9013	4.9178	5.0695	5.0906	5.0781	5.0842	5.0776	5.0761
	17	4.9000	4.9000	4.9002	4.9010	4.9131	5.0178	5.0012	5.0387	5.0367	5.0388	5.0374
	18	4.9000	4.9000	4.9002	4.9014	4.9170	5.0380	5.0741	5.0867	5.0864	5.0867	5.0808
	19	4.9000	4.9000	4.9002	4.9007	4.9093	4.9981	4.9688	4.9701	4.9704	4.9702	4.9728
	20	4.9000	4.8999	4.9000	4.9004	4.9039	4.9300	5.0407	5.0034	5.0040	5.0019	4.9957
	21	4.9000	4.9000	4.9002	4.9011	4.9109	5.0047	4.9944	5.0492	5.0469	5.0489	5.0486
	22	4.9000	4.9000	4.9001	4.9020	4.9205	5.0478	5.0147	5.0924	5.0925	5.0931	5.1042
	23	4.9000	4.8999	4.9002	4.9010	4.9063	4.9583	4.9678	5.0222	5.0252	5.0213	5.0148
	24	4.9000	4.9000	4.9001	4.9007	4.9111	5.0127	5.1060	5.0429	5.0433	5.0432	5.0499
	25	4.9000	4.9000	4.9001	4.9010	4.9104	4.9845	4.9776	5.0473	5.0478	5.0477	5.0481
	26	4.9000	4.9000	4.9001	4.9005	4.9061	4.9796	4.9767	4.9364	4.9369	4.9363	4.9352
	27	4.9000	4.9002	4.8998	4.9016	4.9176	5.0717	4.8290	4.7871	4.7887	4.7604	4.7686
	28	4.9000	4.8999	4.9004	4.9023	4.9231	5.1199	5.0707	4.8866	4.8891	4.8864	4.8922
	29	4.9000	4.8999	4.8993	4.8976	4.8840	4.7763	4.7587	4.7992	4.7995	4.7991	4.7969
	30	4.9000	4.8999	4.9001	4.9016	4.9184	5.0633	5.1681	5.1254	5.1250	5.1248	5.1182
	31	4.9000	4.9001	4.9001	4.9014	4.9147	5.0237	5.1529	5.1086	5.1119	5.1113	5.1145

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) ข้อมูลการปรับพารามิเตอร์ C ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นสนับสนุนเวกเตอร์

แบบจำลอง	**กลุ่มตัวอย่างที่ทำนาย**	**ค่า C**										
		10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^{0}	10^{1}	10^{2}	10^{3}	10^{4}
ความจำภาพระยะสั้น	32	4.9000	4.9001	4.9000	4.8989	4.8919	4.8286	4.9113	5.1087	5.1084	5.1083	5.1014
การรับรู้ทางมิติสัมพันธ์	1	4.1000	4.1000	4.1021	4.1209	4.3296	4.4241	4.4623	4.4899	4.4903	4.4918	4.4831
	2	4.0999	4.0994	4.0944	4.0443	3.5434	2.3087	1.4507	0.8802	0.8117	0.8129	0.8214
	3	4.1000	4.1000	4.1012	4.1121	4.2886	4.7470	5.0689	5.4111	5.4748	5.4614	5.4405
	4	4.1000	4.1002	4.1028	4.1278	4.4446	5.0847	5.9625	6.1611	6.1554	6.1488	6.1285
	5	4.1000	4.0997	4.0974	4.0692	3.8798	4.7877	5.5251	6.1527	6.1712	6.1715	6.1740
	6	4.1000	4.1001	4.1004	4.1039	4.1394	4.2547	4.2544	4.2432	4.2485	4.2486	4.2472
	7	4.0999	4.0993	4.0935	4.0355	3.4546	1.8653	1.6621	1.6546	1.7599	1.7610	1.7653
	8	4.1000	4.0998	4.1005	4.1054	4.1741	4.4887	4.5772	4.5779	4.5781	4.5766	4.5665
	9	4.1000	4.1000	4.0994	4.0935	4.0353	4.0326	3.6211	3.6693	3.8846	3.9612	3.9613
	10	4.1000	4.0999	4.1003	4.1030	4.1303	3.5154	3.6019	3.6053	3.6047	3.6042	3.6020
	11	4.1000	4.0998	4.0979	4.0809	3.9087	3.4037	3.1261	2.8426	2.7702	2.7715	2.7846
	12	4.1000	4.0998	4.0986	4.0863	4.0141	3.9114	3.9248	3.8402	3.8484	3.8463	3.8343
	13	4.1000	4.1004	4.1040	4.1403	4.5027	4.7115	4.5964	4.5768	4.5861	4.5882	4.5931
	14	4.0999	4.0994	4.0972	4.0720	3.8640	4.7492	4.7964	4.7409	4.7063	4.7044	4.6882
	15	4.0999	4.0995	4.0957	4.0570	3.6695	2.7982	2.2324	1.9662	1.8584	1.7487	1.7841

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) ข้อมูลการปรับพารามิเตอร์ *C* ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นสนับสนุนเวกเตอร์

แบบจำลอง	**กลุ่มตัวอย่างที่ทำนาย**	**ค่า *C***										
		10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^{0}	10^{1}	10^{2}	10^{3}	10^{4}
การรับรู้ทางมิติสัมพันธ์	16	4.1000	4.1002	4.1019	4.1185	4.3226	4.7196	4.3932	4.2371	4.2435	4.2435	4.2439
	17	4.1000	4.1003	4.1033	4.1333	4.4654	5.0439	4.8826	4.8236	4.8245	4.8248	4.8260
	18	4.1000	4.1001	4.1018	4.1184	4.2953	4.8601	4.6650	4.6923	4.6929	4.6923	4.6913
	19	4.1000	4.1001	4.1019	4.1186	4.2857	3.8613	3.8742	3.8785	3.7602	3.7593	3.7482
	20	4.1000	4.0999	4.1015	4.1148	4.2480	4.4913	4.5829	4.6955	4.7535	4.7480	4.7353
	21	4.1000	4.0998	4.0987	4.0872	3.9725	3.4510	3.4934	3.6415	3.6415	3.6414	3.6411
	22	4.0999	4.0991	4.0948	4.0482	3.6778	4.3936	4.6476	4.7127	4.7097	4.7151	4.7360
	23	4.1000	4.0999	4.0997	4.0974	4.1496	4.2621	4.4845	4.4376	4.3772	4.3113	4.3156
	24	4.1000	4.1001	4.1019	4.1191	4.2910	4.1073	3.9151	4.0714	4.0866	4.0871	4.0939
	25	4.1000	4.1003	4.1033	4.1329	4.4289	4.6514	4.5990	4.6081	4.6137	4.6155	4.6313
	26	4.1000	4.0999	4.0998	4.0979	4.0791	3.3377	3.2952	3.2686	3.2689	3.2742	3.2854
	27	4.1000	4.0999	4.0985	4.0868	4.0006	4.2264	5.1139	5.2789	5.2810	5.2801	5.2702
	28	4.1000	4.1005	4.1063	4.1630	4.7302	4.4935	4.1479	4.0774	4.1031	4.1038	4.1171
	29	4.1000	4.0996	4.0972	4.0724	3.8523	3.9977	4.4019	4.2819	4.1564	4.1559	4.1824
	30	4.1000	4.1001	4.1028	4.1280	4.3828	5.0237	5.0475	5.0047	4.9852	4.9853	4.9820
	31	4.0999	4.0994	4.0941	4.0408	3.5082	2.1178	1.6422	1.7259	1.7450	1.7476	1.7468

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) ข้อมูลการปรับพารามิเตอร์ C ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นสนับสนุนเวกเตอร์

แบบจำลอง	**กลุ่มตัวอย่างที่ทำนาย**	**ค่า C**										
		10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^{0}	10^{1}	10^{2}	10^{3}	10^{4}
การรับรู้ทางมิติสัมพันธ์	32	4.0999	4.0995	4.0953	4.0534	3.6337	3.2463	3.2006	3.1608	3.0983	3.0996	3.1085

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลค่าผิดพลาดการปรับพารามิเตอร์ C ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นสนับสนุนเวกเตอร์

แบบจำลอง	**ค่าความผิดพลาด**	**ค่า C**										
		10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^{0}	10^{1}	10^{2}	10^{3}	10^{4}
ความจำภาพระยะสั้น	ค่า MSE	0.06000	0.06000	0.05998	0.06000	0.05999	0.06800	0.07837	0.07532	0.07388	0.07510	0.07469
	ค่า RMSE	0.24495	0.24494	0.24490	0.24495	0.24493	0.26077	0.27995	0.27444	0.27181	0.27405	0.27330
การรับรู้ทางมิติสัมพันธ์	ค่า MSE	1.23498	1.23479	1.23244	1.21050	1.04108	0.52273	0.50024	0.63733	0.67227	0.67972	0.67662
	ค่า RMSE	1.11130	1.11121	1.11015	1.10023	1.02033	0.72300	0.70728	0.79833	0.81992	0.82445	0.82257

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าที่ทำนายจากการปรับค่าพารามิเตอร์ C แต่ละค่า ในแบบจำลองของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบสนับสนุนเวกเตอร์ในด้านความจำภาพระยะสั้นค่าที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ผล คือ ค่า C = 0.0001 หรือ 10^{-4} และสำหรับแบบจำลองในด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์ ค่า C = 1 หรือ 10^{0} โดยค่าความผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ C ดังกล่าวมีค่าความผิดพลาดต่ำที่สุด เมื่อนำมาสร้างแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ผล ซึ่งพิจารณาค่าความผิดพลาดจากตารางที่ ข.2

ภาคผนวก ค.
ข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมที่ในแต่ละคุณลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมในแต่ละคุณลักษณะ

ผู้เข้าร่วมคนที่	คุณลักษณะที่													คะแนนแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น	คะแนนแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (แบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น)	10 (แบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์)	11	12		
1	2	3	1	4	2	4	6	6	137	42	111	65	15	4	5
2	5	3	2	5	4	5	5	10	212	63	362	63	7	4	2
3	3	2	5	2	3	3	5	10	153	37	142	62	19	5	5
4	3	1	1	3	2	3	9	4	191	54	80	61	13	5	5
5	1	3	2	4	5	5	2	8	336	99	160	73	19	5	5
6	4	2	4	6	2	5	2	14	145	106	112	55	10	5	3
7	5	3	2	4	2	5	1	8	218	100	245	70	0	5	2
8	1	5	3	6	2	5	7	12	145	67	139	71	19	5	5
9	2	4	3	7	2	5	2	14	302	104	211	78	17	5	3
10	5	1	1	2	3	2	3	2	262	78	152	67	5	5	3
11	4	2	2	4	3	3	3	6	178	44	166	60	7	5	4
12	1	3	1	3	2	3	4	4	319	68	96	65	7	5	5
13	4	5	2	4	2	3	2	6	152	59	94	56	15	5	3

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมในแต่ละคุณลักษณะ

ผู้เข้าร่วมคนที่	คุณลักษณะที่													คะแนนแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น	คะแนนแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (แบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น)	10 (แบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์)	11	12		
14	5	2	3	6	2	5	2	12	260	63	94	76	19	5	5
15	3	5	4	3	4	3	4	8	338	152	341	67	4	5	2
16	1	2	1	3	2	3	1	4	237	60	67	58	15	5	5
17	2	3	1	3	2	3	3	4	155	25	66	62	18	5	5
18	1	2	2	3	3	4	0	6	161	33	73	66	19	5	5
19	4	3	1	3	2	3	2	4	159	53	88	58	7	5	4
20	2	3	4	7	2	5	4	14	130	50	83	57	7	5	4
21	4	3	2	3	2	4	1	6	213	53	142	68	7	5	2
22	5	4	6	7	2	5	0	18	228	106	47	55	10	5	5
23	5	3	2	4	3	3	3	6	134	40	50	56	7	5	5
24	1	3	2	4	3	3	4	6	187	79	131	60	7	5	3
25	2	3	2	4	2	5	0	8	165	35	97	73	19	5	4
26	2	4	1	4	2	4	1	6	138	77	128	71	7	5	3

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) ข้อมูลพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมในแต่ละคุณลักษณะ

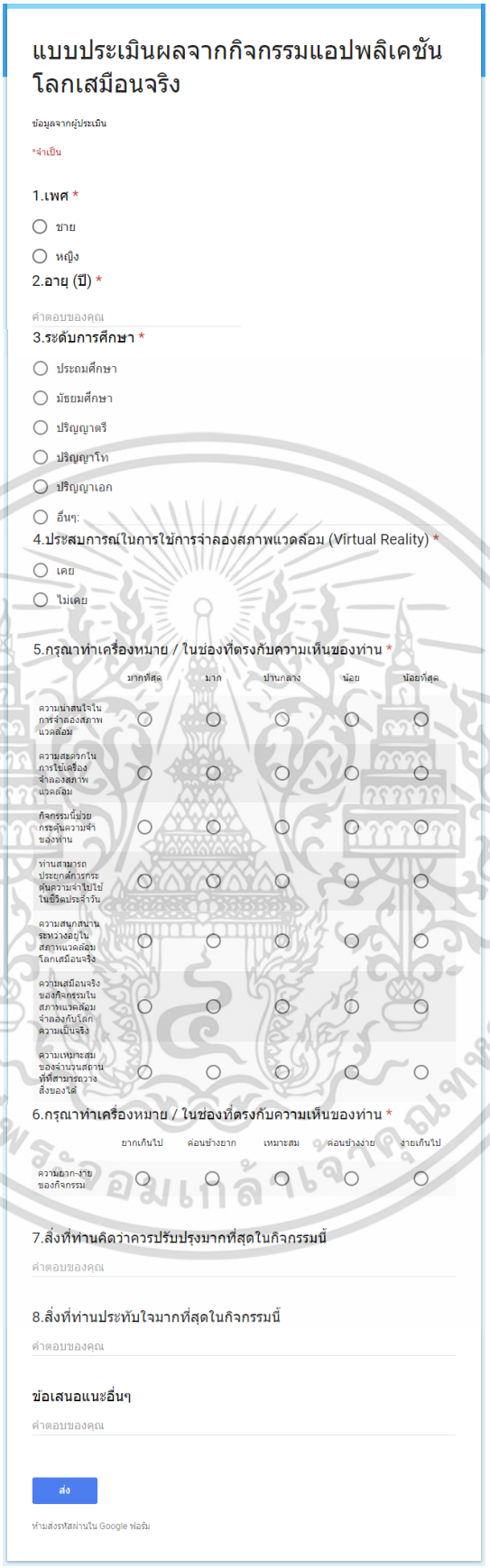
ผู้เข้าร่วมคนที่	คุณลักษณะที่													คะแนนแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น	คะแนนแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (แบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น)	10 (แบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์)	11	12		
27	4	5	0	1	5	1	1	0	329	36	95	57	12	5	5
28	1	3	0	1	5	1	0	0	203	38	86	57	7	5	4
29	4	5	3	5	4	5	1	10	132	37	74	59	7	5	5
30	1	5	3	4	2	4	2	8	110	35	52	56	15	5	5
31	2	3	5	6	3	5	1	16	321	111	282	87	7	5	3
32	5	3	3	6	3	5	1	12	268	82	212	91	12	5	3

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมจากตารางที่ ค.1

	คุณลักษณะที่													คะแนนแบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น	คะแนนแบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (แบบประเมินผลด้านความจำภาพระยะสั้น)	10 (แบบประเมินผลด้านการรับรู้ทางมิติสัมพันธ์)	11	12		
ค่าเฉลี่ย	2.94	3.16	2.31	4.09	2.72	3.81	2.56	7.88	206.81	65.19	133.69	65.00	11.22	4.94	3.97
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.54	1.14	1.45	1.63	0.99	1.20	2.14	4.43	70.55	29.85	80.23	9.07	5.50	0.25	1.12

ภาคผนวก ง.
แบบประเมินผลความพึงพอใจจากกิจกรรมแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบประเมินผลจากกิจกรรมแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง

ข้อมูลจากผู้ประเมิน

*จำเป็น

1.เพศ *

- ชาย
- หญิง

2.อายุ (ปี) *

คำตอบของคุณ

3.ระดับการศึกษา *

- ประถมศึกษา
- มัธยมศึกษา
- ปริญญาตรี
- ปริญญาโท
- ปริญญาเอก
- อื่นๆ:

4.ประสบการณ์ในการใช้การจำลองสภาพแวดล้อม (Virtual Reality) *

- เคย
- ไม่เคย

5.กรุณาทำเครื่องหมาย / ในช่องที่ตรงกับความเห็นของท่าน *

	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ความน่าสนใจในการจำลองสภาพแวดล้อม					
ความสะดวกในการใช้เครื่องจำลองสภาพแวดล้อม					
กิจกรรมนี้ช่วยกระตุ้นความจำของท่าน					
ท่านสามารถประยุกต์การกระตุ้นความจำไปใช้ในชีวิตประจำวัน					
ความสมจริงระหว่างอยู่ในสภาพแวดล้อมโลกเสมือนจริง					
ความเสมือนจริงของกิจกรรมในสภาพแวดล้อมจำลองกับโลกความเป็นจริง					
ความเหมาะสมของจำนวนสถานที่ที่สามารถวางสิ่งของได้					

6.กรุณาทำเครื่องหมาย / ในช่องที่ตรงกับความเห็นของท่าน *

	ยากเกินไป	ค่อนข้างยาก	เหมาะสม	ค่อนข้างง่าย	ง่ายเกินไป
ความยาก-ง่ายของกิจกรรม					

7.สิ่งที่ท่านคิดว่าควรปรับปรุงมากที่สุดในกิจกรรมนี้

คำตอบของคุณ

8.สิ่งที่ท่านประทับใจมากที่สุดในกิจกรรมนี้

คำตอบของคุณ

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

คำตอบของคุณ

ส่ง

ห้ามส่งรหัสผ่านใน Google ฟอร์ม

รูปที่ ง.1 แบบประเมินผลความพึงพอใจจากกิจกรรมแอปพลิเคชันโลกเสมือนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายมณฑล อินทรประสิทธิ์
ที่อยู่	34 ซ.สมบูรณ์พัฒนา 3 ถ.ประชาสงเคราะห์ แขวงดินแดง เขตดินแดง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10400
ประวัติการศึกษา	2559 จบการศึกษาวิศวกรรมบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้