การออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน กรณีศึกษา ยูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล ซีบี

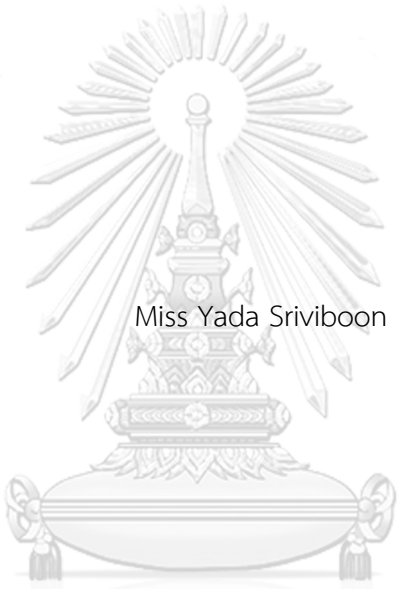
น.ส.ญาดา ศรีวิบูลย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Designing a Gamification Tutorial System Based On User Mental Model : Case study of Universal Robots CB Series.

Miss Yada Sriviboon



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานกรณีศึกษา ยูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล ซีบี
โดย	น.ส.ญาดา ศรีวิบูลย์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ญาดา ศรีวิบูลย์ : การออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานกรณีศึกษา ยูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล ซีบี. (Designing a Gamification Tutorial System Based On User Mental Model :Case study of Universal Robots CB Series.) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์

จากอุตสาหกรรมยุคใหม่ที่ต้องการเพิ่มความยืดหยุ่นให้ระบบการผลิต หุ่นยนต์ร่วมปฏิบัติงานหรือโคบอทจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาความสามารถในการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของโคบอท ได้แก่ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท พบว่าความสามารถในการใช้งานยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แม้จะมีระบบการฝึกอบรมแต่ผลการศึกษาปัญหาเบื้องต้นพบว่ามีผู้เข้าร่วมการทดสอบสามารถทำงานทดสอบขั้นพื้นฐานได้สำเร็จเพียง 10% หลังได้รับการฝึกอบรม ดังนั้นเกมมิฟิเคชั่นจึงถูกเลือกเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงระบบการสอน ยิ่งไปกว่านั้นได้มีการนำแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานเข้ามาทำการปรับปรุงคุณภาพของระบบการฝึกอบรมอีกด้วย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน วิธีการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่การออกแบบระบบการสอนได้แก่ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน จากนั้นทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานโดยงานหยิบและวางแบบพื้นฐาน จากผลการทดลองพบว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานสามารถเพิ่มอัตราความสำเร็จได้ 59% และลดระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบลง 23% เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการสอนที่ใช้ในปัจจุบัน นอกจากนั้นการนำเกมมิฟิเคชั่นมาใช้ในการออกแบบระบบการสอนสามารถเพิ่มแนวโน้มการยอมรับเทคโนโลยีและความมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2564 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6370070921 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Gamification, Mental model, Collaborative robot

Yada Sriviboon : Designing a Gamification Tutorial System Based On User Mental Model :Case study of Universal Robots CB Series.. Advisor: Asst. Prof. ARISARA JIAMSANGUANWONG, D.Eng.

The new age of manufacturing requires more flexibility in production. This increases a significant role of the collaborative robots or Cobots in various industries. However, a recent study on the usability of the Cobot's interface, the Universal Robots (UR), had revealed an unacceptable result on its system usability scale. Even though the UR had a tutorial system, the preliminary results also showed that only 10% of participants successfully performed a basic testing task using the UR after training. Therefore, gamification was selected as a tool to improve the usability of the tutorial system. Moreover, the user's mental model was also applied to the gamification tutorial to improve the quality of the tutorial system. Thus, the objective of present study was to design a gamification tutorial system of UR based on user's mental model. The experiment was conducted in two phases, designing the tutorial system (gamification tutorial system, and gamification tutorial system based on user mental model), and usability testing (pick and place task). The results showed that gamification based on user's mental model could increase the success rate by 59% and reduce the average time on task by 23% compared to the existing tutorial system. In addition, results illustrated the increasing trend when applying gamification to the tutorial systems on system usability, technology acceptance, and engagement.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Industrial Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2021 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผศ. ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และแนวทางการทำวิจัยที่ถูกต้องตามระเบียบวิธี รวมทั้งเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์อย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ศ. ดร.ปารเมศ ชุติมา ประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ รศ. ดร.ประจวบ กล่อมจิตร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัยศิลปากร ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่อง พร้อมทั้งคำแนะนำในด้านต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและชัดเจน

ขอขอบพระคุณผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนที่ให้ความร่วมมือและเสียสละเวลาให้ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูล ขอขอบพระคุณ คุณณัฐพร ผ่องแผ้วและคุณชญานี ประคอง ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ ขอขอบพระคุณคุณธนกฤต ธานีรัตน์ ที่ให้ข้อมูลและคำปรึกษาเกี่ยวกับยูนิเวอร์ซัล โรบอท วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงสามารถดำเนินต่อไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณครอบครัวและเพื่อน ๆ ซึ่งเป็นผู้ช่วยผลักดันและสนับสนุนแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ญาดา ศรีวิบูลย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 การศึกษาปัญหาเบื้องต้น 7

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 13

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 14

1.5 ความสำคัญของงานวิจัยและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 14

1.7 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 14

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

2.1 โคบอท 17

2.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโคบอท 17

2.1.2 การพัฒนาส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของโคบอท 20

2.1.3 ยูนิเวอร์ซัล โรบอท 24

2.2 แบบจำลองความคิด (Mental Model) 25

2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 เกมมิฟิเคชั่น (Gamification) 27
2.4.1 การประยุกต์ใช้เกมมิฟิเคชั่นกับการศึกษา 29
2.5 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model/TAM) 31
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 33
3.1 สื่อที่ใช้ในการทดสอบ 33
3.1.1 ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (E-learning) 33
3.1.2 การออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น 36
3.1.3 การออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน 39
3.1.3.1 วิธีการออกแบบระบบการสอนเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานในกรณีทั่วไป 39
3.1.3.2 การออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน งานหยิบและวางแบบพื้นฐาน กรณีศึกษา ยูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูลซีบี 41
3.2 ผู้เข้าร่วมการทดลอง 46
3.3 สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 47
3.3.1 สถานที่ที่ใช้ในการทดลอง 47
3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ 47
3.4 ตัวชี้วัด 48
3.4.1 อัตราความสำเร็จ 48
3.4.2 ระยะเวลาในการทำงานทดสอบ (Time) 48
3.4.3 การวิเคราะห์ความผิดพลาด (Error analysis) 48
3.4.4 แบบประเมินความสามารถในการใช้งานระบบ 49
3.4.5 แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยี 50
3.4.6 แบบประเมินการมีส่วนร่วม 50
3.5 รูปแบบการทดลอง 52

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6 งานที่ใช้ในการทดสอบ 53
3.7 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล 54
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย 56
4.1 ผลอัตราความสำเร็จ 56
4.1.1 ผลอัตราความสำเร็จของแต่ละปัจจัย 57
4.1.2 ผลเปรียบเทียบอัตราความสำเร็จแต่ละปัจจัย 59
4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานทดสอบ 61
4.2.1 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการทำงานทดสอบของแต่ละปัจจัย 61
4.2.2 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบของแต่ละปัจจัย . 62
4.3 ผลการวิเคราะห์ความผิดพลาด 65
4.4 ผลแบบประเมินความสามารถในการใช้งาน 68
4.4.1 ผลแบบประเมินความสามารถในการใช้งาน 68
4.4.2 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างความสามารถในการใช้งานของแต่ละปัจจัย 69
4.5 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยี 73
4.5.1 ผลประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของแต่ละปัจจัย 73
4.5.1.1 ผลการประเมินปัจจัยด้านการรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงาน (PU) 73
4.5.1.2 ผลการประเมินปัจจัยด้านการรับรู้ความง่ายในใช้งาน (PEOU) 73
4.5.1.3 ผลการประเมินปัจจัยด้านทัศนคติต่อการใช้งาน (AT) 73
4.5.1.4 ผลการประเมินปัจจัยด้านพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบ (BI) 73
4.5.2 ผลเปรียบเทียบความต่างค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีของแต่ละปัจจัย 74
4.6 ผลการประเมินความมีส่วนร่วม 82
4.6.1 ผลการประเมินความมีส่วนร่วม 82
4.6.2 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างความมีส่วนร่วมของแต่ละปัจจัย 83
บทที่ 5 อภิปรายผลการดำเนินการวิจัย 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1 ผลอัตราความสำเร็จ 87
5.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานทดสอบ 89
5.3 ผลการวิเคราะห์ความผิดพลาด 89
5.4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งาน 90
5.5 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยี 91
5.6 ผลการประเมินความมีส่วนร่วม 93
5.7 การนำแนวการออกแบบระบบการสอนไปประยุกต์ใช้ 94
บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 96
6.1 ข้อจำกัดงานวิจัย 97
6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 97
บรรณานุกรม 2
ภาคผนวก ก 9
ภาคผนวก ข 11
ภาคผนวก ค 13
ภาคผนวก ง 27
ประวัติผู้เขียน 45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย 16

ตารางที่ 3.1 ลำดับเนื้อหาและกิจกรรมที่มีในหลักสูตรการใช้งานเบื้องต้นผ่านบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ 34

ตารางที่ 3.2 ลำดับเนื้อหาและกิจกรรมที่มีในระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน 44

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลเชิงประชากร 47

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทางสถิติของอัตราความสำเร็จ 58

ตารางที่ 4.2 ผลอัตราความสำเร็จ 58

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบอัตราความสำเร็จ 60

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการทำงานทดสอบของแต่ละปัจจัย 61

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลด้วยค่าสถิติ Shapiro-Wilk 62

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบ Levene’s test 63

ตารางที่ 4.7 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบของแต่ละปัจจัย 64

ตารางที่ 4.8 ผลการแจงความถี่จากการวิเคราะห์ความผิดพลาด 67

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งาน 69

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลด้วยค่าสถิติ Shapiro-Wilk 70

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบ Levene’s test 70

ตารางที่ 4.12 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างความสามารถในการใช้งานของแต่ละปัจจัย 71

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีของแต่ละปัจจัย 74

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลด้วยค่าสถิติ Shapiro-Wilk 75

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบ Levene’s test 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.16 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างการรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงาน (PU) ของแต่ละปัจจัยด้วยวิธี LSD 81

ตารางที่ 4.17 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (PEOU) ของแต่ละปัจจัยด้วยวิธี Games-Howell 81

ตารางที่ 4.18 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างทัศนคติต่อการใช้งาน (AT) ของแต่ละปัจจัยด้วยวิธี Games-Howell 81

ตารางที่ 4.19 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างพฤติกรรมความต้องการใช้งาน (BI) ของแต่ละปัจจัยด้วยวิธี LSD 81

ตารางที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมของแต่ละปัจจัย 83

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลด้วยค่าสถิติ Shapiro-Wilk 84

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบ Levene’s test 85

ตารางที่ 4.23 ผลเปรียบเทียบความมีส่วนร่วมของแต่ละปัจจัย 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1สัดส่วนการนำโคบอทมาใช้ในอุตสาหกรรมเทียบกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมแบบดั้งเดิม 2

รูปที่ 1.2 การพยากรณ์ขนาดตลาดโลกสำหรับโคบอทตั้งแต่ปี 2020-2026 3

รูปที่ 1.3 ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ (ก) Universal Robot UR5; (ข) Fanuc CR-7iA;..... 4

รูปที่ 1.4 คะแนนความสามารถในการใช้งาน (SUS)..... 5

รูปที่ 1.5 สัดส่วนโคบอทจากบริษัทต่าง ๆ 5

รูปที่ 1.6 ตำแหน่งกล่อง 8

รูปที่ 1.7 กราฟแจกแจงความถี่จากการวิเคราะห์ความผิดพลาด..... 8

รูปที่ 1.8 ตัวอย่างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน 11

รูปที่ 1.9 ลำดับโครงสร้างการสอนสำหรับงานหยิบและวางในปัจจุบัน..... 12

รูปที่ 1.10 แบบจำลองความคิดการใช้งานโคบอทสำหรับงานหยิบและวาง..... 12

รูปที่ 2.1 โคบอทแบบล้อเดียว..... 17

รูปที่ 2.2 ระดับความร่วมมือกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ 19

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ (ก) หน้าต่างสำหรับสร้างงานใหม่จากการเรียงลำดับทักษะ; (ข) หน้าต่างสำหรับเลือกทักษะและตั้งค่าพารามิเตอร์ 21

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ CoSTAR 21

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ CodeIt..... 23

รูปที่ 2.6 ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของ SBS (ก) หน้าต่างสำหรับการสร้างงาน;..... 23

รูปที่ 2.7 ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของ RAZER..... 24

รูปที่ 2.8 องค์ประกอบหลักยูนิเวอร์ซัล โรบอท (ก) แขนกล; (ข) กล่องควบคุม;..... 24

รูปที่ 2.9 ระดับความสามารถด้านพุทธิพิสัย (ปรับปรุง) 26

รูปที่ 2.10 ความถี่ของผลการเรียนรู้ที่ได้รับอิทธิพลเชิงบวกของเกมมิฟิเคชั่นที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม..... 28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

รูปที่ 2.11 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM)..... 32
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างแบบจำลองระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้น 39
รูปที่ 3.2 ลำดับโครงสร้างระบบการสอนที่มีในปัจจุบัน..... 43
รูปที่ 3.3 แบบจำลองความคิดของการใช้งานโคบอทสำหรับงานหยิบและวาง 44
รูปที่ 3.4 (ก) โครงสร้างคำสั่ง; (ข) ลำดับและทิศทางการเคลื่อนที่..... 49
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน..... 51
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างแบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยี 52
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างแบบประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียน..... 52
รูปที่ 3.8 ตำแหน่งกล่อง 53
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนดำเนินการทดลองโดยรวม..... 55
รูปที่ 4.1 กราฟอัตราความสำเร็จของแต่ละปัจจัย..... 58
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงสัดส่วนความสำเร็จของแต่ละปัจจัย 59
รูปที่ 4.3 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำงานทดสอบ..... 65
รูปที่ 4.4 กราฟแจกแจงความถี่จากการวิเคราะห์ความผิดพลาด..... 67
รูปที่ 4.5 กราฟค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งาน 72
รูปที่ 4.6 ผลประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของแต่ละปัจจัย 82
รูปที่ 4.7 ผลประเมินความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับฝึกอบรมแต่ละปัจจัย 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

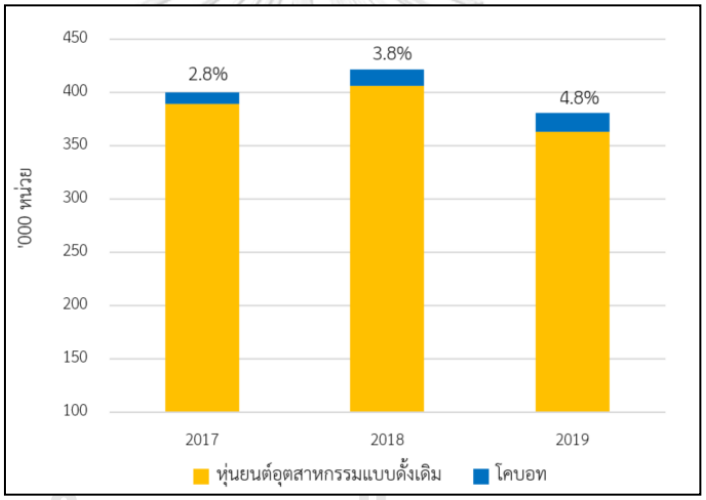
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

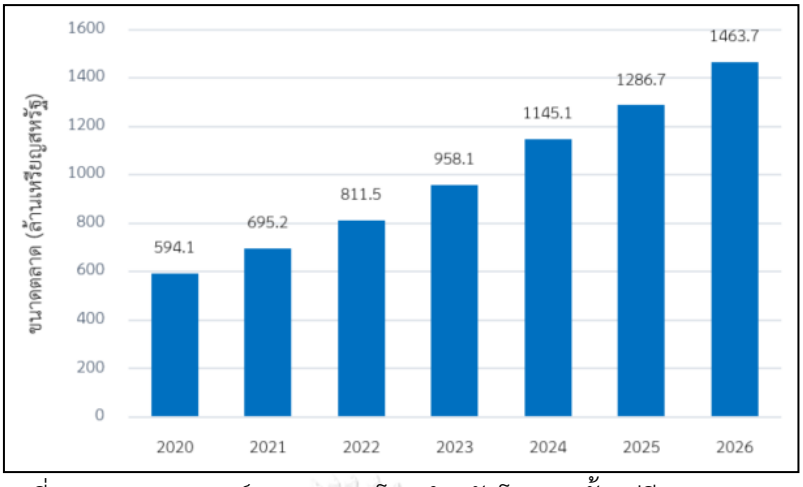
ในยุคที่อุตสาหกรรมปัจจุบันต้องการระบบการผลิตและเทคโนโลยีขั้นสูงที่มีความยืดหยุ่นเข้ามาใช้ เพื่อเพิ่มความได้เปรียบทางการแข่งขันและตอบสนองความต้องการของตลาดอย่างมีประสิทธิภาพ (Moeuf et al., 2018) อีกทั้งวิสัยทัศน์บางประการสำหรับอุตสาหกรรม 5.0 ที่กล่าวว่าอุตสาหกรรม 5.0 คือการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ (Human-Robot Co-Working) โดยมนุษย์และหุ่นยนต์สามารถทำงานร่วมกันได้ทุกที่ ทุกเวลา (Demir et al., 2019) โคบอท (Cobot) หรือ หุ่นยนต์ร่วมปฏิบัติงานจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมทั้งในปัจจุบันและอนาคต

โคบอทตัวแรกของโลกมีชื่อว่า โคบอทแบบล้อเดียว (Unicycle cobot) ถูกคิดค้นขึ้นในปี 1996 และจดสิทธิบัตรในปี 1997 โดย James E. Colgate และ Michael A. Peshkin (1997) โคบอทเป็นหุ่นยนต์อุตสาหกรรมยุคใหม่ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ออกแบบมาเพื่อทำงานร่วมกับมนุษย์ในพื้นที่เดียวกัน เน้นการทำงานร่วมกันที่ปลอดภัย ไม่ต้องอาศัยรั้วกั้นเหมือนหุ่นยนต์อุตสาหกรรมแบบดั้งเดิม (Müller et al., 2016; Wannasuphoprasit et al., 1997) จึงสามารถช่วยลดพื้นที่การทำงานได้ โคบอทออกแบบมาให้ผู้ปฏิบัติการสามารถประกอบหรือเปลี่ยนแปลงการทำงานได้แบบพลวัต (Dynamic) (El Zaatari et al., 2019) ดังนั้นการนำโคบอทเข้ามาใช้ในกระบวนผลิตจึงสามารถตอบสนองความต้องการการผลิตที่ยืดหยุ่นและคล่องตัวสูงได้ ถึงแม้ว่าโคบอทจะเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและมีความสามารถในการทำซ้ำ อย่างไรก็ตามโคบอทยังขาดความสามารถในการรับมือความไม่แน่นอนและการตัดสินใจที่ซับซ้อนซึ่งเป็นความสามารถของมนุษย์ ดังนั้นเมื่อโคบอทและมนุษย์ทำงานร่วมกันจึงสามารถลดข้อจำกัดซึ่งกันและกัน เป็นการช่วยเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) ของการทำงานได้ (Sowa et al., 2021) โคบอทถูกพัฒนาให้สามารถสื่อสารกับมนุษย์ได้อย่างไม่ซับซ้อนผ่านหลากหลายรูปแบบ ยกตัวอย่างเช่น ภาษากายและภาษาพูด (Body language and speed) การสัมผัสและแรง (Haptics and force) และส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ (User interface/UI) โดยโคบอทมีความสามารถในการทำงานประเภทต่าง ๆ ได้หลากหลาย เช่น การหยิบ การเชื่อม และการประกอบ อุตสาหกรรมทั่วโลกในปัจจุบันจึงได้มีการนำโคบอทเข้ามาใช้งานในการผลิตหลาย ๆ ด้านเช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ ได้นำโคบอทเข้ามาใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขันและยกระดับระบบอัตโนมัติและความก้าวหน้าในการผลิตตัวอย่างบริษัทที่ใช้ได้แก่ BMW Audi Volkswagen และ Skoda (El Zaatari et al., 2019) หรือ Bajaj Auto มีการนำโคบอทไปใช้ในการหยิบและวาง Continental นำไปโคบอทไปใช้ในการจัดการและตรวจสอบแผงวงจร PCB และ

ส่วนประกอบต่างๆ ในระหว่างกระบวนการผลิต นอกจากนั้นอุตสาหกรรมประเภทอื่น ๆ ก็ได้มีการนำโคบอทไปใช้เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ Orkla Foods มีการนำโคบอทไปใช้งานการบรรจุอาหารลงภาชนะ (UNIVERSALROBOTS, 2021a) ซึ่งอุตสาหกรรมในประเทศไทย โคบอทนั้นได้เริ่มเข้ามามีบทบาทเช่นกัน ตัวอย่างบริษัทที่นำโคบอทเข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานได้แก่ เครือบริษัทซีพี (กิตติวัฒน์, 2561) บริษัททรู ดิจิทัล กรุ๊ป จำกัด (มติชนออนไลน์, 2563) และบริษัทโตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด (ประชาชาติธุรกิจ, 2562) ซึ่งสัดส่วนการนำโคบอทเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมเทียบกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมแบบดั้งเดิมระหว่างปี 2017-2019 ถูกรายงานโดยสหพันธ์นานาชาติหุ่นยนต์ (International Federation of Robotics/ IFR) (IFR, 2020) พบว่ามีการนำโคบอทเข้ามาใช้ในตลาดเพิ่มขึ้นทุกปีดังรูปที่ 1.1 และจากข้อมูลพยากรณ์ที่แสดงในรูปที่ 1.2 พบว่าแนวโน้มการนำโคบอทมาใช้ในตลาดตั้งแต่ปี 2020-2026 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (StatistaResearchDepartment, 2021)



รูปที่ 1.1สัดส่วนการนำโคบอทมาใช้ในอุตสาหกรรมเทียบกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมแบบดั้งเดิม ระหว่างปี 2017-2019



รูปที่ 1.2 การพยากรณ์ขนาดตลาดโลกสำหรับโคบอทตั้งแต่ปี 2020-2026

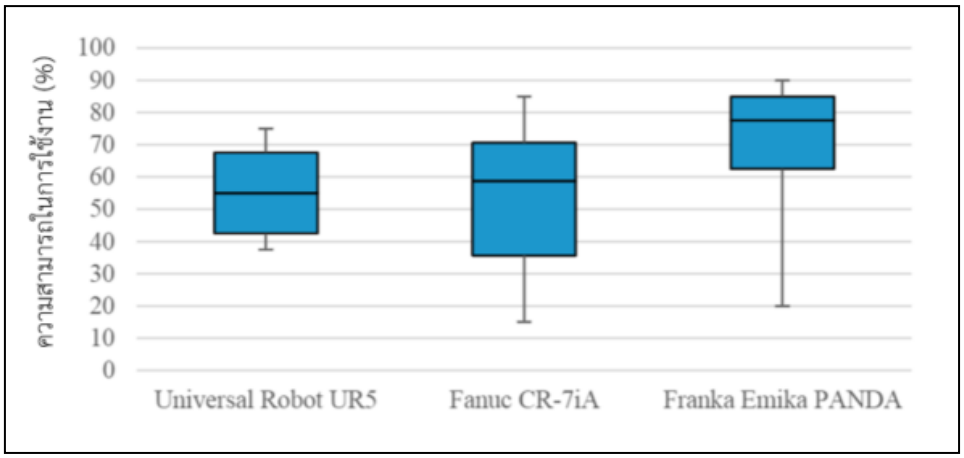
อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 1.1 สัดส่วนการนำโคบอทมาใช้ในอุตสาหกรรมจริงยังมีสัดส่วนน้อยเมื่อเทียบกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมแบบดั้งเดิม และจากที่กล่าวไปในข้างต้นว่าอุตสาหกรรมปัจจุบันต้องการการผลิตที่มีความยืดหยุ่นสูงซึ่งต้นทุนสำคัญของความยืดหยุ่นคือต้นทุนด้านการเขียนโปรแกรม เนื่องจากการเขียนโปรแกรมต้องใช้ความสามารถระดับผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญไม่เพียงแต่ต้องเขียนโปรแกรมสำหรับสั่งการและปรับเปลี่ยนโครงสร้างโปรแกรมบ่อยครั้ง ยังต้องคอยแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งานอีกด้วย ดังนั้นต้นทุนด้านการเขียนโปรแกรมจะสามารถลดลงได้อย่างมากหากปรับให้การเขียนโปรแกรมไม่ต้องอาศัยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ แต่ให้ผู้ปฏิบัติการที่มีความสามารถในระดับต้นหรือระดับกลางสามารถเขียนโปรแกรมได้ (Rossano et al., 2013)

เพื่อสนับสนุนการพัฒนาและส่งเสริมการนำโคบอทเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น จึงมีงานวิจัยพยายามศึกษาเกี่ยวกับอุปสรรคและข้อกังวลของการนำโคบอทเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมร่วมกับผู้ปฏิบัติการ สรุปได้ว่าการขาดความรู้เป็นอุปสรรคที่สำคัญที่สุด โดยระบุความเห็นว่าเป็นการขาดความรู้ในด้านต่าง ๆ ของผู้ใช้ เช่น การขาดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโคบอทและเทคโนโลยีทั่วไป การขาดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้งานที่เป็นไปได้และวิธีการใช้งานโคบอท การขาดความรู้เกี่ยวกับกรณีอ้างอิงในการใช้งานโคบอท และขาดการฝึกฝนการใช้งานโคบอทที่ดีอีกด้วย (Aaltonen & Salmi, 2019; Ionescu & Schlund, 2019; Kildal et al., 2018) สิ่งที่กล่าวมาข้างต้นส่งผลให้เกิดทัศนคติเกี่ยวกับการใช้งานโคบอทที่ไม่ดี โดยในการนำโคบอทเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมควรพิจารณาทัศนคติของผู้ปฏิบัติงานที่มีต่อโคบอท เนื่องจากนักวิจัยพบว่าทัศนคติเชิงลบของผู้ปฏิบัติงานที่มีต่อโคบอทนั้นเพิ่มความยากลำบากในการนำโคบอทเข้ามาใช้ร่วมในอุตสาหกรรม (Demir et al., 2019) เพราะทัศนคติมีอิทธิพลต่อการรับรู้ข้อมูลและระดับความจำ (Ekpete, 2012) อีกยังทัศนคติยังส่งผลต่อความพยายามในการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาขณะการใช้งาน (Gomes & Mendes, 2007) จากแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model/TAM) ทัศนคติที่ไม่ดี

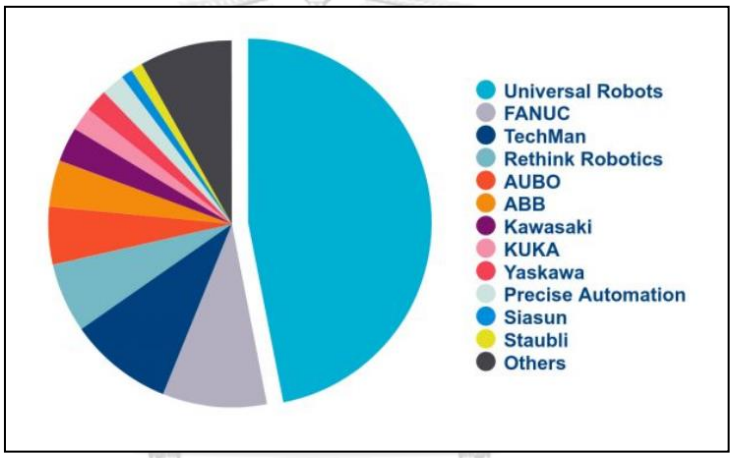
ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ปฏิบัติงานได้รับการระบุว่าเป็นข้อกำหนดเบื้องต้นที่สำคัญ สำหรับการใช้งานอย่างต่อเนื่องและความสำเร็จของระบบ (Hasan & Ahmed, 2007) และเนื่องจากโคบอทยังเป็นสิ่งที่แปลกใหม่สำหรับระบบการทำงานในอุตสาหกรรม การศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้งานที่มีต่อโคบอทจึงมีความสำคัญ

อีกทั้ง Schmidbauer และคณะ ได้ศึกษาความสามารถในการใช้งานโคบอทของบริษัทต่าง ๆ ที่มีในตลาดได้แก่ Universal Robot, Fanuc CR-7iA, และ Franka Emika PANDA ดังแสดงในรูปที่ 1.3 โดยในงานวิจัยนี้วัดความสามารถในการใช้งานออกมาในรูปแบบมาตรวัดความความสามารถในการใช้งาน (System Usability Scale/SUS) จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 1.4 เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการใช้งานเฉลี่ยของ Universal Robot, Fanuc CR-7iA, และ Franka Emika PANDA ที่มีค่าเท่ากับ 55.4, 52.3, และ 70.6 เต็ม 100 คะแนนตามลำดับ สรุปได้ว่าค่าความสามารถในการใช้งานโคบอททั้ง 3 บริษัทไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับของผู้ใช้งานเมื่อเทียบกับมาตรฐานการยอมรับที่มีเกณฑ์การยอมรับอยู่ที่ 72.6 - 100 คะแนน (Sauro & Lewis, 2012) อีกทั้งในปัจจุบันมีความต้องการส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ที่ใช้งานง่าย

รูปที่ 1.3 ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ (ก) Universal Robot UR5; (ข) Fanuc CR-7iA;
(ค) Franka Emika PANDA.



รูปที่ 1.4 คะแนนความสามารถในการใช้งาน (SUS)



รูปที่ 1.5 สัดส่วนโคบอทจากบริษัทต่าง ๆ

ผลที่กล่าวในข้างต้นเป็นสิ่งที่น่ากังวลเนื่องจากยี่ห้อโคบอทในตลาดมีสัดส่วนเป็น ยูนิเวอร์ซัล โรบอท (Universal Robot) ถึงเกือบ 50% ดังรูปที่ 1.5 และมีรายงานว่ามียูนิเวอร์ซัล โรบอท มีแนวโน้มเติบโตในตลาดอย่างต่อเนื่อง (Ash Sharma, 2019) แต่ผลการทดลองข้างต้นยังไม่เป็นที่น่าพึงพอใจ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือก ยูนิเวอร์ซัล โรบอทเป็นกรณีศึกษาต่อไป

นอกจากนั้น มีงานวิจัยประเมินความสามารถในการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมการใช้งานโคบอท (Weintrop et al., 2018) เมื่อพิจารณาเฉพาะยูนิเวอร์ซัลโรบอท ด้านความใช้งานง่าย (Ease of use) มีผู้เข้าร่วมการทดลองเพียง 57.1% ที่ประเมินว่ายูนิเวอร์ซัลโรบอทใช้งานง่าย โดย 24.4% ประเมินว่าใช้งานยาก อีกทั้งในด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีผู้ประเมินว่าพึงพอใจในการใช้งานเพียง 48.1%

สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาที่พบได้โดยทั่วไปสำหรับการออกแบบ ซึ่งได้มีโมเดลของ Norman และ Draper (1986) มาช่วยในการอธิบายว่า ทำไมส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้จึงสามารถสร้างปัญหาให้ผู้ใช้งานได้ กล่าวคือการออกแบบที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลางต้องมีการพิจารณาองค์ประกอบสองส่วนได้แก่ การดำเนินการ (Gulf of execution) และการประเมินผล (Gulf of evaluation) ซึ่งหากการออกแบบไม่สามารถทำให้ผู้ใช้งานทราบว่าระบบใช้ทำงานอะไรและต้องทำอย่างไรเพื่อให้สามารถทำงานได้สำเร็จจะส่งผลให้มีค่าความสามารถในการใช้งานที่ไม่ดี (Norman & Draper, 1986) โดยปัญหาที่กล่าวไปข้างต้นมีสาเหตุมาจาก ความไม่ตรงกันระหว่างแบบจำลองความคิด (Mental model) ของผู้ใช้งานและผู้ออกแบบ ซึ่งวิธีการปรับปรุงจะแบ่งออกเป็น 2 ด้านได้แก่

1. ด้านมนุษย์คือ ผู้ใช้งานสามารถปรับแบบจำลองความคิดของตนเองได้เมื่อมีการเรียนรู้จากประสบการณ์การใช้ระบบ ซึ่งการได้รับประสบการณ์ที่ถูกต้องจะทำให้ผู้ใช้งานมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Allen, 1997; Carroll & Olson, 1988; Norman & Draper, 1986) โดย Lekshmi (2020) ได้สรุปแบบจำลองความคิดกับการศึกษา โดยกล่าวว่า แบบจำลองความคิด (Mental model) คือแผนที่องค์ความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) เป็นโครงสร้างข้อมูลที่แสดงถึงแนวคิดที่จัดเก็บไว้ในความจำของบุคคล ช่วยให้มนุษย์สามารถจัดระเบียบความรู้ รักษา และดำเนินการกับงานใดงานหนึ่งได้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของความรู้ความเข้าใจและจำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา

> กุญแจหลักสำหรับการออกแบบระบบการสอนตามแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานคือนำเอาหลักการของแบบจำลองความคิดมาใช้ในการรวบรวมและจัดการโครงสร้างความคิดให้เป็นระบบ ซึ่งการสร้างแบบจำลองความคิดที่เหมาะสมในระหว่างการเรียนสามารถช่วยลดความยากลำบากในการเรียน ช่วยให้สามารถใช้หน่วยความจำได้อย่างเหมาะสม และช่วยให้ผู้เรียนพร้อมสำหรับการสร้างแนวคิดและพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง (Lekshmi, 2020; Woolley, 2011) ยิ่งไปกว่านั้นหากผู้ใช้มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องจะทำให้ปฏิบัติงานได้ดีขึ้น ลดเวลาและข้อผิดพลาดต่าง ๆ ขณะปฏิบัติงาน (Coulson et al., 2003) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วแบบจำลองความคิดของผู้ใช้มีการจัดระเบียบตามลำดับขั้นจากส่วนที่กว้างที่สุดสู่ส่วนที่เฉพาะเจาะจงที่สุดและมีเส้นเชื่อมแสดงความสัมพันธ์ (Clarke, 1991; Lekshmi, 2020)

2. ด้านระบบคือ หากผู้ใช้งานไม่สามารถใช้ระบบได้ดี อาจต้องมีการปรับปรุงระบบโดยออกแบบส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ให้มีความเหมาะสม ตรงกับแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานมากที่สุด (Allen, 1997; Carroll & Olson, 1988; Norman & Draper, 1986)

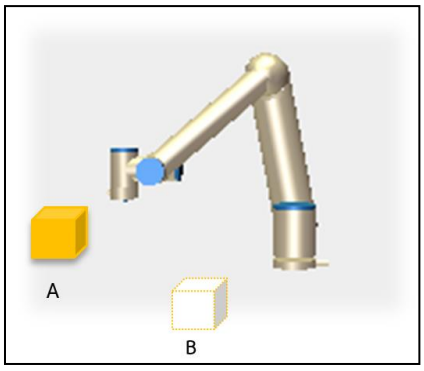
ในปัจจุบันก่อนการใช้งานยูนิเวอร์ซัล โรบอท บริษัทได้จัดให้มีการฝึกอบรม 3 หลักสูตร ด้วยกันคือ 1. หลักสูตรการใช้งานเบื้องต้นผ่านบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ 2. หลักสูตรหลัก 3. หลักสูตรการฝึกอบรมขั้นสูง (UNIVERSALROBOTS, 2021d) ซึ่งในระดับผู้ปฏิบัติการ หลักสูตรที่เหมาะสมคือหลักสูตรที่ 1 และ 2 โดยหลักสูตรหลัก มีราคาต่อ 1 คนอยู่ที่ 1,395 ยูโร (2.5 วัน) หรือ 1,000 ดอลลาร์สหรัฐ (2 วัน) ซึ่งในระดับผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่า “ค่าใช้จ่ายของหลักสูตรสำหรับการฝึกอบรมนั้น ในระดับบริษัทขนาดใหญ่สามารถจ่ายได้ แต่บริษัทขนาดเล็กหรือขนาดกลางถือเป็นราคาที่ค่อนข้างสูงซึ่งพวกเขาอาจไม่สามารถจ่ายได้” (Schnell, 2021) ดังนั้นการฝึกใช้งานโคบอทเบื้องต้นจึงเริ่มที่หลักสูตรการใช้งานเบื้องต้นผ่านบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ก่อน เนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายและสามารถเป็นแนวทางในการนำไปใช้งานเบื้องต้นได้ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานของระบบหลังเข้ารับการฝึกอบรมในปัจจุบัน พบว่าค่าความสามารถในการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้อยู่ในระดับต่ำ

1.2 การศึกษาปัญหาเบื้องต้น

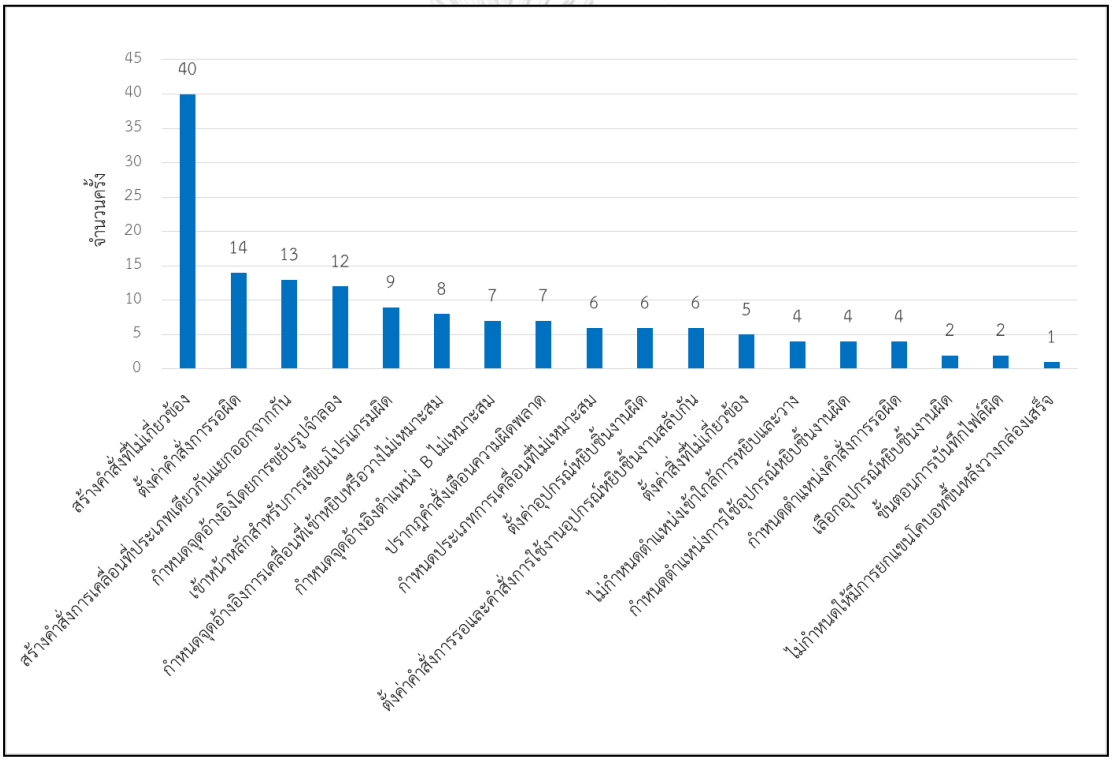
งานวิจัยนี้เริ่มจากการทดสอบเบื้องต้น (Preliminary Experiment) โดยให้นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์จำนวน 20 คน ซึ่งไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญด้านหุ่นยนต์และการเขียนโปรแกรม และทุกคนผ่านการเรียนวิชา Computer Programming เข้ารับการฝึกอบรมขั้นพื้นฐานจากหลักสูตรการใช้ฝึกอบรมเบื้องต้นผ่านบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมสั่งการให้โคบอทย้ายกล่องจากจุด A ไปยังจุด B ดังรูปที่ 1.6 พบว่ามีผู้ที่สามารถเข้าหน้าหลักสำหรับหรับเขียนโปรแกรมได้ 16 คน และสามารถเขียนโปรแกรมได้สำเร็จเพียง 2 คนหรือ 10% ของนักศึกษาทั้งหมด และจากการวัดความสามารถในการใช้งานออกมาในรูปแบบมาตรวัดความสามารถในการใช้งาน พบว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานมีค่าเท่ากับ 57.625 (*SD=19.89*) ซึ่งเมื่อเทียบกับมาตรฐานการยอมรับที่มีเกณฑ์การยอมรับอยู่ที่ 72.6 - 100 คะแนน (Sauro & Lewis, 2012) จึงสรุปได้ว่าสามารถในการใช้งานไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

จากนั้นเมื่อวิเคราะห์ความผิดพลาด (Error Analysis) ของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่สามารถเข้าสู่หน้าหลักสำหรับการเขียนโปรแกรมได้จำนวน 16 คน โดยกำหนดประเภทความผิดพลาดและนับจำนวนครั้งที่เกิดขึ้น (นับซ้ำ) พบว่ามีการสร้างคำสั่งที่ไม่เกี่ยวข้องเกิดขึ้นถึง 40 ครั้ง หรือ 27% จากความผิดพลาดทั้งหมดที่เกิดขึ้นทั้งหมด 150 ครั้ง นอกจากนั้นยังมีความผิดพลาดอื่น ๆ เกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 1.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1.6 ตำแหน่งกล่อง



รูปที่ 1.7 กราฟแจกแจงความถี่จากการวิเคราะห์ความผิดพลาด

จึงเป็นข้อสรุปว่าความสามารถในการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของยูนิเวอร์ ซัลโรบอท ควรได้รับการปรับปรุง ซึ่งจากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าการปรับปรุงความสามารถในการใช้งานสามารถทำได้ 2 ด้านคือ การฝึกอบรม (ด้านมนุษย์) และส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ (ด้านระบบ) ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกปรับปรุงการฝึกอบรมก่อน เนื่องจากเป็นการแก้ปัญหาเพื่อเป้าหมายระยะสั้น นั่นคือต้องการให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ระบบได้ทันที อีกทั้งทรัพยากรที่ใช้สำหรับการปรับปรุงการฝึกอบรมนั้นน้อยกว่าการปรับปรุงส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ทั้งระบบ

เมื่อทำการวิเคราะห์หลักสูตรการใช้งานเบื้องต้นผ่านบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ที่ทางบริษัทจัดทำไว้ให้ พบว่า บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์แบ่งเนื้อหาการสอนออกเป็นหน่วยย่อย ๆ หลังจากวิเคราะห์รายละเอียดพบว่า บทเรียนมีจุดแข็งหลายด้านได้แก่ 1. เป็นบทเรียนออนไลน์ ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้ง่ายทุกที่ ทุกเวลา 2. มีการแสดงกราฟฟิกการทำงานของซอฟแวร์ไม่ว่าจะเป็นภาพจำลองการเคลื่อนที่ของโคบอทและภาพจำลองส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ระหว่างการเขียนโปรแกรม ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.8 ซึ่งผู้เรียนต่างมีความเห็นว่าทำให้เข้าใจลำดับการเคลื่อนที่ของโคบอทและขั้นตอนการเขียนโปรแกรมได้ดีขึ้น 3. เป็นบทเรียนแบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมระหว่างการเรียน 4. มีหลากหลายภาษา โดยจุดอ่อนของบทเรียนที่สามารถพบได้แก่ 1. ผู้เรียนมีความสับสนเนื้อหาในบทเรียน 2. เกิดภาระทางปัญญาสูง (Cognitive load) อ้างอิงจากการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมการทดลองจากการทดสอบเบื้องต้น Olsson et al. (2016) และ Park and Choi (2009)

จากการพิจารณาผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานในปัจจุบัน ที่กล่าวไปแล้วในข้างต้นว่ามีนักศึกษาเพียง 10% (จาก 20 คน) ที่สามารถเขียนโปรแกรมสั่งการโคบอทให้ย้ายกล่องได้สำเร็จ เพื่อทำการหาสาเหตุว่าทำไมบทเรียนในปัจจุบันไม่สามารถทำให้ผู้เข้าร่วมการทดลองส่วนใหญ่เขียนโปรแกรมได้สำเร็จ จึงทำการพิจารณาลักษณะการสอน พบว่าระบบการสอนในปัจจุบันเป็นการสอนเพื่อให้ผู้เรียนจดจำ ไม่ได้มีการสอนให้นำไปปฏิบัติจริง ซึ่งเมื่อเทียบกับระดับการเรียนรู้ตามทฤษฎีของเบนจามิน บลูม หรือแนวคิดอนุกรมวิธานของบลูม (Bloom's Taxonomy) (Krathwohl, 2002) พบว่าระบบการสอนในปัจจุบันอยู่ในระดับล่างสุดหรือสอนให้ผู้เรียนจดจำ (Remember) ดังนั้นเมื่อนักศึกษาได้รับคำสั่งให้ทำการเขียนโปรแกรมในสถานการณ์ที่กำหนดจึงไม่สามารถทำได้สำเร็จ เพราะต้องอาศัยความสามารถในระดับการนำความรู้ไปประยุกต์ (Apply) ซึ่งบทเรียนไม่ได้สอน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการผลักดันให้ระบบการสอนอยู่ในระดับที่สูงขึ้น จากระดับการจำ (Remembering) ไปสู่ระดับการนำความรู้ไปประยุกต์ (Applying) โดยทฤษฎีที่นำเข้ามาประยุกต์เพื่อเพิ่มระดับการเรียนรู้ได้แก่ การเรียนรู้โดยการทำ (Learning by doing) ซึ่งเป็นการเรียนรู้โดยประสบการณ์ที่เกิดจากการกระทำของตนเอง ให้ผู้เรียนได้ลองผิดลองถูกและสัมผัสผลลัพท์ของการกระทำ สามารถช่วยให้ผู้เรียนจดจำและจัดลำดับการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเครื่องมือหลักที่จะนำเข้ามาใช้สำหรับระบบการเรียนรู้โดยการกระทำคือ เกมมิฟิเคชั่น (Gamification)

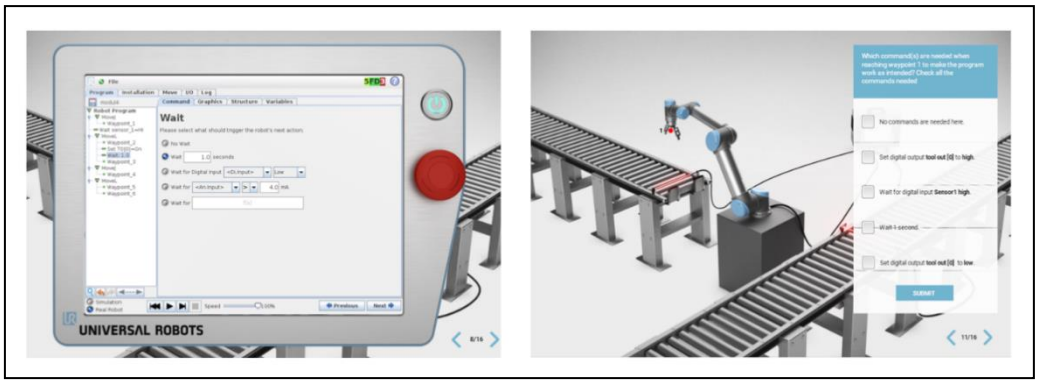
เกมมิฟิเคชั่นคือ การนำเอาองค์ประกอบของเกมมาสู่บริบทที่ไม่ใช่เกม มีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมกับบทเรียนมากขึ้น มีองค์ประกอบที่ช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้นหลายประการ เช่น ความเป็นแฟนตาซี รางวัล ลักษณะบทเรียนเป็นการเปิดเผย

แบบก้าวหน้า (Progressive disclosure) ข้อเสนอแนะและคำแนะนำระหว่างดำเนินการ โดยในปัจจุบันได้มีการนำเกมมิฟิเคชั่นมาสนับสนุนการนำนวัตกรรมใหม่ ๆ เข้ามาใช้ในองค์กร เพื่อช่วยเพิ่มระดับแรงจูงใจ การมีส่วนร่วม และการเสริมแรงทางบวก ซึ่งเกมมิฟิเคชั่นได้รับการพิสูจน์แล้วว่า เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการจัดการความรู้ การเรียนรู้และการฝึกอบรม (Gimenez-Fernandez et al., 2021) โดยในด้านการเรียนการสอนได้มีงานวิจัยศึกษาเปรียบเทียบระบบการสอนใช้โปรแกรม Auto CAD แบบเกมมิฟิเคชั่นและแบบไม่ใช้เกมมิฟิเคชั่น พบว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นทำให้อัตราความสำเร็จของงานอยู่ที่ 100% ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าผู้เรียนมีประสบการณ์การเรียนที่ดีขึ้นอีกด้วย ส่วนในด้านการฝึกอบรมพนักงาน มีตัวอย่างการนำเกมมิฟิเคชั่นเป็นเครื่องมือเพื่อเพิ่มทักษะของพนักงานเช่นกัน โดยในงานวิจัยของ Pereira et al., (2018) นี้เองได้เปลี่ยนระบบการสอนพนักงานแบบใช้คู่มือการสอน (กระดาษ) เป็นระบบการสอนแบบโต้ตอบผ่านเกมมิฟิเคชั่น พบว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นสามารถเพิ่มแรงจูงใจของพนักงานให้มีส่วนร่วมกับองค์กรมากขึ้น เป็นตัวกระตุ้นให้พนักงานไปแสวงหาความรู้เพิ่มเติม และเป็นเครื่องมือที่ดีในการช่วยให้พนักงานเข้าใจและนำเนื้อหาที่ฝึกอบรมไปใช้ได้จริง (Pereira et al., 2018)

เมื่อพิจารณาเกมมิฟิเคชั่นในแง่ทฤษฎีความจำ (Multi-Store Model) ของ Atkinson and Shiffrin (1968) พบว่าเกมมิฟิเคชั่นช่วยในการดึงดูดความสนใจ (Attention) ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งต่อข้อมูลจากความจำจากการสัมผัส (Sensory memory) สู่ความจำระยะสั้น (Short term memory) นอกจากนั้นเกมมิฟิเคชั่นยังช่วยในการแบ่งเนื้อหาที่ผู้เรียนต้องจดจำและส่งเสริมให้ผู้เรียนทำได้ฝึกคิดและซ้ำด้วยตัวเองซึ่งเป็นการช่วยส่งต่อข้อมูลจากความทรงจำระยะสั้นสู่ความทรงจำระยะยาว (Long term memory) ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

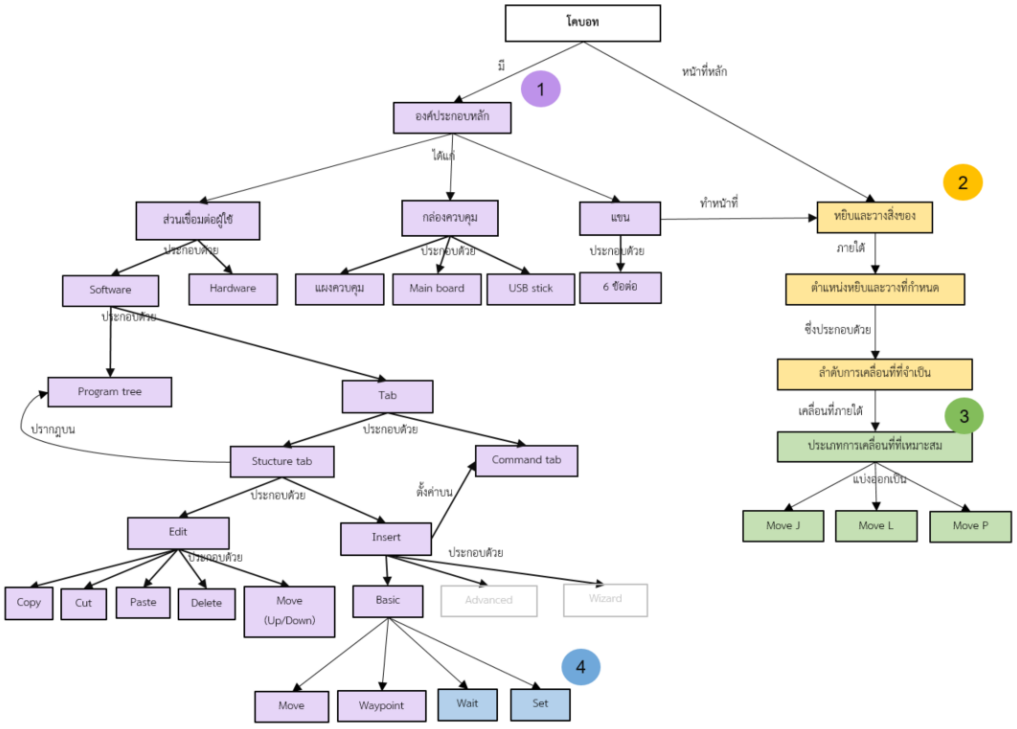
จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อรูปแบบการเรียนการสอนในปัจจุบัน ส่งผลให้ระบบการศึกษามีการปรับตัวจากรูปแบบการสอนแบบเดิมให้เป็นรูปแบบการสอนแบบออนไลน์ (Tarkar, 2020) นั่นเป็นสิ่งที่น่ากังวล เนื่องจากหากสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ไม่ได้รับการออกแบบมาอย่างรอบคอบอาจส่งผลกระทบต่อผู้เรียน เช่น มีความเสี่ยงสำหรับแรงจูงใจในการเรียนต่ำและอัตราการออกกลางคันที่สูง สิ่งเหล่านี้อาจนำไปสู่กระบวนการเรียนรู้ที่ล้มเหลว (Park & Choi, 2009) โดย Olsson et al. (2016) สรุปได้ว่าเกมมิฟิเคชั่นสามารถสร้างแรงจูงใจในการศึกษาและมีแนวโน้มที่ดีในการประยุกต์เข้ากับการศึกษาแบบออนไลน์ ดังนั้นจากที่กล่าวมาทั้งหมดในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เกมมิฟิเคชั่นเป็นเครื่องมือหลักในการสอนต่อไป



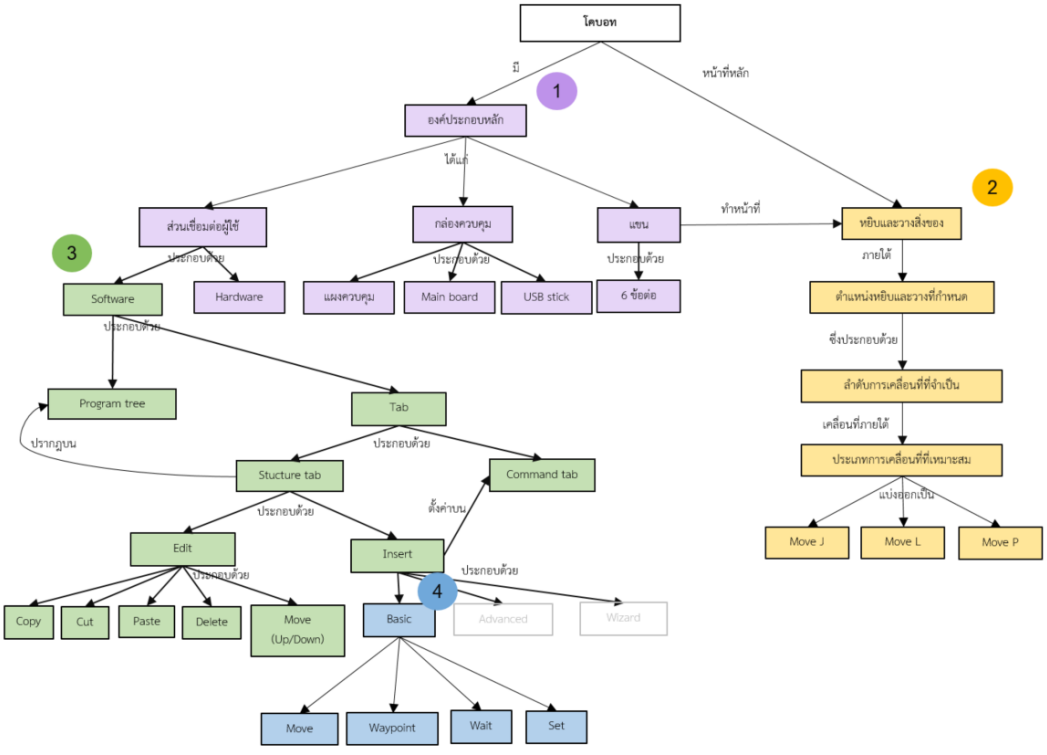
รูปที่ 1.8 ตัวอย่างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน

จากการกล่าวถึงระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นในข้างต้น จะเห็นว่าเพียงการปรับรูปแบบการสอนแบบทั่วไปให้กลายเป็นระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นก็สามารถช่วยปรับปรุงระบบการสอนให้มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลมากขึ้นจากเดิมได้ แต่จากการศึกษาเพิ่มเติมของผู้วิจัยที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้นว่า สำหรับรูปแบบการเรียนการสอนการนำแบบจำลองความคิดเข้ามาใช้ในการออกแบบระบบการสอนนั้นมีความสำคัญ เนื่องจากเป็นการจัดระเบียบโครงสร้างบทเรียนให้ง่ายต่อการเข้าใจและจัดระเบียบความคิดของผู้เรียน ซึ่งเมื่อพิจารณาลำดับโครงสร้างการสอนสำหรับงานหยิบและวาง (พื้นฐาน) ของระบบการสอนที่มีในปัจจุบันดังรูปที่ 1.9 เปรียบเทียบกับแบบจำลองความคิดดังรูปที่ 1.10 ที่ผู้วิจัยได้เขียนขึ้นจากหลักการการเขียนแบบจำลองความคิดที่กล่าวว่าโดยทั่วไปแล้วแบบจำลองความคิดมีการจัดระเบียบตามลำดับขั้นจากส่วนที่กว้างที่สุดสู่ส่วนที่เฉพาะเจาะจงที่สุดและมีเส้นเชื่อมแสดงความสัมพันธ์ (Clarke, 1991; Lekshmi, 2020) พบว่าลำดับของการเรียนนั้นไม่ได้สอดคล้องกับหลักการสร้างแบบจำลองความคิด โดยระบบการสอนที่มีในปัจจุบันนั้น เริ่มจากการอธิบายองค์ประกอบหลักของโคบอท (Hardware) และลงรายละเอียดไปที่วิธีการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้และฟังก์ชั่นสำหรับการเคลื่อนที่ทันที (Software) โดยที่ผู้เรียนนั้นยังไม่ได้ทราบถึงหลักการการทำงานโดยรวมและหลักการการเคลื่อนที่ของโคบอท สิ่งนี้อาจทำให้ยากต่อการเชื่อมโยงระหว่างวิธีการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้และการเคลื่อนที่ที่สำคัญของโคบอท ดังนั้นหากทำการปรับปรุงบทเรียนที่มีในปัจจุบันให้เป็นระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นที่มีโครงสร้างการสอนแบบเดิม ปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้นยังคงไม่ได้รับการแก้ไข

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการนำแบบจำลองความคิดมาประยุกต์ร่วมในการออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น กล่าวคือในงานวิจัยนี้สนใจลำดับโครงสร้างในการรับรู้ข้อมูลของผู้เรียนขณะเข้ารับการฝึกอบรมจากระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นโดยนำหลักการแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานมาเป็นโครงสร้างหลักในการออกแบบระบบการสอน ผู้วิจัยคาดว่าอาจช่วยพัฒนาประสิทธิภาพและประสิทธิผลให้ดีขึ้นกว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นได้



รูปที่ 1.9 ลำดับโครงสร้างการสอนสำหรับงานหยิบและวางในปัจจุบัน



รูปที่ 1.10 แบบจำลองความคิดการใช้งานโคบอทสำหรับงานหยิบและวาง

ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้คือต้องการศึกษาเปรียบเทียบระบบการสอนทั้งหมด 3 ระบบ ได้แก่ 1. ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ทางบริษัทจัดทำขึ้น 2. ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น ซึ่งมีโครงสร้างการสอนลำดับเดียวกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ และ 3. ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้ โดยรูปแบบการทดลองสำหรับการศึกษาเปรียบเทียบนั้นเป็นรูปแบบการสุ่มตัวอย่างและแบ่งกลุ่มทดลอง (Between-subject Design)

จากปัญหาความสามารถในการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของยูนิเวอร์ซัล โรบอท นำไปสู่การวิเคราะห์ระบบการสอนในปัจจุบัน รวมถึงการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ คือ ต้องการออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานสำหรับส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของยูนิเวอร์ซัล โรบอท เพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน โดยบทเรียนที่ทำการออกแบบจะคงจุดแข็งหรือสิ่งที่ดีของระบบการสอนในปัจจุบันไว้และจะเพิ่มสิ่งที่ขาดเข้ามา โดยงานวิจัยนี้ได้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบการสอนของระบบการสอนทั้ง 3 ประเภทได้แก่ 1. ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ 2. ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น 3. ระบบการสอนแบบเกมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน งานวิจัยนี้เลือกใช้เกมมิฟิเคชั่นเป็นเครื่องมือหลักในการสอน ดังนั้นในการออกแบบระบบการสอนจึงประกอบด้วย 3 หัวใจหลักด้วยกัน ได้แก่ 1. การแสดงภาพจำลอง (Visualization) 2. เกมมิฟิเคชั่น โดยทั้ง 2 หัวใจหลักที่กล่าวมา เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับสนับสนุนการเรียน และ 3. แบบจำลองความคิด ในที่นี้ใช้เป็นโครงสร้างในการออกแบบลำดับโครงสร้างสำหรับการฝึกอบรม ความสำคัญของการนำแบบจำลองความคิดมาร่วมในการออกแบบบทเรียนคือเป็นการทำให้แน่ใจว่าบทเรียนที่ออกแบบมานั้นหลังจากผู้เรียนได้เรียนแล้วจะสามารถใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ได้อย่างแน่นอนและมีการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด จากการศึกษาปัญหาที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้นมาประกอบการทำแผนการสอน เพื่อให้บทเรียนมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ยังสนใจศึกษาอิทธิพลของระบบการสอนทั้ง 3 รูปแบบที่ส่งผลกระทบต่อการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียนที่มีต่อโคบอทหลังเข้ารับการฝึกอบรม เพื่อเป็นประโยชน์ในการพิจารณาการเลือกใช้ระบบการสอนในอุตสาหกรรมอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน กรณีศึกษายูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล ซีบี

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

- ศึกษาส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของยูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล CB ในโปรแกรมจำลอง เวอร์ชั่น 3.15.4
- บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ของยูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล CB เวอร์ชั่น A/S 2017-2019
- งานในการทดลองคือ การเขียนโปรแกรมย้ายกล่องขั้นพื้นฐาน

1.5 ความสำคัญของงานวิจัยและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ทางทฤษฎี : ศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานลงในการออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น
- ทางการประยุกต์ : สร้างแบบจำลอง (Prototype) แนวทางการพัฒนาการฝึกอบรม ซึ่งสามารถนำไป ประยุกต์ใช้กับโคบอทยี่ห้ออื่น ๆ ในตลาดได้

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- แบบจำลอง (Prototype) ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน
- วิธีการออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นที่มีพื้นฐานการออกแบบมาจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน
- ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีในปัจจุบัน ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.7 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

- ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโคบอทในอุตสาหกรรมและความสามารถในการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของโคบอท
- ออกแบบการทดลอง กำหนดงานและเงื่อนไขในการทดลอง ทดสอบนำร่อง (Pilot testing)
- ทดสอบความสามารถในการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของยูนิเวอร์ซัล โรบอท เบื้องต้น
- วิเคราะห์ผลการทดลองเบื้องต้น
- ออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิด
- ทดสอบความสามารถในการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของยูนิเวอร์ซัล โรบอท หลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วย

- ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีในปัจจุบัน
- ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น
- ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้

- วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
- จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์และเสนอผลงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	พ.ศ. 2564												พ.ศ. 2565											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโค้ชออนไลน์ในสถานการณ์โควิด-19																			
ออกแบบการทดลอง กำหนดงานและสื่อที่ใช้ในการทดลอง																			
ทดสอบนำร่อง (Pilot testing)																			
ทดสอบเบื้องต้น(Preliminary experiment)																			
วิเคราะห์ผลการทดลอง																			
ออกแบบระบบการสอบแบบใหม่																			
ทดสอบความสามารถในการใช้งานส่วนเสื่อมต่อผู้ใช้ของยูนิเวอร์ซัล โรบอท																			
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง																			
จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์และเสนอผลงาน																			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น สำหรับส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของโคบอท โดยมีพื้นฐานการออกแบบมาจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน กรณีศึกษายูนิเวอร์ซัล โรบอท เพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน ดังนั้นในเนื้อหาบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบไปด้วย 4 หัวข้อหลักได้แก่ โคบอท แบบจำลองความคิด ทฤษฎีการเรียนรู้ และเกมมิฟิเคชัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 โคบอท

2.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโคบอท

โคบอท (Cobot/ Collaborative Robot) คือหุ่นยนต์ร่วมปฏิบัติการที่สามารถทำงานร่วมกันกับมนุษย์ได้ในพื้นที่เดียวกันอย่างมีความปลอดภัย โคบอทถือกำเนิดขึ้นในปี 1996 และถูกจดสิทธิบัตรในปี 1997 ผู้ประดิษฐ์คือ James E. Colgate และ Michael A. Peshkin (1997) โคบอทตัวแรกของโลกมีชื่อว่า โคบอทแบบล้อเดียว (Unicycle cobot) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (Colgate & Peshkin, 1997) โดยโคบอทถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีหลายประเภทด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น โคบอทสกูตเตอร์ (Scooter cobot), โคบอทสามแกนหมุน (3R cobot), โคบอทแบบราง (Rail cobot), โคบอทก้านควบคุม (Joystick cobot), โคบอทปรับรูป, โคบอทแขนกลห้าเหลี่ยม (Pantagraph cobot), โคบอท 6 องศาอิสระ (6 DOF Cobot) (สิริเกษมสุข, 2551)

รูปที่ 1.11 โคบอทแบบล้อเดียว

โคบอทมีความสามารถในการทำงานที่หลากหลาย จึงมีการนำโคบอทมาใช้ร่วมในการผลิต ได้แก่ การหยิบ บรรจุและจัดเรียงพาเลท (Picking, packing and palletizing), การเชื่อม (Welding), การประกอบ (Assembling items), การจัดการวัสดุ (Handling materials), การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ (Inspecting products for quality) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (Vojić, 2020)

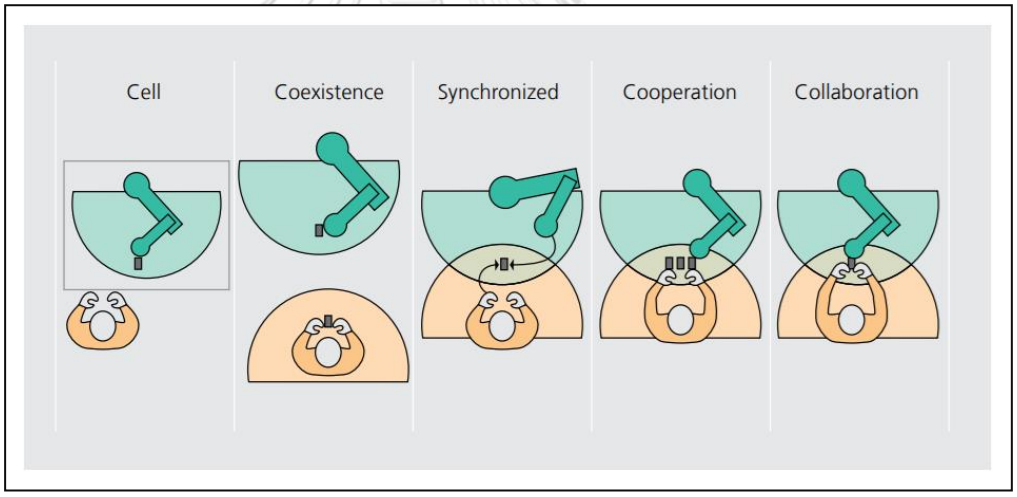
1. การหยิบ บรรจุและจัดเรียงพาเลท นั้นเป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยแรงงานจากมนุษย์มากและใช้เวลานานอีกด้วย ดังนั้นการให้มนุษย์ทำงานที่ต้องใช้พลังงานอย่างไม่มีที่สิ้นสุดนั้น จึงไม่เป็นสิ่งที่สมเหตุสมผลและอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดขณะปฏิบัติการได้ โคบอทจึงถูกนำมาใช้เพื่อแบ่งเบาภาระงานของมนุษย์ ซึ่งข้อดีที่สำคัญคือสามารถปรับให้โคบอทปฏิบัติงานด้วยอัตราเร็วที่เร็วขึ้น และโคบอทมีศักยภาพที่จะทำงานติดต่อกันได้หลายชั่วโมงหรือแม้กระทั่งเป็นวันซึ่งแตกต่างจากมนุษย์
2. การเชื่อม โคบอทสามารถช่วยลดอัตราการสูญเสียจากการผลิตที่ผิดพลาดที่ผิดพลาดจากมนุษย์และช่วยปรับปรุงคุณภาพงานให้สม่ำเสมอ
3. การประกอบ ในการนำโคบอทมาใช้ในการประกอบนั้นสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพความสม่ำเสมอและความเร็วในการผลิต นอกจากนั้นยังสามารถปรับผลผลิตของการประกอบให้เข้ากับฤดูกาลและความต้องการของลูกค้าอีกด้วย
4. การจัดการวัสดุ หรือการขนย้ายวัสดุในโรงงานนั้น เป็นงานที่ซ้ำซากสำหรับมนุษย์ในอุตสาหกรรมจึงได้มีการนำโคบอทไปใช้ในการเคลื่อนย้ายวัสดุไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มความปลอดภัยของคนงาน ลดการหยุดทำงาน และรอบการผลิตเร็วขึ้น
5. การตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งต้องอาศัยความแม่นยำและสม่ำเสมอซึ่งเป็นจุดเด่นของโคบอท ดังนั้นการนำโคบอทมาใช้ในงานตรวจสอบคุณภาพจึงได้รับความนิยม ยกตัวอย่างเช่นการตรวจสอบประตูรถ การตรวจสอบรอยเชื่อม และการตรวจสอบรูปร่าง/ขนาดของผักผลไม้ โดยการนำโคบอทมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานนั้นช่วยลดความซ้ำซากของงานที่ให้มนุษย์ทำและยังได้คุณภาพที่สม่ำเสมออีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์อาจมีตั้งแต่ระดับทำงานในพื้นที่เดียวกันแบบไม่มีรั้วกั้นแต่ไม่มีการทำงานร่วมกันโดยตรง หรือมีการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ จึงได้มีการแบ่งประเภทการมีปฏิสัมพันธ์กันหรือความร่วมมือกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ (Bauer et al., 2016) ซึ่งถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการเขียนโปรแกรมการเคลื่อนที่ของโคบอทให้ให้โคบอทเคลื่อนที่สอดคล้องกับมนุษย์มากที่สุด เพื่อให้เป็นไปตามมาตรการด้านความปลอดภัย (Vojić, 2020) ซึ่ง Bauer et al.,

(2016) ได้จำแนกประเภทความร่วมมือกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์โดยพื้นการทำงานที่ซ้อนทับกันได้การความร่วมมือระดับต่าง ๆ 5 ระดับ ดังรูปที่ 2.2

- Cell เป็นสถานการณ์ที่ไม่มีความร่วมมือกันโดยมีรั้วกั้นระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์อุตสาหกรรมแบบดั้งเดิม
- Coexistence เป็นสถานการณ์ที่ไม่ใช่การร่วมมือกันอย่างแท้จริง ถึงแม้ว่าจะปราศจากรั้วกั้นแต่ไม่ได้มีการใช้พื้นที่ร่วมกันในการทำงาน
- Synchronized มนุษย์และหุ่นยนต์ใช้พื้นที่ร่วมกัน แต่ไม่ได้ได้ทำงานร่วมกันในเวลาเดียวกัน มีเพียงมนุษย์หรือหุ่นยนต์ที่ใช้พื้นที่ในเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น
- Cooperation มนุษย์และหุ่นยนต์ (โคบอท) ปฏิบัติงานในพื้นที่เดียวกัน แต่ไม่ได้มีการทำงานร่วมกันในชิ้นงานเดียวกัน
- Collaboration มนุษย์และหุ่นยนต์ (โคบอท) ทำงานพร้อมกันในชิ้นงานเดียวกัน



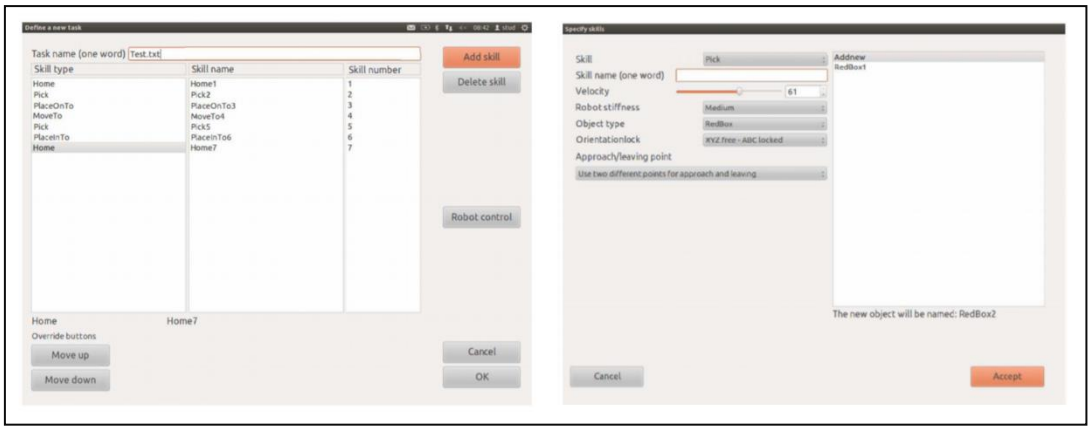
รูปที่ 1.12 ระดับความร่วมมือกันระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์

2.1.2 การพัฒนาส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของโคบอท

ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ (User Interface/UI) ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้สามารถใช้งานง่าย ไม่ต้องอาศัยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการเขียนโปรแกรม จัดลำดับงาน หรือตั้งค่าพารามิเตอร์ ในงานวิจัยนี้ได้มีศึกษาและรวบรวมตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของโคบอทแบบต่าง ๆ เพื่อเป็นการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นขณะผู้ใช้งานใช้ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้

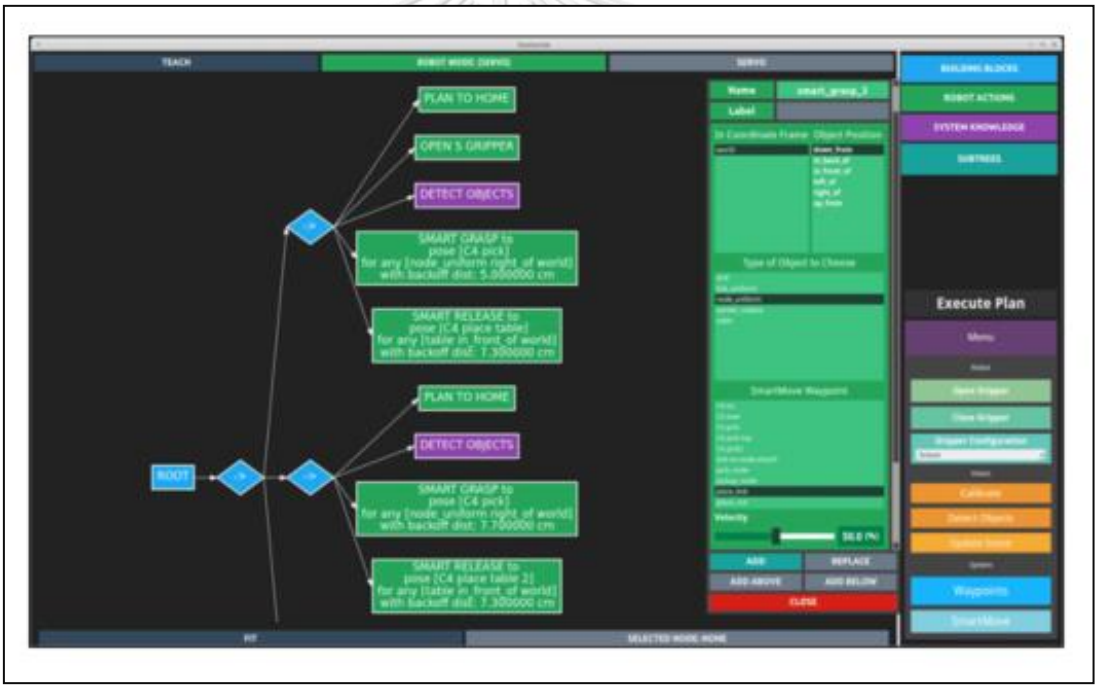
ปี 2013 (Schou et al., 2013) เสนอส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้เพื่อการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และหุ่นยนต์ (Human-Robot Interface) สำหรับการเขียนโปรแกรมและการดำเนินงานบน AIMM (Autonomous Industrial Mobile Manipulator) เพื่อลดความซับซ้อนของการเขียนโปรแกรมโดยใช้พื้นฐานมาจาก Task-level-programmimg คือการเขียนโปรแกรมจากคำสั่งเฉพาะระดับง่ายที่เก็บอยู่ในคลังนำมาเรียงลำดับกันได้เป็นงาน ตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้แสดงในรูปที่ 2.3 จากผลการทดสอบพบว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นประมาณ 47% จากการคาดการณ์การใช้งาน โดยพบว่าผู้ทดสอบต้องการความช่วยเหลือผู้เชี่ยวชาญในการแนะนำการใช้งานมาก เนื่องจากจากการทดลองผู้ทดสอบเกิดความสับสน ไม่เข้าใจความหมายของคำสั่งและไม่ทราบวิธีปฏิบัติการ ดังนั้นส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้จึงจำเป็นต้องเพิ่มคำแนะนำสำหรับการดำเนินการเพื่อสนับสนุนผู้ใช้งานให้สามารถใช้ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น

ปี 2017 ได้เสนอมีการเสนอ CoSTAR (the Collaborative System for Task Automation and Recognition) ซึ่งเป็นระบบสร้างแผนงานที่มีประสิทธิภาพ มีส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ที่ออกแบบมาเพื่อลดปัญหาส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่มีความสามารถในการสื่อสารกับมนุษย์ที่เพียงพอ อีกทั้งยังแก้ปัญหาเรื่องการตั้งค่าต่าง ๆ โดยส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของระบบ CoSTAR ใช้ Behavior Trees เป็นภาษาการจำลองแบบกราฟิก (graphical modelling language) ในการวางแผนและแก้ไขงาน ตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้แสดงในรูปที่ 2.4 หลังการทดสอบการใช้งานพบว่าส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้แบบ Behavior Trees สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนงานเนื่องจากมีลักษณะเป็นแผนภูมิทำให้สามารถมองลำดับงานได้ง่ายตั้งแต่ต้นจนจบ แต่อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบใช้เวลามากกว่า 7 นาทีในการสร้างงานอย่างง่าย อีกทั้งยังต้องการให้ผู้สาธิตการทดลองสอนการใช้งานซ้ำอีกด้วย (C. Paxton et al., 2017; Chris Paxton et al., 2017)



(ก) (ข)

รูปที่ 1.13 ตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ (ก) หน้าต่างสำหรับสร้างงานใหม่จากการเรียงลำดับทักษะ; (ข) หน้าต่างสำหรับเลือกทักษะและตั้งค่าพารามิเตอร์

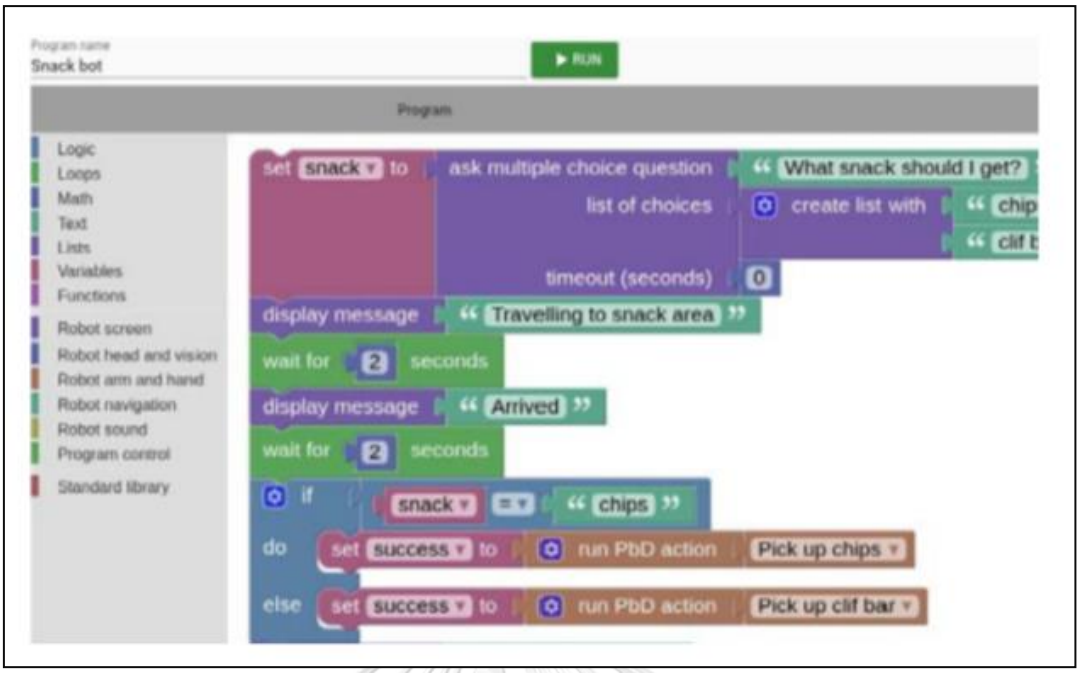


รูปที่ 1.14 ตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ CoSTAR

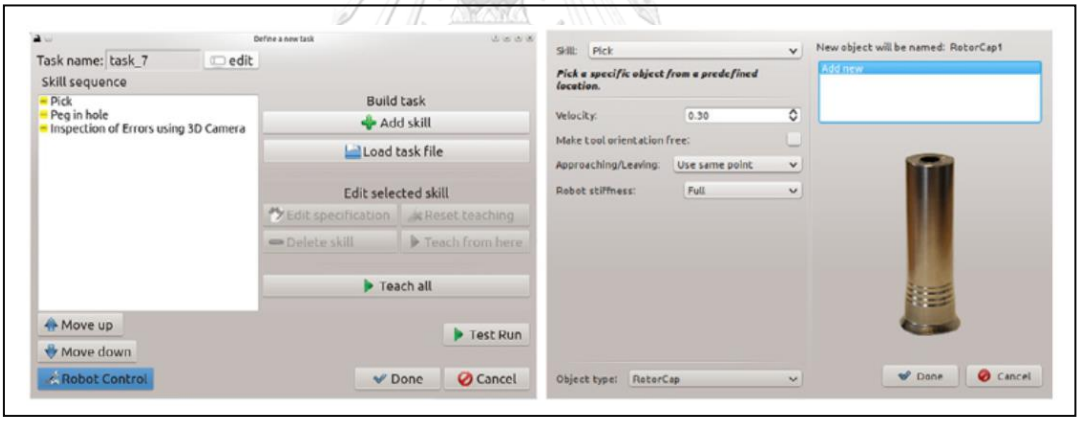
ในปีเดียวกัน (Huang & Cakmak, 2017) ได้มีการเสนอระบบ Code3 โดยระบบมี CodeIt เป็นส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรม ซึ่งใช้หลักการลากแล้ววาง (drag-and-drop) เพื่อกำหนดการไหลของงาน เป็นการเขียนโปรแกรมโดยการเชื่อมต่อบล๊อคแทนที่การพิมพ์ ตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้แสดงในรูปที่ 2.5 โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ใช้ที่ไม่ใช่ระดับผู้เชี่ยวชาญสามารถใช้งานได้ แต่จากการทดลองพบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่ไม่สามารถทำภารกิจให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ทั้ง 2 ภารกิจได้ อีกทั้งคะแนนความพึงพอใจผู้ใช้ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้เล็กน้อยเท่านั้น

ปี 2018 (Schou et al., 2018) ได้เสนอการใช้ Task-level programming เป็นส่วนที่ใช้ในการตั้งโปรแกรมการทำงานโคบอท งานวิจัยนี้เรียกเครื่องมือนี้เรียกว่า Skill Based System (SBS) เป็นแนวคิดในการกำหนดทักษะหุ่นยนต์และกำหนดพารามิเตอร์ โดยเขียนโปรแกรมดำเนินการโดยการจัดลำดับทักษะตามด้วยการกำหนดพารามิเตอร์ ตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ดังแสดงในรูปที่ 2.6 จากผลการทดสอบพบว่า SBS เหมาะสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้ระดับผู้ใช้ที่ไม่มีประสบการณ์ด้านหุ่นยนต์โดยได้มีการลดความซับซ้อนของส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ มีการใช้คลังคำสั่ง มีคำอธิบายสั้น ๆ ที่สามารถช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ แต่จากรูปจะเห็นว่า SBS อนุญาติให้สามารถสร้างงานได้โดยการทำการจัดลำดับทักษะเชิงเส้น (linear sequence) เท่านั้น คือทำได้เพียงการเพิ่ม ลบ และเปลี่ยนลำดับทักษะ ซึ่งเป็นการห้ามไม่ให้สร้างการไหลของงานแบบมีเงื่อนไข สิ่งนี้เป็นปัจจัยที่จำกัดการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย ซึ่งแน่นอนว่าเป็นการแลกเปลี่ยนกันระหว่างความสามารถในการใช้งานและความใช้งานง่าย

และในปีเดียวกัน (Steinmetz et al., 2018) ได้มีการเสนอ RAZER เป็นระบบที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ระดับผู้ปฏิบัติการ ใช้งานได้โดยอาศัยพื้นฐาน Task-level programming เพื่อสร้างงานและตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ดังแสดงในรูปที่ 2.7 หลังการทดสอบนำร่องส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของ RAZER พบว่าปัญหาหลักของการใช้งานคือมีความไม่สอดคล้องกันของการออกแบบเช่นการเลือกใช้สัญลักษณ์และสีที่ไม่สอดคล้องกันหรือไม่มีความสามารถในการสื่อความหมาย ส่งผลให้ผู้ใช้ตีความผิดพลาด และยังขาดคำอธิบายในกล่องโต้ตอบหรือหากมีก็มีปัญหาในการเลือกใช้คำอธิบาย สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลให้ผู้ใช้เกิดความสับสนและเกิดความผิดพลาดในการใช้งาน



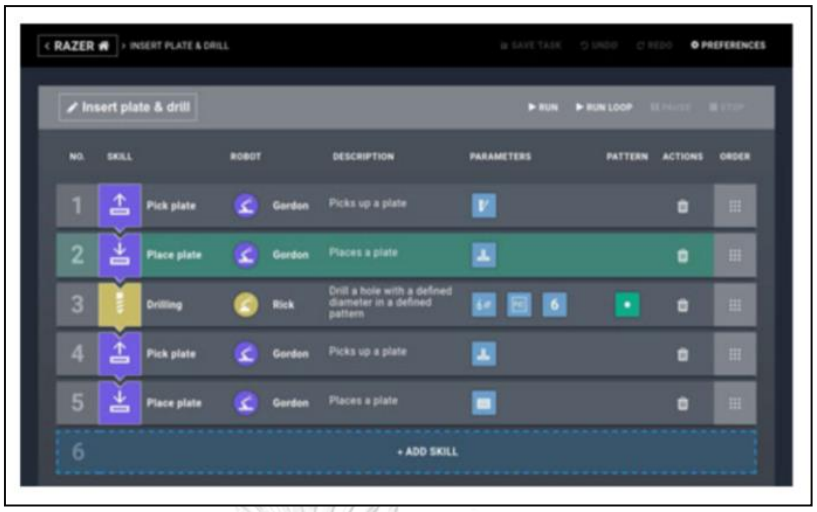
รูปที่ 1.15 ตัวอย่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ CodeIt



(ก) (ข)

รูปที่ 1.16 ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของ SBS (ก) หน้าต่างสำหรับการสร้างงาน;

(ข) หน้าต่างสำหรับตั้งค่าพารามิเตอร์



รูปที่ 1.17 ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ของ RAZER

2.1.3 ยูนิเวอร์ซัล โรบอท

ยูนิเวอร์ซัล โรบอทเปิดตัวโคบอทรุ่นแรก UR5 ในเดือนธันวาคมปี 2008 (UNIVERSALROBOTS, 2021c) ซึ่งยูนิเวอร์ซัล โรบอทได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ได้รุ่นที่หลากหลายมากขึ้นยกตัวอย่างเช่นตระกูล CB ได้แก่ UR3, UR5, และ UR10 โดยยูนิเวอร์ซัล โรบอทเป็นแขนกลสามารถเคลื่อนที่ได้ 6 ทิศทาง มีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือ แขนกล กล่องควบคุม และแผงควบคุม (Teach pendent) หรือส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ (UNIVERSALROBOTS, 2021b) ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ซึ่งยูนิเวอร์ซัล โรบอท ซึ่งจุดเด่นของยูนิเวอร์ซัล โรบอทคือการออกแบบส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ที่สามารถตั้งค่าและปรับเปลี่ยนโปรแกรมได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องอาศัยผู้ความเชี่ยวชาญในการเขียนโปรแกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 1.18 องค์ประกอบหลักยูนิเวอร์ซัล โรบอท (ก) แขนกล; (ข) กล่องควบคุม;

(ค) ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้

2.2 แบบจำลองความคิด (Mental Model)

แบบจำลองทางความคิดในแง่มุมของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (Human computer interaction/HCI) คือความรู้ ความเข้าใจ ความคาดหวังที่ผู้ใช้งานมีอยู่ต่อองค์ประกอบ การเชื่อมต่อ และกระบวนการการทำงานของระบบ โดยแบบจำลองความคิดเป็นตัวชี้นำพฤติกรรมของผู้ใช้ และสามารถปรับเปลี่ยนได้ ซึ่งการศึกษาความเข้าใจของมนุษย์สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาการออกแบบระบบและออกแบบโปรแกรมฝึกอบรม เพื่อให้ระบบใช้งานง่ายและเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งการวิเคราะห์สิ่งที่ผู้ใช้งานรู้ในปัจจุบันจะทำให้เข้าใจได้ว่า ทำไมผู้ใช้งานถึงประสบปัญหาและสับสนอะไร เป็นต้น (Carroll & Olson, 1988)

แบบจำลองของระบบ (Design model) เป็นแบบจำลองความคิดของผู้ออกแบบที่สร้างระบบขึ้น โดยแบบจำลองความคิดนี้จะขึ้นอยู่กับ งานที่ทำ ความต้องการของผู้ใช้ ความสามารถของผู้ใช้ นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีของผู้ใช้อีกด้วย ซึ่งโดยหลักการแล้วผู้ออกแบบระบบ ต้องการให้แบบจำลองของระบบตรงกับแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน (User's mental model) (Norman & Draper, 1986) โดยหากผู้ใช้มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องจะทำให้ผู้ใช้งาน ทำงานได้มีคุณภาพขึ้น ลดเวลาและข้อผิดพลาดต่าง ๆ ขณะปฏิบัติงาน (Coulson et al., 2003) ซึ่งหนึ่งในวิธีปรับให้ผู้ใช้มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องคือ การฝึกอบรม (Allen, 1997; Carroll & Olson, 1988)

ในด้านการเขียนโปรแกรม การให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีการเขียนโปรแกรมคือการทำให้ผู้เรียนมีแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมที่ถูกต้องซึ่งจากการศึกษาพบว่า ผู้ใช้เริ่มต้น (Novice) และผู้เชี่ยวชาญ (Expert) มีแบบจำลองความคิดที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยผู้เริ่มต้นมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ชัดเจน ส่งผลให้เกิดความลำบากในการเขียนโปรแกรม ซึ่งวิธีในการส่งเสริมการสอนให้มีประสิทธิภาพคือ ผู้สอนควรพิจารณาจากพื้นฐาน ความรู้ความเข้าใจและทักษะที่มีของผู้เรียน และเลือกใช้วิธีการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนมากที่สุด (Hsu & Turoff, 2002) นอกจากนั้นการนำแบบจำลองความคิดมาใช้ในประกอบการเรียนการสอนคือ การเลือกข้อความและกราฟฟิกที่เหมาะสมสามารถช่วยพัฒนาแบบจำลองความคิดได้ เช่นการเน้นเนื้อหาที่สำคัญเชื่อมโยงความสัมพันธ์บางอย่างที่ผู้เรียนมีความเข้าใจอยู่แล้ว หรือมีการนำแบบจำลองความคิดใส่ลงไปในสื่อการฝึกอบรม เช่น รูปแบบไดอะแกรมแสดงลำดับการกระทำที่ชัดเจน ว่าต้องทำอะไรเมื่อใด (Carroll & Olson, 1988; Kieras & Bovair, 1984) ซึ่งมีงานวิจัยสรุปแล้วว่าการแสดงและอธิบายโครงสร้างผังความคิดหรือผังมโนทัศน์ (Conceptual model) ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทราบก่อนเข้ารับการฝึกอบรมสามารถช่วยพัฒนาแบบจำลองความคิดได้ถูกต้องมากกว่าผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมปกติ ซึ่งโดยปกติแล้วการสร้างผังมโนทัศน์จะทำการสร้างเป็นลำดับขั้น โดยเลือกจากเริ่มจากส่วนที่สำคัญที่สุด

ขยายไปยังลักษณะเฉพาะ เชื่อมโยงมโนทัศน์ด้วยเส้น และมีคำเชื่อมแสดงความสัมพันธ์ (**Clarke,** 1991)

ประเด็นเชิงทฤษฎีเพิ่มเติมในด้านการฝึกอบรมเกี่ยวกับธรรมชาติของการเรียนรู้ที่มีนัยสำคัญสำหรับการออกแบบการฝึกอบรมคือ การเรียนรู้และความจำของมนุษย์เป็นกระบวนการเชิงรุกในการแก้ปัญหา กล่าวคือ ผู้เรียนจะเกิดการสร้างแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องและชัดเจนขึ้น หลังจากได้รับประสบการณ์ที่เหมาะสม (Carroll & Olson, 1988)

2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้

การจำแนกการเรียนรู้ของมนุษย์ตามอนุกรมวิธานของบลูม (Bloom's taxonomy) (Bloom et al., 1956) เริ่มเผยแพร่ในปี ค.ศ. 1956 โดยเบนจามิน บลูม และคณะ เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงการจำแนกการเรียนรู้ ออกเป็น 3 ด้านคือ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านจิตพิสัย (Psychomotor) โดยแต่ละด้านมีการจำแนกระดับความสามารถจาก ระดับต่ำไปถึงสูง ด้านพุทธิพิสัยนั้น เป็นด้านที่เกี่ยวข้องกับสมอง พฤติกรรมเกี่ยวกับ สติปัญญา ความรู้ ความสามารถในการคิด ซึ่งในด้านพุทธิพิสัยนี้เองที่สะท้อนให้เห็นรูปแบบการคิดและเป็นแนวทางในการออกแบบการเรียนการสอน

ต่อมาในปี ค.ศ 2001 อนุกรมวิธานของบลูมได้มีการปรับปรุงระดับความสามารถใหม่ด้านพุทธิพิสัย 6 ระดับให้สอดคล้องกับแนวคิดของ Anderson & Krathwohl (2001) เรียงลำดับได้ดังนี้ การจดจำ (Remembering) ความเข้าใจ (Understanding) การประยุกต์ (Applying) การวิเคราะห์ (Analyzing) การประเมินผล (Evaluating) และการคิดสร้างสรรค์ (Creating) (Anderson & Krathwohl, 2001)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 1.19 ระดับความสามารถด้านพุทธิพิสัย (ปรับปรุง)

ในงานวิจัยนี้ได้กล่าวไปในบทที่ 1 ว่าต้องการผลักดันระดับการสอนจาก ระดับการจดจำ ไปสู่ระดับการประยุกต์ ซึ่งนิยามของระดับการจดจำคือ ระดับของการเรียนรู้ที่ดึงความรู้จากความจำระยะยาว ได้แก่การจดจำ (Recognizing) และการระลึกถึง (Recall) ส่วนระดับการประยุกต์คือ การนำเอาความรู้ความเข้าใจไปประยุกต์ใช้ ในสถานการณ์ที่กำหนด ด้วยวิธีการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน

ซึ่งการประยุกต์ความรู้ประกอบด้วยกระบวนการดังนี้

- การดำเนินการ (Executing) เป็นการใช้ความรู้ในการทำสิ่งที่เคยทำมาแล้ว เป็นการฝึกฝนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคยกับขั้นตอนหรือกระบวนการนั้น ๆ เกี่ยวข้องกับการใช้ทักษะ (skills) และอัลกอริทึม (Algorithms) ซึ่งขั้นตอนโดยทั่วไปนั้น มีลำดับคงที่ และเมื่อทำการดำเนินการตามขั้นตอนได้ถูกต้อง ผลที่ได้จะเป็นไปตามที่คาดไว้
- การใช้ประโยชน์ (Implementing) เป็นการใช้ความรู้กับงานหรือการแก้ปัญหาใหม่ ซึ่งผู้เรียนไม่เคยเรียนรู้กระบวนการในการแก้ปัญหานี้มาก่อน กระบวนการนี้ต้องนำเทคนิค (Techniques) และวิธีการ (Method) มาใช้ร่วมด้วย โดยอาจไม่มีขั้นตอนเดียวที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการอาจคล้ายผังงาน (Flow chart) และในขั้นตอนอาจมีจุดแยกเพื่อให้เลือกเส้นทางใดเส้นทางหนึ่ง (Decision point) ดังนั้นจึงไม่มีคำตอบที่ตายตัว แม้ว่าดำเนินการตามขั้นตอนที่คาดหวังไว้

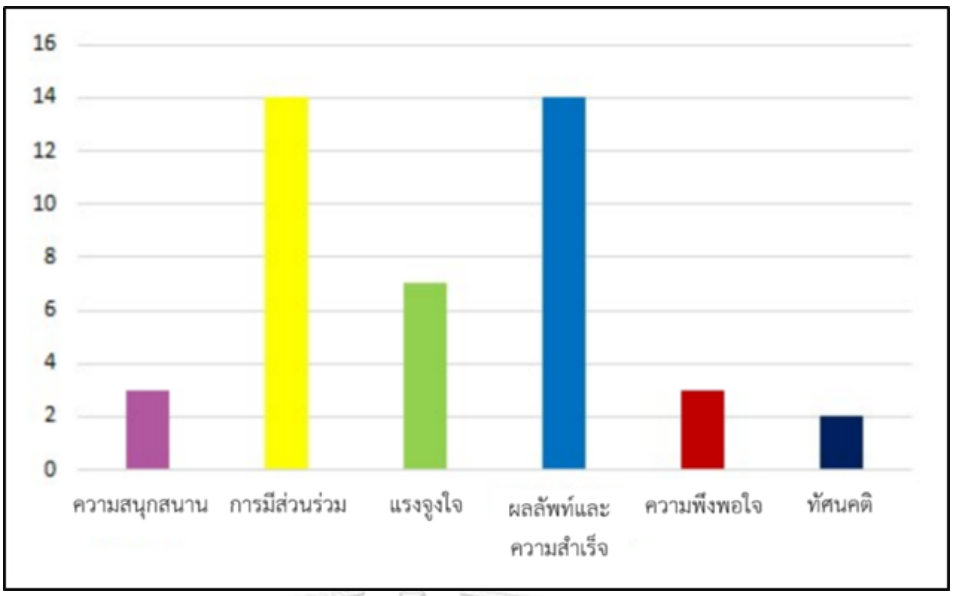
ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสรุปว่าหากต้องการให้ระดับการสอนอยู่ในระดับการประยุกต์ ต้องออกแบบบทเรียนที่ให้ผู้เรียนได้ลองปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตัวเอง โดยมีแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนให้คุ้นชินกับกระบวนการนั้น ๆ และมีกิจกรรมพิเศษที่เป็นสถานการณ์ใหม่ให้ผู้เรียนได้ลองประยุกต์หลักการที่เรียนมาใช้ในการแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 เกมมิฟิเคชั่น (Gamification)

ในงานวิจัยนี้ต้องการออกแบบระบบการสอนแบบเกมิฟิเคชั่น จึงทำการศึกษาแนวคิดและองค์ประกอบ เพื่อไปใช้ในการออกแบบระบบการสอนต่อไป

เกมมิฟิเคชั่น คือ การนำองค์ประกอบของเกมมาใช้ในบริบทที่ไม่ใช่เกม ซึ่งมีวัตถุประสงค์คือต้องการเปลี่ยนสิ่งที่น่าเบื่อไม่ว่าจะเป็นงานหรือบทเรียน ให้กลายเป็นกิจกรรมที่อยากมีส่วนร่วม (Deterding et al., 2011) ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำเกมมิฟิเคชั่นประยุกต์ใช้กับ เว็บไซต์ แอฟพลิเคชั่นในองค์กร และเครื่องมือทางการศึกษา โดยใช้เกมมิฟิเคชั่นเป็นกลยุทธ์ในการขับเคลื่อนพฤติกรรมของผู้ใช้ (Markopoulos et al., 2015)



รูปที่ 1.20 ความถี่ของผลการเรียนรู้ที่ได้รับอิทธิพลเชิงบวกของเกมมิฟิเคชั่นที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม

ในด้านการศึกษา เกมมิฟิเคชั่นมักมีความสัมพันธ์กับการเรียนรู้จากเกมดิจิทัล ซึ่งโดยปกติจะมีการกำหนดให้ใช้ กลไกเกม สุนทรียศาสตร์ และการคิดเกมเพื่อดึงดูดผู้คน กระตุ้นการดำเนินการส่งเสริมการเรียนรู้และแก้ปัญหา (Kapp, 2012) จากการทบทวนวรรณกรรมของ Rahman et al. (2018) พบว่าเกมมิฟิเคชั่นได้ให้ผลเชิงบวกต่อการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ความสนุกสนาน การมีส่วนร่วม แรงจูงใจ ผลลัพท์และความสำเร็จ ความพึงพอใจ และทัศนคติ ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเกมมิฟิเคชั่นสามารถทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติ มีความกระตือรือร้นและมีแรงจูงใจมากขึ้นขณะเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้สำเร็จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลไกของเกมที่นำมาใช้ในแนวคิดของเกมมิฟิเคชั่น (Markopoulos et al., 2015) ได้แก่

- ความสำเร็จ (Achievements) คือการมอบหมายให้ผู้เรียนกระทำบางอย่างตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องง่ายหรือยาก โดยอาจปรากฏเป็นการปลดล็อค หรือให้บรรลุเป้าหมายเป็นลำดับไป ซึ่งวิธีหลักในการทำให้ผู้เรียนสนใจวิธีนี้คือ การได้รับโบนัส เหรียญตรา สกุลเงิน ฯลฯ
- ระดับ (Level) คือการแบ่งระดับเพิ่มขึ้นตามความยาก โดยหลักจากผู้เรียนสำเร็จตามเกณฑ์ของระดับนั้นแล้ว ผู้เรียนก็จะเข้าสู่ระดับถัดไปหรือระดับที่สูงกว่า โดยการแบ่งเกมออกเป็นระดับเป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่ใช้ในการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียน

- ความก้าวหน้า (Progression) คือกลไกที่วัดความสำเร็จผู้เรียน โดยเทียบกับความสำเร็จที่สมบูรณ์ทั้งหมด มักแสดงให้ผู้เรียนได้เห็นความก้าวหน้าของตนเองในรูปแบบคะแนน
- ภารกิจหรือความท้าทาย (Quests or challenges) คือการแข่งขันประเภทใดประเภทหนึ่งภายในระดับต่าง ๆ อาจมีลักษณะพิเศษตามรูปแบบของระดับนั้น ๆ หรือไม่ก็ได้ ซึ่งอาจรวมถึงวิธีการเพิ่มความยาก เช่น การเพิ่มอุปสรรคด้านเวลา
- สถานะ (Status) หมายถึงการแสดงระดับความเป็นผู้เชี่ยวชาญที่ผู้เรียนได้รับหรืออันดับของผู้เรียนเมื่อเทียบกับผู้เรียนอื่น ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ทุกเมื่อ เมื่อผู้เรียนถึงระดับหนึ่งหรือผู้เรียนทำภารกิจสำเร็จ/ไม่สำเร็จ
- การทำงานร่วมกันในสังคม (Community collaboration) เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมมือกับผู้เรียนรายอื่นเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะ โดยอาจกำหนดให้การทำงานร่วมกันช่วยสนับสนุนให้งานสำเร็จได้ง่ายขึ้นหรือเป็นส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงสถานะของผู้เรียน
- การหลีกเลี่ยงการสูญเสีย (Loss aversion) คืออิทธิพลของพฤติกรรมผู้เรียนที่ไม่ใช่ศักยภาพในเชิงบวก แต่เกิดจากการหลีกเลี่ยงผลลัพท์ลบ กล่าวคือแทนที่จะให้รางวัลแก่ผู้เรียนด้วยความสำเร็จ แต่ทำการลงโทษหรือทำการลดสถานะผู้เรียน ซึ่งวิธีนี้ไม่ได้ใช้เพียงกรณีที่ผู้เรียนไม่สามารถทำภาระกิจได้สำเร็จแต่ยังใช้ในการลงโทษกรณีผู้เรียนไม่ปฏิบัติตามกฎหรือข้อกำหนดของเทคนิคบางประการ
- กระดานผู้นำ (Leader boards) คือการแสดงการรวบรวมความสำเร็จของผู้เรียนตลอดสถานะของผู้เรียน โดยอาจทำการนับแบบรวม หรือ นับตามระยะก็ได้ ใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเปรียบเทียบตนเองกับผู้เรียนรายอื่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4.1 การประยุกต์ใช้เกมมิฟิเคชั่นกับการศึกษา

การสร้างแนวคิดด้านเกมมิฟิเคชั่นลงในการศึกษา แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนได้แก่ การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายและบริบท, กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้,กำหนดโครงสร้างประสบการณ์, ระบุทรัพยากร, และการใช้องค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่น (Huang & Soman, 2013)

ขั้นตอนที่ 1 การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายและบริบท

การศึกษาว่าใครคือกลุ่มเป้าหมายและบริบทประกอบการนำเสนอหลักสูตรการสอนนั้น จำเป็นสำหรับการออกแบบหลักสูตรการเรียนให้มีประสิทธิภาพ เพราะการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายนั้นทำให้ทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่นกลุ่มอายุ ความสามารถในการเรียนรู้

และทักษะที่มีในปัจจุบัน ฯล ฯ หรือในการวิเคราะห์บริบททำให้ทราบรายละเอียดเกี่ยวกับ จำนวนผู้เรียน สถาพแวดล้อม ลำดับของทักษะ และกรอบเวลา สิ่งเหล่านี้ช่วยให้ผู้สอนหลีกเลี่ยงปัญหา (Pain points) ขณะสอนได้

ปัญหาเป็นปัจจัยที่ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถสำเร็จในหลักสูตรการเรียน ซึ่งปัญหาอาจจะแตกต่างกันไปตามอายุ, ประสบการณ์, หรือสาขาวิชาที่ผู้เรียนเรียนอยู่ ซึ่งการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของปัญหาเป็นกุญแจสำคัญในการกำหนดองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่นที่ใช้ในระบบการสอน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ผู้สอนทุกคนควรมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้นักเรียนบรรลุเมื่อจบการเรียนการสอน

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดโครงสร้างประสบการณ์

การแบ่งระดับความง่ายไปยากและกำหนดจุดสำคัญเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดลำดับความรู้และกำหนดสิ่งที่ผู้เรียนจำเป็นต้องรู้ ให้ผู้เรียนสามารถบรรลุอุปสรรคภายในและเป้าหมายหลักได้

ขั้นตอนที่ 4 ระบุทรัพยากร

หลังจากกำหนดระดับ/จุดสำคัญแล้ว ผู้สอนต้องทำการระบุทรัพยากรที่จะใช้ในเกมมิฟิเคชั่น ว่าขั้นตอนใดควรจะมี แล้วจะนำไปผูกกับกลไกของเกมได้อย่างไร เช่นการให้คะแนน เหรียญตราเป็นตัวกำหนดความสำเร็จ การกำหนดจำนวนคะแนน/เหรียญตราสำหรับการผ่านแต่ระดับ หรือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้เหรียญตรงหรือคะแนนเพื่อขอรับคำแนะนำในการทำภารกิจ

ขั้นตอนที่ 5 การใช้องค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่น

กระบวนการใช้เกมมิฟิเคชั่นในการศึกษาคือการเพิ่มองค์ประกอบที่เหมือนเกมลงไป เรียกว่ากลไกเกม โดยกลไกเกม ซึ่งกลไกเกมสามารถจัดเป็นองค์ประกอบในตนเอง (Self-elements) หรือ

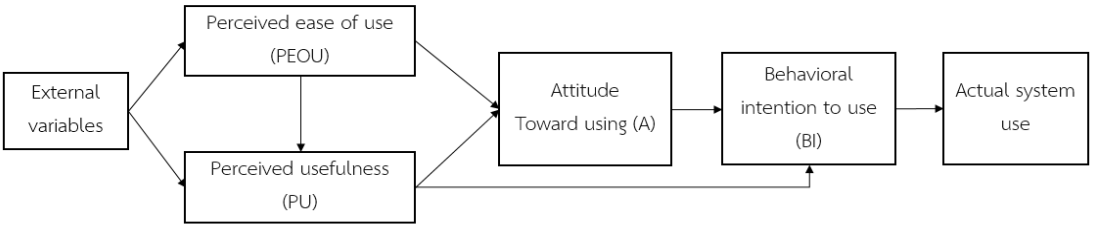
องค์ประกอบทางสังคม (Social-elements) ซึ่งในการออกแบบการใช้กลไกเกมนั้นผู้สอนต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับตัวผู้เรียนและบริบทขณะนั้นด้วย

องค์ประกอบในตนเอง เช่น คะแนน เหรียญตราแห่งความสำเร็จ ระดับ หรือการจำกัดเวลา เป็นองค์ประกอบที่ทำให้ผู้เรียนมีสมาธิกับการแข่งขันกับตัวเองและตระหนักถึงความสำเร็จในตนเอง

องค์ประกอบทางสังคม คือการแข่งขันหรือการร่วมมือ เช่น กระดานผู้นำ เป็นองค์ประกอบที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกถึงความก้าวหน้าและความสำเร็จที่ถูกเปิดเผยต่อสาธารณะ

2.5 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model/TAM)

แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Davis, 1989; Davis et al., 1989) เป็นทฤษฎีที่ประยุกต์มาจาก ทฤษฎีการกระทำด้วยเหตุผล (Theory of Reasoned Action/TRA) แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีคือทฤษฎีที่อธิบายถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับระบบหรือเทคโนโลยีใหม่ ๆ เป็นลักษณะการรับรู้ส่วนบุคคลของผู้ใช้ซึ่ง แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี ประกอบไปด้วย 2 ปัจจัยคือ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease Of Use/PEOU) คือระดับการรับรู้หรือระดับความเชื่อของผู้ใช้งานที่รับรู้หรือเชื่อว่าระบบนั้นใช้งานง่ายหรือปราศจากความยาก ไม่ต้องใช้ความพยายามในการใช้งาน และการรับรู้ประโยชน์ต่อการใช้งาน (Perceived Usefulness/PU) คือระดับการรับรู้ที่หรือระดับความเชื่อของผู้ใช้งานที่สามารถรับรู้หรือเชื่อว่าระบบนั้นมีประโยชน์ สามารถช่วยให้การทำงานของผู้ใช้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งทั้งการรับรู้ความง่ายในการใช้งานและความรับรู้ประโยชน์ต่อการใช้งาน มีอิทธิผลต่อทัศนคติของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบหรือเทคโนโลยี โดยก่อให้เกิดทัศนะคติต่อการใช้งาน (Attitude toward using/AT) หากรับรู้ปัจจัยทั้งสองได้มาก ก็จะเกิดทัศนะคติต่อการใช้งานที่ดี และเมื่อเกิดทัศนคติต่อการใช้งานที่ดีจะส่งผลให้เกิดพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบ (Behavioral Intention to use/ BI) มากขึ้นมีความพยายามหรือความทุ่มเทที่จะใช้ระบบ กล่าวคือพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบเป็นอิทธิพลจากทัศนคติที่มีต่อการใช้งานเทคโนโลยีนั้น



รูปที่ 1.21 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์คือ ออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน กรณีศึกษายูนิเวอร์ซัล โรบอท เพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน โดยต้องการเพิ่มอัตราความสำเร็จ ลดระยะเวลา ลดการเกิดข้อผิดพลาดขณะปฏิบัติการ เพิ่มการมีส่วนร่วม เพิ่มความสามารถในการใช้งานระบบและเพิ่มการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้งาน

ซึ่งผู้วิจัยทำการศึกษาเปรียบเทียบระบบการสอนทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ 1. ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีในปัจจุบัน 2. ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น และ 3. ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน สำหรับสื่อที่ใช้ในการทดสอบนั้นระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์เป็นสื่อที่บริษัทใช้ในปัจจุบัน แต่ในส่วนของระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานเป็นสื่อที่ผู้วิจัยเป็นผู้ออกแบบเอง ซึ่งจะอธิบายต่อไปในหัวข้อที่ 3.1

หลังจากผู้เข้าร่วมวิจัยเข้ารับการฝึกอบรมแล้วจะทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ยูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล ซีบี ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.2 เป็นต้นไป

3.1 สื่อที่ใช้ในการทดสอบ

สื่อที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 1. ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ 2. ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น ซึ่งมีโครงสร้างการสอนลำดับเดียวกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (ระบบการสอนที่ใช้ในปัจจุบัน) และ 3. ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1.1 ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (E-learning)

สื่อสำหรับการทดสอบประเภทการฝึกอบรมแบบอิเล็กทรอนิกส์นั้น เป็นสื่อที่ทางบริษัทจัดทำขึ้นประกอบไปด้วยด้วยหลายบทเรียนด้วยกัน แต่ในงานวิจัยนี้เลือกเพียงบทเรียนที่จำเป็นสำหรับการทำงานทดสอบ 4 บทเรียน ประกอบไปด้วย

บทที่ 1 คุณสมบัติและคำศัพท์ กล่าวถึงคำแนะนำเกี่ยวกับโคบอท ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ การเชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุต และการอธิบายฟังชั่นการทำงานต่าง ๆ

บทที่ 2 วิธีการทำงานของหุ่นยนต์ กล่าวถึงลำดับการเคลื่อนที่ของโคบอทในภาระกิจหยิบและวาง การติดตั้งอุปกรณ์ที่ปลายแขนและเซนเซอร์

บทที่ 3 การสร้างโปรแกรม กล่าวถึงประเภทการเคลื่อนที่ต่าง ๆ และวิธีการเขียนโปรแกรมบนส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้

บทที่ 4 การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก กล่าวถึงการเพิ่มคำสั่งและตั้งค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ อุปกรณ์หยิบชิ้นงาน และเซ็นเซอร์

โดยผู้วิจัยได้ทำการสรุปเนื้อลำดับเนื้อหาดังแสดงในตารางที่ 3.1 เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างการฝึกอบรมที่มีในปัจจุบัน และนำไปปรับปรุงโครงสร้างให้สอดคล้องกับแบบจำลองความคิด ในหัวข้อ 3.1.3

ตารางที่ 3.1 ลำดับเนื้อหาและกิจกรรมที่มีในหลักสูตรการใช้งานเบื้องต้นผ่านบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์

ลำดับที่	**หน่วยการเรียนรู้**
1	คุณสมบัติและคำศัพท์
1.1	รายละเอียดแขนโคบอท • อธิบายชื่อข้อต่อ (6 ข้อต่อ)
1.2	รายละเอียดกล่องควบคุม
1.3	รายละเอียดส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ • วิธีการเปิดส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้และการเตรียมความพร้อมสำหรับการเขียนโปรแกรม • วิธีการเข้าสู่หน้าต่างหลักสำหรับการเขียนโปรแกรม • องค์ประกอบบนหน้าต่างหลักสำหรับการเขียนโปรแกรม • ฟังก์ชั่น Move และ Waypoint • วิธีการเคลื่อนที่แขนกล (วิธีที่ 1: Freedrive, วิธีที่ 2: ลูกศรบนส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้สำหรับเขียนโปรแกรม)
1.4	ระบบความปลอดภัย Protective stop
1.5	*คำถามท้ายบท* • ให้ผู้เรียนชี้ตำแหน่งข้อต่อตามคำสั่ง • ถามชื่อส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมและปุ่ม Free drive
2.	**วิธีการทำงานของหุ่นยนต์**
2.1	การเลือกอุปกรณ์ติดตั้งปลายแขนที่เหมาะสมกับงาน การต่อเซ็นเซอร์ กรณีการหยิบและวาง

ลำดับที่	**หน่วยการเรียนรู้**
2.2	แสดงตัวอย่างกรณีศึกษา การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในกรณีหยิบและวาง 6 ลำดับการเคลื่อนที่
2.3	*คำถามระหว่างบทเรียน* ● เรียงลำดับการเคลื่อนที่และการจัดการสัญญาณที่สำคัญในกรณีหยิบและวาง
2.4	สรุปลำดับการเคลื่อนที่และการจัดการสัญญาณที่สำคัญในกรณีหยิบและวาง
3.	การสร้างโปรแกรม
3.1	ความหมายของจุดอ้างอิง (waypoint)
3.2	อธิบายลักษณะและกรณีศึกษาในการใช้งานการเคลื่อนที่ประเภท L, J, และ P
3.3	*คำถามระหว่างบทเรียน* ● เลือกประเภทที่เหมาะสมสำหรับลำดับการเคลื่อนที่ต่าง ๆ (6 ลำดับการเคลื่อนที่ในกรณีหยิบและวาง)
3.4	วิธีการเขียนโปรแกรม ● กรอกคำสั่งเพื่อเขียนโปรแกรมสำหรับการเคลื่อนที่ ของจุดอ้างอิงที่ 1 ● การกำหนดจุดอ้างอิงที่ 1 (ใช้ Free drive) ● วิธีการเพิ่มคำสั่งที่ไม่ใช่ประเภทการเคลื่อนที่ประเภทเดียวกัน (จุดอ้างอิงที่ 2) ● วิธีกำหนดประเภทการเคลื่อนที่ ● การเพิ่มจุดอ้างอิงประเภทเดียวกัน (จุดอ้างอิงที่ 3) ● *ทำการสอนซ้ำดังขั้นตอนที่แสดงเพื่อสร้างจุดอ้างอิงที่ 4, 5, และ 6
4.	การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก
4.1	อธิบายฟังก์ชั่นการทำงานของคำสั่งการทำงานอุปกรณ์หยิบชิ้นงาน (set) และคำสั่งรอ (wait)
4.2	วิธีการเขียนโปรแกรม (หยิบชิ้นงาน) ● การเพิ่มคำสั่งให้หุ่นยนต์รอ input จากเซนเซอร์ ● การเพิ่มคำสั่ง set เพื่อให้อุปกรณ์ทำการหยิบชิ้นงาน ● การตั้งค่าคำสั่ง set ได้แก่ การเลือกอุปกรณ์หยิบชิ้นงาน การตั้งค่าเปิดอุปกรณ์ (High) และการตั้งค่าน้ำหนัก ● การเพิ่มคำสั่งรอเพื่อให้อุปกรณ์หยิบชิ้นงานทำงานได้อย่างสมบูรณ์

ลำดับที่	หน่วยการเรียนรู้
	• การตั้งค่าเวลารอ (วางชิ้นงาน) • การเพิ่มคำสั่งให้หุ่นยนต์รอ input จากเซนเซอร์ • การเพิ่มคำสั่ง set เพื่อให้อุปกรณ์ทำการปล่อยชิ้นงาน • การตั้งค่าคำสั่ง set ได้แก่ การเลือกอุปกรณ์หยิบชิ้นงาน การตั้งค่าปิดอุปกรณ์ (Low) และการตั้งค่าน้ำหนัก • การเพิ่มคำสั่งรอเพื่อให้อุปกรณ์หยิบชิ้นงานคลายออกจากชิ้นงานได้อย่างสมบูรณ์ • การตั้งค่าเวลารอ
4.3	*คำถามท้ายบท* • เลือกคำสั่งการจัดการสัญญาณที่จำเป็นในแต่ละจุดอ้างอิง

3.1.2 การออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น

การออกแบบเกมมิฟิเคชั่นมุ่งเน้นไปที่การใช้องค์ประกอบและรูปแบบของเกม เข้ามาเป็นบริบทของการสอน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียน สร้างความสนุก ส่งเสริมการเรียนรู้และแก้ปัญหา โดยในการออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจะทำการคงโครงสร้างของบทเรียนให้เป็นไปตามระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีในปัจจุบัน แต่ทำการเพิ่มกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ ซึ่งกิจกรรมส่วนหนึ่งมาจากผลวิเคราะห์ความผิดพลาด (Error analysis) จากการทดสอบเบื้องต้น (Preliminary Experiment) เขียนโปรแกรมสั่งการโคบอทหยิบและวางแบบพื้นฐาน มาใช้ประกอบกิจกรรมระหว่างการเรียนแบบเกมมิฟิเคชั่น เพื่อเป็นการยืนยันว่าผู้เรียนจะไม่เกิดความผิดพลาดเดิมซ้ำอีก ซึ่งขั้นตอนการประยุกต์แนวคิดด้านเกมมิฟิเคชั่นสำหรับการศึกษา (Huang & Soman, 2013) แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายและบริบท, กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้,กำหนดโครงสร้างประสบการณ์, ระบุทรัพยากร, และการใช้องค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่น

ดังนั้นในการออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นในงานวิจัยนี้จึงเริ่มจาก

ขั้นตอนที่ 1 การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายและบริบท กลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยนี้คือบุคคลผู้ที่ไม่ได้เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหุ่นยนต์และการเขียนโปรแกรมแต่มีพื้นฐานด้านวิศวกรรม ซึ่งเป็นบุคคลที่มีพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์และตรรกะพื้นฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ของการทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ โดยบริบทในการเรียนนั้น เป็นการเรียนการสอนแบบตัวต่อตัว ให้ผู้เรียนเรียนผ่านบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ในงานวิจัยนี้ต้องการให้ผู้เรียนทราบส่วนประกอบพื้นฐานของโคบอท และสามารถเขียนโปรแกรมแบบพื้นฐานได้ (การหยิบและวาง)

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดโครงสร้างการเรียนรู้ สำหรับระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น โครงสร้างบทเรียนจะเป็นไปตามระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ในและการปรับปรุงโครงสร้างการเรียนรู้ในการออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้ งานวิจัยนี้จะวิเคราะห์และกำหนดโครงสร้างการเรียนรู้ในหัวข้อ 3.1.3.2

ขั้นตอนที่ 4 ระบุทรัพยากร ในแต่ละกิจกรรมย่อยของบทเรียนจะมีการเก็บคะแนนสะสมเหรียญตราเพื่อให้ผ่านแต่ละระดับ และถูกประเมินออกมาในรูปแบบของหัวใจสะสมประสบการณ์ โดยหลังจบบทเรียนคะแนนรวมที่ผู้เรียนทำได้จะถูกประเมินออกมากในรูปแบบของเหรียญตราและหัวใจสะสมประสบการณ์

ขั้นตอนที่ 5 การใช้องค์ประกอบเกมมิฟิเคชั่น ในงานวิจัยนี้ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจะประกอบไปด้วย

- สตอรี่บอร์ด (Story board) เป็นองค์ประกอบที่ช่วยให้ผู้เรียนลำดับเรื่องราวและช่วยใช้ผู้เรียนเข้าถึงบริบทของการเรียนรู้
- เป้าหมาย (Goal) เป็นการกำหนดเป้าหมายที่ผู้เรียนต้องทำให้สำเร็จ โดยแบ่งประกอบด้วยเป้าหมายขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นตัวช่วยที่ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนก้าวไปข้างหน้า
- ผลป้อนกลับและคำแนะนำ (Feedback and Guidance) เป็นองค์ประกอบที่นำมาช่วยในการเรียนรู้ คือหลังจากผู้เรียนกระทำสิ่งหนึ่งไปแล้วนั่น จะมีผลป้อนกลับและคำแนะนำ เพื่อช่วยทำให้ผู้เรียนมีความคิดหรือการกระทำที่ถูกต้อง
- รางวัล (Reward) เป็นสิ่งที่ผู้เรียนได้รับเมื่อสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดในแต่ระดับไว้ ซึ่งเป็นวิธีการในการสร้างแรงจูงใจ ได้แก่ เหรียญตรา และหัวใจสะสมประสบการณ์

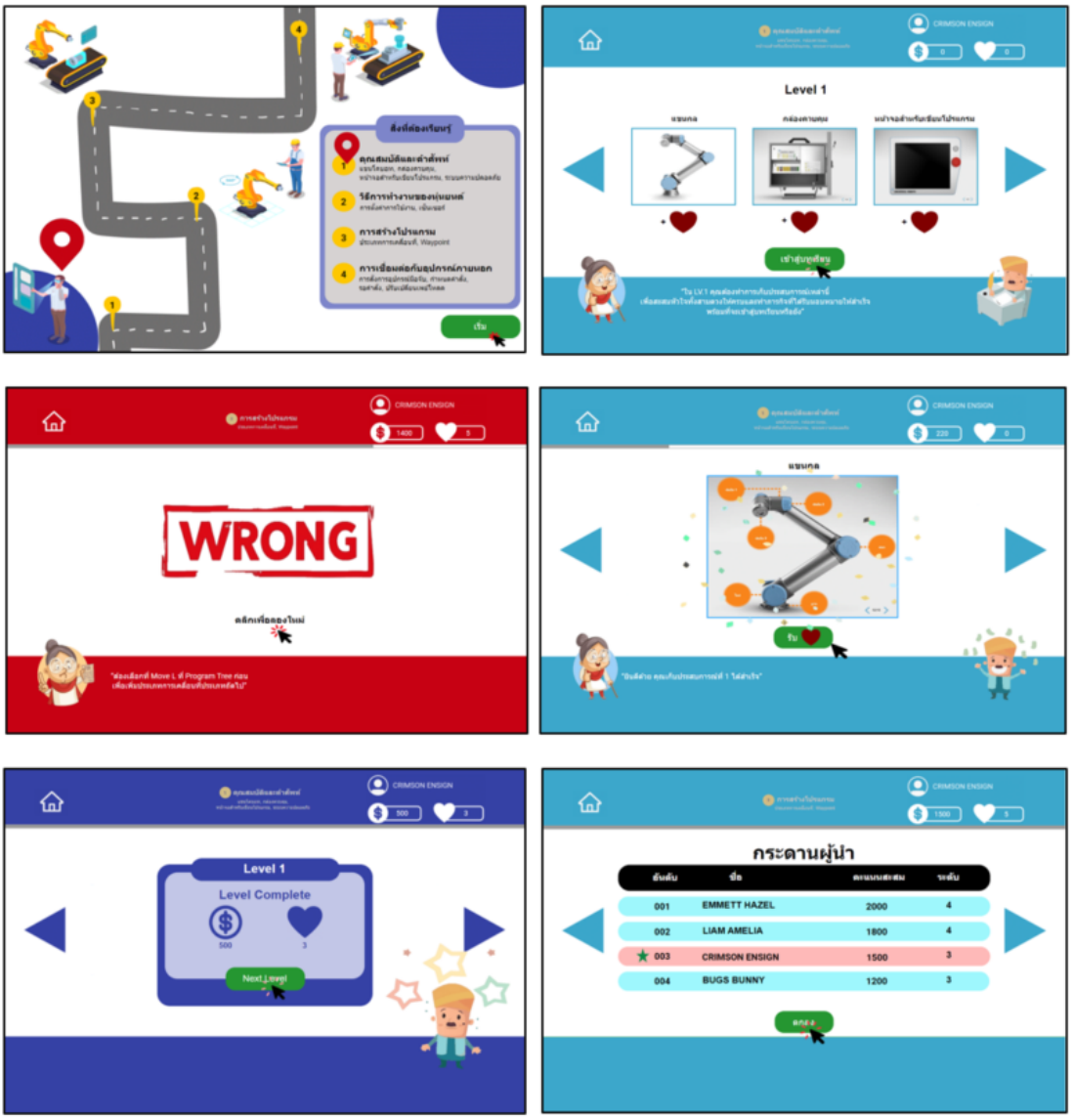
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ระดับ (Levels) เป็นการเปิดเผยระดับ เพิ่มความยากตามความสามารถที่สูงขึ้นของผู้เรียน มีการกำหนดเป้าหมายใหม่ให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้และประสบการณ์จากระดับก่อนหน้า
- กระดานผู้นำ (Leaderboard) เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนพยายามพัฒนาตัวเองให้ขึ้นไปอยู่ในระดับที่สูงขึ้น และเป็นการประเมินตัวของผู้เรียนเอง

โดยองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่นที่ทำการเลือกมานั้นอ้างอิงมาจากการทบทวนวรรณกรรมของ Nah et al. (2014) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ใช้อย่างแพร่หลายในด้านการศึกษาและการเรียนรู้ โดยองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่นที่นักเรียนให้ความสำคัญมากที่สุดคือ ผลป้อนกลับและคำแนะนำ โดยผู้เรียนมองว่าเป็นประโยชน์ต่อการเรียนมากที่สุด (Andrade & Law, 2018)

หลังจากทำการวิเคราะห์ระบบการสอนที่มีในปัจจุบันแล้ว จึงทำการออกแบบแบบจำลองระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นผ่านโปรแกรม Figma โดยในระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นได้แบ่งการเรียนออกเป็น 4 ระดับตามบทเรียนที่มีในปัจจุบัน และแบ่งประสบการณ์ย่อย สำหรับสะสมหัวใจสะสมประสบการณ์ออกเป็น 8 ประสบการณ์ซึ่งมีลำดับดังนี้ 1. แขนกล 2. กล่องควบคุม 3. หน้าจอสำหรับเขียนโปรแกรม 4. ลำดับการเคลื่อนที่ของโคบอท 5. ประเภทการเคลื่อนที่ของโคบอท 6. สร้างโปรแกรมการเคลื่อนที่ 7. คำสั่ง Set และ 8. คำสั่ง Wait

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างแบบจำลองระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้น

3.1.3 การออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน

3.1.3.1 วิธีการออกแบบระบบการสอนเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานในกรณีทั่วไป

โดยทั่วไปหลักการสร้างเกมมิฟิเคชั่นสำหรับการศึกษา (Huang & Soman, 2013)ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนหลักได้แก่ การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายและบริบท, กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้,กำหนดโครงสร้างประสบการณ์, ระบุทรัพยากร, และการใช้องค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่น และจากความต้องการนำ

แบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น ดังนั้นในการออกแบบจะประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 การทำความใจกลุ่มเป้าหมายและบริบท

วิเคราะห์กลุ่มเป้าหมาย โดยการวิเคราะห์อายุ ความสามารถในการเรียนรู้และทักษะที่มีในปัจจุบัน

ขั้นที่ 2 กำหนดวัตถุประสงค์หลักของการเรียนรู้

เป็นการกำหนดว่าหลังจากผู้เรียนทำการเรียนบทเรียนที่สร้างขึ้นแล้วผู้เรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจด้านใดและต้องบรรลุเป้าหมายใดได้

ขั้นที่ 3 ร่างแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน

จากหลักการการร่างแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน โดยทั่วไปแบบจำลองความคิดมีการจัดระเบียบความรู้อยู่ในรูปแบบกึ่งลำดับขั้น ส่วนบนสุดจะเป็นส่วนที่กว้างที่สุดและครอบคลุมทุกส่วน จากนั้นค่อย ๆ ไล่ลำดับลงมาส่วนล่างคือส่วนที่เฉพาะเจาะจง ภายในแผนผังจะมีวลีเชื่อมโยงความสัมพันธ์ภายใน (Clarke, 1991; Lekshmi, 2020) ซึ่งในการพิจารณาความแคบหรือกว้างของเนื้อหานั้น ควรยึดจากวัตถุประสงค์หลักของการเรียนรู้ที่กำหนดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 4 กำหนดวัตถุประสงค์ย่อยของการเรียนรู้

หลังจากผู้สอนร่างแบบจำลองความคิดโดยยึดจากจุดประสงค์หลักของการเรียนรู้แล้ว ลำดับต่อไปคือการพิจารณาวัตถุประสงค์ย่อย กล่าวคือกำหนดเป้าหมายย่อยที่หลังจากผู้เรียนสามารถบรรลุเป้าหมายย่อยต่าง ๆ แล้วจะนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์หลัก

ขั้นที่ 5 กำหนดโครงสร้างประสบการณ์

นำวัตถุประสงค์ย่อยที่ได้มาทำการจัดเรียงให้เป็นโครงสร้างของประสบการณ์ โดยพิจารณาร่วมกับโครงสร้างแบบจำลองความคิด

ของผู้ใช้งานที่ทำการร่างขึ้นมา ผลลัพท์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ จะได้ระดับหรือลำดับบทเรียนที่ผู้เรียนต้องทำการเรียนรู้และผ่านอุปสรรคเพื่อไปสู่เป้าหมายหลักได้

ขั้นที่ 6 ระบุทรัพยากร

หลังจากกำหนดระดับแล้ว ผู้สอนต้องกำหนดทรัพยากรที่จะใช้ในเกมมิฟิเคชั่น คือการกำหนดว่าจะนำกลไกของเกมไปผูกกับบทเรียนอย่างไร เช่นการกำหนดคะแนนหรือเหรียญตราเป็นตัวกำหนดความสำเร็จในแต่ละระดับ

ขั้นที่ 7 กำหนดองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่น

ในการเลือกองค์ประกอบของเกมมาใช้ในบริบทที่ไม่ใช่เกม ควรเลือกองค์ประกอบต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับโครงสร้างประการณ์ทรัพยากรที่กำหนดขึ้น โดยคำนึงถึงการนำองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่นมาใช้ในด้านการศึกษามาใช้สำหรับการดึงดูดความสนใจให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงของความล้มเหลวในการนำเกมมิฟิเคชั่นมาใช้ในด้านการศึกษาและเพื่อให้เกิดประโยชน์กับผู้เรียนสูงสุด

ขั้นที่ 8 ประเมินผลของบทเรียนด้วยวิธีประเมินแบบก้าวหน้า (Formative assessment)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลังจากทำการออกแบบระบบการสอนเรียบร้อยแล้ว หลังจากเริ่มการดำเนินการใช้ระบบการสอนที่ออกแบบขึ้นไปสักระยะ ควรทำการประเมินผลการเรียนด้วยวิธีประเมินแบบก้าวหน้า เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงโครงสร้าง ลำดับ องค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่นที่นำมาใช้และระดับความละเอียดของบทเรียน

3.1.3.2 การออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน งานหยิบและวางแบบพื้นฐาน กรณีศึกษา ยูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล ซีบี

จากงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองความคิดในกรณีศึกษา ผู้วิจัยจึงได้ทำการเขียนแบบจำลองความคิดในการใช้งานโคบอทสำหรับงานหยิบและวาง (พื้นฐาน) ตามหลักการที่กล่าวไปข้างต้น ซึ่งเมื่อพิจารณาโครงสร้าง

ระบบการสอนที่มีในปัจจุบัน (รูปที่ 3.2) เปรียบเทียบกับโครงสร้างของแบบจำลองความคิด พบว่าโครงสร้างของระบบการสอนที่มีในปัจจุบันนั้นมีลำดับการสอนที่แตกต่างจากแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้น (รูปที่ 3.3) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการปรับโครงสร้างบทเรียนที่มีในปัจจุบันให้สอดคล้องกับแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานดังแสดงในตารางที่ 3.2

โดยทำการแบ่งบทเรียนออกเป็น 4 บท ประกอบไปด้วยเนื้อหาดังนี้

บทที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของโคบอท ประกอบไปด้วยหลักการทำงานโดยรวมของโคบอทและรายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ

บทที่ 2 วิธีการทำงานของโคบอท ประกอบไปด้วย ลำดับและประเภทการเคลื่อนที่ที่เหมาะสม

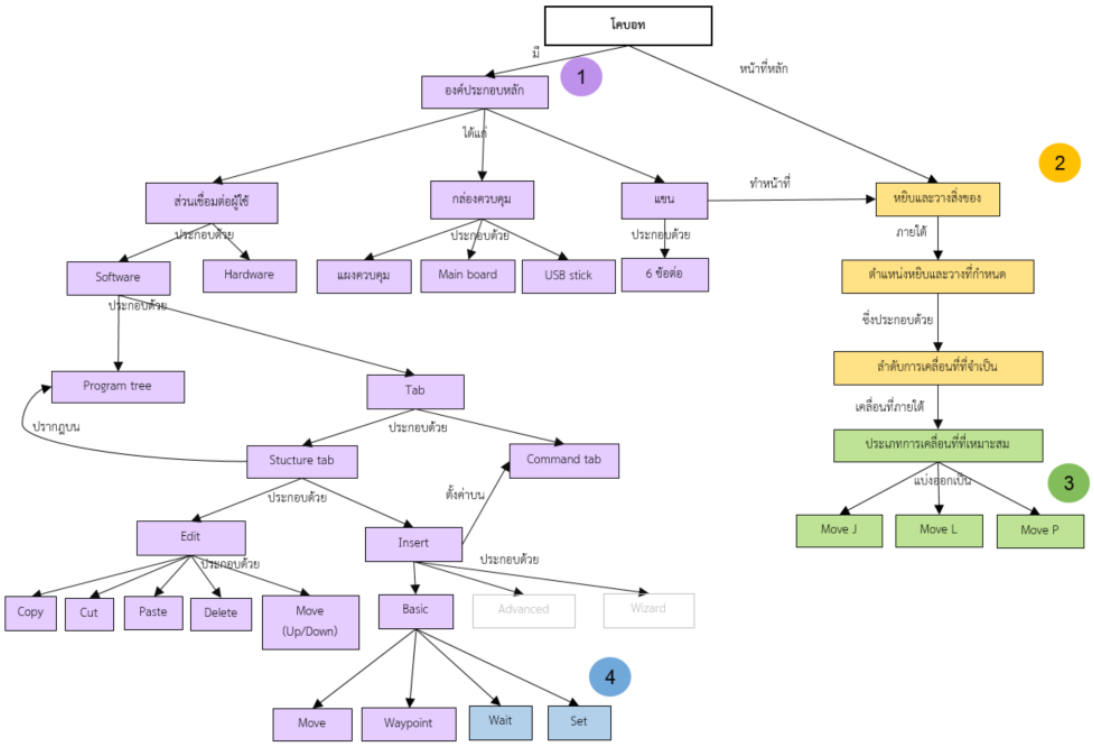
บทที่ 3 การใช้งานหน้าจอสำหรับเขียนโปรแกรม ได้แก่ วิธีการใช้งานหน้าจอสำหรับเขียนโปรแกรม

บทที่ 4 การสร้างโครงสร้างโปรแกรม ได้แก่ ฟังก์ชั่นและการเขียนโปรแกรมสำหรับการหยิบและวาง

สำหรับวัตถุประสงค์ย่อยในการออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานในหัวข้อนี้จะทำการแบ่งประสบการณ์ย่อยสำหรับสะสมหัวใจสะสมประสบการณ์ออกเป็น 8 ประสบการณ์ซึ่งมีลำดับดังนี้ 1. แขนกล 2. กล่องควบคุม 3. หน้าจอสำหรับเขียนโปรแกรม 4. ลำดับการเคลื่อนที่ของโคบอท 5. ประเภทการเคลื่อนที่ของโคบอท 6. การใช้งานหน้าจอสำหรับเขียนโปรแกรม 7. ฟังก์ชั่นและการตั้งค่า และ 8. การเขียนโปรแกรมสั่งการโคบอท

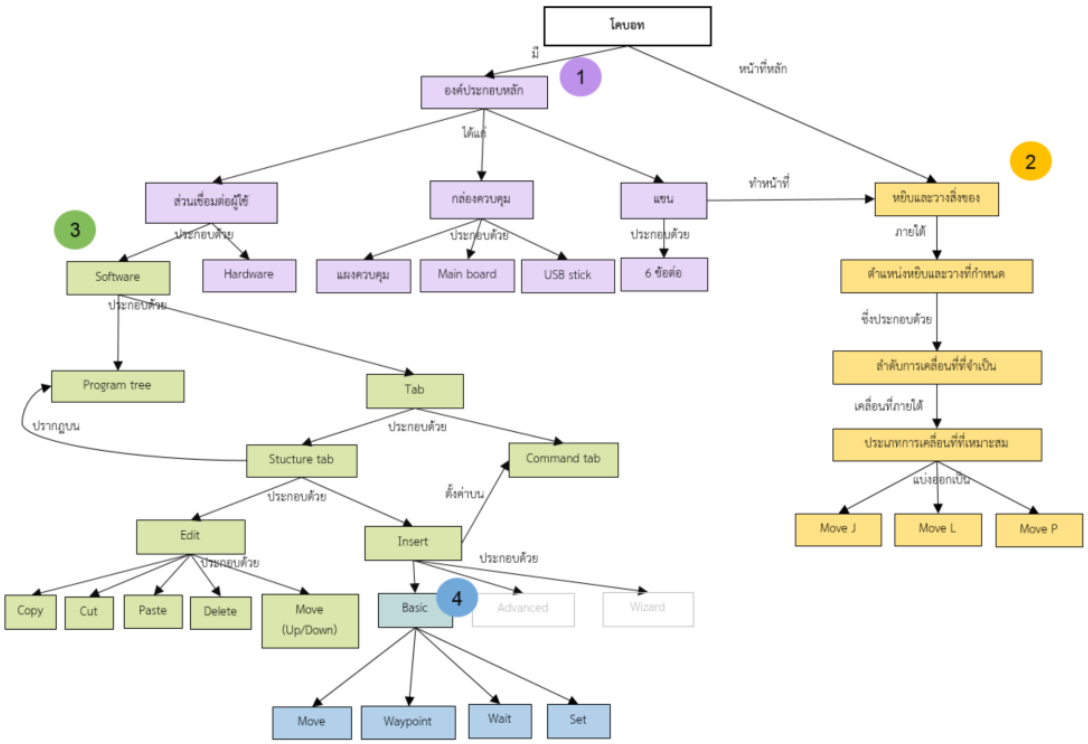
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่นที่เลือกมาใช้นั้นประกอบไปด้วย สตอรี่บอร์ด เป้าหมาย ผลป้อนกลับและคำแนะนำ รางวัล ระดับ และกระดานผู้นำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบเดียวกับระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น ตามที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 3.1.2



รูปที่ 3.2 ลำดับโครงสร้างระบบการสอนที่มีในปัจจุบัน

เพื่อเป็นการทำให้แน่ใจว่าผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกับผู้ออกแบบโครงสร้างบทเรียน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะนำเสนอผังมโนทัศน์ (Conceptual model) ประกอบการอธิบายก่อนผู้เรียนเข้าสู่บทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนย่อย เพื่อให้ผู้เรียนทราบและสร้างแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องตามผังมโนทัศน์ที่นำเสนอ โดยก่อนเข้าสู่บทเรียนย่อยผู้เรียนต้องทำความเข้าใจภาพรวมการใช้งานโคบอทจากผังมโนทัศน์ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นที่มาของหน่วยการเรียนย่อยและทราบวัตถุประสงค์ของการเรียน นั่นคือ ก่อนอื่นผู้เรียนต้องทราบองค์ประกอบหลักที่สำคัญของโคบอท จากนั้นค่อยลงลึกถึงรายละเอียดและวิธีการใช้งานของแขนกลและส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ โดยหลังจากที่ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจแต่ละองค์ประกอบย่อยแล้ว จึงค่อยเรียนรู้ฟังก์ชั่นและลำดับการสร้างคำสั่งเพื่อเขียนโปรแกรมเป็นอันดับสุดท้าย



รูปที่ 3.3 แบบจำลองความคิดของการใช้งานโคบอทสำหรับงานหยิบและวาง

ตารางที่ 3.2 ลำดับเนื้อหาและกิจกรรมที่มีในระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน

ลำดับที่	หน่วยการเรียนรู้
1	ข้อมูลทั่วไปของยูนิเวอร์ซัล โรบอท
1.1	รายละเอียดแขนโคบอท ● อธิบายชื่อข้อต่อ (6 ข้อต่อ)
1.2	รายละเอียดกล่องควบคุม
1.3	รายละเอียดส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ ● อธิบายส่วนประกอบของส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ (Hardware) และหน้าที่ของส่วนประกอบนั้น ๆ
1.4	ระบบความปลอดภัย Protective stop
1.5	*คำถามท้ายบท* ● ให้ผู้เรียนชี้ตำแหน่งข้อต่อทั้ง 6 ตามคำสั่ง ● ให้ผู้เรียนชี้ส่วนประกอบต่าง ๆ ในกล่องควบคุมพร้อมจับคู่หน้าที่ของส่วนประกอบต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับที่	หน่วยการเรียนรู้
	• ให้ผู้เรียนชี้ส่วนประกอบต่าง ๆ ในส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้พร้อมจับคู่หน้าที่ของส่วนประกอบต่าง ๆ
2.	วิธีการทำงานของยูนิเวอร์ซัล โรบอท
2.1	ความหมายของจุดอ้างอิง (waypoint)
2.2	*คำถามระหว่างบทเรียน* • จำนวนจุดอ้างอิงที่จำเป็นจากตัวอย่างอย่างง่าย
2.3	อธิบายการเคลื่อนที่ประเภท L, J, และ P
2.4	*คำถามท้ายบทเรียน* กรณีศึกษา การเคลื่อนที่ในกรณีหยิบและวาง • ลำดับการเคลื่อนที่ที่จำเป็นของกรณีศึกษา • ประเภทการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมของกรณีศึกษา
3.	การใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้
3.1	รายละเอียดส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ • วิธีการเปิดส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้และการเตรียมความพร้อมสำหรับการเขียนโปรแกรม • วิธีการเข้าสู่หน้าต่างหลักสำหรับการเขียนโปรแกรม • องค์ประกอบบนหน้าต่างหลักสำหรับการเขียนโปรแกรม • วิธีการเคลื่อนที่แขนกล (วิธีที่ 1: Freedrive, วิธีที่ 2: ลูกศรบนส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้สำหรับเขียนโปรแกรม)
3.2	ระบบความปลอดภัย Protective stop
4.	การสร้างโครงสร้างโปรแกรม
4.1	อธิบายคำสั่งต่าง ๆ ที่อยู่ใน structure tab ได้แก่ Move, Waypoint, Set, และ Wait
4.2	วิธีการเขียนโปรแกรมเพื่อเพิ่มลำดับการเคลื่อนที่ที่จำเป็น • กรอกคำสั่งเพื่อเขียนโปรแกรมสำหรับการเคลื่อนที่ ของจุดอ้างอิงที่ 1 • การกำหนดจุดอ้างอิงที่ 1 (ใช้ Free drive) • วิธีการเพิ่มคำสั่งที่ไม่ใช่ประเภทการเคลื่อนที่ประเภทเดียวกัน (จุดอ้างอิงที่ 2) • วิธีกำหนดประเภทการเคลื่อนที่ • การเพิ่มจุดอ้างอิงประเภทเดียวกัน (จุดอ้างอิงที่ 3)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับที่	หน่วยการเรียนรู้
	โดยในจุดอ้างอิงที่ 3, 4, 5, และ 6 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำด้วยตัวเอง
4.3	วิธีการเขียนโปรแกรมเพื่อเพิ่มการจัดการสัญญาณที่จำเป็น (หยิบชิ้นงาน) ● การเพิ่มคำสั่งให้หุ่นยนต์รอ input จากเซนเซอร์ ● การเพิ่มคำสั่ง set เพื่อให้อุปกรณ์ทำการหยิบชิ้นงาน ● การตั้งค่าคำสั่ง set ได้แก่ การเลือกอุปกรณ์หยิบชิ้นงาน การตั้งค่าเปิดอุปกรณ์ (High) และการตั้งค่าน้ำหนัก ● การเพิ่มคำสั่งรอเพื่อให้อุปกรณ์หยิบชิ้นงานทำงานได้อย่างสมบูรณ์ ● การตั้งค่าเวลารอ (วางชิ้นงาน) ● การเพิ่มคำสั่งให้หุ่นยนต์รอ input จากเซนเซอร์ ● การเพิ่มคำสั่ง set เพื่อให้อุปกรณ์ทำการปล่อยชิ้นงาน ● การตั้งค่าคำสั่ง set ได้แก่ การเลือกอุปกรณ์หยิบชิ้นงาน การตั้งค่าปิดอุปกรณ์ (Low) และการตั้งค่าน้ำหนัก ● การเพิ่มคำสั่งรอเพื่อให้อุปกรณ์หยิบชิ้นงานคลายออกจากชิ้นงานได้อย่างสมบูรณ์ ● การตั้งค่าเวลารอ
4.3	*คำถามท้ายบท* ● เลือกคำสั่งการจัดการสัญญาณที่จำเป็นในแต่ละจุดอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 ผู้เข้าร่วมการทดลอง

กลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยนี้คือผู้ปฏิบัติการ (Operator) นั่นคือบุคคลที่ไม่ได้เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหุ่นยนต์และการเขียนโปรแกรมแต่มีพื้นฐานด้านวิศวกรรม ดังนั้นจึงเลือกนิสิตจำนวน 60 คน ในระดับปริญญาตรีและสูงกว่าปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยปัจจัยควบคุมคือเป็นนิสิตที่ผ่านการเรียนวิชา 2110101 Computer Programming และไม่ได้เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้งานโคบอทหรือหุ่นยนต์ ซึ่งในงานวิจัยต้องการแบ่งกลุ่มทดลอง (Between-subject Design) จึงทำการแบ่งผู้เข้าร่วมการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คนด้วยการสุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนที่แตกต่างกันได้แก่ 1. ระบบการสอนแบบ

อิเล็กทรอนิกส์ (E-learning) ซึ่งเป็นระบบการสอนที่มีในปัจจุบัน 2. ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น (Gamification) และ 3. ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน (Gamify+Mental model)

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมการทดลองถูกบันทึกผ่านการกรอกเอกสารแบบสอบถามเชิงประชากร (Demographic Questionnaire) ก่อนเข้าร่วมการทดลอง รายละเอียดแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข. และรายละเอียดข้อมูลเชิงประชากรแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลเชิงประชากร

	n	อายุ			เพศ		GPA	
		ช่วงอายุ	Mean	SD	ชาย	หญิง	Mean	SD
E-learning[baseline]	20	20-21	20.8	0.52	16	4	3.25	0.25
Gamification	20	19-31	23.3	2.86	13	7	3.03	0.32
Gamify+Mental model	20	21-34	23.8	3.57	11	9	3.11	0.29

3.3 สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 สถานที่ที่ใช้ในการทดลอง

ตึก 4 อาคารเจริญวิศวกรรม ชั้น 7 ห้อง 715

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Laptop) ของผู้วิจัย
  - หน่วยการประมวลผลกลาง (CPU) : Inter core i5 @1.60 GHz
  - หน่วยความจำหลัก (RAM) : 4 GB
  - ระบบปฏิบัติการ (OS) : Windows 10
  - หน้าจอแสดงผล (Display) : หน้าจอขนาด 15.60 นิ้ว ความละเอียด 1920 x 1080 พิกเซล
  - ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) : 1 TB SATA
  - ชิพแสดงผลด้านภาพและกราฟิก (Graphics Chip) : AMD Radeon 520 2 GB GDDR5
- โปรแกรมจำลองการทำงานยูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล CB-Series เวอร์ชั่น 3.15.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- เอกสารประกอบการทดสอบ
- เมาส์และแป้นพิมพ์

3.4 ตัวชี้วัด

ในงานวิจัยนี้ทดสอบความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบปัจจุบันและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น ซึ่งตัวชี้วัดในการทดสอบจะประกอบด้วย อัตราความสำเร็จ (Success rate) เวลาในการทำงานทดสอบ (Time on task) การวิเคราะห์ความผิดพลาด (Error analysis) แบบประเมินความสามารถในการใช้งานระบบ (System Usability Scale) แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยี (Technology acceptance) และแบบประเมินการมีส่วนร่วม (Engagement)

3.4.1 อัตราความสำเร็จ

คือการวัดความสามารถของผู้ใช้ในการทำงานให้เสร็จสิ้น เป็นการวัดความสำเร็จของงาน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะประเมินโครงสร้างคำสั่ง การตั้งค่าต่าง ๆ ลำดับและทิศทางการเคลื่อนที่จากการเขียนโปรแกรมสั่งการโคบอทของผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยหากเป็นไปตามรูปที่ 3.4 จะประเมินว่า สามารถทำงานได้สำเร็จ

3.4.2 ระยะเวลาในการทำงานทดสอบ (Time)

คือการนับระยะเวลา (วินาที) ที่ผู้เข้าร่วมการทดสอบสามารถทำงานทดสอบให้สำเร็จ ซึ่งเป็นการวัดประสิทธิภาพในการทำงาน

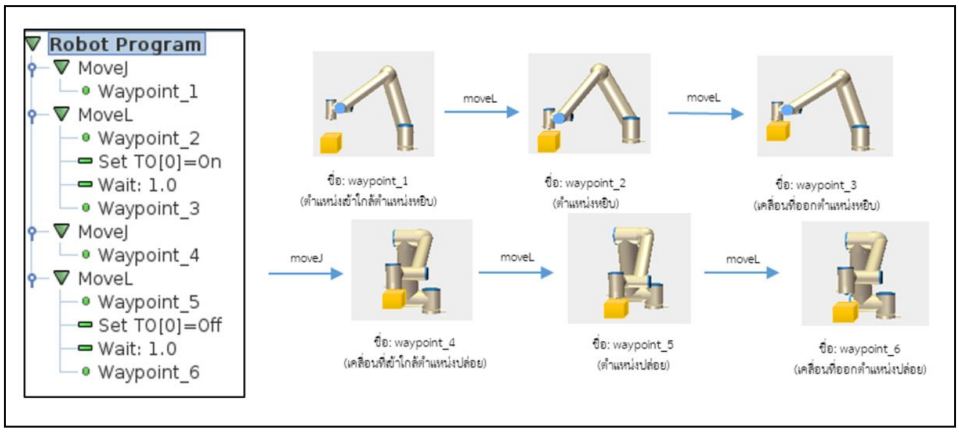
3.4.3 การวิเคราะห์ความผิดพลาด (Error analysis)

คือการนับความผิดพลาดที่เกิดขึ้นขณะผู้เข้าร่วมการทดลองกำลังเขียนโปรแกรมสั่งการโคบอท โดยในงานวิจัยทำการนับทั้งความผิดพลาดที่ผู้เข้าร่วมการทดสอบสามารถแก้ไขได้และไม่สามารถแก้ไขได้ ขั้นตอนการวิเคราะห์ความผิดพลาดประกอบได้ด้วย 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดหลักเกณฑ์การผิดพลาด

ขั้นตอนที่ 2 แจกแจงความถี่ของความผิดพลาด โดยการนับจำนวนความผิดพลาดของแต่ละประเภทที่เกิดขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการนับซ้ำหากความผิดพลาดนั้นเกิดขึ้นกับผู้เข้าร่วมการทดลองคนเดิมซ้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



(ก) (ข)

รูปที่ 3.4 (ก) โครงสร้างคำสั่ง; (ข) ลำดับและทิศทางการเคลื่อนที่

3.4.4 แบบประเมินความสามารถในการใช้งานระบบ

การประเมินความสามารถในการใช้งานคือ การวัดว่าระบบมีคุณลักษณะเป็นไปตามที่ผู้ใช้งานนั้น คาดหวังไว้เพียงใด

ในงานวิจัยนี้ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองประเมินทันทีหลังจากทำการทดสอบเสร็จสิ้น โดยแบบประเมินที่ใช้คือ แบบประเมินความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale/SUS) (Brooke, 1996) ประกอบไปด้วยคำถาม 10 ข้อ ประเมินจากระดับความคิดของผู้ใช้งานตามมาตรวัดลิเคิร์ท (Likert Scale) 5 ระดับตั้งแต่ 0-5 (0=ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง, 5=เห็นด้วยอย่างยิ่ง) โดยอ้างอิงคำแปลภาษาไทยมาจาก O-thatawong (2019) ตัวอย่างแบบประเมินดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยวิธีการคำนวณคะแนนจากแบบสอบถาม มีดังนี้

ขั้นที่ 1 คะแนนจากข้อคี่ (คำถามเชิงบวก) นำไปลบด้วย 1
คะแนนจากข้อคู่ (คำถามเชิงลบ) นำไปลบออกจาก 5

ขั้นที่ 2 นำคะแนนที่ได้จากทั้ง 10 ข้อ มาบวกกัน จะได้ช่วงระหว่าง 0-40 คะแนน

ขั้นที่ 3 นำคะแนนที่ได้ คูณด้วย 2.5 จะได้คะแนนอยู่ระหว่าง 0-100 คะแนน

จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมดมาทำการเฉลี่ย และประเมินระดับความพึงพอใจโดยใช้เกณฑ์จาก (Sauro &

Lewis, 2012) ซึ่งมาตรฐานการยอมรับของผู้ใช้งาน มีเกณฑ์การยอมรับอยู่ที่ 72.6-100 คะแนน

3.4.5 แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยี

การยอมรับเทคโนโลยีเป็นระดับที่ผู้ใช้งานเชื่อว่าการใช้ระบบใด ๆ จะปราศจากความพยายามของทั้งด้านร่างการและจิตใจ ซึ่งเป็นปัจจัยในการใช้งานระหว่างบุคคลและเทคโนโลยี (Davis,1989) โดยการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีคือ การพยากรณ์พฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีของแต่ละบุคคล หรือการประเมินระดับความคาดหวังของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความคาดหวังในการพยายามใช้ระบบของเทคโนโลยีที่ต้องการนำมาใช้งาน

ในงานวิจัยนี้อ้างอิงแบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีจาก Lin (2013) เป็นแบบประเมินการรับรู้ปัจจัยต่าง ๆ ในแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี ซึ่งอ้างอิงการแปลภาษาไทยจาก Phongphaew (2016) โดยแบบประเมินแบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ ด้านการรับรู้ประโยชน์ต่อการใช้งาน ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ด้านทัศนคติต่อการใช้งาน และด้านพฤติกรรมความต้องการใช้งานระบบในอนาคต แบบประเมินมีทั้งหมด 15 ข้อ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามมาตรวัดลิเคิร์ท (Likert Scale) ตั้งแต่ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งคือระดับ 1 และเห็นด้วยอย่างยิ่งคือระดับ 5 ตัวอย่างแบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีแสดงในรูปที่ 3.6

3.4.6 แบบประเมินการมีส่วนร่วม

ในบริบทของการศึกษา ความมีส่วนร่วมต่อบทเรียนคือ ระดับความสนใจหรือความรู้สึกจูงใจของผู้เรียนเมื่อผู้เรียนได้รับการเรียนรู้ (Blumenfeld et al., 2005) ซึ่งในงานวิจัยนี้นำเอาเกมมิฟิเคชั่นมาเป็นเครื่องมือในการดึงดูดและเพิ่มประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้เรียนในระหว่างเข้ารับการฝึกอบรม

ในงานวิจัยนี้ทำการประเมินการรับรู้ความมีส่วนร่วมของผู้เรียนที่มีต่อระบบการสอนแบบต่าง ๆ หลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนต่าง ๆ ได้แก่ ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ในการประเมินความมีส่วนร่วมที่มีต่อระบบการสอนแบบต่าง ๆ ทำโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทำการประเมินแบบประเมินความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมเสร็จทันที โดยแบบประเมินการมีส่วนร่วมของการนำเกมมิฟิเคชั่นมาใช้ในระบบ

ต่าง ๆ อ้างอิงมาจาก Cechetti et al. (2019) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยต้องการประเมินความมีส่วนร่วมเฉพาะในบริบทของการศึกษา ดังนั้นคำถามของการประเมินความมีส่วนร่วมในงานวิจัยนี้จึงประกอบด้วยคำถาม 3 ข้อ ประเมินจากระดับความคิดของผู้ใช้เรียนตามมาตรวัดลิเคิร์ท (Likert Scale) 5 ระดับตั้งแต่ 1-5 (1=ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง, 5=เห็นด้วยอย่างยิ่ง) และทำการวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบของค่าเฉลี่ย ตัวอย่างแบบประเมินดังแสดงในรูปที่ 3.7

	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง				เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. ฉันคิดว่าฉันมีความพึงพอใจและต้องการใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท นี้บ่อย	1	2	3	4	5
2. ฉันพบว่ามันซับซ้อนที่จะใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท	1	2	3	4	5
3. ฉันคิดว่าเป็นเรื่องง่ายที่จะใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท	1	2	3	4	5
4. ฉันคิดว่าฉันต้องการการสนับสนุนจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้สามารถใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท นี้ได้	1	2	3	4	5
5. ฉันคิดว่า ยูนิเวอร์ซัล โรบอท นี้มีการออกแบบมาอย่างดี	1	2	3	4	5
6. ฉันคิดว่ามีความไม่สอดคล้องกันใน ยูนิเวอร์ซัล โรบอท	1	2	3	4	5
7. ฉันคิดว่าสามารถใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท นี้ทำงานให้สำเร็จอย่างรวดเร็ว	1	2	3	4	5
8. ฉันพบว่าเป็นเรื่องยากที่จะเรียนรู้การใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท นี้	1	2	3	4	5
9. ฉันรู้สึกมั่นใจในการใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท	1	2	3	4	5
10. ฉันรู้สึกต้องใช้ความพยายามมากที่จะเรียนรู้การใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท นี้	1	2	3	4	5

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- **ด้านประโยชน์ต่อการทำงาน**

	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง				เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. การใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท จะช่วยให้ฉันทำงานได้สำเร็จเร็วขึ้น	1	2	3	4	5
2. การใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท จะช่วยให้ฉันพัฒนาศักยภาพในการทำงาน	1	2	3	4	5
3. การใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของฉัน	1	2	3	4	5
4. การใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท จะเพิ่มผลผลิตในการทำงานของฉัน	1	2	3	4	5
5. ฉันพบว่า การใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท จะเป็นประโยชน์ต่อการทำงานของฉัน	1	2	3	4	5

- **ด้านความง่ายของการใช้งาน**

	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง				เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. การเรียนรู้การใช้ ยูนิเวอร์ซัล โรบอท เป็นเรื่องง่ายสำหรับฉัน	1	2	3	4	5
2. ขั้นตอนการใช้งาน ยูนิเวอร์ซัล โรบอท ง่ายต่อการจดจำ	1	2	3	4	5
3. ฉันสามารถเป็นผู้ชำนาญ ในการใช้งาน ยูนิเวอร์ซัล โรบอท ได้โดยง่าย	1	2	3	4	5
4. ฉันพบว่า ยูนิเวอร์ซัล โรบอท ง่ายต่อการใช้งาน	1	2	3	4	5

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างแบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยี

	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง				เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. ฉันรู้สึกถูกส่งเสริม/กระตุ้นให้ใช้ บทเรียนนี้	1	2	3	4	5
2. ฉันรู้สึกมีส่วนร่วมขณะที่เรียน บทเรียนนี้	1	2	3	4	5
3. ประสบการณ์การเรียน บทเรียนนี้ สนุก	1	2	3	4	5

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างแบบประเมินการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

3.5 รูปแบบการทดลอง

การทดสอบความสามารถในการใช้งานของระบบ หลังผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับการฝึกอบรมจากระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีในปัจจุบัน ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้

กลุ่มที่ 1 เข้ารับการฝึกอบรมจากระบบการสอนที่มีในปัจจุบันคือหลักสูตรการใช้งานเบื้องต้นผ่านบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (E-learning) สามารถรับชมได้จาก *https://academy.universal-robots.com/free-e-learning/cb3-e-learning/*

กลุ่มที่ 2 เข้ารับการฝึกอบรมจากระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น

กลุ่มที่ 3 เข้ารับการฝึกอบรมจากระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน

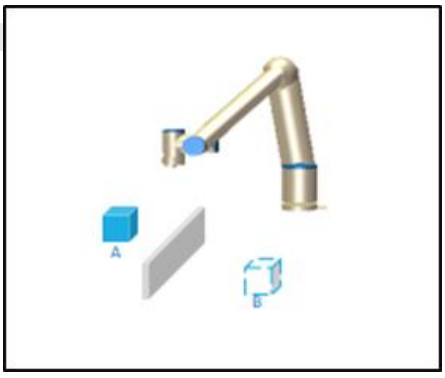
ในการทดสอบความสามารถในการใช้งานนั้น เริ่มจากให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเขียนโปรแกรม โดยระหว่างนั้นจะมีการนับความผิดพลาดที่เกิดขึ้น จากนั้นทำแบบประเมินสามารถในการใช้งานระบบและแบบประเมินการยอมรับเทคโลยีหลังการเขียนโปรแกรม

3.6 งานที่ใช้ในการทดสอบ

ในงานวิจัยนี้ต้องการทดสอบความสามารถในการใช้งานของระบบ หลังได้รับการฝึกอบรมจากการสอนที่มีในปัจจุบันและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นที่ออกแบบขึ้น ซึ่งงานทดสอบนั้นมาจากการค้นคว้าข้อมูลการนำยูนิเวอร์ซัล โรบอทไปใช้งาน พบว่างานที่ยูนิเวอร์ซัล โรบอท ถูกนำไปใช้ร่วมปฏิบัติงานมากที่สุดคือ การหยิบและวาง (Ash Sharma, 2019) ดังนั้นงานทดสอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ งานหยิบและวาง ซึ่งมีรายละเอียดงานคือ

เขียนโปรแกรมเพื่อสั่งการให้โคบอทย้ายกล่องจากจุด A ไปยังจุด B (มีฉากกั้น) โดยขณะอยู่ที่ตำแหน่งหยิบและตำแหน่งปล่อยต้องรอ 1 วินาที เพื่อให้อุปกรณ์หยิบชิ้นงานทำงานได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีเงื่อนไขการเคลื่อนคือ 1. โคบอทพร้อมสำหรับการเขียนโปรแกรม (ไม่ต้องตั้งค่าอุปกรณ์ใด ๆ ก่อนเขียนโปรแกรม) 2. อุปกรณ์หยิบชิ้นงานชื่อ “tool_out [0]” 3. น้ำหนักเครื่องมือติดตั้ง 0.6 กิโลกรัม น้ำหนักชิ้นงาน 1 กิโลกรัม (น้ำหนักรวมเท่ากับ 1.6 กิโลกรัม) 4. ใช้คำสั่งที่เหมาะสมที่สุดและใช้เฉพาะคำสั่งที่จำเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งกล่อง

3.7 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ของงานวิจัย จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการทดลองอ่านทำความเข้าใจและลงนามในเอกสารสัญญายินยอมเข้าร่วมการวิจัย (ภาคผนวก ก.) และทำแบบสอบถามเชิงประชากร (ภาคผนวก ข.)

ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยอธิบายเหตุการณ์สมมติเพื่อให้ผู้เข้าร่วมการทดลองได้เข้าใจถึงบริบทขณะทำการทดลอง และรับชมวิดีโอแนะนำยูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล CB

ขั้นตอนที่ 3 จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรม

ขั้นตอนที่ 4 ผู้เข้าร่วมการทดลองทำแบบประเมินการมีส่วนร่วม

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับการฝึกอบรมและทำแบบประเมินการมีส่วนร่วมเรียบร้อยแล้วผู้วิจัยจึงทำการอธิบายรายละเอียดการทดสอบ จากนั้นเว้นระยะเวลาให้ผู้เข้าร่วมการทดลองอ่านทำความเข้าใจเอกสารประกอบการทดสอบ และสอบถามหากมีข้อสงสัย

ขั้นตอนที่ 6 เริ่มการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 7 ผู้เข้าร่วมการทดลองทำแบบประเมินความสามารถในการใช้งาน

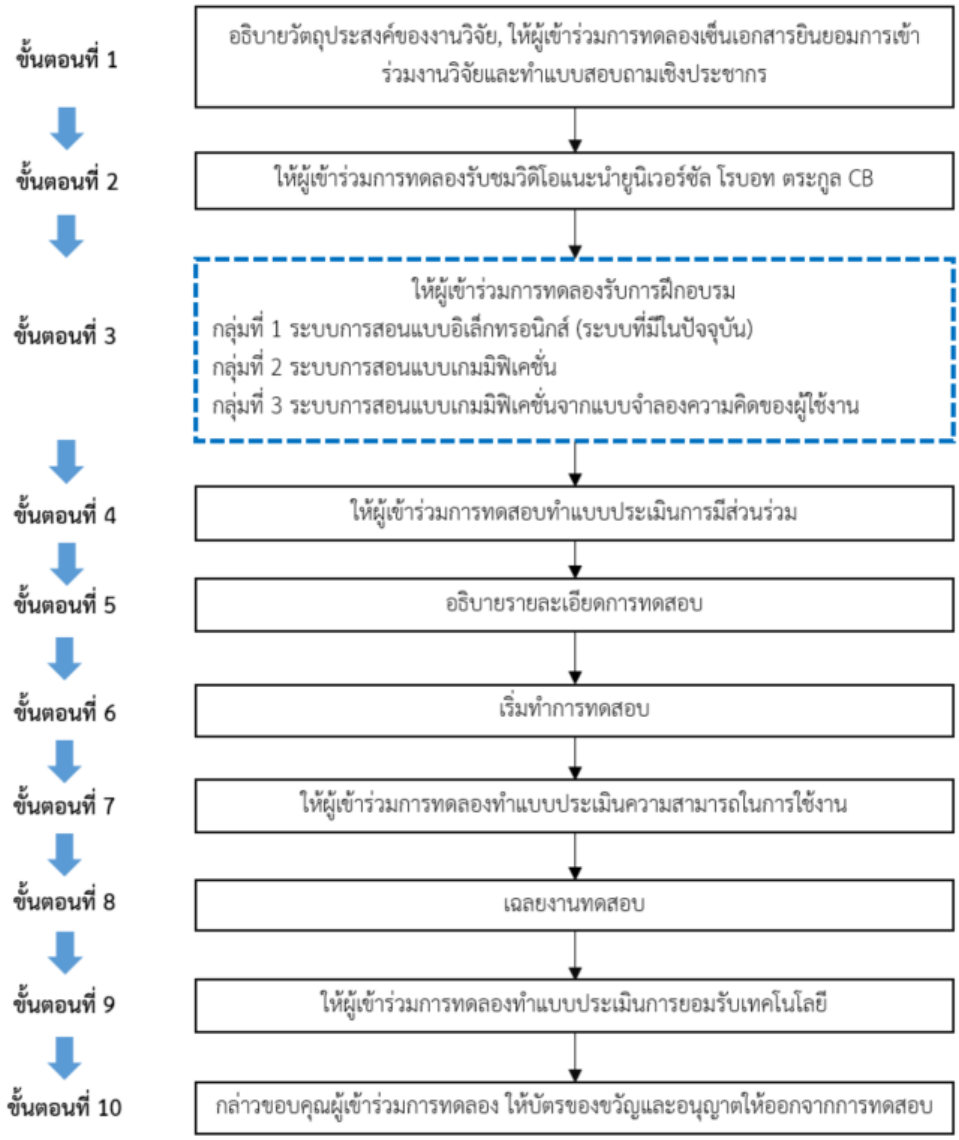
ขั้นตอนที่ 8 เฉลยงานทดสอบทดสอบ

ขั้นตอนที่ 9 ผู้เข้าร่วมการทดลองทำแบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยี

ขั้นตอนที่ 10 กล่าวขอบคุณผู้เข้าร่วมการทดลอง มอบบัตรของขวัญและอนุญาตให้ออกจากการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยเฉลี่ยแล้วเวลาที่ใช้ในการฝึกอบรมของระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นใช้เวลาประมาณ 45 นาที และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดใช้เวลาประมาณ 50 นาที



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนดำเนินการทดลองโดยรวม

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

จากงานวิจัยนี้ต้องการออกแบบระบบการสอนโดยศึกษาเปรียบเทียบปัจจัย 3 ปัจจัยได้แก่ ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน เพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน โดยต้องการเพิ่มอัตราความสำเร็จ ลดระยะเวลา ลดการเกิดข้อผิดพลาดขณะปฏิบัติการ เพิ่มความสามารถในการใช้งานระบบ เพิ่มการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้งาน และเพิ่มการมีส่วนร่วมในบทเรียน ดังนั้นในผลการดำเนินการวิจัยจะประกอบไปด้วยการรายงานข้อมูลจากการทดสอบความสามารถในการใช้งานของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ 1 E-learning คือผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (ระบบการสอนที่มีในปัจจุบัน) กลุ่มที่ 2 Gamification คือผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น และกลุ่มที่ 3 Gamify+Mental model คือผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน โดยผลที่ได้จากการทดสอบทั้ง 3 กลุ่มถูกรายงานดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1 ผลอัตราความสำเร็จ
4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานทดสอบ
4.3 ผลการวิเคราะห์ความผิดพลาด
4.4 ผลแบบประเมินความสามารถในการใช้งานระบบ
4.5 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยี
4.6 ผลการประเมินการมีส่วนร่วม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในขั้นแรกเป็นการตรวจสอบข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ คือตรวจสอบข้อมูลมีค่าสูงมากหรือต่ำมาก (Outlier) จากค่ากลาง ($\bar{x}$ ± 3SD) ด้วยวิธี Boxplot และทำการตัดข้อมูลที่มีค่าผิดปกติออกจำนวน 2 ข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลจากกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ดังนั้นข้อมูลของกลุ่มที่ 1 มีจำนวน 20 ข้อมูล ข้อมูลของกลุ่มที่ 2 มีจำนวน 19 ข้อมูล ข้อมูลของกลุ่มที่ 3 มีจำนวน 19 ข้อมูล

4.1 ผลอัตราความสำเร็จ

ในการประเมินประสิทธิผล (Effectiveness) หรือการวัดความสำเร็จในการทำงานทดสอบนั้น ผู้วิจัยจะทำการประเมินหลังผู้เข้าร่วมการทดลองทำการกดบันทึกโครงสร้างโปรแกรม โดยการประเมินแบ่งออกเป็น 2 เกณฑ์ได้แก่

1. สำเร็จอย่างสมบูรณ์ คือผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถสร้างโครงสร้างโปรแกรมขึ้นมาได้และโครงสร้างที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในหัวข้อที่ 3.4.1
2. ล้มเหลว โดยการล้มเหลวนั้นแบ่งประเภทของการล้มเหลวออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

   2.1 คำตอบไม่ถูกต้อง คือผู้เข้าร่วมการทดลองมีการสร้างโครงสร้างโปรแกรมขึ้นมาได้แต่โครงสร้างโปรแกรมที่ได้นั้นมีคำตอบไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด

   2.2 ออกจากการทดลอง คือผู้เข้าร่วมการทดลองไม่สามารถสร้างโครงสร้างโปรแกรมได้จึงขอออกจากการทดลอง

ในการรายงานอัตราความสำเร็จจะถูกแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อได้แก่ 4.1.1 ผลอัตราความสำเร็จของแต่ละปัจจัย 4.1.2 ผลเปรียบเทียบอัตราความสำเร็จของแต่ละปัจจัย

4.1.1 ผลอัตราความสำเร็จของแต่ละปัจจัย

ผลข้อมูลทางสถิติของอัตราความสำเร็จแต่ละปัจจัยที่ได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยจากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กและเป็นการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial Distribution) ดังนั้นช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval) จึงคำนวณอยู่ในรูปช่วงความเชื่อมั่นที่ปรับปรุงจาก Wald (Adjusted Wald Interval) ที่ความเชื่อมั่น 95% แสดงดังตารางที่ 4.2 จากข้อมูลเมื่อเรียงลำดับอัตราความสำเร็จจะเห็นว่าผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์นั้น มีอัตราความสำเร็จที่ต่ำที่สุดคือ 15% ตามด้วยผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นมีอัตราความสำเร็จ 53% และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานมีอัตราความสำเร็จมากที่สุดคือ 74%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อพิจารณาสัดส่วนอัตราความสำเร็จจากรูปที่ 4.2 กราฟแสดงสัดส่วนอัตราความสำเร็จจะเห็นว่า ผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการฝึกอบรมแบบอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 20 คน มีผู้เข้าร่วมการทดลองที่ล้มเหลวถึง 85% โดยเมื่อวิเคราะห์ประเภทความล้มเหลวพบว่า มีผู้ล้มเหลวจากการสร้างโครงสร้างโปรแกรมที่มีคำตอบไม่ถูกต้อง 75% และมีผู้ล้มเหลวจากการไม่สามารถสร้างโครงสร้างโปรแกรมได้จึงขอออกจากการทดลองคิดเป็น 10% จากผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด เมื่อพิจารณาอัตราล้มเหลวของผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานพบว่ามีอัตราความล้มเหลวลดลงตามลำดับคือ 47% และ 26% โดยผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมจากทั้ง 2 ระบบ ไม่มีผู้ล้มเหลวจากการขอออกจากการทดลอง

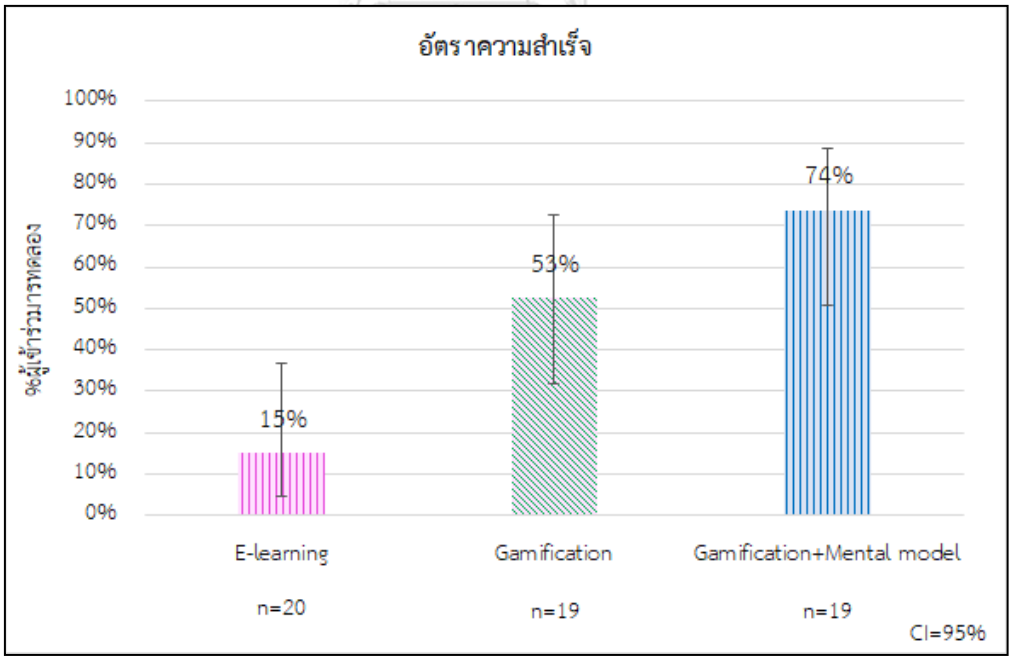
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทางสถิติของอัตราความสำเร็จ

	n	สำเร็จ	ล้มเหลว	
			คำตอบไม่ถูกต้อง	ออกจากการทดลอง
E-learning [baseline]	20	3	15	2
Gamification	19	10	9	0
Gamify+Mental model	19	14	5	0

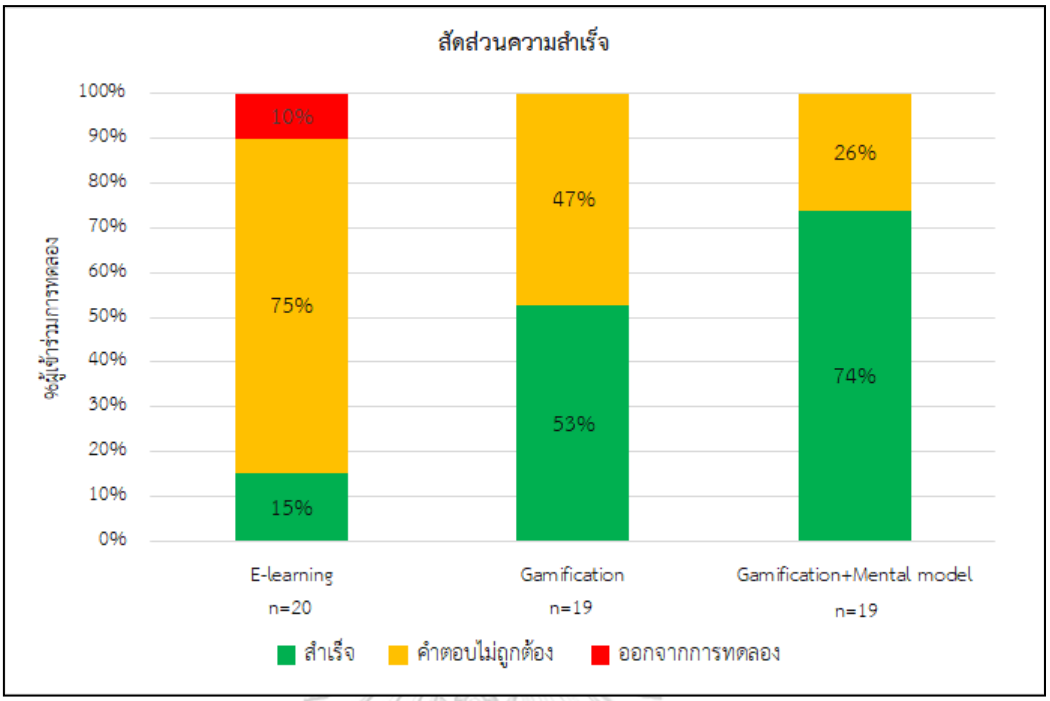
ตารางที่ 4.2 ผลอัตราความสำเร็จ

	อัตราความสำเร็จ	Adjusted Wald	
		CI High	CI Low
E-learning [baseline]	15%	36.68%	4.39%
Gamification	53%	72.67%	31.70%
Gamify+Mental model	74%	88.55%	50.86%

*ความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.1 กราฟอัตราความสำเร็จของแต่ละปัจจัย



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงสัดส่วนความสำเร็จของแต่ละปัจจัย

4.1.2 ผลเปรียบเทียบอัตราความสำเร็จแต่ละปัจจัย

ในงานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบอัตราความสำเร็จของงานทดสอบหลังจากผู้เข้าร่วมการทดลองได้รับการฝึกอบรมจากระบบการสอนทั้ง 3 ระบบ โดยผลการทดลองมีการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial Distribution) และกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นในการเปรียบเทียบอัตราความสำเร็จของแต่ละระบบการสอน จึงทำการเปรียบเทียบความต่างระหว่างสัดส่วนตัวอย่างสองกลุ่มด้วยวิธีการทดสอบไคแสวร์ (Chi-Square) โดยพิจารณาค่า Pearson Chi-Square ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผลที่ได้ดังตารางที่ 4.3

โดยทำการตั้งสมมติฐานทั้งหมด 3 สมมติฐานดังนี้

- สมมติฐานที่ 1

  H_0 = อัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และแบบเกมมิฟิเคชั่นไม่แตกต่างกัน (P_E=P_G)

  H_1 = อัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นแตกต่างกัน (P_E≠P_G)

- สมมติฐานที่ 2

  H_0 = อัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกัน ($P_E=P_{GM}$)

  H_1 = อัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน แตกต่างกัน ($P_E\neq P_{GM}$)

- สมมติฐานที่ 3

  H_0 = อัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกัน ($P_G=P_{GM}$)

  H_1 = อัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน แตกต่างกัน ($P_G\neq P_{GM}$)

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบอัตราความสำเร็จ

เปรียบเทียบระหว่าง	**Asymp.Sig (2-sided)**
E-learning ^{baseline} และ Gamification	0.013**
E-learning ^{baseline} และ Gamify+Mental model	<0.001***
Gamification และ Gamify+Mental model	0.179

**p<.05, ***p<.001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาสมมติฐานที่ 1 การเปรียบเทียบสัดส่วนอัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นพบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.05$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าอัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นจึงทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 2 การเปรียบเทียบสัดส่วนอัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.001$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าอัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 เมื่อทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 3 การเปรียบเทียบสัดส่วนอัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p>0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ที่ความเชื่อมั่น 95%

นั่นคืออัตราความสำเร็จระหว่างระบบการสอนแบบ Gamification และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานทดสอบ

การประเมินประสิทธิภาพ (Efficiency) ในงานวิจัยนี้ทำการประเมินระยะเวลาที่ผู้เข้าร่วมการทดสอบใช้ในการทำให้งานทดสอบสำเร็จอย่างสมบูรณ์ ซึ่งในการรายงานระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานทดสอบจะถูกแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อได้แก่ 4.2.1 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการทำงานทดสอบของแต่ละปัจจัย 4.2.2 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างระยะเวลาเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย

4.2.1 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการทำงานทดสอบของแต่ละปัจจัย

จากการประเมินระยะเวลาที่ผู้เข้าร่วมการทดลองใช้ในการทำงานทดสอบให้สำเร็จวิเคราะห์จากผู้ที่ทำงานทดสอบได้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจำนวนข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จึงมีความแตกต่างกัน ประกอบไปด้วย ผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 3 คน ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจำนวน 10 คน และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานจำนวน 14 คน โดยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการทำงานทดสอบแต่ละปัจจัยแสดงในตารางที่ 4.4

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการทำงานทดสอบของผู้ที่รับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (M = 750.20, SD = 234.20) ตามด้วย ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (M = 695.00, SD = 336.16) และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (M = 538.21, SD = 143.12)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการทำงานทดสอบของแต่ละปัจจัย

	n	เวลา	
		M (วินาที)	SD
E-learning ^{baseline}	3	695.00	336.16
Gamification	10	750.20	234.20
Gamify+Mental model	14	538.21	143.12

4.2.2 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบของแต่ละปัจจัย

ในการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของระยะเวลานั้น ทดสอบโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance/ANOVA) ซึ่งเงื่อนไขในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นประกอบไปด้วย 2 เงื่อนไข ได้แก่

- ตัวอย่างที่เลือกมาทดสอบต้องมีการแจกแจงแบบปกติ โดยในงานวิจัยนี้ใช้ค่าสถิติทดสอบของ Shapiro-Wilk เนื่องจากข้อมูลแต่ละกลุ่มมีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 50 ข้อมูล มีสมมติฐานดังนี้

  H_0: ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

  H_1: ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

  โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อค่าสถิติทดสอบน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 เนื่องจากกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.5 เห็นว่าค่าสถิติที่ได้ $p>0.05$ จึงทำการยอมรับ H_0 สรุปได้ว่าการแจกแจงของข้อมูลทุกตัวมีการกระจายตัวแบบปกติ

- ตัวอย่างที่เลือกมาทดสอบต้องมีความแปรปรวนเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน (Homogeneity of variance) ของข้อมูลด้วยวิธี Levene's test มีสมมติฐานดังนี้

  H_0: ค่าความแปรปรวนของระยะเวลาในการทดสอบระบบการสอนแต่ละระบบไม่แตกต่างกัน

  H_1: ค่าความแปรปรวนของระยะเวลาในการทดสอบระบบการสอนแต่ละระบบแตกต่างกัน

  โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อค่าสถิติทดสอบน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งกำหนดระดับนัยสำคัญไว้ที่ 0.05 จากผลการทดสอบจากตารางที่ 4.6 พบว่า $p>0.05$ จึงทำการยอมรับ H_0 สรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของระยะเวลาในการทดสอบแต่ละระบบการสอนแต่ละระบบไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลด้วยค่าสถิติ Shapiro-Wilk

	ค่าสถิติ Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
E-learning [baseline]	0.999	3	0.941
Gamification	0.936	10	0.510
Gamify+Mental model	0.935	14	0.363

**p<.05

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบ Levene's test

	Levene Statistics	Sig
Mean	2.376	0.114

**P<.05

ข้อมูลที่ทำการทดสอบผ่านเงื่อนไขในการวิเคราะห์ความแปรปรวน จึงสรุปได้ว่าข้อมูลเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนในงานวิจัยนี้ใช้วิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's Least Significant Difference/LSD) ในการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างครั้งละคู่ เนื่องจากข้อมูลที่ได้เป็นอิสระต่อกันโดยจำนวนข้อมูลระยะเวลาในการทดสอบตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีจำนวนไม่เท่ากัน เพื่อเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยของแต่ละระบบการสอนว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ จึงทำการตั้งสมมติฐานดังนี้

- สมมติฐานที่ 1

  H_0 = เวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบจากระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นไม่แตกต่างกัน ($\mu_E=\mu_G$)

  H_1 = เวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบจากระบบการสอนอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นแตกต่างกัน ($\mu_E\neq\mu_G$)

- สมมติฐานที่ 2

  H_0 = เวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบจากระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกัน ($\mu_E=\mu_{GM}$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

H_1 = เวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบจากระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานแตกต่างกัน ($\mu_E \neq \mu_{GM}$)

- สมมติฐานที่ 3

  H_0 = เวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบจากระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานไม่แตกต่างกัน ($\mu_G = \mu_{GM}$)

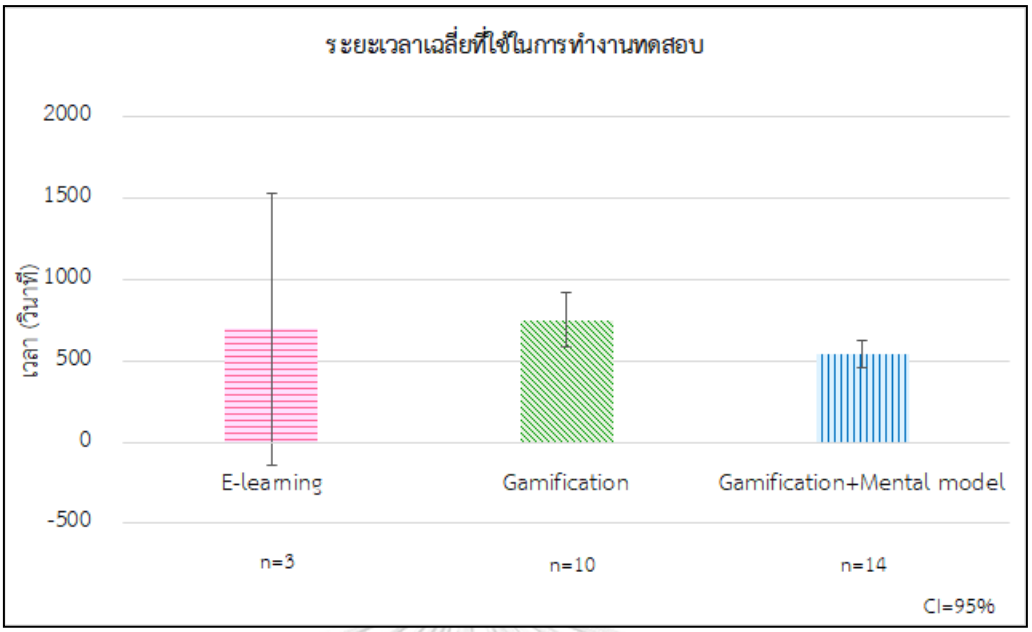
  H_1 = เวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบจากระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน แตกต่างกัน ($\mu_G \neq \mu_{GM}$)

ตารางที่ 4.7 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบของแต่ละปัจจัย

ผลเปรียบเทียบระหว่าง	**Mean diff.**	**Std. Error**	**Sig.**
E-learning ^{baseline} และ Gamification	-55.20	133.42	0.683
E-learning ^{baseline} และ Gamify+Mental model	156.78	128.95	0.236
Gamification และ Gamify+Mental model	211.98	83.91	0.019**

**P<.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.3 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำงานทดสอบ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะเวลาการทำงานทดสอบให้สำเร็จของแต่ละปัจจัย จากตารางที่ 4.7 พบว่าจากการเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่น และการเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ค่าสถิติที่ได้มีค่า $p>0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบจากระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบจากระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จากนั้นทำการพิจารณาค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบจากระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้ $p<0.05$ จึงสรุปได้ว่าระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบจากระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ผลการวิเคราะห์ความผิดพลาด

ในงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างทำงานทดสอบ โดยผู้วิจัยทำการนับความผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างผู้เข้าร่วมการทดลองทำการสร้างโครงสร้างโปรแกรม

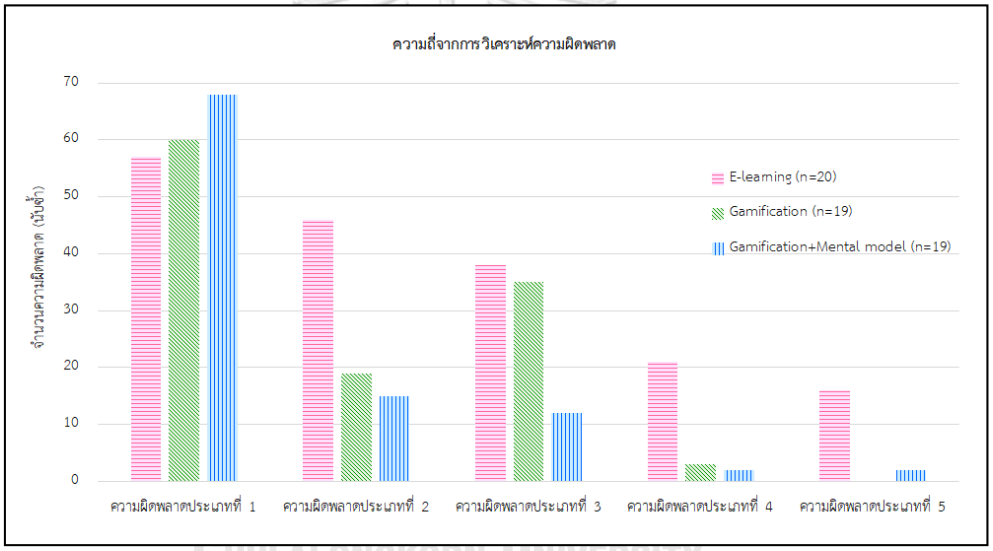
โดยรวมทั้งความผิดพลาดที่ผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถแก้ไขได้หรือไม่สามารถแก้ไขได้และทำการนับซ้ำหากผู้เข้าร่วมการทดลองทำความผิดพลาดเดิมซ้ำ โดยทำการวิเคราะห์จากผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 20 คน ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจำนวน 19 คน และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานจำนวน 19 คน ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความผิดพลาดแสดงในตารางที่ 4.8 โดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นถูกแบ่งความผิดพลาดหลักออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

- ความผิดพลาดประเภทที่ 1 คือ การเพิ่มคำสั่งที่ไม่เกี่ยวข้องลงในโครงสร้างโปรแกรม
- ความผิดพลาดประเภทที่ 2 คือ ความผิดพลาดของการเคลื่อนที่ ประกอบไปด้วย ประเภทการเคลื่อนที่ไม่เหมาะสม ลำดับการเคลื่อนที่ของโคบอทที่ไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้อง การกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ของโคบอทไม่เหมาะสม
- ความผิดพลาดประเภทที่ 3 คือ ความผิดพลาดของการจัดการสัญญาณ ซึ่งการจัดการสัญญาณในงานทดสอบประกอบไปด้วย การจัดการสัญญาณของอุปกรณ์ติดตั้งปลายแขน (Set) และการจัดการสัญญาณการรอ (Wait) ดังนั้นจึงประกอบไปด้วย การตั้งค่าคำสั่ง Set ผิด การเลือกอุปกรณ์หยิบชิ้นงานผิด การตั้งค่าอุปกรณ์หยิบชิ้นงานผิด การไม่มีคำสั่ง Wait ในโครงสร้างโปรแกรม การกำหนดประเภทของคำสั่ง Wait ผิด การตั้งค่าคำสั่ง Wait ผิด และลำดับของการจัดการสัญญาณผิด
- ความผิดพลาดประเภทที่ 4 คือ เกิดการแจ้งเตือนความผิดพลาด (Error) ขึ้นระหว่างทำการสร้างโครงสร้างโปรแกรม
- ความผิดพลาดประเภทที่ 5 คือ ความผิดพลาดขณะเข้าสู่หน้าหลักสำหรับเขียนโปรแกรมและการบันทึกโปรแกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.8 ผลการแจงความถี่จากการวิเคราะห์ความผิดพลาด

	ความถี่		
	E-learning	Gamification	Gami+Mental model
ความผิดพลาดประเภทที่ 1	57	60	68
ความผิดพลาดประเภทที่ 2	46	19	15
ความผิดพลาดประเภทที่ 3	38	35	12
ความผิดพลาดประเภทที่ 4	21	3	2
ความผิดพลาดประเภทที่ 5	16	0	2
รวม	176	117	99



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.4 กราฟแจกแจงความถี่จากการวิเคราะห์ความผิดพลาด

จากตารางที่ 4.8 สรุปได้ว่าจำนวนความผิดพลาดโดยรวมที่เกิดขึ้นโดยผู้เข้าร่วมการทดลองที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์มีค่าสูงที่สุดคือเกิดความผิดพลาดขึ้น 176 ครั้ง และเกิดรองลงมากับผู้เข้าร่วมการทดลองที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นโดยเกิดความผิดพลาดขึ้น 117 ครั้ง โดยความผิดพลาดเกิดขึ้นน้อยที่สุดจากผู้เข้าร่วมการทดลองที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานซึ่งเกิดขึ้น 99 ครั้ง

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าจากความผิดพลาดทั้ง 5 ประเภท ความผิดพลาดประเภทที่ 1 เกิดขึ้นกับผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 3 กลุ่มสูงที่สุด คือความผิดพลาดจากการเพิ่มคำสั่งที่ไม่เกี่ยวข้องลงใน

โครงสร้างโปรแกรมเกิดขึ้นสูงที่สุด ซึ่งเกิดสูงที่สุดจากผู้เข้าร่วมการทดลองที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานโดยเกิดขึ้น 68 ครั้ง ตามด้วยผู้เข้าร่วมการทดลองที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นซึ่งเกิดขึ้น 60 ครั้ง และเกิดกับผู้เข้าร่วมการทดลองที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ 59 ครั้ง จากนั้นเมื่อพิจารณาแนวโน้มความถี่ของความผิดพลาดประเภทที่ 2, 3, 4, และ 5 พบว่าความผิดพลาดที่เกิดจากผู้เข้าร่วมการทดลองที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน มีแนวโน้มลดลงตามลำดับเมื่อเทียบกับระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์

4.4 ผลแบบประเมินความสามารถในการใช้งาน

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาความสามารถในการใช้งานยูนิเวอร์ซัลโรบอท หลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนต่าง ๆ ได้แก่ ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน

การประเมินการความสามารถในการใช้งานทำการประเมินโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทำการประเมินเมื่อทำงานทดสอบเสร็จทันที ซึ่งแบบประเมินประกอบไปด้วยคำถาม 10 ข้อ โดยประเมินจากระดับความคิดของผู้เข้าร่วมการทดลองตามมาตรวัดลิเคิร์ท 5 ระดับ ตั้งแต่ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (1) ไปถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง (5) จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวนตามที่กล่าวไปในหัวข้อที่ 3.4.4

ในการรายงานการประเมินความสามารถในการใช้งานถูกแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อได้แก่ 4.4.1 ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานของปัจจัยต่าง ๆ 4.4.2 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานของปัจจัยต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4.1 ผลแบบประเมินความสามารถในการใช้งาน

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานของผู้ที่รับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (M = 70.39, SD = 15.94) ตามด้วย ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน (M = 68.55, SD = 10.87) และระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (M = 55.00, SD = 17.64)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากระบบการสอนทั้ง 3 ระบบมาเทียบกับมาตรฐานการยอมรับที่มีเกณฑ์การยอมรับอยู่ที่ 72.6 - 100 คะแนน (Sauro & Lewis, 2012) พบว่าว่าค่าเฉลี่ย

ความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมของทั้ง 3 ระบบยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์มีค่าความสามารถในการใช้งานอยู่ในระดับ D เนื่องจากมีคะแนนอยู่ในช่วง 51.7-62.6 คะแนน ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน มีค่าความสามารถในการใช้งานอยู่ในระดับ C เนื่องจากมีคะแนนอยู่ในช่วง 65-71 คะแนน

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งาน

	ความสามารถในการใช้งาน		
	n	M	SD
E-learning ^{baseline}	20	55.00	17.64
Gamification	19	70.39	15.94
Gamify+Mental model	19	68.55	10.87

4.4.2 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างความสามารถในการใช้งานของแต่ละปัจจัย

ในการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของระยะเวลานั้น ทดสอบโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance/ANOVA) จึงทำการทดสอบข้อมูลเพื่อตรวจสอบเงื่อนไขในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น ได้แก่

- ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ด้วยค่าสถิติทดสอบของ Shapiro-Wilk ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

H_0: ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อค่าสถิติทดสอบน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 เนื่องจากกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ซึ่งผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลทุกตัวมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

- ทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน (Homogeneity of variance) ของข้อมูลด้วยวิธี Levene's test ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

H_0: ค่าความแปรปรวนของความสามารถในการใช้งานระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบไม่แตกต่างกัน

H_1: ค่าความแปรปรวนของความสามารถในการใช้งานระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบแตกต่างกัน

โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อค่าสถิติทดสอบน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ผลการทดสอบจากตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่าค่าความแปรปรวนของความสามารถในการใช้งานระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลด้วยค่าสถิติ Shapiro-Wilk

	ค่าสถิติ Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
E-learning ^{baseline}	0.96	20	0.615
Gamification	0.95	19	0.409
Gamify+Mental model	0.91	19	0.108

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบ Levene's test

	Levene Statistics	**Sig**
Mean	2.51	0.09

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการผ่านเงื่อนไขการวิเคราะห์ความแปรปรวน จึงสรุปได้ว่าข้อมูลเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนในงานวิจัยนี้ใช้วิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's Least Significant Difference/LSD) เนื่องจากจำนวนข้อมูลระยะเวลาในการทดสอบตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีจำนวนไม่เท่ากันและเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานแต่ละระบบการฝึกอบรมว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ จึงทำการตั้งสมมติฐานดังนี้

- สมมติฐานที่ 1

  H_0 = ค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นไม่แตกต่างกัน ($\mu_E=\mu_G$)

H_1 = ค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอน อิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นแตกต่างกัน ($\mu_E \neq \mu_G$)

- สมมติฐานที่ 2

  H_0 = ค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานไม่แตกต่างกัน ($\mu_E = \mu_{GM}$)

  H_1 = ค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานแตกต่างกัน ($\mu_E \neq \mu_{GM}$)

- สมมติฐานที่ 3

  H_0 = ค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานไม่แตกต่างกัน ($\mu_G = \mu_{GM}$)

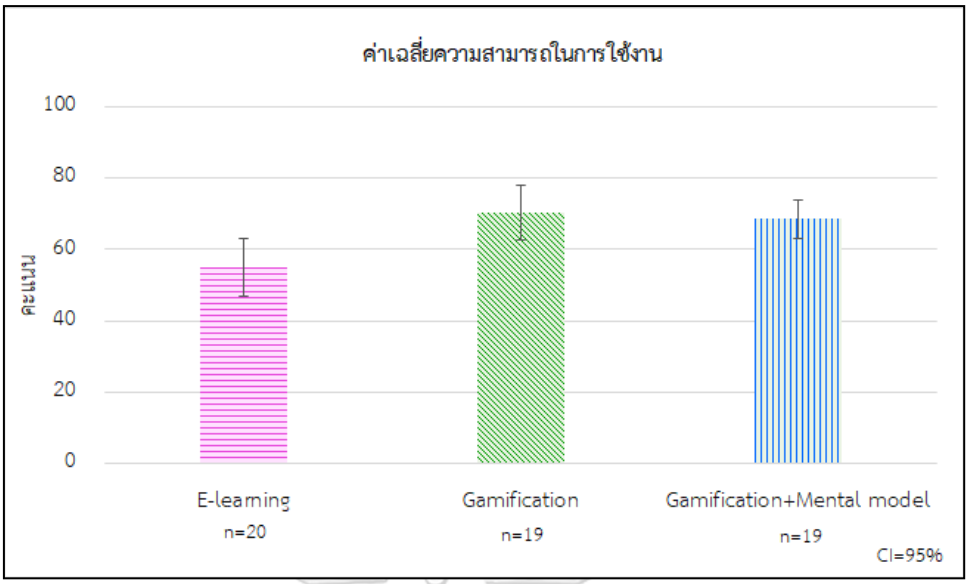
  H_1 = ค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานแตกต่างกัน ($\mu_G \neq \mu_{GM}$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.12 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างความสามารถในการใช้งานของแต่ละปัจจัย

ผลเปรียบเทียบระหว่าง	Mean diff.	Std. Error	Sig.
E-learning ^{baseline} และ Gamification	-15.39	4.85	0.007**
E-learning ^{baseline} และ Gamify+Mental model	-13.55	4.85	0.019**
Gamification และ Gamify+Mental model	1.84	4.91	0.926

**P<.05



รูปที่ 4.5 กราฟค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งาน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานแต่ละปัจจัยจากตารางที่ 4.12 จากสมมติฐานที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นพบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.05$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นจึงทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.05$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p>0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ที่ความเชื่อมั่น 95% นั่นคือการค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.5 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยี

ในการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีสามารถประเมินได้จาก 4 ปัจจัย ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงาน (PU) การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (PEOU) ทัศนคติต่อการใช้งาน (AT) และพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบ (BI) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำแบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีซึ่งประกอบไปด้วยแบบประเมิน 15 ข้อ โดยประเมินจากระดับความคิดของผู้เข้าร่วมการทดลอง ตามมาตรวัดวิเคิร์ทโดยคะแนนที่ได้อยู่ในช่วง 0-4 คะแนน

4.5.1 ผลประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของแต่ละปัจจัย

4.5.1.1 ผลการประเมินปัจจัยด้านการรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงาน (PU)

จากตารางที่ 4.13 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงาน (PU) พบว่าผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นสามารถรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงานได้สูงที่สุด (M=3.70, SD=0.39) รองลงมาคือเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน (M=3.68, SD=0.34) และระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (M=3.53, SD=0.39) ตามลำดับ

4.5.1.2 ผลการประเมินปัจจัยด้านการรับรู้ความง่ายในใช้งาน (PEOU)

จากตารางที่ 4.13 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการรับรู้ความง่ายในใช้งาน (PEOU) พบว่าผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน สามารถรับรู้ความง่ายในใช้งานสูงที่สุด (M=3.25, SD=0.40) รองลงมาคือ เกมมิฟิเคชั่น (M=3.10, SD=0.72) และระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (M=2.32, SD=0.80) มีค่าต่ำที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.5.1.3 ผลการประเมินปัจจัยด้านทัศนคติต่อการใช้งาน (AT)

จากตารางที่ 4.13 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านทัศนคติต่อการใช้งาน (AT) พบว่าผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทัศนคติต่อการใช้งานสูงที่สุด (M=3.61, SD=0.41) รองลงมาคือระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น (M=3.45, SD=0.61) และระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (M=2.86, SD=0.79) มีค่าต่ำที่สุด

4.5.1.4 ผลการประเมินปัจจัยด้านพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบ (BI)

จากตารางที่ 4.13 เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบ (BI) พบว่าผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจาก

แบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทัศนคติต่อการใช้งานสูงที่สุด (M=3.68, SD=0.40) รองลงมาคือระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น (M=3.50, SD=0.53) และระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (M=3.16, SD=0.47) มีค่าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีของแต่ละปัจจัย

	n	PU		PEOU		AT		BI	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
E-learning [baseline]	20	3.53	0.39	2.32	0.80	2.86	0.79	3.16	0.47
Gamification	19	3.70	0.39	3.10	0.72	3.45	0.61	3.50	0.53
Gamify+Mental model	19	3.68	0.34	3.25	0.40	3.61	0.41	3.68	0.40

4.5.2 ผลเปรียบเทียบความต่างค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีของแต่ละปัจจัย

เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance/ANOVA) จึงทำการทดสอบข้อมูลเพื่อตรวจสอบเงื่อนไขในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น ได้แก่

- ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ด้วยค่าสถิติทดสอบของ Shapiro-Wilk ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

  H_0: ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

  H_1: ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

  โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อค่าสถิติทดสอบน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 เนื่องจากกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ซึ่งผลการทดสอบการแจกแจงแสดงในตารางที่ 4.14 พบว่าผลการประเมินด้านการรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงาน (PU) ของผู้เข้าร่วมการทดลองที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ เกมมิฟิเคชั่น และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ด้านทัศนคติต่อการใช้งาน (AT) ของผู้เข้าร่วมการทดลองที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ด้านพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบ (BI) ของผู้เข้าร่วมการทดลองที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่น

จากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน นั้นมีค่าการแจกแจกไม่เป็นปกติ อย่างไรก็ตาม Morgan et al. (2019) กล่าวว่า หากการแจกแจงของกลุ่มไม่เป็นปกตินั้นยังสามารถใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการทดสอบได้ โดยเมื่อทำการพิจารณาความเบ้ของข้อมูลดัง พบว่าอยู่ในช่วง -2 ถึง 2 ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถยอมรับการประมาณว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ค่าการแปรปรวนเป็นลำดับต่อไป เพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบข้อมูล

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลด้วยค่าสถิติ Shapiro-Wilk

		ค่าสถิติ Shapiro-Wilk			ค่าสถิติ
		Statistic	df	Sig.	Skewness
PU	E-learning [baseline]	0.87	20	0.016**	-0.81
	Gamification	0.75	19	<.001***	-1.26
	Gamify+Mental model	0.83	19	0.004**	-0.80
PEOU	E-learning [baseline]	0.95	20	0.410	-0.45
	Gamification	0.91	19	0.093	-0.54
	Gamify+Mental model	0.94	19	0.305	-0.42
AT	E-learning [baseline]	0.91	20	0.093	0.01
	Gamification	0.81	19	0.002**	-0.61
	Gamify+Mental model	0.84	19	0.005**	-0.79
BI	E-learning [baseline]	0.92	20	0.143	-0.41
	Gamification	0.79	19	.001**	-0.45
	Gamify+Mental model	0.78	19	<.001***	-1.12

**p<.05, ***p<.001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน (Homogeneity of variance) ของข้อมูลด้วยวิธี Levene's test ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้
    - สมมติฐานที่ 1 : ทดสอบความแปรปรวนการรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงาน

H_0: ค่าความแปรปรวนการรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงานระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบไม่แตกต่างกัน

H_1: ค่าความแปรปรวนการรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงานระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบแตกต่างกัน

- สมมติฐานที่ 2 : ทดสอบความแปรปรวนการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน

  H_0: ค่าความแปรปรวนการรับรู้ความง่ายในการใช้งานระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบไม่แตกต่างกัน

  H_1: ค่าความแปรปรวนการรับรู้การรับรู้ความง่ายในการใช้งานระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบแตกต่างกัน

- สมมติฐานที่ 3 : ทดสอบความแปรปรวนทัศนคติต่อการใช้งาน

  H_0: ค่าความแปรปรวนทัศนคติต่อการใช้งานระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบไม่แตกต่างกัน

  H_1: ค่าความแปรปรวนทัศนคติต่อการใช้งานระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบแตกต่างกัน

- สมมติฐานที่ 4 : ทดสอบความแปรปรวนพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบ

  H_0: ค่าความแปรปรวนพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบไม่แตกต่างกัน

  H_1: ค่าความแปรปรวนพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อค่าสถิติทดสอบน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ผลการทดสอบจากตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบ Levene's test พบว่าผลการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (PEOU) และทัศนคติต่อการใช้งาน (AT) นั้น $p<0.05$ จึงทำการปฏิเสธ H_0 นั่นคือค่าความแปรปรวนปัจจัยในการยอมรับเทคโนโลยีด้านการ

รับรู้ความง่ายในการใช้งานและด้านทัศนคติต่อการใช้งานระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบแตกต่างกัน ดังนั้นในการเปรียบเทียบความแตกต่างผลค่าเฉลี่ยการรับรู้ความง่ายในการใช้งานและและทัศนคติต่อการใช้งานใช้วิธี Games-Howell เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่าความแปรปรวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการเปรียบเทียบความแปรปรวนผลการรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงาน (PU) และพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบ (BI) มีค่าทางสิติ $p>0.05$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนในแต่ละปัจจัยไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงใช้วิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's Least Significant Difference/LSD) เมื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยแต่ละปัจจัยของการยอมรับเทคโนโลยีได้แล้ว จากนั้นจึงทำการทดสอบสมมติฐานดังต่อไปนี้

- สมมติฐานที่ 1

  H_0 = ค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่น ไม่แตกต่างกัน ($\mu_E=\mu_G$)

  H_1 = ค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอน อิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นแตกต่างกัน ($\mu_E\neq\mu_G$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- สมมติฐานที่ 2

  H_0 = ค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกัน ($\mu_E=\mu_{GM}$)

  H_1 = ค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน แตกต่างกัน ($\mu_E\neq\mu_{GM}$)

- สมมติฐานที่ 3

H_0 = ค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกัน ($\mu_G=\mu_{GM}$)

H_1 = ค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน แตกต่างกัน (μG≠μGM)

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบ Levene's test

	Levene Statistics	**Sig**
PU	0.09	0.910
PEOU	4.11	0.022**
AT	4.20	0.020**
BI	1.97	0.149

**P<.05

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยี ด้านการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งาน (PU) ผลทางสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.16 จากสมมติฐานที่ 1 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นพบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า p>0.05 ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งานหลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นจึงทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า p>0.05 ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งานหลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า p>0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยี ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (PEOU) ผลสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.17 จากสมมติฐานที่ 1 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการรับรู้ความง่ายในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นพบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.05$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีด้านความง่ายในการใช้งานหลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นจึงทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความง่ายในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.001$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าการรับรู้ความง่ายในการใช้งานหลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 เมื่อทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการรับรู้ความง่ายในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบ เกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p>0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยการรับรู้ความง่ายในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบ เกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยี ด้านทัศนคติต่อการใช้งาน (AT) ผลสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.18 จากสมมติฐานที่ 1 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้านทัศนคติต่อการใช้งาน หลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นพบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.05$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีด้านทัศนคติต่อการใช้งานหลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นจึงทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทัศนคติต่อการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.05$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าทัศนคติต่อการใช้งานหลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจาก

แบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทัศนคติต่อการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและ เกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p>0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยทัศนคติต่อการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยี ด้านพฤติกรรมความต้องการใช้งาน (BI) ผลสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.19 จากสมมติฐานที่ 1 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยพฤติกรรมความต้องการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นพบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.05$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยการยอมรับเทคโนโลยีด้านพฤติกรรมความต้องการใช้งาน หลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นจึงทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยพฤติกรรมความต้องการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.05$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าพฤติกรรมความต้องการใช้งานหลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยพฤติกรรมความต้องการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบ เกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p>0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยพฤติกรรมความต้องการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.16 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างการรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงาน (PU) ของแต่ละปัจจัยด้วยวิธี LSD

ผลเปรียบเทียบระหว่าง	Mean diff.	Std. Error	Sig.
E-learning [baseline] และ Gamification	-0.17	0.12	0.155
E-learning [baseline] และ Gamify+Mental model	-0.15	0.12	0.210
Gamification และ Gamify+Mental model	0.02	0.12	0.865

**P<.05

ตารางที่ 4.17 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (PEOU) ของแต่ละปัจจัยด้วยวิธี Games-Howell

ผลเปรียบเทียบระหว่าง	Mean diff.	Std. Error	Sig.
E-learning [baseline] และ Gamification	-0.78	0.24	0.008**
E-learning [baseline] และ Gamify+Mental model	-0.92	0.20	<0.001***
Gamification และ Gamify+Mental model	-0.14	0.19	0.733

**P<.05, ***P<.001

ตารางที่ 4.18 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างทัศนคติต่อการใช้งาน (AT) ของแต่ละปัจจัยด้วยวิธี Games-Howell

ผลเปรียบเทียบระหว่าง	Mean diff.	Std. Error	Sig.
E-learning [baseline] และ Gamification	-0.58	0.22	0.035**
E-learning [baseline] และ Gamify+Mental model	-0.74	0.20	0.003**
Gamification และ Gamify+Mental model	-0.15	0.16	0.626

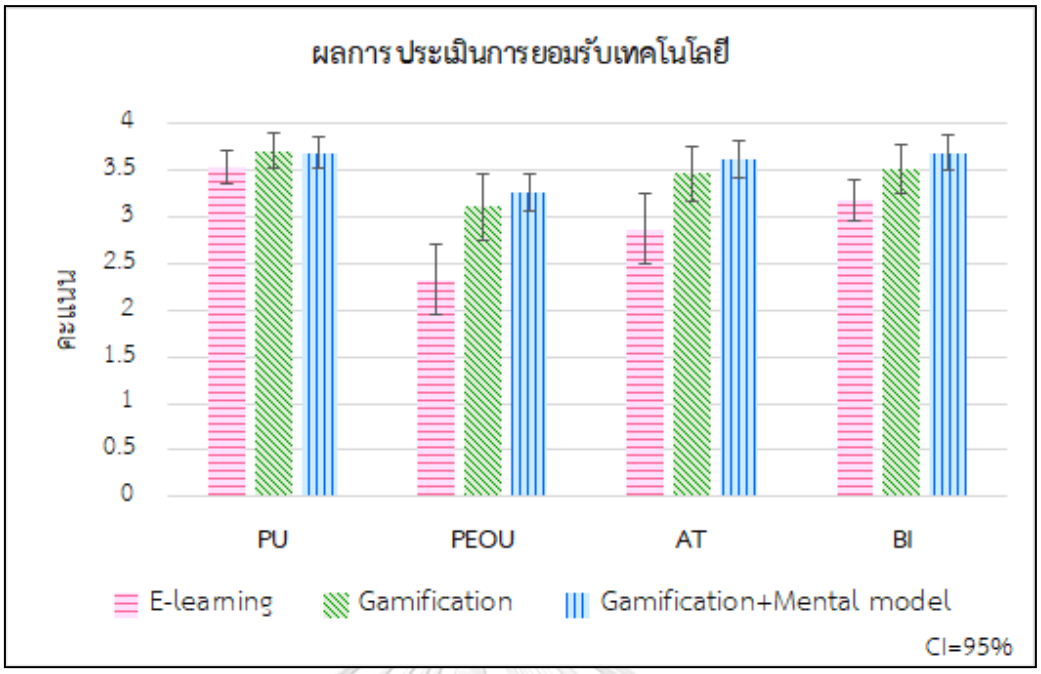
**P<.05, ***P<.001

ตารางที่ 4.19 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างพฤติกรรมความต้องการใช้งาน (BI) ของแต่ละปัจจัยด้วยวิธี LSD

ผลเปรียบเทียบระหว่าง	Mean diff.	Std. Error	Sig.
E-learning [baseline] และ Gamification	-0.34	0.15	0.029**
E-learning [baseline] และ Gamify+Mental model	-0.51	0.15	0.001**
Gamification และ Gamify+Mental model	-0.17	0.15	0.262

**P<.05, ***P<.001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.6 ผลประเมินการยอมรับเทคโนโลยีของแต่ละปัจจัย

4.6 ผลการประเมินความมีส่วนร่วม

ในงานวิจัยนี้ทำการประเมินการรับรู้ความมีส่วนร่วมของผู้เรียนที่มีต่อระบบการสอนแบบต่าง ๆ หลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนต่าง ๆ ได้แก่ ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน

การประเมินความมีส่วนร่วมที่มีต่อระบบการสอนแบบต่าง ๆ ทำโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทำการประเมินแบบประเมินความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมเสร็จทันที โดยแบบประเมินประกอบไปด้วยคำถาม 3 ข้อ ประเมินจากระดับความคิดของผู้เข้าร่วมการทดลองตามมาตรวัดวิเคิร์ท 5 ระดับ และทำการวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบค่าเฉลี่ย

4.6.1 ผลการประเมินความมีส่วนร่วม

ในการรายงานการประเมินความมีส่วนร่วมถูกแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อได้แก่ 4.4.1 ผลการประเมินความมีส่วนร่วมของปัจจัยต่าง ๆ 4.4.2 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมของปัจจัยต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.20 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมของผู้ที่เรียนที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (M = 3.42, SD = 0.56) จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน ตามด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของ

ผู้ใช้งาน (M = 3.24, SD = 0.51) และระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (M = 2.20, SD = 0.88)

ตารางที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมของแต่ละปัจจัย

	n	ความมีส่วนร่วม	
		M	SD
E-learning [baseline]	20	2.20	0.88
Gamification	19	3.42	0.56
Gamify+Mental model	19	3.24	0.51

4.6.2 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างความมีส่วนร่วมของแต่ละปัจจัย

ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมของแต่ละปัจจัย ทดสอบโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance/ANOVA) จึงทำการทดสอบข้อมูลเพื่อตรวจสอบเงื่อนไขในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น ได้แก่

- ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ด้วยค่าสถิติทดสอบของ Shapiro-Wilk ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

  H_0: ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

  H_1: ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อค่าสถิติทดสอบน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ในที่นี้กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 เนื่องจากกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ซึ่งผลการทดสอบการแจกแจงดังตารางที่ 4.21 พบว่าปัจจัยของระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน มีการกระจายตัวแบบปกติ แต่ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นไม่มีการกระจายตัวแบบปกติ อย่างไรก็ตามจาก Morgan et al. (2019) กล่าวว่าหากการแจกแจงของกลุ่มไม่เป็นปกติก็สามารถใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการทดสอบได้ โดยเมื่อทำการพิจารณาความเบ้ของข้อมูลดัง พบว่าอยู่ในช่วง -2 ถึง 2 ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถยอมรับการประมาณว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ค่าการแปรปรวนเป็นลำดับต่อไป เพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบข้อมูล

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลด้วยค่าสถิติ Shapiro-Wilk

	ค่าสถิติ Shapiro-Wilk			**ค่าสถิติ skewness**
	Statistic	df	Sig.	
E-learning [baseline]	0.94	20	0.266	-0.337
Gamification	0.86	19	0.013**	-1.150
Gami+Mental model	0.93	19	0.187	-0.397

**p<.05

- ทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน (Homogeneity of variance) ของข้อมูลด้วยวิธี Levene's test ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

  H_0: ค่าความแปรปรวนของความมีส่วนร่วมระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบไม่แตกต่างกัน

  H_1: ค่าความแปรปรวนของความมีส่วนร่วมระหว่างระบบการสอนแต่ละระบบแตกต่างกัน

โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อค่าสถิติทดสอบน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ผลการทดสอบจากตารางที่ 4.22 แสดงให้เห็นว่าค่าความแปรปรวนของความมีส่วนร่วมแต่ละระบบแตกต่างกัน ดังนั้นในการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของความมีส่วนร่วมจึงใช้วิธี Games-Howell โดยมีสมมติฐานดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- สมมติฐานที่ 1

  H_0 = ค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นไม่แตกต่างกัน ($\mu_E=\mu_G$)

  H_1 = ค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอน อิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นแตกต่างกัน ($\mu_E\neq\mu_G$)

- สมมติฐานที่ 2

  H_0 = ค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกัน ($\mu_E=\mu_{GM}$)

  H_1 = ค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ($\mu_E\neq\mu_{GM}$)

- สมมติฐานที่ 3

  H_0 = ค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานไม่แตกต่างกัน ($\mu_G=\mu_{GM}$)

  H_1 = ค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานแตกต่างกัน ($\mu_G\neq\mu_{GM}$)

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบ Levene's test

	Levene Statistics	Sig
Mean	4.37	0.017**

**P<.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

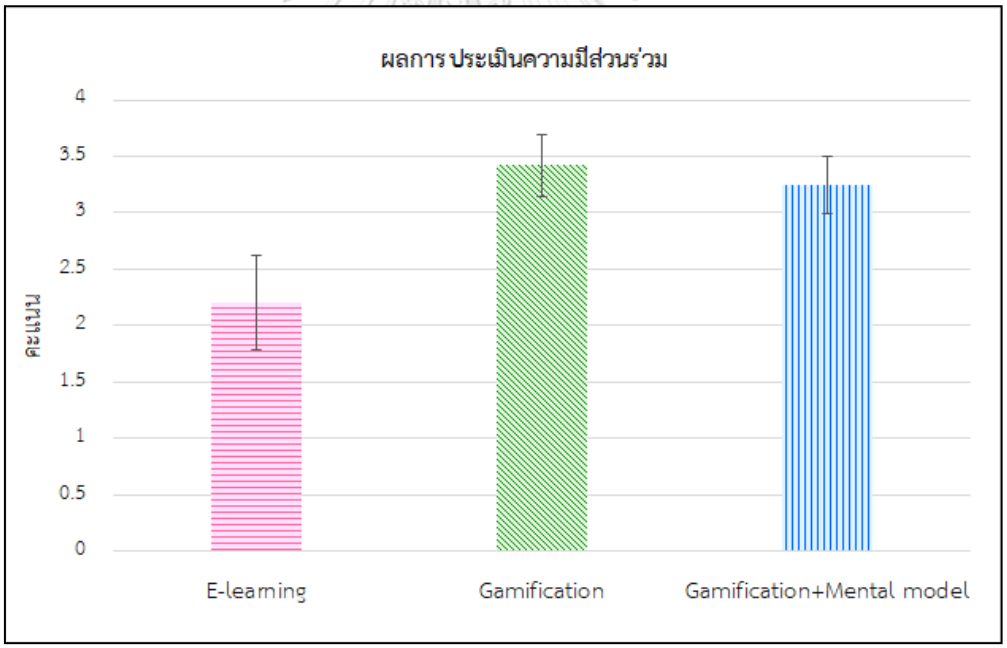
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วม ผลสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.23 จากสมมติฐานที่ 1 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นพบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.001$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยการรับรู้การมีส่วนร่วมหลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 จากนั้นจึงทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 2 การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความง่ายในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p<0.001$ ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าการรับรู้ความมีส่วนร่วมหลังผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์และเกมมิฟิ

เคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 เมื่อทำการพิจารณาสมมติฐานที่ 3 การเปรียบเทียบความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานพบว่าค่าสถิติที่ได้มีค่า $p>0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยการรับรู้ความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.23 ผลเปรียบเทียบความมีส่วนร่วมของแต่ละปัจจัย

ผลเปรียบเทียบระหว่าง	Mean diff.	Std. Error	Sig.
E-learning [baseline] และ Gamification	-1.22	0.23	<0.001***
E-learning [baseline] และ Gami+Mental model	-1.04	0.23	<0.001***
Gamification และ Gami+Mental model	0.175	0.176	0.584

**P<.05, ***P<.01



รูปที่ 4.7 ผลประเมินความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับฝึกอบรมแต่ละปัจจัย

บทที่ 5
อภิปรายผลการดำเนินการวิจัย

จากผลการประเมินความสามารถในการงานใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ยูนิเวอร์ซัล โรบอท หลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนที่แตกต่างกัน ได้แก่ ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ดังนั้นในการอภิปรายผลการดำเนินการวิจัยจะประกอบไปด้วยการอภิปรายผลอัตราความสำเร็จ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานทดสอบ ผลการวิเคราะห์ความผิดพลาด ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบ ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีและผลการประเมินการมีส่วนร่วม

5.1 ผลอัตราความสำเร็จ

จากการประเมินอัตราความสำเร็จของผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนที่แตกต่างกันจากระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 คน ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น จำนวน 19 คน และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน 19 คน พบว่าผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์นั้น มีอัตราความสำเร็จที่ต่ำที่สุดคือ 15% ตามด้วยผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นมีอัตราความสำเร็จ 53% และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน มีอัตราความสำเร็จมากที่สุดคือ 74% โดยผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานนั้น มีอัตราความสำเร็จเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์แสดงให้เห็นว่าการนำเกมมิฟิเคชั่นหรือการนำองค์ประกอบของเกมมาใช้ในบริบทที่ไม่ใช่เกมมาเป็นเครื่องมือในการออกแบบระบบการสอนสามารถช่วยเพิ่มอัตราความสำเร็จได้และถึงแม้ว่าจะมีทฤษฎีกล่าวถึงการนำเอาองค์ประกอบของเกมมาประยุกต์ใช้กับเกมมิฟิเคชั่นที่หลากหลาย อย่างไรก็ตามจากผลการดำเนินการ พบว่าองค์ประกอบของเกมที่งานวิจัยนี้เลือกมาเพียงบางส่วน ได้แก่ สตอรี่บอร์ด เป้าหมาย ระดับ ผลป้อนกลับและคำแนะนำ รางวัล และกระดานผู้นำ ก็เพียงพอสำหรับการเพิ่มอัตราความสำเร็จได้

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่นในแง่การเพิ่มอัตราความสำเร็จของผู้เรียน องค์ประกอบหลักที่งานวิจัยนี้ต้องการนำมาใช้ในการปรับปรุงอัตราความสำเร็จของผู้เรียนเมื่อเทียบกับระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีในปัจจุบันได้แก่ เป้าหมาย ระดับ ผลป้อนกลับและคำแนะนำ กล่าวคือต้องการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยการกระทำของตัวเอง โดยทำการแบ่งระดับและกำหนดเป้าหมายย่อย จากนั้นแสดงผลของการกระทำของผู้เรียนออกมาในรูปแบบของผลป้อนกลับ

และคำแนะนำ โดยประโยชน์ขององค์ประกอบที่กล่าวมาข้างต้นเมื่ออธิบายด้วยทฤษฎีความจำ (Multi-Store Model) ของ Atkinson and Shiffrin (1968) อธิบายได้ว่าการนำเอาเกมมิฟิเคชั่นมาใช้ในระบบการสอนสามารถช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียนเป็นการช่วยส่งต่อข้อมูลจาก ความจำจากความรู้สึกสัมผัสสู่ความจำระยะสั้นและเมื่อผู้เรียนเอาใจใส่ ฝึกคิด และมีการทำซ้ำผ่านการกระทำของตัวเองส่งผลให้ข้อมูลที่วิ่งเข้าสู่ความจำระยะยาวซึ่งเมื่อพิจารณาเทียบกับระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งไม่ได้มีการให้ผู้เรียนฝึกคิดและทำซ้ำด้วยตัวเอง ข้อมูลจะไม่ได้ผ่านกระบวนการคิดไปถึงความจำระยะยาว ส่งผลให้ผู้เรียนลืมเนื้อหาที่เรียน ผลทีได้สะท้อนอ ออกมาในรูปของอัตราความล้มเหลวที่สูงถึง 85% โดยผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมจากระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ขอออกจากการทดลองถึง 10% นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาในแง่ของความสามารถในการรับข้อมูลของความทรงจำระยะสั้นการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มช่วยให้ผู้เรียนสามารถเก็บรักษาหรือจำข้อมูลในปริมาณที่มากขึ้นได้ โดยองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่นที่ช่วยในการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มคือแบ่งระดับและกำหนดเป้าหมายย่อยอย่างชัดเจนผลที่ได้คือกลุ่มผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นมีอัตราความสำเร็จสูงขึ้นจากระบบการสอนอิเล็กทรอนิกส์อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าอัตราความสำเร็จของผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมจากระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานมีแนวโน้มอัตราความสำเร็จสูงขึ้นจาก 53% เป็น 74% เนื่องจากข้อมูลที่ผู้เรียนได้รับถูกจัดการอย่างเป็นระบบ (Organization) ให้สอดคล้องกับแบบจำลองความคิดกล่าวคือผู้เรียนได้รับข้อมูลที่ผ่านการจัดระเบียบให้สอดคล้องกับโครงสร้างการจัดเรียงข้อมูลในสมองจึงง่ายต่อการจดจำ ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อพิจารณาการประยุกต์เกมมิฟิเคชั่นในแง่การแบ่งข้อมูลเป็นกลุ่มรวมกับการจัดระเบียบข้อมูลตามหลักการของแบบจำลองความคิด สิ่งที่ได้จะเป็นกระบวนการของการจัดระเบียบหน่วยข้อมูลที่เป็นกลุ่มอย่างเป็นระบบ เป็นลำดับชั้นและมีการเชื่อมโยงกันระหว่างเนื้อหาของบทเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถบันทึกข้อมูลในความทรงจำระยะสั้นได้ปริมาณมากขึ้น เกิดการคิดอย่างต่อเนื่อง เข้าใจความสัมพันธ์ของเนื้อหาอย่างเป็นระบบ ทำให้สามารถส่งต่อข้อมูลจากความทรงจำระยะสั้นไปสู่ความทรงจำระยะยาวได้ดีขึ้นกว่าเดิมและสามารถเรียกคืนได้ง่ายในภายหลัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานทดสอบ

เมื่อพิจารณาผลระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดสอบให้สำเร็จอย่างสมบูรณ์พบว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้มีระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทำงานทดสอบต่ำที่สุดคือ 538.21 วินาที

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระยะเวลาพบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบของระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ไม่แตกต่างจากระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากจำนวนผู้ที่สามารถทำงานทดสอบได้สำเร็จอย่างสมบูรณ์จากระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ มีจำนวน 3 คน ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยมากและค่าความมีค่าความแปรปรวนสูง ดังนั้นช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ของค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการทำแบบทดสอบจึงมีค่ากว้างมาก

โดยเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการทำงานทดสอบ พบว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้มีระยะเวลาในการทำงานทดสอบเฉลี่ยต่ำกว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นอย่างมีนัยสำคัญ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า หากมีการจัดระเบียบข้อมูลอย่างเป็นระบบตามแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในความทรงจำระยะยาวจะสามารถเรียกคืนกลับมาหรือระลึกได้ง่ายในภายหลัง นอกจากการนั้นหากข้อมูลที่ผู้เรียนได้รับถูกจัดระเบียบจะทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเชื่อมโยงเนื้อหาด้วยตนเองนำไปสู่การใช้ทางลัดหรือวิธีที่เร็วที่สุดในการสร้างโครงสร้างโปรแกรม ดังนั้นผู้เข้าร่วมการทดสอบจึงใช้เวลาในการทำแบบงานทดสอบต่ำที่สุด

5.3 ผลการวิเคราะห์ความผิดพลาด

จากการวิเคราะห์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นขณะผู้เข้าร่วมการทดลองทำงานทดสอบ โดยในงานวิจัยนี้ทำการนับทั้งความผิดพลาดที่ผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถแก้ไขได้และไม่ได้ พบว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานมีจำนวนความผิดพลาดโดยรวมต่ำที่สุด โดยมีความผิดพลาดเกิดขึ้น 99 ครั้งจากผู้เข้าร่วมการทดลอง 19 คน และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นมีจำนวนความผิดพลาดรองลงมา คือเกิดความผิดพลาด 117 ครั้งจากผู้เข้าร่วมการทดลอง 20 คน โดยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์เกิดความผิดพลาดสูงสุดคือเกิดขึ้น 176 ครั้ง

โดยเมื่อพิจารณาสาเหตุความผิดพลาดประเภทที่ 1 ซึ่งเป็นสาเหตุของความผิดพลาดที่สูงที่สุดคือความผิดพลาดที่เกิดจากการเพิ่มคำสั่งที่ไม่เกี่ยวข้องลงในโครงสร้างโปรแกรม จะเห็นว่าผู้เข้าร่วมการทดลองของระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานมีความกล้าลองผิดของถูกขณะทำการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้เนื่องจากเคยทำการทดลองใช้ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ด้วยตนเองขณะเข้ารับการฝึกอบรมและถึงแม้ว่าจะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 มาก แต่ผู้เข้าร่วมการ

ทดลองก็สามารถแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นและสามารถทำงานทดสอบให้สำเร็จ ผลที่ได้สะท้อนออกมาในรูปแบบของจำนวนการเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 มากแต่อัตราความสำเร็จก็มากขึ้นตาม

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาความผิดพลาดโดยรวมที่เกิดขึ้นและความผิดพลาดประเภทอื่น ๆ จะเห็นว่าจำนวนความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากผู้เข้ารับการการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานและผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ โดยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นสามารถช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถจดจำเนื้อหาของบทเรียนได้ แต่เมื่อเทียบกับผู้ที่ได้รับการฝึกอบรมผ่านระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นผ่านแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นกลุ่มที่รับข้อมูลที่ผ่านการจัดระเบียบแล้ว จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการจัดระเบียบข้อมูลอย่างเป็นโครงสร้าง การจัดเก็บข้อมูลของผู้เข้าร่วมการทดลองจะมีความชัดเจนและมีความเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงกว่า สังเกตได้จากในระหว่างการสร้างโปรแกรมผู้เข้าร่วมการทดลองมีลำดับการกระทำที่ขั้นตอนมากขึ้น ส่งผลให้ในระหว่างทำงานทดสอบมีจำนวนความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีจำนวนน้อยกว่าผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น

5.4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งาน

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้หลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบต่าง ๆ พบว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นมีค่าความสามารถในการใช้งานสูงสุด คือมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานเท่ากับ 70.39 คะแนน (ระดับ C) ลำดับรองลงมาคือระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.55 คะแนน (ระดับ C) และระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.00 (ระดับ D) โดยค่าเฉลี่ยของระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานมีค่าความสามารถในการใช้งานเฉลี่ยสูงกว่าระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้งานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการปรับปรุงความสามารถในการใช้งานระบบหรือส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ 1. การปรับปรุงระบบหรือส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ให้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์เดิมของผู้ใช้ที่มี 2. การปรับปรุงด้านมนุษย์คือการให้ความรู้หรือการฝึกอบรมกับผู้ใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ระบบได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกวิธีการปรับปรุงด้านมนุษย์ในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบการฝึกอบรมที่ออกแบบขึ้นสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้งานได้ กล่าวคือหลังจากผู้เรียนได้รับการฝึกอบรมผู้เรียนรู้สึกได้ว่าส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้นั้นใช้งานง่ายขึ้น แต่ในขณะเดียวกันจากความสามารถในการใช้งานส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้หลังผู้เรียนเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและยังไม่ผ่านมาตรฐานการยอมรับ อาจมีสาเหตุมาจากคำถามในแบบประเมินความสามารถในการใช้งานเป็นคำถามที่ประเมินความยาก/ง่ายของส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงเฉพาะด้านมนุษย์แต่ให้ผู้เรียนใช้ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้เดิมในปัจจุบันที่ยังไม่ได้รับการปรับปรุง ซึ่งยังคงความยากหรือความซับซ้อนของส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ไว้ ดังนั้นส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ยังคงเป็นอุปสรรคสำหรับการใช้งาน ทำให้ผู้ใช้งานยังรับรู้ได้ถึงความยาก ดังนั้นผลประเมินความสามารถในการใช้งานจึงยังไม่อยู่ในมาตรฐานที่ยอมรับได้ สรุปได้ว่าส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ควรได้รับการปรับปรุงให้สอดคล้องและเหมาะสมกับกับผู้ใช้งานเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้งาน

5.5 ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยี

ในการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีสามารถประเมินได้จาก 4 ปัจจัย ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงาน การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ทัศนคติต่อการใช้งาน และพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบ

เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการรับรู้ประโยชน์ต่อการใช้งาน เมื่อประเมินคะแนนเฉลี่ยที่ได้พบว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นสามารถรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงานของยูนิเวอร์ซัลโรบอทได้สูงที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 (จากคะแนนเต็ม 4) รองลงมาคือระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 และระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.53 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยพบว่าค่าเฉลี่ยการรับรู้ประโยชน์ต่อการทำงานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนที่แตกต่างกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าไม่ว่าผู้เข้าร่วมการทดลองจะสามารถทำงานทดสอบได้สำเร็จหรือไม่สำเร็จ ผู้เข้าร่วมการทดลองยังคงรับรู้ได้ถึงประโยชน์ของยูนิเวอร์ซัล โรบอท ซึ่งแนวโน้มของการรับรู้ประโยชน์ที่ผู้ใช้มีต่อยูนิเวอร์ซัล โรบอท มีค่าอยู่ในระดับสูง

เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน พบว่าผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดผู้ใช้งาน สามารถรับรู้ความง่ายในใช้งานสูงที่สุดโดยมีคะแนนเฉลี่ย 3.25 คะแนน (เต็ม 4 คะแนน) รองลงมาคือระบบการสอนแบบเกมมิฟิ

เคชั่นมีคะแนนเฉลี่ย 3.10 คะแนนและระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์มีค่าการรับรู้ความง่ายในการใช้งานต่ำที่สุดคือมีคะแนนเฉลี่ย 2.32 คะแนน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย พบว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์แสดงให้เห็นว่าระบบการสอนที่ทำการออกแบบขึ้นสามารถเพิ่มการรับรู้ความง่ายในการใช้งานยูนิเวอร์ซัลโรบอทได้ แม้ว่าค่าเฉลี่ยการรับรู้ความง่ายในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดผู้ใช้งานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่ก็มีแนวโน้มที่ดีขึ้นตามลำดับ โดยการรับรู้ความง่ายในการใช้งานเป็นปัจจัยร่วมระหว่างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้และระบบการฝึกอบรม ซึ่งจากงานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงระบบการสอนแบบเดิมที่มีในปัจจุบันแต่ไม่ได้ทำการปรับปรุงส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ ผลการรับรู้ความง่ายที่ได้จึงไม่ได้อยู่ในระดับสูงเนื่องจากผู้ใช้ยังรับรู้ได้ถึงความยากและความซับซ้อนของส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้

เมื่อพิจารณาทัศนคติต่อการใช้งานและพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบหลังเข้าการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน พบว่าคะแนนทัศนคติต่อการใช้งานและพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้านทัศนคติต่อการใช้งานและพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบพบว่าหลังเข้ารับการฝึกอบรมทั้งระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ยด้านทัศนคติต่อการใช้งานและพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ แสดงให้เห็นว่าทั้งระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานสามารถปรับปรุงทัศนคติต่อการใช้งานและพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบให้เป็นไปในทางที่ดีขึ้น โดยค่าทัศนคติต่อการใช้งานและพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้มีค่าต่ำมากแม้ว่าค่าการรับรู้ความง่ายในการใช้งานจะอยู่ในระดับต่ำเนื่องจากผู้ใช้ยังรับรู้ประโยชน์ต่อการใช้งาน อย่างไรก็ตามส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ควรได้รับการปรับปรุง โดยผลที่ได้นอกจากจะเป็นการปรับปรุงการรับรู้ความง่ายในการใช้งานแล้ว ยังเป็นการเพิ่มทัศนคติต่อการใช้งานและพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบอีกด้วย

นอกจากนั้นในการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ หรือโคบอทเข้าไปใช้ในอุตสาหกรรมควรพิจารณาทัศนคติของผู้ปฏิบัติงานที่มีต่อโคบอท เนื่องจากทัศนคติเชิงลบของผู้ปฏิบัติงานที่มีต่อโคบอทนั้นเพิ่มความยากลำบากในการนำโคบอทเข้ามาใช้ร่วมในอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงควรปรับปรุงส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้

และเลือกระบบการสอนที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้ใช้รับรู้ได้ถึงความง่ายของระบบได้มากที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้ทัศนคติต่อการใช้งานและพฤติกรรมความตั้งใจใช้ระบบมีค่ามากขึ้นตาม ปัจจัยเหล่านี้เป็นตัวช่วยเพิ่มความสำเร็จในการนำระบบใหม่ ๆ มาใช้อุตสาหกรรม

5.6 ผลการประเมินความมีส่วนร่วม

ในบริบทของการศึกษาความมีส่วนร่วมต่อบทเรียนคือ ระดับความสนใจหรือความรู้สึกจูงใจของผู้เรียนเมื่อผู้เรียนได้รับการเรียนรู้ ซึ่งในงานวิจัยนี้นำเอาเกมมิฟิเคชั่นมาเป็นเครื่องมือในการดึงดูดและเพิ่มประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้เรียนในระหว่างเข้ารับการฝึกอบรม โดยแบบประเมินการมีส่วนร่วมของการนำเกมมิฟิเคชั่นมาใช้ในระบบต่าง ๆ อ้างอิงมาจาก Cechetti et al. (2019) ที่มีคำถามทั้งหมด 24 ข้อ อย่างไรก็ตามในงานวิจัยต้องการประเมินความมีส่วนร่วมเฉพาะบริบทของการนำเกมมิฟิเคชั่นมาใช้ในการการศึกษา ดังนั้นคำถามของการประเมินความมีส่วนร่วมจึงเลือกเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับบริบทที่กำหนด จึงประกอบไปด้วยคำถามจำนวน 3 ข้อ

จากการประเมินผลการมีส่วนร่วมพบว่า ผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นมีค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมสูงที่สุดคือ 3.42 คะแนน (เต็ม 4 คะแนน) ตามด้วยผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.24 คะแนน ค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์มีค่าต่ำที่สุดคือ 2.20 คะแนน

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการมีส่วนร่วมพบว่าหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานพบว่าค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์อย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่าเฉลี่ยความมีส่วนร่วมอยู่ในระดับสูง

ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้คือต้องการนำเกมมิฟิเคชั่นมาใช้ในการออกแบบระบบการสอนซึ่ง เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของเกมมิฟิเคชันที่งานวิจัยนี้เลือกใช้ในแง่ของการต้องการเพิ่มความมีส่วนร่วมในการเรียนได้แก่ สตอรี่บอร์ด เป้าหมาย รางวัล และกระดานผู้นำ พบว่าองค์ประกอบเหล่านี้เพียงพอสำหรับการเพิ่มการรับรู้ความมีส่วนร่วมของผู้เรียน ในระบบการสอนมีสตอรี่บอร์ดเพื่อช่วยผู้เรียนลำดับเรื่องราวและเข้าถึงบริบทของการเรียนรู้ มีกำหนดรางวัลเพื่อเป็นแรงจูงใจให้ผู้เรียนอยากบรรลุเป้าหมายนั้น ๆ นอกจากนั้นยังมีการแสดงผลที่ได้จากการดำเนินการในรูปแบบของรางวัลที่ได้รับและกระดานผู้นำเพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้สึกถึงการแข่งขัน เพิ่มความสนุกและการมีส่วนร่วม

5.7 การนำแนวการออกแบบระบบการสอนไปประยุกต์ใช้

ในการนำเกมมิฟิเคชั่นไปประยุกต์ใช้กับระบบการเรียนการสอนโดยทั่วไป ประการแรกที่ต้องทำการพิจารณาคือกลุ่มเป้าหมายและบริบท โดยการวิเคราะห์กลุ่มอายุ ความสามารถในการเรียนรู้และทักษะที่มีในปัจจุบันเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการออกแบบระบบการสอนให้มีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายยังนำไปสู่ประการที่สองที่ต้องทำการพิจารณา คือการระบุทรัพยากรและการเลือกองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่นเข้ามาใช้ประกอบการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดความท้าทาย แรงจูงใจทางการเรียนรู้ สร้างความรู้สึกการมีส่วนร่วมสู่ความสำเร็จ และความสนุกสนาน โดยต้องทำการออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน ดังนั้นข้อควรระวังในการนำเกมมิฟิเคชั่นไปประยุกต์ใช้กับระบบการเรียนการสอนคือการการไม่ได้คำนึงถึงกลุ่มผู้เรียนที่ไม่ได้สนใจชื่นชอบการเล่นเกมหรือองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่นที่เลือกใช้ไม่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ โดยการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายอย่างละเอียดเป็นการลดความเสี่ยงของความล้มเหลวในการนำเกมมิฟิเคชั่นเข้ามาใช้ในการเรียนการสอน นอกจากนั้นข้อจำกัดบางประการของเกมมิฟิเคชั่นคือระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นใช้ทรัพยากรด้านเวลาสูงกว่าระบบการเรียนการสอนแบบปกติ ดังนั้นสำหรับการเรียนการสอนที่มีข้อจำกัดด้านเวลาระบบการเรียนแบบเกมมิฟิเคชั่นอาจไม่ระบบที่มีความเหมาะสมมากนัก

การนำแบบจำลองความคิดไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบโครงสร้างการเรียนการสอน โดยทั่วไปแล้วควรสอนให้ผู้เรียนเห็นและเข้าใจภาพรวมก่อนลงลึกรายละเอียดส่วนย่อย จนไปสู่การยกตัวอย่างเพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังควรจัดเรียงเนื้อหาที่เป็นกลุ่มเดียวกันไว้ด้วยกันและควรสอนเนื้อหาที่มีความเชื่อมโยงกันอย่างต่อเนื่อง จะสามารถช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาและเชื่อมโยงไปยังส่วนต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น โดยในการพิจารณาโครงสร้างการเรียนการสอนแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่

กรณีต้องการปรับปรุงโครงสร้างการสอน ผู้สอนต้องทำความเข้าใจที่ผู้เรียนมีอยู่ก่อนโดยใช้การประเมินผลด้วยวิธีการประเมินความก้าวหน้า เพื่อเป็นแนวทางในการปรับโครงสร้างและระดับความละเอียดในการสอน โดยผู้สอนต้องรู้ว่าโครงสร้างการเรียนการสอนเดิมที่มีนั้น สร้างปัญหาให้กับผู้เรียนในการเรียนรู้เนื้อหาอย่างไร หรือความเข้าใจเดิมของผู้เรียนที่มีอาจเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโครงสร้างการเรียนที่ผู้สอนต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ และผู้สอนต้องมีความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับเนื้อหาที่ต้องการนำมาจัดโครงสร้างการเรียนการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เรียนการสอน เพื่อให้สามารถปรับปรุงโครงสร้างการสอนเดิมที่มีให้เข้ากับแบบจำลองความคิดได้อย่างยืดหยุ่นและเหมาะสมมากขึ้น

กรณีต้องการออกแบบโครงสร้างการสอนขึ้นมาใหม่ โดยยึดตามหลักการของแบบจำลองความคิด ควรเริ่มจากการวิเคราะห์ภาพรวมของเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของการเรียนเพื่อจัดเรียงเนื้อหาที่กว้างและครอบคลุมที่สุดจากนั้นค่อยลงลึกรายละเอียดต่าง ๆ ซึ่งภาพรวมและรายละเอียดอาจแตกต่างไปตามมุมมองในมิติอื่น ๆ ดังนั้นในการมองภาพรวมและการลงลึกสู่รายละเอียดจึงควรยึดจากจุดประสงค์ของการเรียนรู้ โดยระหว่างนำโครงสร้างการเรียนที่ออกแบบขึ้นไปทำการสอนผู้เรียนควรมีการประเมินผลระหว่างการเรียนด้วยวิธีการประเมินความก้าวหน้า เพื่อนำเป็นแนวทางในการปรับปรุงโครงสร้างการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามในการออกแบบโครงสร้างการเรียนการสอนตามแบบจำลองความคิดนั้นต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์และและปรับปรุงโครงสร้าง ซึ่งหากเป็นสอนเนื้อหาการเรียนในระดับพื้นฐานหรือการเรียนที่ไม่ต้องอาศัยความคิดเชื่อมโยงในระดับสูง การจัดเรียงโครงสร้างตามแบบจำลองความคิดอาจไม่มีความจำเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน กรณีศึกษายูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล ซีบี โดยงานวิจัยนี้เริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหาที่มีในปัจจุบัน นำไปสู่แนวคิดในการเลือกใช้เกมมิฟิเคชั่นในการออกแบบระบบการสอนโดยเลือกเอาองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชั่นมาเป็นส่วนประกอบของบทเรียนได้แก่ สตอรี่บอร์ด เป้าหมาย ระดับ ผลป้อนกลับและคำแนะนำ รางวัล และกระดานผู้นำ จากนั้นจึงนำไปสู่แนวคิดเพิ่มเติมในงานวิจัยว่าการจัดระเบียบโครงสร้างบทเรียนตามแบบจำลองความคิดอาจสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นได้ โดยในงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์โครงสร้างบทเรียนที่มีในปัจจุบันและทำการปรับให้เข้ากับหลักการโครงสร้างแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาเรียบเทียบระบบการสอนที่แตกต่างกัน 3 ระบบ ได้แก่ ระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (ระบบที่มีในปัจจุบัน) ระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น และระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้ ผลที่ได้พบว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นสามารถ เพิ่มอัตราความสำเร็จความสามารถในการใช้งาน การยอมรับเทคโนโลยี และความมีส่วนร่วมขณะเรียนอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์โดยเพิ่มอัตราความสำเร็จจาก 15% เป็น 53% นอกจากนั้นยังสามารถลดการเกิดข้อผิดพลาดขณะสร้างโครงสร้างโปรแกรมได้อีกด้วย จากนั้นเมื่อพิจารณาการนำแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งานมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นพบว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดสามารถลดระยะเวลาในการทำงานทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นได้อย่างมีนัยสำคัญโดยลดเวลาเฉลี่ยในการทำงานจาก 750.20 วินาที เป็น 538.21 วินาที นอกจากนั้นระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดยังสามารถเพิ่มแนวโน้มอัตราความสำเร็จ โดยมีอัตราความสำเร็จอยู่ที่ 74% และเพิ่มแนวโน้มการยอมรับเทคโนโลยี นอกจากนั้นยังสามารถลดการเกิดข้อผิดพลาดขณะสร้างโครงสร้างโปรแกรมเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นได้

กล่าวได้โดยสรุปว่าระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นสามารถช่วยปรับปรุงความสามารถในการใช้งานเมื่อเทียบกับระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้ ยิ่งไปกว่านั้นการนำเอาแบบจำลองความคิดมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบการสอนสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบการสอนได้ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการฝึกอบรมที่มีพื้นฐานเป็นระบบการสอน

แบบเกมมิฟิเคชั่นและการนำเอาแบบจำลองความคิดมาประยุกต์ใช้กับเกมมิฟิเคชั่นจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการวัดผลการเรียนได้ แต่ก็แลกมาด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกอบรม ความพยายามที่ใช้ในการเรียนเพิ่มมากขึ้น และต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้นในการออกแบบระบบการสอน ดังนั้นจึงควรพิจารณาตามสถานการณ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้

6.1 ข้อจำกัดงานวิจัย

1. จากการออกแบบระบบการสอนด้วยการสร้างแบบจำลอง สื่อที่ใช้ในการทดสอบมีกราฟฟิกไม่สมจริงเท่าการสร้างจากโปรแกรมเฉพาะทาง ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนรับรู้เกี่ยวกับคุณภาพของสื่อที่ใช้ในการทดสอบไม่ดีเท่าที่ควร สิ่งเหล่านี้อาจส่งผลกับผลการทดลองที่ได้

2. ในงานวิจัยนี้ไม่ได้มีการกำหนดปัจจัยควบคุมของผู้เข้าร่วมการทดลองโดยการวัดระดับความฉลาดทางด้านสติปัญญา ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลกับผลการทดลองได้

3. เนื่องจากการประเมินความมีส่วนร่วมของผู้เรียนที่มีต่อระบบการสอนแบบต่าง ๆนั้นประเมินโดยใช้แบบสอบถาม อย่างไรก็ตามควรทำการประเมินโดยระยะเวลาที่ผู้เรียนใช้ในการเรียนรู้หรือพฤติกรรมที่ผู้เรียนมีต่อระบบอาจเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบได้

4. ในการทดสอบใช้ส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ที่ยังไม่มีการปรับปรุง โดยความยากและความซับซ้อนของส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ยังคงอยู่ซึ่งมีกระทบต่อผลการทดลอง

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1. งานที่ใช้ในการทดสอบควรมีความซับซ้อนมากขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับการนำโคบอทมาใช้ร่วมกับมนุษย์และเพื่อเป็นการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับการออกแบบระบบการสอนจากแบบจำลองความคิด เนื่องจากมีงานวิจัยรายงานว่าการนำแบบจำลองความคิดมาประยุกต์ใช้ในการเรียนสามารถช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านความสามารถในการจำ (Memorability) ในการเปรียบเทียบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นและระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้

3. สื่อที่ใช้ในการทดลองสามารถปรับคุณภาพได้ เพื่อลดปัจจัยด้านตัวแทรกซ้อนที่เข้ามามีผลกระทบต่อผลการวิจัย

4. การปรับปรุงความสามารถในการใช้งานยูนิเวอร์ซัล โคบอท โดยศึกษาการออกแบบส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้ให้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้ยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Aaltonen, I., & Salmi, T. (2019). Experiences and expectations of collaborative robots in industry and academia: barriers and development needs. *Procedia Manufacturing*, 38, 1151-1158. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.204

Allen, R. B. (1997). Chapter 3 - Mental Models and User Models. In M. G. Helander, T. K. Landauer, & P. V. Prabhu (Eds.), *Handbook of Human-Computer Interaction (Second Edition)* (pp. 49-63). North-Holland. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-044481862-1.50069-8

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.

Andrade, P., & Law, L.-C. (2018). *User-based Evaluation of Gamification Elements in an Educational Application*. https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2018.27

Ash Sharma. (2019). *Cobot Market Outlook Still Strong, Says Interact Analysis*. roboticsbusinessreview. Retrieved 18 July from https://www.roboticsbusinessreview.com/manufacturing/cobot-market-outlook-strong/

Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes, *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 2, pp. 89-195). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3

Bauer, W., Bender, M., Braun, M., Rally, P., & Scholtz, O. (2016). Lightweight robots in manual assembly–best to start simply. *Frauenhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart*.

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). Handbook I: cognitive domain. *New York: David McKay*.

Blumenfeld, P. C., Kempler, T. M., & Krajcik, J. S. (2005). Motivation and Cognitive Engagement in Learning Environments. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 475-488). Cambridge University Press. https://doi.org/DOI: 10.1017/CBO9780511816833.029

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Brooke, J. (1996). SUS -- a quick and dirty usability scale. In (pp. 189-194).

Carroll, J. M., & Olson, J. R. (1988). Chapter 2 - Mental Models in Human-Computer Interaction. In M. Helander (Ed.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (pp. 45-65). North-Holland. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-70536-5.50007-5

Cechetti, N. P., Bellei, E. A., Biduski, D., Rodriguez, J. P. M., Roman, M. K., & De Marchi, A. C. B. (2019). Developing and implementing a gamification method to improve user engagement: A case study with an m-Health application for hypertension monitoring. *Telematics and Informatics*, 41, 126-138. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.04.007

Clarke, J. H. (1991). Using Visual Organizers to Focus on Thinking. *The Journal of Reading*, 34.

Colgate, J. E., & Peshkin, M. A. (1997). *COBOTS* (United States Patent No. 5952796).

Coulson, T., Shayo, C., Olfman, L., & Rohm, T. (2003). *ERP Training Strategies: Conceptual Training and the Formation of Accurate Mental Models*. https://doi.org/10.1145/761849.761864

Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. https://doi.org/10.2307/249008

Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, 35(8), 982-1003. http://www.jstor.org/stable/2632151

Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688-695. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.104

Deterding, S., Khaled, R., Nacke, L., & Dixon, D. (2011). *Gamification: Toward a definition*.

Ekpete, O. (2012). improving students' performance and attitudes towards chemistry through problem based solving techniques. *international journal of academic research in progressive education and development*.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

El Zaatari, S., Marei, M., Li, W., & Usman, Z. (2019). Cobot programming for collaborative industrial tasks: An overview. *Robotics and Autonomous Systems*, 116, 162-180. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.robot.2019.03.003

Gimenez-Fernandez, E., Abril, C., Breuer, H., & Gudiksen, S. (2021). Gamification approaches for open innovation implementation: A conceptual framework. *Creativity and Innovation Management*, 30(3), 455-474. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/caim.12452

Gomes, A., & Mendes, A. (2007). *Learning to program - difficulties and solutions*.

Hasan, B., & Ahmed, M. U. (2007). Effects of interface style on user perceptions and behavioral intention to use computer systems. *Computers in Human Behavior*, 23(6), 3025-3037. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2006.08.016

Hsu, J., & Turoff, M. (2002). TARGETING COMPUTER TRAINING: IMPROVING LEARNING BY MORE EFFECTIVELY ADAPTING TRAINING TO MEET USER NEEDS.

Huang, J., & Cakmak, M. (2017, 6-9 March 2017). Code3: A System for End-to-End Programming of Mobile Manipulator Robots for Novices and Experts. 2017 12th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI,

Huang, W. H.-Y., & Soman, D. (2013). Gamification of education. *Report Series: Behavioural Economics in Action*, 29.

IFR. (2020). *Demystifying Collaborative Industrial Robots*. IFR.

Ionescu, T. B., & Schlund, S. (2019). A Participatory Programming Model for Democratizing Cobot Technology in Public and Industrial Fablabs. *Procedia CIRP*, 81, 93-98. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.017

Kapp, K. M. (2012). The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education.

Kieras, D. E., & Bovair, S. (1984). The Role of a Mental Model in Learning to Operate a Device*. *Cognitive Science*, 8(3), 255-273. https://doi.org/https://doi.org/10.1207/s15516709cog0803_3

Kildal, J., Tellaeche, A., Fernández, I., & Maurtua, I. (2018). Potential users' key concerns and expectations for the adoption of cobots. *Procedia CIRP*, 72, 21-26. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.104

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212-218. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2

Lekshmi, D. (2020). Schema Mental Models And Learning an Overview. *journal of critical reviews*, 7(15), 2800-2807.

Lin, C.-C. (2013). Exploring the relationship between technology acceptance model and usability test. *Information Technology and Management*, 14(3), 243-255. https://doi.org/10.1007/s10799-013-0162-0

Markopoulos, A., Fragkou, A., Kasidiaris, P., & Davim, J. (2015). Gamification in engineering education and professional training. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 43, 118-131. https://doi.org/10.1177/0306419015591324

Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647

Morgan, G. A., Barrett, K. C., Leech, N. L., & Gloeckner, G. W. (2019). *IBM SPSS for Introductory Statistics: Use and Interpretation: Use and Interpretation*. Routledge.

Müller, R., Vette, M., & Mailahn, O. (2016). Process-oriented Task Assignment for Assembly Processes with Human-robot Interaction. *Procedia CIRP*, 44, 210-215. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.02.080

Nah, F. F.-H., Zeng, Q., Telaprolu, V. R., Ayyappa, A. P., & Eschenbrenner, B. (2014, 2014//). Gamification of Education: A Review of Literature. HCI in Business, Cham.

Norman, D. A., & Draper, S. W. (1986). *User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction*.

O-thatawong, P. (2019). *User requirement and usability testing framework for information system development: case study of financial institution* Chulalongkorn University].

Olsson, M., Mozelius, P., & Collin, J. (2016). Visualisation and Gamification of e-Learning and Programming Education. *Electronic Journal of e-Learning*, 13.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Park, J.-H., & Choi, H. J. (2009). Factors influencing adult learners' decision to drop out or persist in online learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 12(4), 207-217.

Paxton, C., Hundt, A., Jonathan, F., Guerin, K., & Hager, G. D. (2017, 29 May-3 June 2017). CoSTAR: Instructing collaborative robots with behavior trees and vision. 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA),

Paxton, C., Jonathan, F., Hundt, A., Mutlu, B., & Hager, G. (2017). User Experience of the CoSTAR System for Instruction of Collaborative Robots.

Pereira, M., Oliveira, M., Vieira, A., Lima, R. M., & Paes, L. (2018). The gamification as a tool to increase employee skills through interactives work instructions training. *Procedia Computer Science*, 138, 630-637. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.084

Phongphaew, N. (2016). *THE RELATIONSHIP BETWEEN USABILITY, TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL (TAM), AND EMOTIONAL RESPONSES ON LEARNING MANAGEMENT SYSTEM (LMS)* Chulalongkorn University].

Rahman, M. H. A., Panessai, i. Y., Noor, N. A. Z. M., & Salleh, N. S. M. (2018). GAMIFICATION ELEMENTS AND THEIR IMPACTS ON TEACHING AND LEARNING A REVIEW. *The International journal of Multimedia & Its Applications*.

Rossano, G. F., Martinez, C., Hedelind, M., Murphy, S., & Fuhlbrigge, T. A. (2013, 17-20 Aug. 2013). Easy robot programming concepts: An industrial perspective. 2013 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE),

Sauro, J., & Lewis, J. R. (2012). Chapter 8 - Standardized Usability Questionnaires. In J. Sauro & J. R. Lewis (Eds.), *Quantifying the User Experience* (pp. 185-240). Morgan Kaufmann. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384968-7.00008-4

Schmidbauer, C., Komenda, T., & Schlund, S. (2020). Teaching Cobots in Learning Factories – User and Usability-Driven Implications. *Procedia Manufacturing*, 45, 398-404. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.043

Schnell, M. (2021). *CHALLENGES WHEN INTRODUCING COLLABORATIVE ROBOTS IN SME MANUFACTURING INDUSTRY* Skövde].

Schou, C., Andersen, R. S., Chrysostomou, D., Bøgh, S., & Madsen, O. (2018). Skill-based instruction of collaborative robots in industrial settings. *Robotics and Computer-*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Integrated Manufacturing, 53, 72-80. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rcim.2018.03.008

Schou, C., Damgaard, J. S., Bøgh, S., & Madsen, O. (2013, 24-26 Oct. 2013). Human-robot interface for instructing industrial tasks using kinesthetic teaching. IEEE ISR 2013,

Sowa, K., Przegalinska, A., & Ciechanowski, L. (2021). Cobots in knowledge work: Human – AI collaboration in managerial professions. *Journal of Business Research*, 125, 135-142. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.11.038

StatistaResearchDepartment. (2021). *Projected size of the global market for collaborative robots (cobots) from* 2020 *to* 2026. Retrieved 18 July from https://www.statista.com/statistics/748234/global-market-size-collaborative-robots/

Steinmetz, F., Wollschläger, A., & Weitschat, R. (2018). RAZER—A HRI for Visual Task-Level Programming and Intuitive Skill Parameterization. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(3), 1362-1369. https://doi.org/10.1109/LRA.2018.2798300

Tarkar, P. (2020). Impact of COVID-19 pandemic on education system. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(9), 3812-3814.

UNIVERSALROBOTS. (2021a). *Applications*. UNIVERSAL ROBOTS. Retrieved 1 Jun from https://www.universal-robots.com/

UNIVERSALROBOTS. (2021b). *Features and terminology*. Retrieved 19 July from https://academy.universal-robots.com/modules/CB3/English/module1/story_html5.html?courseId=2182&language=English

UNIVERSALROBOTS. (2021c). *HOW UNIVERSAL ROBOTS SOLD THE FIRST COBOT*. UNIVERSAL ROBOTS. Retrieved 7 Nov from https://www.universal-robots.com/about-universal-robots/news-centre/the-history-behind-collaborative-robots-cobots/

UNIVERSALROBOTS. (2021d). *OUR TRAININGS*. UNIVERSAL ROBOTS. Retrieved 1 Jun from https://academy.universal-robots.com/our-trainings/

Vojić, S. (2020). Applications of collaborative industrial robots. *Machines. Technologies. Materials.*, 14(3), 96-99.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Wannasuphoprasit, W., Gillespie, R. B., Colgate, J. E., & Peshkin, M. A. (1997, 25-25 April 1997). Cobot control. Proceedings of International Conference on Robotics and Automation,

Weintrop, D., Afzal, A., Salac, J., Francis, P., Li, B., & Shepherd, D. (2018). *Evaluating CoBlox: A Comparative Study of Robotics Programming Environments for Adult Novices*. https://doi.org/10.1145/3170427.3186599

Woolley, G. (2011). Reading comprehension. In *Reading comprehension* (pp. 15-34). Springer.

กิตติวัฒน์, อ. (2561). เปิดตัวหุ่นยนต์ขนาดจิ๋วแต่ทรงพลัง หุ่นยนต์นาโอะ-หุ่นยนต์มินิ. อุตสาหกรรมสาร , 31-32.

ประชาชาติธุรกิจ. (2562). โตโยต้า เปิดสายการผลิต “แบตเตอรี่ ไฮบริด” ที่โรงงานเกตเวย์ แห่งแรกในอาเซียน. บริษัท มติชน จำกัด Retrieved 18 June from https://www.prachachat.net/motoring/news-325123

มติชนออนไลน์. (2563). รายแรกในไทย ‘ทรู ดิจิทัล โรโบคอร์’ โซลูชั่นหุ่นยนต์อัจฉริยะครบวงจร. มติชน. Retrieved 18 june from https://www.matichon.co.th/lifestyle/tech/news_2192501

สิริเกษมสุข, ศ. (2551). จลนศาสตร์และการควบคุมหุ่นยนต์โคบอทแขนกลสามมิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย

(Consent Form)

การวิจัยเรื่อง “การออกแบบระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน กรณีศึกษายูนิเวอร์ซัล โรบอท ตระกูล CB”

วันที่ให้คำยินยอม วันที่_____เดือน_____พ.ศ._____

ข้าพเจ้า_____อายุ _____ปี

อาศัยอยู่บ้านเลขที่_____ถนน_____แขวง/

ตำบล_____

เขต/อำเภอ_____จังหวัด_____

รหัสไปรษณีย์_____

โทรศัพท์_____

1. ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีวิจัย และมีความเข้าใจดีแล้ว

2. ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ

3. ข้าพเจ้าจะเก็บรักษาข้อมูลใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน การดำเนินการ กระบวนการ แผนงาน สิทธิในการออกแบบ ความลับทางการค้า โปรแกรมซอฟท์แวร์ รวมถึงสูตร รูปแบบ งานที่ได้รวบรวมหรือประกอบขึ้น ของการวิจัยอย่างเคร่งครัด โดยจะไม่นำไปเผยแพร่ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น เป็นเวลา 60 วัน นับตั้งแต่งานวิจัยเสร็จสมบูรณ์ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้วิจัย

4. ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้โดยสมัครใจ ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยในสาธารณะได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย หรือเปิดเผยข้อมูลต่อผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนและกำกับดูแลการวิจัยเท่านั้น

5. ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม_____ผู้เข้าร่วมการวิจัย ลงนาม_____ผู้ทำวิจัย

(_____) (_____)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามเชิงประชากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบถามเชิงประชากร

(Demographic Questionnaire)

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย (√) และกรอกข้อมูลตามที่เป็นจริงของท่าน

เพศ : ☐ ชาย ☐ หญิง

อายุ : _____ ปี

ขณะนี้ท่านกำลังศึกษาในระดับ ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ อื่น ๆ_____

คณะ _____

ภาควิชา_____ ชั้นปีที่____

เกรดเฉลี่ย_____

ท่านผ่านการเรียนวิชา 2110101 Computer Programming: ☐ ไม่มี ☐ มี เกรด_____

ท่านมีประสบการณ์การใช้ หุ่นยนต์ หรือ โคบอท (collaborative robot) : ☐ ไม่มี ☐ มี

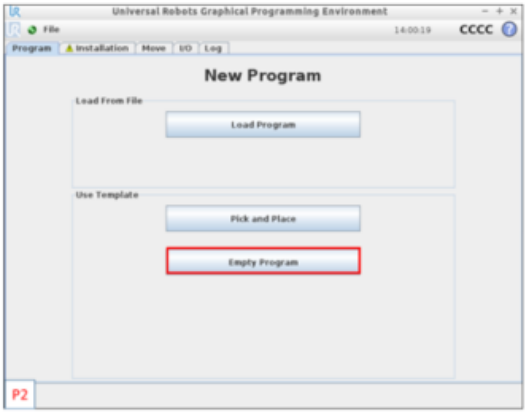
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

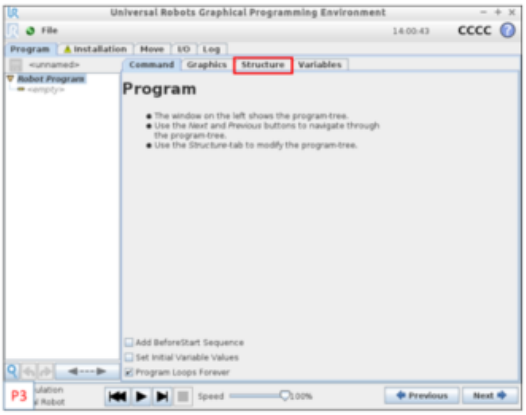
ภาคผนวก ค.

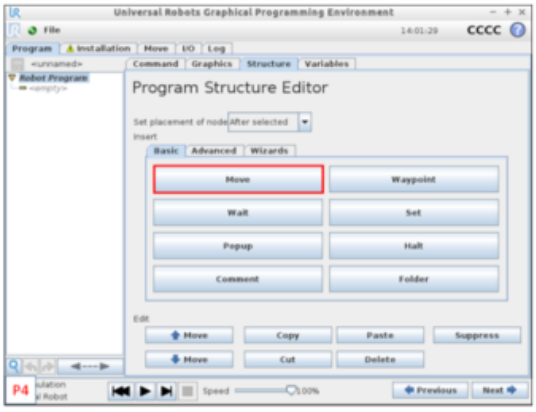
วิธีการเขียนโปรแกรมย้ายกล่องจากจุด A ไปจุด B

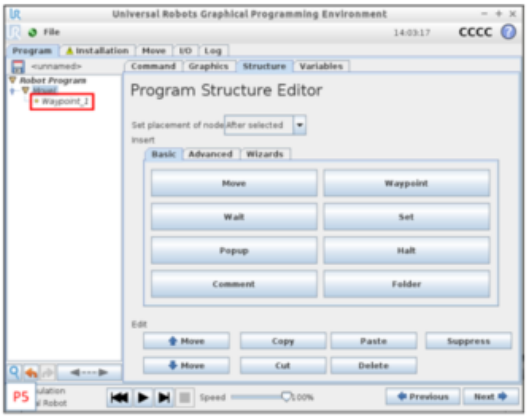
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

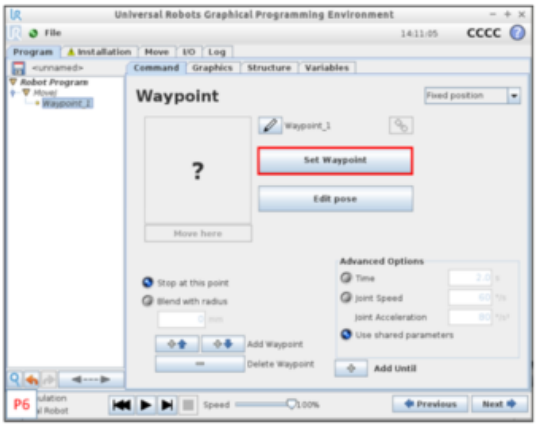
Universal Robots Graphical Programming Environment
PolyScope Robot User Interface
Please select
UNIVERSAL ROBOTS
Run Program
Program Robot
Setup Robot
About
Shutdown Robot
P1

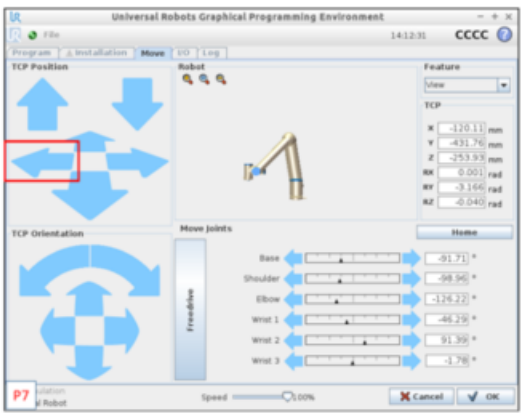

Universal Robots Graphical Programming Environment
New Program
Load From File
Load Program
Use Template
Pick and Place
Empty Program
P2

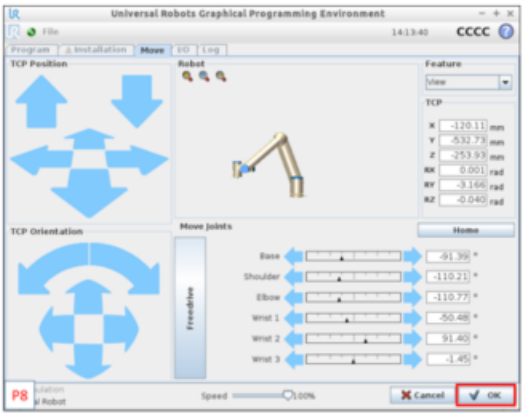

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program
Command
Graphics
Structure
Variables
Program
P3

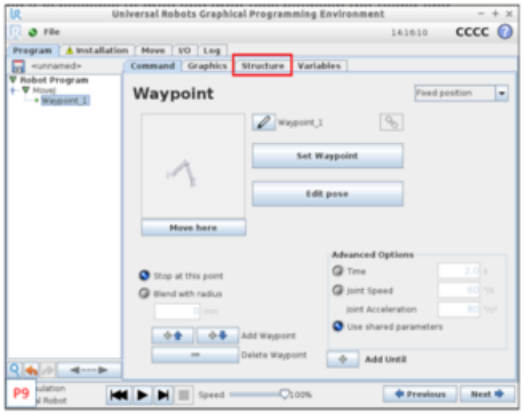

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Basic
Advanced
Wizards
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P4

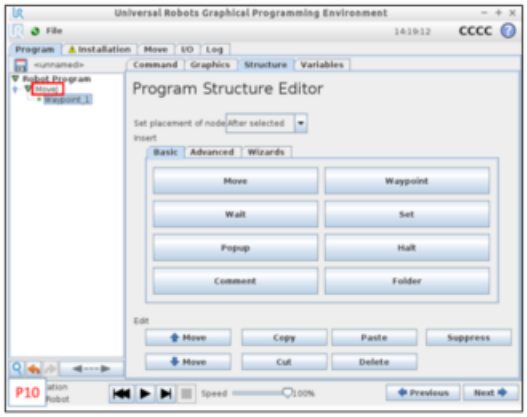

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Waypoint_1
P5

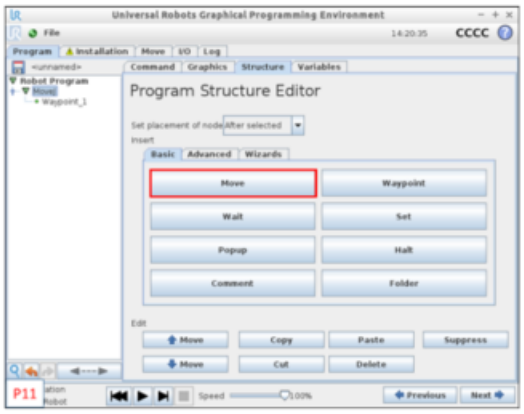

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
Advanced Options
P6

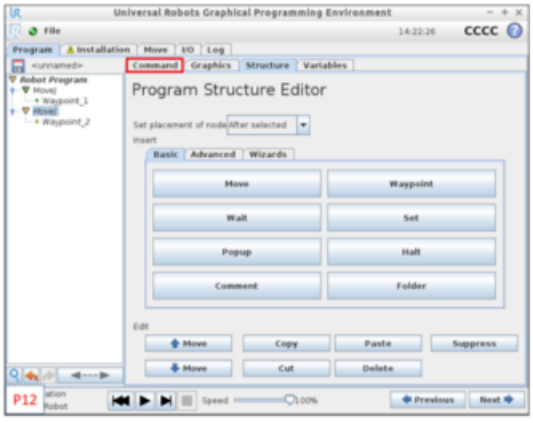

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
Robot
Feature
TCP Orientation
Move Joints
Home
Cancel
OK
P7

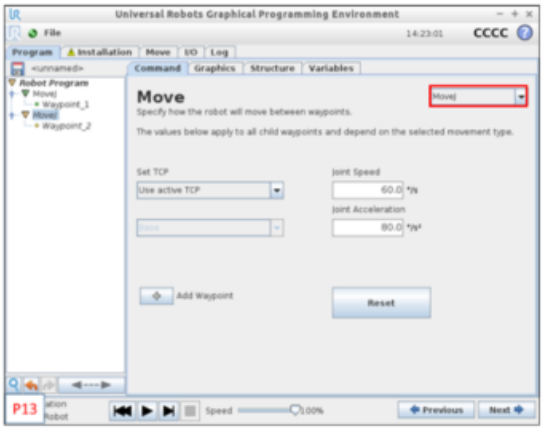

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
Robot
Feature
TCP Orientation
Move Joints
Home
Cancel
OK
P8

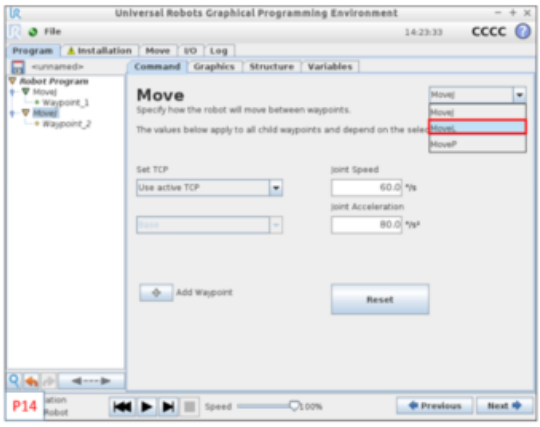

Universal Robots Graphical Programming Environment
Command
Graphics
Structure
Variables
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
Move here
Advanced Options
Add Waypoint
Delete Waypoint
Add Until
Previous
Next
P9

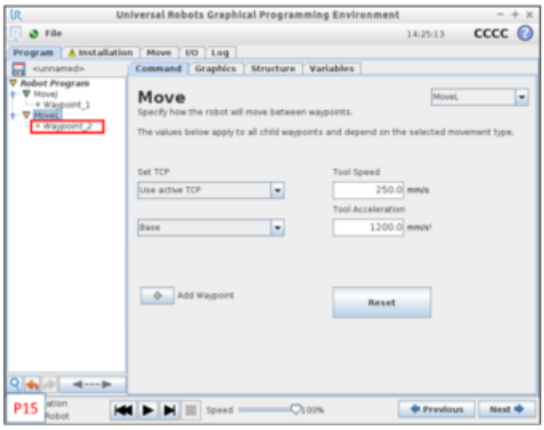

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Basic
Advanced
Wizards
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
Edit
Copy
Paste
Suppress
Cut
Delete
Previous
Next
P10

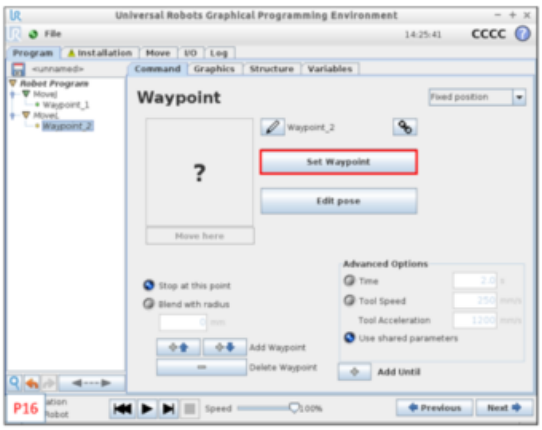

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Basic
Advanced
Wizards
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
Edit
Copy
Paste
Suppress
Cut
Delete
Previous
Next
P11

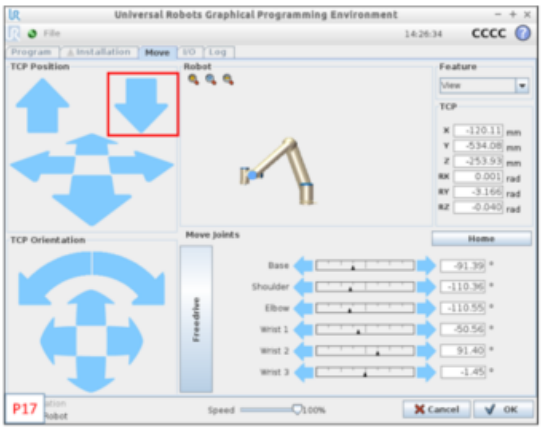

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Basic
Advanced
Wizards
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
Edit
Copy
Paste
Suppress
Cut
Delete
Previous
Next
P12

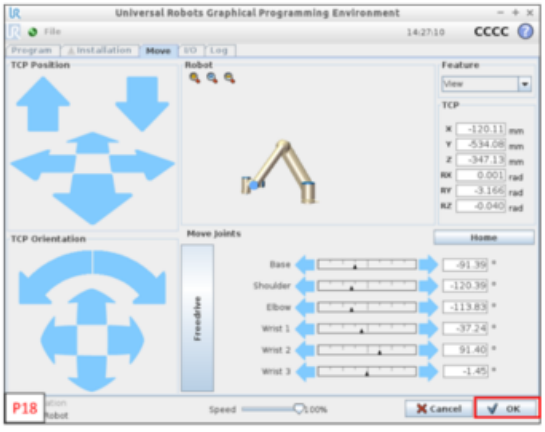

Universal Robots Graphical Programming Environment
Move
Specify how the robot will move between waypoints.
The values below apply to all child waypoints and depend on the selected movement type.
Set TCP
Use active TCP
Joint Speed
Joint Acceleration
Add Waypoint
Reset
P13
Previous
Next

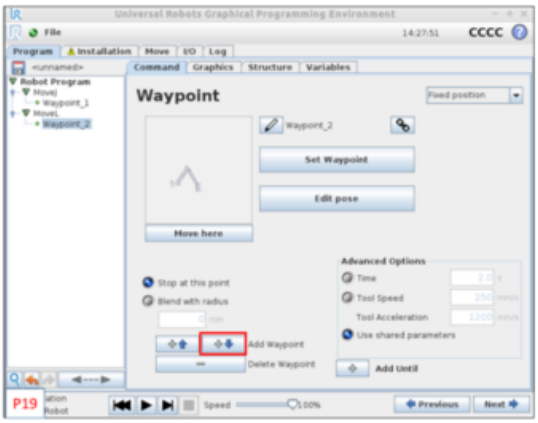

Universal Robots Graphical Programming Environment
Move
Specify how the robot will move between waypoints.
The values below apply to all child waypoints and depend on the selected movement type.
Set TCP
Use active TCP
Joint Speed
Joint Acceleration
Add Waypoint
Reset
P14
Previous
Next

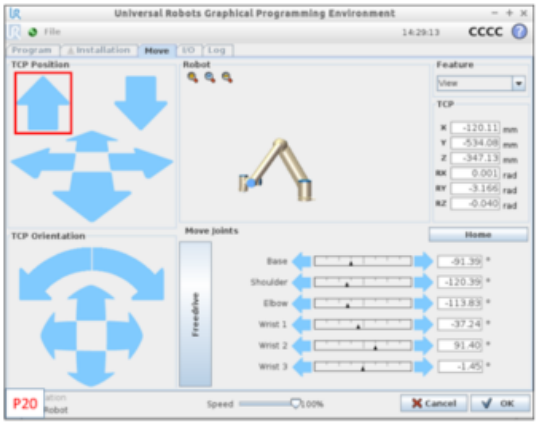

Universal Robots Graphical Programming Environment
Move
Specify how the robot will move between waypoints.
The values below apply to all child waypoints and depend on the selected movement type.
Set TCP
Use active TCP
Tool Speed
Tool Acceleration
Base
Add Waypoint
Reset
P15
Previous
Next

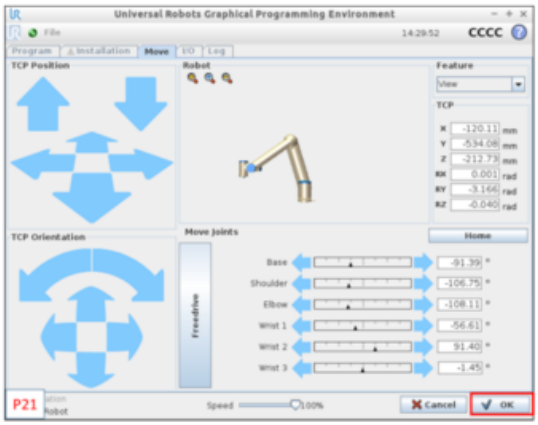

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Waypoint_2
Set Waypoint
Edit pose
Move here
Advanced Options
Time
Tool Speed
Tool Acceleration
Use shared parameters
Stop at this point
Blend with radius
Add Waypoint
Delete Waypoint
Add Until
P16
Previous
Next

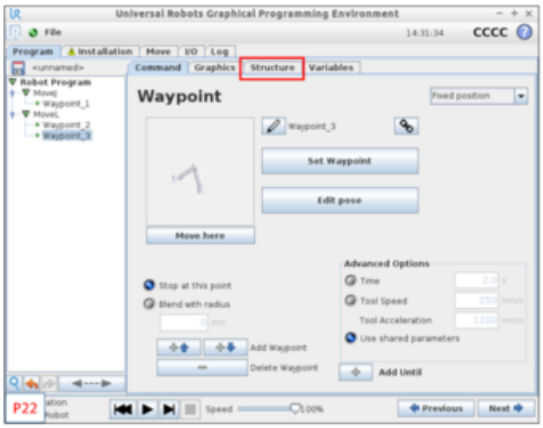

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
Robot
Feature
TCP
TCP Orientation
Move Joints
Home
Freedrive
Base
Shoulder
Elbow
Wrist 1
Wrist 2
Wrist 3
P17
Cancel
OK

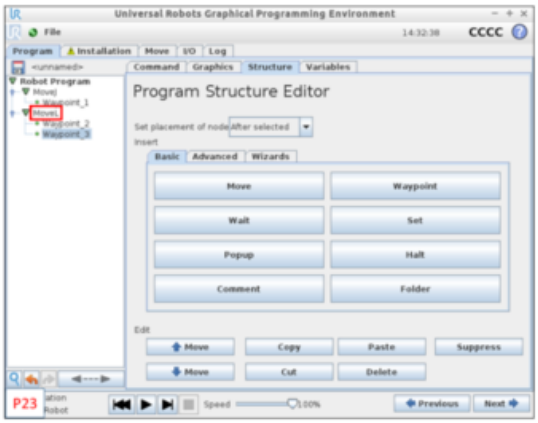

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
Robot
Feature
TCP
TCP Orientation
Move Joints
Home
Freedrive
Base
Shoulder
Elbow
Wrist 1
Wrist 2
Wrist 3
P18
Cancel
OK

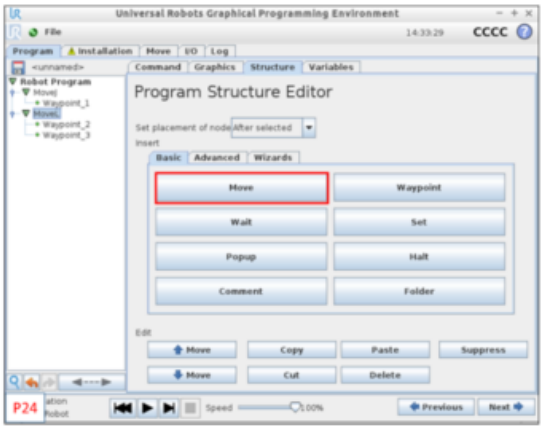

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
Move here
Add Waypoint
Delete Waypoint
Add Until
P19

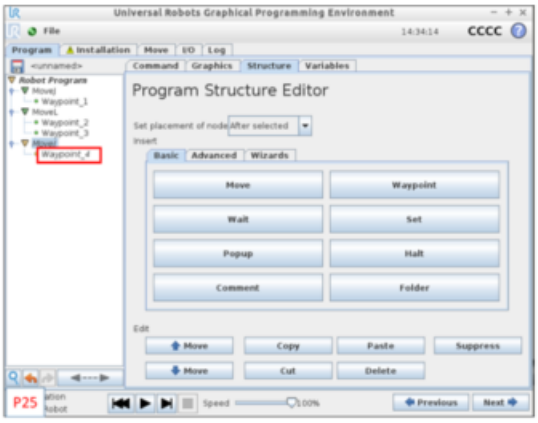

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
TCP Orientation
Move Joints
Freedrive
P20

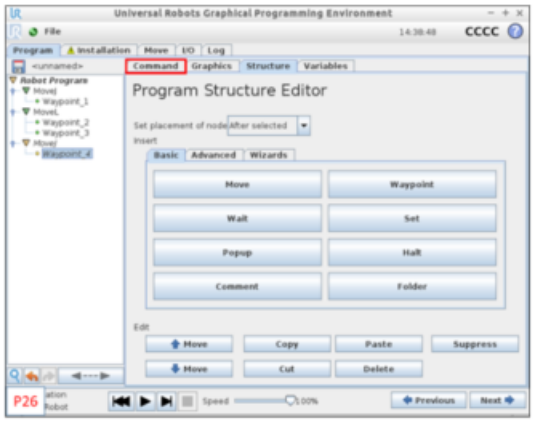

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
TCP Orientation
Move Joints
Freedrive
P21

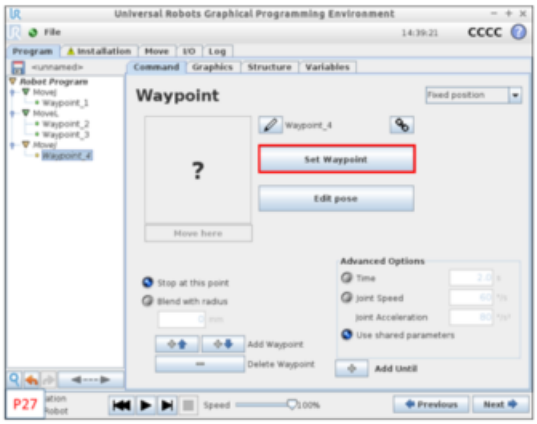

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
Move here
P22

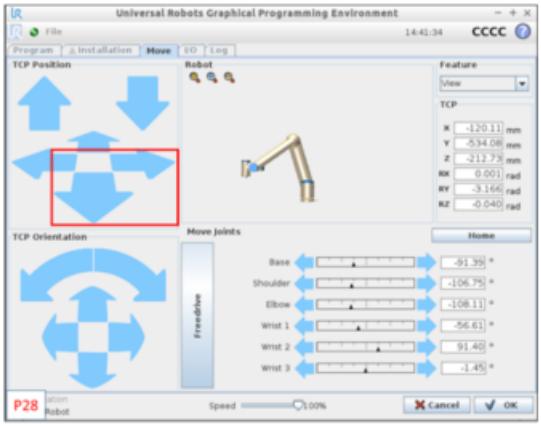

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P23

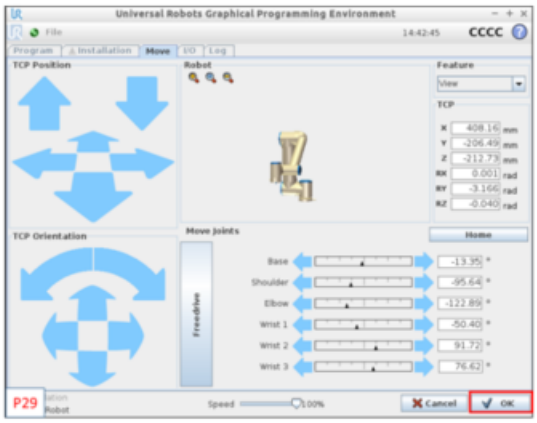

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P24

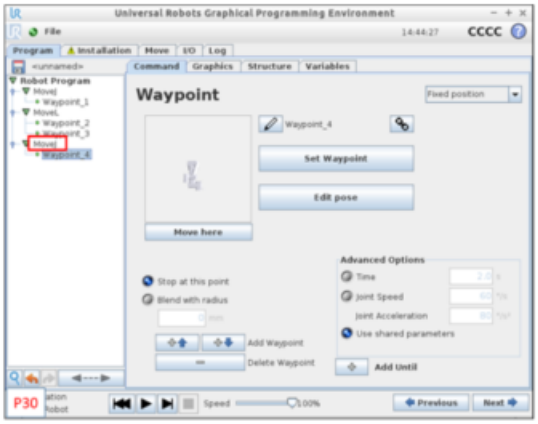

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P25

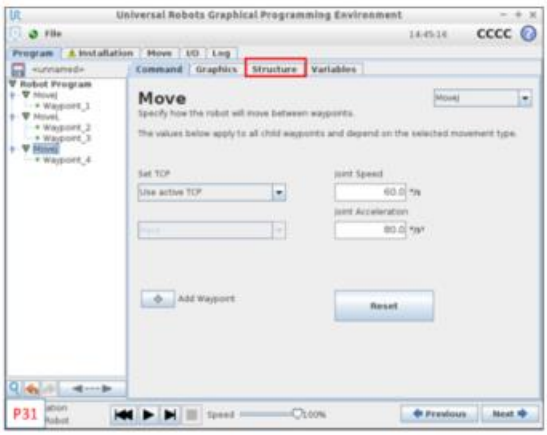

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P26

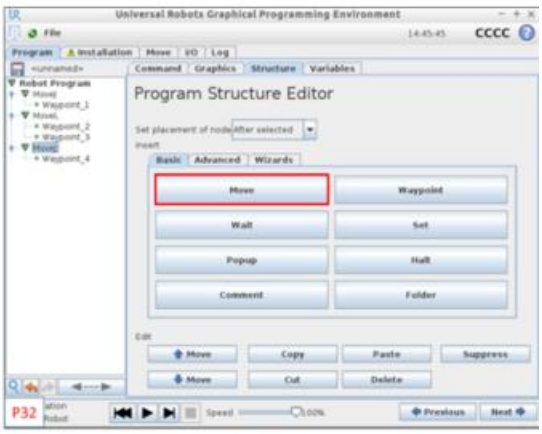

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
P27

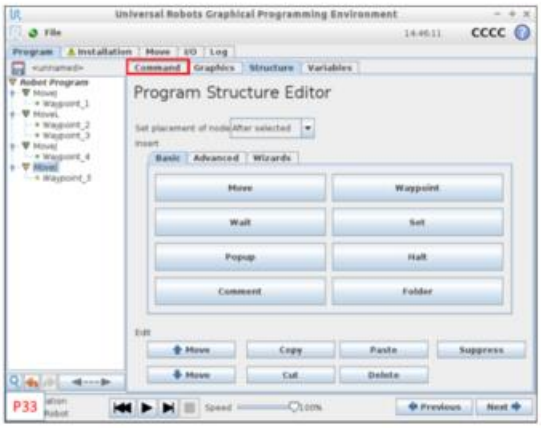

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
TCP Orientation
Move Joints
P28

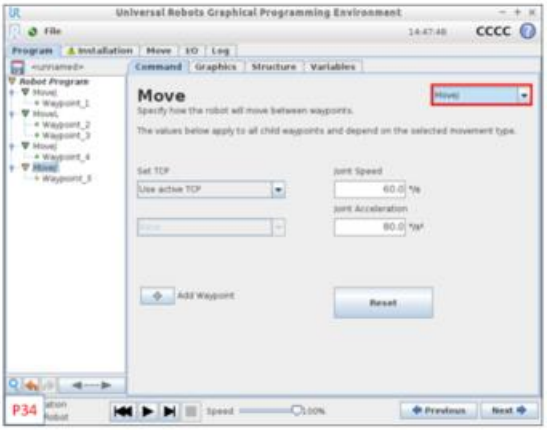

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
TCP Orientation
Move Joints
P29

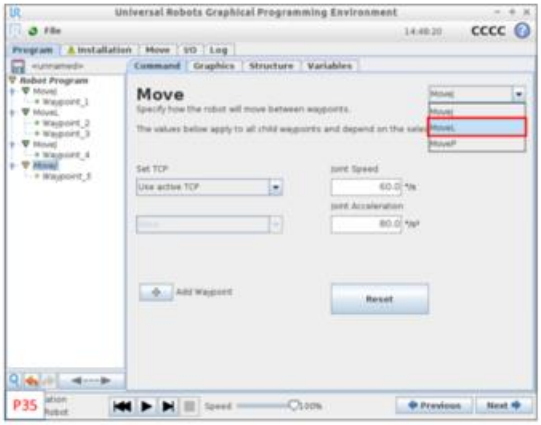

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
P30

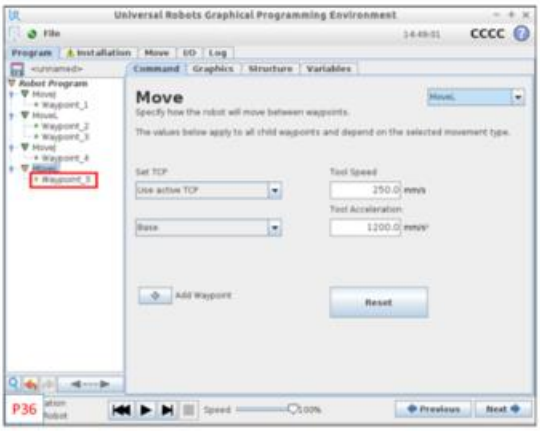

Universal Robots Graphical Programming Environment
Move
Structure
Add Waypoint
Reset
P31

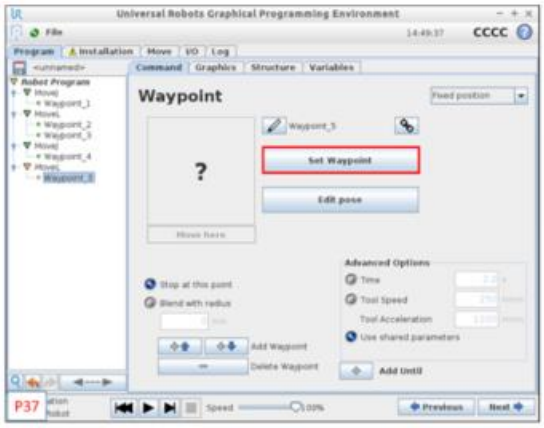

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P32

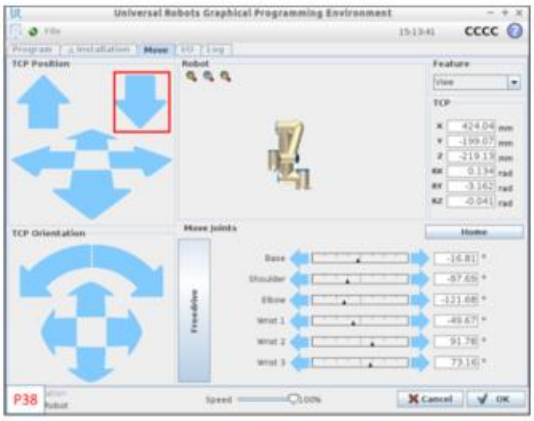

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P33

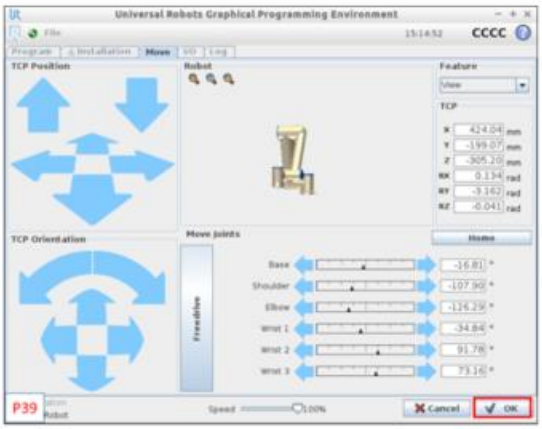

Universal Robots Graphical Programming Environment
Move
Add Waypoint
Reset
P34

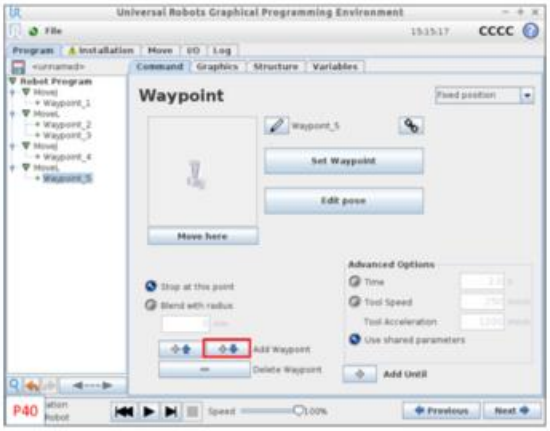

Universal Robots Graphical Programming Environment
Move
Add Waypoint
Reset
P35

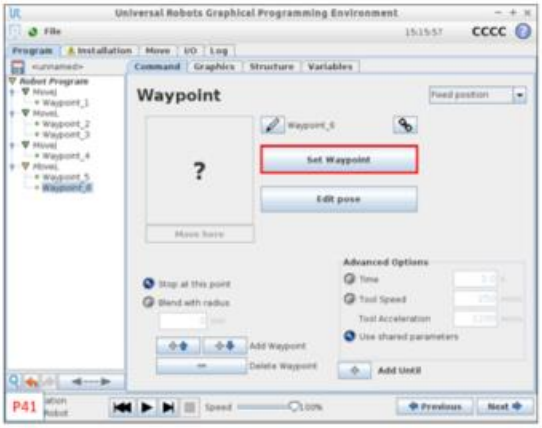

Universal Robots Graphical Programming Environment
Move
Add Waypoint
Reset
P36

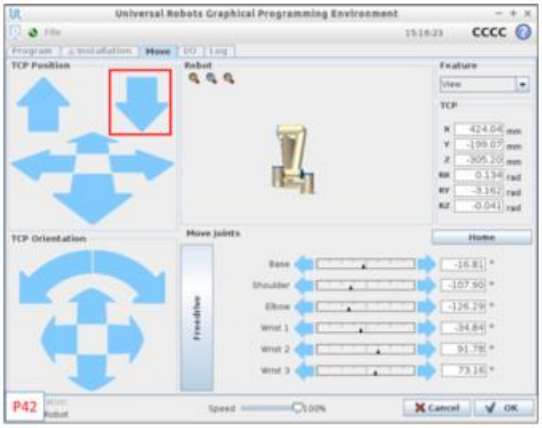

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
P37

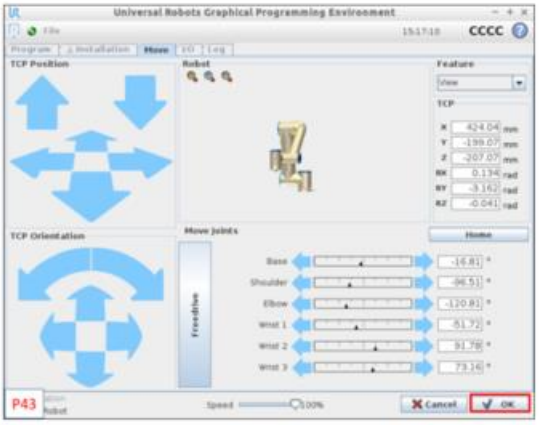

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
TCP Orientation
Move Joints
P38

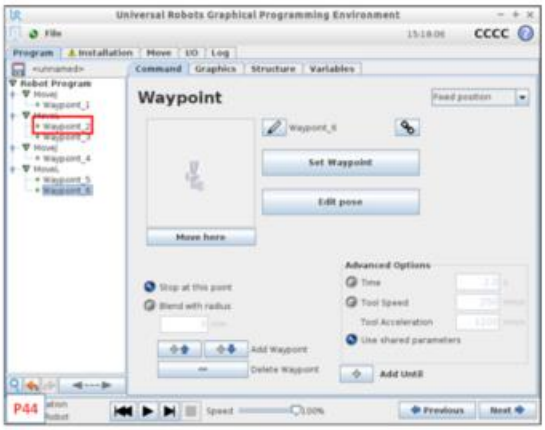

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
TCP Orientation
Move Joints
P39

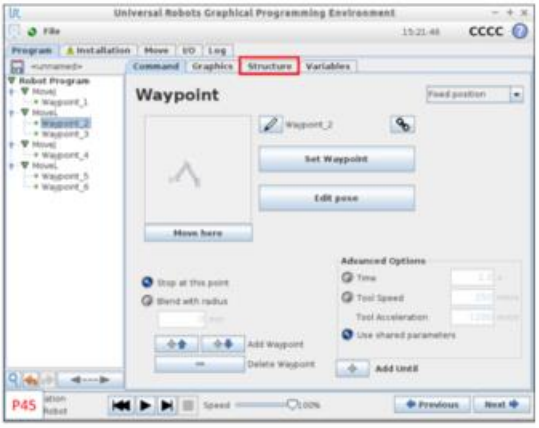

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
P40

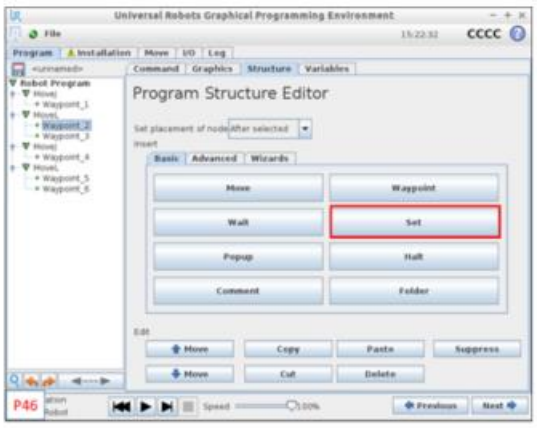

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
P41

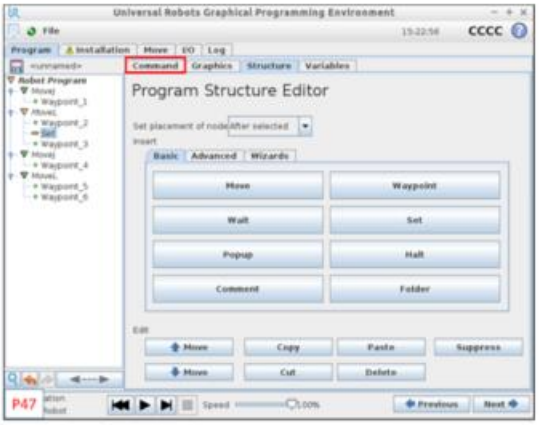

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
TCP Orientation
Move Joints
P42

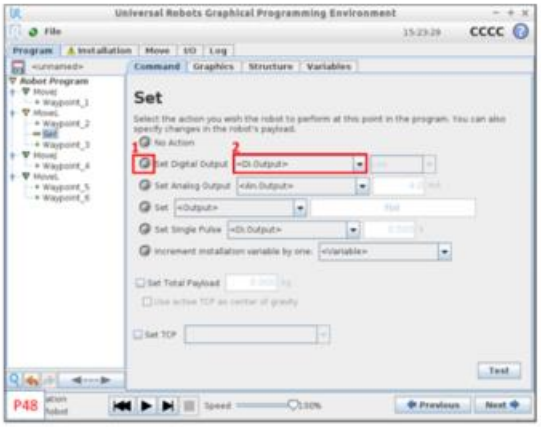

Universal Robots Graphical Programming Environment
TCP Position
Robot
Feature
TCP
TCP Orientation
Move Joints
Freedrive
Base
Shoulder
Elbow
Wrist 1
Wrist 2
Wrist 3
P43
Cancel
OK

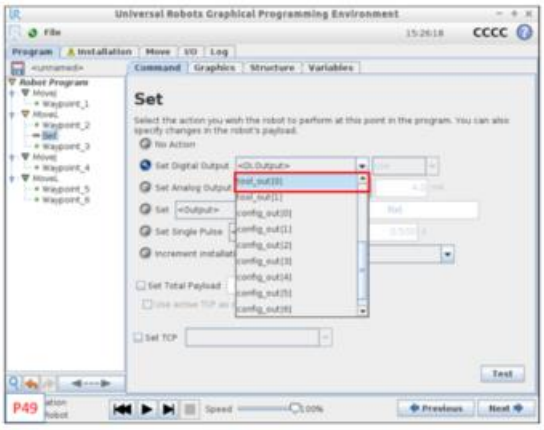

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
Move here
Advanced Options
Stop at this point
Blend with radius
Add Waypoint
Delete Waypoint
Add Until
P44
Previous
Next

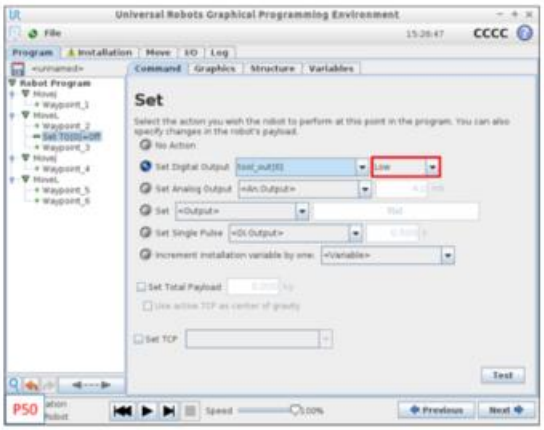

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
Move here
Advanced Options
Stop at this point
Blend with radius
Add Waypoint
Delete Waypoint
Add Until
P45
Previous
Next

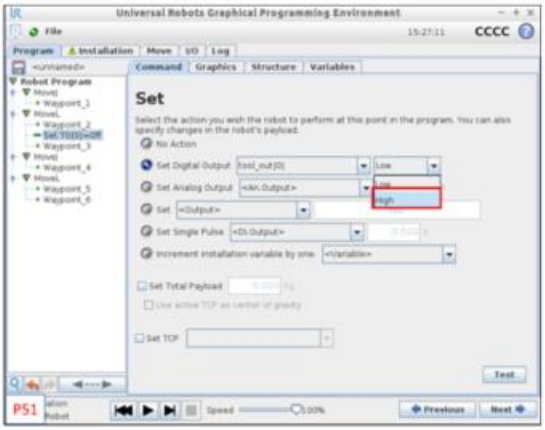

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Basic
Advanced
Wizards
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
Edit
Copy
Paste
Suppress
Cut
Delete
P46
Previous
Next

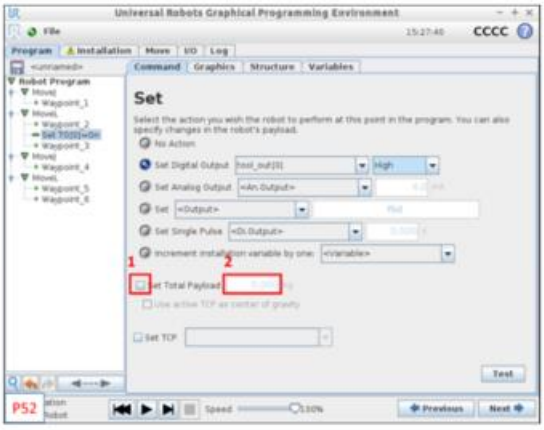

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Basic
Advanced
Wizards
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
Edit
Copy
Paste
Suppress
Cut
Delete
P47
Previous
Next


Universal Robots Graphical Programming Environment
Set
No Action
Set Digital Output
Set Analog Output
Set Single Pulse
Increment installation variable by one:
Set Total Payload
Set TCP
Test
P48
Previous
Next

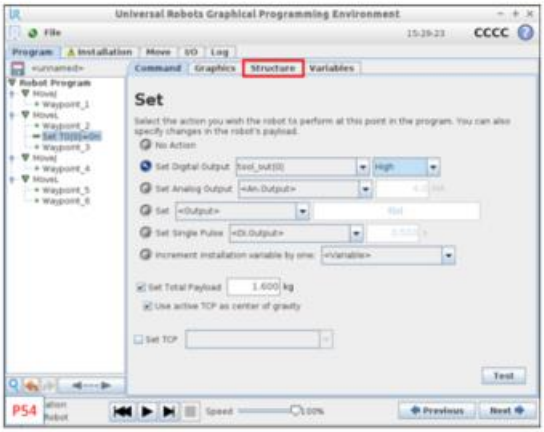

Universal Robots Graphical Programming Environment
Set
P49

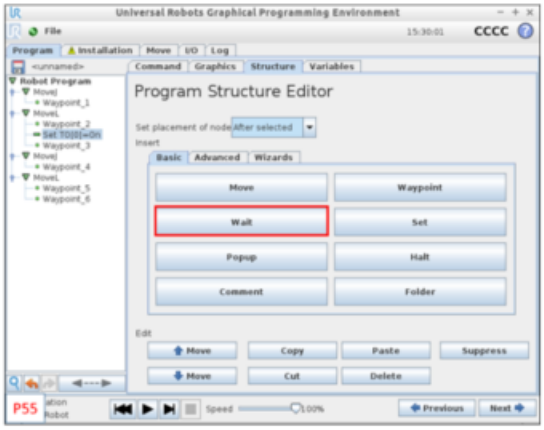

Universal Robots Graphical Programming Environment
Set
P50

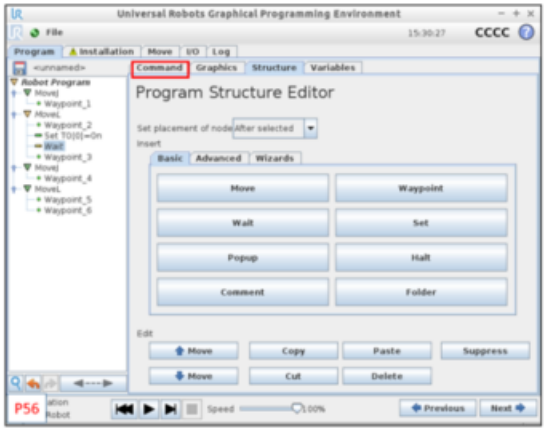

Universal Robots Graphical Programming Environment
Set
P51

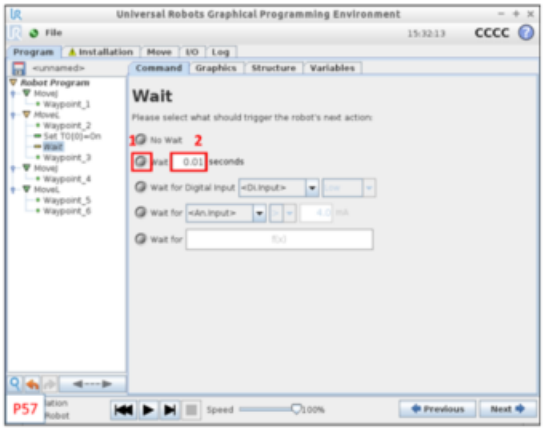

Universal Robots Graphical Programming Environment
Set
P52

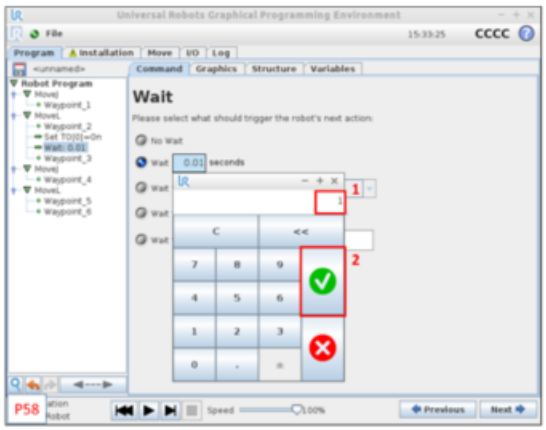
Set
P53

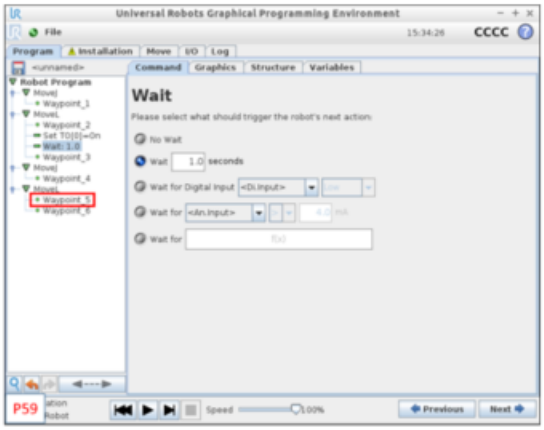

Universal Robots Graphical Programming Environment
Set
P54

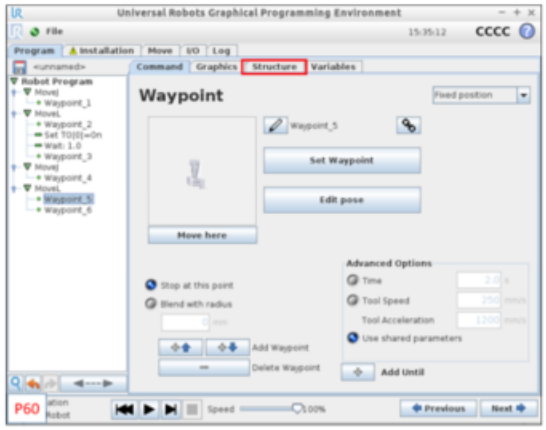

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P55

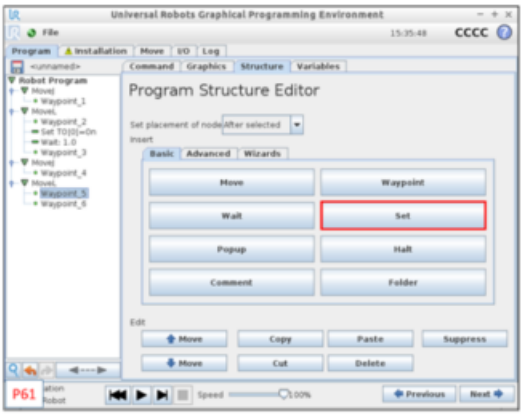

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P56

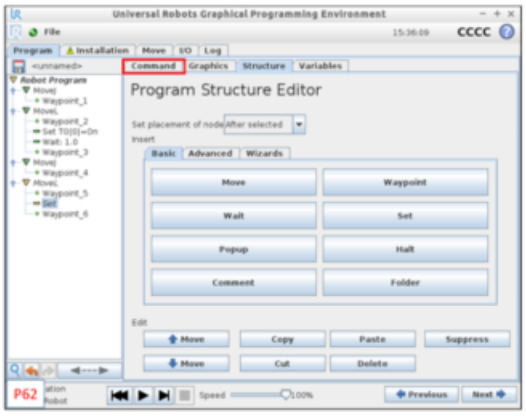

Universal Robots Graphical Programming Environment
Wait
Please select what should trigger the robot's next action:
No Wait
Wait
0.01
seconds
P57

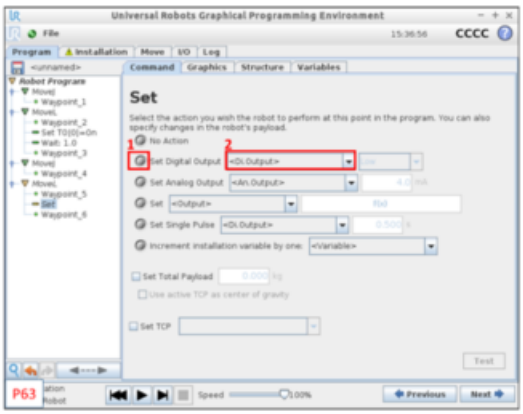

Universal Robots Graphical Programming Environment
Wait
Please select what should trigger the robot's next action:
No Wait
Wait
0.01
seconds
P58

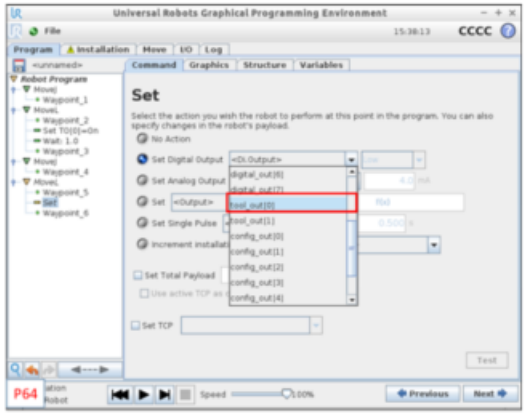

Universal Robots Graphical Programming Environment
Wait
Please select what should trigger the robot's next action:
No Wait
Wait
1.0
seconds
P59

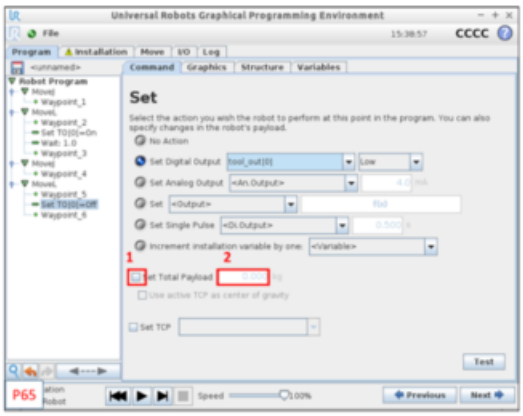

Universal Robots Graphical Programming Environment
Waypoint
Set Waypoint
Edit pose
Move here
Advanced Options
P60

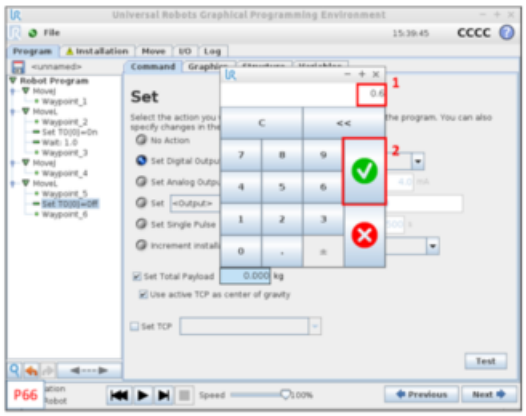

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P61

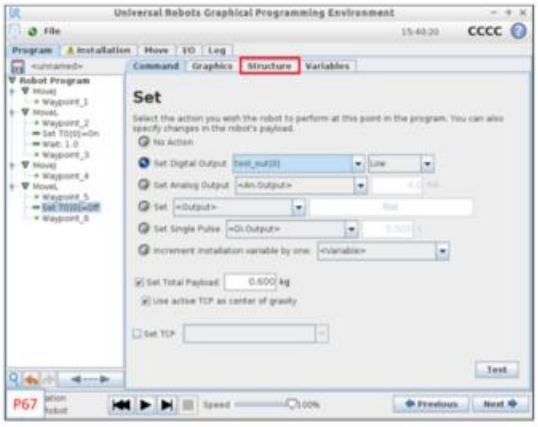

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P62

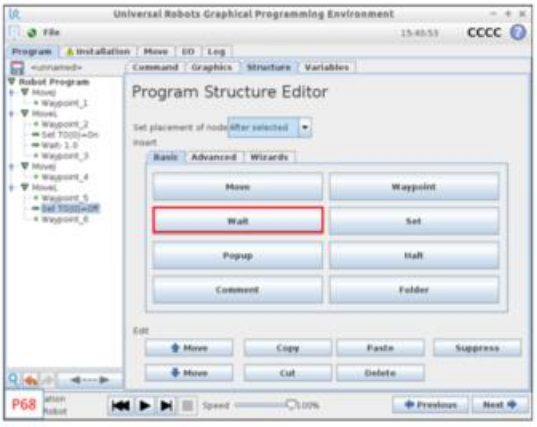

Universal Robots Graphical Programming Environment
Set
P63

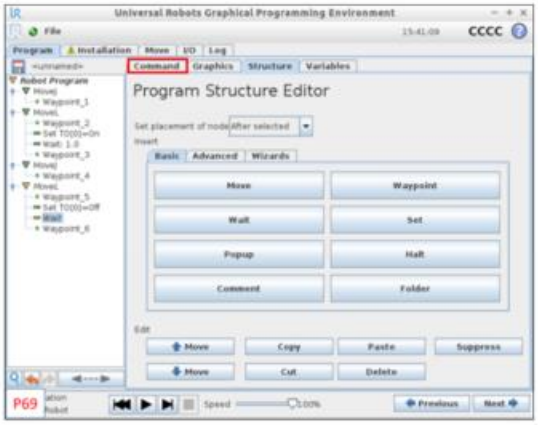

Universal Robots Graphical Programming Environment
Set
P64

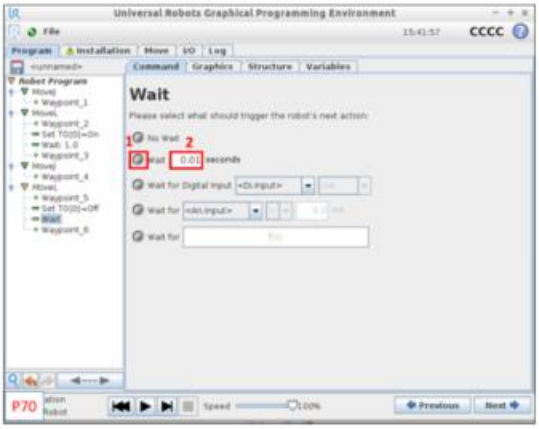

Universal Robots Graphical Programming Environment
Set
P65


Universal Robots Graphical Programming Environment
Set
P66

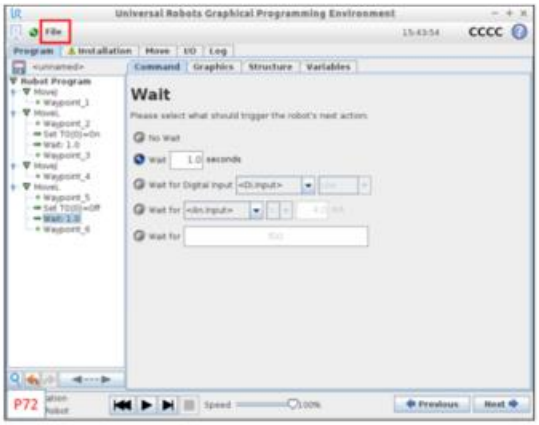

Universal Robots Graphical Programming Environment
Set
Command
Graphics
Structure
Variables
P67

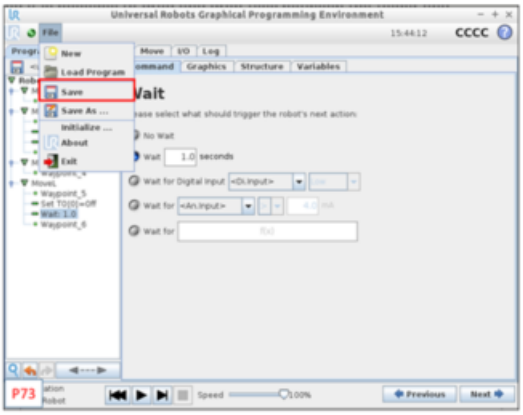

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P68

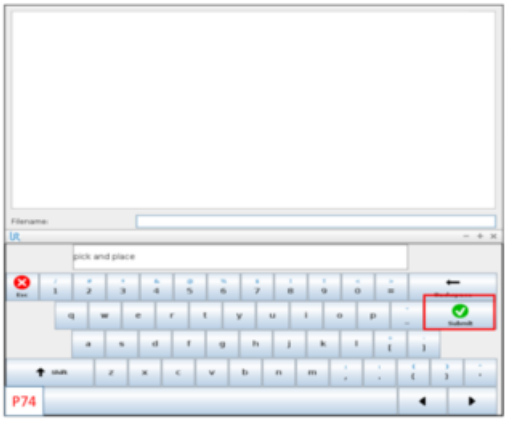

Universal Robots Graphical Programming Environment
Program Structure Editor
Move
Waypoint
Wait
Set
Popup
Halt
Comment
Folder
P69

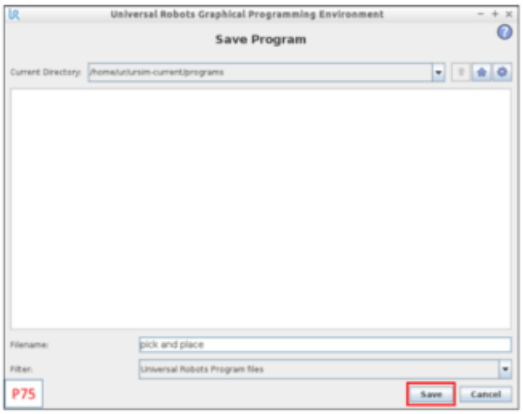

Universal Robots Graphical Programming Environment
Wait
Please select what should trigger the robot's next action.
P70

Wait
Please select what should trigger the robot's next action.
P71


Universal Robots Graphical Programming Environment
Wait
Please select what should trigger the robot's next action.
P72


Universal Robots Graphical Programming Environment
File
New
Load Program
Save
Save As ...
Initialize ...
About
Exit
Move
I/O
Log
Graphics
Structure
Variables
Wait
No Wait
Wait 1.0 seconds
Wait for Digital Input
Wait for
Speed
100%
Previous
Next
P73

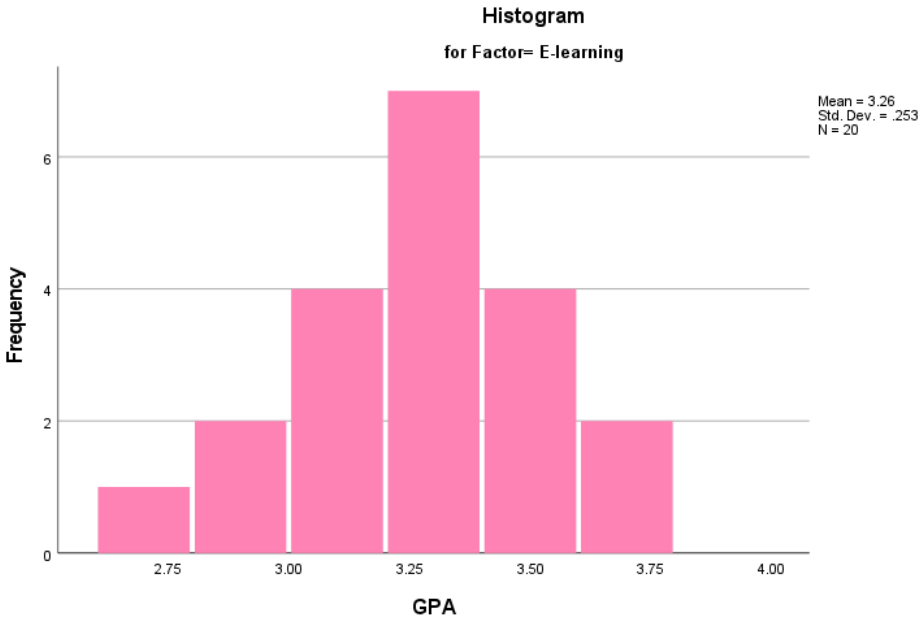

Filename:
pick and place
P74


Universal Robots Graphical Programming Environment
Save Program
Current Directory:
/home/urtursim-current/programs
Filename:
pick and place
Filter:
Universal Robots Program files
Save
Cancel
P75

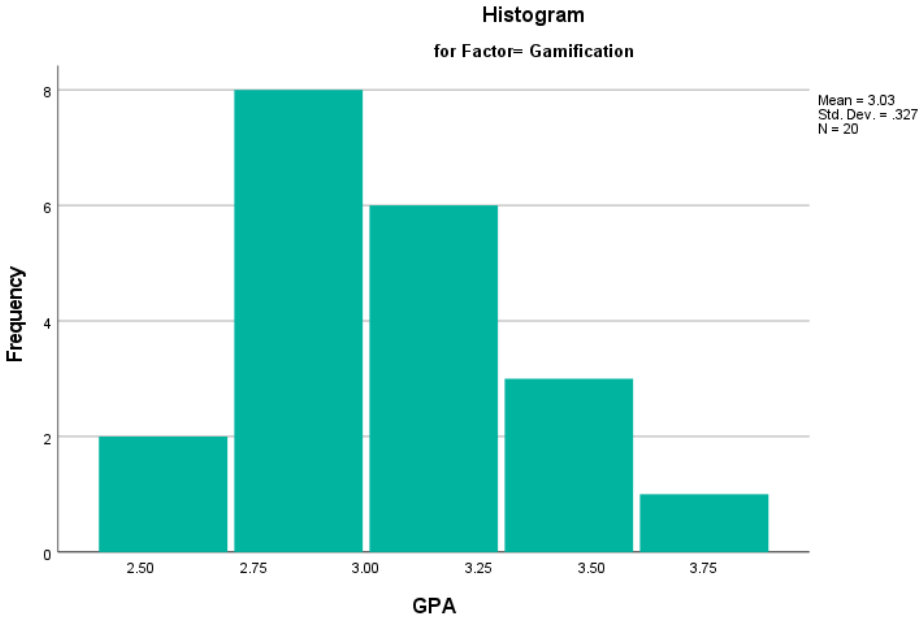
ภาคผนวก ง
การตรวจสอบข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

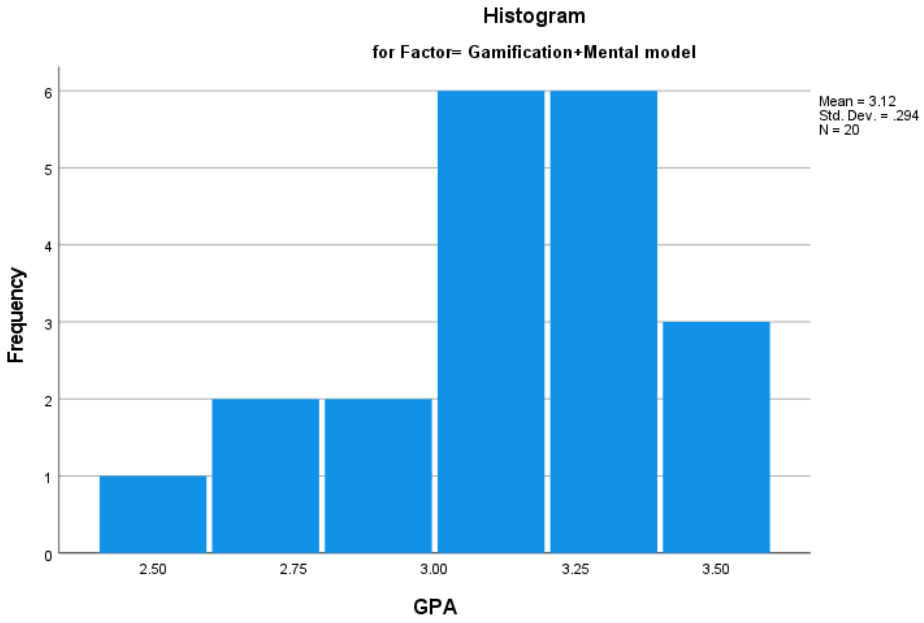
การตรวจสอบข้อมูล Histogram เกรดเฉลี่ยของนิสิตที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์



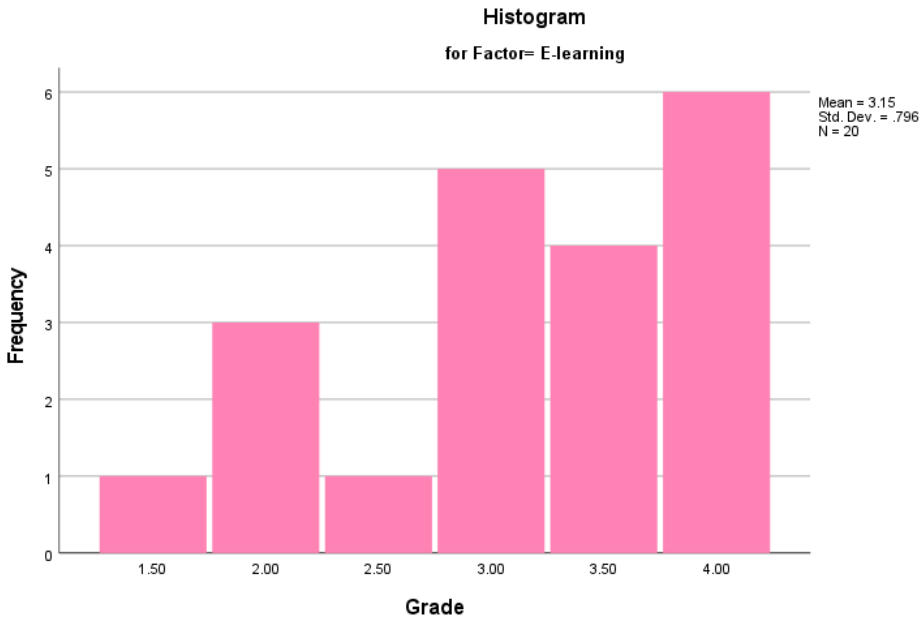
การตรวจสอบข้อมูล Histogram เกรดเฉลี่ยของนิสิตที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น



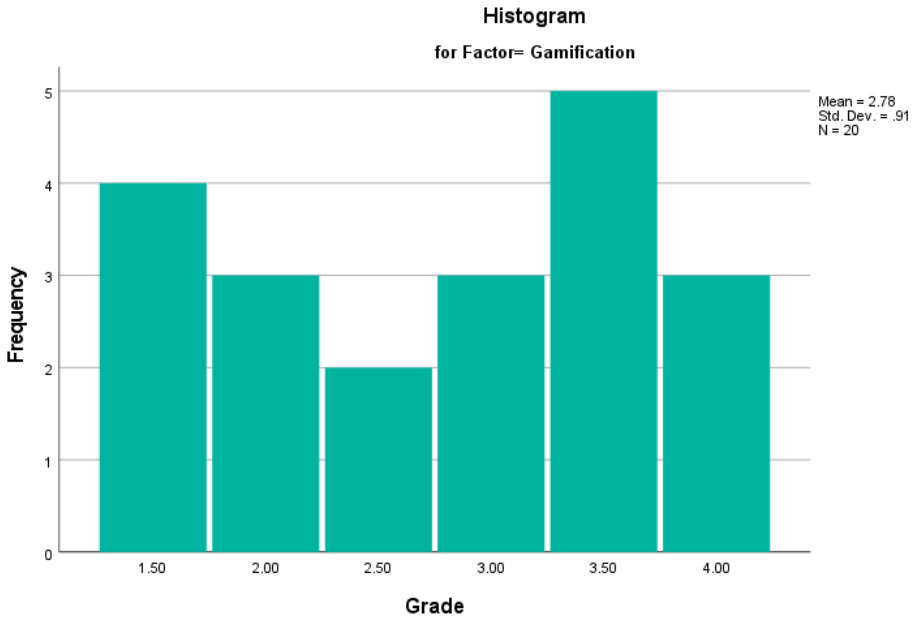
การตรวจสอบข้อมูล Histogram เกรดเฉลี่ยของนิสิตที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน



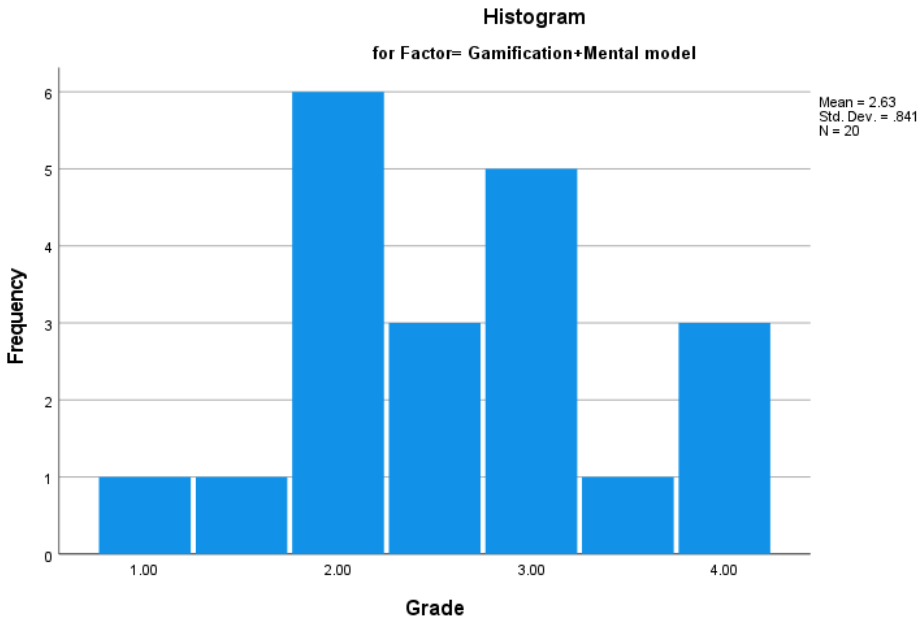
การตรวจสอบข้อมูล Histogram เกรดวิชา Computer programming ของนิสิตที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (1=เกรด D, 4=เกรด A)



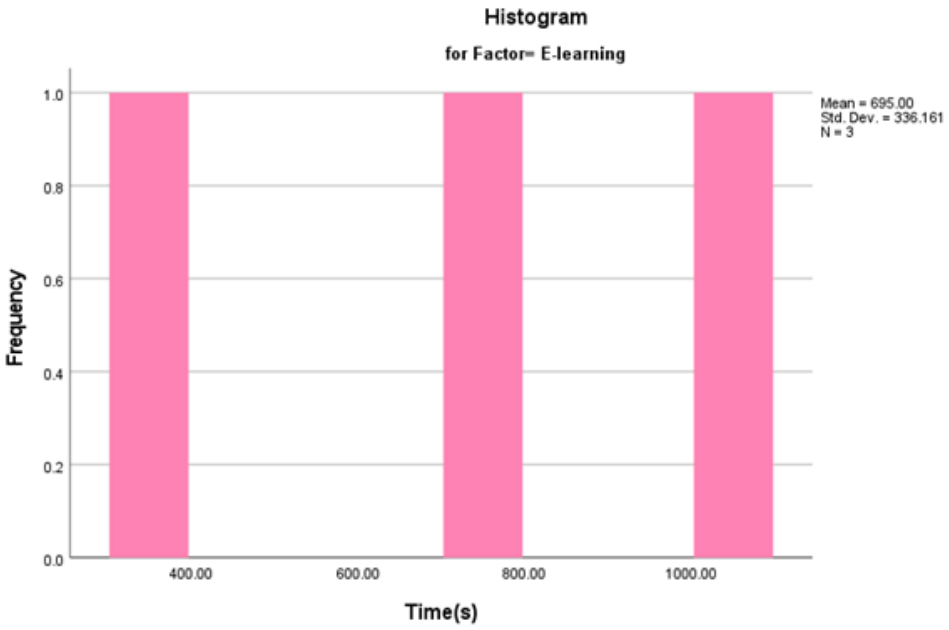
การตรวจสอบข้อมูล Histogram เกรด Computer programming ของนิสิตที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น (1=เกรด D, 4=เกรด A)



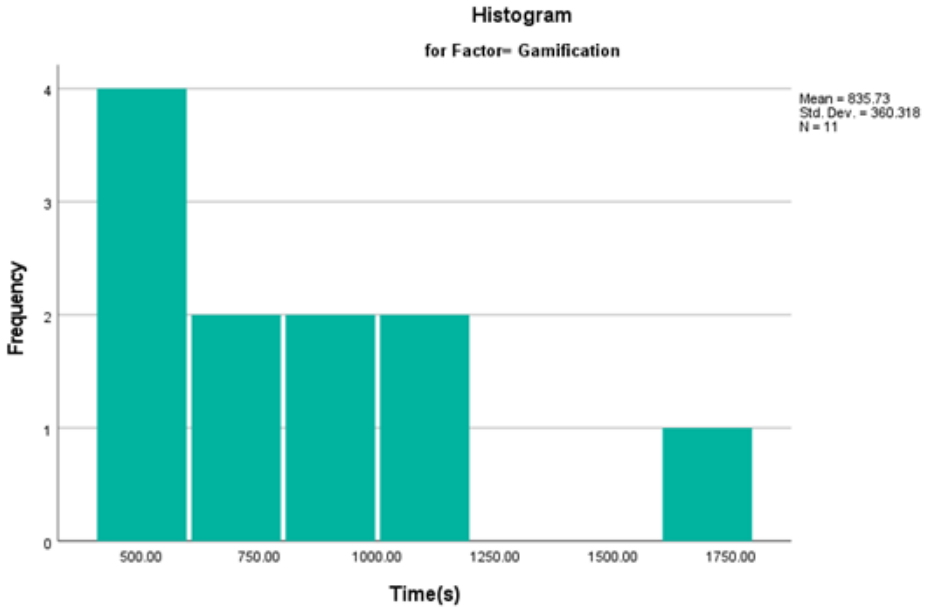
การตรวจสอบข้อมูล Histogram เกรด Computer programming ของนิสิตที่เข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน (1=เกรด D, 4=เกรด A)



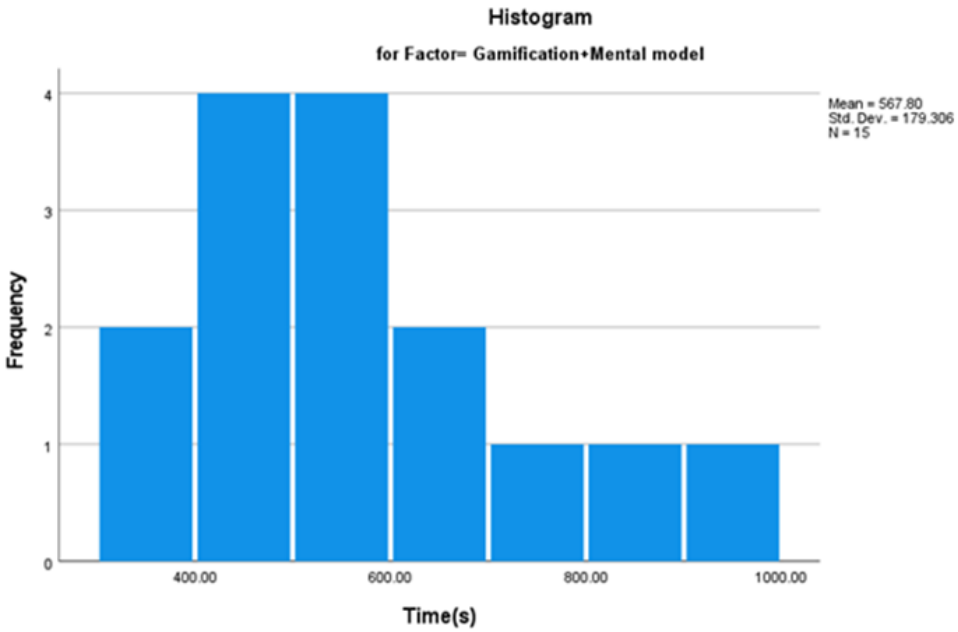
การตรวจสอบข้อมูล Histogram เวลาในการทำงานทดสอบหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์



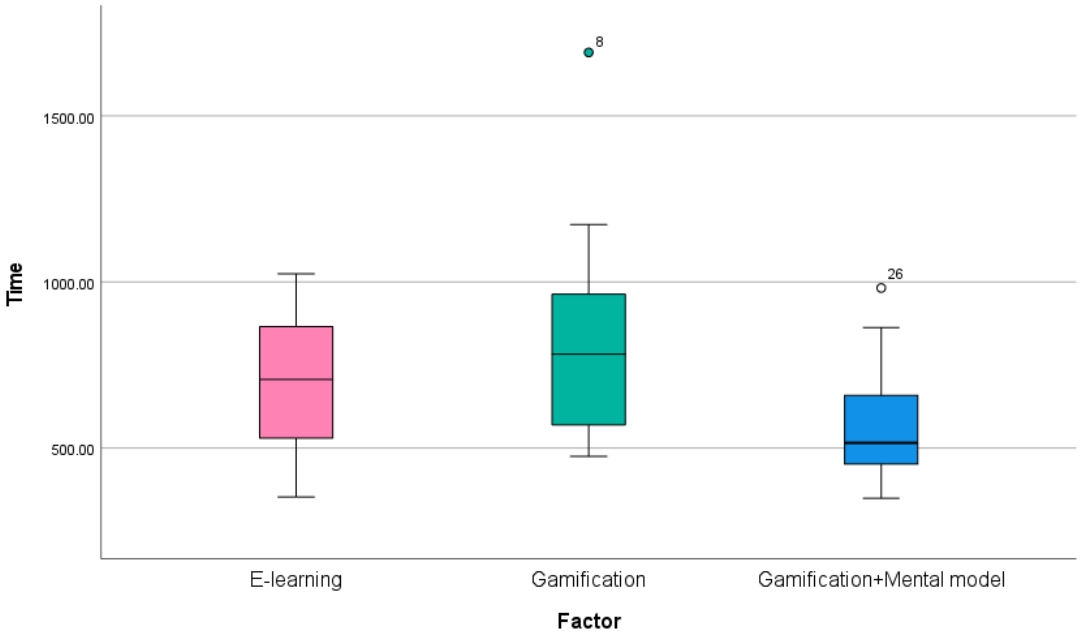
การตรวจสอบข้อมูล Histogram เวลาในการทำงานทดสอบหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น



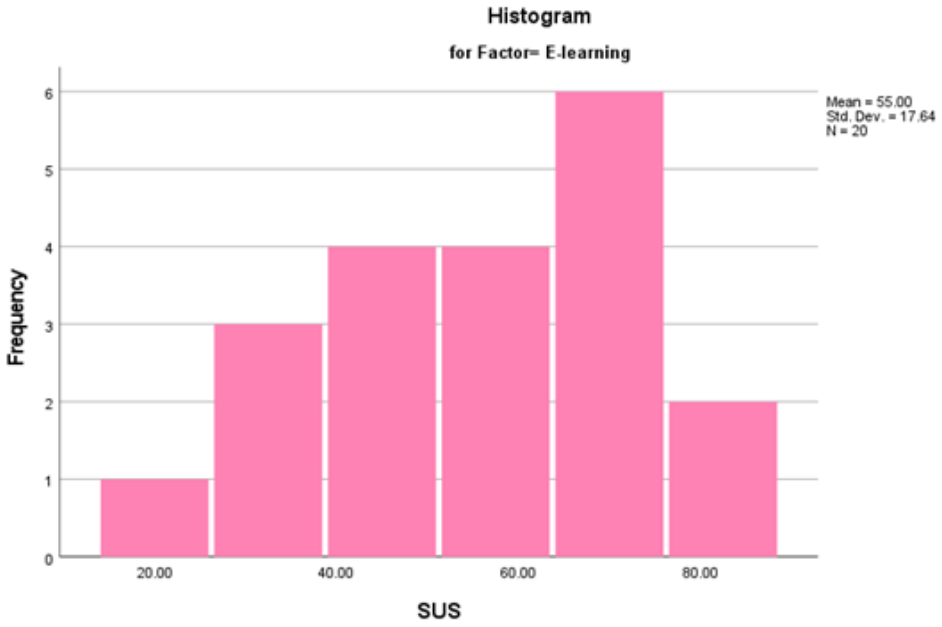
การตรวจสอบข้อมูล Histogram เวลาในการทำงานทดสอบหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน



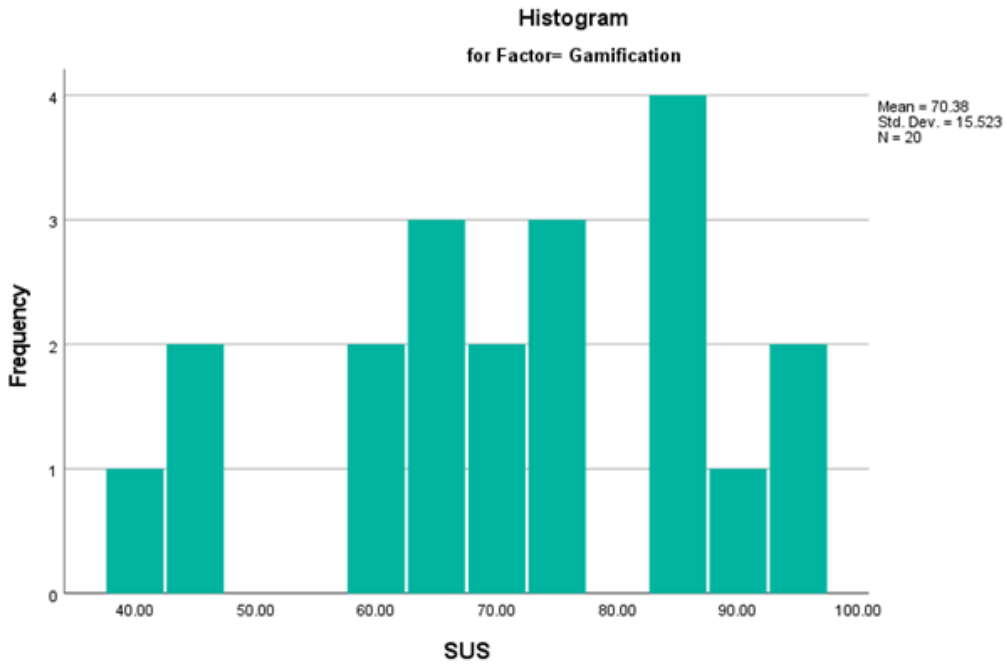
การตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูล เวลาที่ใช้ในการทำงานทดสอบด้วยวิธี Box plot



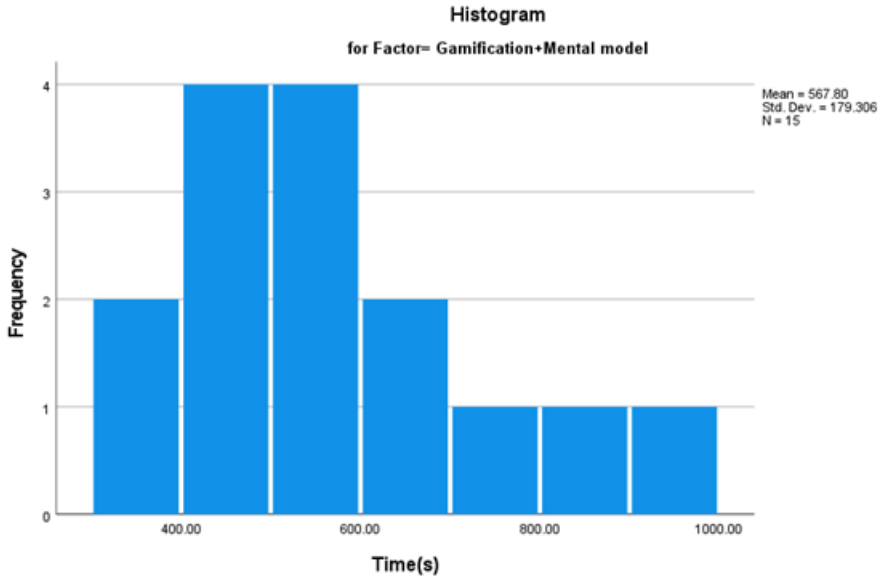
การตรวจสอบข้อมูล Histogram ความสามารถในการใช้งานของระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์



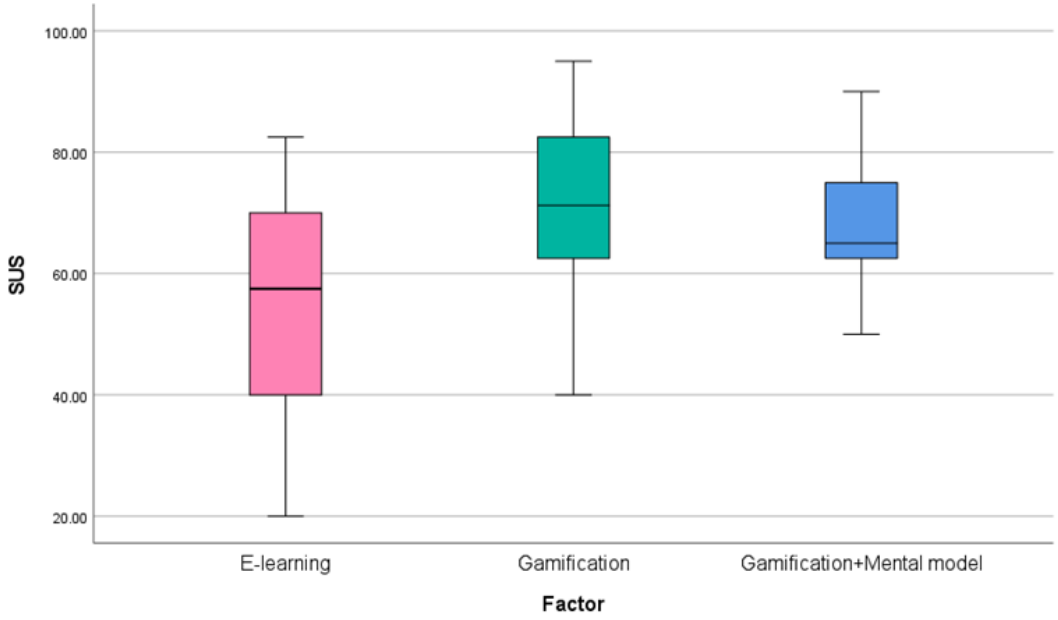
การตรวจสอบข้อมูล Histogram ความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น



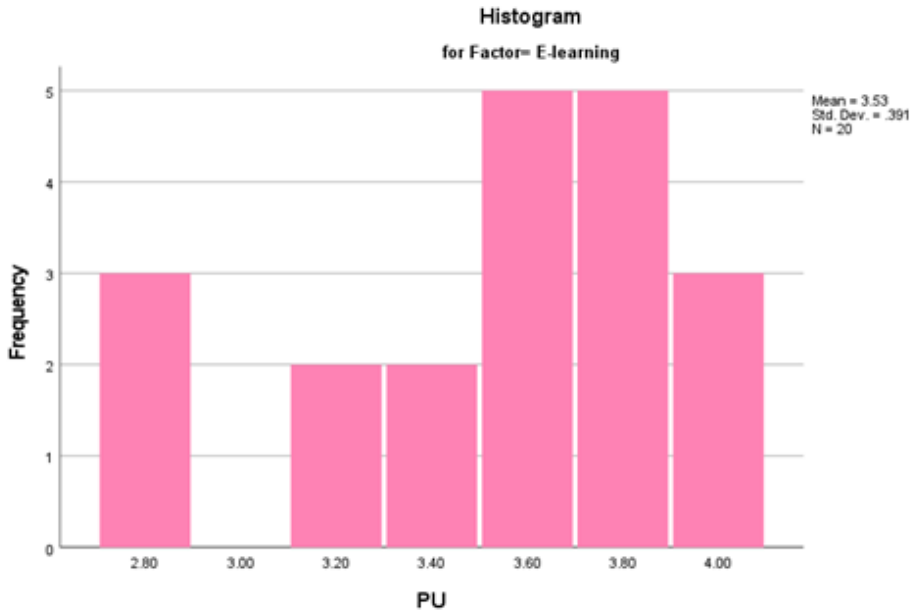
การตรวจสอบข้อมูล Histogram ความสามารถในการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน



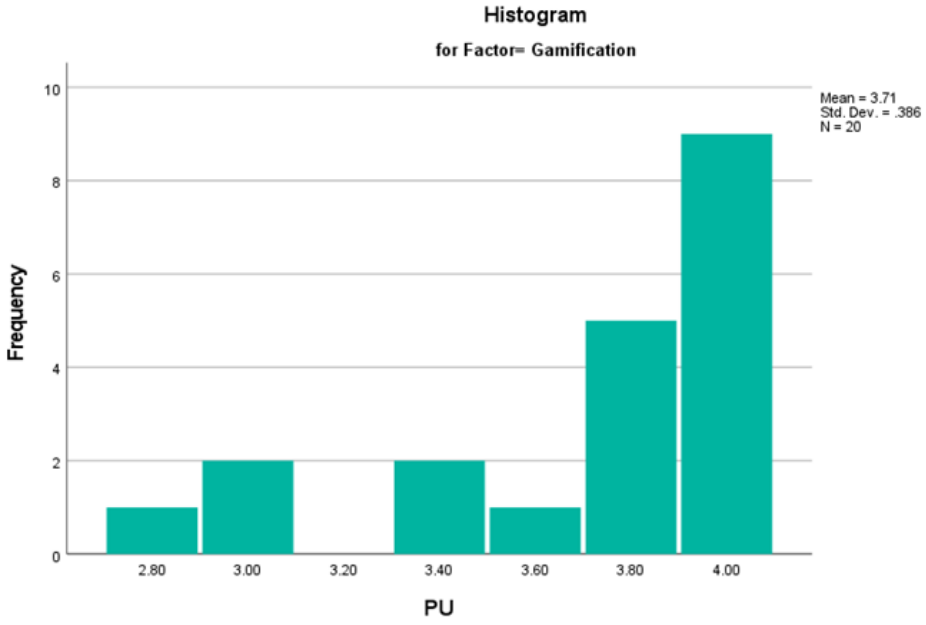
การตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูลความสามารถในการใช้งานด้วยวิธี Box plot



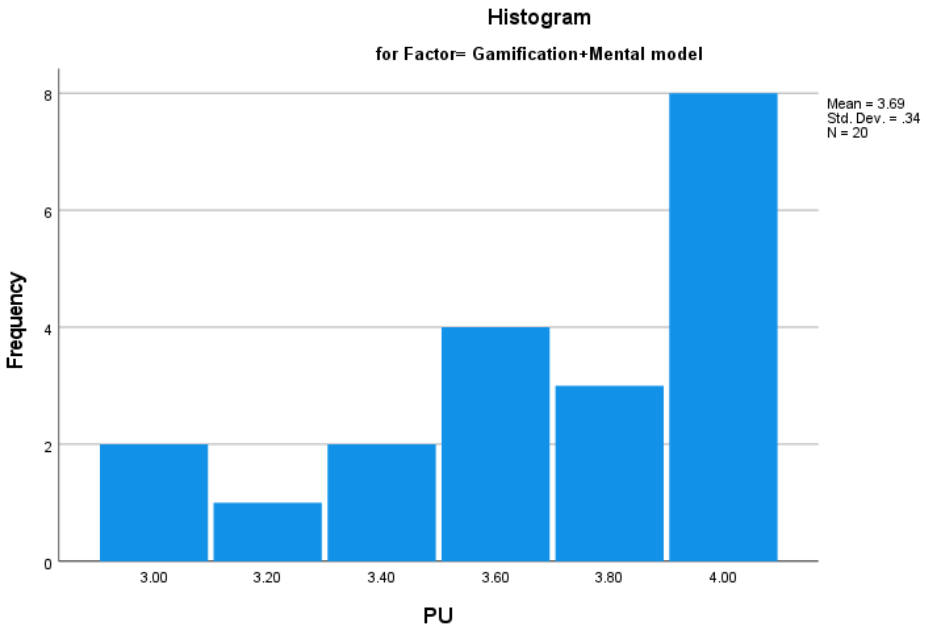
การตรวจสอบข้อมูล Histogram การรับรู้ประโยชน์หลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์



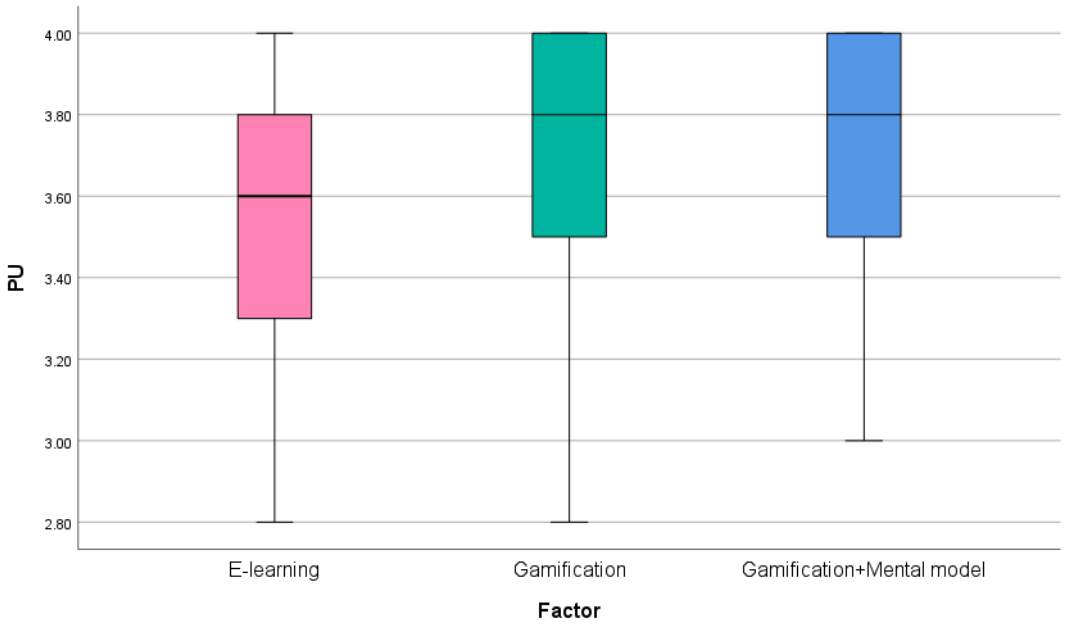
การตรวจสอบข้อมูล Histogram การรับรู้ประโยชน์หลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น



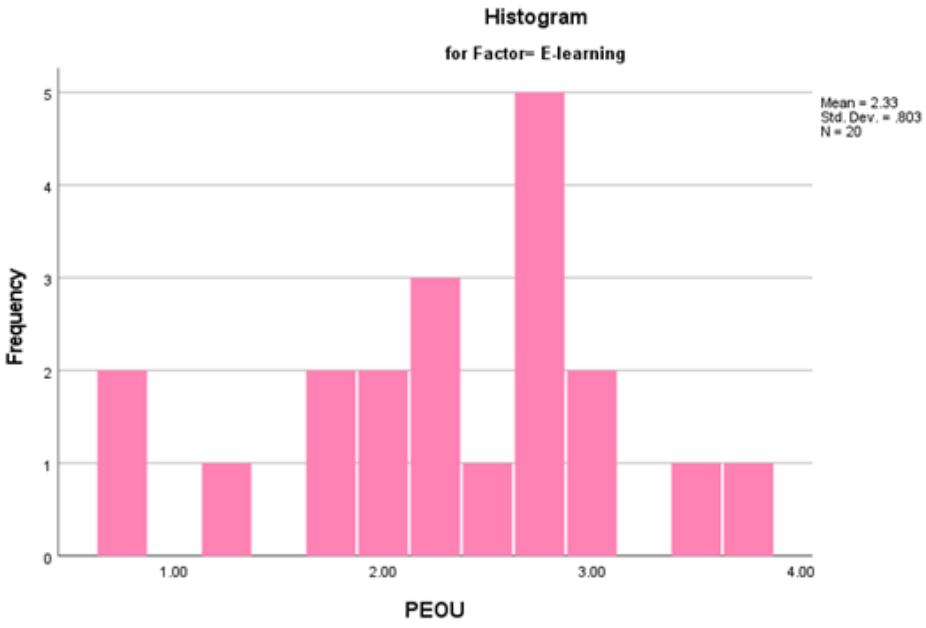
การตรวจสอบข้อมูล Histogram การรับรู้ประโยชน์หลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน



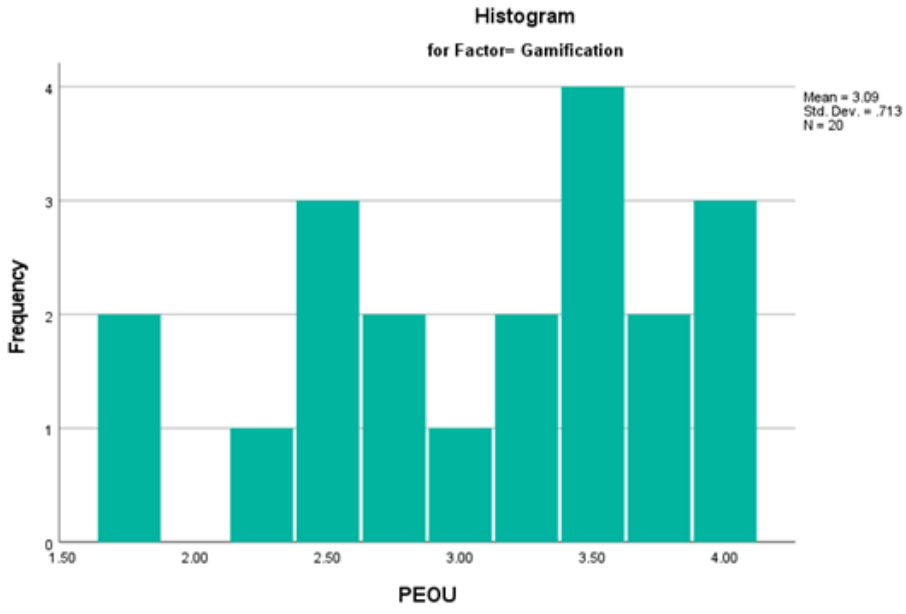
การตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูลการรับรู้ประโยชน์ด้วยวิธี Box plot



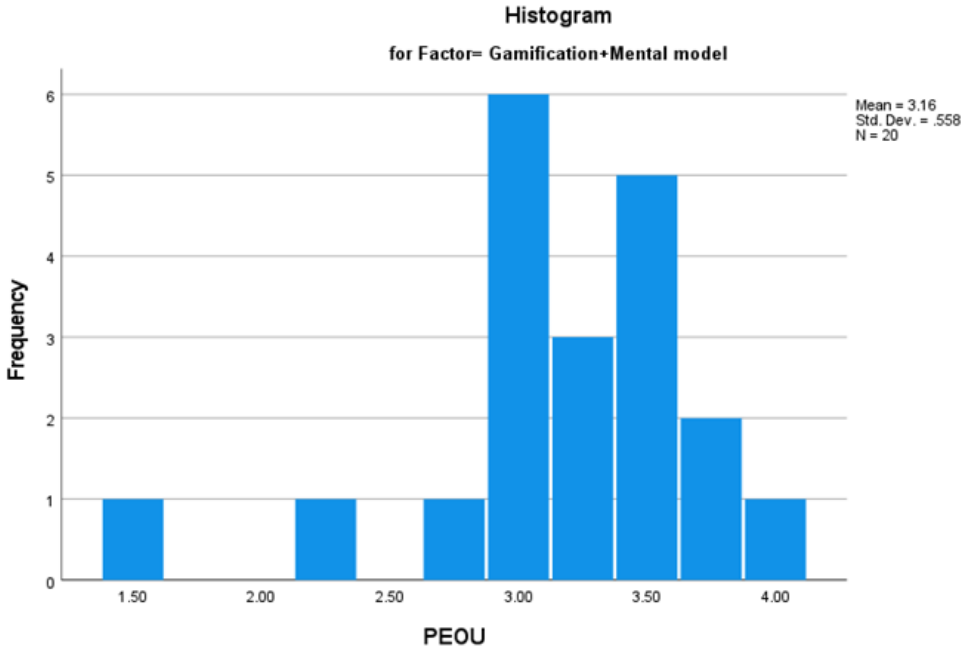
การตรวจสอบข้อมูล Histogram การรับรู้ความง่ายของการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์



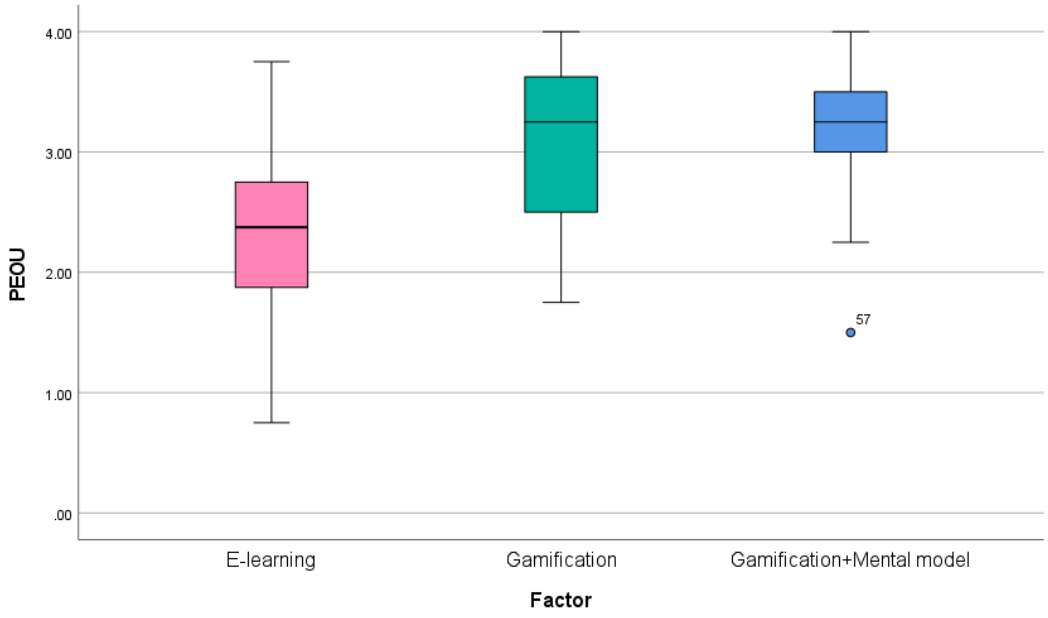
การตรวจสอบข้อมูล Histogram การรับรู้ความง่ายของการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น



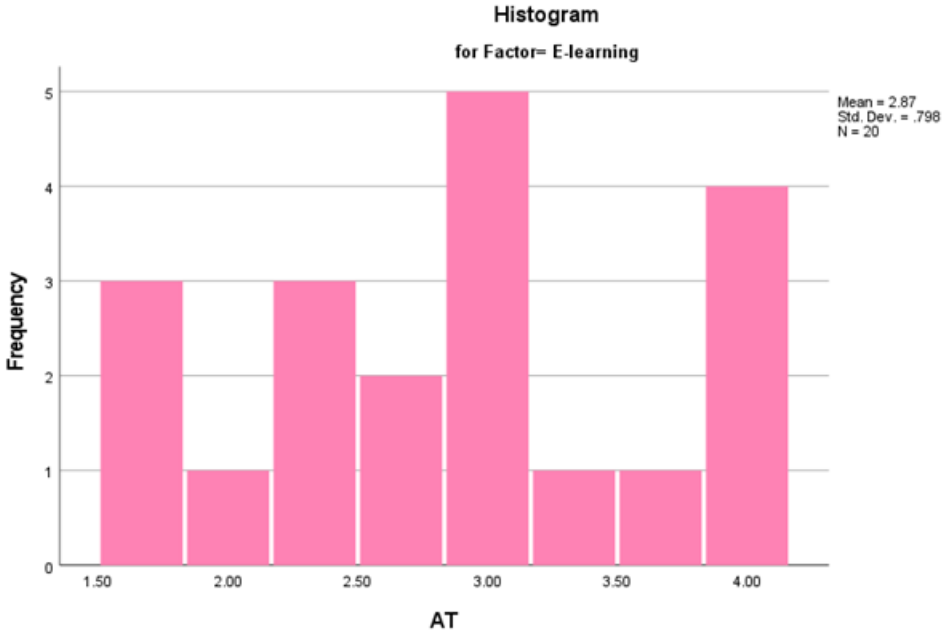
การตรวจสอบข้อมูล Histogram การรับรู้ความง่ายของการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน



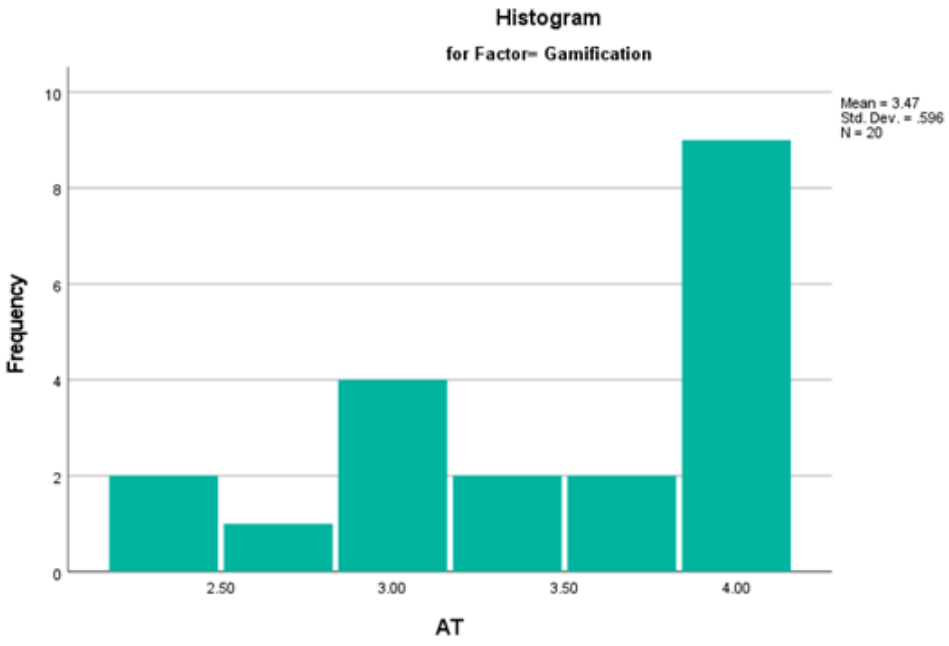
การตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูล การรับรู้ความง่ายของการใช้งานด้วยวิธี Box Plot



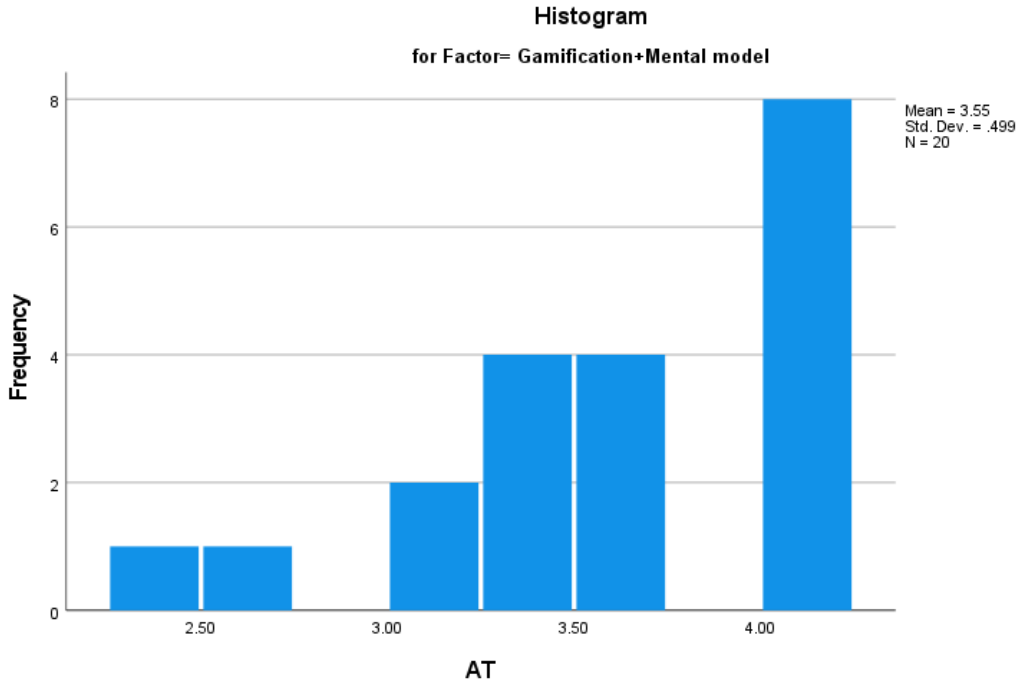
การตรวจสอบข้อมูล Histogram ทัศนคติต่อการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์



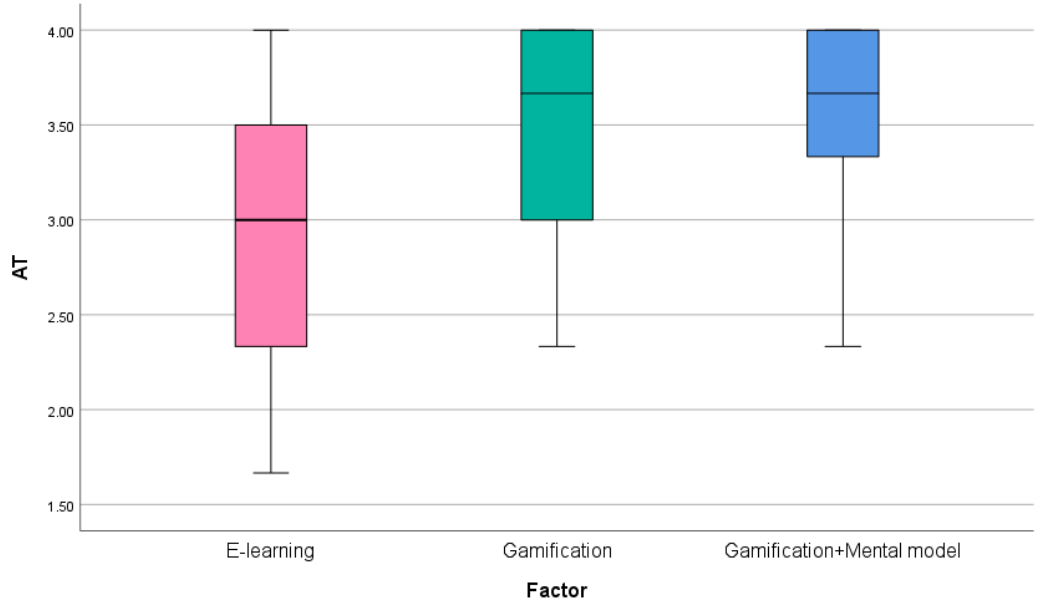
การตรวจสอบข้อมูล Histogram ทัศนคติต่อการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น



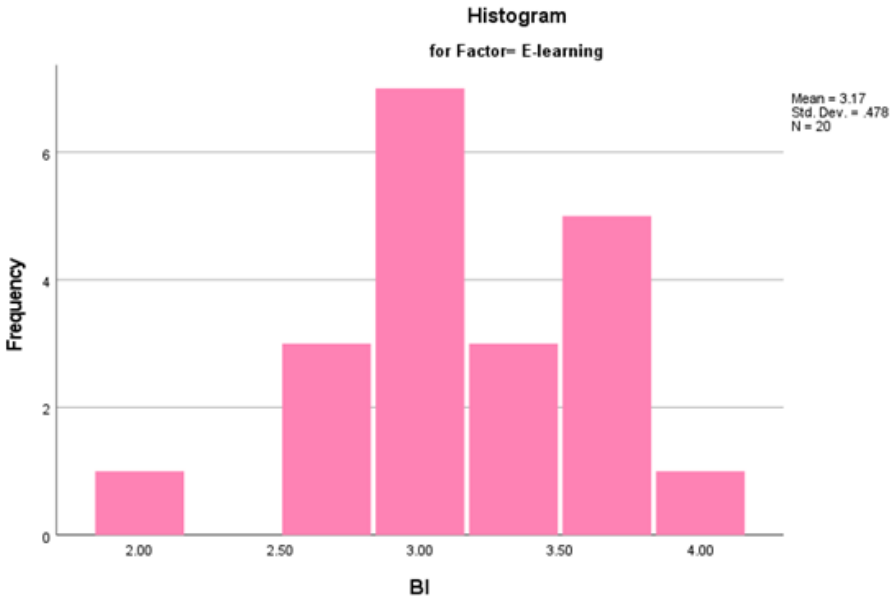
การตรวจสอบข้อมูล Histogram ทัศนคติต่อการใช้งานหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน



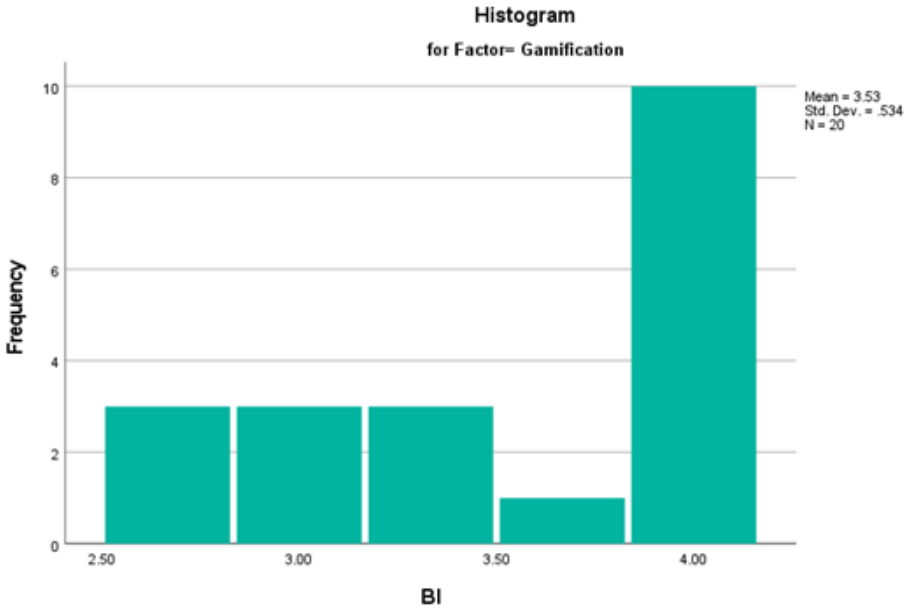
การตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูลทัศนคติต่อการใช้งานด้วยวิธี Box Plot



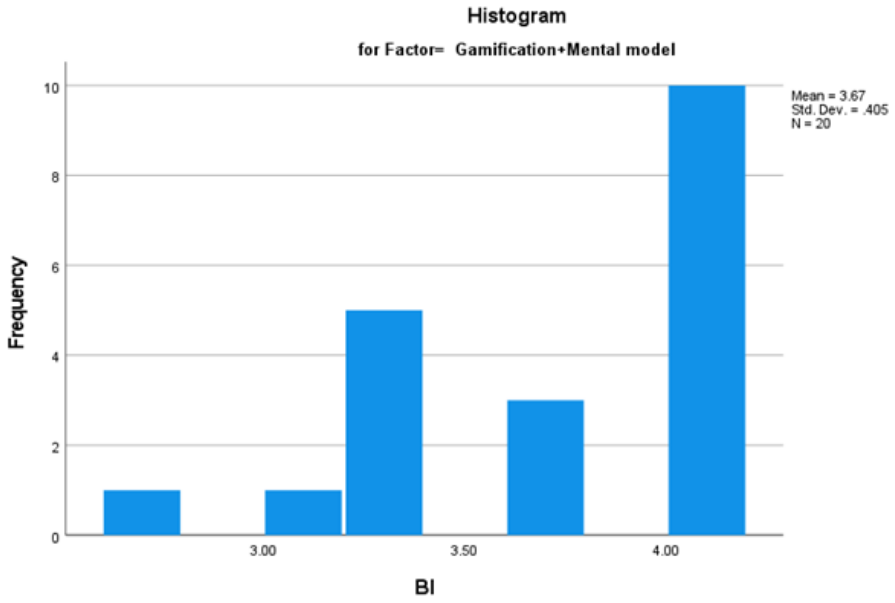
การตรวจสอบข้อมูล Histogram พฤติกรรมตั้งใจใช้ระบบหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์



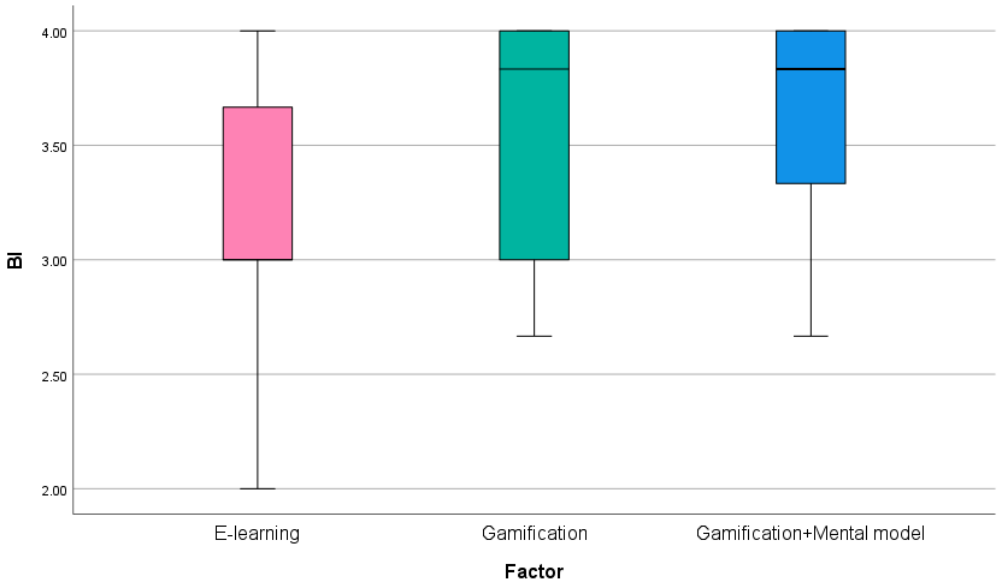
การตรวจสอบข้อมูล Histogram พฤติกรรมตั้งใจใช้ระบบหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น



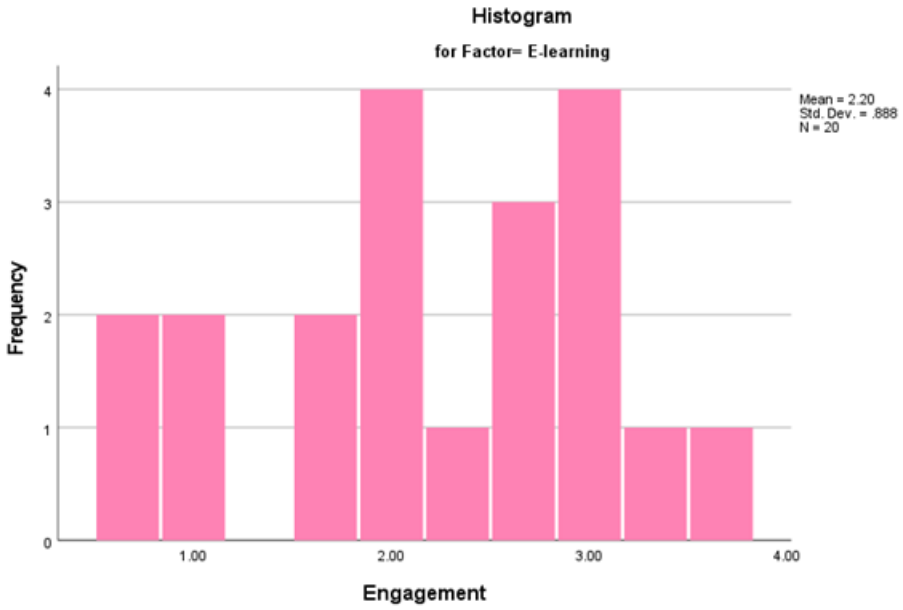
การตรวจสอบข้อมูล Histogram พฤติกรรมตั้งใจใช้ระบบหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน



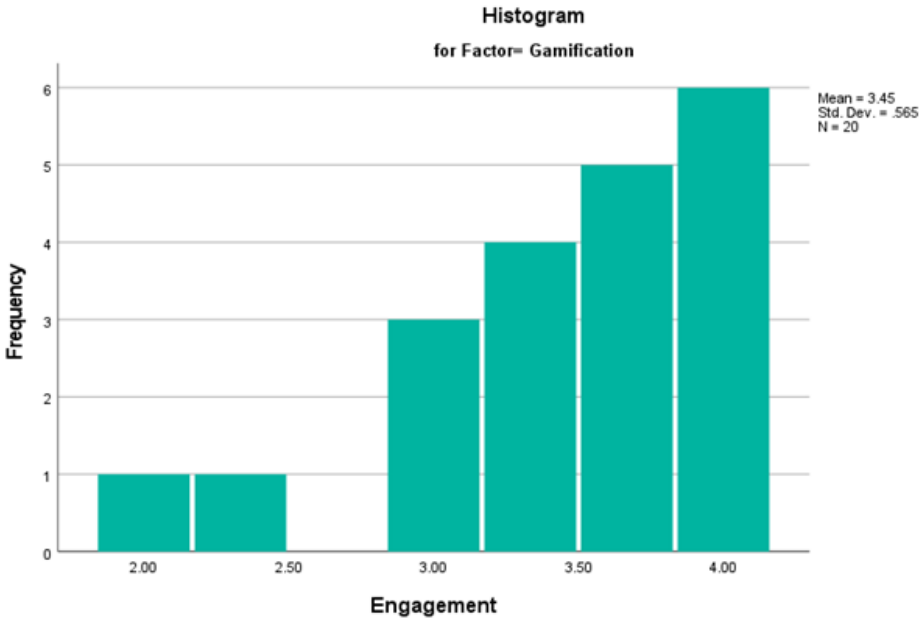
การตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูล พฤติกรรมตั้งใจใช้ระบบด้วยวิธี Box Plot



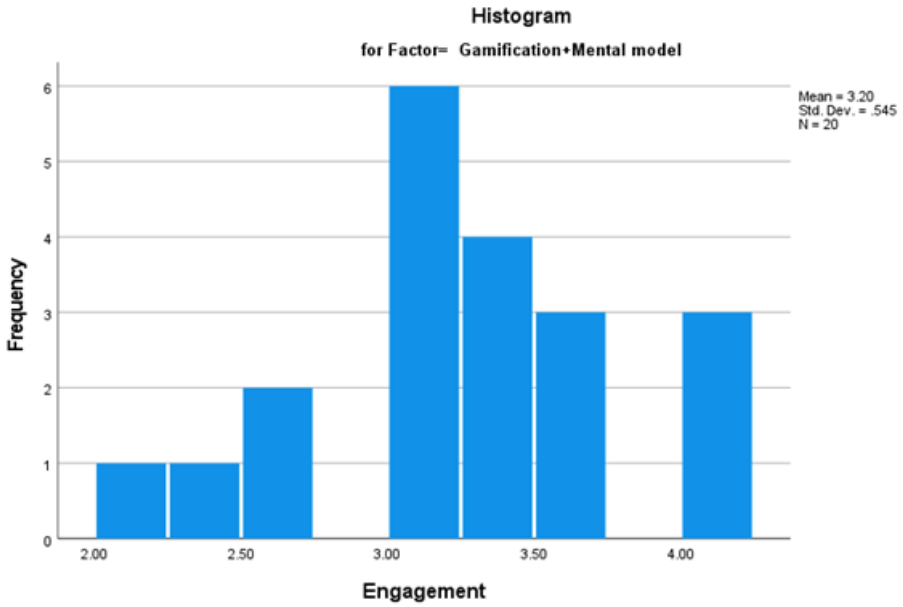
การตรวจสอบข้อมูล Histogram ความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบอิเล็กทรอนิกส์



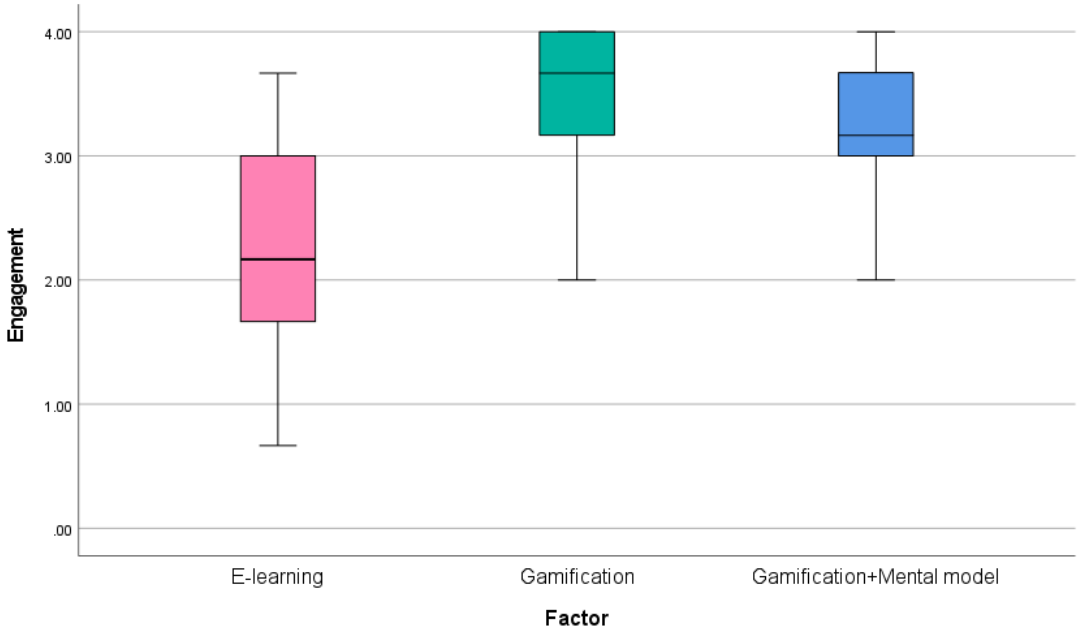
การตรวจสอบข้อมูล Histogram ความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่น



การตรวจสอบข้อมูล Histogram ความมีส่วนร่วมหลังเข้ารับการฝึกอบรมด้วยระบบการสอนแบบเกมมิฟิเคชั่นจากแบบจำลองความคิดของผู้ใช้งาน



การตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูลความมีส่วนร่วมด้วยวิธี Box Plot



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ญาดา ศรีวิบูลย์
วัน เดือน ปี เกิด	12 เมษายน 2541
สถานที่เกิด	นนทบุรี
วุฒิการศึกษา	วท.บ. (เคมี) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY