การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Development of Virtual Learning Environment Model with Engineering Design Process to Enhance Creative Thinking Skills for Ninth Grade Students

ผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล

Phongampai Thammaariyasakun

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Education in Educational Technology and Communication
Prince of Songkla University

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Development of Virtual Learning Environment Model with Engineering Design Process to Enhance Creative Thinking Skills for Ninth Grade Students

ผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล

Phongampai Thammaariyasakun

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Education in Educational Technology and Communication
Prince of Songkla University
2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผู้เขียน นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล

สาขาวิชา เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล)

.....

(ดร.ชไมพร อินทร์แก้ว)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อิศรา ก้านจักร)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล)

.....กรรมการ

(ดร.ชไมพร อินทร์แก้ว)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.โอภาส เกาไศยาภรณ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เถกิง วงศ์ศิริโชติ)

รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ.....

(ดร.ชไมพร อินทร์แก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ.....

(นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ผู้เขียน นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล
สาขาวิชา เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) เพื่อศึกษาผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 39 คน ใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม (Sampling Unit) จากห้องเรียน จำนวน 10 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม แบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม แบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA) และการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีทดสอบแบบ Bonferroni

ผลการวิจัยพบว่า (1) รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม มี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งแต่ละส่วนมีองค์ประกอบย่อย ดังนี้ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การติดต่อสื่อสาร 2) การทำงานร่วมกัน 3) การแบ่งปันทรัพยากร 4) การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ 5) การสนับสนุนผู้เรียน และกระบวนการออกแบบวิศวกรรมมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการกำหนดปัญหา 2) ขั้นการออกแบบ 3) ขั้นการพัฒนา 4) ขั้นการประเมินผล 5) ขั้นการนำเสนอ และมีผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมอยู่ในระดับมาก (2) ผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม พบว่า ทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 64.76 ครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 75.14 และครั้งที่ 3 มีค่าเท่ากับ 91.19 สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ : รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน, สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน, กระบวนการออกแบบวิศวกรรม, ทักษะความคิดสร้างสรรค์

Thesis Title Development of Virtual Learning Environment Model with Engineering Design Process to Enhance Creative Thinking Skills for Ninth Grade Students
Author Miss Phongampai Thammaariyasakun
Major Program Educational Technology and Communications
Academic Year 2022

ABSTRACT

The objectives of this research were 1) to develop a virtual learning environment model with engineering design process to enhance creative thinking skills for ninth grade students and 2) to examine the outcomes of utilizing the virtual learning environment model with engineering design process to enhance creative thinking skills for ninth grade students. The sample group for this research consisted of one classroom comprising 39 students from the ninth grade at Benjamarachutit Pattani School. The selection of the classroom was done using cluster random sampling, with a total of 10 classrooms considered and the classroom serving as the sampling unit. The research instruments included a virtual learning environment model with engineering design process, a virtual learning environment with engineering design process, and a lesson plan. Data were gathered through a suitability assessment of the virtual learning environment model with engineering design process, a quality assessment of the virtual learning environment with engineering design process, a quality assessment of the lesson plan, and an assessment of creative thinking skills. Subsequently, the collected data were analyzed using descriptive statistics, including mean, standard deviation, and percentage, as well as one-way repeated measure ANOVA and pairwise comparison using the Bonferroni method.

The findings revealed that a virtual learning environment with engineering design process consisted of two core components: a virtual learning environment and an engineering design process. Each component contained specific sub-elements. The virtual learning environment encompassed five sub-elements: 1) communication, 2) collaboration, 3) resource sharing, 4) creative reflection, and 5) learner support. The engineering design process involved five steps: 1) problem definition, 2) design, 3) development, 4) evaluation, and 5) presentation. An evaluation indicated that the suitability of the virtual learning environment model with engineering design process to enhance creative thinking skills was at a high level. Furthermore, the results showed that the utilization of the virtual learning environment with engineering design process significantly improved students' creative thinking skills. The average score increased from 64.76 in the first assessment to 75.14 in the second assessment and further rose to 91.19 in the third assessment. This improvement was statistically significant at the significance level of .01.

Keywords : Virtual Learning Environment Model, Virtual Learning Environment,
Engineering Design Process, Creative Thinking Skills

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล และ ดร.ชไมพร อินทร์แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือในการตรวจข้อบกพร่องต่าง ๆ ของการวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นจนวิทยานิพนธ์สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องจนทำให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์ และผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขปรับปรุงเนื้อหาให้ครอบคลุมและตรวจสอบความถูกต้อง และขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาวและครอบครัวที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจ รวมทั้งเพื่อนร่วมสาขาที่ได้ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนช่วยเหลือตลอดมา และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบความดีเหล่านี้ให้กับผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่านที่อำนวยความสะดวกเพื่อคุณประโยชน์ทางด้านการศึกษาให้กับผู้วิจัย

ผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... (5)
ABSTRACT ..... (6)
กิตติกรรมประกาศ ..... (7)
สารบัญ ..... (8)
รายการตาราง ..... (11)
รายการภาพประกอบ ..... (13)
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
สมมติฐานการวิจัย 4
ขอบเขตการวิจัย 5
ประโยชน์ของการวิจัย 5
นิยามศัพท์เฉพาะ 6
กรอบแนวคิดในการวิจัย 8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
1. สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual Learning Environment) 10
1.1 ความหมายของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน 10
1.2 ลักษณะของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน 12
1.3 เครื่องมือเทคโนโลยีที่ใช้ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน 21
1.4 ระดับของการนำสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมาจัดการเรียนการสอน 29
1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2. กระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) 32
2.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 32
2.2 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 34
2.3 เครื่องมือเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 50
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 66
3. ทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Skills) 68
3.1 ความหมายของทักษะความคิดสร้างสรรค์ 68
3.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับทักษะความคิดสร้างสรรค์ 70
3.3 องค์ประกอบของทักษะความคิดสร้างสรรค์ 76
3.4 แนวคิดการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ 77
3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 80
4. การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ 81
4.1 วิวัฒนาการของเว็บไซต์ 82
4.2 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนการสอน 83
4.3 หลักการออกแบบเว็บไซต์ 86
4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 88
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 90
การวิจัยระยะที่ 1 93
การวิจัยระยะที่ 2 115
บทที่ 4 ผลการวิจัย 123
ตอนที่ 1 123
ตอนที่ 2 128
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย 133

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สรุปผลการวิจัย 133
อภิปรายผลการวิจัย 134
ข้อเสนอแนะงานวิจัย 156
บรรณานุกรม 157
ภาคผนวก 170
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ 171
ภาคผนวก ข สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 183
ภาคผนวก ค ผลงานนักเรียน 198
ภาคผนวก ง ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย 206
ภาคผนวก จ แบบประเมินคุณภาพ 216
ภาคผนวก ฉ ผลการประเมิน 238
ภาคผนวก ช ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 249
ประวัติผู้เขียน 266

รายการตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 หลักการปฏิบัติที่ดี 7 ประการ ของ Chickering and Ehrmann 13
ตารางที่ 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน 20
ตารางที่ 3 การสังเคราะห์เครื่องมือของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน 27
ตารางที่ 4 สัดส่วนการนำเสนอเนื้อหาทางออนไลน์ 31
ตารางที่ 5 การสังเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 49
ตารางที่ 6 การสังเคราะห์เครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 64
ตารางที่ 7 การวิเคราะห์เนื้อหา 103
ตารางที่ 8 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 117
ตารางที่ 9 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เสมือน
ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 127
ตารางที่ 10 ผลการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนด้วยกระบวนการออกแบบ
วิศวกรรม 128
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม
ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 129
ตารางที่ 12 ผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม
ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 130
ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ
สำหรับผลทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 131
ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยทักษะความคิดสร้างสรรค์
จากการวัด 3 ครั้ง 132
ตารางที่ 15 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบประเมินความเหมาะสม
ของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ... 207
ตารางที่ 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบประเมินคุณภาพ
ของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 210

รายการตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 212
ตารางที่ 18 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ 215
ตารางที่ 19 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 239
ตารางที่ 20 ผลการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 242
ตารางที่ 21 ผลการประเมินคุณภาพของคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 245
ตารางที่ 22 ผลการประเมินคุณภาพของแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ 247

รายการภาพประกอบ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด 8
ภาพที่ 2 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย MDE 36
ภาพที่ 3 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย NSF 38
ภาพที่ 4 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย NGSS 41
ภาพที่ 5 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย MDESE 42
ภาพที่ 6 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย สุธิดา การีมี 44
ภาพที่ 7 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย NASA 45
ภาพที่ 8 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย Valenzuela 46
ภาพที่ 9 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย Han and Shim 47
ภาพที่ 10 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย Precharattana et al. 48
ภาพที่ 11 อนุกรมวิธานของ Bloom (Bloom's Taxonomy) 78
ภาพที่ 12 ภาพรวมการวิจัยระยะที่ 1 และระยะที่ 2 91
ภาพที่ 13 ตัวอย่างแผนผังโครงสร้างเว็บไซต์ 106
ภาพที่ 14 ตัวอย่างการออกแบบเค้าโครงเว็บเพจหน้าแรก 107
ภาพที่ 15 ตัวอย่างการออกแบบเค้าโครงเว็บเพจขั้นการกำหนดปัญหา 107
ภาพที่ 16 แผนผังกระบวนการออกแบบและพัฒนาสื่อตามหลัก ADDIE Model 112
ภาพที่ 17 ขั้นตอนในการวิจัยระยะที่ 2 115
ภาพที่ 18 รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 126
ภาพที่ 19 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทักษะความคิดสร้างสรรค์จำนวน 3 ครั้ง 131
ภาพที่ 20 แสดงหน้าแรกของการเข้าสู่สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 184
ภาพที่ 21 แสดงหน้าขั้นตอนการเรียนรู้ของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 185
ภาพที่ 22 แสดงหน้ากิจกรรมการเรียนรู้ของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 186

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 23 แสดงหน้ากิจกรรมการเรียนรู้ของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 187
ภาพที่ 24 แสดงหน้าปฏิทินกิจกรรมของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 188
ภาพที่ 25 แสดงหน้าติดตามงานของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 189
ภาพที่ 26 ช่องทางการติดต่อของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 190
ภาพที่ 27 ตัวอย่างเนื้อหาบางส่วนในวิดีโอ 191
ภาพที่ 28 เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร โปรแกรม Discord 192
ภาพที่ 29 เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร โปรแกรม Google Meet 193
ภาพที่ 30 เครื่องมือการทำงานร่วมกัน โปรแกรม Miro 194
ภาพที่ 31 เครื่องมือการทำงานร่วมกัน โปรแกรม Canva Education 195
ภาพที่ 32 เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร โปรแกรม Padlet 195
ภาพที่ 33 เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร โปรแกรม Artsteps 196
ภาพที่ 34 เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ โปรแกรม Padlet 196
ภาพที่ 35 เครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน โปรแกรม Miro 197
ภาพที่ 36 เครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน โปรแกรม Canva Education 197
ภาพที่ 37 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 1 199
ภาพที่ 38 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 2 200
ภาพที่ 39 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3 201
ภาพที่ 40 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 4 202
ภาพที่ 41 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 5 203
ภาพที่ 42 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 6 204
ภาพที่ 43 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 7 205

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากวิกฤตการณ์โควิด-19 ส่งผลให้เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและเข้ามามีบทบาทสำคัญในการจัดการศึกษามากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังได้สร้างความท้าทายใหม่ให้กับผู้สอนในการจัดการเรียนการสอนท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงนี้ เนื่องจากการเรียนการสอนได้เปลี่ยนจากการสอนแบบตัวต่อตัวในชั้นเรียน ไปสู่การสอนแบบออนไลน์อย่างเต็มรูปแบบ ผู้สอนจึงไม่เพียงแต่ทำหน้าที่ออกแบบการเรียนการสอนใหม่ในรูปแบบออนไลน์เท่านั้น แต่ต้องมีการจัดหาทรัพยากรการเรียนรู้ในรูปแบบดิจิทัล รวมถึงการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะที่จำเป็นในโลกแห่งการเปลี่ยนแปลงนี้ สอดรับกับแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ระบุไว้ว่า การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ผู้สอนต้องมุ่งให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นต่อการประสบความสำเร็จในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนานวัตกรรมเทคโนโลยีสมัยใหม่อยู่เสมอ ซึ่งทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา การสื่อสารและการทำงานร่วมกัน แต่ผลลัพธ์การศึกษาไทยในปัจจุบันยังประสบกับปัญหาด้านคุณภาพในการจัดการศึกษาที่ขาดคุณภาพและมาตรฐาน คุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ของเยาวชนไทยอยู่ในระดับต่ำ ปัญหาเหล่านี้เกิดจากระบบการเรียนการสอนที่เน้นการสอนเนื้อหาและความจำมากกว่าการพัฒนาทักษะการคิด ส่งผลให้ผู้เรียนขาดความคิดสร้างสรรค์ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) สอดคล้องกับผลการประเมินความสามารถทางการแข่งขันด้านการศึกษาของประเทศไทยเปรียบเทียบกับนานาชาติ พบว่า ระบบการศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบันยังไม่สามารถพัฒนาผู้เรียนไปสู่เป้าหมายตามกำหนดได้อย่างเต็มที่ ส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตได้อย่างมั่นคง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2566)

การจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดีและเหมาะสมให้กับผู้เรียนเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการส่งเสริมทักษะการคิดให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน เนื่องด้วยการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ (Learning Environment) ในปัจจุบัน นอกจากสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ทางกายภาพ (Physical Learning Environment) เช่น การเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติหรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัวผู้เรียนจะมีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนแล้ว การจัด

สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual Learning Environment) ที่ใช้เทคโนโลยีและเครือข่ายอินเทอร์เน็ตยังช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อีกด้วย ผู้สอนจึงควรพิจารณานำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาใช้ เช่น อุปกรณ์พกพาและห้องเรียนเสมือนจริง 3 มิติ และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีเพื่อสร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ทันสมัยและส่งเสริมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Chaiyarak et al., 2021; Khlaisang & Songkram, 2019; Rungrangtanapol & Khlaisang, 2021) สอดรับกับมาตรฐานเทคโนโลยีทางการศึกษาที่กำหนดโดยสมาคมสื่อสารและเทคโนโลยีการศึกษาแห่งสหรัฐอเมริกา ระบุไว้ในมาตรฐานที่ 3 ว่าด้วยการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เป็นปัจจัยสำคัญเพื่อให้เกิดสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นจากสถานที่แบบเผชิญหน้าหรือสิ่งแวดล้อมแบบเสมือน ผู้สอนจึงต้องปรับเปลี่ยนบทบาทของตนเองไปเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการสอน และมุ่งให้ความสนใจในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (Association for Education Communications and Technology [AECT], 2012) ดังที่ ทิศนา แขมมณี (2562) ได้กล่าวไว้ว่า การมีสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีทางเลือกหลากหลาย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสนใจ สร้างแรงจูงใจในการคิด ลงมือทำ มีความเป็นมิตร จะเอื้อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข ดังนั้นผู้สอนจึงควรมีการวางแผน ออกแบบ พัฒนาการเรียนการสอนและเพิ่มขีดความสามารถของผู้เรียนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นอย่างทันท่วงที

การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันผู้สอนต้องมีการพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนอย่างหลากหลาย สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นเครื่องมือการเรียนรู้หนึ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการเรียนรู้ของผู้เรียนในยุคดิจิทัลที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนได้กลายเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่จำเป็น เพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้และช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้พร้อม ๆ กัน ตลอดจนสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ทุกที่ทุกเวลา (Chaiyarak et al., 2021) สามารถบูรณาการเครื่องมือเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสาร การทำงานร่วมกัน และแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ของผู้เรียนได้ทั้งในรูปแบบประสานเวลาและไม่ประสานเวลา (Santosa et al., 2022) ซึ่งการเรียนรู้เหล่านี้เกิดขึ้นได้ภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tang et al. (2022) ได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือเทคโนโลยีได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการสอนแบบดั้งเดิม โดยทำให้เกิดการเรียนรู้ผ่านอุปกรณ์เทคโนโลยีแบบพกพา การแสดงผลป้อนกลับแบบทันที การเชื่อมต่อที่ราบรื่นเกิดขึ้นได้

จริงและส่งผลเชิงบวกต่อผู้เรียน ได้แก่ แรงจูงใจ ความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถและทักษะที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนที่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์เป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาผู้เรียนที่กระทรวงศึกษาธิการมุ่งเน้นและให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะผู้เรียนที่มีทักษะความคิดสร้างสรรค์จะแสวงหาแนวคิด วิธีการทำงาน และเครื่องมืออำนวยความสะดวกที่แปลกใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานซึ่งเป็นประโยชน์ต่อองค์กรอย่างยิ่ง สอดคล้องกับรายงานของ World Economic Forum (2020) ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของทักษะที่ต้องการในงานต่าง ๆ ในอนาคต ส่งผลให้ในปี 2568 ช่องว่างของทักษะ (Skill Gap) มีแนวโน้มที่สูงขึ้น รูปแบบการเรียนรู้ และการพัฒนาทักษะ ถูกกำหนดให้ปรับเปลี่ยนเป็นรูปแบบออนไลน์เพิ่มมากขึ้น ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องมีทักษะความคิดสร้างสรรค์ที่โดดเด่น เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการขององค์กรและรองรับการทำงานในอนาคต แต่อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันผู้เรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับต่ำ ปัญหานี้เกิดจากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบรรยายและการท่องจำเป็นสำคัญ ขาดการฝึกฝนทักษะการคิดให้กับผู้เรียน การจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนถูกสอนให้เรียนรู้ตามกรอบที่ผู้สอนอยากให้รู้ โดยไม่ได้ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญต่อทักษะความคิดสร้างสรรค์ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2566) ดังนั้นผู้สอนต้องมีการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่เหมาะสมร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เอื้อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีให้ผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเรียนรู้อย่างแท้จริง (วีซานา อับดุลเลาะ และ วุฒิชัย เนียมเทศ, 2563)

การจัดการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์ คือ การจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Precharattana et al., 2023) ที่เป็นวงจรการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด วิเคราะห์สถานการณ์และผลกระทบ นำไปสู่การออกแบบแนวทางแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งผู้เรียนสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงการออกแบบได้อย่างต่อเนื่องผ่านการทดสอบ วิเคราะห์และออกแบบใหม่ซ้ำแล้วซ้ำอีกจนกระทั่งได้แนวคิดที่เหมาะสมที่สุด โดยแนวคิดที่เกิดจากการดำเนินการตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรมแต่ละขั้นเป็นส่วนหนึ่งที่แสดงให้เห็นทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนแต่ละบุคคล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aini and Aini (2023)

พบว่า ผู้เรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นจากการเรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม มีขั้นตอนที่สำคัญที่สุดคือ การสร้างต้นแบบ โดยผู้เรียนสร้างต้นแบบที่มีวิธีแก้ปัญหาและนำเสนอผลงานต้นแบบ นอกจากนี้ยังเลือกต้นแบบเพื่อพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ กิจกรรมนี้จึงสามารถพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ และสอดคล้องกับแนวคิดของ Arık and Topçu (2020) กล่าวว่ากระบวนการออกแบบวิศวกรรมมีโครงสร้างการทำงานแบบวนซ้ำในขั้นตอนการออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ และสามารถย้อนกลับไปออกแบบใหม่ได้ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดสร้างสรรค์ด้วยการทำซ้ำ เนื่องด้วยการทำซ้ำในการเรียนรู้สามารถเปลี่ยนร่างทักษะหรือความรู้จากจิตสำนึกไปสู่จิตใต้สำนึก ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้ฝึกฝนในห้องเรียนนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างรู้เท่าทันและประสบความสำเร็จ

จากประเด็นสำคัญข้างต้นผู้วิจัยเล็งเห็นว่า ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาความรู้ความสามารถและทักษะเพื่อให้พร้อมที่จะเติบโตเป็นกำลังสำคัญของประเทศชาติ ด้วยการฝึกฝนพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ ได้ลงมือสร้างสิ่งของ สร้างสรรค์ผลงาน และคิดประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่วัยเด็ก เพราะทักษะความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะที่สำคัญสำหรับรับมือกับการเปลี่ยนแปลงในโลกที่ไม่หยุดนิ่ง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกทำการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพราะเป็นกลุ่มที่กำลังจะเติบโตเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ ดังนั้นการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นสิ่งจำเป็นและยังเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อให้สามารถปรับตัวทั้งทางร่างกายและจิตใจให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นบุคคลที่พร้อมใช้ชีวิตในสังคมแห่งอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อศึกษาผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี ที่เรียนโดยใช้รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม มีทักษะความคิด

สร้างสรรค์หลังเรียนครั้งที่ 1 หลังเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียนครั้งที่ 3 สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี

2. กลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*Power เวอร์ชัน 3.1.9 ในการคำนวณ โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random sampling) ซึ่งมีนักเรียนแบบคละความรู้ความสามารถแล้วใช้วิธีการจับฉลาก จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 39 คน

3. ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

3.1) ตัวแปรต้น ได้แก่ รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

3.2) ตัวแปรตาม ได้แก่ ทักษะความคิดสร้างสรรค์

4. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีแก้ปัญหา รายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ใช้เป็นเนื้อหาในการเรียนเพื่อวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ประโยชน์เชิงวิชาการ

1.1) ได้รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.2) ได้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.3) ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. ประโยชน์เชิงกระบวนการ

2.1) ได้แนวทางในการออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.2) สร้างความตระหนักให้กับผู้สอนในการพัฒนาการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรมและมีความหลากหลาย

3. ประโยชน์เชิงนโยบาย

3.1) นำเสนอรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นต้นแบบในการพัฒนาให้กับผู้สอนในการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ต่อคณะกรรมการสถานศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์

3.2) เป็นแนวทางในการพัฒนาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ในพื้นที่นวัตกรรมการศึกษาจังหวัดปัตตานี

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual Learning Environment) หมายถึง พื้นที่แห่งการเรียนรู้แบบออนไลน์ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบเพื่อจัดการเรียนการสอนโดยมีเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่สนับสนุนผู้เรียนให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนที่ได้รับการออกแบบแล้วโดยเรียนได้ทุกที่ทุกเวลา

2. กระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) หมายถึง ขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีโครงสร้างการทำงานแบบวนซ้ำ เพื่อแก้ปัญหาภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด วิเคราะห์สถานการณ์และผลกระทบ นำไปสู่การออกแบบแนวทางแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem Definition) 2) ขั้นการออกแบบ (Design) 3) ขั้นการพัฒนา (Development) 4) ขั้นการประเมินผล (Evaluation) 5) ขั้นการนำเสนอ (Presentation)

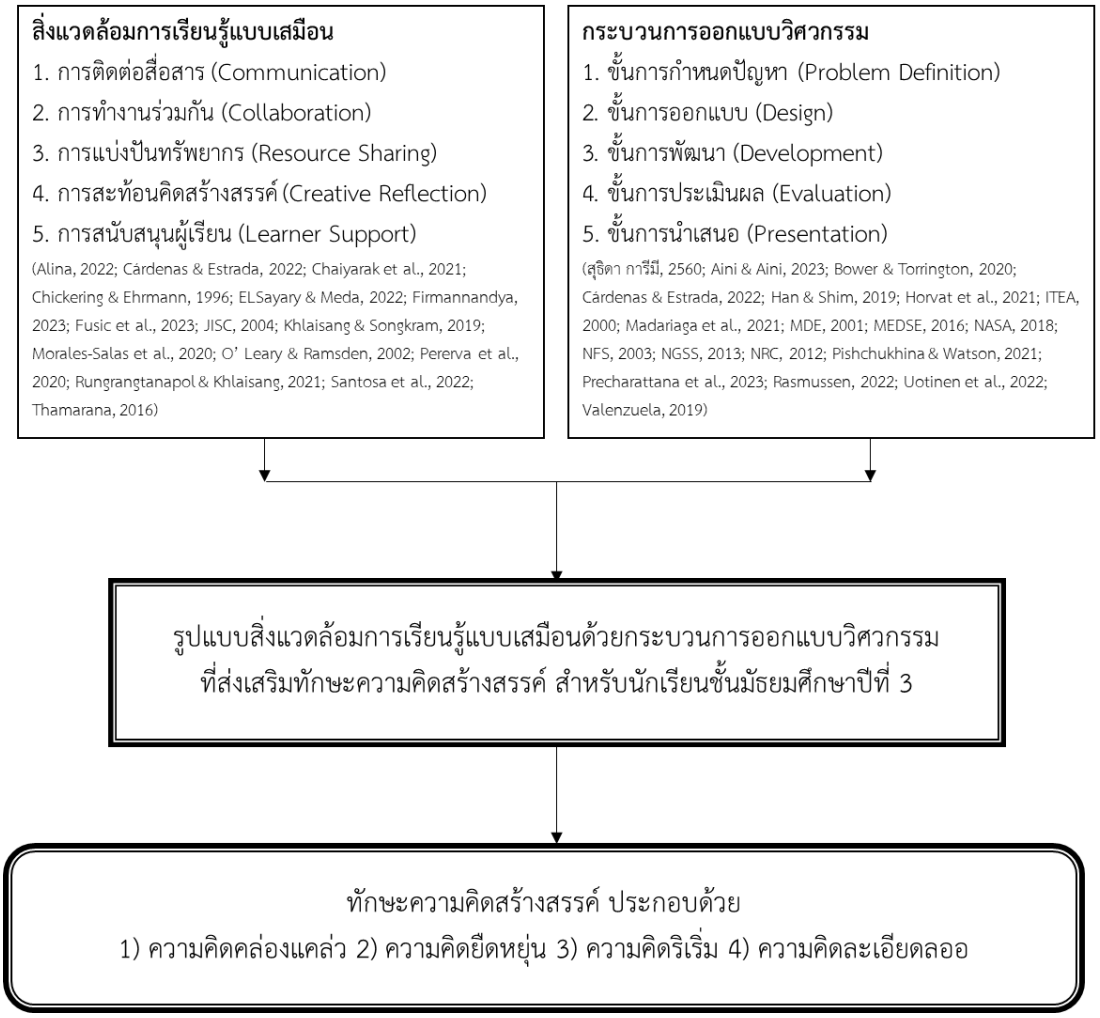
3. สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Virtual Learning Environment with Engineering Design Process) หมายถึง พื้นที่แห่งการเรียนรู้แบบออนไลน์ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบโดยมีเครื่องมือ

ทางเทคโนโลยีที่นำมาใช้สนับสนุนผู้เรียนให้เกิดการปฏิสัมพันธ์และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งแต่ละส่วนมีองค์ประกอบย่อย ดังนี้ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน มี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การติดต่อสื่อสาร (Communication) 2) การทำงานร่วมกัน (Collaboration) 3) การแบ่งปันทรัพยากร (Resource Sharing) 4) การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ (Creative Reflection) 5) การสนับสนุนผู้เรียน (Learner Support) และผสมผสานกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem Definition) 2) ขั้นการออกแบบ (Design) 3) ขั้นการพัฒนา (Development) 4) ขั้นการประเมินผล (Evaluation) 5) ขั้นการนำเสนอ (Presentation) ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา

4. รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Virtual Learning Environment Model with Engineering Design Process) หมายถึง แบบแผนการดำเนินการจัดการเรียนการสอนที่เป็นพื้นที่แห่งการเรียนรู้แบบออนไลน์ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบโดยมีเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่นำมาใช้สนับสนุนผู้เรียนให้เกิดการปฏิสัมพันธ์และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งแต่ละส่วนมีองค์ประกอบย่อย ดังนี้ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การติดต่อสื่อสาร (Communication) 2) การทำงานร่วมกัน (Collaboration) 3) การแบ่งปันทรัพยากร (Resource Sharing) 4) การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ (Creative Reflection) 5) การสนับสนุนผู้เรียน (Learner Support) และผสมผสานกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem Definition) 2) ขั้นการออกแบบ (Design) 3) ขั้นการพัฒนา (Development) 4) ขั้นการประเมินผล (Evaluation) 5) ขั้นการนำเสนอ (Presentation) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

5. ทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Skills) หมายถึง ความชำนาญทางการคิดที่สามารถสร้างสรรค์มุมมองได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่ และพัฒนาจากของเดิมหรือคิดใหม่ นำไปสู่การลงมือปฏิบัติให้ได้ผลสำเร็จที่เป็นรูปธรรม ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความคิดคล่องแคล่ว 2) ความคิดยืดหยุ่น 3) ความคิดริเริ่ม 4) ความคิดละเอียดลออ โดยมีคุณภาพของผลงานเป็นตัวชี้ระดับที่สามารถวัดได้ด้วยแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้กำหนดสาระสำคัญประกอบด้วยหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual Learning Environment)
    1.1) ความหมายของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
    1.2) ลักษณะของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
    1.3) เครื่องมือเทคโนโลยีที่ใช้ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
    1.4) ระดับการนำสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมาใช้จัดการเรียนการสอน
    1.5) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. กระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process)
    2.1) ความหมายของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม
    2.2) ขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม
    2.3) เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการออกแบบวิศวกรรม
    2.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Skills)
    3.1) ความหมายของทักษะความคิดสร้างสรรค์
    3.2) ทฤษฎีเกี่ยวกับทักษะความคิดสร้างสรรค์
    3.3) องค์ประกอบของทักษะความคิดสร้างสรรค์
    3.4) แนวคิดการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้
    3.5) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์
    4.1) วิวัฒนาการของเว็บไซต์
    4.2) ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนการสอน
    4.3) หลักการออกแบบเว็บไซต์
    4.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual Learning Environment : VLE)

ภายหลังจากการเกิดขึ้นของอินเทอร์เน็ตในช่วงต้นทศวรรษ 1990 เครื่องมือและผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ จำนวนมากได้รับการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ ตั้งแต่กลางทศวรรษที่ 1990 ผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ชุมชนการศึกษาที่มีชื่อว่า สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ได้ปรากฏตัวขึ้น โดยมีจุดประสงค์เพื่อสนับสนุนกิจกรรมการเรียนรู้และการสอนผ่านอินเทอร์เน็ต (O'Leary & Remsden, 2002) ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทั้งด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร วิวัฒนาการของมัลติมีเดีย ส่งผลให้สามารถพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนได้หลายลักษณะ ซึ่งเป็นนวัตกรรมการศึกษาที่สำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยมีผู้ให้คำจำกัดความของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ดังนี้

1.1 ความหมายของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหมายของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน นักวิชาการได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

Brent (1996) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นสภาพแวดล้อมการเรียนรู้บนฐานของคอมพิวเตอร์หรือเทคโนโลยี เป็นระบบเปิดที่มีการสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้เกี่ยวข้องและผู้สอนให้สามารถเข้าถึงทรัพยากรได้อย่างกว้างขวาง

Barajas and Owen (2000) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นเทคโนโลยีที่ผสานร่วมระหว่างการปฏิสัมพันธ์แบบทางไกลและแบบเผชิญหน้า นำมาใช้แบบเสมือนได้ในเวลาเดียวกัน

Dillenbourg et al. (2002) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นระบบที่ประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น พื้นที่ข้อมูล (Information Space) ที่ได้ผ่านการออกแบบมาแล้ว และพื้นที่ทางสังคม (Social Space) ที่เป็นพื้นที่ให้ผู้เรียนได้เข้าร่วมทำกิจกรรมหรือนำเสนอผลงานได้อย่างกระตือรือร้น

Joint Information Systems Committee (JISC, 2004) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน คือ ชุดเครื่องมือแบบบูรณาการที่ช่วยในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ การจัดเตรียมกลไกการส่งมอบ การติดตามผู้เรียน การประเมิน และการเข้าถึงแหล่งข้อมูล โดยทั่วไปสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนจะรวมเครื่องมือที่สามารถสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้หลายวิธี ได้แก่ การสื่อสาร (Communication) การประเมินผล (Assessment) การทำงานร่วมกัน (Collaboration) และเครื่องมืออำนวยความสะดวกอื่น ๆ (Other facilities)

Sneha and Nagaraja (2013) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นพื้นที่เสมือนจริงที่ผู้เรียนและผู้สอนสามารถใช้เพื่อการนำเสนอ การแบ่งปันทรัพยากร การร่วมกิจกรรม และการโต้ตอบซึ่งกันและกัน รูปแบบการสอนนี้สามารถใช้ได้ทั้งในหลักสูตรการเรียนออนไลน์หรือหลักสูตรการเรียนแบบเผชิญหน้า อีกทั้งยังเป็นวิธีการจัดการประสบการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ อำนวยความสะดวก สนับสนุนการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและผู้สอนให้มีประสบการณ์การเรียนรู้ร่วมกัน

Oxford University Press (2016) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นระบบสำหรับส่งมอบสื่อการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนผ่านทางเว็บ รวมถึงการประเมิน การติดตาม การทำงานร่วมกัน และเครื่องมือสื่อสารที่สามารถเข้าถึงได้ทั้งในและนอกสถานศึกษา ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงการเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลาอย่างไม่มีข้อจำกัด

Thamarana (2016) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นสภาพแวดล้อมออนไลน์ (เว็บ) ซึ่งมีเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับผู้เรียนและผู้สอน เพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ โดยทั่วไปสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนจะทำงานผ่านระบบเครือข่าย (World Wide Web) ดังนั้นจึงต้องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อเข้าถึงสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

Paulo et al. (2017) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้อย่างเป็นทางการ (Formal Learning) และมีความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอน ผู้เรียน และโรงเรียน โดยมีอินเทอร์เน็ตเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดความรู้ ซึ่งแนวคิดของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนถือได้ว่าเป็นแนวคิดที่ไม่หยุดนิ่ง เนื่องจากวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่องของเทคโนโลยีดิจิทัล ทำให้คุณสมบัติและศักยภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเข้ามามีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนรู้

Mai and Muruges (2018) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นเครือข่ายที่สามารถเข้าถึงข้อมูล แหล่งการเรียนรู้ พื้นที่เก็บข้อมูลออนไลน์ และเครื่องมือสื่อสารโดยผู้สอน ผู้เรียน และผู้ปกครองสามารถทำการเรียนการสอนร่วมกันได้ ทั้งนี้สามารถเข้าถึงได้ทุกสถานที่ที่มีอินเทอร์เน็ต สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้เรียนในการแบ่งปันความคิดและทรัพยากรการเรียนรู้ต่าง ๆ

Hamutoglu et al. (2020) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นระบบซอฟต์แวร์บนเว็บที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นเรียนได้ สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูล

การเรียนรู้ได้โดยไม่จำกัดเวลา สถานที่ และใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ทันสมัย เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนเช่นเดียวการสอนแบบเผชิญหน้า ได้แก่ การจัดส่งข้อมูล การสนับสนุนจากเพื่อน การทำงานเป็นกลุ่ม การประเมินตนเอง การประเมินก่อนเรียนและหลังเรียน การสื่อสารระหว่างผู้สอน ผู้เรียน และบทเรียนต่าง ๆ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นพื้นที่แห่งการเรียนรู้แบบออนไลน์ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบเพื่อจัดการเรียนการสอน โดยมีเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่สนับสนุนผู้เรียนให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนที่ได้รับการออกแบบแล้วโดยเรียนได้ทุกที่ทุกเวลา

1.2 ลักษณะของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

การใช้งานสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้งานในรูปแบบของเทคโนโลยีระดับพื้นฐาน เช่น ใช้เพื่อให้ผู้เรียนเข้าถึงและดาวน์โหลดสื่อการเรียนรู้ ซึ่งคล้ายกับตู้เก็บเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ แม้ว่าสิ่งนี้อาจจะมีประโยชน์สำหรับผู้เรียน แต่ก็ไม่ได้ดึงศักยภาพการทำงานของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนออกมาใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งมีนักวิชาการหลายท่านได้นำเสนอลักษณะของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน สำหรับเป็นแนวทางในการใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีรายละเอียดดังนี้

Sigala (2002) ได้กล่าวถึงภาพรวมของวิวัฒนาการด้านการเรียนการสอนผ่านอินเทอร์เน็ต ผู้สอนนิยมใช้ e-Learning รวมถึงสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เพื่อจัดทำเว็บที่รวบรวมกิจกรรมในชั้นเรียน กล่าวคือผู้สอนจะนำเนื้อหาสารสนเทศต้นฉบับอาจจะอยู่ในรูปแบบของหนังสือ เอกสาร ใบงาน แล้วนำมาแปลงไฟล์ให้มีรูปแบบที่สามารถแสดงบนเว็บไซต์ได้ เช่น รูปแบบไฟล์ doc, pdf, ppt เป็นต้น ซึ่งการเรียนการสอนแบบเผชิญหน้าไปสู่การเรียนการสอนแบบออนไลน์ ยังมีข้อจำกัด อีกทั้งแนวทางเฉพาะในการพัฒนาหลักสูตรภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนนั้นยังไม่มีประสิทธิภาพ ผู้สอนอาจต้องใช้เวลามากเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ แต่กลับได้รับประโยชน์เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ผู้สอนควรคำนึงถึงทฤษฎีพื้นฐาน 7 ประการ พัฒนาโดย Chickering and Gamson (1987) ซึ่งแสดงลักษณะของการเรียนการสอนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดผลการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย

1. สนับสนุนการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอน
2. สนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างผู้เรียน
3. สนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning)
4. แสดงผลป้อนกลับที่รวดเร็ว
5. ใช้เวลาอย่างคุ้มค่ากับภาระงานที่ได้รับ
6. แสดงผลความคาดหวังในระดับสูง
7. คำนึงถึงความสามารถและวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลายของผู้เรียน

Chickering and Ehrmann (1996) ได้นำเสนอเครื่องมือและคุณสมบัติที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน โดยสรุปวิธีการทำงานร่วมกันระหว่างการสื่อสารและเครื่องมือการประเมินผลภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เพื่อให้สามารถสนับสนุนผู้สอนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้หลักการปฏิบัติที่ดี 7 ประการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 หลักการปฏิบัติที่ดี 7 ประการ ของ Chickering and Ehrmann

หลักการ (Principles)	**เครื่องมือ (Tools)**
1. สนับสนุนการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน	การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอน เช่น กระดานสนทนา (Discussion board) เพื่อให้ผู้เรียนโพสต์ข้อความและผู้สอนสามารถอ่านและตอบกลับได้สะดวก
2. สนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างผู้เรียน	เครื่องมือการอภิปราย (Discussion tools) สามารถใช้เพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันของผู้เรียนทั้งกลุ่มเล็กหรือกลุ่มใหญ่
3. สนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุก	การออกแบบหลักสูตรอย่างรอบคอบ โดยเน้นที่กิจกรรมของผู้เรียน ผู้สอนสามารถส่งเสริมการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น เช่น ก่อนนำสื่อลงในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ให้คำนึงถึงสิ่งที่ผู้สอนต้องการให้ผู้เรียนปฏิบัติ โดยกิจกรรมจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ เพื่อสะท้อนการเรียนรู้เกี่ยวกับการทำงานร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน
4. แสดงผลป้อนกลับที่รวดเร็ว	เครื่องมือประเมินผลรวมทั้งแบบทดสอบและแบบประเมิน ดรอปบ็อกซ์ การช่วยเหลือ ข้อเสนอแนะอย่างทันท่วงที เช่น แบบทดสอบสามารถให้ข้อเสนอแนะมากมายแก่ผู้เรียน ไม่เพียงแค่การแจ้งให้ผู้เรียนทราบว่าคำตอบนั้นถูกต้องเท่านั้น แต่ยังสามารถให้คำแนะนำในการศึกษาเพิ่มเติม หรือคำแนะนำและเคล็ดลับต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยง (Link) ไปยังการอ่านเพิ่มเติม

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หลักการ (Principles)	เครื่องมือ (Tools)
5. ใช้เวลาอย่างคุ้มค่ากับภาระงานที่ได้รับ	การใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เพื่อเชื่อมโยงไปยังทรัพยากรการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น ห้องสมุดและแหล่งข้อมูลออนไลน์ โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถใช้เวลาทำงานผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ที่มากกว่าการสืบค้นผ่านชั้นวางและการท่องเว็บ เพื่อมุ่งเน้นไปที่งานมากกว่าการหาวัสดุมาทำงาน
6. แสดงผลความคาดหวังในระดับสูง	ผู้สอนสามารถใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เพื่อแสดงสิ่งที่ผู้สอนคาดหวังจากผู้เรียน เช่น การยกตัวอย่างงานของผู้เรียนคนก่อนเพื่อแสดงระดับงานที่ผู้สอนคาดหวังพร้อมเหตุผลประกอบ
7. คำนึงถึงความสามารถและวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลายของผู้เรียน	การใช้พื้นที่สนทนาออนไลน์เพื่อสร้างชุมชนของผู้เรียน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสามารถที่หลากหลายของผู้เรียนทุกคนสามารถนำไปสู่การเรียนรู้ของทุกคนได้อย่างไร เช่น กลุ่มผู้เรียนสามารถมีพื้นที่ส่วนตัวสำหรับพัฒนางาน แบ่งปันงานร่วมกันกับผู้สอนและบุคคลอื่น ๆ

O’Leary and Ramsden (2002) ได้กล่าวถึงคุณลักษณะของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนที่สำคัญ 9 ประการ ดังนี้

1. การสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอน (Communication) เช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ กระดานอภิปราย การสนทนาแบบเสมือน ซึ่งช่วยสนับสนุนการสื่อสารประเภทต่าง ๆ เช่น การสื่อสารแบบประสานเวลา การสื่อสารแบบไม่ประสานเวลา แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One) แบบหนึ่งต่อหลายคน (One-to-Many) และแบบหลายคนต่อหลายคน (Many-to-Many)

2. การประเมินตนเองและการประเมินผลลัพธ์ (Self-assessment and summative assessment) เช่น การประเมินผลที่สามารถตรวจสอบผลได้แบบอัตโนมัติ และการให้ข้อมูลป้อนกลับได้ทันที

3. การส่งมอบแหล่งเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ (Delivery of learning resources and materials) เช่น เอกสารประกอบการบรรยาย ภาพนิ่ง วีดิทัศน์ ลิงก์เชื่อมโยงไปยังแหล่งข้อมูล การสนทนาออนไลน์ และการประเมินผล

4. การแบ่งปันพื้นที่การทำงานกลุ่ม โดยผู้สอนอนุญาตให้กลุ่มผู้เรียนสามารถอัปโหลดและแบ่งปันแฟ้มข้อมูลตลอดจนการสื่อสารร่วมกับผู้อื่น

5. การสนับสนุนผู้เรียน การนำรูปแบบการสื่อสารมาใช้ร่วมกับผู้สอนหรือผู้เรียนคนอื่น การจัดหาวัสดุสนับสนุน เช่น ข้อมูลหลักสูตร คำถามที่พบบ่อย (FAQs)

6. การบริหารจัดการและการติดตามผู้เรียน เช่น ชื่อบัญชีผู้ใช้และรหัสผ่านเพื่อให้แน่ใจว่าผู้เรียนที่ลงทะเบียนเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงหลักสูตรได้ รวมทั้งการวิเคราะห์และการประเมินผลการเรียน

7. เครื่องมือสำหรับผู้เรียน เช่น หน้าเว็บเพจของผู้เรียนแต่ละคน เครื่องมือสำหรับการอัปโหลดการบ้าน ไดอารี่ และปฏิทิน

8. เครื่องมือปรับแต่งลักษณะ เช่น หน้าต่างผู้ใช้งานที่ได้มาตรฐาน ผู้เรียนเข้าใจและใช้งานได้ง่าย หน้าต่างหลักสูตรสามารถปรับเปลี่ยนเป็นรายบุคคลได้ด้วยสี กราฟิก และโลโก้

9. โครงสร้างระบบนำทาง (Navigation) ที่มีโครงสร้างแถบเครื่องมือการนำทางแบบมาตรฐาน โดยผู้เรียนสามารถใช้งานตามลำดับเชิงเส้น มีความยืดหยุ่น และรองรับโครงสร้างข้อมูลทางเลือก

JISC (2004) ได้กล่าวไว้ว่าสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน คือ ชุดเครื่องมือแบบบูรณาการที่ช่วยในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ จัดเตรียมกลไกการส่งมอบ การติดตามผู้เรียน การประเมิน และการเข้าถึงแหล่งข้อมูล โดยทั่วไปสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนจะรวมเครื่องมือที่สามารถสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้หลากหลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. การสื่อสาร (Communication) สนับสนุนการสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ผู้เรียนและผู้เรียน หรือแบบกลุ่ม โดยผ่านการสนทนาแบบประสานเวลาและแบบไม่ประสานเวลา โดยผู้เรียนสามารถใช้สิ่งอำนวยความสะดวกเหล่านี้เพื่อต่อยอดความรู้ที่มีอยู่และสร้างแนวคิดใหม่ ๆ ผ่านการแสดงความคิดเห็นและอภิปรายแบบออนไลน์ผ่านเครื่องมือการสื่อสาร (Communication Tools) เช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ กระดานอภิปราย บล็อก และห้องสนทนา

2. การประเมินผล (Assessment) สนับสนุนการประเมินผลระหว่างการจัดการเรียนรู้ (Formative Assessment) และการประเมินผลเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ (Summative Assessment) โดยผู้เรียนสามารถทดสอบตนเองเพื่อตรวจสอบความรู้ที่ผู้เรียนยังไม่เข้าใจ และผู้สอนสามารถเข้าไปช่วยเหลือผู้เรียนได้โดยให้ข้อเสนอแนะ ผลป้อนกลับทั้งทางออนไลน์และแบบเผชิญหน้า อีกทั้งไม่เพียงแต่ระบุว่าคำตอบถูกหรือผิดเท่านั้น แต่เครื่องมือการประเมินผลเหล่านี้เป็นองค์ประกอบ

สำคัญในการช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความเข้าใจในบทเรียนได้ เช่น แบบทดสอบย่อย แบบทดสอบออนไลน์ และแบบฝึกทักษะ

3. การทำงานร่วมกัน (Collaboration) สนับสนุนการทำงานร่วมกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มของผู้เรียน เช่น เครื่องมือในการอัปโหลดไฟล์ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถแบ่งปันทรัพยากรการเรียนรู้โดยการย้ายสื่อการเรียนรู้ เช่น บทความ บันทึกย่อ รูปภาพ และไฟล์นำเสนอ PowerPoint ไปยังสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนซึ่งสามารถทำได้โดยการลากและวาง (Drag and Drop) ลงในพื้นที่ที่กำหนด อีกทั้งกระดานไวท์บอร์ดที่มีประโยชน์ในการแสดงภาพความคิดและแนวคิดที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถวาดภาพร่วมกันหรืออัปโหลดภาพและอภิปรายโดยใช้สิ่งอำนวยความสะดวกในการสนทนา เช่น การแชท (Live chat) โดยสื่อสารด้วยข้อความหรือเสียงในขณะที่ดูภาพพร้อมกัน

4. สิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ (Other facilities) ที่อาจจะมีอยู่ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ได้แก่ เครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการ (Administration) เช่น การติดตามผู้เรียนซึ่งจะให้ข้อมูลแก่ผู้สอน การแสดงข้อมูลทางสถิติ จำนวนครั้งหรือความถี่ที่ผู้เรียนเข้าถึงหลักสูตร และการติดตามผลการเรียน เป็นต้น

Thamarana (2016) ได้นำเสนอองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน แบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. การสื่อสาร (Communication) ผู้เรียนสามารถใช้เป็นแหล่งปฏิสัมพันธ์ทำให้ผู้เรียนสามารถอภิปรายแนวคิดใหม่ ๆ และแบ่งปันข้อมูลต่าง ๆ ได้ เช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ กระดานอภิปราย และการสนทนาออนไลน์

2. การนำเสนอเนื้อหา (Content delivery) เป็นการนำเสนอเนื้อหาที่หลากหลายรูปแบบได้ เช่น สมุดบันทึก รูปภาพ เสียง วีดิทัศน์ การนำเสนอ และกระดานไวท์บอร์ด

3. การประเมินผล (Assessment) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนจำนวนมากมักจะนำเสนอเครื่องมือประเมินผลโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการประเมินผู้เรียนแบบออนไลน์ เช่น การสอบย่อย แบบทดสอบออนไลน์ ผลการเรียนออนไลน์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการเรียนการสอน ผู้สอนสามารถจัดหาไฟล์แบบทดสอบให้กับผู้เรียน อีกทั้งผู้เรียนสามารถแบ่งปันงานในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนแทนการพบปะแบบเผชิญหน้า ทำให้ผู้เรียนสามารถสื่อสาร แบ่งปันความคิด ไฟล์เอกสาร และทำงานร่วมกันได้

4. เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous) เป็นส่วนเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น กระดานไวท์บอร์ดออนไลน์ การแลกเปลี่ยนหรือถ่ายโอนไฟล์ ปฏิทิน และรายการภาระงาน

Khlaisang and Songkram (2019) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของระบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เพื่อส่งเสริมทักษะศตวรรษที่ 21 ให้กับผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. เทคโนโลยี มุ่งเน้นไปที่สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ (Learning environment) เครื่องมือทรัพยากรการเรียนรู้ (Learning resource tools) และเครื่องมือการเรียนรู้ (Learning tools) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ได้แก่ 3D virtual community และ LMS

1.2) เครื่องมือทรัพยากรการเรียนรู้ ได้แก่ Streaming video, E-book และเนื้อหาแบบเปิด (Open content)

1.3) เครื่องมือการเรียนรู้ ได้แก่ เครื่องมือการทำงานร่วมกัน (Collaborative tools) เครื่องมือทางปัญญา (Cognitive tools) และเครื่องมือการสื่อสาร (Communication tools)

2. กิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 3 โมดูลที่ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมทักษะย่อยในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา การสื่อสารและการทำงานร่วมกัน

3. องค์ประกอบและขั้นตอน โดยมี 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ระบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ 2) เครื่องมือการทำงานร่วมกัน เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3) เครื่องมือทางปัญญา เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา 4) เครื่องมือการสื่อสาร เพื่อส่งเสริมการสื่อสารและการทำงานร่วมกัน 5) วิธีการสอนออนไลน์ 6) กลยุทธ์การสอนออนไลน์ 7) แหล่งข้อมูลการเรียนรู้ออนไลน์ และประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเตรียมการ 2) การระบุหัวข้อหรือประเด็นย่อย 3) การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 4) การสังเคราะห์ข้อมูล 5) การสร้างนวัตกรรมและการเรียนรู้ 6) การประเมินผล และ 7) การนำเสนอ

Morales-Salas et al. (2020) ได้นำเสนอองค์ประกอบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. พื้นที่ข้อมูล (Information Space) เป็นพื้นที่นำเสนอข้อมูลการวางแผนและพัฒนาหลักสูตร การจัดองค์กร และตารางกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดที่ผู้เรียนจะต้องดำเนินการ โดยพื้นที่ข้อมูลควรมีการนำกราฟิก รูปภาพมาใช้เพิ่มความน่าสนใจ และควรมีวิดีโอที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีคุณภาพสูงทั้งเสียงและภาพ เพื่อเพิ่มเติมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเรียนให้ผู้เรียนเข้าใจได้อย่างชัดเจน

2. พื้นที่ปฏิสัมพันธ์ (Meditation/Interaction Space) เป็นพื้นที่สำหรับการปฐมนิเทศ การสร้างแรงจูงใจ การจัดระบบ และการจัดการกระบวนการเรียนการสอนระหว่างผู้เรียนและผู้สอนให้เกิดการมีปฏิสัมพันธ์ ส่งเสริมและสนับสนุนการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และจัดสรรข้อมูลเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยพื้นที่ปฏิสัมพันธ์ควรมีการเลือกใช้ทรัพยากรทางเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เช่น อีเมล (Email) ฟอรัม (Forum) แชท (Chat) การประชุมผ่านเน็ต (Net meeting) และวิกิ (Wiki) เพื่อสนับสนุนการสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์

3. พื้นที่ออกแบบการเรียนการสอน (Instructional Design Space) เป็นพื้นที่นำเสนอระเบียบวิธีที่ใช้ในหลักสูตรการเรียน เช่น วัตถุประสงค์ สมรรถนะที่มุ่งหวัง กิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เกณฑ์การประเมินของแต่ละกิจกรรม และทรัพยากรการเรียนรู้

4. พื้นที่นิทรรศการ (Exhibition Space) เป็นพื้นที่นำเสนอผลงานของผู้เรียน โดยพื้นที่นิทรรศการควรมีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนเนื้อหา สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และมีเครื่องมือหรือพื้นที่ให้ผู้เรียนและผู้สอนได้แสดงความคิดเห็นร่วมกัน

Pererva et al. (2020) ได้นำเสนอโครงสร้างของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน โดยมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบตามข้อมูล (Data-based component) ได้แก่ เว็บไซต์ e-Textbook และคอร์ส e-Learning ใน LMS Moodle

2. องค์ประกอบที่ใช้การติดต่อสื่อสาร (Communication-based component) ได้แก่ การประชุมผ่านวิดีโอ การสัมมนาผ่านเว็บ การแชท ฟอรัม อีเมล และสื่อสังคมออนไลน์

3. องค์ประกอบการจัดการและการชี้แนะ (Management-and-guiding component) ได้แก่ การจัดระบบงานรายบุคคลหรืองานกลุ่ม การประเมินความรู้ของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และการติดตามกระบวนการศึกษา

4. สิ่งแวดล้อมแบบเสมือน (Virtual environment) ได้แก่ ห้องปฏิบัติการเสมือน การทัวร์เสมือน คอลเลกชันแบบอิเล็กทรอนิกส์ และสารานุกรม

Chaiyarak et al. (2021) ได้นำเสนอองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน 5 องค์ประกอบ ได้แก่

1. เนื้อหาการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual learning contents)
2. กิจกรรมการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual learning activities)
3. การปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนแบบเสมือน (Virtual learners' interaction)
4. สื่อและแหล่งการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual media and resources)
5. การประเมินแบบเสมือน (Virtual assessments)

Rungrangtanapol and Khlaisang (2021) ได้พัฒนารูปแบบการสอนในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เพื่อส่งเสริมทักษะทางคอมพิวเตอร์ในศตวรรษที่ 21 โดยมีองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนที่สร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ทำให้เกิดประสบการณ์ในการทำงานร่วมกันรวมถึงประสบการณ์จำลองต่าง ๆ ที่ไม่สามารถทำได้ในโลกความเป็นจริง ซึ่งองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ประกอบด้วย

1. สถานการณ์จำลองหรือบริบทหรือผู้เรียน (Simulation or context)
2. โครงสร้างหรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Structure or network)
3. การสื่อสารและการปฏิสัมพันธ์ (Communication and Interaction)
4. การประสานเวลาและไม่ประสานเวลา (Synchronous, Asynchronous)
5. การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาของผู้เรียน (Analytical thinking and problem solving)

ตารางที่ 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

สังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	องค์ประกอบที่ 3	องค์ประกอบที่ 4	องค์ประกอบที่ 5
Chickering and Ehrmann (1996)	การติดต่อ (Contact)	ความร่วมมือ (Cooperation) ภาระงาน (Task) การเรียนรู้เชิงรุก (Active learning)	–	ผลป้อนกลับทันที (Prompt feedback) พื้นที่แสดงผลงาน (Publish)	ชุมชนการเรียนรู้ (Learning community)
O' Leary and Ramsden (2002)	การสื่อสาร (Communication)	พื้นที่ทำงานกลุ่ม (Work group space)	แหล่งการเรียนรู้ (Learning resources)	การประเมิน (Assessment)	การสนับสนุนผู้เรียน (Support Student)
JISC (2004)	การสื่อสาร (Communication)	การทำงานร่วมกัน (Collaboration)	–	การประเมิน (Assessment)	สิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ (Other facilities)
Thamarana (2016)	การสื่อสาร (Communication)	–	การนำเสนอเนื้อหา (Content delivery)	การประเมิน (Assessment)	เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous)
Khlaisang and Songkram (2019)	การสื่อสาร (Communication)	การทำงานร่วมกัน (Collaboration)	เนื้อหาการเรียนรู้ (Open content)	การประเมิน (Evaluating) การนำเสนองาน (Presenting)	–
Morales-Salas et al. (2020)	พื้นที่ปฏิสัมพันธ์ (Mediation/Interaction Space)		พื้นที่ออกแบบการเรียนการสอน (Instructional Design Space)	พื้นที่นิทรรศการ (Exhibition Space)	พื้นที่ข้อมูล (Information Space)
Pererva et al. (2020)	องค์ประกอบที่ใช้การติดต่อสื่อสาร (Communication-based component)	องค์ประกอบการจัดการและการชี้แนะ (Management and guiding component) โครงสร้างการทำงานกลุ่ม (Organization of group work)	องค์ประกอบตามข้อมูล (Data-based component) สิ่งแวดล้อมแบบเสมือน (Virtual environments)	การประเมินความรู้หลังเรียน (Final students' knowledge assessment)	การตรวจสอบกระบวนการศึกษา (Educational process monitoring)
Chaiyarak et al. (2021)	การปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนแบบเสมือน (Virtual learner's interaction)	กิจกรรมการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual learning activities)	เนื้อหาการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual learning content) สื่อและแหล่งการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual media and resources)	การประเมินแบบเสมือน (Virtual assessment)	–

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	องค์ประกอบที่ 3	องค์ประกอบที่ 4	องค์ประกอบที่ 5
Rungrangtanapol and Khlaisang (2021)	การสื่อสาร การปฏิสัมพันธ์ (Communication, Interaction)	สถานการณ์จำลองหรือบริบท (Simulation, Context)	–	–	–
	การประสานเวลา, ไม่ประสานเวลา (Synchronous, Asynchronous)				
สรุปองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	**การติดต่อสื่อสาร**	**การทำงานร่วมกัน**	**การแบ่งปันทรัพยากร**	**การสะท้อนคิดสร้างสรรค์**	**การสนับสนุนผู้เรียน**

จากตารางที่ 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน สรุปได้ว่า องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การติดต่อสื่อสาร 2) การทำงานร่วมกัน 3) การแบ่งปันทรัพยากร 4) การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ และ 5) การสนับสนุนผู้เรียน

1.3 เครื่องมือเทคโนโลยีที่ใช้ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

จากการศึกษาบทความ เอกสารและงานวิจัยได้มีนักวิชาการนำเสนอเครื่องมือเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน โดยมีรายละเอียดดังนี้

Pererva et al. (2020) ได้นำเสนอเครื่องมือที่ใช้ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนในกระบวนการจัดเรียงคำศัพท์ โดยมีรายละเอียดของโครงสร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมีส่วนประกอบดังนี้

1. องค์ประกอบที่อิงตามข้อมูล (Data-based component) ได้แก่ Website, e-Textbook, e-Learning courses in LMS Moodle

2. องค์ประกอบที่ใช้ในการสื่อสาร (Communication-based component) ได้แก่ Ensuring video conferences, Webinars, Chats, Forums, Email และ Social networks

3. องค์ประกอบการจัดการและการชี้แนะ (Management-and-guiding component) ได้แก่ การจัดระบบงานเดี่ยวหรืองานกลุ่ม การประเมินความรู้ของผู้เรียน และการตรวจสอบกระบวนการศึกษา

4. สิ่งแวดล้อมแบบเสมือน (Virtual environment) ได้แก่ ห้องปฏิบัติการเสมือน การทัวร์เสมือน คอลเลกชันอิเล็กทรอนิกส์ และสารานุกรม

Alina (2022) ได้นำเสนอสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนที่นำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมทางการศึกษาที่ให้เกิดปฏิสัมพันธ์กับทุกวิชาในกระบวนการศึกษา รวมถึงการใช้องค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. กระดานออนไลน์เสมือนสำหรับการสนทนากลุ่มในรูปแบบภาพ ได้แก่ Jamboard, Twiddla, Poplet, Padlet, Mentimeter, Groupboard, NoteBookCast, OpenBoard, Educreations, Linoit, Rizzoma, Realtimeboard, Bitpaper, IDroo, AWWApp, Miro, Whitboard Fox, Whitboard.Chat, Classroomscreen, Ziteboard และ Milanote สำหรับการสนทนากลุ่ม แสดงความคิดในรูปภาพเพื่อจัดระเบียบการทำงานร่วมกัน เนื่องจากสามารถแก้ไขได้

2. กระดานไวท์บอร์ดแบบโต้ตอบเสมือน ได้แก่ Wikiwall, Glogster และ Canva Education เป็นโปรแกรมแก้ไขกราฟิกออนไลน์ที่ผู้เรียนสามารถสร้างโปสเตอร์แบบโต้ตอบงานนำเสนอ วิดีโอ การ์ตูน ภาพตัดปะ อินโฟกราฟิก โลโก้ และเรซูเม่

3. กระดานไวท์บอร์ดสำหรับออกแบบ สร้างโปรเจกต์ และบันทึกโน้ต ได้แก่ Scrumblr, Conceptboard, Scribblar, Drawchat, DrawNote, Limnu, Drawonte, FlockDraw และ CoSketch

กล่าวโดยสรุปได้ว่าเครื่องมือเหล่านี้จะช่วยให้ผู้สอนจัดการประชุมออนไลน์รับคำติชมของผู้เรียนอย่างรวดเร็ว ปรับกระบวนการศึกษาให้เหมาะสม พัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน การคิดเชิงวิพากษ์ ทักษะการสื่อสาร การคิดแก้ปัญหา ตลอดจนแนวทางในการปรับปรุงการฝึกอบรมของผู้เรียน สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลางเกี่ยวข้องกับการใช้นวัตกรรมวิธีการสอนที่เชื่อมโยงอย่างใกล้ชิด ใช้สำหรับการจัดกระบวนการศึกษาที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ

Santosa et al. (2022) ได้นำเสนอเครื่องมือเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกในการเรียนแบบร่วมมือ (Cooperative learning) ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้

แบบเสมือนโดยไม่มีห้องกลุ่มย่อย (Breakout Rooms) เพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมืออำนวยความสะดวกสำหรับผู้เรียนกลุ่มเล็กที่มีสมาชิก 2-4 คน สมาชิกแต่ละคนจะมีโอกาสมากขึ้นในการพูดคุย มีความสะดวกในการจัดกลุ่ม และทำงานร่วมกันได้ โดยใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้

1.1) เครื่องมือติดต่อสื่อสาร ได้แก่ แอปพลิเคชันต่าง ๆ เช่น Telegram, WeChat, WhatsApp, Messenger และการโทร ซึ่งผู้เรียน 2 คนสามารถทำงานร่วมกันโดยใช้แท็ปเล็ตและอุปกรณ์อื่น ๆ ร่วมกัน ทำให้ง่ายต่อการติดต่อสื่อสารกัน เช่นเดียวกับการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนที่ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบประสานเวลาเสมอไป ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนก็สามารถเป็นแบบไม่ประสานเวลาได้เช่นกัน ทำให้กลุ่มผู้เรียนสามารถพบปะกันนอกเวลาเรียนได้

1.2) เครื่องมือสำหรับบริหารจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System : LMS) ได้แก่ Blackboard ที่มีฟอรัมหรือกลไกอื่น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนโพสต์แนวคิดและแสดงความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ได้แก่ Google Groups, Groups.io และ Group on Facebook

1.3) เครื่องมือทำโครงงานและงานอื่น ๆ ที่ผู้เรียนสามารถพบปะแบบเห็นหน้ากัน ได้แก่ Zoom และ Google Meet โดยผู้เรียนสามารถกำหนดเวลาสำหรับการประชุมกลุ่มของตนเองได้

1.4) เครื่องมือแบ่งปันไฟล์ ได้แก่ Google Docs ช่วยให้ผู้เรียนแบ่งปันไฟล์และทำงานในไฟล์เดียวกันได้พร้อมกันหรือไม่พร้อมกัน และเครื่องมือในการสร้างเนื้อหา ได้แก่ Canva, Genially หรือสำหรับการระดมความคิด ได้แก่ MindMeister และ Coggle

1.5) เครื่องมือแบบเกม (Gamification) ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาในขณะเล่นเกมในกลุ่มของตนเอง

1.6) เครื่องมือการสนทนากลุ่มเล็ก ได้แก่ Discord ผู้เรียนสามารถสร้างกลุ่มย่อยในกลุ่มเดียวกันได้

1.7) เครื่องมือการจัดการดูแลกลุ่ม ได้แก่ Wakelet, Evernote และ Mix เมื่อมีผู้เรียนจำนวนหนึ่งที่ได้รับเลือกจากกลุ่มใหญ่ และกลุ่มเล็กถูกกำหนดให้ทำงานตามแนวทางที่กำหนดโดยกลุ่มใหญ่และอยู่ภายใต้การอนุมัติของกลุ่มใหญ่

1.8) เครื่องมือการแสดงความคิดเห็น ในกรณีที่ผู้เรียนบางคนอยู่ในสภาพแวดล้อมแบบเห็นหน้ากัน ในขณะที่คนอื่น ๆ อยู่ในสภาพแวดล้อมเสมือนและในการเรียนการสอนแบบผสมผสาน เช่น บางครั้งทั้งชั้นเรียนกำลังเรียนแบบเห็นหน้ากัน ในขณะที่เวลาอื่น ๆ ทั้งชั้นเรียนกำลังเรียนออนไลน์ เครื่องมือแสดงความคิดเห็นอาจเป็นแบบเสียง เช่น Talk and Comment, Mote Chrome Adds on หรือเครื่องมือแสดงความคิดเห็นแบบเสียงและคำอธิบายประกอบ เช่น Vocaroo, Fripgrid, Zoom, YouTube, Screencast-o-Matic และ Screencastify

2. เครื่องมืออำนวยความสะดวกสำหรับผู้เรียนกลุ่มใหญ่ มีรายละเอียดดังนี้

2.1) เครื่องมือการซักถาม ได้แก่ Slido เป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนซักถาม ตั้งแต่รวบรวมคำถาม ทำโพลสำรวจ ทำให้ผู้เรียนรู้สึกสบายใจที่จะแสดงความคิดเห็นมากขึ้น นอกจากนี้ผู้สอนยังควบคุมและเลือกคำถามที่ต้องการแสดงบนจอภาพได้

2.2) เครื่องมือการแสดงความคิดเห็น ได้แก่ Mentimeter มีฟังก์ชันการรวบรวมคลังความคิด (Word Cloud) ที่ช่วยให้ผู้เรียนในชั้นเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ยกตัวอย่างเช่น ผู้สอนใช้ Mentimeter เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมใน Word Cloud ในหัวข้อ “ประโยชน์ของการเรียนแบบกลุ่ม” โดยคำที่ผู้เรียนอาจเพิ่มลงใน Cloud ได้แก่ ความสนุก แรงจูงใจ ความช่วยเหลือ และเพื่อน ถ้าผู้เรียนแนะนำคำเดียวกันมากเท่าไร ตัวอักษรของคำจะมีขนาดใหญ่ขึ้นและเข้าใกล้จุดกึ่งกลางมากขึ้น

2.3) เครื่องมือการตอบคำถาม ได้แก่ Padlet เป็นเครื่องมือช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตอบคำถามหรือให้คำแนะนำตามบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายเป็นกลุ่มทั้งในรูปแบบประสานเวลาและไม่ประสานเวลา

2.4) เครื่องมือการระดมความคิดร่วมกัน ได้แก่ Jamboard, MindMeister และ Teaming.vercel.app

2.5) เครื่องมือการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน ได้แก่ Miro, Gather Town และ Wonder เป็นแพลตฟอร์มบนพื้นที่แบบเสมือนที่ผู้เรียนสามารถไปเยี่ยมกลุ่มหรือเพื่อนร่วมชั้นในกลุ่มพร้อมกันได้

2.6) เครื่องมือการประชุมแบบเสมือน ได้แก่ Telegram, Zoom และ WhatsApp ผู้เรียนสามารถแชร์หน้าจอในการประชุมพร้อมกันได้

ELSayary and Meda (2022) ได้นำเสนอเครื่องมือเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในกระบวนการชุมชนแห่งการสืบเสาะ (Community of Inquiry : CoI) เพื่อพัฒนาความสามารถทางด้านดิจิทัลของผู้เรียนผ่านการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ออนไลน์ ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

1. เครื่องมือเทคโนโลยีด้านสังคม (Social presence) เป็นเครื่องมือที่ผู้เรียนสามารถแสดงตัวตนทางสังคมหรือชุมชนผ่านทางช่องทางการสื่อสารออนไลน์ด้วยการแสดงออกในการสื่อสารที่ตรงจุดหมาย และการพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลผ่านการแสดงออกทางบุคลิกภาพ สังเกตได้จากตัวชี้วัด 3 ด้าน ได้แก่ การแสดงออกทางอารมณ์ การสร้างความร่วมมือและการสนทนา โดยใช้เครื่องมือเทคโนโลยีด้านสังคม ได้แก่ WhatsApp, Blackboard, Blog, iCloud, Zoom, Adobe Connect, Microsoft Teams, Google Docs, Google Slide, Google Forms, Canva, Miro, Padlet, Kahoot, Wordwall และ Nearpod

2. เครื่องมือเทคโนโลยีด้านปัญญา (Cognitive presence) เป็นเครื่องมือที่ผู้เรียนสามารถแสดงตัวตนได้ ช่วยให้ผู้เรียนสร้างคุณค่าให้แก่ตนเองผ่านการแสดงออกทางพฤติกรรมจากการสร้างสถานการณ์ของผู้สอน การสืบค้นข้อมูล การบูรณาการ และการแก้ไขปัญหาโดยเปลี่ยนจากการระบุปัญหาไปเป็นการอธิบายเนื้อหาและแนวความคิดเป็นแนวทางที่น่าเชื่อถือและทดสอบได้ เช่น กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) และกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยใช้เครื่องมือเทคโนโลยีด้านปัญญา คือ Zoom เพื่อสอนออนไลน์ และให้ข้อเสนอแนะกับผู้เรียนเพื่อปรับปรุงผลงาน

3. เครื่องมือเทคโนโลยีด้านการเรียนการสอน (Teaching presence) เป็นเครื่องมือที่ผู้เรียนสามารถแสดงตัวตนผ่านตัวชี้วัด 3 ด้าน ได้แก่ การออกแบบกระบวนการเรียนการสอน การจัดการเรียนการสอน การชี้แนะของผู้สอน โดยใช้เครื่องมือเทคโนโลยีด้านการเรียนการสอน ได้แก่ Screencast-o-Matic ผู้สอนใช้เพื่อช่วยเหลือผู้เรียนที่ขาดเรียนโดยสร้างเสียงหรือวิดีโอในการอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับภาระงานที่ผู้เรียนต้องทำ หรือ Google Docs, Padlet และ Zoom โดยผู้สอนให้ข้อมูลป้อนกลับการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

Cárdenas and Estrada (2022) ได้นำเสนอทรัพยากรทางเทคโนโลยีที่ส่งเสริมทักษะดิจิทัล จำแนกเป็น 6 ประเภท มีรายละเอียดดังนี้

1. ตัวช่วยด้านภาษา (Language Aids) ได้แก่ Lyricstraining และ Classdojo

2. เนื้อหาที่โหลดไว้ล่วงหน้า (Preloaded Contents) ได้แก่ Liveworksheets, Word Wall, Brain Pop และ Didactalia

3. เครื่องมือการประเมินผล (Assessment Tools) ได้แก่ Plickers, Google Forms, Quizzes, Thatquizz, Kahoot และ Phet Colorado

4. เครื่องมือกราฟิก (Graphical Tools) ได้แก่ FotoJet, App Bookcreator, ScreenCast, Picktochart, Olesur, Genialy, Padlet, Folder Classification, MindMeister และ Artsteps

5. เกมการสอน (Didactical Games) ได้แก่ Class Tools, Educaplay, Cokitos และ Jigsaw Planet

6. แพลตฟอร์มดิจิทัล (Digital Platforms) ได้แก่ Microsoft Teams, Classroom, Jamboard, Openboard, Drive และ Punto Edu

Fusic et al. (2023) ได้นำเสนอการเรียนการสอนในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน โดยนำเครื่องมือเทคโนโลยีมาใช้ในรูปแบบการเรียนเพื่อนคู่คิด (Think Pair Share) โดยผู้สอนใช้ Google Meet และ Zoom ในการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือในระยะคิด (Think) เป็นเครื่องมือในการระดมความคิด ได้แก่ Morphological

2. เครื่องมือในระยะจับคู่ (Pair) ในโหมดเสมือน โดยใช้เครื่องมือที่มีการโต้ตอบ ได้แก่ Discord และ Zoom

3. เครื่องมือที่ใช้ในระยะแบ่งปัน (Share) ได้แก่ Jamboard และ Power Point Presentation เพื่อแบ่งปันความรู้และอภิปรายวิธีแก้ปัญหา

Firmannandya (2023) นำเสนอรูปแบบทรัพยากรการเรียนรู้ออนไลน์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนอย่างมากและเข้าถึงได้อย่างรวดเร็ว เพื่อพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกันในยุคของการเรียนรู้ที่ไร้ขีดจำกัด ดังนี้

1. เครื่องมือการนำเสนอผลงานการทำงานร่วมกัน ได้แก่ การนำเสนอผลการทำงานร่วมกันในหลายรูปแบบ เช่น นิทรรศการเสมือนโดยใช้ Artsteps ในการสร้างนิทรรศการเสมือนโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับผลงานเพื่อดูรายละเอียดผลงานได้ หรือ

การใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการนำเสนอผลงาน เช่น YouTube, WhatsApp, Facebook และ Instagram

2. เครื่องมือการแสดงความคิดเห็นในการเรียนรู้ร่วมกันทางออนไลน์ ผู้เรียนสามารถประเมินด้วยการแสดงความคิดเห็นและร่วมกันอภิปรายแนวคิดร่วมกัน ได้แก่ Email, Forums, Chat, Blogs, Texting และ Webinar

3. เครื่องมือการทำงานร่วมกันแบบเสมือน ได้แก่ Zoom, Google Meet, Skype และ Adobe Connect การประชุมทางวิดีโอในการทำงานแบบเสมือนเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับการทำงานร่วมกัน สามารถจัดการประชุมได้แม้จะทำงานจากระยะไกล ซึ่งนอกจากการสื่อสารที่สำคัญระหว่างเพื่อนร่วมงานแล้ว ยังมีความจำเป็นที่ต้องแชร์เอกสารระหว่างเพื่อนร่วมงานด้วย เครื่องมือการแชร์ไฟล์สามารถแชร์เอกสารในการทำงานร่วมกันแบบเสมือน ได้แก่ Google Drive, Dropbox และ Microsoft 365

4. แหล่งการเรียนรู้ออนไลน์ที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนและเข้าถึงได้อย่างรวดเร็ว ได้แก่ e-journals, e-book และ YouTube

ตารางที่ 3 การสังเคราะห์เครื่องมือของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

สังเคราะห์เครื่องมือของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	การติดต่อสื่อสาร	การทำงานร่วมกัน	การแบ่งปันทรัพยากร	การสะท้อนคิดสร้างสรรค์	การสนับสนุนผู้เรียน
Pererva et al. (2020)	Video conference, Webinars, Chat, Forums, Social networks	–	HEI's website, e-textbooks, e-learning, LMS, Moodle, virtual labs, virtual tours, electronic collections, encyclopedia	–	–

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สังเคราะห์เครื่องมือของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	การติดต่อสื่อสาร	การทำงานร่วมกัน	การแบ่งปันทรัพยากร	การสะท้อนคิดสร้างสรรค์	การสนับสนุนผู้เรียน
Alina (2022)	–	Jamboard, Twiddla Popplet, Padlet, Mentimeter, Groupboard, NoteBookCast, Openboard, Educreations, Linoit, Rizzoma, Realtimeboard, Bitpaper, IDroo, AWWApp, Miro, Whiteboard Fox, Whiteboard.Chat, Classroomscreen, Ziteboard, Limnu, Milanote, Scribblar, Drawchat, Drawnote, Drawonte, FlockDraw, CoSketch	Wikiwall, Glogster, Canva Education, Scrumblr, Conceptboard	–	Miro, Canva Education, Whiteboard.Chat
Santosa et al. (2022)	Telegram, Wechat, Discord, Whatsapp, Email, Messenger, Phone calls, Zoom, Google Meet, Google Groups, Groups.io, Groups on Facebook, Slido, Mentimeter	Canva, Genially, MindMeister, Coggle, Jamboard, Teaming.vercel.app	Google Docs, Wakelet, Evernote, Mix	Talk and Comment and Mote Chrome Adds on, Vocaroo, Voice Thread, Fripgrid, Zoom, Youtube, Padlet, Screencast-o-Matric, Quizzes Screencastify,	Miro, Gather Town, Wonder
ELSayary and Meda (2022)	Zoom, Adobe Connect, MS Teams	iCloud, Google Docs, Canva, Miro, Padlet, Kahoot, Word wall, Near pod	–	–	–
Cárdenas and Estrada (2022)	MS Teams, Openboard	Jamboard, Mindmeister, Picktochart	Drive, Didactalia Liveworksheets, Phet Colorado, Genially, Padlet,	Google forms, Quizzes, Plickers, Thatquizz, Kahoot,	–

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สังเคราะห์เครื่องมือของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	การติดต่อสื่อสาร	การทำงานร่วมกัน	การแบ่งปันทรัพยากร	การสะท้อนคิดสร้างสรรค์	การสนับสนุนผู้เรียน
Fusic et al. (2023)	Discord, Zoom Google Meet	Jamboard, Morphological	–	PowerPoint Presentation	–
Firmannandya (2023)	Zoom, Google Meet, Skype	–	Artsteps, YouTube, WhatsApp, Facebook, Instragram, Google Drive, Dropbox, Microsoft 365, e-journals, e-book	–	–
สรุปเครื่องมือของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	**Google Meet, Discord, Mentimeter**	**Miro, Canva Education**	**Miro, Canva Education, Padlet, Artsteps**	**Padlet**	**Miro, Canva Education**

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนจะเชื่อมโยงเข้ากับเครื่องมือทางเทคโนโลยี ซึ่งควรเลือกใช้เครื่องมือที่มีความสอดคล้องกับลักษณะการทำงานของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน โดยองค์ประกอบที่จำเป็นต้องมีในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การติดต่อสื่อสาร (Communication) 2) การทำงานร่วมกัน (Collaboration) 3) การแบ่งปันทรัพยากร (Resource Sharing) 4) การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ (Creative Reflection) และ 5) การสนับสนุนผู้เรียน (Learner Support) ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบจะมีเครื่องมือดังต่อไปนี้ 1) เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร ได้แก่ Google Meet, Discord และ Mentimeter 2) เครื่องมือการทำงานร่วมกัน ได้แก่ Miro และ Canva Education 3) เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร ได้แก่ Miro, Canva Education, Padlet และ Artsteps 4) เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ Padlet 5) เครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน ได้แก่ Miro และ Canva Education

1.4 ระดับของการนำสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมาจัดการเรียนการสอน

การนำสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนสามารถนำมาใช้ได้ทั้งส่วนสนับสนุนการเรียนการสอนแบบเผชิญหน้าหรือแบบออนไลน์อย่างเต็มรูปแบบ

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนจึงควรกำหนดสัดส่วนของการผสมผสานการเรียนการสอนแบบเผชิญหน้าและแบบออนไลน์ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และบริบทการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยมีนักวิชาการได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับระดับของการนำสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนไว้ดังนี้

Mason (2001) ได้นำเสนอกรอบแนวคิดของการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. แบบเนื้อหาและการสนับสนุน (Content and Support Model) รูปแบบนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนเนื้อหาหลักสูตรและส่วนการสนับสนุนการสอน โดยส่วนเนื้อหาหลักสูตรอาจส่งมอบในรูปแบบสิ่งพิมพ์หรือชุดวิชาบนเว็บ และส่วนการสนับสนุนการสอนซึ่งอยู่ในรูปแบบที่ง่ายที่สุด คือ การส่งทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์หรือการทำกิจกรรมร่วมกันระหว่างผู้เรียน การแสดงความคิดเห็น การประเมินผลออนไลน์โดยผ่านการประชุมทางคอมพิวเตอร์ (Computer conferencing) รูปแบบนี้เนื้อหาบทเรียนค่อนข้างคงที่ ผู้สอนสามารถเพิ่มเติมเนื้อหาบทเรียนแก่ผู้เรียนได้ ในรูปแบบนี้แสดงถึงเวลาเรียนของผู้เรียนไม่เกินร้อยละ 20 ในกรณีที่เนื้อหาของหลักสูตรประกอบด้วยเว็บเพจที่มีโครงสร้างการแบ่งเนื้อหาบทเรียนตามที่ผู้สอนกำหนดไว้ ทำให้การมีส่วนร่วมกับการสนทนาจะลดลงในบางครั้ง ซึ่งแบบจำลองนี้เป็นระดับที่ง่ายที่สุดของการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน แต่ไม่สามารถใช้ประโยชน์การเรียนแบบออนไลน์ได้อย่างเต็มที่

2. แบบผสมผสาน (Wrap Around Model) รูปแบบนี้ประกอบด้วยวัสดุการเรียนรู้ เช่น คู่มือ กิจกรรม การอภิปราย เสียง วีดิทัศน์ที่อยู่ในรูปแบบของหนังสือ ซีดีรอม หรือแบบฝึกหัด มีการผสมผสานการโต้ตอบออนไลน์ การอภิปรายออนไลน์ โดยบทบาทของผู้สอนจะกว้างขวางกว่าในรูปแบบแรก เนื่องจากมีการกำหนดหลักสูตรไว้ล่วงหน้าน้อยกว่าและมีการสร้างหลักสูตรเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่มีการทำกิจกรรม ผู้เรียนมีกิจกรรมการทำงานร่วมกันกับการเรียนในชั้นเรียน

3. แบบบูรณาการ (Integrated Model) รูปแบบนี้มีระดับการเรียนแบบออนไลน์มากที่สุด ประกอบด้วยกิจกรรมการทำงานร่วมกัน แหล่งการเรียนรู้ การมอบหมายงานร่วมกัน หัวใจสำคัญของหลักสูตรเกิดขึ้นทางออนไลน์ผ่านการสนทนา การเข้าถึง การประมวลผลข้อมูล การดำเนินการต่าง ๆ ทั้งการเรียนรู้รายบุคคลและแบบกลุ่ม กิจกรรมจะเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการทำงานร่วมกันภายใต้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

Allen and Seaman (2011) ได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของการเรียนการสอนตามอัตราส่วนของเนื้อหาที่นำเสนอทางอินเทอร์เน็ต และได้จัดกลุ่มอัตราส่วนการนำเสนอเนื้อหาในการเรียนการสอนแบ่งออกเป็น 4 ประเภทตามรูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

ตารางที่ 4 สัดส่วนการนำเสนอเนื้อหาทางออนไลน์

สัดส่วนของเนื้อหาที่นำเสนอทางออนไลน์	รูปแบบการเรียนการสอน	รายละเอียด
0%	การเรียนในชั้นเรียน (Traditional)	หลักสูตรที่ไม่มีการใช้เทคโนโลยีออนไลน์ เนื้อหาถูกจัดส่งเป็นลายลักษณ์อักษรหรือการบรรยาย
1 – 29%	ใช้เว็บสนับสนุนการเรียนการสอน (Web Facilitated)	หลักสูตรที่ใช้เทคโนโลยีบนเว็บเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับการสอนแบบบรรยาย อาจมีการใช้ระบบการจัดการหลักสูตร (Course Management System: CMS) หรือหน้าเว็บไปยังหลักสูตรและงานที่มอบหมาย
30 – 79%	แบบผสมผสาน (Blended/Hybrid)	หลักสูตรที่ผสมผสานกันระหว่างการเรียนแบบเผชิญหน้าและการเรียนแบบออนไลน์ โดยส่วนมากมีการนำเสนอเนื้อหาบทเรียน กิจกรรมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และบางส่วนนำเสนอโดยผู้สอนมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับผู้เรียน และระหว่างผู้เรียนด้วยกันในชั้นเรียน
80% ขึ้นไป	การเรียนแบบออนไลน์ (Online)	หลักสูตรที่มีการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนเป็นส่วนใหญ่หรือทั้งหมดผ่านทางระบบออนไลน์ ซึ่งการเรียนแบบนี้จะไม่มีการพบปะกัน

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการออกแบบสภาพแวดล้อมห้องเรียนเสมือนในการเรียนการสอนแบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน พบว่า รูปแบบการออกแบบสภาพแวดล้อมห้องเรียนเสมือนในการเรียนการสอนแบบผสมผสาน โดยมีคู่มือและขั้นตอนที่นำเสนอกระบวนการออกแบบการสอนอย่างเป็นระบบ ใช้งานง่ายและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมห้องเรียนเสมือนได้ ส่งผลให้ผู้เรียนที่ได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมห้องเรียนเสมือนเกิดพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ได้ในระยะเวลา 6 สัปดาห์

สุรพล บุญลือ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาห้องเรียนเสมือนโดยใช้การเรียนรู้ร่วมกันและการเรียนการสอนแบบซินเนคติกส์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบห้องเรียนเสมือนโดยใช้การเรียนรู้ร่วมกันและการเรียนการสอนแบบซินเนคติกส์ มีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เนาวนิตย์ สงคราม และ ธนัท สมณคุปต์ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบห้องเรียนอัจฉริยะเสมือนเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมสำหรับผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบห้องเรียนอัจฉริยะเสมือนทั้ง 3 ห้องเรียน มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งในภาพรวมและภาพย่อย อีกทั้งผลการประเมินผลงานหรือหลักฐานของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม พบว่า ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังการทดลองสูงกว่าระหว่างการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ (2561) ได้ศึกษาการใช้รูปแบบการจัดการความรู้โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นผ่านชุมชนการเรียนรู้เสมือนจริง พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการจัดการความรู้โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นผ่านชุมชนการเรียนรู้เสมือนจริงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ศึกษาด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. กระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process : EDP)

การเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมเป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ความสนใจกับการกระตุ้นท้าทายด้วยสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นมาจากกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตนเอง นำไปสู่การสร้างสรรค์และค้นพบแนวทางแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมที่สุดได้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษาตามลำดับ ดังนี้

2.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหมายของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยมีนักวิชาการได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

International Technology Education Association (ITEA, 2000) กระบวนการออกแบบวิศวกรรมเป็นกระบวนการออกแบบพื้นฐานของเทคโนโลยีและวิศวกรรม หรือเรียกอีกอย่าง

ว่าการออกแบบทางเทคโนโลยี ซึ่งกระบวนการออกแบบวิศวกรรมต้องใช้การคิดเชิงวิพากษ์ การประยุกต์ใช้ความรู้ทางเทคนิค ความคิดสร้างสรรค์ และการชื่นชมผลของการออกแบบที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

National Research Council (NRC, 2012) กระบวนการออกแบบวิศวกรรม เป็นกระบวนการที่เป็นระบบในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม ตั้งอยู่บนฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์และแบบจำลอง วิธีแก้ปัญหาแต่ละวิธีมาจากการสร้างเกณฑ์ ความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยี ต้นทุน ความปลอดภัย ความสวยงาม และการปฏิบัติตามข้อกำหนดทางกฎหมาย เป็นต้น โดยทั่วไปจะไม่มีทางออกที่ดีที่สุดเพียงวิธีเดียว แต่เป็นวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผล

National Science Foundation (NSF, 2003) กระบวนการออกแบบวิศวกรรมเป็นชุดขั้นตอนที่เป็นคู่มือสำหรับทีมวิศวกรเพื่อแก้ปัญหา กระบวนการออกแบบเป็นแบบวนซ้ำ (Iterative) หมายถึง สามารถทำซ้ำขั้นตอนได้หลายครั้งตามความจำเป็น และสามารถปรับปรุงแก้ไขไปพร้อมกันได้ กล่าวคือเมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้จากความล้มเหลวและค้นพบความเป็นไปได้ในการออกแบบใหม่ ๆ จะนำไปสู่วิธีแก้ปัญหาที่ดีได้ กระบวนการออกแบบวิศวกรรมจึงเน้นการแก้ปัญหาปลายเปิดและส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้จากความล้มเหลว กระบวนการนี้ช่วยส่งเสริมและท้าทายความสามารถของผู้เรียนในการสร้างสรรค์วิธีแก้ปัญหานำไปสู่การสร้างนวัตกรรม

Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET, 2017) การออกแบบวิศวกรรมเป็นกระบวนการในการวางแผนระบบ ส่วนประกอบ หรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการ เป็นกระบวนการตัดสินใจแบบวนซ้ำ ซึ่งใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรม เพื่อนำทรัพยากรเหล่านั้นมาประยุกต์อย่างเหมาะสมที่สุดเพื่อตอบสนองความต้องการตามที่กำหนดไว้

ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์ (2561) กระบวนการออกแบบวิศวกรรมเป็นกระบวนที่มีความยืดหยุ่นทางความคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยจะต้องมีการกำหนดปัญหา พัฒนาแนวทาง มีการวางแผน สามารถดำเนินการทดสอบได้ โดยใช้ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการผลิตผลงานเพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานหรือแก้ปัญหาได้

สุกัญญา ตางาม (2562) กระบวนการออกแบบวิศวกรรมเป็นวงจรการทำงานที่นำแนวคิดทางวิศวกรรมมาใช้ จึงเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่คล้ายกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แต่ไม่ใช่เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาหรือองค์ความรู้ แต่เน้นเพื่อประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงาน

จากการศึกษาสามารถสรุปความหมายของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม คือ ขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีโครงสร้างการทำงานแบบวนซ้ำ เพื่อแก้ปัญหาภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด วิเคราะห์สถานการณ์และผลกระทบ นำไปสู่การออกแบบแนวทางแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

2.2 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

ขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ได้มีองค์กร สถาบัน นักการศึกษาและนักวิชาการได้กำหนดขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ดังนี้

ITEA (2000) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการทำงานหรือกระบวนการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีไว้ในมาตรฐานการรู้เทคโนโลยี (Standards for Technological Literacy : STL) เพื่อนำเสนอสิ่งที่ผู้เรียนควรรู้และสามารถทำได้เพื่อให้รู้เท่าทันเทคโนโลยี โดยอธิบายเนื้อหาของการศึกษาเทคโนโลยีในระดับชั้นอนุบาล-มัธยมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วยหัวข้อเกณฑ์มาตรฐานแบ่งตามระดับชั้น ซึ่งเนื้อหาการออกแบบ (Design) เป็นเนื้อหาอีกหมวดหนึ่งที่สำคัญที่สุดที่กำหนดไว้ในมาตรฐานของวิศวกรรม ซึ่งมีจำนวน 4 มาตรฐานใน 20 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโดยตรง ได้แก่ มาตรฐานที่ 8 คุณลักษณะของการออกแบบ (The Attributes of Design) มาตรฐานที่ 9 การออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) มาตรฐานที่ 10 บทบาทของการแก้ไขปัญหาและการพัฒนา การประดิษฐ์ นวัตกรรม และการทดลองในการแก้ปัญหา (The Role of Troubleshooting, Research and Development, Invention and Innovation, and Experimentation in Problem Solving) และมาตรฐานที่ 11 การประยุกต์กระบวนการออกแบบ (Apply the Design Process) จึงสามารถสรุปขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรมได้ดังต่อไปนี้

1. การระบุปัญหา (Identifying the problems)

2. การสร้างแนวคิด (Generating ideas) ด้วยเทคนิคการระดมสมองและการดำเนินการวิจัยเพื่อสำรวจแนวคิดการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้

3. การเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม (Selecting a solution)

4. การทดสอบแนวทางแก้ปัญหา (Testing the solution) ด้วยการสร้างแบบจำลอง (Models) และต้นแบบ (Prototypes) เพื่อตรวจสอบแนวทางแก้ปัญหา

5. การลงมือปฏิบัติ (Making the item) สร้างชิ้นงานเพื่อนำไปแก้ปัญหา

6.การประเมินผลลัพธ์ (Evaluating it) ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยชิ้นงานและประเมินว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่

7. การนำเสนอผล (Presenting the results) ซึ่งการทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่ดีที่สุด

Massachusetts Department of Education (MDE, 2001) ได้รับหน้าที่ในการผลิตมาตรฐานระดับรัฐฉบับแรก ซึ่งรวมถึงจุดประสงค์ในการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมสำหรับผู้เรียนระดับชั้นอนุบาล-มัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยแบบจำลองของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ประกอบด้วย 8 ขั้นตอนในรูปแบบวนซ้ำ ได้แก่

1. ขั้นระบุความต้องการหรือปัญหา (Identify the need or problem)

2. ขั้นศึกษาความต้องการหรือปัญหา (Research the need or problem) เป็นการตรวจสอบสถานะปัจจุบันของปัญหาและแนวทางแก้ไขปัจจุบัน สำรวจตัวเลือกอื่น ๆ ทางอินเทอร์เน็ต ห้องสมุด การสัมภาษณ์ เป็นต้น

3. ขั้นพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (Develop possible solution(s)) เป็นการระดมความคิดหรือหาวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ โดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ในมุมมองที่แตกต่างกัน

4. ขั้นเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (Select the best possible solution(s)) เป็นการพิจารณาว่าแนวทางใดที่จะสามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด

5. ขั้นสร้างต้นแบบ (Construct a prototype) เป็นการสร้างแบบจำลองวิธีแก้ปัญหาในรูปแบบสองมิติและสามมิติ

6. ขั้นทดสอบและประเมินแนวทางแก้ไขปัญหา (Test and Evaluate the solution(s)) เป็นขั้นตอนที่ใช้คำถามว่าได้ผลหรือไม่ ตรงตามข้อจำกัดของการออกแบบหรือไม่

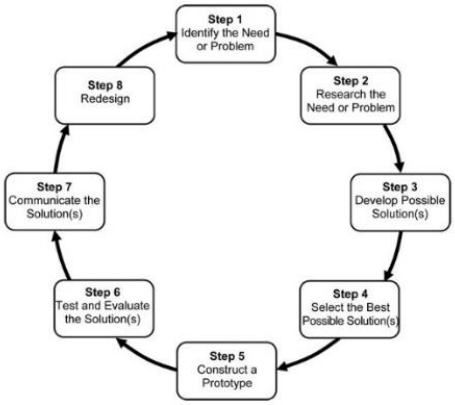
7. ขั้นนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา (Communicate the solution(s)) เป็นการจัดทำการนำเสนอทางวิศวกรรมที่มีการอภิปรายว่าแนวทางแก้ปัญหาตอบสนองความต้องการ

ของปัญหา โอกาส หรือความต้องการเบื้องต้นได้ดีที่สุดอย่างไร ปรึกษาหารือเกี่ยวกับผลกระทบทางสังคมและการแลกเปลี่ยนการแก้ปัญหาร่วมกัน

8. ขั้นออกแบบใหม่ (Redesign) เป็นการกลับไปแก้ไขแนวทางแก้ปัญหาตามข้อมูลที่รวบรวมระหว่างการทดสอบและการนำเสนอ (ดังภาพที่ 2)

ภาพที่ 2

กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย MDE



Noted. from *Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework* (p. 73)*,* by Massachusetts Department of Education, 2001, Massachusetts.

NSF (2003) นำเสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในระดับชั้นอนุบาล-ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่

1. ถามระบุความต้องการและข้อจำกัด (Ask Identify the Need & Constraints) ขั้นตอนการถามระบุความต้องการและข้อจำกัด เป็นการตั้งคำถามเพื่อระบุความต้องการและข้อจำกัด โดยผู้เรียนตั้งคำถามที่เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการสร้าง ตัวอย่างคำถาม ได้แก่ ปัญหาคืออะไร ความต้องการในการออกแบบคืออะไร เหมาะสมกับใคร เราต้องการทำอะไรให้สำเร็จ ความต้องการของโครงการคืออะไร มีข้อจำกัดอย่างไร และเป้าหมายของเราคืออะไร

2. วิจัยปัญหา (Research the Problem) ขั้นตอนการวิจัยปัญหา รวมถึงการพูดคุยกับผู้คนถึงภูมิหลังและความแตกต่างกัน เพื่อช่วยในการค้นคว้าว่าชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหาใดมีอยู่แล้วหรือเทคโนโลยีใดที่สามารถปรับให้เข้ากับความต้องการได้

3. จินตนาการ (Imagine) ขั้นตอนการจินตนาการเป็นการพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ โดยการระดมความคิดและพัฒนาวิธีแก้ปัญหาให้ได้ปริมาณความคิดมากที่สุด เป็นขั้นตอนที่จะกระตุ้นให้เกิดความคิดมากที่สุด และยังไม่มีการตัดสินใจเข้ามาเกี่ยวข้อง

โดยต่อยอดความคิดของผู้อื่น จดจ่ออยู่กับหัวข้อประเด็นนั้น ๆ และสนทนาทีละประเด็น ข้อควรคำนึงในขั้นจินตนาการ คือ การออกแบบที่ดีเกี่ยวข้องกับการทำงานเป็นทีม โดยมีแนวทางการระดมความคิด ได้แก่ 1) การสนทนาทีละประเด็น 2) การไม่ตัดสิน 3) การต่อยอดแนวคิดร่วมกัน 4) การจดจ่ออยู่กับประเด็นหัวข้อนั้น ๆ และ 5) การส่งเสริมแนวคิดอย่างกว้างขวาง

4. วางแผน (Plan) ขั้นตอนการวางแผนเป็นการเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ยากที่สุด เพราะต้องทบทวนความต้องการ ข้อจำกัด และการค้นคว้าจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ นำมาเปรียบเทียบแนวคิดเพื่อเลือกแนวคิด วิธีแก้ปัญหา และวางแผนอย่างเหมาะสมที่สุด

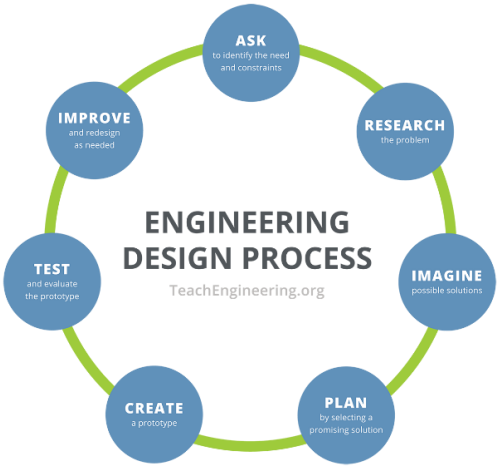
5. สร้างต้นแบบ (Create) ขั้นตอนการสร้างต้นแบบ เป็นการสร้างต้นแบบ (Prototype) โดยทำให้แนวคิดกลายเป็นจริง แนวทางการออกแบบเวอร์ชันแรก ๆ จะช่วยให้สามารถตรวจสอบได้ว่าการออกแบบนั้นตรงตามวัตถุประสงค์หรือความท้าทายเดิมหรือไม่ เป็นการผลักดันความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการและการออกแบบที่เป็นเลิศ

6. ทดสอบและประเมินผลต้นแบบ (Test) ขั้นตอนการทดสอบและการประเมินผลต้นแบบ (Prototype) เป็นการตั้งคำถามว่าชิ้นงานได้ผลหรือไม่ สามารถแก้ปัญหาได้ตามความต้องการหรือไม่ เป็นการนำเสนอผลลัพธ์และรับข้อเสนอแนะ (Feedback) วิเคราะห์และพูดคุยเกี่ยวกับชิ้นงานว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่ หากใช้งานไม่ได้ควรปรับปรุงอย่างไร

7. ปรับปรุง (Improve) ขั้นตอนการปรับปรุง เป็นการออกแบบใหม่ตามความจำเป็น เป็นการพูดคุยปรึกษาหารือกันเพื่อปรับปรุงวิธีแก้ปัญหา ทำการแก้ไขวาดรูปแบบใหม่ ออกแบบซ้ำเพื่อให้ชิ้นงานดีที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และขั้นตอนนี้คือการทำซ้ำ (ดังภาพที่ 3)

ภาพที่ 3

กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย NSF



Noted. from *Engineering Design Process,* by National Science Foundation, 2003, (https://www.teachengineering.org/design/designprocess).

NRC (2012) ร่วมกับสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science : AAAS) สมาคมผู้สอนวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Teachers Association : NSTA) ได้พัฒนากรอบการศึกษาวิทยาศาสตร์ สำหรับผู้เรียนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล-ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (Framework for K-12 Science Education) โดยได้เสนอแนวคิดหลักและองค์ประกอบทางวิศวกรรม เทคโนโลยี และการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ โดยมีแนวคิดหลักเกี่ยวกับวิศวกรรม เทคโนโลยี และการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ ด้านการออกแบบวิศวกรรม (Core Idea ETS1: Engineering Design) ซึ่งมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา (ETS1 .A: Define and Delimiting an Engineering Problem) คือ ขั้นตอนการระบุปัญหาที่จะแก้ไข และข้อกำหนดของเป้าหมายหรือเกณฑ์ที่ชัดเจน ซึ่งผลลัพธ์จะต้องเป็นไปตามเกณฑ์ โดยทั่วไปจะสะท้อนถึงความต้องการของกลุ่มเป้าหมายที่คาดหวังกับเทคโนโลยีหรือกระบวนการ เช่น การทำงานของผลิตภัณฑ์หรือระบบ ความทนทานและต้นทุน เกณฑ์ที่ใช้ควรเป็นเชิงปริมาณที่เป็นไปได้ และระบุไว้เพื่อให้สามารถบอกได้ว่าการออกแบบที่กำหนดนั้นตรงตามเกณฑ์หรือไม่ ตัวอย่างคำถาม เช่น วัตถุประสงค์ของการออกแบบคืออะไร เกณฑ์และข้อจำกัดของผลลัพธ์คืออะไร

2. การพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (ETS1 .B: Developing Possible Solution) คือ กระบวนการสร้างสรรค์สำหรับพัฒนาการออกแบบใหม่ ๆ เพื่อแก้ปัญหา ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของวิศวกรรม กระบวนการนี้อาจเริ่มต้นด้วยกระบวนการแบบปลายเปิดที่มีแนวคิดใหม่ ๆ เกิดขึ้นทั้งในบุคคลและกระบวนการกลุ่ม เช่น การระดมความคิด การกำหนดวิธีแก้ปัญหาที่ตรงตามเกณฑ์และข้อจำกัด อาจมีการร่างแผนภาพแบบไม่เป็นทางการก่อน เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองอย่างเป็นทางการในภายหลัง โดยการสร้างและใช้แบบจำลองทางกายภาพ วิศวกรควรมีความรู้ด้านคณิตศาสตร์และความสามารถในการประมวลความคิดการออกแบบจากกราฟิกไปเป็นผลิตภัณฑ์ วิศวกรทุกคนมักใช้แบบจำลองเพื่อช่วยพัฒนาและสื่อสารวิธีแก้ปัญหาในการออกแบบ แบบจำลองจะช่วยให้นักออกแบบเข้าใจลักษณะของปัญหาเพื่อใช้ในการออกแบบได้ดียิ่งขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และเหมาะสมที่สุด แบบจำลองทางกายภาพสามารถปรับเปลี่ยนและทดสอบพารามิเตอร์ที่สนใจได้ เช่น ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น และความทนทาน เป็นต้น และในส่วนของแบบจำลองกราฟิก เช่น ภาพร่าง และภาพวาดทำให้วิศวกรสามารถแบ่งปันและอภิปรายแนวคิดการออกแบบได้ง่ายและแก้ไขได้อย่างรวดเร็วโดยอาศัยข้อมูลจากผู้อื่นร่วมด้วย ตัวอย่างคำถาม เช่น กระบวนการสำหรับการพัฒนาวิธีแก้ปัญหาการออกแบบที่เป็นไปได้คืออะไร

3. การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม (ETS1 .C: Optimizing the Design Solution) คือ การลงมือปฏิบัติตามวิธีแก้ปัญหาได้หลายวิธี ซึ่งมีความเป็นไปได้เสมอ เนื่องจากวิธีแก้ปัญหามีมากกว่าหนึ่งวิธีตามเกณฑ์และข้อจำกัด แต่จุดมุ่งหมายของวิศวกรรมไม่ใช่เพียงการออกแบบวิธีแก้ปัญหาเท่านั้น แต่เป็นการออกแบบทางออกที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม การพิจารณาว่าสิ่งใดที่ถือว่าดีที่สุดนั้นต้องอาศัยการตัดสินที่คุ้มค่า เนื่องจากมุมมองเกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละบุคคลอาจแตกต่างกัน ตัวอย่างคำถาม เช่น วิธีแก้ปัญหาการออกแบบที่ถูกนำเสนออย่างหลากหลายจะสามารถนำมาเทียบเคียงกันและพัฒนาได้อย่างไร

Next Generation Science Standard (NGSS, 2013) ได้พัฒนามาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ฉบับก้าวหน้าเพื่อเป็นแนวปฏิบัติและแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบวิศวกรรมที่จำเป็นสำหรับทุกคน ซึ่งมาตรฐานสำหรับการออกแบบวิศวกรรมสะท้อนถึงแนวคิดด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ ของกรอบงานและความก้าวหน้าในแต่ละช่วงชั้นเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติ ได้แก่ 1) การกำหนดปัญหา (Define) 2) การพัฒนาแนวทางแก้ปัญหา (Develop) 3) การทดสอบและ

ปรับปรุงให้ได้แนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม (Optimize) โดยมีรายละเอียด ดังนี้ 1) ระดับชั้นอนุบาล-ประถมศึกษาปีที่ 2 (K-2) การออกแบบวิศวกรรมในระดับชั้นแรกสุด เป็นการแนะนำให้ผู้เรียนรู้จักกับปัญหาในบริบทสถานการณ์ที่ผู้คนต้องการเปลี่ยนแปลง โดยผู้เรียนสามารถใช้เครื่องมือและวัสดุเพื่อแก้ปัญหาอย่างง่าย นำเสนอวิธีแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย และเปรียบเทียบวิธีแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน เพื่อพิจารณาว่าวิธีใดเหมาะสมที่สุด จุดเน้นสำหรับระดับอนุบาล-ประถมศึกษาปีที่ 2 คือ การคิดผ่านความต้องการหรือเป้าหมายที่ต้องสำเร็จ และวิธีแก้ปัญหาที่ตอบสนองความต้องการและเป้าหมายเหล่านั้นได้เหมาะสมที่สุด 2) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-ประถมศึกษาปีที่ 5 (Grade 3-5) ในระดับประถมศึกษาตอนปลาย การออกแบบวิศวกรรมมีส่วนร่วมกับผู้เรียนในการแก้ปัญหาที่เป็นทางการมากขึ้น ผู้เรียนกำหนดปัญหาโดยใช้เกณฑ์และข้อจำกัด หรือขีดจำกัดของการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ผู้เรียนค้นคว้าและพิจารณาวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้หลายวิธี การสร้างและการทดสอบวิธีแก้ปัญหาจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อผู้เรียนเรียนรู้ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพวิธีแก้ปัญหาโดยการแก้ไขหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้ได้การออกแบบที่เหมาะสมที่สุด 3) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6-มัธยมศึกษาปีที่ 2 (Grade 6-8) ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ไปที่จุดสำคัญของปัญหาให้ชัดเจนขึ้นโดยการระบุเกณฑ์และข้อจำกัดของการแก้ปัญหานำไปสู่ผลลัพธ์อย่างแม่นยำ โดยไม่เพียงแต่คำนึงถึงสิ่งที่ต้องการแก้ปัญหาตามความต้องการเท่านั้น แต่ยังรวมถึงบริบทที่ใหญ่กว่าที่กำหนดปัญหาไว้ด้วยและข้อจำกัดในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ อีกทั้งผู้เรียนสามารถระบุองค์ประกอบของวิธีแก้ปัญหาต่างๆ และรวมเข้าด้วยกันเพื่อสร้างวิธีแก้ปัญหาใหม่ ผู้เรียนในระดับชั้นนี้จะใช้วิธีการที่เป็นระบบในการเปรียบเทียบวิธีแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน เพื่อพิจารณาดูว่าข้อใดตรงตามเกณฑ์และข้อจำกัดและทำการทดสอบปรับปรุงแก้ไขวิธีแก้ปัญหาหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้ได้การออกแบบที่เหมาะสมที่สุด และ 4) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3-มัธยมศึกษาปีที่ 6 (Grades 9-12) การออกแบบวิศวกรรมในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ทำให้ผู้เรียนแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ซึ่งรวมถึงประเด็นสำคัญทางสังคมและระดับโลก ปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องแบ่งออกเป็นปัญหาอย่างง่ายเพื่อแก้ไขทีละปัญหา นอกจากนี้ผู้เรียนจะกำหนดเกณฑ์และข้อจำกัด เพื่อให้สามารถใช้วิธีการเชิงปริมาณเพื่อเปรียบเทียบศักยภาพของการแก้ปัญหาต่าง ๆ ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาจึงเป็นส่วนสำคัญยิ่งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้สามารถระบุวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งเกี่ยวข้องกับการค้นคว้าว่าผู้อื่นแก้ไขปัญหาอย่างไรมาก่อน ผู้เรียนจะใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ การจำลองทาง

คอมพิวเตอร์ เพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน การจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์การพิจารณา การแลกเปลี่ยน และประเมินผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อม (ดังภาพที่ 4)

ภาพที่ 4

กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย NGSS

Noted. from *Appendix I – Engineering Design in The NGSS* (p. 6)*,* by Next Generation Science Standard, 2013.

Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education (MDESE, 2016) ได้ระบุขั้นตอนของการออกแบบวิศวกรรม ได้แก่ 1) ขั้นระบุความต้องการและปัญหา (Identify a need or a problem) 2) ขั้นค้นคว้าข้อมูล (Research) 3) ขั้นออกแบบ (Design) 4) ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype) 5) ขั้นทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) 6) ขั้นให้ข้อเสนอแนะ (Provide feedback) 7) ขั้นสื่อสาร อธิบาย และแบ่งปัน (Communicate, Explain, and Share) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นระบุความต้องการและปัญหา (Identify a need or a problem) เป็นการระบุความต้องการหรือปัญหาที่สามารถแก้ไขปรับปรุงได้ รวมถึงการเชื่อมโยงเกณฑ์และข้อจำกัดเพื่อนำไปกำหนดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้

2. ขั้นวิจัย (Research) เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความต้องการหรือปัญหาที่ได้ระบุไว้และแนวทางแก้ไขที่อาจจะเกิดขึ้น รวมถึงการค้นคว้าจากแหล่งข้อมูล เช่น เว็บไซต์ งานวิจัย วารสาร เป็นต้น ซึ่งสามารถนำไปเป็นส่วนหนึ่งของขั้นการออกแบบได้

3. ขั้นออกแบบ (Design) เป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมทั้งหมดมาใช้เพื่อการสร้างสรรค์งานออกแบบ รวมถึงการสร้างแบบจำลอง วิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ การปรับแต่งแบบจำลอง และการเลือกแบบจำลองที่ตรงกับความต้องการหรือปัญหาเดิมมากที่สุด

4. ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype) ต้นแบบจะถูกสร้างขึ้นตามรูปแบบการออกแบบ และใช้เพื่อทดสอบวิธีแก้ไขปัญหาที่ได้นำเสนอไว้ ต้นแบบอาจเป็นต้นแบบทางกายภาพ คอมพิวเตอร์ คณิตศาสตร์ หรือแนวคิดของแบบจำลองที่สามารถจัดการและทดสอบได้

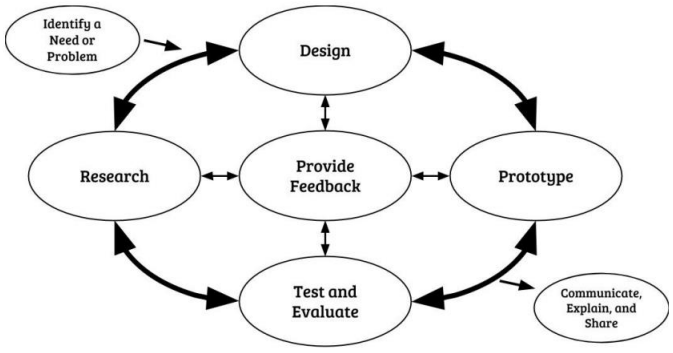
5. ขั้นทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เพื่อหาประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ของต้นแบบ ซึ่งต้องได้รับการทดสอบและประเมินผลเทียบกับเกณฑ์และข้อจำกัดของปัญหา

6. ขั้นให้ข้อเสนอแนะ (Provide feedback) เป็นการให้ข้อเสนอแนะผ่านความคิดเห็นด้วยวาจาหรือลายลักษณ์อักษรอย่างสร้างสรรค์ เพื่อปรับปรุงวิธีแก้ปัญหาและการออกแบบ โดยการกำหนดวิธีการสื่อสารและดำเนินการกับข้อเสนอแนะเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งสามารถขอคำติชมหรือข้อเสนอแนะได้ตลอดช่วงระยะเวลาการออกแบบวิศวกรรม

7. ขั้นสื่อสาร อธิบาย และแบ่งปัน (Communicate, Explain, and Share) การสื่อสาร การอธิบาย และการแบ่งปันวิธีแก้ปัญหา เป็นสิ่งจำเป็นต่อการนำเสนอวิธีการทำงานว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่ การแก้ไขปัญหาหรือความต้องการบรรลุตามเกณฑ์และข้อจำกัดหรือไม่ ซึ่งต้องมีความชัดเจนและสามารถวิเคราะห์ผลได้ (ดังภาพที่ 5)

ภาพที่ 5

กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย MDESE



Noted. from *Massachusetts curriculum framework 2016 science and technology/engineering grade pre-kindergarten to 12* (p. 101), by Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education, 2016, MDESE.

สุธิดา การีมี (2560) ได้นำเสนอกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำความเข้าใจกับปัญหาที่พบเจอ โดยใช้หลักการตั้งคำถาม 5W1H ได้แก่

1.1) ใคร (Who) เป็นการตั้งคำถามเกี่ยวข้องกับความต้องการของบุคคล

1.2) อะไร (What) เป็นการตั้งคำถามว่าอะไรคือปัญหา

1.3) เมื่อไหร่ (When) เป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาว่าเกิดขึ้นเมื่อไหร่

1.4) ที่ไหน (Where) เป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาว่าเกิดขึ้นที่ไหน

1.5) ทำไม (Why) เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์ว่าทำไมถึงเกิดปัญหา

1.6) อย่างไร (How) เป็นการตั้งคำถามว่ามีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร

2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่กำหนดไว้ในขั้นการระบุปัญหา โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้แล้วสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีแก้ปัญหา เพื่อพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด

3. การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นตอนการออกแบบชิ้นงานหรือขั้นตอนโดยใช้ความรู้ที่ได้รับในขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและสื่อสารแนวคิดการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นทราบโดยการร่างและอภิปรายแนวทาง

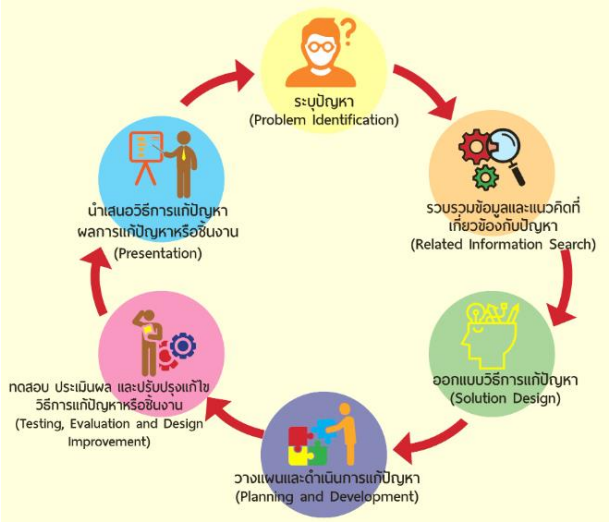
4. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นตอนการวางลำดับของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ จากนั้นลงมือสร้างและพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในขั้นต่อไป

5. การทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบและประเมินชิ้นงานหรือวิธีการว่าสามารถทำงานหรือใช้ในการแก้ปัญหาตามความต้องการได้หรือไม่ หากมีข้อบกพร่องควรดำเนินการปรับปรุงแก้ไขส่วนนั้นจนได้ชิ้นงานที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นกระบวนการพิจารณาวิธีนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานหรือแนวทางที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาหรือตอบสนองความต้องการ (ดังภาพที่ 6)

ภาพที่ 6

กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย สุธิดา การีมี



หมายเหตุ. จาก “การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา ตอนที่ 1” โดย สุธิดา การีมี, 2560, *นิตยสาร สสวท, 46*(209), น. 24.

National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2018) ได้แนะนำหลักการทางวิศวกรรมแก่ผู้เรียนยุคใหม่ผ่านกิจกรรมเชิงปฏิบัติการเพื่อแก้ปัญหาและสร้างแนวทางแก้ไข และได้อธิบายว่ากระบวนการออกแบบวิศวกรรมเป็นชุดขั้นตอนที่จำลองวิธีการที่วิศวกรใช้ในการแก้ปัญหา โดยเน้นความเข้าใจของผู้เรียนว่า “วิศวกรต้องจินตนาการและวางแผนก่อนที่จะเริ่มสร้างและทดสอบ” แบบจำลองการออกแบบวิศวกรรมของ NASA’s BEST (NASA’s BEST Engineering Design Model) เป็นรากฐานสำหรับจัดกิจกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้จัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่เป็นกระบวนการวนซ้ำ โดยได้ระบุขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรมออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ถาม (Ask) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนระบุปัญหา และข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา

2. จินตนาการ (Imagine) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนระดมความคิด และค้นคว้าแนวคิดวิธีแก้ปัญหา

3. วางแผน (Plan) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนเลือกแนวคิดที่เหมาะสมที่สุดสองถึงสามข้อจากรายการที่ได้จากการระดมความคิดและร่างแบบที่เป็นไปได้ จากนั้นทำการเลือกแบบร่างเพียงแบบเดียวเพื่อสร้างต้นแบบ

4. สร้าง (Create) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนสร้างแบบจำลองการทำงานหรือต้นแบบให้สอดคล้องกับข้อกำหนดการออกแบบและอยู่ในข้อจำกัดของการออกแบบ

5. ทดสอบ (Test) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนประเมินวิธีแก้ปัญหาผ่านการทดสอบรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล สรุปจุดแข็งและจุดอ่อนของการออกแบบที่ค้นพบระหว่างการทดสอบ

6. ปรับปรุง (Improve) เป็นขั้นตอนที่นำผลการทดสอบไปปรับปรุงการออกแบบ พร้อมทั้งระบุการเปลี่ยนแปลงที่จะทำและปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมที่สุด (ดังภาพที่ 7)

ภาพที่ 7

กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย NASA

Noted. from *Engineering Design Process,* by National Aeronautics and Space Administration, 2018, (https://www.nasa.gov/audience/foreducators/best/edp.html).

Valenzuela (2019) ได้นำเสนอแบบจำลองการออกแบบวิศวกรรมแบบใหม่ โดยแบบจำลองใหม่นี้ได้ปรับแก้ให้เรียบง่ายและเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับผู้เรียนในระดับชั้นอนุบาล-ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยแบบจำลองมีทั้งแบบวนซ้ำและแบบกำหนดทิศทาง มีการใช้คำเฉพาะระบุแบบสั้น ๆ รวมถึงการแสดงภาพ สี และไอคอน ที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ได้แก่ 1) ถาม (Ask) 2) จินตนาการ (Imagine) 3) วางแผน (Plan) 4) สร้าง (Create) 5) ทดสอบ (Test) 6) ปรับปรุง (Improve) และ 7) แบ่งปัน (Share) (ดังภาพที่ 8)

ภาพที่ 8

กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย Valenzuela

Noted. from *Explore to flight: Educators lunch a lunar buggy through the engineering design process,* by E. Valenzuela, 2019, (https://www.nasa.gov/feature/ explore-to-flight-educators-launch-a-lunar-buggy-through-the-engineering-design-process).

Han and Shim (2019) ได้พัฒนารูปแบบกระบวนการออกแบบวิศวกรรมชื่อว่า DIGIER ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. การกำหนดปัญหา (Defining the problem) คือ การกำหนดปัญหาที่จะแก้ไขโดยชี้เฉพาะเจาะจงไปที่ปัญหานั้น ผู้เรียนจะรับรู้สถานการณ์ที่เป็นปัญหา และตั้งเป้าหมายตามสถานการณ์และกำหนดปัญหาอย่างชัดเจน

2. การรวบรวมข้อมูล (Ingathering information) คือ การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ผู้เรียนจะรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาโดยใช้ประโยชน์จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย ตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา เพื่อตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

3. การสร้างแนวทางแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Generating the solution) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนทุกคนในกลุ่มจะคิดวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ และทำงานร่วมกันในการนำเสนอและประเมินวิธีแก้ปัญหา จากผลการประเมินจะทำให้ผู้เรียนสร้างแนวทางแก้ไขปัญหาในโลกแห่งความจริงที่เป็นไปได้ภายในกลุ่ม จัดลำดับวิธีแก้ปัญหา และแบ่งปันกับผู้อื่น

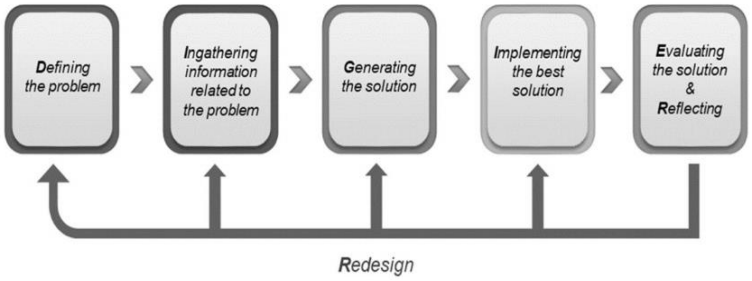
4. ขั้นตอนดำเนินการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (Implementing the best solution) คือ การสร้างต้นแบบตามแนวทางของกลุ่ม ผู้เรียนจะตรวจสอบระบบว่าจะสะท้อนวิธีแก้ปัญหาไปยังสิ่งต่าง ๆ ในโลกแห่งความจริงและสร้างต้นแบบได้อย่างไร

5. ขั้นตอนการประเมินผลและการสะท้อนคิด (Evaluating the solution and Reflecting) ผู้เรียนจะประเมินว่าแนวทางแก้ปัญหาของกลุ่มสามารถนำไปใช้อย่างถูกต้องหรือไม่

และคิดหาวิธีแก้ปัญหาใหม่ผ่านข้อเสนอแนะจากกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งสมาชิกทุกคนในกลุ่มจะได้ปรับปรุงต้นแบบร่วมกันผ่านการนำเสนอและการประเมินผลโดยนำความคิดต่าง ๆ ไปสร้างชิ้นงานใหม่และแนวทางแก้ปัญหาใหม่ (ดังภาพที่ 9)

ภาพที่ 9

กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย Han and Shim



Noted. from "Development of an engineering design process-based teaching and learning model for scientifically gifted students at the Science Education Institute for the Gifted in South Korea," by H. J. Han, and K. C. Shim, 2019, *Asia-Pacific Science Education, 5*(13), p. 15. (https://doi.org/10.1186/s41029-019-0047-6).

Precharattana et al. (2023) ได้นำเสนอกิจกรรมการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

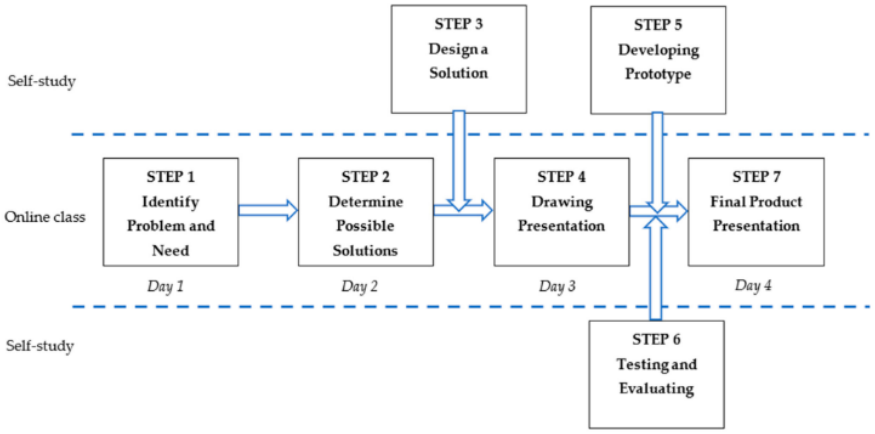
1. การระบุปัญหาและความต้องการ (Identify Problem and Need)
2. การกำหนดวิธีแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ (Determine Possible Solution)
3. การออกแบบวิธีแก้ปัญหา (Design a Solution)
4. การนำเสนอภาพร่างแบบ (Drawing Presentation)
5. การพัฒนาต้นแบบ (Developing Prototype)
6. การทดสอบและการประเมินผล (Testing and Evaluating)
7. การนำเสนอชิ้นงาน (Final Product Presentation)

โดยระหว่างการเรียนการสอน ผู้สอนใช้โปรแกรม Google Classroom เป็นเครื่องมือในการเชื่อมต่อระหว่างผู้เรียนและผู้สอนนอกชั้นเรียน โดยผู้สอนจะจัดเตรียมสื่อต่าง ๆ และผู้เรียนใช้เพื่อส่งงาน รวมทั้งประกาศเกี่ยวกับกิจกรรมที่ผู้เรียนต้องศึกษาและปฏิบัติก่อนเข้าเรียนในแต่ละครั้ง และสื่อการเรียนรู้ที่จะใช้ในกิจกรรมในชั้นเรียน และผู้สอนใช้โปรแกรม Zoom เป็นโปรแกรมการเรียนรู้เพื่อสร้างห้องเรียนออนไลน์ ขั้นตอนที่ 1, 2, 4 และ 7 ของกิจกรรม

กระบวนการออกแบบวิศวกรรมจะสอนในห้องเรียนออนไลน์ และขั้นตอนที่ 3, 5 และ 6 เป็นช่วงการศึกษาด้วยตนเอง ซึ่งผู้เรียนใช้เวลาว่างนอกชั้นเรียนเพื่อศึกษาด้วยตนเองที่บ้าน เมื่อจบชั้นเรียนออนไลน์แต่ละคาบ ผู้เรียนจะทำแบบประเมินอย่างละเอียดผ่าน Google Forms เพื่อทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้และอธิบายการบ้านที่ผู้สอนมอบหมายก่อนออกจากชั้นเรียน (ดังภาพที่ 10)

ภาพที่ 10

กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดย Precharattana et al.



Noted. from "Blended Engineering Design Process Learning Activities for Secondary School Students during COVID-19 Epidemic: Students' Learning Activities and Perception," by M. Precharattana, S. Pongsanon, K. Ritthipravat, P. Chuechote , S. Chuechote and W. Kusakunniran, 2023, *Education Sciences, 13*(2), p. 162.

Aini and Aini (2023) ได้นำเสนอรูปแบบการเรียนรู้กระบวนการออกแบบวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งเน้นที่ทักษะความคิดสร้างสรรค์และทักษะการสื่อสารของผู้เรียน โดยรูปแบบการเรียนรู้กระบวนการออกแบบวิศวกรรมประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ระบุความต้องการหรือปัญหา (Identify the need or problem)
2. ศึกษาความต้องการหรือปัญหา (Research the need or problem)
3. วาดและร่างแนวคิดหรือวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (Draw/sketch possible ideas/solutions)
4. เลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (Select the best possible solution(s))
5. ออกแบบและสร้างต้นแบบ (Design and construct a prototype)

6. ทดสอบและประเมินผลการแก้ปัญหา (Test and evaluate the solution(s))

7. สื่อสารวิธีแก้ปัญหา (Communicate the solution(s))

ตารางที่ 5 การสังเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

สังเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	**ขั้นตอนที่ 1**	**ขั้นตอนที่ 2**	**ขั้นตอนที่ 3**	**ขั้นตอนที่ 4**	**ขั้นตอนที่ 5**
ITEA (2000)	ระบุปัญหา	สร้างแนวคิด	ทดสอบ	ประเมินชิ้นงาน	นำเสนอผล
		เลือกแนวคิด	สร้างชิ้นงาน		
MDE (2001)	ระบุความต้องการหรือปัญหา	ศึกษาความต้องการหรือปัญหา	สร้างต้นแบบ	ประเมินแนวทางแก้ปัญหา	นำเสนอแนวทางแก้ปัญหา
		พัฒนาแนวคิดที่เป็นไปได้	ทดสอบ		
		เลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด			ออกแบบใหม่
NFS (2003)	ถาม ระบุความต้องการข้อจำกัด	วิจัยปัญหา	วางแผน	ประเมินผลต้นแบบ	ปรับปรุง
			จินตนาการ		
			สร้างต้นแบบ		
			ทดสอบ		
NRC (2012)	กำหนดปัญหา	พัฒนาแนวทางแก้ปัญหา	ออกแบบแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม		
NGSS (2013)	กำหนดปัญหา	พัฒนาแนวทางแก้ปัญหา	ทดสอบปรับปรุงให้ได้แนวทางที่เหมาะสม		–
MEDSE (2016)	ระบุความต้องการและข้อจำกัด	วิจัย	สร้างต้นแบบ	ประเมินผล	สื่อสาร อธิบาย แบ่งปัน
		ออกแบบ	ทดสอบ	ข้อเสนอแนะ	
สุธิดา การีมี (2560)	ระบุปัญหา	รวบรวมแนวคิด	พัฒนา	ประเมินผลและปรับปรุง	นำเสนอ
		ออกแบบวิธีแก้ปัญหา	ทดสอบ		
		วางแผน			
NASA (2018)	ถาม	จินตนาการ	สร้าง	ปรับปรุง	แบ่งปัน
		วางแผน	ทดสอบ		
Valenzuela (2019)	ถาม	จินตนาการ	สร้าง	ปรับปรุง	แบ่งปัน
		วางแผน	ทดสอบ		
Han and Shim (2019)	กำหนดปัญหา	รวบรวมข้อมูล	ดำเนินการแก้ปัญหา	ประเมินผล	สะท้อนคิด
		สร้างแนวทางแก้ปัญหา			ออกแบบใหม่
Precharattana et al. (2023)	ระบุปัญหาและความต้องการ	ออกแบบวิธีแก้ปัญหา	ร่างแบบ	ประเมินผล	นำเสนอชิ้นงาน
			พัฒนาต้นแบบ		
	กำหนดวิธีแก้ปัญหา		ทดสอบ		
Aini and Aini (2023)	ระบุความต้องการหรือปัญหา	วิจัยความต้องการหรือปัญหา	วาด/ร่างแนวคิดหรือแนวทางแก้ปัญหา	ทดสอบและประเมินผล	นำเสนอแนวทางแก้ปัญหา
			เลือกแนวทางแก้ปัญหา		
			ออกแบบและสร้างต้นแบบ		
สรุปขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	**การกำหนดปัญหา**	**การออกแบบ**	**การพัฒนา**	**การประเมินผล**	**การนำเสนอ**

จากตารางที่ 5 การสังเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม สรุปได้ว่า ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกำหนดปัญหา 2) การออกแบบ 3) การพัฒนา 4) การประเมินผล และ 5) การนำเสนอ

2.3 เครื่องมือเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

จากการศึกษาบทความ เอกสารและงานวิจัยได้มีนักวิชาการนำเสนอเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนสอนในกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

Bower and Torrington (2020) นำเสนอประเภทของเครื่องมือเทคโนโลยีการเรียนรู้บนเว็บ ซึ่งรวบรวมเครื่องมือเทคโนโลยีตามเกณฑ์ คือ ต้องเป็นเครื่องมือเทคโนโลยีที่สามารถใช้งานได้ฟรี เข้าถึงได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ผู้เรียนสามารถเข้าไปมีส่วนร่วมและแบ่งปันเนื้อหาได้ และผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ โดยแบ่งออกเป็น 15 หมวดหมู่ มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ข้อความ (Text based tools) ประกอบด้วย

1.1) เครื่องมือการสนทนาด้วยข้อความแบบประสานเวลา (Synchronous text discussion) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้วยข้อความแบบทันที สามารถใช้โต้ตอบแบบประสานเวลาระหว่างกลุ่มผู้เรียนเพื่อสร้างช่องทางระหว่างการนำเสนอ เพื่ออำนวยความสะดวกและแก้ปัญหาในการติดต่อสื่อสารระยะไกล เช่น Twitter, Plurk, Chatzy เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการโพสต์ความคิดเห็นแบบข้อความ และ Slack เป็นเครื่องมือการทำงานร่วมกันแบบข้อความประสานเวลา ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนส่งข้อความโต้ตอบแบบทันที สามารถวางแผนและแบ่งปันไฟล์ทางออนไลน์พร้อมกัน เพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันให้มีประสิทธิภาพ

1.2) กระดานสนทนา (Discussion forums) เป็นเครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกในการสนทนาแบบประสานเวลาระหว่างกลุ่มผู้เรียน ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการสนทนาด้วยข้อความสะท้อนความคิดที่ไม่ต้องการการโต้ตอบแบบทันที เช่น ProBoards, ReadUps เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการอ่านหนังสือร่วมกัน โดยสามารถแสดงความคิดเห็นแบบข้อความลงในหน้าหนังสือที่ปรากฏบนเว็บเบราว์เซอร์ได้

1.3) เครื่องมือการจดบันทึกและการสร้างเอกสาร (Note-taking and document creation) เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันในเอกสารแบบเรียลไทม์และเห็นการเปลี่ยนแปลงของกันและกัน เช่น Canva ที่มีฟังก์ชันการจัดการภาพตามเลเยอร์ เพื่อออกแบบและสร้างเอกสารที่น่าสนใจ อีกทั้ง Microsoft Word Online และ Google Docs สามารถสร้าง แก้ไข แชร์ และทำงานเอกสารพร้อม ๆ กันได้

2. เครื่องมือที่ใช้รูปภาพ (Image-based tools) ประกอบด้วย

2.1) การแบ่งปันรูปภาพ (Image sharing) เพื่ออำนวยความสะดวกในการค้นหาแบ่งปันรูปภาพ เช่น Flickr มีพื้นที่เก็บรูปภาพและวิดีโอและแชร์สาธารณะได้ Instagram อำนวยความสะดวกในการแชร์รูปภาพ วิดีโอ ผ่านการโพสต์แต่ละรายการ และเว็บไซต์อื่น ๆ ที่รองรับการแชร์รูปภาพ เช่น Pics4Learning, Unsplash, Pixabay และ Openclipart

2.2) การสร้างและแก้ไขรูปภาพ (Image creation and editing) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถสร้างและแก้ไขรูปภาพ เพิ่มเอฟเฟ็กต์ จากนั้นแชร์รูปภาพ ซึ่งเป็นประโยชน์ในด้านการผลิตและเผยแพร่รูปภาพ เช่น Befunky, Pixlr, Sumopaint และ DavianArt ให้บริการเครื่องมือแก้ไขภาพออนไลน์ด้วยการครอบตัด ปรับขนาด ผสมสี ปรับค่าแสง ความคมชัด และเพิ่มฟิลเตอร์

2.3) การวาดและระบายสี (Drawing and painting) ผู้เรียนและผู้สอนสามารถใช้เมาส์ปากกาเพื่อสร้างรูปภาพและแชร์รูปภาพ ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการร่างภาพและการแสดงภาพประกอบ เช่น Sketchpad สามารถสร้าง แบ่งปัน พิมพ์ และส่งออกงานโดยใช้เครื่องมือวาดภาพที่หลากหลาย Slimber ผู้เรียนและผู้สอนสามารถเล่นซ้ำการสร้างเพื่อดูว่าภาพถูกสร้างขึ้นอย่างไร และ Flockdraw ผู้เรียนและผู้สอนสามารถวาดภาพร่วมกันแบบอิสระพร้อมแชทข้อความในตัว

2.4) ไวท์บอร์ดออนไลน์ (Online whiteboarding) ผู้เรียนและผู้สอนสามารถใช้ไวท์บอร์ดร่วมกันแบบเรียลไทม์เพื่อจัดโครงสร้างและกระบวนการแสดงภาพประกอบ ได้แก่ Awwapp, Google Drawing, Board800, CoSketch, Twidlla และ Autodraw ช่วยอำนวยความสะดวกทั้งการวาดภาพโดยใช้เส้น รูปร่าง ข้อความ และมีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) ช่วยในการทำงาน สามารถส่งออกเป็นไฟล์ PDF

2.5) การสร้างแผนภาพ (Diagraming) ผู้เรียนและผู้สอนสามารถกำหนดโครงสร้างเพิ่มเติมให้กับการวาดโดยใช้เทมเพลตที่หลากหลายสำหรับสร้างแผนภาพและผังงานได้อย่างรวดเร็ว ได้แก่ Gliffy, Lucidchart, Draw.Io, Creatly และ Cacoo

2.6) ผังมโนทัศน์ (Mind mapping) เครื่องมือในการสร้างผังมโนทัศน์ ได้แก่ Bubblus และ Mindomo สามารถสร้างผังมโนทัศน์อย่างง่าย พร้อมทั้งบันทึกและเผยแพร่ผ่าน URL และ Wisemapping มีคุณสมบัติในการแก้ไขและการจัดรูปแบบที่หลากหลาย รวมถึงความสามารถในการฝังรูปภาพ ในขณะที่ Mindmup อนุญาตให้แนบเอกสารและวิดีโอ Popplet ช่วยให้สามารถจัดระเบียบและเชื่อมโยงรูปภาพ ข้อความ และการวาดภาพแบบอิสระได้ และสำหรับการสร้างผังมโนทัศน์ร่วมกัน ได้แก่ Mind42, Mindmeister และ Slatebox มีความสามารถในการจัดรูปแบบขั้นสูง การแทรกรูปภาพ การเขียนร่วมกันแบบเรียลไทม์ ส่วน Coggle อนุญาตให้เขียนร่วมกันแบบเรียลไทม์และติดตามดูการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาต่าง ๆ และ Debategraph ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนเห็นภาพเครือข่ายความคิดในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แบบต้นไม้ กราฟรัศมี เป็นต้น

2.7) การทำแผนที่ (Mapping) เครื่องมือการทำแผนที่สนับสนุนการทำแผนที่ซึ่งสามารถแบ่งปันโดยใช้ลิงก์หรือการฝังภายในเว็บไซต์อื่น สิ่งนี้มีประโยชน์สำหรับการแสดงเส้นทางการเดินทาง ได้แก่ Google Maps ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถปักหมุดข้อความ รูปภาพ และวิดีโอลงในแผนที่ สามารถแบ่งปันร่วมกันได้ และ Google Tours ช่วยให้รวมข้อความ รูปภาพ วิดีโอเข้าด้วยกันเพื่อสร้างประสบการณ์การท่องเที่ยวเสมือนจริงแบบ 3 มิติ

2.8) ก้อนเมฆกลุ่มคำ (Word Clouds) ช่วยให้ผู้สอนสามารถสร้างและแชร์การจัดเรียงรูปภาพของคำสำคัญของข้อความ ซึ่งเป็นวิธีการดึงดูดสายตาในการแสดงคำต่าง ๆ ทำให้ผู้สอนสามารถวิเคราะห์โดยพิจารณาจากคำสำคัญเหล่านั้น และรวมกันเป็นข้อความขนาดใหญ่ ได้แก่ WordClouds.com, Tagcrowd และ WordArt.com

3. เครื่องมือเสียง (Audio tools)

3.1) การแบ่งปันเสียง (Audio sharing) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถอัปโหลดและแบ่งปันการบันทึกเสียงของตนผ่านการเก็บข้อมูลแบบเปิด สิ่งนี้เป็นประโยชน์สำหรับการจัดหาเสียงเพื่อนำไปใช้สำหรับการรีมิกซ์ ได้แก่ Soundcloud, Audioboom, Freesound, Chirbit และ SoundBible

3.2) การสร้างและแก้ไขเสียง (Audio creation and editing) เว็บไซต์การสร้างและแก้ไขเสียง ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถบันทึกเสียงได้โดยตรงผ่านเบราว์เซอร์ของตน ได้แก่ Vocaroo มีจุดเด่นในการบันทึกเสียงออนไลน์ผ่านเบราว์เซอร์ และ Soundation มีฟังก์ชันการบันทึกและแก้ไขเสียงที่ซับซ้อน รวมถึงความสามารถในการผสมแทร็กเสียงต่าง ๆ ในไลบรารีเอฟเฟกต์เสียงแบบไม่เสียค่าใช้จ่าย

4. เครื่องมือวิดีโอ (Video tools)

4.1) การแบ่งปันวิดีโอ (Video sharing) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถแบ่งปันเนื้อหาวิดีโอผ่านที่เก็บสาธารณะ ทำให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถจัดหาเนื้อหาวิดีโอเพื่อจุดประสงค์ในการศึกษาหาความรู้หรือรีมิกซ์วิดีโอ รวมทั้งเผยแพร่วิดีโอของตนเอง ได้แก่ YouTube และ Vimeo เป็นเว็บไซต์แบ่งปันวิดีโอทั่วไป และ TeacherTube เป็นเว็บไซต์ในการแบ่งปันวิดีโอเพื่อการศึกษาโดยเฉพาะ

4.2) การสร้างและแก้ไขวิดีโอ (Video creation and editing) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถสร้างและแก้ไขวิดีโอผ่านเบราว์เซอร์ของตน สามารถสร้างเนื้อหาวิดีโอสำหรับการเรียนการสอนหรือการประเมินผลได้ ได้แก่ YouTube สามารถรวมวิดีโอ ตัดแต่ง เพิ่มรูปภาพ แทร็กเสียง การเปลี่ยนภาพและข้อความ และมีคุณสมบัติในการปรับความสว่างความคมชัด Video Toolbox, Kizoa และ Muvee สามารถสร้างวิดีโอและสไลด์โชว์โดยใช้รูปภาพ มัลติมีเดีย ข้อความ และเพลง โดยผสมผสานการเปลี่ยนภาพและเอฟเฟ็กต์ Flipgrid สามารถบันทึก แก้ไข และแบ่งปันวิดีโอที่สร้างขึ้น ซึ่งผู้เข้าร่วมทั้งหมดสามารถดูได้ และ Screencast-o-matic สามารถสร้างวิดีโอบันทึกหน้าจอผ่านการทำงานโดยตรงผ่านเบราว์เซอร์

4.3) การสตรีมวิดีโอ (Video streaming) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถเผยแพร่สตรีมวิดีโอสดแบบสาธารณะจากกล้องวิดีโอหรือเว็บแคมของตน ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการเข้าถึงระยะไกลไปยังเหตุการณ์สด เช่น YouTube

5. เครื่องมือการผลิตต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal production tools)

5.1) พินบอร์ดดิจิทัล (Digital pinboards) ช่วยในการจัดระเบียบและแบ่งปันทรัพยากรต่าง ๆ เช่น เว็บเพจ ไฟล์ รูปภาพ และโน้ต โดยการเพิ่มลงในผืนผ้าใบรูปแบบอิสระ (Freeform canvas) ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการประชุมระดมความคิดร่วมกัน ได้แก่ Pearltrees,

Padlet, Stormboard, Lino, Conceptboard และ Miro มีคุณสมบัติในการทำงานร่วมกันบนกระดานไวท์บอร์ด การจัดทำเอกสาร การเขียน และการอภิปรายร่วมกัน

5.2) การนำเสนอ (Presentation) เครื่องมือนำเสนอช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถจัดลำดับเนื้อหาได้ต่อเนื่องหลายรูปแบบ เพื่อสนับสนุนหรือนำเสนอคำบรรยายและสามารถแชร์ผ่าน URL ซึ่งเครื่องมือนำเสนอมีประโยชน์สำหรับผู้สอนหรือผู้เรียนที่ต้องการแบ่งปันหรือแสดงเนื้อหาความรู้ ได้แก่ 1) Prezi มีลักษณะเป็นผืนผ้าใบแบบเปิดและขยายได้ ใช้สำหรับการฝังวิดีโอ รูปภาพ และข้อความ รองรับ การทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ และการแบ่งปันผ่านที่เก็บงานนำเสนอสาธารณะ 2) Microsoft PowerPoint Online เป็นโปรแกรมสร้างงานนำเสนอบนเบราว์เซอร์ รองรับการแชร์และการทำงานร่วมกันผ่าน OneDrive 3) Google Slides สนับสนุนการเขียนสไลด์แบบเรียลไทม์ผ่านเบราว์เซอร์ พร้อมการนำเสนอและการแบ่งปันผ่าน URL 4) Haikudeck สร้างสไลด์บนเว็บไซต์อย่างง่ายที่ค้นหาภาพพื้นหลังที่น่าสนใจตามคำค้น 5) Photopeach และ Photosnack สามารถสร้างสไลด์โชว์ตามการอัปโหลดรูปภาพ 6) Vcasmo สามารถเพิ่มคำบรรยายและเสียงให้กับการนำเสนอภาพนิ่ง 7) Slideshare และ Authorstream สามารถแชร์งานนำเสนอบนเดสก์ท็อปผ่านพื้นที่เก็บข้อมูลสาธารณะ และสามารถเพิ่มคำบรรยายและเสียงลงในสไลด์ที่อัปโหลด และ 8) Spark สามารถสร้างกราฟิก หน้าเว็บ หรือวิดีโอโดยใช้เทมเพลตและภาพที่สามารถปรับแต่งเพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง

5.3) การเขียนบทเรียน (Lesson authoring) เครื่องมือสร้างบทเรียนที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดลำดับเนื้อหาเป็นโมดูลการเรียนรู้ เพิ่มองค์ประกอบแบบโต้ตอบได้ตลอดจนใช้สร้างลำดับเนื้อหาบทเรียนให้กับผู้เรียนในรายวิชาที่ต้องการ ได้แก่ Lessonlams, BlendSpace, Softchalk, EasyGenerator, Nearpod, Udutu, Composica และ Edupuzzle

6. เครื่องมือเล่าเรื่องดิจิทัล (Digital storytelling tools)

6.1) การสร้างหนังสือออนไลน์ (Online book creation) ผู้เรียนและผู้สอนสามารถสร้างเรื่องราวตามรูปภาพ ข้อความ เสียง วิดีโอ และแบ่งปันผ่าน URL หรือพื้นที่เก็บข้อมูลซึ่งช่วยในการเผยแพร่ผลงานในรูปแบบหนังสือ และสนับสนุนการเรียบเรียงเรื่องราว ได้แก่ StoryJumper, Tikatok, StoryBird, Mixbook และ BookCreator

6.2) การสร้างภาพการ์ตูน (Comic strip creation) ผู้เรียนและผู้สอนสามารถลากและวางตัวละครและพื้นหลังลงในเทมเพลต ซึ่งผู้สอนสามารถใช้การ์ตูนเพื่อสร้างแรงจูงใจ

ในการสรุปสถานการณ์หรือสาธิตกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ Storyboard, MakebeliefsComix, Pixton และ WittyComics

6.3) วิดีโอแอนิเมชัน (Animated Videos) ช่วยในการสร้างและแบ่งปันวิดีโอแอนิเมชันและงานนำเสนอผ่านอินเทอร์เฟซแบบลากวางที่มีองค์ประกอบ รูปแบบ และเทมเพลตที่หลากหลาย ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการสร้างวิดีโอโดยไม่จำเป็นต้องถ่ายฟุตเทจ ได้แก่ Powtoon, Moovly, DigitalFilms และ Voki ที่สามารถสร้างแอนิเมชันเสียงพูดที่ปรับแต่งได้จากข้อความที่เขียนและสามารถแชร์กับแพลตฟอร์มต่าง ๆ ได้

7. เครื่องมือสร้างเว็บไซต์ (Website creation tools)

7.1) การสร้างเว็บไซต์ส่วนบุคคล (Individual website creation) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถสร้างเว็บไซต์จากเทมเพลตที่ปรับแต่งได้ผ่านอินเทอร์เฟซแบบชี้และคลิกโดยไม่ต้องเขียนโค้ด เช่น Google Sites,Tripod, Wix, Jimdo, Moomfruit, Weebly และ Glogster

7.2) วิกิ (Wikis) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถสร้าง แก้ไข และเชื่อมโยงเว็บไซต์หลานหน้าผ่านเบราว์เซอร์ ทำให้เหมาะสำหรับพื้นที่ทำงานแบบโครงการหรือฐานความรู้ร่วมกัน ได้แก่ Pbworks, Nuclino, Zoho Wiki และ Wikidot

7.3) บล็อก (Blog) ช่วยในการจัดระเบียบโพสต์บนเว็บไซต์ตามลำดับเวลาเหมาะสมสำหรับการสร้างสมุดบันทึกส่วนตัว จัดการชั้นเรียน ติดตามและประเมินผลที่หลากหลาย ได้แก่ Wordpress, Edublogs, Tumblr, Blogger, Paper.li, RebelMouse และ Penzu

8. เครื่องมือองค์กรความรู้และการแบ่งปัน (Knowledge organization and sharing tools)

8.1) การแชร์ไฟล์ (File sharing) เว็บไซต์แชร์ไฟล์ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถแชร์เอกสาร รูปภาพ ไฟล์เสียง วิดีโอผ่านทางเว็บไซต์ อีกทั้งช่วยในการจัดการไฟล์ และตั้งค่าการอนุญาตในการเข้าถึงไฟล์ได้ ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการแชร์ไฟล์ภายในชั้นเรียนและระหว่างกลุ่ม ได้แก่ Dropbox, MediaFire, 4shared, OneDrive และ Google Drive

8.2) โซเชียลบุ๊กมาร์ก (Social bookmarking) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถจัดเก็บ จัดระเบียบ ใส่คำอธิบายประกอบ และแชร์ลิงก์ไปยังเว็บไซต์ได้ สิ่งนี้เป็นประโยชน์สำหรับการสร้างชุดของการเชื่อมโยง (Links) เพื่อช่วยแบ่งปันทรัพยากรร่วมกัน ได้แก่ Diigo, Icyte, Memonic, Edshelf, Wakelet และ Educlipper

8.3) เครื่องมือรวบรวมข้อมูลบนเว็บ (Aggregators) ช่วยในการจัดระเบียบบันทึก รวบรวมข้อมูลบนเว็บไว้ในที่เดียว และแบ่งปันเนื้อหาในหัวข้อสำคัญ ได้แก่ Flipboard, Feedly และ Bloglines

8.4) การเผยแพร่ซ้ำ (Republishing) ช่วยอำนวยความสะดวกในการรวบรวมลิงก์และจัดระเบียบเนื้อหาลงในโฟลเดอร์เสมือนที่เกี่ยวกับหัวข้อต่าง ๆ ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นการคัดลอกเนื้อหาจากเว็บเท่านั้น แต่สามารถช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนแสดงความคิดเห็นและเผยแพร่ซ้ำได้อีกครั้ง ได้แก่ ScoopIt, Pinterest และ LiveBinders

8.5) เครื่องมือสร้างเส้นเวลา (Timeline creators) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถจัดระเบียบข้อความและรูปภาพในหน้าเดียวตามเวลาที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการแสดงเหตุการณ์ทางประวัติศาสตร์ ได้แก่ Timetoast, Preceden, Tiki-Toki และ Office Timeline Online

9. เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis tools)

9.1) การทำแบบสำรวจ (Conducting surveys) ผู้เรียนและผู้สอนสามารถเก็บรวบรวมความคิดเห็นต่าง ๆ สามารถค้นหาแหล่งข้อมูลเพื่อใช้ในการนำไปวิเคราะห์ได้ในภายหลัง ได้แก่ Survey Monkey, Crowdsignal, SurveyGizmo, Slido, Strawpoll, Addpoll, Mentimeter, FluidSurveys, Google Forms, Microsoft Forms, Poll Everywhere และ Answer Garden

9.2) ตารางจัดการออนไลน์ (Online spreadsheets) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถแก้ไขตารางจัดการที่แชร์ผ่าน URL ร่วมกันได้ สามารถจัดทำข้อมูลร่วมกันได้ ได้แก่ Google Sheets, Microsoft Excel Online, Zoho Spreadsheet, Live Document Spreadsheet, Ethercalc และ Smartsheet

9.3) อินโฟกราฟิก (Infographics) ผู้เรียนและผู้สอนสามารถใช้เครื่องมือและเทมเพลตออนไลน์สำหรับสร้างหรือปรับแต่งข้อมูลตัวเลข แผนภูมิ และสร้างสรรค์ภาพร่วมกัน รวมถึงแผนที่แบบโต้ตอบที่สามารถส่งออกและฝังลงในงานนำเสนอ บล็อก หรือเว็บไซต์ ได้แก่ Infogr.am, amCharts, Venngage, Google chart, Easel.ly, Piktochart, Chartbin และ figma

10. เครื่องมือสร้างแบบจำลอง 3 มิติ (3D modelling tools)

10.1) คลังโมเดล 3 มิติ (3D model repositories) ผู้เรียนและผู้สอนสามารถแบ่งปันและใช้โมเดล 3 มิติผ่านชุมชนชนออนไลน์ ได้แก่ GrabCad, Rapables, 3D Warehouse, Printmeasheep.com, Thingiverse และ Pinshape

10.2) การสร้างโมเดล 3 มิติ (3D model creation) ผู้เรียนและผู้สอนสามารถสร้าง บันทึก และแชร์โมเดล 3 มิติ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบผ่านเบราว์เซอร์ ได้แก่ Shapeshifter, Tinkercad, 3DSlash และ Sketchup

11. เครื่องมือการเขียนโค้ด (Coding tools) มุ่งเน้นการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยผู้เรียนและผู้สอนในการสร้างและแชร์เรื่องราว แอนิเมชัน และเกมได้โดยการลากและวางบล็อกโค้ด ได้แก่ Scratch, Code.org, Gamefroot, Codecademy, Free Code Camp, Khan Academ และ Makecode

12. เครื่องมือการประเมิน (Assessment tools) ช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างแบบทดสอบออนไลน์โดยใช้ประเภทคำต่าง ๆ เช่น แบบหลายตัวเลือก แบบเติมคำ แบบจับคู่ พร้อมการให้คะแนนอัตโนมัติและเป็นการติดตามผลการปฏิบัติงาน ได้แก่ Quizstar, ProProfs Quizmaker, Class Marker, Quizlet, Cram, CoboCards, EasyTestMaker, Peerwise, Socrative, Kahoot และ GoSoapBox

13. ระบบเครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social networking systems) ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถแบ่งปันภาพถ่าย วิดีโอ โพสต์ข้อความ และสำรวจความคิดเห็นผ่านหน้าโปรไฟล์ส่วนบุคคล สามารถใช้เพื่อการแบ่งปันเนื้อหา ให้ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาร่วมกันผ่านการแสดงความคิดเห็นและกิจกรรมการลงคะแนนเสียง ได้แก่ Facebook, Class Dojo, Twiducate อีกทั้งเครื่องมือเครือข่ายทางสังคมอื่น ๆ ที่สร้างขึ้นจากชุมชนแห่งการปฏิบัติการเฉพาะ เช่น Research Gate และ Academia ที่สนับสนุนเครือข่ายทางสังคมและการแบ่งปันข้อมูลสำหรับนักวิชาการ

14. ระบบการจัดการเรียนรู้ (Learning management systems) ช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดทำหลักสูตร สามารถกำหนดงาน กำหนดการประเมิน ติดตามผลการเรียนของผู้เรียน รายงานและข้อมูลเอกสาร ตลอดจนมีการควบคุมการบริหารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตร ได้แก่

Edmodo, Seesaw, Google Classroom, Moodle Cloud, Myicourse, Schoology, ATutor และ FormalLMS

15. เครื่องมือการประชุมทางเว็บ (Web-conferencing tools) หรือการประชุมผ่านเว็บหรือการประชุมทางวิดีโอ ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนมองเห็นและได้ยินซึ่งกันและกัน ตลอดจนใช้คุณสมบัติการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ เช่น การแชร์หน้าจอผ่าน Zoom, Google Meet, Skype หรือ Discord ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถประชุมผ่านเว็บไซต์ได้ฟรี และมาพร้อมกับฟีเจอร์การแชร์หน้าจอ กระดานไวท์บอร์ด แชทด้วยข้อความ และห้องกลุ่มย่อย

Pishchukhina and Watson (2021) ได้นำเสนอเครื่องมือเทคโนโลยีที่ช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking Skills) ในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ ได้แก่

1. แบบทดสอบออนไลน์และคำถามเชิงสถานการณ์ (Online quiz and Scenario questions) แบบทดสอบเป็นเครื่องมือในการยกระดับประสบการณ์การเรียนรู้และการประเมินผล ที่ได้รับการออกแบบในหลายรูปแบบเพื่อให้ครอบคลุมตามแนวคิดอนุกรมวิธานของบลูม (Bloom's Taxonomy) โดยเริ่มจากการจดจำและทำความเข้าใจนำไปสู่ลำดับการคิดที่สูงขึ้น เช่น แบบทดสอบจับคู่ แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบคำถามสถานการณ์สมมติแบบปรนัย ซึ่งการผสมผสานของคำถามดังกล่าว เป็นสิ่งท้าทายลำดับการคิดในการทำความเข้าใจเนื้อหา การคิดเชิงวิพากษ์ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงจุดแข็งและติดตามพัฒนาการทางการเรียนรู้ของตนเอง

2. การมอบหมายงานสร้างสรรค์ (Creative assignments) เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ต้องใช้ทักษะการคิดขั้นสูง และเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและเรียนรู้ได้อย่างมีความสุข ซึ่งกิจกรรมการเรียนการสอนต้องส่งเสริมการคิดเพื่อให้เข้าถึงระดับการสร้างสรรค์ การประเมิน การวิเคราะห์ และคำถามเชิงสถานการณ์สมมติแบบเปิด (Open-response scenario question) เพื่อประเมินทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการมอบหมายงานสร้างสรรค์เพื่อให้ผู้เรียนได้ทำการวิจัยด้วยตนเองอย่างสร้างสรรค์

3. กระดานสนทนาแบบ Canvas บนสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ (Discussion forums) เป็นเครื่องมือที่พัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ซึ่งกระดานสนทนาออนไลน์ช่วยให้การสื่อสารกับผู้เรียนด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ เสริมสร้างทักษะการคิดและนำทางผู้เรียนไปสู่ทักษะการคิดขั้นสูง

4. เครื่องมือสร้างประสบการณ์การเล่นเกมเพื่อการเรียนรู้ (Gaming experience) เป็นเครื่องมือหนึ่งของการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงในการเรียนภาคปฏิบัติทางไกล ซึ่งเป็นความท้าทายที่ผู้เรียนจะต้องระบุและทำความเข้าใจและแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด เพื่อให้เข้าใจกระบวนการ การวางแผน และสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ คือ เกม PC Building Simulator บนโปรแกรม Steam เป็นการจำลองการสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ส่วนประกอบของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และดำเนินการอัปเกรดเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ในระยะไกล

5. เครื่องมือการทำโครงการจบ (Software engineering final project) เป็นเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเครื่องมือการทำงานร่วมกันแบบออนไลน์และการจัดการโครงการถูกนำมาใช้เพื่อกำหนดพื้นที่ดิจิทัลที่ให้ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกันในโครงการของกลุ่มได้ทุกที่ทุกเวลา ได้แก่ Microsoft Teams เป็นเครื่องมือการติดต่อสื่อสารแบบประสานเวลาและไม่ประสานเวลาระหว่างสมาชิกในกลุ่มและหัวหน้าโครงการ Miro ใช้สำหรับกระบวนการคิด Trello, Jira สำหรับการจัดการโครงการ Kanban board สำหรับการติดตามงาน และ OneNote สำหรับการบันทึกรายงานการประชุม

Madariaga et al. (2021) ได้นำเสนอเครื่องมือออนไลน์สำหรับกระบวนการออกแบบแนวคิด (Concept design process) ซึ่งกระบวนการออกแบบแนวคิด ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การระบุความต้องการ 2) การวางแผน 3) การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 4) การกำหนดปัญหาใหม่เฉพาะบริบท 5) การสำรวจวิธีแก้ปัญหาและพัฒนาต้นแบบ 6) ประเมินผลการแก้ปัญหา ซึ่งจำแนกเครื่องมือการทำงานร่วมกันสำหรับการออกแบบแนวคิดออกเป็น 4 ประเภท โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. พื้นที่การทำงานร่วมกันแบบประสานเวลา (Synchronous collaborative space) ได้แก่ Zoom, Microsoft Teams, Google Meet, Google Hangouts, Google DUO, Discord, WhatsApp, Telegram, Skype และ Jitsi Meet

2. พื้นที่การทำงานร่วมกันแบบไม่ประสานเวลา (Asynchronous collaborative space) ได้แก่ Google Drive, Microsoft Teams, Dropbox, OneDrive, pCloud, Evernote, Pinterest, Trello, Monday และ Slack

3. พื้นที่สร้างสรรค์และการทำงานร่วมกัน (Creative and collaborative space) ได้แก่ Miro, Mural, Microsoft Teams, Zoom, Google Jamboardx, Google Slides, Canva, Figma, Aggie และ Autodesk Fusion 360

4. พื้นที่ส่วนรวมสำหรับการพักผ่อน (Collective space for relax) ได้แก่ Whatsapp, Telegram, Discord, Zoom, Google Meet, Skype, Google hangouts, Google DUO, Jitsi Meet และ Spotify

ทั้งนี้เครื่องมือออนไลน์ที่ส่งเสริมการทำงานร่วมกันของผู้เรียน สามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภท มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือสำหรับการสื่อสารในชีวิตประจำวัน นำมาใช้ในขั้นที่ 1 ระบุความต้องการและขั้นที่ 2 วางแผน ได้แก่ Whatsapp, Zoom, Discord, Google Drive, Microsoft Teams, Google Meet, Canva, Google Hangouts และ Miro

2. เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล นำมาใช้ในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและกำหนดปัญหาใหม่เกี่ยวกับข้อมูลและเอกสารประกอบที่รวมรวมได้ ได้แก่ Canva, PowerPoint, Google Drive, Google Slides, Word, Miro, Google Docs, Adobe Illustrator, Google Sheets, Google Chrome, Excel, Figma, Zoom, Pinterest, Google Scholar, Adobe Photoshop และ Jamboard

3. เครื่องมือสำหรับการสร้างแนวคิด นำมาใช้ในการสำรวจวิธีแก้ปัญหาและพัฒนาต้นแบบ ได้แก่ Zoom, Miro, WhatsApp, Canva, Google Drive, Jamboard, PowerPoint, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Paint, Google Slides, Word, Microsoft Whiteboard, Autodesk SketchBook, Procreate และ GoodNotes Apple

4. เครื่องมือสำหรับการประเมินแนวคิด นำมาใช้ในการประเมินผลการแก้ปัญหา ได้แก่ Autodesk Inventor, Autodesk 3Ds Max, Autodesk Fusion 360, Figma, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Adobe XD, Autodesk SketchBook, Shapr3D, PowerPoint และ Procreate

Horvat et al. (2021) ได้วิเคราะห์เครื่องมือเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ใช้ในการเรียนแบบโครงงาน รายวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อส่งเสริมการทำงานเป็นทีม แบ่งออกเป็น 20 หมวดหมู่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือสำหรับการติดต่อสื่อสาร (Communication) ได้แก่ Adobe connect, Microsoft teams, WhatsApp, Email, Phone, Discord, Skype, Slack, Miro, Trello, Moodle forum, Facebook และ Google Drive chat

2. เครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการข้อมูล (Data management) ได้แก่ Trello, OwnCloud, Google Drive, Autodesk Fusion 360, GrabCAD, Onshape และ Microsoft Onedrive

3. เครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการภาระงาน (Task management) ได้แก่ Email, Trello, Microsoft Excel, Google Spreadsheet, Doodle, Grapple และ Meeting minutes

4. เครื่องมือสำหรับข้อมูลกระบวนการออกแบบ (Design process information) ได้แก่ WhatsApp, Email, Trello และ Moodle

5. เครื่องมือสำหรับการค้นหาเทคโนโลยีและแนวคิด (Technology and idea search) ได้แก่ Google Patents, Patentscope, Espacent, WIPO, Google Scholar, Science Direct, Research Gate, Asknature.org และ TRIZ

6. เครื่องมือสำหรับการค้นหาตลาด (Market search) ได้แก่ Internet search และ Google Forms

7. เครื่องมือการกำหนดกรอบปัญหา (Problem framing) ได้แก่ Miro, Microsoft Word และ draw.io

8. เครื่องมือการแยกย่อยตามหน้าที่ (Functional decomposition) ได้แก่ Miro และ Microsoft Visio

9. เครื่องมือการสร้างแนวคิด (Idea generation) ได้แก่ Miro, Google Spreadsheet, Microsoft Word และ Handmade

10. เครื่องมือการร่างแบบ (Sketching) ได้แก่ Miro, Microsoft PowerPoint, Handmade, Microsoft Visio, Paint, GIMP, AutoCAD, SolidWorks, Siemens NX, Adobe Illustrator, Autodesk Fusion 360 และ Figma

11. เครื่องมือการสร้างแบบจำลอง (CAD modeling) ได้แก่ SolidWorks, Siemens NX, Autodesk Fusion 360, Autodesk Inventor, Catia, Onshape และ 3D Experience

12. เครื่องมือการวาดทางเทคนิค (Technical drawing) ได้แก่ SolidWorks, Autodesk Fusion 360, Autodesk Inventor และ Onshape

13. เครื่องมือรายการวัสดุ (Bill of materials) ได้แก่ Microsoft Word, SolidWorks, Autodesk Fusion 360, Autodesk Inventor และ Onshape

14. เครื่องมือการแสดงผล (Rendering) ได้แก่ SolidWorks, Siemens NX, Autodesk Fusion 360 และ Autodesk Inventor

15. เครื่องมือการคำนวณ (Calculations) ได้แก่ Microsoft Excel, Google Spreadsheet, Internet search, Handmade, Ansys และ Python

16. เครื่องมือการสร้างวิดีโอ (Creating video) ได้แก่ SolidWorks, Autodesk Fusion 360, Adobe Premiere และ Blender

17. เครื่องมือการรายงานภายใน (Internal report) ได้แก่ WhatsApp, Miro, Trello, Microsoft PowerPoint และ Microsoft Word

18. เครื่องมือการเขียนรายงาน (Writing report) ได้แก่ Microsoft Word, Google Docs และ OnlyOffice

19. เครื่องมือการนำเสนอ (Presentation) ได้แก่ Microsoft PowerPoint และ Google Presentation

20. เครื่องมืออื่น ๆ ได้แก่ Moodle, Adobe Reader, easypolls.net, GrabCADและ Traceparts

Uotinen et al. (2022) ได้นำเสนอเครื่องมือเสมือน (Virtual Toolkit) แบ่งออกเป็น 6 ประเภท มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือการจัดการโครงการ (Project Management Tools) ได้แก่ Monday.com, Microsoft Teams และ Nextcloud

2. เครื่องมือการแบ่งปันไฟล์และการทำงานร่วมกัน (Collaboration and File Sharing Tools) ได้แก่ Google Drive, Padlet และ Dropbox

3. เครื่องมือการวิจัย (Research Tools) ได้แก่ Pearltrees, Diigo และ Google Forms

4. เครื่องมือการประชุมและการสัมมนาผ่านเว็บ (Meeting and Webinar Tools) ได้แก่ BigBlueButton, Webex, Google Meet, Jitsi และ Zoom

5. เครื่องมือการสำรวจ การนำเสนอ และแอนิเมชัน (Polling, Presentation and Animating Tools) ได้แก่ Nearpod, Canva, ThinkLink, Kahoot และ Slido

6. เครื่องมือสร้างเนื้อหาดิจิทัล (Digital Content Creation Tools) ได้แก่ Evernote, Miro, PowerPoint และ WordPress

Cárdenas and Estrada (2022) ได้นำเสนอทรัพยากรทางเทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมทักษะดิจิทัล จำแนกเป็น 6 ประเภท มีรายละเอียดดังนี้

1. ตัวช่วยด้านภาษา (Language Aids) ได้แก่ Lyricstraining และ Classdojo

2. เนื้อหาที่โหลดไว้ล่วงหน้า (Preloaded Contents) ได้แก่ Liveworksheets, Word Wall, Brain Pop และ Didactalia

3. เครื่องมือการประเมินผล (Assessment Tools) ได้แก่ Plickers, Google Forms, Quizzes, Thatquizz, Kahoot และ Phet Colorado

4. เครื่องมือกราฟิก (Graphical Tools) ได้แก่ FotoJet, App Bookcreator, ScreenCast, Picktochart, Olesur, Genialy, Padlet, Folder Classification, MindMeister และ Artsteps

5. เกมการสอน (Didactical Games) ได้แก่ Class Tools, Educaplay, Cokitos และ Jigsaw Planet

6. แพลตฟอร์มดิจิทัล (Digital Platforms) ได้แก่ Microsoft Teams, Classroom, Jamboard, Openboard, Drive และ Punto Edu

Rasmussen (2022) ได้นำเสนอมุมมองของการใช้การบริหารจัดการโครงการ (Project Management) และวิธีการที่คล่องตัว (Agile methodology) ในด้านการออกแบบที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน เครื่องมือที่ใช้ในการบริหารจัดการโครงการ ได้แก่ Vote, Digital scrum board, Trello และ Miro

ตารางที่ 6 การสังเคราะห์เครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

สังเคราะห์เครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การกำหนดปัญหา	การออกแบบ	การพัฒนา	การประเมินผล	การนำเสนอ
Bower and Torrington (2020)	Google Maps, Scribblemaps, Google Tours, Pearltrees, Miro, Padlet, Lino Stormboard, Conceptboard	Gliffy, Lucidchart, Draw.io, Creately, Cacoo	Sketchpad, Slimber, Flockdraw, awwapp.com, Google Drawing, Board888, CoSketch, Twiddla, Autodraw	Evernote, Google Keep, MS Word online, Google Docs, Zoho, Canva	YouTube, Vimeo, Teachertube, Prezi, MS PowerPoint Online, Google Slides, Spark Haikudeck, Photopeach, Photosnack, Vcasmo, Slideshare, Authorstream,
Pishchukhina and Watson (2021)	Simulator game on Steam	Miro, Trello, Jira, Kanban board	–	–	–
Madariaga et al. (2021)	WhatsApp, Zoom, Discord, Google Drive, MS Teams, Google Meet, Canva, Google Hangouts, Miro	Canva, PowerPoint, Google Drive, Google Slides, Word, Miro, Google Docs, Adobe Illustrator, Google Sheets, Google Chrome, Excel, Figma, Zoom, Pinterest, Google Scholar, Adobe Photoshop, Jamboard, Paint, WhatsApp, MS Whiteboard, Autodesk, SketchBook, Procreate, Goodnotes Apple	Autodesk Inventor, Autodesk 3ds Max, Autodesk Fusion 360, Figma, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Adobe XD, Autodesk SketchBook, Shapr3D, Canva, PowerPoint, Procreate	–	Canva, PowerPoint, Google Drive

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สังเคราะห์เครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การกำหนดปัญหา	การออกแบบ	การพัฒนา	การประเมินผล	การนำเสนอ
Horvat et al. (2021)	Miro, MS Word, draw.io	Miro, MS Visio, Google Spreadsheet, MS Word, Trello, Handmade, Email, Whatsapp, YouTube, OwnCloud, WIPO, MS Excel, Doodle, Google Calendar, Grapple, Moodle, Google Patents, Patentscope, Espacenet, Google Scholar, Science Direct, ResearhGate, Productionspiration, Internet search, Meeting minutes, Asknature.org, TRIZ, Autodesk fusion 360, GrabCAD, Onshape, MS OneDrive	Miro, MS PowerPoint, Handmade, MS Visio, Paint, GIMP, AutoCAD, Adobe Illustrator, Figma, Solidworks, Siemens NX, Autodesk fusion 360, Autodesk Inventor, Onshape, 3DExperience, Catia	WhatsApp, Miro Trello, PowerPoint, Word	PowerPoint, Google Presentation, Solidworks, Autodesk fusion 360, Adobe Premiere, Blender
Uotinen et al. (2022)	Pearltrees, Diigo Google Forms	Monday.com, MS Teams, Nextcloud	Evernote, Miro, PowerPoint, WordPress	–	Nearpod, Canva, ThingLink, Kahoot, Slido
Cárdenas and Estrada (2022)	–	MindMeister, Picktochart	Jamboard, Openboard	Classroom	Artsteps, App Bookcreator, FotoJet,
Rasmussen (2022)	Voting, Sticky note	Trello, Miro, Sticky note, Digital scrum board	–	–	–
สรุปเครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	**Google Maps, Miro (Sticky Note, Voting)**	**Miro (Sticky Note, Kanban board)**	**Canva Education, Miro**	**Canva Education, Miro**	**Canva Education, Artsteps**

จากตารางที่ 6 การสังเคราะห์เครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม สรุปได้ว่าเครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 5 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem Definition) เป็นการทำความเข้าใจกับปัญหาหรือความต้องการที่เกิดขึ้นในชุมชน รวมถึงปัญหาของการประกอบอาชีพในชุมชน โดยมีการสำรวจ

และวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อช่วยให้เข้าใจเงื่อนไขและกรอบของปัญหาอย่างชัดเจน โดยใช้เครื่องมือการกำหนดปัญหา (Online Problem Definition Tools) ได้แก่ โปรแกรม Google Maps และโปรแกรม Miro ซึ่งโปรแกรม Miro มีเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ กระดาษบันทึกย่อ (Sticky Notes) และการลงมติ (Voting)

2. ขั้นการออกแบบ (Design) เป็นการรวมแนวคิดจากการระดมความคิด การรวบรวมข้อมูล หลักการ ทฤษฎีจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ จากนั้นสรุปรายการปัญหาที่เกิดขึ้น จัดเรียงลำดับความสำคัญ เลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไข และระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข นำไปสู่การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เครื่องมือการออกแบบ (Online Design Tools) คือ โปรแกรม Miro เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ กระดาษบันทึกย่อ (Sticky Notes) และกระดานคัมบัง (Kanban board)

3. ขั้นการพัฒนา (Development) เป็นการร่าง (Sketch) การสร้างต้นแบบ (Prototype) และการทดสอบ (Test) ว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยใช้เครื่องมือการพัฒนา (Online Development Tools) ได้แก่ โปรแกรม Canva Education และ Miro

4. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) เป็นการหาข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุงโดยอาจทดสอบซ้ำเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เครื่องมือการประเมินผล (Online Evaluation Tools) ได้แก่ โปรแกรม Canva Education และ Miro มีเครื่องมือที่ใช้คือ ข้อคิดเห็น (Comment)

5. ขั้นการนำเสนอ (Presentation) เป็นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการถ่ายทอดแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงาน ชิ้นงาน หรือวิธีการที่ได้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำโปสเตอร์นำเสนอผลงาน การจัดนิทรรศการเสมือน การนำเสนอผ่านสื่อออนไลน์ โดยใช้เครื่องมือการนำเสนอ (Online Presentation Tools) ได้แก่ โปรแกรม Canva Education และโปรแกรม Artsteps

สามารถกลับไปออกแบบใหม่ (Redesign) ได้ทุกขั้นตอนตามความต้องการเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำไปแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาพบว่า มีการนำกระบวนการออกแบบวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนอย่างหลากหลาย ได้แก่

Syukri et al. (2017) ได้ศึกษากระบวนการออกแบบวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ผ่านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางเทคนิควิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นตามแนวทางการออกแบบวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ได้แก่ Ask, Imagine, Plan, Create และ Improve ผสานร่วมกับรูปแบบการสอนคอนสตรัคติวิสม์ 5 ขั้นตอนของ Needham ได้แก่ Orientation, Generating Idea, Restructuring Idea, Idea Application และ Reflection ผลการวิจัย พบว่า กระบวนการดังกล่าวช่วยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดทางฟิสิกส์ที่เรียนรู้ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ทางเทคนิคให้สอดคล้องกับความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ มีการทำงานอย่างเป็นระบบ และมีความกระตือรือร้น

Han and Shim (2019) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบวิศวกรรมเป็นฐานสำหรับผู้เรียนที่มีพรสวรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่สถาบันการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อผู้มีพรสวรรค์ในประเทศเกาหลีใต้ พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม มี 5 ขั้นตอน (Defining the problem, Ingathering information, Generating the solution, Implementing the best solution and Evaluating the solution and reflecting : DIGIER) ผ่านกิจกรรมการสร้างกล้องจุลทรรศน์กระดาษกลางแจ้งอย่างง่าย โดยผู้เรียนรับรู้ว่ากล้องจุลทรรศน์กระดาษรุ่นเก่าไม่เป็นที่พอใจ และตระหนักถึงความจำเป็นและร่วมมือกันสร้างกล้องจุลทรรศน์กระดาษกลางแจ้งอย่างง่ายแบบใหม่ขึ้นมา เพื่อนำไปทดลองสังเกตปากใบในพืช ดังนั้น แบบจำลอง DIGIER จึงเป็นกลยุทธ์การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพมากในการเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการทำงานร่วมกันของผู้เรียนที่มีพรสวรรค์ทางวิทยาศาสตร์

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในด้านความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม แต่ความคิดสร้างสรรค์ลดลงเรื่อย ๆ ในด้านความคิดละเอียดลออและความคิดคล่องแคล่ว อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ในขั้นวางแผนและสร้างสรรค์ชิ้นงานช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากผู้เรียนได้คิดและวาดภาพร่างได้รวดเร็ว หลากหลาย แปลกใหม่ กำหนดรายละเอียดของชิ้นงาน อธิบายวิธีการสร้างชิ้นงาน และสร้างชิ้นงานตามแบบร่าง

ภัสสร ติดมา (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ความคิดละเอียดลออ การออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยกระบวนการดังกล่าวส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ ผ่านการสร้างแบบจำลองอวัยวะ คิดจินตนาการ ออกแบบ อธิบายการสร้างร่างการออกแบบตามความชอบและความสนใจของผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจการทำงานอย่างเป็นระบบ รู้จักการวางแผน การแก้ปัญหา การปรับปรุงแก้ไข เพื่อค้นหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่หลากหลายและเหมาะสมที่สุด

สุกัญญา ตางาม (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้กระบวนการออกแบบวิศวกรรมในรายวิชาเทคโนโลยีสร้างสรรค์ พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ผ่าน เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยรายด้าน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านเรียงจากมากไปน้อยดังนี้ ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม ด้านความคิดคล่องแคล่ว และด้านความคิดละเอียดลออในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ดีทุกระดับ

3. ทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Skills)

3.1 ความหมายของทักษะความคิดสร้างสรรค์

ทักษะเป็นสิ่งสำคัญของชีวิตมนุษย์ในทุกช่วงวัย ทุกคนต้องมีทักษะเฉพาะตัวเพื่อชีวิตที่ราบรื่นและมีความสุข ซึ่งทุกคนสามารถฝึกฝนและพัฒนาทักษะให้มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวตามระดับการพัฒนาหรือประสบการณ์ได้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษาตามลำดับดังนี้

ราชบัณฑิตยสถาน (2556) ทักษะ (Skill) หมายถึง ความชำนาญหรือความสามารถในการกระทำหรือฏิบัติอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งอาจเป็นทักษะด้านสติปัญญา ร่างกาย หรือสังคม โดยเกิดจากการฝึกฝนหรือการกระทำซ้ำ ๆ

สมพร โตนวล (2551) ทักษะ หมายถึง พฤติกรรม ความคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญในการแสดงออกถึงกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งหรือหลายกระบวนการ และเป็นการกระทำอย่างมีจุดหมายที่แน่นอนชัดเจน โดยผ่านการฝึกฝนอบรมให้มีประสบการณ์เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์

สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ (2553) ทักษะ หมายถึง พฤติกรรมภายนอกที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนจากการกระทำหรือปฏิบัติที่เกิดจากการเรียนรู้ที่แสดงถึงความสามารถในการปฏิบัติ

ได้อย่างคล่องแคล่วชำนาญ แสดงออกมาโดยมีเวลาและคุณภาพของการปฏิบัติเป็นตัวชี้ระดับที่สามารถวัดได้ตามแบบวัดที่สร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์การวัดทักษะ

กล่าวโดยสรุป ทักษะ หมายถึง ความชำนาญหรือความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางด้านร่างกาย สติปัญญา หรือสังคม โดยผ่านการฝึกฝน ลงมือทำได้อย่างคล่องแคล่ว แสดงออกมาให้มองเห็นได้ชัดเจน แล้วเกิดประโยชน์ตามจุดมุ่งหมายและสามารถวัดทักษะนั้น ๆ ได้

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์เปรียบเสมือนพู่กันของจิตรกรที่บรรจงแต่งแต้มสีสันทำให้สังคมสวยงามน่าอยู่ มีชีวิตชีวา น่าค้นหา และช่วยแก้ปัญหาทำให้ผู้คนมีความสะดวกสบายในการดำเนินชีวิตประจำวันมากขึ้นเรื่อย ๆ อีกทั้งยังเป็นทักษะสำคัญที่ทำให้เกิดการค้นพบนวัตกรรมช่วยนำสังคมไปสู่สิ่งที่ดีกว่าปัจจุบัน และทำให้ผู้คนมีคุณภาพชีวิตที่ดีมากขึ้น ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษาตามลำดับดังนี้

Osborn (1953) ความคิดสร้างสรรค์เป็นจินตนาการประยุกต์ (Applied imagination) ที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหา เป็นการคิดสร้างผลผลิตหรือการคิดสิ่งใหม่ซึ่งเกิดจากการนำความรู้จากประสบการณ์เชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่

Torrance (1974) ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดที่เป็นกระบวนการทางความรู้สึกที่ไวต่อปัญหาหรือสิ่งที่ขาดหายไป ไม่ประสานกัน จากนั้นนำความคิดมาตั้งสมมติฐานเพื่อรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ และทำการทดสอบสมติฐานนั้น

Guilford (1967) ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองมีลักษณะการคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) เป็นการคิดได้หลายทิศทาง หลายแง่มุม ประกอบด้วย 4 ลักษณะ ได้แก่ การคิดคล่อง (Fluency) การคิดยืดหยุ่น (Flexibility) การคิดริเริ่ม (Originality) และการคิดละเอียดลออ (Elaboration) นำไปสู่การคิดค้นประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมถึงการค้นพบวิธีแก้ปัญหาได้สำเร็จ

De Bono (1970) ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการคิดนอกกรอบ (Lateral thinking) ทำให้เกิดแนวคิดใหม่ที่แตกต่าง อาจจะแตกต่างเพียงเล็กน้อยหรือแปลกไปจนไม่เหมือนเดิมและสามารถนำไปพัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาได้ตามต้องการ

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2545) ความคิดสร้างสรรค์มีความหมายที่แตกต่างกันใน 3 ความหมาย ได้แก่ ความคิดแง่บวก (Positive thinking) การกระทำที่ไม่ทำร้ายใคร (Constructive thinking) และการคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ (Creative thinking) ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ในความหมายของการสร้างสิ่งใหม่ (new original) สามารถใช้งานได้ (workable) และมีความเหมาะสม (appropriate) เพื่อแก้ไขปัญหาตามต้องการ

อารี พันธ์มณี (2557) ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัย ด้วยการคิดดัดแปลงแต่งเติมจากความคิดเดิมนำไปสู่สิ่งใหม่ ซึ่งต้องอาศัยความคิดจินตนาการร่วมด้วย ซึ่งส่งผลให้เกิดความแปลกใหม่ควบคู่ไปกับความพยายามเพื่อสร้างจินตนาการประยุกต์นั้นให้เกิดผลงานขึ้นได้จริง

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556) ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการรวบรวมความรู้ความคิดเดิมนำไปสร้างเป็นความรู้ความคิดในแบบของตนเอง ผลงานการคิดสร้างสรรค์จึงต้องเป็นสิ่งใหม่ ไม่เหมือนใคร มีเหตุผลยอมรับได้ เป็นประโยชน์ และไม่เพ้อฝัน

ประจักษ์ ปฏิทัศน์ (2562) ความคิดสร้างสรรค์เป็นพฤติกรรมการคิดแก้ปัญหาอย่างมีจุดหมาย เกิดจากการหาความสัมพันธ์ทางความคิดนำไปสู่ความคิดใหม่ มีลักษณะเป็นสิ่งใหม่ที่ไม่ซ้ำจากสิ่งเดิม คิดในแง่บวก และมีประโยชน์ไม่มุ่งทำร้ายผู้ใด

โดยสรุปแล้ว ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดขึ้นในสมองที่สามารถสร้างสรรค์มุมมองใหม่ สิ่งที่ไม่เหมือนเดิม และพัฒนาความคิดใหม่นำไปสู่การลงมือปฏิบัติให้เกิดประโยชน์ได้ผลสำเร็จเป็นรูปธรรม

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking Skills) หมายถึง ความชำนาญทางการคิดที่สามารถสร้างสรรค์มุมมองอย่างหลากหลาย แปลกใหม่ และพัฒนาจากของเดิมหรือคิดใหม่ นำไปสู่การลงมือปฏิบัติให้ได้ผลสำเร็จที่เป็นรูปธรรมโดยมีคุณภาพของผลงานเป็นตัวชี้ระดับที่สามารถวัดได้

3.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับทักษะความคิดสร้างสรรค์

แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับทักษะความคิดสร้างสรรค์ได้มีนักวิชาการนำเสนอไว้อย่างหลากหลาย โดยมีแนวคิดที่เหมือนกัน คือ การจะเพิ่มประสิทธิภาพหรือส่งเสริมความสามารถของการคิดสร้างสรรค์ต้องอาศัยกระบวนการฝึกฝน โดยมีรายละเอียดแต่ละแนวคิดทฤษฎี ดังต่อไปนี้

Guilford (1967) ทฤษฎีโครงสร้างทางสมอง (The Structure of Intellect Theory) อธิบายเกี่ยวกับความสามารถทางสมองของมนุษย์ในรูปแบบ 3 มิติ (Three Dimension Model) มีรายละเอียดดังนี้

1. มิติเนื้อหา (Contents) หมายถึง ข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่เป็นสื่อในรูปแบบต่าง ๆ ที่สมองรับเข้าไปด้วยการคิด จำแนกเป็น 5 ลักษณะ คือ

1.1) ภาพ (Figural) หมายถึง ข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่เป็นรูปธรรม สามารถรับรู้ได้ด้วยตาและทำให้เกิดความรู้สึกนึกคิด เช่น รูปทรง (Shapes) ผังภาพ (Diagrams) และภาพ (Figure) เป็นต้น

1.2) เสียง (Auditory) หมายถึง สิ่งเร้าประเภทที่สามารถรับรู้ได้ด้วยหู

1.3) สัญลักษณ์ (Symbolic) หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ในรูปของเครื่องหมายต่าง ๆ เช่น ตัวอักษร ตัวเลข ตัวโน้ตดนตรี และรหัสต่าง ๆ

1.4) ภาษา (Semantic) หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ในรูปของถ้อยคำมีความหมายแตกต่างกันออกไป สามารถใช้ติดต่อสื่อสารได้ เนื่องจากเป็นภาษาหรือถ้อยคำที่มีความหมาย เช่น พ่อแม่ ชอบ โกรธ เสียใจ ตื่นเต้น เป็นต้น

1.5) พฤติกรรม (Behavioral) หมายถึง การแสดงออก การกระทำที่อาจสังเกตเห็นหรือเป็นสิ่งเร้าในรูปของเจตคติ ความต้องการ ความรู้สึก ความสนใจ หรือความคิดที่มาจากการมีส่วนร่วมระหว่างบุคคลหรือการมีส่วนร่วมทางสังคมกับผู้อื่น

2. มิติวิธีการคิด (Operation) หมายถึง มิติที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะของกระบวนการปฏิบัติงานของสมองหรือลักษณะของการคิดลักษณะต่าง ๆ จำแนกเป็น 6 ลักษณะ ดังนี้

2.1) การรู้และการเข้าใจ (Cognition) เป็นการรู้และเข้าใจในสิ่งที่ประสบหรือความสามารถในการตีความหมายของสมอง เมื่อได้เห็นสิ่งเร้าแล้วเกิดการรู้และเข้าใจในสิ่งนั้นจนสามารถบอกได้ว่าเป็นอะไร

2.2) การจำชั่วขณะ (Memory Recording) เป็นการจำในสิ่งที่ประสบเพื่อใช้งานในขณะนั้นโดยไม่เก็บสาระข้อมูลนั้นไว้นาน

2.3) ความจำถาวร (Memory Retention) เป็นการจดจำสิ่งต่าง ๆ ไว้เป็นเวลานาน อาจหลายวันหรือหลายเดือน

2.4) การคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) เป็นการคิดแบบกระจาย คิดหาคำตอบให้ได้มากที่สุด คิดหลายทิศทาง ทำให้ได้ความคิดแปลกใหม่

2.5) การคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) เป็นการคิดแบบรวมเป็นความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุดเพียงคำตอบเดียว

2.6) การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการตีความโดยอาศัยเกณฑ์ที่ดีที่สุด เพื่อพิสูจน์คุณค่าหรือความเหมาะสมในสิ่งนั้น ซึ่งต้องอาศัยพื้นฐานของความรู้ ความเข้าใจ ความจำ การคิดอเนกนัย และการคิดเอกนัย

3. มิติผลของการคิด (Products) หมายถึง ผลของการปฏิบัติการหรือการคิดของสมองที่ได้จากการทำงานของสมอง เมื่อสมองได้รับข้อมูลจากมิติที่ 1 และใช้ความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูลที่ได้รับในมิติที่ 2 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่ามิติผลของการคิดเกิดจากการทำงานของมิติที่ 1 และมิติที่ 2 ซึ่งจะมีรูปแบบแตกต่างกัน 6 ลักษณะ ดังนี้

3.1) หน่วย (Units) หมายถึง ประเภท จำพวก หรือกลุ่มของสิ่งที่มีคุณสมบัติและลักษณะร่วมกัน หรือลักษณะที่เป็นส่วนย่อยที่มีความสมบูรณ์ในตนเองหรือมีคุณสมบัติเฉพาะตัวแตกต่างจากสิ่งอื่น เช่น คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง

3.2) จำพวก (Classes) หมายถึง ประเภท จำพวก หรือกลุ่มของหน่วยนั้น ๆ จัดเป็นกลุ่มของหน่วยต่าง ๆ ที่มีลักษณะร่วมกัน

3.3) ความสัมพันธ์ (Relations) หมายถึง ผลของการเชื่อมโยงความคิดประเภทเดียวหรือหลายประเภทเข้าด้วยกัน โดยอาศัยลักษณะบางประการเป็นเกณฑ์ ความสัมพันธ์นี้อาจอยู่ในรูปของหน่วยกับหน่วย จำพวกกับจำพวก หรือระบบกับระบบ

3.4) ระบบ (System) หมายถึง การจัดประเภทของสิ่งเร้าต่าง ๆ ให้มีระบบแบบแผน หรือเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของผลการคิดหลาย ๆ คู่เข้าด้วยกันเป็นระเบียบแบบแผน

3.5) การแปลงรูป (Transformation) หมายถึง การปรับปรุงหรือจัดองค์ประกอบของสิ่งเร้าหรือข้อมูลในรูปใหม่ อาจเป็นการขยาย การจัดระเบียบข้อมูลใหม่หรือให้ความหมายใหม่

3.6) การประยุกต์ (Implication) หมายถึง ความเข้าใจในการนำข้อมูลไปใช้เพื่อพยากรณ์ คาดคะเน เป็นการพัฒนาสิ่งเดิมให้อยู่ในรูปแบบใหม่ หรือทำนายผลจากข้อมูลที่กำหนดให้โดยใช้เหตุผล

จากทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของ Guilford สรุปได้ว่าทฤษฎีโครงสร้างทางสมองแบ่งออกเป็น 20 เซลล์ หรือ 120 องค์ประกอบ โดยแต่ละตัวจะประกอบด้วยหน่วยย่อยของ 3 มิติ ได้แก่ มิติเนื้อหา (Contents) มิติวิธีการคิด (Operation) และมิติผลการคิด (Products) ซึ่งความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะความคิดอเนกนัย คือ การตอบสนองต่อสิ่งเร้าในลักษณะที่หลากหลายทิศทาง ทำให้ได้ผลของการคิดจำนวนมากและมีความแปลกใหม่

Wallas (1926) ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Wallas ได้นำเสนอว่า ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ต้องมีลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมการ (Preparation) เป็นขั้นเริ่มค้นพบปัญหาแต่ยังหาคำตอบไม่ได้ มักใช้เวลานานในการพิจารณาปัญหาและรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา

2. ขั้นฟักตัว (Incubation) เป็นขั้นการใช้เวลาครุ่นคิดเกี่ยวกับปัญหาด้วยการทบทวน ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ซึ่งอาจทำให้เกิดความรู้สึกสับสน ยุ่งยาก และยังคิดวิธีแก้ปัญหาไม่ได้ และอาจมีความคิดอื่นแทรกเข้ามาโดยไม่รู้ตัว

3. ขั้นความคิดกระจ่าง (Illumination) เป็นขั้นที่เกิดความคิดขึ้นมาอย่างฉับพลัน เห็นแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน สามารถตั้งสมมติฐานและวางแผนแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

4. ขั้นพิสูจน์ (Verification) เป็นขั้นตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบผ่านการทดสอบ ทบทวนจุดมุ่งหมาย ปรับปรุงแก้ไข และประเมินผล เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องนำไปสู่ผลงานแบบใหม่

จากทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Wallas สรุปได้ว่าการเกิดความคิดสร้างสรรค์มีกระบวนการอย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นเตรียมการรวบรวมข้อมูล ขั้นฟักตัวของการคิด ขั้นเกิดความคิดหาทางแก้ปัญหาได้ และขั้นพิสูจน์เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องนำไปใช้งานได้

De Bono (1970) ทฤษฎีการคิดนอกกรอบ (De Bono’s Lateral Thinking) ได้จำแนกการคิดออกเป็น 2 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. การคิดในกรอบ (Vertical Thinking) เป็นการดำเนินการเชิงตรรกะ (Logical Thinking) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์ (Scientific Method)

2. การคิดนอกกรอบ (Lateral Thinking) เป็นการคิดออกจากกรอบเดิมที่ครอบงำอยู่ นำไปสู่แนวคิดใหม่ที่หลากหลายและแปลกใหม่นำไปสร้างสิ่งที่มีความคิดสร้างสรรค์ได้ ซึ่งกระบวนการคิด 2 ลักษณะดังกล่าวนี้ไม่สามารถแยกจากกันได้แต่มีการสนับสนุนกัน และความคิดสร้างสรรค์มีกระบวนการคิด 2 ระยะ ดังนี้

2.1) การคิดระยะที่ 1 (First Stage Thinking) เป็นกระบวนการคิดนอกกรอบ เพื่อให้เกิดแนวคิดในการพิจารณาปัญหาให้ชัดเจนว่าสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาคืออะไร และสามารถหาแนวคิดที่จะใช้ในการแก้ปัญหา

2.2) การคิดระยะที่ 2 (Second Stage Thinking) เป็นกระบวนการคิดในกรอบ เพื่อทดสอบแนวคิดในระยะที่ 1 ว่าแนวคิดใดมีความเหมาะสมที่สุด แล้วจึงดำเนินการพัฒนาให้สามารถแก้ปัญหาตามต้องการได้

Osborn (1953) ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Osborn ได้กล่าวถึงกระบวนการของการคิดสร้างสรรค์มี 7 ขั้น ดังนี้

1. ปัญหา เป็นการระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการใช้ความคิดสร้างสรรค์มาแก้ไขปัญหานั้น

2. การเตรียมและรวบรวมข้อมูล เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

3. การวิเคราะห์ เป็นการแยกแยะข้อมูลเพื่อนำใช้ตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป

4. การใช้ความคิดคัดเลือกทางเลือกต่าง ๆ เป็นขั้นการพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบและหาทางเลือกที่เป็นไปได้และเหมาะสมที่สุดจากหลายแนวทาง

5. การฟักความคิดและการทำความคิดให้กระจ่าง เป็นการฟักความคิดให้ว่างแล้วเกิดความคิดบางอย่างขึ้นแล้วทำให้ความคิดนั้นชัดเจนยิ่งขึ้น

6. การสังเคราะห์ เป็นการนำสิ่งต่าง ๆ มารวมเข้าด้วยกัน

7. การประเมินผล เป็นการคัดเลือกคำตอบที่มีประสิทธิภาพที่สุด

จากทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Osborn สรุปได้ว่ากระบวนการคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) เริ่มต้นจากการทราบถึงประเด็นปัญหา 2) ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) วิเคราะห์ข้อมูล 4) คัดเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และเหมาะสมที่สุดจากหลายแนวทาง 5) ทำให้ความคิดนั้นชัดเจนขึ้น 6) สังเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และ 7) ประเมินผลเพื่อเลือกคำตอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยขั้นตอนทั้งหมดสามารถทำผ่านการระดมความคิดเพื่อนำไปสู่การสร้างแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ไขปัญหาได้

Torrance (1974) ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance ขั้นตอนของการคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเริ่มต้น เป็นขั้นที่เกิดจากความต้องการหรือความพอใจในสิ่งนั้น จนทำให้บุคคลเริ่มคิด รวบรวมข้อมูลที่มีอยู่เพื่อหาวิธีแก้ปัญหา ขั้นนี้จะยังไม่ทราบผลว่าจะเป็นอย่างไรและอาจใช้เวลาค่อนข้างนาน บางครั้งความคิดสร้างสรรค์อาจเกิดขึ้นมาโดยไม่รู้ตัว

2. ขั้นครุ่นคิด เป็นขั้นที่ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้จากขั้นเริ่มต้นเริ่มประกอบกันเป็นรูปร่าง ในระยะนี้จะต้องใช้ความคิดอย่างหนักและบางครั้งความคิดอาจชะงักไปเป็นเวลานาน บางครั้งก็กลับขึ้นมาใหม่อีก

3. ขั้นเกิดความคิด ในระยะที่กำลังครุ่นคิดอยู่นั้น บางครั้งจะเกิดความคิดผุดขึ้นมาทันทีทันใด ผู้คิดจะมองเห็นความสัมพันธ์ของความคิดใหม่ที่ซ้ำกับความคิดเก่า ๆ ที่มีผู้คิดขึ้นมาแล้ว การมองเห็นความสัมพันธ์ในแนวคิดใหม่จะเกิดขึ้นในทันทีใดโดยที่ผู้คิดไม่ได้นึกหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น

4. ขั้นปรับปรุง เมื่อเกิดความคิดใหม่แล้วผู้คิดจะขัดเกลาความคิดนั้นให้ผู้อื่นเกิดความเข้าใจง่าย หรืออาจต่อเติมความคิดที่เกิดขึ้นใหม่นั้นให้มีความก้าวหน้าต่อไป

จากทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance สรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่อยู่ในตัวบุคคล ประกอบด้วย 4 ขั้นในการเกิดความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ 1) ขั้นเริ่มต้นจากการพอใจแล้วพยายามเก็บรวบรวมข้อมูล 2) ขั้นครุ่นคิดจากข้อมูลที่ได้รวบรวมมาอาจใช้ระยะเวลานาน 3) ขั้นเกิดความคิดจากความสัมพันธ์ระหว่างความคิดใหม่และความคิดเก่า และ 4) ขั้นปรับปรุงความคิดใหม่แล้วพัฒนาความคิดนั้นให้ดีขึ้น

นอกจากนี้ Torrance ได้ทำการศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนในวัยเรียนระดับมัธยมศึกษา ในช่วงอายุ 14 -16 ปี ทั้งผู้หญิงและผู้ชายจะชอบความสนุกสนาน

การผจญภัย และเริ่มสนใจอาชีพในอนาคต ผู้เรียนจะมีพัฒนาการอย่างรวดเร็วในด้านความสามารถและความสนใจแต่ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย อีกทั้งมักจะมีความกังวลเกี่ยวกับการได้รับการยอมรับจากเพื่อนและเริ่มเรียนรู้ได้ว่าปัญหาบางประการไม่สามารถหาคำตอบที่แน่นอนได้ ผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีเวลาคิดถึงความสามารถของตนเอง และวิธีการนำไปใช้ให้ประสบผลสำเร็จในอาชีพของตน และควรกระตุ้นให้ผู้เรียนทราบถึงความต้องการของสังคม ดังนั้นระยะนี้จึงเป็นช่วงเวลาสำหรับการฝึกฝนทักษะความคิดสร้างสรรค์

3.3 องค์ประกอบของทักษะความคิดสร้างสรรค์

Guilford (1967) ได้นำเสนอแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญา โดยอธิบายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง เรียกว่า ลักษณะการคิดอเนกนัย หรือการคิดแบบกระจาย (Divergent Thinking) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะของแนวคิดแรกที่แตกต่างไปจากแนวคิดดั้งเดิมและอาจไม่เคยผ่านการคิดพิจารณามาก่อน ซึ่งเป็นความคิดที่ต้องอาศัยความกล้าคิด กล้าที่จะทดสอบแนวคิดของตน ความคิดริเริ่มมักต้องการการคิดเชิงจินตนาการ เรียกว่า ความคิดจินตนาการประยุกต์ กล่าวคือ ต้องไม่ใช่เป็นเพียงแนวคิดเพียงอย่างเดียว แต่ยังต้องคิดเพื่อการพัฒนาและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

2. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และสามารถให้คำตอบหรือเหตุผลจำนวนมากในช่วงเวลาที่จำกัด ความคิดคล่องสามารถแบ่งได้ 4 ลักษณะ ได้แก่

2.1) ความคิดคล่องด้านถ้อยคำ (Word Fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำได้อย่างคล่องแคล่ว

2.2) ความคิดคล่องด้านการโยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด

2.3) ความคิดคล่องทางด้านการแสดงออก (Expressional Fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค สามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4) ความคิดคล่องในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด ความคิดคล่องในการคิดเป็นกุญแจสำคัญสำหรับ

การแก้ปัญหา เนื่องจากต้องหาคำตอบหรือวิธีแก้ไขปัญหาให้ได้จำนวนมาก และจะต้องพยายามจนกว่าจะพบวิธีที่ถูกต้องและเหมาะสมที่สุด

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท หลายทิศทาง ไม่ซ้ำแบบ แบ่งได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

3.1) ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดให้หลากหลายรูปแบบอย่างเป็นอิสระ

3.2) ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) เป็นความสามารถในการดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน หลากหลายแง่มุม หลากหลายหมวดหมู่ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา เนื่องจากคนที่มีความยืดหยุ่นจะคิดได้ไม่ซ้ำกันและเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องมีความแปลกแตกต่างออกไปตลอดจนสามารถใช้เป็นการสร้างทางเลือกไว้หลายทาง ความยืดหยุ่นจึงเป็นความคิดเสริมคุณภาพให้ดีขึ้น

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความสามารถที่จะให้รายละเอียดหรือตกแต่งเพื่อให้สมบูรณ์หรือปรับปรุงพัฒนาสิ่งที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

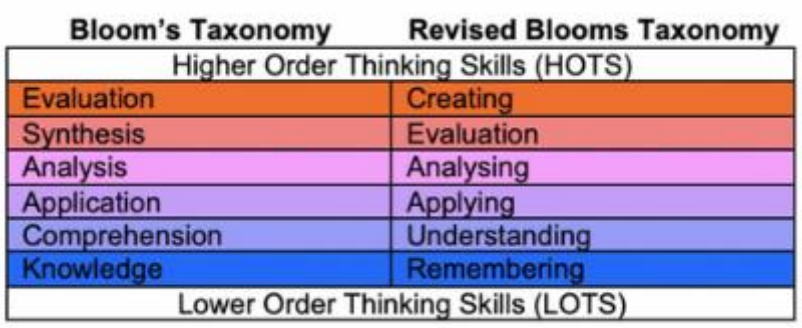
สรุปได้ว่าองค์ประกอบของทักษะความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่ว ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่น และความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ

3.4 แนวคิดการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้

Bloom (1956) ได้จัดทำแบบจำลองที่แสดงให้เห็นระดับการเรียนรู้ตั้งแต่ทักษะการคิดลำดับล่าง (Lower Order Thinking Skills : LOTS) ไปจนถึงทักษะการคิดลำดับขั้นสูง (Higher Order Thinking Skills : HOTS) การจัดหมวดหมู่นี้ได้รับการแก้ไขในภายหลัง จึงนำมาสู่อนุกรมวิธานของ Bloom ที่ปรับปรุงใหม่ (Revised Blooms Taxonomy) ดังภาพที่ 11

ภาพที่ 11

อนุกรมวิธานของ Bloom (Bloom's Taxonomy)



Bloom's Taxonomy	Revised Blooms Taxonomy
Higher Order Thinking Skills (HOTS)	
Evaluation	Creating
Synthesis	Evaluation
Analysis	Analysing
Application	Applying
Comprehension	Understanding
Knowledge	Remembering
Lower Order Thinking Skills (LOTS)	

Noted. From "Tools and techniques to stimulate higher order thinking in online learning," by O. Pishchukhina, and E. M. Watson, 2021, p. 1 https://doi.org/10.1109/EAEEIE50507.2021.9530851.

ในแบบจำลองใหม่นี้ คำนามจะถูกแทนที่ด้วยคำกริยาเพื่อมุ่งเน้นไปที่กระบวนการรับรู้ โดยแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานไปสู่ขั้นเรียนรู้ที่ซับซ้อนขึ้นไปตามลำดับ 6 ลำดับขั้น ได้แก่ 1) การจำ (Remember) 2) การเข้าใจ (Understanding) 3) การปรับใช้ (Applying) 4) การวิเคราะห์ (Analyzing) และ 5) การประเมิน (Evaluating) และ 6) การสร้างสรรค์ (Creating) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการสร้างสรรค์ ได้รับการยกระดับเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ขั้นสูงสุด ซึ่งสะท้อนถึงมุมมองของแบบจำลองว่า ทักษะที่จำเป็นในการนำองค์ประกอบต่างๆ มารวมกันเพื่อสร้างโครงสร้างหรือรูปแบบใหม่นั้นให้อยู่ในลำดับสูงสุด

สรุปได้ว่าไม่ว่าจะเป็นการจัดอนุกรมวิธานของ Bloom หรืออนุกรมวิธานของ Bloom ที่แก้ไขใหม่ ล้วนถูกนำมาใช้ในการออกแบบหลักสูตร มีโครงสำหรับวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้และการสอนตามเป้าหมายการศึกษา โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับโครงสร้างลำดับขั้น เพื่อพัฒนาและส่งเสริมทักษะการคิดผ่านหกระดับภายในขอบเขตการเรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย ดังนั้น การพัฒนาจากทักษะการคิดลำดับล่างถึงทักษะการคิดลำดับขั้นสูงอาจไม่เป็นเส้นตรงเสมอไป ตัวอย่างเช่น การประเมินเกิดขึ้นหลังจากกระบวนการสร้าง แต่ช่องว่างภายในการเรียนรู้สามารถระบุได้ง่ายโดยจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับระดับต่าง ๆ ในอนุกรมวิธานของ Bloom

นอกจากนี้ Simpson (1972) ได้กล่าวว่า ทักษะเป็นพฤติกรรมที่มีการระบุไว้ตั้งแต่พฤติกรรมที่ง่ายที่สุดไปจนถึงพฤติกรรมที่ซับซ้อน โดยมีลำดับขั้นดังนี้

1. ขั้นพฤติกรรมการรับรู้ (Perception) เป็นขั้นที่รับรู้ในสิ่งที่จะกระทำด้วยการสังเกตการทำงานนั้นอย่างตั้งใจ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสเพื่อให้ทราบสิ่งที่นำมาเป็นแนวทางในการปฏิบัติ โดยเร้าประสาทสัมผัส 3 ด้าน ได้แก่ 1) การเร้าความรู้สึก (Sensory Stimulation) เป็นการกระตุ้นประสาททางด้านความรู้สึก คือ ได้ยินทางหู มองเห็นทางตา สัมผัสทางมือหรือกาย รับรสทางลิ้น ได้กลิ่นทางจมูก และการเคลื่อนไหวทางกล้ามเนื้อ 2) การตัดสินใจเลือก (Cue Selection) เป็นการตัดสินใจเลือกว่าจะเลือกสิ่งเร้าใดที่ปฏิบัติตอบสนอง และ 3) การแปลความหมาย (Translation) เป็นการแปลความหมายเกี่ยวกับสิ่งเร้าและการปฏิบัติที่ตอบสนองออกมา

2. ขั้นการเตรียมความพร้อม (Set) เป็นขั้นการปรับตัวให้พร้อมหลังการได้รับรู้หรือทราบแนวทางการปฏิบัติ ได้แก่ 1) ความพร้อมทางด้านสติปัญญา เป็นความพร้อมทางความคิดที่อาศัยความรู้ในเรื่องที่จะปฏิบัติ 2) ความพร้อมทางด้านร่างกาย เป็นการจัดเตรียมร่างกายให้พร้อมที่จะปฏิบัติ และ 3) ความพร้อมทางด้านจิตใจและอารมณ์ เป็นการปรับทัศนคติให้เกิดความตั้งใจที่จะปฏิบัติ

3. ขั้นการปฏิบัติตาม (Guided Response) เป็นการกระทำหรือปฏิบัติตามตัวอย่างหรือสิ่งที่เห็น โดยเริ่มแรกจะเป็นการเลียนแบบจากนั้นเริ่มฝึกฝนทักษะแบบลองผิดลองถูกจนสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง

4. ขั้นปฏิบัติได้เอง (Mechanism) เป็นการลงมือกระทำจนกลายเป็นกลไกที่สามารถกระทำได้เอง เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการปฏิบัติหรือฝึกฝนทักษะจนเกิดความเชื่อในการกระทำสิ่งนั้น ทำได้จนเป็นนิสัย ความเคยชิน เกิดความมั่นใจและมีคุณภาพการปฏิบัติสูง

5. ขั้นการปฏิบัติที่มีขั้นตอนซับซ้อนได้ชัดเจน (Complex Over Response) เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการกระทำนั้น จนกระทั่งผู้เรียนสามารถทำได้อย่างคล่องแคล่วชำนาญ ทำได้อย่างง่ายดาย รวดเร็ว ถูกต้อง สวยงาม ด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง ไม่ลังเล และเป็นไปโดยอัตโนมัติ

6. ขั้นการปรับปรุงและการประยุกต์ใช้ (Adaptation) เป็นการปรับปรุงทักษะหรือการปฏิบัติของตนให้ดียิ่งขึ้นและประยุกต์ใช้ทักษะและพัฒนาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ต่าง ๆ

7. ขั้นการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ใหม่ (Origination) เป็นการสร้างวิธีปฏิบัติแบบใหม่ หรือปรับการปฏิบัติหรือการกระทำนั้นให้เป็นตามที่ตนต้องการ เพื่อใช้แก้ปัญหาสถานการณ์ที่ต้องเผชิญ

กล่าวโดยสรุปได้ว่าลำดับขั้นของการเกิดทักษะ เป็นลำดับขั้นของการกระทำหรือการปฏิบัติที่ต้องมีการเรียนรู้ ฝึกฝนและสั่งสมประสบการณ์ ตั้งแต่การฝึกฝนทางด้านร่างกายจนถึงระดับการใช้ความสามารถที่แสดงออกให้เห็นได้ถูกต้อง มีความชำนาญ สามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นปฏิบัติตามได้

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนิรุทธ์ สติมั่น และคณะ (2558) ได้ศึกษาการวิจัยและพัฒนาการเรียนการสอนด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบสภาพแวดล้อมห้องเรียนเสมือนที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ การเสริมศักยภาพการคิดสร้างสรรค์ ห้องเรียนเสมือน แหล่งเรียนรู้ เครื่องมือออนไลน์ และปฏิสัมพันธ์ในการเรียน รูปแบบการออกแบบสภาพแวดล้อมห้องเรียนเสมือน แบ่งเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) ระบุสมรรถนะของผู้เรียนที่ต้องการส่งเสริม 2) ออกแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสาน 3) พัฒนาสื่อ กิจกรรม และสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ 4) จัดกิจกรรมการเรียนการสอน และ 5) ประเมินผลผู้เรียน อีกทั้งระบบการจัดการความรู้เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนเชิงสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1. แผนกำกับกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนเชิงสร้างสรรค์ ประกอบด้วยกิจกรรมสร้างสรรค์ 8 ขั้นตอน คือ 1) สานสัมพันธ์ช่วยกันตระเตรียม 2) แบ่งปันเรื่องราวสืบสาวสาเหตุ 3) ปรับฐานความคิดสะกิดปัญหา 4) ระดมความคิดพิชิตทางเลือก 5) กรณีตัวอย่างสร้างความเป็นเลิศ 6) สรรค์สร้างกระบวนการเชี่ยวชาญทักษะ 7) เรียนรู้แบ่งปันสร้างสรรค์สู่ผู้เรียน และ 8) ส่งเสริมถ่ายทอดต่อยอดนวัตกรรม 2. ระบบการจัดการความรู้เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนเชิงสร้างสรรค์ 6 องค์ประกอบ คือ 1) การสมัครสมาชิก 2) การจัดการเนื้อหา 3) การแบ่งปันข้อมูลผ่านสสังคมออนไลน์ 4) ช่องทางสนทนาออนไลน์ 5) การจัดการดูแลเว็บไซต์ และ 6) การจัดการสมาชิก ผลการทดลองใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด สามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้

พิมพ์ประภา พาลพ่าย (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบการออกแบบหนังสือนิทานอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้การเล่าเรื่องแบบดิจิทัลในสภาพแวดล้อมเกมมิฟิเคชันเพื่อเพื่อส่งเสริม

ความคิดสร้างสรรค์และความสุขในการเรียน พบว่า ระบบประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การเล่าเรื่องแบบดิจิทัล 2) สภาพแวดล้อมเกมมิฟิเคชัน 3) บทบาทผู้เรียนและผู้สอน 4) ทรัพยากรการเรียนรู้ และ 5) การวัดและประเมินผล โดยมี 6 ขั้นตอน เรียกว่า PENCIL Model ได้แก่ 1) การวางแผนและระดมสมอง 2) การสืบค้นข้อมูลและสร้างสตอรี่บอร์ด 3) การสร้างเรื่องเล่าจากการเล่าเรื่อง 4) การตรวจทานและสะท้อนคิดร่วมกัน 5) การเผยแพร่บนสื่อสังคม และ 6) การประเมินผลการเรียนรู้ ผลการทดลองพบว่าผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ (2561) ได้ศึกษาผลของการใช้ปัญหาปลายเปิดในการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตในสังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ พบว่า ผู้เรียนที่เรียนโดยใช้ปัญหาปลายเปิด ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องมาจากปัญหาปลายเปิดเป็นปัญหาที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการคิดอย่างอิสระในแบบของตนเอง

Kencana et al. (2020) ได้ศึกษาผลของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) ที่เกี่ยวกับทักษะความคิดสร้างสรรค์ผู้เรียน ในหัวข้อเรื่องโมเมนตัมและแรงกระตุ้น โดยกลุ่มทดลองเรียนตามการเรียนรู้แบบ STEM และกลุ่มควบคุมใช้การเรียนแบบบรรยาย พบว่า ผู้เรียนที่เรียนตามการเรียนรู้แบบ STEM ในหัวข้อโมเมนตัมและแรงกระตุ้นมีทักษะความคิดสร้างสรรค์ คือ ความคิดริเริ่ม อยู่ในเกณฑ์สูง และความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดลออ อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

4. การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์

นับตั้งแต่อินเทอร์เน็ตและเว็บเพจถือกำเนิดขึ้น ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาด้านต่าง ๆ อย่างมหาศาล จากเว็บในยุคเริ่มต้นที่มีจำนวนไม่มากนัก เนื้อหาส่วนใหญ่เป็นข้อความและภาพนิ่ง การเชื่อมโยงระหว่างเว็บเพจหรือเว็บไซต์ยังไม่ซับซ้อน ในขณะที่รูปแบบเว็บไซต์ในปัจจุบันมีการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ด้านต่าง ๆ ที่ก้าวล้ำมากยิ่งขึ้น โดยพัฒนาการแต่ละยุคของเว็บไซต์สามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

4.1 วิวัฒนาการของเว็บไซต์

จรุงยศ อรัณยะนาค (2560) วิวัฒนาการของเว็บไซต์ในแต่ละยุคสมัยมีความแตกต่างกันตามการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาของเทคโนโลยี ประกอบด้วย เว็บ 1.0 เว็บ 2.0 เว็บ 3.0 เว็บ 4.0 และเว็บ 5.0 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เว็บ 1.0 เว็บสารสนเทศหรือเว็บของเนื้อหา (Web of Content) เป็นเว็บที่ใช้การเชื่อมโยงด้วยสื่อประเภทต่าง ๆ ผู้เรียนสามารถเห็นสื่อในลักษณะของมัลติมีเดีย หน้าของเว็บเพจใช้รูปแบบส่วนต่อประสานธรรมดา (Common Gateway Interface : CGI) ส่วนกราฟิกยังคงใช้ประเภท .gif ซึ่งแสดงผลด้วยจำนวนสีที่น้อยและมีขนาดใหญ่ มีปฏิสัมพันธ์ เช่น Guestbook หรือการส่งเมล์กลับ (Mailto) เท่านั้น และเมื่อนำเข้าสู่ระบบการเรียนการสอน มีปฏิสัมพันธ์ในการประเมินผลด้วยข้อสอบและการให้คำตอบโดยอัตโนมัติ รู้จักกันภายใต้ชื่อของเว็บเพื่อการเรียนการสอน

2. เว็บ 2.0 เว็บของการสื่อสาร (Web of Communication) มีคุณสมบัติต่อเติมจากเว็บในยุคแรก ผู้เรียนสามารถสร้างสาระเนื้อหาได้ด้วยตนเอง ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์เรียนรู้ร่วมกันกับผู้อื่น เว็บ 2.0 ได้ผนวกรวมคุณสมบัติของผู้ช่วยส่วนตัวแบบดิจิทัล (Personal Digital Assistant : PDA) ได้แก่ บล็อก วิกิ ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายเพื่อแบ่งปันไฟล์ร่วมกัน การใช้ RSS (Really Simple Syndication) เพื่อจัดเก็บรวบรวมสารสนเทศและการอัปเดตในแต่ละเว็บไซต์ เว็บ 2.0 จึงมีความโดดเด่นในการบูรณาการแนวคิดสื่อสังคม เช่น Facebook YouTube Instagram และเว็บที่ให้บริการพื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูล เช่น OneDrive

3. เว็บ 3.0 เว็บแห่งบริบท (Web of Context) เป็นเว็บของเครือข่ายการโยงใยที่สามารถอ่าน เขียน และดำเนินคำสั่ง (Execute) ผ่านบนเว็บได้ เรียกว่า เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์ด้วยกันผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อให้บริการโปรแกรมประยุกต์ผ่านเว็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. เว็บ 4.0 เว็บแห่งสรรพสิ่ง (Web of Things) มีการเชื่อมต่อระหว่างเว็บ 3.0 ให้เข้ากับโครงสร้างและการทำงานในอุปกรณ์เคลื่อนที่ สามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์ทุกชนิดเข้าด้วยกันทั้งในสภาพความเป็นจริงและแบบเสมือน

5. เว็บ 5.0 เว็บแห่งความคิดและอารมณ์ (Web of Thought/Emotion) เป็นรอยเชื่อมต่อผูกโยงกับอารมณ์ เรียกว่า ซิมไบโอติคเว็บ (Symbiotic Web) มีลักษณะที่อนุญาตให้อ่าน

ดำเนินการตามคำสั่งกับเว็บที่อยู่ด้วยกัน เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ ทำให้รับรู้ถึงความรู้สึกของผู้ใช้และอารมณ์ เช่น ผู้เรียนจะมีปฏิสัมพันธ์กับสาระเนื้อหาและแสดงอารมณ์โต้ตอบจากการดูการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของร่างกาย

กล่าวโดยสรุป เว็บไซต์ในแต่ะยุคจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยยุคแรกผู้เรียนสามารถอ่านข้อมูลได้อย่างเดียว เป็นเพียงการรับข้อมูลจากเนื้อหาของเว็บไซต์ ต่อมาเมื่อเว็บไซต์ได้รับการพัฒนามากขึ้น ทำให้สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน หรือระหว่างผู้เรียนด้วยกันได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและแบ่งปันข้อมูลจำนวนมหาศาล จนก่อให้เกิดสังคมออนไลน์ขนาดใหญ่ขึ้น และด้วยข้อมูลจำนวนมากที่อยู่บนเว็บไซต์ทำให้เกิดการจัดระบบข้อมูลเหล่านั้นให้เป็นระเบียบ เพื่อให้สามารถนำไปออกแบบและประมวลผลให้เว็บไซต์สามารถปฏิสัมพันธ์ถึงขั้นที่สามารถรับรู้ความรู้สึกของผู้เรียนได้ ดังนั้นเว็บไซต์จึงได้รับการพัฒนาให้ฉลาดขึ้น สามารถวิเคราะห์ ประมวลผลและคัดกรองข้อมูลได้เอง เพื่อนำเสนอข้อมูลให้ตรงตามความต้องการให้ได้มากที่สุด

4.2 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนการสอน

จินตวีร์ คล้ายสังข์ (2554) ได้ระบุขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเว็บเพื่อการเรียนการสอน ครอบคลุม 5 ขั้นตอนหลัก ตามกระบวนการออกแบบและพัฒนาสื่อเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ADDIE Instructional Design Model ประกอบด้วยการดำเนินงานทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ (Analysis) 2) การออกแบบ (Design) 3) การพัฒนา (Development) 4) การนำไปใช้ (Implementation) และ 5) การประเมินผล (Evaluation) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การวิเคราะห์ (Analysis) ในส่วนของการวิเคราะห์ครอบคลุมการวิเคราะห์ใน 4 ส่วน ได้แก่ ผู้เรียน วัตถุประสงค์ เนื้อหา และบริบท ถือเป็นขั้นตอนสำคัญในการหาความต้องการจำเป็น (Need Analysis) เพื่อนำมาออกแบบและพัฒนาเว็บเพื่อการเรียนการสอน โดยกรอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ผู้เรียน (Learner’s Preferences or Characteristics) 2) การวิเคราะห์วัตถุประสงค์ (Objectives) ของการพัฒนาเว็บเพื่อการเรียนการสอนว่ามีความต้องการจำเป็นหรือเป้าหมายเพื่ออะไร 3) การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของเนื้อหากับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และ 4) การวิเคราะห์บริบททั้งในเรื่องของเทคโนโลยี อุปกรณ์สนับสนุนต่าง ๆ ตลอดจนความพร้อมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งการวิเคราะห์ทั้ง 4 ประเด็นนี้จะเป็นแนวทางในการตอบโจทย์ในการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์

เพื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม ทั้งที่ตรงกับพื้นฐานความต้องการและเหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียนมากที่สุด รวมทั้งเหมาะสมกับวัตถุประสงค์และเนื้อหา ตอบโจทย์บริบทที่เกี่ยวข้อง อันจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียน

2. การออกแบบ (Design) เป็นการกำหนดรายละเอียดของระบบหรือเว็บไซต์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเว็บไซต์ กลุ่มเป้าหมาย เนื้อหา และบริบท โดยพิจารณาถึงการจัดระบบข้อมูลสารสนเทศ เพื่อเอื้อแก่ผู้เรียนในการเข้าชมเว็บไซต์เป็นสำคัญ โดยเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูล การสังเกต การสอบถาม การวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ จากขั้นตอนที่ 1 จากนั้นนำมากำหนดเป็นรูปแบบขั้นตอนการสอน ออกแบบโครงสร้างเว็บไซต์ ออกแบบหน้าเว็บไซต์เพื่อใช้กำหนดธีมของเว็บไซต์ทั้งหมด จากนั้นออกแบบและพัฒนาสตอรี่บอร์ดของบทเรียนที่สอดคล้องกับธีมของเว็บไซต์ วิธีการสอน และวิธีการประเมินที่ผู้สอนได้กำหนดไว้ในรูปแบบขั้นตอนการเรียน ทั้งนี้ในส่วนของการออกแบบโครงสร้างเว็บไซต์หรือแผนผังเว็บไซต์ และการออกแบบหน้าเว็บไซต์มีประเด็นในการพิจารณา ดังต่อไปนี้

2.1) เว็บไซต์ที่ดีควรมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน ข้อมูลมีการจัดวางเป็นระเบียบ มีการจัดวางเนื้อหาที่ชัดเจน ง่ายต่อการสืบค้น และในแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กัน

2.2) การออกแบบโครงสร้างเว็บไซต์ควรมีการจัดลำดับเนื้อหาโดยเรียงลำดับตามความสำคัญมากไปน้อย หรือโดยภาพรวมไปสู่รายละเอียดปลีกย่อย หรืออาจเริ่มจากข้อมูลที่ผู้เรียนมีความคุ้นเคยมากไปน้อย

2.3) การออกแบบหน้าเว็บไซต์ควรให้ความสำคัญกับการออกแบบหน้าเว็บไซต์โดยเน้นที่องค์ประกอบมัลติมีเดียต่าง ๆ ได้แก่

2.3.1) การใช้ตัวอักษร ได้แก่ ชนิดตัวอักษร (Font) ต้องเป็นมาตรฐาน ไม่หลากหลายเกินกว่า 3 ชนิดใน 1 เว็บเพจ อ่านง่ายชัดเจน มีความกลมกลืนเป็นระบบในทุกหน้า ใช้รูปแบบตัวอักษร เช่น ตัวเอียง ขีดเส้นใต้ หนา บาง แตกต่างเหมาะสม เช่น ถ้าเป็นหัวข้อใช้ตัวหนา และเนื้อหาปกติใช้ตัวบาง ขนาดตัวอักษรต้องเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย เช่น เด็กเล็กใช้ขนาดตัวอักษรใหญ่ ระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษาใช้ตัวอักษรขนาดเล็กลง

2.3.2) การใช้สี ทั้งสีตัวอักษร สีพื้นหลังของเว็บ สีภาพประกอบ สีวัตถุที่นำมาประกอบ ควรใช้สีสวยสวยงามสบายตา ไม่หลากหมายสีเกินไป สื่อความหมายได้ เช่น สีแดงแทนเรื่องราวใหม่ ๆ ที่น่าติดตาม มีความแตกต่างระหว่างสีพื้นและสีข้อความ สีภาพประกอบ

เหมาะสมมีความแตกต่างระหว่างสีข้อความและข้อความที่มีส่วนเชื่อมโยง และใช้สีอย่างกลมกลืนในทุกหน้าของเว็บไซต์

2.3.3) การใช้กราฟิกให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย เช่น ภาพการ์ตูนควรใช้กับเด็ก ภาพถ่ายใช้กับบุคคลทั่วไป สามารถสื่อความหมายตรงตามจุดประสงค์ และอธิบายเพิ่มเติมได้มากกว่าตัวหนังสือ อีกทั้งควรคำนึงถึงขนาดของภาพ ชนิดและขนาดของไฟล์ภาพไม่ใหญ่เกินไปสามารถแสดงผ่านหน้าจอได้อย่างเหมาะสม

2.3.4) การใช้ภาพเคลื่อนไหว ใช้ในกรณีที่ไม่สามารถหาภาพจริงได้หรือต้องการอธิบายเรื่องที่เป็นนามธรรมให้ดูง่ายขึ้น และขนาดของไฟล์ไม่ใหญ่เกินไปเพราะอาจส่งผลต่อการแสดงผลภาพที่ล่าช้าได้

2.3.5) การใช้วีดิทัศน์ ใช้ในกรณีที่ต้องการนำเสนอเนื้อหาที่มีความต่อเนื่องของขั้นตอนวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือแสดงภาพจริงที่เกิดขึ้น โดยภาพที่แสดงมีการเคลื่อนไหวเหมือนจริง และควรมีคู่มือการใช้โปรแกรมสำหรับเปิดชมวีดิทัศน์

2.3.6) การใช้เสียง มีทั้งเสียงบรรยายและเสียงประกอบที่ชัดเจนเหมาะสม สอดคล้อง สมจริงเข้ากับเนื้อหา ไม่รบกวนผู้เรียน ขนาดและชนิดของไฟล์เสียงไม่ใหญ่เกินไป มีคำแนะนำหรือบอกวิธีการเปิดเสียง และสามารถเลือกได้ว่าจะฟังเสียงหรือไม่

2.3.7) การจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ภาพ ข้อความ และส่วนประกอบอื่น ๆ ควรมีความสมดุลเหมาะสม มีความเป็นสากล กลมกลืนในทุกหน้า

สรุปได้ว่าในการออกแบบโครงสร้างเว็บไซต์และการออกแบบหน้าเว็บไซต์มีประเด็นพิจารณา 4 แนวทาง ได้แก่ 1) เว็บไซต์ที่ดีนั้นจะต้องมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน 2) การออกแบบโครงสร้างเว็บไซต์นั้นควรมีการจัดลำดับเนื้อหา 3) การออกแบบหน้าเว็บไซต์ควรให้ความสำคัญกับการออกแบบหน้าเว็บไซต์ โดยเน้นที่องค์ประกอบมัลติมีเดียต่าง ๆ และ 4) คุณภาพในการออกแบบเว็บไซต์ เพื่อนำหลักการดังกล่าวไปพัฒนาเว็บไซต์ให้มีคุณภาพในขั้นตอนการพัฒนาต่อไป

4. การนำไปใช้ (Implementation) และการประเมิน (Evaluation) เนื่องจากการนำไปใช้และการประเมินเป็นขั้นตอนที่เกี่ยวเนื่องกัน โดยการนำไปใช้เป็นการนำเว็บเพื่อการเรียนการสอนไปใช้ ซึ่งจะทำให้เกิดการประเมินเว็บเพื่อการเรียนการสอนตามมา โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1) การประเมินคุณลักษณะภายในของเว็บเพื่อการเรียนการสอน เป็นการตรวจสอบคุณลักษณะของเว็บไซต์และเนื้อหา ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเว็บไซต์เพื่อการเรียนการสอนจำนวน 3 หรือ 5 ท่าน โดยการประเมินคุณลักษณะของเว็บไซต์ ผู้ประเมินมุ่งพิจารณาความถูกต้องของลักษณะของเว็บเพื่อการเรียนการสอนในแต่ละองค์ประกอบและพิจารณาความถูกต้องโดยรวม การพิจารณาความเหมาะสมของการออกแบบและกลยุทธ์ในการนำเสนอเนื้อหารวมถึงศาสตร์การสอน เพื่อให้เว็บเพื่อการเรียนการสอนมีการทำงานที่สมบูรณ์และตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และการประเมินเนื้อหาจะพิจารณาความครบถ้วนและถูกต้องของเนื้อหา สาระ หรือมโนทัศน์ที่สำคัญต้องมีความชัดเจน รวมไปถึงการลำดับการนำเสนอเนื้อหาที่ทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่าย ไม่สับสน การยกตัวอย่างหรือกิจกรรมต้องมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาสาระและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ รวมถึงสร้างความน่าสนใจ ซึ่งผู้ที่ทำหน้าที่ในการประเมิน คือ ผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาสาระ จำนวน 3 หรือ 5 ท่าน

4.2) การประเมินคุณภาพของเว็บเพื่อการเรียนการสอนหลังจากที่นำเว็บเพื่อการเรียนการสอนไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณลักษณะและเนื้อหา จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และทำการประเมินคุณภาพของเว็บเพื่อการเรียนการสอน โดยนำเว็บเพื่อการเรียนการสอนมาทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยมุ่งเน้นที่การบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทุกข้อตามเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นหากวัตถุประสงค์ในข้อใดยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะต้องพิจารณาปรับปรุงแก้ไขในส่วนนั้น

4.3 หลักการออกแบบเว็บไซต์

จินตวีร์ คล้ายสังข์ และประกอบ กรณีกิจ (2559) ได้นำเสนอหลักการออกแบบโครงสร้างระบบเว็บไซต์และหน้าจอ โดยมีหลักการและแนวทางในการออกแบบ ดังต่อไปนี้

1. การออกแบบโครงสร้างระบบและเว็บไซต์

การออกแบบโครงสร้างระบบและเว็บไซต์ในการจัดวางข้อมูลสารสนเทศบนเว็บนั้น การจัดวางองค์ประกอบอย่างเป็นระบบ การจัดลำดับบนเนื้อหาตามความสำคัญอย่างมีระเบียบและออกแบบเว็บไซต์อย่างมีสุนทรียภาพนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยการจัดทำโครงสร้างเว็บไซต์ (Site Structure) แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) แบบเส้นตรง (Linear) หรือแบบเรียงลำดับ (Sequence) 2) แบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear) 3) แบบลำดับขั้น (Hierarchies) และ 4) แบบเว็บ (Web) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1) แบบเส้นตรง (Linear) หรือแบบเรียงลำดับ (Sequence) เหมาะสำหรับเว็บไซต์ที่มีเนื้อหาน้อย และมีโครงสร้างเนื้อหาไม่ซับซ้อน โดยผู้พัฒนาต้องการให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาไปตามลำดับที่กำหนดไว้

1.2) แบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear) เหมาะสำหรับเว็บไซต์ที่มีเนื้อหาเสริมในบางหัวข้อ ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าไปศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมในหัวข้อนั้นๆ ได้

1.3) แบบลำดับขั้น (Hierarchies) เหมาะสำหรับเว็บไซต์ที่มีเนื้อหามาก และมีโครงสร้างเนื้อหาที่ซับซ้อน ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าไปศึกษาเนื้อหาได้ง่ายยิ่งขึ้น

1.4) แบบเว็บ (Web) เหมาะสำหรับเว็บไซต์ที่มีเนื้อหาซับซ้อนและมีความเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อค่อนข้างมาก ทำให้ผู้เรียนสามารถศึกษาเนื้อหาโดยการคลิกเชื่อมโยงเนื้อหาได้ตามต้องการ แต่อาจทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสนในขณะเรียนได้

2. การออกแบบหน้าจอ

การออกแบบหน้าจอมีส่วนสำคัญในการสร้างความประทับใจให้กับผู้เรียน และทำให้อยากกลับเข้ามาใช้งานอีกครั้ง จึงควรออกแบบหน้าจอเว็บไซต์อย่างมีคุณภาพ เพื่อดึงดูดผู้เรียนให้อยู่กับเว็บไซต์ได้นานยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

2.1) การเน้นข้อความสำคัญ เพื่อให้ผู้เข้าชมเว็บไซต์เข้าใจง่ายขึ้น โดยเน้นไปที่ส่วนประกอบสำคัญ และเน้นคำหรือประโยคที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้อ่านได้

2.2) ความตรงกันข้าม เป็นการเน้นความแตกต่างระหว่างองค์ประกอบทางสายตา และความตรงกันข้ามของขนาด สี พื้นผิว น้ำหนัก ตัวหนา ตัวบาง ทำให้ดึงดูดความสนใจของผู้อ่านมายังสารนั้น ๆ

2.3) ความสมดุล เป็นการจัดองค์ประกอบให้สมดุลทั้งส่วนซ้าย ส่วนกลาง และส่วนขวา โดยหลีกเลี่ยงการปล่อยพื้นที่ให้ว่างเปล่าหรือใส่ข้อมูลที่มากเกินความจำเป็น ควรเลือกรูปภาพมาใส่ให้ส่งเสริมข้อความ และควรใส่เงาเพื่อให้งานมีมิติมากขึ้น

2.4) การวางแนวและการจัดเป็นเส้นตรง เป็นการจัดส่วนประกอบต่าง ๆ ของหน้าเว็บเพจให้เรียงอยู่ในระนาบเดียวกัน เช่น ข้อความ รูปภาพ และกราฟิก ทำให้เว็บไซต์เป็นระบบระเบียบและง่ายต่อการสืบค้นมากที่สุด

2.5) การทำซ้ำ เป็นการจัดองค์ประกอบโดยกำหนดตำแหน่งทำให้เกิดช่องว่างอย่างสม่ำเสมอ การเลือกใช้สีธีมเดียวกัน การเลือกใช้แบบตัวอักษรเดียวกัน ตลอดจนการเลือกใช้แบนเนอร์เดียวกันในทุกหน้าของเว็บไซต์

2.6) การเลือกใช้สีที่เหมาะสมและกระตุ้นการรับรู้ จะช่วยทำให้เกิดความน่าสนใจ และสามารถสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน

2.7) การเลือกใช้ภาพ เป็นการนำภาพประกอบหรือกราฟิกต่างๆ มาใช้ในการจัดหน้าเว็บเพจอย่างเหมาะสม โดยควรพิจารณาถึงขนาดความละเอียดและคุณภาพของรูปแบบไฟล์ เพื่อช่วยให้มีความน่าสนใจและช่วยให้การสื่อสารชัดเจนมากขึ้น

4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Barisone et al. (2019) ได้ศึกษาประสิทธิผลของการเรียนรู้บนเว็บไซต์ในการสนับสนุนการพัฒนาทักษะการปฏิบัติของผู้เรียนในระหว่างการเข้ารับการรักษาทางคลินิก โดยสำรวจการรับรู้และประสิทธิผลของการเรียนรู้บนเว็บไซต์ ในการอำนวยความสะดวกในการพัฒนาทักษะทางคลินิกของผู้เรียน เนื่องด้วยความสะดวกในการใช้งานและการเข้าถึงที่ไม่จำกัด พบว่า การเรียนรู้บนเว็บช่วยสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ทางคลินิกของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเสนอการสนับสนุนแบบภาพเสมือน อีกทั้งการเรียนรู้ผ่านเว็บไซต์สามารถใช้เพื่อลดช่องว่างระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Hidayah et al. (2018) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้บนเว็บไซต์อาร์เคียแบคทีเรีย (Archaebacteria) และยูแบคทีเรีย (Eubacteria) โดยสื่อการเรียนรู้บนเว็บนี้จัดโครงสร้างโดยใช้แบบจำลอง 4-D Thiagarajan ประกอบด้วย Define Design Develop และ Disseminate ผลการวิจัยพบว่า สื่อการเรียนรู้บนเว็บมีความถูกต้องอยู่ในระดับมาก ช่วยปรับปรุงผลการเรียนรู้ของผู้เรียนและตอบสนองได้ดีทั้งจากผู้สอนและผู้เรียน

Sriphong (2020) ได้ศึกษาการใช้งานการเรียนการสอนบนเว็บไซต์เป็นแพลตฟอร์มออนไลน์สำหรับนำเสนอการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการและการสาธิตขั้นตอนเป็นภาพกราฟิกและวิดีโอเพื่อสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ การใช้เครื่องมือนี้ผสมผสานกับห้องปฏิบัติการในเว็บไซต์ Lab Potentiometric Titration โดยใช้แอปพลิเคชันออนไลน์ Google Sites ที่ผู้เรียนสามารถใช้งานได้สะดวกสบาย เข้าถึงเว็บไซต์ได้ทุกที่และทุกเวลา เรียนรู้และเตรียมความพร้อมสำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการได้ จากการวิจัยพบว่า สภาพแวดล้อมการเรียนรู้บนเว็บไซต์นี้มีประโยชน์

ในการสนับสนุนผู้เรียนให้สามารถพัฒนาทักษะทั้งด้านความรู้ ความเข้าใจ และการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการโดยมีคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบและผังงานสูงขึ้น แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการเรียนการสอนบนเว็บไซต์เพื่อเพิ่มความรู้และความมั่นใจของผู้เรียนก่อนเข้าห้องปฏิบัติการแทนที่จะใช้เวลาเรียนอธิบายขั้นตอนสำหรับห้องปฏิบัติการ แต่ผู้เรียนสามารถเข้าเว็บไซต์เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับห้องปฏิบัติการได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังสามารถเปิดเว็บไซต์ได้ทันทีในระหว่างเรียนในห้องปฏิบัติการโดยใช้มือถือหรืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

Sulyanah et al. (2021) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้การเรียนรู้บนเว็บเพื่อวัดผลความสนใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยพัฒนาสื่อการเรียนรู้บนเว็บโดยใช้ ADDIE Model และวัดความสนใจของผู้เรียน ผลการวิจัย พบว่า สื่อการเรียนรู้บนเว็บกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้ตัวบ่งชี้ 3 ตัว ได้แก่ ความสนใจ ความรู้สึกมีความสุข และการทำกิจกรรม ตัวชี้วัดทั้งหมดอยู่ในระดับสูง เนื่องจากการออกแบบสื่อการเรียนรู้บนเว็บเหมาะสมกับความต้องการของผู้เรียนและทำให้การเรียนรู้สนุก อีกทั้งผู้เรียนยังสามารถเข้าถึงบทเรียนได้เมื่ออยู่นอกชั้นเรียน

Kim et al. (2019) ได้พัฒนารูปแบบชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันอย่างสร้างสรรค์โดยอาศัยระบบการเรียนรู้ออนไลน์ (Moodle) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบการเรียนรู้ออนไลน์ การประชุมแบบเรียลไทม์ การประเมินผล วิกิ และบล็อก สามารถส่งเสริมการทำงานร่วมกันอย่างสร้างสรรค์ได้ และควรมีคู่มือประกอบการเรียนการสอนเพื่อให้รูปแบบชั้นเรียนสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันอย่างสร้างสรรค์ตามระบบการเรียนรู้ออนไลน์ (Moodle)

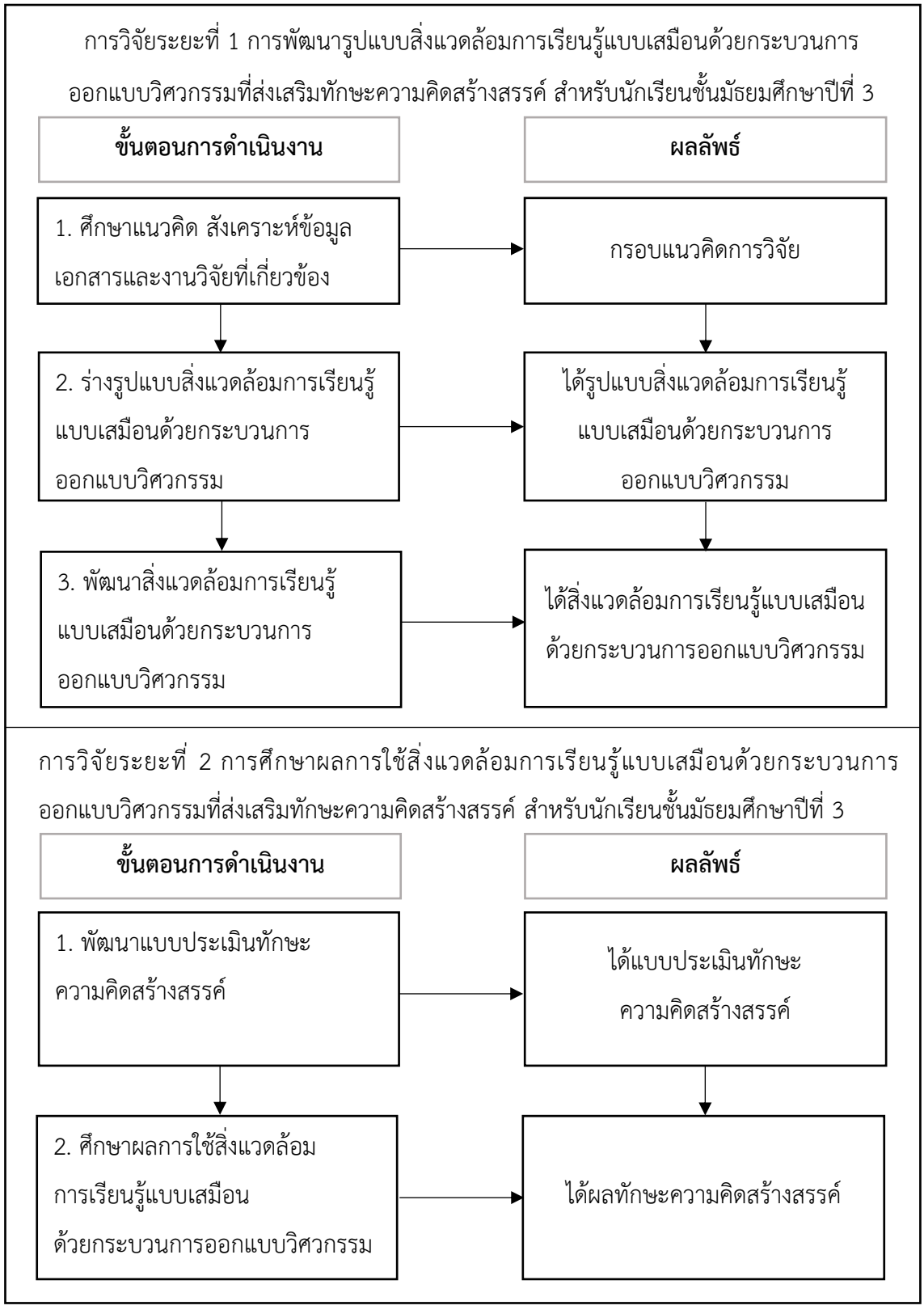
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และศึกษาผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีระยะการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ระยะที่ 2 การศึกษาผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

โดยมีรายละเอียดของวิธีการดำเนินการวิจัยทั้ง 2 ระยะ ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ภาพรวมการวิจัยระยะที่ 1 และระยะที่ 2

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี รวม 10 ห้องเรียน จำนวน 350 คน

กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*Power เวอร์ชัน 3.1.9 ในการคำนวณ โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random sampling) ซึ่งมีนักเรียนแบบคละความรู้ความสามารถแล้วใช้วิธีการจับฉลาก จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 39 คน โดยใช้โปรแกรม G*Power ในการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยได้กำหนดขนาดอิทธิพล (effect size) ได้แก่ effect size 0.1 หมายถึง มีขนาดอิทธิพลในระดับเล็ก (small) effect size 0.3 หมายถึง มีขนาดอิทธิพลในระดับกลาง (medium) และ effect size 0.5 หมายถึง มีขนาดอิทธิพลในระดับใหญ่ (large) ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้ค่า effect size เท่ากับ 0.3 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 0.05 ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.95 (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2555) จะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำ 31 คน โดยผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power เป็นดังนี้

F test ANOVA: Repeated measures, within factors

Analysis A priori: Compute required sample size

Input Parameter:

Effect size	= 0.3
α err prob	= 0.05
Power (1-β err prob)	= 0.95
Number of groups	= 1
Number of measurements	= 3
Corr among rep measures	= 0.5
Nonsphericity correction ϵ	= 1

Output Parameters: Noncentrality parameter λ = 16.7400000

Critical F	= 3.1504113
Numerator df	= 2.0000000
Denominator df	= 60.0000000
Total sample size	= 31
Actual power	= 0.9556989

การวิจัยระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

วัตถุประสงค์

การวิจัยในระยะที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนแบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าหลักการ แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ได้แก่ ความหมายของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ลักษณะของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เครื่องมือเทคโนโลยีที่ใช้ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ระดับของการนำสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมาจัดการเรียนการสอน เพื่อนำมาใช้ออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนแบบเสมือน

2. ศึกษาค้นคว้าหลักการ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ได้แก่ ความหมายของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เครื่องมือเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เพื่อนำไปใช้ออกแบบการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

3. ศึกษาค้นคว้าหลักการ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับทักษะความคิดสร้างสรรค์ เพื่อศึกษาองค์ประกอบและการประเมินผลทักษะความคิดสร้างสรรค์

4. ศึกษาค้นคว้าหลักการ แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับหลักการในการออกแบบเว็บไซต์ ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนการสอน

5. วิเคราะห์และสังเคราะห์ความรู้ทั้งหมดเพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการสร้างกรอบแนวคิดการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งแสดงรายละเอียดดังตารางการสังเคราะห์ในบทที่ 2

6. ร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมตามกรอบแนวคิดที่ได้จากข้อ 5 ซึ่งมีองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน กระบวนการออกแบบวิศวกรรม และเครื่องมือที่ใช้

7. นำร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

8. ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม และประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

9. เมื่อได้รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม นำมาพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยดำเนินการตามขั้นตอนของ ADDIE Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล

10. นำสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

11. ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม และประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้แก่

1. รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

4. แบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

5. สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

6. แบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

1.1) ศึกษาเอกสาร บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนและกระบวนการออกแบบวิศวกรรมจากฐานข้อมูล ได้แก่ Springer, International Journal of Educational Research and Innovation, acnsci.org, IEEE Xplore, International Journal of Interactive Mobile Technologies เนื่องจากฐานข้อมูลเหล่านี้รวมรายการเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาที่ครอบคลุมและหลากหลาย ซึ่งเป็นข้อมูลระหว่างปี 1996-2023

1.2) สังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนและขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม จึงได้ผลการสังเคราะห์ 2 ตาราง ได้แก่ ตารางสังเคราะห์องค์ประกอบและเครื่องมือของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และตารางสังเคราะห์ขั้นตอนและเครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

1.3) ร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม มี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งแต่ละส่วนมีองค์ประกอบย่อย ดังนี้ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน มี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. การติดต่อสื่อสาร 2. การทำงานร่วมกัน 3. การแบ่งปันทรัพยากร 4. การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ และ 5. การสนับสนุนผู้เรียน และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรม มี 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นการกำหนดปัญหา 2. ขั้นการออกแบบ 3. ขั้นการพัฒนา 4. ขั้นการประเมินผล และ 5. ขั้นการนำเสนอ และมีองค์ประกอบเครื่องมือ 2 ประเภท คือ 1) เครื่องมือในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ได้แก่ เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร เครื่องมือการทำงานร่วมกัน

เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ และเครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน 2) เครื่องมือในกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ได้แก่ เครื่องมือการกำหนดปัญหา เครื่องมือการออกแบบ เครื่องมือการพัฒนา เครื่องมือการประเมินผล และเครื่องมือการนำเสนอ

1.4) นำร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่สร้างขึ้นไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

1.5) นำร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่พัฒนาขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งพิจารณาใน 5 ประเด็น ได้แก่ ด้านความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ด้านความเหมาะสมขององค์ประกอบของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ด้านความเหมาะสมของขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ด้านความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และด้านความเหมาะสมของประโยชน์ในการใช้งานรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน พบว่า ผลการประเมินอยู่ในระดับเหมาะสมมาก ($\overline{X}$=4.20, S.D.=0.54)

1.6) ปรับปรุงร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.7) ได้ต้นแบบรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

2. แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีขั้นตอนในการพัฒนาเครื่องมือดังนี้

2.1) ศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2) กำหนดประเด็นในการประเมิน เพื่อพัฒนาแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยแบบประเมินแบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่

ด้านที่ 1 รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

ด้านที่ 2 องค์ประกอบของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

ด้านที่ 3 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

ด้านที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

ด้านที่ 5 ประโยชน์การใช้งานรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

โดยแบบประเมินมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

2.3) นำแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาแล้วปรับปรุงตามคำแนะนำ จากนั้นนำแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ดังรายชื่อในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและการใช้ภาษาและความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยแบบประเมินที่นำไปใช้ได้จะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of item – Objective Congruence) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป หลักเกณฑ์การพิจารณาให้คะแนนกำหนดไว้ ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบมีความเหมาะสม

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบมีความเหมาะสมหรือไม่

-1 เมื่อแน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบไม่มีความเหมาะสม

จากการนำแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 แสดงว่าเป็นข้อคำถามที่สอดคล้องสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง)

3. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา การออกแบบและเทคโนโลยี มีขั้นตอนการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

3.1) นำรายละเอียดของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม มาพิจารณาเพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน

3.2) ศึกษารายละเอียดเนื้อหารายวิชา การออกแบบและเทคโนโลยี หน่วยที่ 3 เทคโนโลยีแก้ปัญหา เพื่อการศึกษาที่สอดคล้องกับรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบวิศวกรรม

3.3) ศึกษาเอกสาร ตำราเกี่ยวกับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เพื่อนำมาเขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และออกแบบกระบวนการกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

3.4) ศึกษาสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อกำหนดแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3.5) เขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม รายวิชา การออกแบบและเทคโนโลยี ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เทคโนโลยีแก้ปัญหา ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีส่วนประกอบสำคัญ คือ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล โดยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีทั้งหมด 10 แผน ระยะเวลา 6 สัปดาห์ เรียนสัปดาห์ละ 80 นาที (รวมเวลาเรียนทั้งหมดในการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ใช้เวลาเรียนทั้งสิ้น 18 สัปดาห์) ซึ่งแต่ละแผนมีรายละเอียดเบื้องต้น ดังนี้

1. แผนปฐมนิเทศการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใช้ในการจัดกิจกรรมสัปดาห์ที่ 1 เกี่ยวกับการปฐมนิเทศเตรียมความพร้อมในชั้นเรียนออนไลน์

2. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 ใช้ในการจัดกิจกรรมสัปดาห์ที่ 1 เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในขั้นการกำหนดปัญหา เรื่อง ปัญหาและความต้องการของชุมชนจังหวัดปัตตานี

3. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ใช้ในการจัดกิจกรรมสัปดาห์ที่ 2 เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในขั้นการออกแบบ เรื่อง การออกแบบแนวคิดเพื่อแก้ไขปัญหาชุมชนจังหวัดปัตตานี

4. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 ใช้ในการจัดกิจกรรมสัปดาห์ที่ 3 เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในขั้นการออกแบบ เรื่อง การสืบค้นและรวบรวมข้อมูลวิธีแก้ไขปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานี

5. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 ใช้ในการจัดกิจกรรมสัปดาห์ที่ 4 เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในขั้นการพัฒนา เรื่อง การพัฒนาต้นแบบ ครั้งที่ 1

6. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 ใช้ในการจัดกิจกรรมสัปดาห์ที่ 5 เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในขั้นการพัฒนา เรื่อง การพัฒนาต้นแบบ ครั้งที่ 2

7. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 ใช้ในการจัดกิจกรรมสัปดาห์ที่ 5 เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในขั้นการพัฒนา เรื่อง การพัฒนาต้นแบบ ครั้งที่ 3

8. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 7 ใช้ในการจัดกิจกรรมสัปดาห์ที่ 6 เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในขั้นการประเมินผล เรื่อง การประเมินผลโดยผู้สอน

9. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 8 ใช้ในการจัดกิจกรรมสัปดาห์ที่ 6 เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในขั้นการประเมินผล เรื่อง การประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญ

10. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 9 ใช้ในการจัดกิจกรรมสัปดาห์ที่ 6 เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในขั้นการนำเสนอ เรื่อง การนำเสนอชิ้นงาน (ดังตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในภาคผนวก ช)

3.6) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3.7) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ดังรายชื่อในภาคผนวก ก)

เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง โดยใช้แบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีคุณภาพมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง แผนฯ มีคุณภาพมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง แผนฯ มีคุณภาพมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง แผนฯ มีคุณภาพปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง แผนฯ มีคุณภาพน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง แผนฯ มีคุณภาพน้อยที่สุด

ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีคุณภาพมาก ($\overline{X}$=4.49, S.D.=0.50)

3.8) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ดังตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในภาคผนวก ช)

4. แบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีขั้นตอนในการพัฒนาเครื่องมือดังนี้

4.1) ศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2) กำหนดประเด็นในการประเมินคุณภาพ เพื่อพัฒนาแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยแบบประเมิน แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่

ด้านที่ 1 ด้านสาระสำคัญ

ด้านที่ 2 ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา

ด้านที่ 3 ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้

ด้านที่ 4 ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้

ด้านที่ 5 ด้านการวัดและประเมินผล

โดยแบบประเมินมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีคุณภาพมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

4.3) นำแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาแล้วปรับปรุงตามคำแนะนำ จากนั้นนำแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ดังรายชื่อในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและการใช้ภาษาและความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยแบบประเมินที่นำไปใช้ได้จะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of item – Objective Congruence) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป หลักเกณฑ์การพิจารณาให้คะแนนกำหนดไว้ ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบมีความเหมาะสม

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบมีความเหมาะสมหรือไม่

-1 เมื่อแน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบไม่มีความเหมาะสม

จากการนำแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนไปหาค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 แสดงว่าเป็นข้อคำถามที่สอดคล้องสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

5. สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สำหรับสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เป็นการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ผ่านเว็บไซต์ ซึ่งรวบรวมชุดเครื่องมือที่จำเป็นในการเรียนการสอนไว้ในที่เดียว ได้แก่ 1) เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร 2) เครื่องมือการทำงานร่วมกัน 3) เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร 4) เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ และ 5) เครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน เพื่อใช้ในการเข้าไปเรียนรู้ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งมีวิธีดำเนินการพัฒนาตามขั้นตอน ADDIE Model ดังนี้

5.1) ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการวิเคราะห์เพื่อกำหนดรายละเอียดขององค์ประกอบต่าง ๆ สำหรับพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ประกอบด้วย การวิเคราะห์หลักสูตร การวิเคราะห์เนื้อหา การวิเคราะห์ผู้เรียน และการกำหนดผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1) การวิเคราะห์หลักสูตร เป็นการวิเคราะห์ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 โดยผู้วิจัยได้ศึกษาสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด คือ สาระที่ 4 เทคโนโลยี ซึ่งเกี่ยวข้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ดังนี้

ว 4.1 ม.3/1 วิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน

ว 4.1 ม.3/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการของชุมชนหรือท้องถิ่นเพื่อพัฒนางานอาชีพ สรุปกรอบปัญหา รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

ว 4.1 ม.3/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

ว 4.1 ม.3/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา

5.1.2) การวิเคราะห์เนื้อหา เป็นการวิเคราะห์เนื้อหารายวิชาที่สอดคล้องกับรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งได้เนื้อหารายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีแก้ปัญหา โดยศึกษาจากคู่มือ หนังสือเรียน และแบบฝึกหัด เพื่อหาแนวทางในการออกแบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์เนื้อหา

หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรม
เทคโนโลยี แก้ปัญหา	1. เกษตร 2. ประมง 3. อาหาร 4. ท่องเที่ยว	แผนที่ 1 ปัญหาและความต้องการของชุมชนจังหวัดปัตตานี	**คำถาม :** ในชุมชนจังหวัดปัตตานีมีปัญหาอะไรบ้าง **กิจกรรมที่ 1 :** ปัญหา? จ๊ะเอ๋!
		แผนที่ 2 การออกแบบแนวคิดเพื่อแก้ไขปัญหาชุมชนจังหวัดปัตตานี	**คำถาม :** ปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีที่ต้องแก้ไขโดยพิจารณาจากค่าคะแนนรวมมากที่สุดคืออะไร **กิจกรรมที่ 2 :** อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา
		แผนที่ 3 การสืบค้นและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวิธีแก้ไขปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานี	**คำถาม :** นักเรียนมีแนวคิดใหม่ที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีอย่างไรบ้าง **กิจกรรมที่ 3 :** ปิ๊ง! ไอเดีย
		แผนที่ 4 การพัฒนาต้นแบบ ครั้งที่ 1	**คำถาม :** นักเรียนวางแผนลำดับขั้นตอนการแก้ไขปัญหาและวิธีการสร้างต้นแบบอย่างไรบ้าง **กิจกรรมที่ 4 :** วางแผนดีมีชัยไปกว่าครึ่ง **กิจกรรมที่ 5 :** ก่อร่างสร้างตัว (กลายมาเป็น Prototype V.1)

ตารางที่ 7 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรม
เทคโนโลยีแก้ปัญหา	1. เกษตร 2. ประมง 3. อาหาร 4. ท่องเที่ยว	แผนที่ 5 การพัฒนาต้นแบบ ครั้งที่ 2	**คำถาม :** นักเรียนจะทดสอบและปรับปรุงแก้ไขต้นแบบให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นได้อย่างไรบ้าง **กิจกรรมที่ 6 :** ก่อร่างสร้างตัว (กลายมาเป็น Prototype V.2)
		แผนที่ 6 การพัฒนาต้นแบบ ครั้งที่ 3	**คำถาม :** นักเรียนจะทดสอบปรับปรุงและแก้ไขต้นแบบให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นและสามารถใช้งานได้สอดคล้องกับความต้องการได้อย่างไรบ้าง **กิจกรรมที่ 7 :** ก่อร่างสร้างตัว (กลายมาเป็น Prototype V.3)
		แผนที่ 7 การประเมินผลครั้งที่ 1 โดยครู แผนที่ 8 การประเมินผลครั้งที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ	**คำถาม :** ผลงานของนักเรียนควรปรับปรุงแก้ไขให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นหรือไม่อย่างไร **กิจกรรมที่ 8 :** ความสำเร็จของพวกเรา
		แผนที่ 9 การนำเสนอชิ้นงาน	**คำถาม :** นักเรียนจะนำเสนอผลงานด้วยวิธีใด และจะทำอย่างไรให้การนำเสนอมีความน่าสนใจและเผยแพร่ให้ผู้คนรับรู้ได้อย่างกว้างขวาง **กิจกรรมที่ 9 :** เผยแพร่แชร์สู่สายตาชาวโลก

5.1.3) การวิเคราะห์ผู้เรียน ในประเด็นของความรู้ความสามารถ การใช้เทคโนโลยี และบริบทแหล่งที่อยู่อาศัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1.3.1) ด้านความรู้ความสามารถ โดยคละความสามารถของผู้เรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน เพื่อใช้ในการแบ่งกลุ่ม

5.1.3.2) ด้านการใช้เทคโนโลยีเพื่อเป็นพื้นฐานในการเตรียมความพร้อมว่าผู้เรียนมีความชื่นชอบหรือมีความถนัดในการใช้เทคโนโลยีและโปรแกรมใดบ้าง

5.1.3.3) ด้านบริบทแหล่งที่อยู่อาศัยของผู้เรียน เช่น ในจังหวัดปัตตานีมีทั้งหมด 12 อำเภอ เนื่องจากมีผลต่อความแตกต่างและความหลากหลายในด้านการเกษตรกรรม ด้านการประมง ด้านอาหาร และด้านการท่องเที่ยว

5.2) ขั้นการออกแบบ (Design) ผู้วิจัยนำเอาผลที่ได้จากการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม มาเป็นแนวทางในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

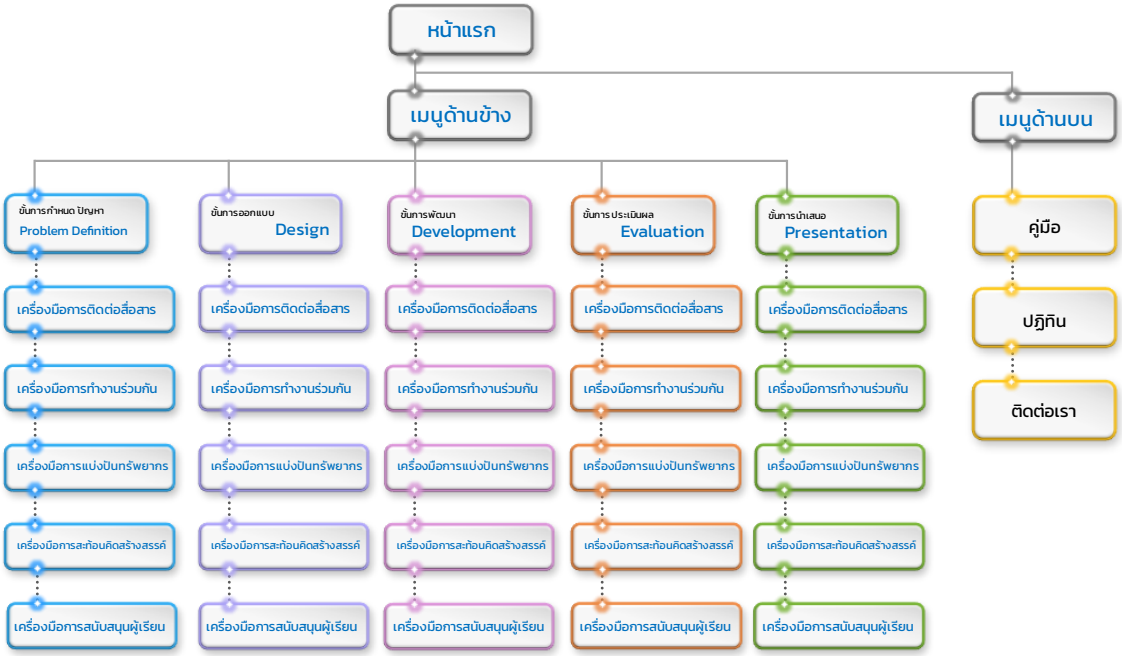
5.2.1) การออกแบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีองค์ประกอบของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้ 1) กำหนดผังมโนทัศน์ 2) ชื่อหน่วยการเรียนรู้ 3) สาระการเรียนรู้และตัวชี้วัด 4) การกำหนดสาระสำคัญในหน่วยการเรียนรู้ 5) กำหนดสาระการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการ และด้านคุณลักษณะ 6) กำหนดชิ้นงานและภาระงาน 7) กำหนดประเด็นและเกณฑ์การประเมินชิ้นงานและภาระงาน 8) กำหนดเวลาเรียนของหน่วยการเรียนรู้ และ 9) กำหนดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสำหรับหน่วยการเรียนรู้

5.2.2) การออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่สอดคล้องกับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

5.2.2.1) การกำหนดเนื้อหา (Site content) ที่จะนำเสนอในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นเนื้อหาหลัก คือ เนื้อหาในกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมทั้งหมด 10 กิจกรรม และเครื่องมือออนไลน์ที่เสริมคุณค่าให้กับสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งเป็นระบบการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่อยู่ในรูปแบบของเว็บไซต์ และรวบรวมชุดเครื่องมือที่จำเป็นในการเรียนรู้ ซึ่งมีเครื่องมือ 2 ประเภท คือ

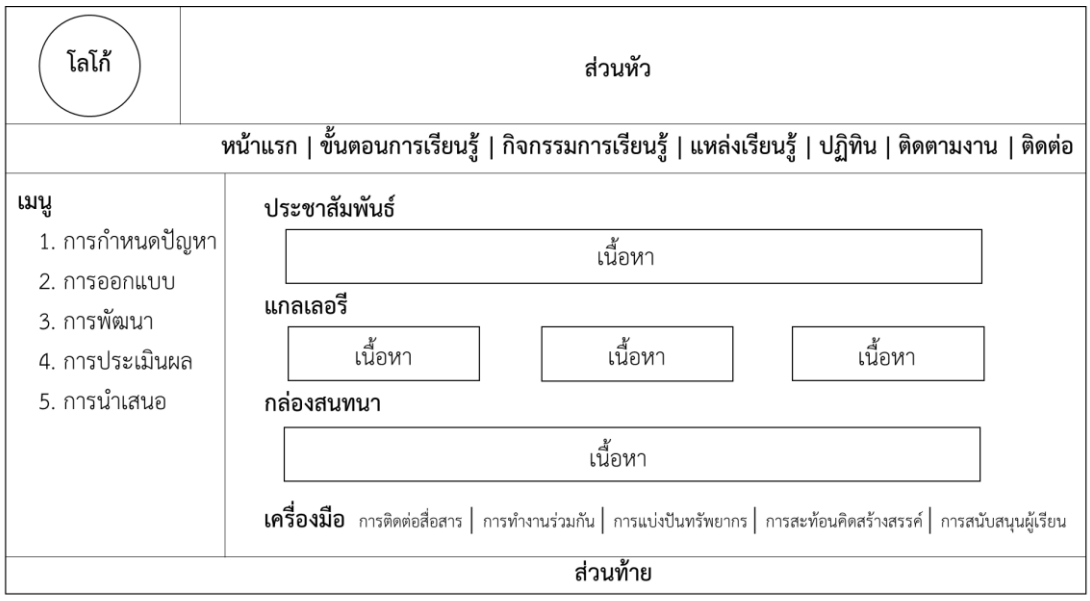
1) เครื่องมือในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ได้แก่ เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร เครื่องมือการทำงานร่วมกัน เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ และเครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน 2) เครื่องมือในกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ได้แก่ เครื่องมือการกำหนดปัญหา เครื่องมือการออกแบบ เครื่องมือการพัฒนา เครื่องมือการประเมินผล และเครื่องมือการนำเสนอ

5.2.2.2) การจัดโครงสร้างเว็บไซต์ (Site structure) นำเนื้อหามาจัดทำโครงสร้างข้อมูลในเว็บไซต์ จัดลำดับการนำเสนอเนื้อหา โดยสร้างเป็นแผนผังโครงสร้างเว็บไซต์ กำหนดรูปแบบการเชื่อมโยงในเว็บไซต์ กำหนดรูปแบบการจัดวางระบบนำทาง โดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตัวอย่างแผนผังโครงสร้างเว็บไซต์

5.2.2.3) การออกแบบเว็บไซต์ (Website design) นำเนื้อหามาออกแบบการจัดวางเนื้อหาต่างๆ ในแต่ละหน้าเว็บไซต์ ออกแบบลักษณะการแสดงผลทางด้านกราฟิกของเว็บเพจและเว็บไซต์ โดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 14 และ ภาพที่ 15



ภาพที่ 14 ตัวอย่างการออกแบบเค้าโครงเว็บเพจหน้าแรกของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

ภาพที่ 15 ตัวอย่างการออกแบบเค้าโครงเว็บเพจขั้นการกำหนดปัญหา

5.3) การพัฒนา (Development)

5.3.1) การพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 10 แผน โดยดำเนินการเขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นนำแผนการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ ตรวจสอบความถูกต้อง ชี้แนะข้อบกพร่องและให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขและเพื่อหาค่าระดับคุณภาพของแผน

5.3.2) การพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม หลังจากผู้วิจัยได้ออกแบบเนื้อหาในเว็บไซต์ จัดโครงสร้างเว็บไซต์ และออกแบบเว็บไซต์ จากนั้นผู้วิจัยนำเนื้อหาดังกล่าวที่ได้ออกแบบไว้มาพัฒนาเป็นสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน โดยมีรายละเอียดเครื่องมือดังนี้

5.3.2.1) เครื่องมือพัฒนา ได้แก่ Google Sites สำหรับสร้างและจัดการเนื้อหาเว็บไซต์

5.3.2.1) เครื่องมือสนับสนุน ได้แก่ Miro, Canva Education, Padlet, Artsteps, Discord และ Google Meet

จากนั้นนำไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำก่อนนำไปใช้จริง

5.3.3) นำสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่พัฒนาขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ดังรายชื่อในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง โดยใช้แบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด
ระดับ 4 หมายถึง มีคุณภาพมาก
ระดับ 3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง มีคุณภาพน้อย
ระดับ 1 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ มีคุณภาพมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ มีคุณภาพมาก
คะแนนเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ มีคุณภาพปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ มีคุณภาพน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ มีคุณภาพน้อยที่สุด

ผลการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมมีคุณภาพมาก ($\bar{X}$=4.38, S.D.=0.58)

5.3.4) ปรับปรุงแก้ไขสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะว่า สื่อมีความน่าสนใจเหมาะสมกับวัยผู้เรียน แต่ในส่วนของคลิปบรรยายช้าเกินไป ควรเพิ่มการกระตุ้นเร้าความสนใจ โดยผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขด้วยการปรับความเร็วในการบรรยาย และเพิ่มกราฟิก เอฟเฟกต์เพื่อกระตุ้นและเร้าความสนใจของผู้เรียนให้มากขึ้น

5.4) การนำไปใช้ (Implement)

5.4.1) การทดลองหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One Evaluation) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี ปีการศึกษา 2564 ที่มีระดับผลการเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน จำนวนอย่างละ 1 คน รวม 3 คน ให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นต่อสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไข

5.4.2) การทดลองกับกลุ่มเล็ก (Small Group Evaluation) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี ปีการศึกษา 2564 ที่มีระดับผลการเรียนเก่ง 3 คน ปานกลาง 3 คน และอ่อน 3 คน รวม 9 คน เพื่อให้ข้อมูลป้อนกลับในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านเนื้อหา การออกแบบระบบและสนับสนุนการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นต่อสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไข

5.4.3) การทดลองภาคสนาม (Field Testing) โดยนำสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี ปีการศึกษา 2564 จำนวน 31 คน

5.5) การประเมินผล (Evaluation)

5.5.1) การประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม มีรายละเอียดดังนี้

5.5.1.1) การกำหนดผู้เชี่ยวชาญ เป็นการกำหนดคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน (ดังรายชื่อในภาคผนวก ก) ซึ่งได้มาจากวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา และทักษะการคิดสร้างสรรค์ โดยกำหนดคุณสมบัติไว้ดังนี้ เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา และ/หรือเป็นผู้มีผลงานวิชาการด้านทักษะความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในวงการศึกษา และ/หรือมีตำแหน่งทางวิชาการ หรือมีวุฒิการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

5.5.1.2) การประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เป็นการศึกษาความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยผู้วิจัยสร้างเป็นแบบประเมินคุณภาพ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 ด้านการนำเสนอเนื้อหา ด้านที่ 2 ด้านการออกแบบหน้าจอ ด้านที่ 3 ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม และด้านที่ 4 ด้านเทคนิคและการนำเสนอ โดยแบบประเมินมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ

5.5.1.3) การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.5.2) การประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ โดยนำผลที่ได้จากการประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ในขั้นการทดลองภาคสนามนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

6. แบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีขั้นตอนในการพัฒนาเครื่องมือดังนี้

6.1) ศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.2) กำหนดประเด็นในการประเมินคุณภาพ เพื่อพัฒนาแบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยแบบประเมินแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่

ด้านที่ 1 การนำเสนอเนื้อหา

ด้านที่ 2 การออกแบบหน้าจอ

ด้านที่ 3 การออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

ด้านที่ 4 เทคนิคและการนำเสนอ

โดยแบบประเมินมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีคุณภาพมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

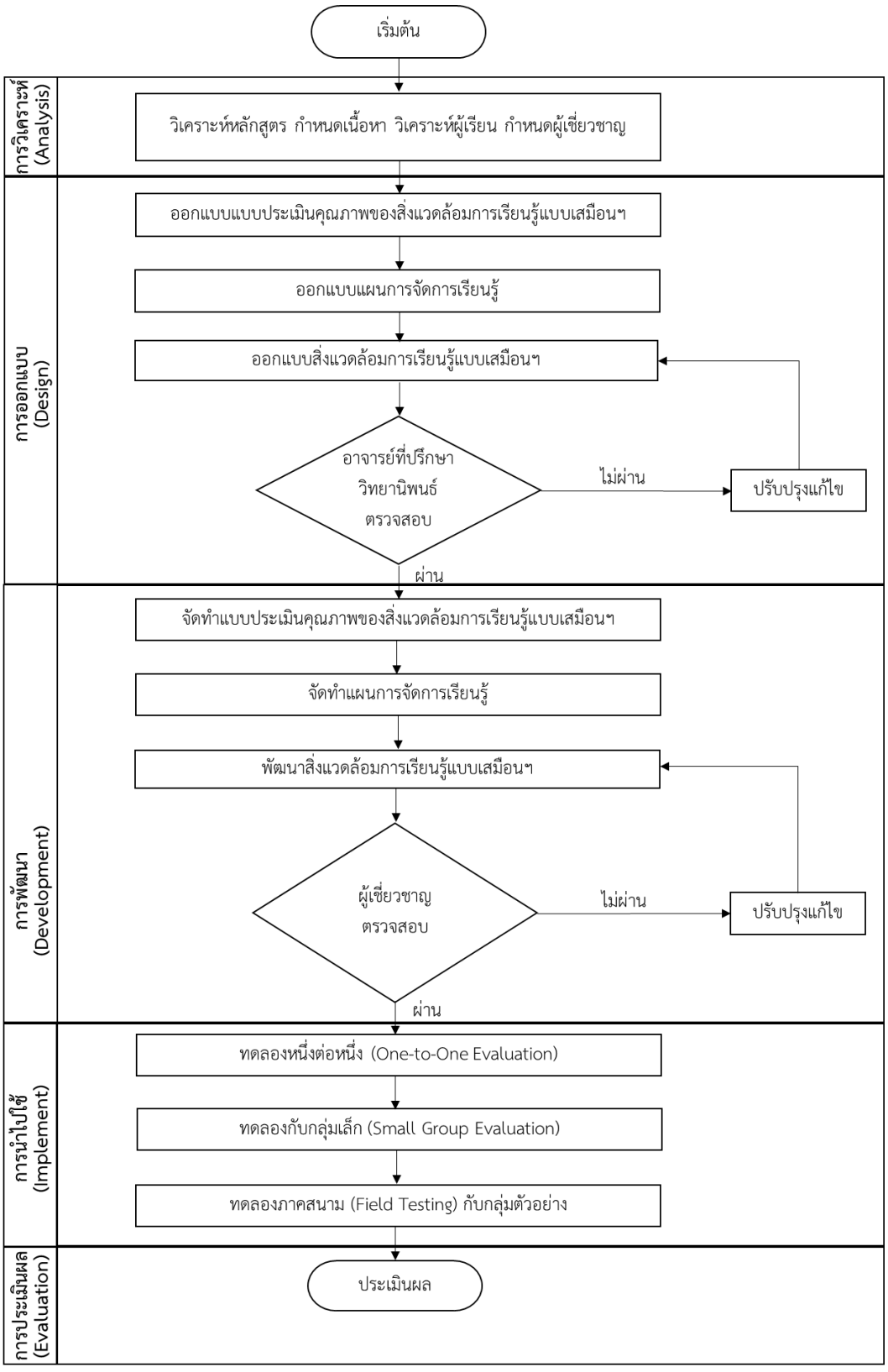
6.3) นำแบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาแล้วปรับปรุงตามคำแนะนำ จากนั้นนำแบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ดังรายชื่อในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและการใช้ภาษาและความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยแบบประเมินที่นำไปใช้ได้จะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of item – Objective Congruence) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป หลักเกณฑ์การพิจารณาให้คะแนนกำหนดไว้ ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบมีความเหมาะสม

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบมีความเหมาะสมหรือไม่

-1 เมื่อแน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบไม่มีความเหมาะสม

โดยถือเกณฑ์ IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จึงจะยอมรับว่าแบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ได้จัดทำขึ้นมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้ พบว่า ผลการประเมินมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 แสดงว่าเป็นข้อคำถามที่สอดคล้องสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง)



ภาพที่ 16 แผนผังกระบวนการออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมตามหลัก ADDIE Model

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีรายละเอียดของการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีขั้นตอนดังนี้

1.1) กำหนดประเด็นที่ต้องการรวบรวมข้อมูลให้ครอบคลุมด้านสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม พร้อมทั้งศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

1.2) วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการคัดเลือกไว้และบันทึกข้อมูลลงในตารางสังเคราะห์

1.3) สรุปผลประเด็นสำคัญในแต่ละหัวข้อที่ได้ให้ชัดเจน แล้วเชื่อมโยงเข้ากับหลักการ แนวคิด และทฤษฎี เพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ดำเนินการดังนี้

2.1) ผู้วิจัยติดต่อประสานงานไปยังผู้เชี่ยวชาญ เพื่อขอความอนุเคราะห์ให้เป็นผู้ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยใช้ช่องทางการสื่อสารตามที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวก

2.2) ผู้วิจัยขอหนังสือขอความอนุเคราะห์แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี แล้วจัดส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตามช่องทางการสื่อสารที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวก

2.3) ผู้วิจัยนำส่งแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตอบตามช่องทางการสื่อสารที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวก

2.4) ผู้วิจัยรับแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม กลับคืนจากผู้เชี่ยวชาญตามช่องทางการสื่อสารที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวก และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ

สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดำเนินการดังนี้

3.1) ผู้วิจัยติดต่อประสานงานไปยังผู้เชี่ยวชาญ เพื่อขอความอนุเคราะห์ให้เป็นผู้ประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ช่องทางการสื่อสารตามที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวก

3.2) ผู้วิจัยขอหนังสือขอความอนุเคราะห์แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี แล้วจัดส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตามช่องทางการสื่อสารที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวก

3.3) ผู้วิจัยนำส่งแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตอบตามช่องทางการสื่อสารที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวก

3.4) ผู้วิจัยรับแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ กลับคืนจากผู้เชี่ยวชาญตามช่องทางการสื่อสารที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวก และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

4. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ดำเนินการดังนี้

4.1) ผู้วิจัยติดต่อประสานงานไปยังผู้เชี่ยวชาญ เพื่อขอความอนุเคราะห์ให้เป็นผู้ประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยใช้ช่องทางการสื่อสารตามที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวก

4.2) ผู้วิจัยขอหนังสือขอความอนุเคราะห์แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี แล้วจัดส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตามช่องทางการสื่อสารที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวก

4.3) ผู้วิจัยนำส่งแบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตอบตามช่องทางการสื่อสารที่ผู้เชี่ยวชาญสะดวก

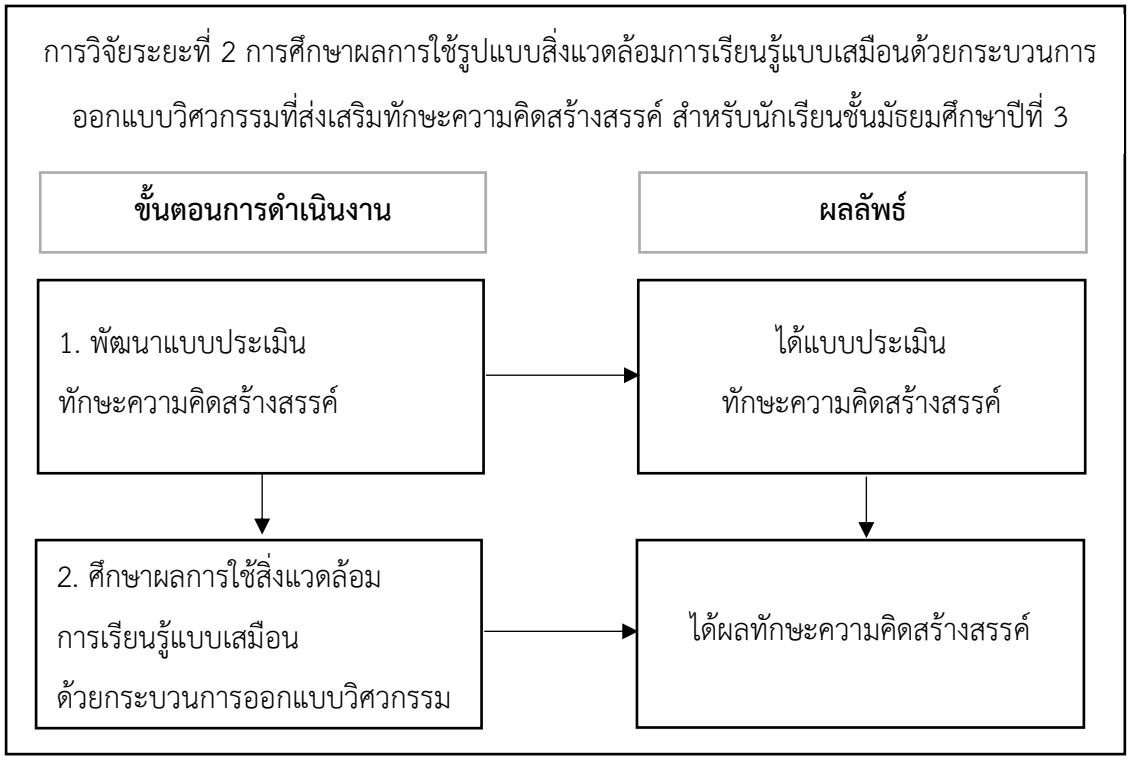
4.4) ผู้วิจัยรับแบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมกลับคืนจากผู้เชี่ยวชาญ และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมเพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และสังเคราะห์รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในการประเมินเครื่องมือวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

การวิจัยระยะที่ 2 การศึกษาผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



ภาพที่ 17 ขั้นตอนในการวิจัยระยะที่ 2

แบบแผนการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบแผนการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research design) ซึ่งเป็นแบบลำดับเวลาที่เท่าเทียมกัน (Equivalent time-series design) (Campbell and Stanley, 1967) มีรูปแบบการวิจัย ดังภาพ

XO_1	XO_2	XO_3

เมื่อ X แทน การดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Treatment)

O_1 แทน การวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ ครั้งที่ 1

O_2 แทน การวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ ครั้งที่ 2

O_3 แทน การวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ ครั้งที่ 3

ขั้นตอนการวิจัยสามารถดำเนินการได้ดังนี้

1. เตรียมการก่อนดำเนินการทดลอง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1) เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม และเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์

1.2) เตรียมความพร้อมของเทคโนโลยีที่เลือกใช้ในการเรียนการสอน ได้แก่ เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร เครื่องมือการทำงานร่วมกัน เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ และเครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน

1.3) เตรียมความพร้อมของผู้เรียนในการสมัครลงทะเบียนเพื่อเข้าใช้งานโปรแกรมต่าง ๆ

2. ดำเนินการทดลองโดยจัดการเรียนการสอนที่ใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1) ผู้วิจัยปฐมนิเทศ ชี้แจงผู้เรียนให้เข้าใจขั้นตอนการใช้งานสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

2.2) ดำเนินการจัดการเรียนการสอนผ่านสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ดังตารางที่ 8 จากนั้นวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ครั้งที่ 1

2.3) ดำเนินการจัดการเรียนการสอนผ่านสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากนั้นวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ครั้งที่ 2

2.4) ดำเนินการจัดการเรียนการสอนผ่านสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากนั้นวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ครั้งที่ 3

3. เมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA) และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีทดสอบแบบ Bonferroni

4. หากผู้เรียนไม่เข้าร่วมในการทดลองนี้ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมได้ด้วยตนเอง โดยศึกษาเนื้อหาทั้งหมดได้ตามความสะดวกของผู้เรียน อีกทั้งผู้เรียนสามารถทบทวนเนื้อหาเพิ่มเติมได้ทุกที่ทุกเวลา

ตารางที่ 8 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

สัปดาห์	**กระบวนการออกแบบวิศวกรรม**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**
1	-	ปฐมนิเทศในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)
	ขั้นการกำหนดปัญหา	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)
2	ขั้นการออกแบบ	ผู้เรียนเรียนผ่านแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ที่ผู้สอนเตรียมไว้ (คลิปวิดีโอการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียน แบบทดสอบ แบบฝึกหัด ภาระงาน การบ้าน เป็นต้น)
3	ขั้นการออกแบบ	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สัปดาห์	กระบวนการออกแบบวิศวกรรม	กิจกรรมการเรียนการสอน
4	ขั้นการพัฒนา	ผู้เรียนเรียนผ่านแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ที่ผู้สอนเตรียมไว้ (คลิปวิดีโอการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียน แบบทดสอบ แบบฝึกหัด ภาระงาน การบ้าน เป็นต้น)
5	ขั้นการพัฒนา	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)
6	ขั้นการประเมินผล ขั้นการนำเสนอ	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)
ประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ ครั้งที่ 1		
7	ขั้นการกำหนดปัญหา	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)
8	ขั้นการออกแบบ	ผู้เรียนเรียนผ่านแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ที่ผู้สอนเตรียมไว้ (คลิปวิดีโอการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียน แบบทดสอบ แบบฝึกหัด ภาระงาน การบ้าน เป็นต้น)
9	ขั้นการออกแบบ	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)
10	ขั้นการพัฒนา	ผู้เรียนเรียนผ่านแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ที่ผู้สอนเตรียมไว้ (คลิปวิดีโอการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียน แบบทดสอบ แบบฝึกหัด ภาระงาน การบ้าน เป็นต้น)
11	ขั้นการพัฒนา	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)
12	ขั้นการประเมินผล ขั้นการนำเสนอ	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)
ประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ ครั้งที่ 2		
13	ขั้นการกำหนดปัญหา	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)
14	ขั้นการออกแบบ	ผู้เรียนเรียนผ่านแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ที่ผู้สอนเตรียมไว้ (คลิปวิดีโอการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียน แบบทดสอบ แบบฝึกหัด ภาระงาน การบ้าน เป็นต้น)
15	ขั้นการออกแบบ	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สัปดาห์	กระบวนการ ออกแบบวิศวกรรม	กิจกรรมการเรียนการสอน
16	ขั้นการพัฒนา	ผู้เรียนเรียนผ่านแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ที่ผู้สอนเตรียมไว้ (คลิปวิดีโอการเรียนการสอน เอกสารประกอบการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียน แบบทดสอบ แบบฝึกหัด ภาระงาน การบ้าน เป็นต้น)
17	ขั้นการพัฒนา	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)
18	ขั้นการประเมินผล ขั้นการนำเสนอ	กิจกรรมในห้องเรียนสอนสดออนไลน์ (Google Meet, Discord)
ประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ ครั้งที่ 3		

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 2 คือ แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ เพื่อศึกษาผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ โดยกำหนดประเด็นที่ต้องการประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนทั้ง 4 ด้าน ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ มีขั้นตอนดังนี้

1.1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ กำหนดประเด็นที่จะประเมิน (Criteria) ระดับความสามารถ (Performance Levels) และคำอธิบายคุณภาพของแต่ละระดับความสามารถ (Quality Description) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนให้ครอบคลุมทุกด้านที่ต้องการวัด วิเคราะห์ข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล ตามกรอบการประเมินที่ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ที่จะนำมาประเมิน

1.2) สร้างแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ กำหนดเกณฑ์ในการประเมิน 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี ปานกลาง ควรปรับปรุง โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

1.2.1) เกณฑ์การประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม

คะแนนเฉลี่ย 24.50-28.00 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มของผู้เรียน อยู่ในระดับดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 17.50-24.49 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มของผู้เรียน อยู่ในระดับดี

คะแนนเฉลี่ย 10.50-17.49 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มของผู้เรียน อยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.00-10.49 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มของผู้เรียน อยู่ในระดับควรปรับปรุง

1.2.2) เกณฑ์การประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่ว

คะแนนเฉลี่ย 17.50-28.00 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่วของผู้เรียน อยู่ในระดับดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 12.50-17.49 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่วของผู้เรียน อยู่ในระดับดี

คะแนนเฉลี่ย 7.50-12.49 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่วของผู้เรียน อยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.00-7.49 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่วของผู้เรียน อยู่ในระดับควรปรับปรุง

1.2.3) เกณฑ์การประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่น

คะแนนเฉลี่ย 42.00-48.00 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่นของผู้เรียน อยู่ในระดับดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 30.00-41.00 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่นของผู้เรียน อยู่ในระดับดี

คะแนนเฉลี่ย 18.00-29.00 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่นของผู้เรียน อยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.00-17.00 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่นของผู้เรียน อยู่ในระดับควรปรับปรุง

1.2.4) เกณฑ์การประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ

คะแนนเฉลี่ย 91.00-104.00 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออของผู้เรียน อยู่ในระดับดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 65.00-90.00 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออของผู้เรียน อยู่ในระดับดี

คะแนนเฉลี่ย 39.00-64.00 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออของผู้เรียน อยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.00-38.00 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออของผู้เรียน อยู่ในระดับควรปรับปรุง

1.2.5) เกณฑ์การประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์

คะแนนเฉลี่ย 43.75-50.00 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนอยู่ในระดับดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 31.25-43.74 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนอยู่ในระดับดี

คะแนนเฉลี่ย 18.75-31.24 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.00-18.74 หมายถึง ทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนอยู่ในระดับควรปรับปรุง

1.3) นำแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาแล้วปรับปรุงตามคำแนะนำ จากนั้นนำแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ดังรายชื่อในภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและการใช้ภาษาและความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยแบบประเมินที่นำไปใช้ได้จะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of item – Objective Congruence) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป หลักเกณฑ์การพิจารณาให้คะแนนกำหนดไว้ ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบมีความเหมาะสม

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบมีความเหมาะสมหรือไม่

-1 เมื่อแน่ใจว่าประเด็นที่ตรวจสอบไม่มีความเหมาะสม

จากการนำแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 แสดงว่าเป็นข้อคำถามที่สอดคล้องสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ (ดูรายละเอียดภาคผนวก ง)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยนำแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ไปประเมินกับกลุ่มตัวอย่าง โดยขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาขั้นตอนการใช้แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ จัดเตรียมเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมิน กำหนดสถิติที่จะใช้วิเคราะห์ข้อมูล การแปลความหมายของข้อมูลและนำเสนอข้อค้นพบ

2. ก่อนเริ่มทำกิจกรรมผู้วิจัยอธิบายจุดประสงค์ของกิจกรรม ความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในครั้งนี้ให้ผู้เรียนเข้าใจ

3. จัดการเรียนการสอนให้กับผู้เรียนตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เทคโนโลยีแก้ปัญหา จำนวน 10 แผน ในการจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้งผู้วิจัยบันทึกผลหลังการจัดการเรียนการสอน รวมทั้งชิ้นงานของแต่ละกลุ่มไว้เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ผล

4. ระหว่างการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยทำการตรวจให้คะแนนชิ้นงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้นโดยใช้แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์

5. เมื่อดำเนินการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยวิเคราะห์ รวบรวมคะแนนที่ได้หลังการจัดการเรียนการสอนจากเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA)

3. การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีทดสอบแบบ Bonferroni

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และศึกษาผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและได้นำเสนอผลการวิจัยตามหัวข้อ ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 2 ผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (Virtual Learning Environment with Engineering Design Process : VLEEDP) ประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก 2 ส่วน ได้แก่ 1) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

องค์ประกอบหลักที่ 1 สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1) การติดต่อสื่อสาร (Communication)

2) การทำงานร่วมกัน (Collaboration)

3) การแบ่งปันทรัพยากร (Resource Sharing)

4) การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ (Creative Reflection)

5) การสนับสนุนผู้เรียน (Learner Support)

องค์ประกอบหลักที่ 2 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem Definition)

2) ขั้นการออกแบบ (Design)

3) ขั้นการพัฒนา (Development)

4) ขั้นการประเมินผล (Evaluation)

5) ขั้นการนำเสนอ (Presentation)

รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน มี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การติดต่อสื่อสาร การทำงานร่วมกัน การแบ่งปันทรัพยากร การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ และการสนับสนุนผู้เรียน ซึ่งมีเครื่องมือในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ได้แก่ เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร เครื่องมือการทำงานร่วมกัน เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ และเครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน มีรายละเอียดดังนี้

1) การติดต่อสื่อสาร (Communication) เป็นการส่งผ่านและสื่อความหมายจากผู้สอนไปยังผู้เรียน หรือผู้เรียนไปยังผู้สอน เพื่อให้เข้าใจความหมายตามเจตนาที่ต้องการผ่านเครื่องมือการติดต่อสื่อสาร (Online Communication Tools) โปรแกรมที่ใช้ ได้แก่ Google meet, Discord และ Mentimeter

2) การทำงานร่วมกัน (Collaboration) เป็นการทำงานแบบร่วมแรงร่วมใจให้สอดคล้องกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มกับผู้สอน เพื่อให้เป้าหมายหลักร่วมกันของกลุ่มสำเร็จผ่านเครื่องมือการทำงานร่วมกัน (Online Collaboration Tools) โปรแกรมที่ใช้ ได้แก่ Miro และ Canva Education

3) การแบ่งปันทรัพยากร (Resource Sharing) เป็นการถ่ายทอดแนวคิดผ่านการนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเป็นการเผยแพร่ให้ผู้อื่นได้รับรู้อย่างกว้างขวาง โดยใช้เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร (Online Resource Sharing Tools) โปรแกรมที่ใช้ ได้แก่ Miro, Canva Education, Padlet และ Artsteps

4) การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ (Creative Reflection) เป็นการใช้กระบวนการคิดเพื่อพิจารณาไตร่ตรองผลงานของตนเองและผู้อื่น เพื่อปรับปรุงพัฒนาผลงานให้บรรลุเป้าหมาย

และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ (Online Creative Reflection Tools) โปรแกรมที่ใช้ คือ Padlet

5) การสนับสนุนผู้เรียน (Learner Support) เป็นการรับข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับการเรียนรู้จากผู้สอนเพื่อให้เห็นจุดอ่อนและจุดแข็งของผู้เรียน และแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ได้เต็มศักยภาพ โดยใช้เครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน (Online Learner Support Tools) โปรแกรมที่ใช้ ได้แก่ Miro และ Canva Education

ส่วนที่ 2 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม มี 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการกำหนดปัญหา ขั้นการออกแบบ ขั้นการพัฒนา ขั้นการประเมินผล และขั้นการนำเสนอ ซึ่งมีเครื่องมือในกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ได้แก่ เครื่องมือการกำหนดปัญหา เครื่องมือการออกแบบ เครื่องมือการพัฒนา เครื่องมือการประเมินผล และเครื่องมือการนำเสนอ มีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem Definition) เป็นการทำความเข้าใจกับปัญหาหรือความต้องการที่เกิดขึ้นในชุมชนจังหวัดปัตตานี รวมถึงปัญหาของการประกอบอาชีพในชุมชนจังหวัดปัตตานี โดยมีการสำรวจและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อช่วยให้เข้าใจเงื่อนไขและกรอบของปัญหาอย่างชัดเจน โดยใช้เครื่องมือการกำหนดปัญหา (Online Problem Definition Tools) ได้แก่ โปรแกรม Google Maps และโปรแกรม Miro ซึ่งโปรแกรม Miro มีเครื่องมือที่ใช้ได้แก่ กระดาษบันทึกย่อ (Sticky Notes) และการลงมติ (Voting)

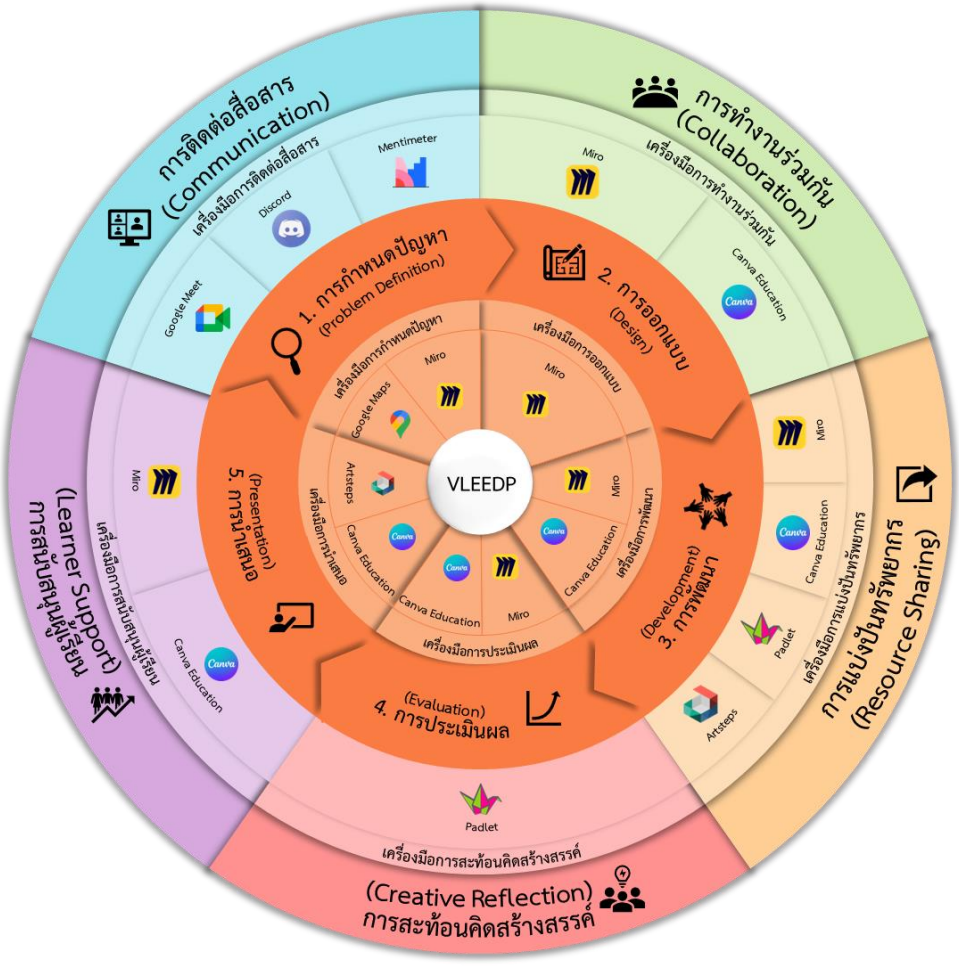
2) ขั้นการออกแบบ (Design) เป็นการรวมแนวคิดจากการระดมความคิด การรวบรวมข้อมูล หลักการ ทฤษฎีจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ จากนั้นสรุปรายการปัญหาที่เกิดขึ้น จัดเรียงลำดับความสำคัญ เลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไข และระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข นำไปสู่การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เครื่องมือการออกแบบ (Online Design Tools) คือ โปรแกรม Miro เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ กระดาษบันทึกย่อ (Sticky Notes) และกระดานคัมบัง (Kanban board)

3) ขั้นการพัฒนา (Development) เป็นการร่าง (Sketch) การสร้างต้นแบบ (Prototype) และการทดสอบ (Test) ว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยใช้เครื่องมือการพัฒนา (Online Development Tools) ได้แก่ โปรแกรม Canva Education และ Miro

4) ขั้นการประเมินผล (Evaluation) เป็นการหาข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุงโดยอาจทดสอบซ้ำ เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เครื่องมือการประเมินผล (Online Evaluation Tools) ได้แก่ โปรแกรม Canva Education และ Miro มีเครื่องมือที่ใช้คือ ข้อคิดเห็น (Comment)

5) ขั้นการนำเสนอ (Presentation) เป็นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการถ่ายทอดแนวคิด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานชิ้นงานหรือวิธีการที่ได้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำโปสเตอร์นำเสนอผลงาน การจัดนิทรรศการเสมือน การนำเสนอผ่านสื่อออนไลน์ โดยใช้เครื่องมือการนำเสนอ (Online Presentation Tools) ได้แก่ โปรแกรม Canva Education และโปรแกรม Artsteps

โดยรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำเสนอได้ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากผู้เชี่ยวชาญ สามารถวิเคราะห์และสรุปผลได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ดูรายละเอียดภาคผนวก ฉ)

	รายการประเมิน	**ระดับความเหมาะสม**		
		$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับ**
1.	ด้านรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	4.11	0.33	เหมาะสมมาก
2.	ด้านองค์ประกอบในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	4.30	0.47	เหมาะสมมาก
3.	ด้านขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	4.10	0.69	เหมาะสมมาก
4.	ด้านเครื่องมือที่ใช้ในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	4.33	0.48	เหมาะสมมาก
5.	ด้านประโยชน์ของการใช้งานรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	ผลรวมค่าเฉลี่ยทั้งหมด	**4.20**	**0.54**	**เหมาะสมมาก**

จากตารางที่ 9 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.20, S.D.=0.54) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ($\bar{X}$=4.11, S.D.=0.33) ด้านองค์ประกอบในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ($\bar{X}$=4.30, S.D.=0.47) ด้านขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ($\bar{X}$=4.10, S.D.=0.69) ด้านเครื่องมือที่ใช้ในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.48) และด้านประโยชน์ของการใช้งานรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ($\bar{X}$=4.00, S.D.=0.00) ตามลำดับ

3. ผลการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากผู้เชี่ยวชาญ สามารถวิเคราะห์และสรุปผลได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ดูรายละเอียดภาคผนวก ฉ)

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ด้านเนื้อหา	4.50	0.67	มากที่สุด
2. ด้านการออกแบบหน้าจอ	4.53	0.52	มากที่สุด
3. ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	4.19	0.60	มาก
4. ด้านเทคนิคและการนำเสนอ	4.40	0.51	มาก
ผลรวมค่าเฉลี่ยทั้งหมด	**4.38**	**0.58**	**มาก**

จากตารางที่ 10 ผลการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.38, S.D.=0.58) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบหน้าจอ ($\bar{X}$=4.53, S.D.=0.52) ด้านเนื้อหา ($\bar{X}$=4.50, S.D.=0.67) ด้านเทคนิคและการนำเสนอ ($\bar{X}$=4.40, S.D.=0.51) และด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ($\bar{X}$=4.19, S.D.=0.60) ตามลำดับ

นอกจากนั้นผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม โดยผู้วิจัยสรุปได้ คือ สื่อมีความน่าสนใจ เหมาะสมกับวัยผู้เรียน แต่ควรปรับปรุงเรื่องการพูดบรรยายให้กระตุ้นเร้าความสนใจของผู้เรียนมากขึ้นกว่านี้ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะโดยเพิ่มเอฟเฟกต์ กราฟิก เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียนเพิ่มเข้าไป

ตอนที่ 2 ผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (รายบุคคล) จำนวน 10 กิจกรรม สามารถวิเคราะห์และสรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 (N=39)

กระบวนการออกแบบวิศวกรรม	กิจกรรมการเรียนรู้	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหา	กิจกรรมที่ 1 (คะแนนเต็ม 42)	28.97	1.48	33.59	2.09	38.59	1.96
	กิจกรรมที่ 2 (คะแนนเต็ม 50)	33.13	2.94	38.28	3.03	44.97	2.11
ขั้นที่ 2 การออกแบบ	กิจกรรมที่ 3 (คะแนนเต็ม 58)	38.92	3.57	44.38	3.62	51.82	2.64
	กิจกรรมที่ 4 (คะแนนเต็ม 66)	46.56	2.22	50.44	3.56	54.41	3.95
ขั้นที่ 3 การพัฒนา	กิจกรรมที่ 5 (คะแนนเต็ม 46)	29.44	3.25	33.44	3.49	38.46	4.55
	กิจกรรมที่ 6 (คะแนนเต็ม 42)	26.59	3.66	30.10	4.96	35.13	4.98
	กิจกรรมที่ 7 (คะแนนเต็ม 42)	26.56	3.63	30.05	3.61	35.44	3.92
ขั้นที่ 4 การประเมินผล	กิจกรรมที่ 8 (คะแนนเต็ม 50)	32.08	3.83	37.03	4.41	42.67	4.17
	กิจกรรมที่ 9 (คะแนนเต็ม 39)	26.15	3.06	29.54	2.94	32.56	3.57
ขั้นที่ 5 การนำเสนอ	กิจกรรมที่ 10 (คะแนนเต็ม 27)	16.77	2.56	18.00	2.82	21.15	2.42
ผลรวมค่าเฉลี่ยทั้งหมด		**30.52**	**2.61**	**34.48**	**3.00**	**39.52**	**3.01**

จากตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ของผู้เรียนจำนวน 39 คน จากการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ แสดงให้เห็นว่าผลรวมคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนจากการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ครั้งที่ 1 เท่ากับ 30.52 คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนจากการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ครั้งที่ 2 เท่ากับ 34.48 และคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนจากการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ครั้งที่ 3 เท่ากับ 39.52 คะแนน ผลที่ได้ คือ ผลรวมคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนจากการเรียนด้วย

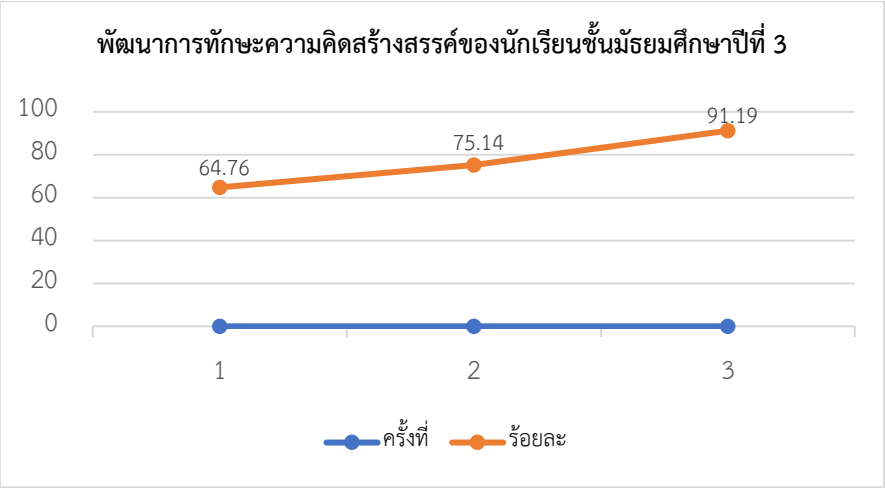
สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ครั้งที่ 3 สูงกว่าการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 1

2. สรุปผลการเปรียบเทียบพัฒนาการทางทักษะความคิดสร้างสรรค์ระหว่างครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 สามารถวิเคราะห์และสรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่ 12 ผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3

ทักษะความคิดสร้างสรรค์	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			ผลรวมรายด้าน		
	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
1. คิดริเริ่ม	17.71	1.70	63.27	21.29	1.89	76.02	26.43	0.79	94.39	**21.81**	**1.15**	**77.89**
2. คิดคล่องแคล่ว	15.29	1.38	76.43	17.29	0.76	86.43	20.00	0.00	100.00	**17.52**	**0.69**	**87.62**
3. คิดยืดหยุ่น	27.29	3.55	56.85	32.86	4.53	68.45	42.14	3.80	87.80	**34.10**	**3.88**	**71.03**
4. คิดละเอียดลออ	65.00	10.82	62.50	72.43	9.85	69.64	85.86	10.49	82.55	**74.43**	**10.28**	**71.57**
ผลรวมค่าเฉลี่ยทั้งหมด	**31.32**	**4.03**	**64.76**	**35.96**	**3.98**	**75.14**	**43.61**	**3.63**	**91.19**	**36.96**	**3.84**	**77.03**

จากตารางที่ 12 ผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ผลรวมทักษะความคิดสร้างสรรค์ เท่ากับ ร้อยละ 77.03 เมื่อพิจารณาเป็นรายครั้ง พบว่า ครั้งที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 64.76 ครั้งที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 75.14 และครั้งที่ 3 เท่ากับ ร้อยละ 91.19 ผลที่ได้ คือ ผู้เรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้นในทุกช่วงระยะเวลาของการประเมิน โดยทักษะความคิดสร้างสรรค์ครั้งที่ 3 สูงกว่าทักษะความคิดสร้างสรรค์ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 1 และเมื่อพิจารณาผลรวมรายด้าน พบว่า คะแนนทักษะความคิดสร้างสรรค์ที่มีคะแนนสูงสุด คือ ด้านความคิดคล่องแคล่ว เท่ากับ ร้อยละ 87.62 รองลงมา คือ ด้านความคิดริเริ่ม เท่ากับ ร้อยละ 77.89 รองลงมา คือ ด้านความคิดละเอียดลออ เท่ากับ ร้อยละ 71.57 และลำดับสุดท้าย คือ ด้านความคิดยืดหยุ่น เท่ากับ ร้อยละ 71.03 ซึ่งนำเสนอผลในรูปแบบแผนภูมิได้ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทักษะความคิดสร้างสรรค์จำนวน 3 ครั้ง

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ สำหรับผลทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตัวแปร	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		F (2,12)	η_p^2
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ทักษะความคิดสร้างสรรค์	31.32	4.03	35.96	3.98	43.61	3.63	545.83**	.99

**p<.01

จากตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า F สำหรับการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ติดต่อกัน ผลลัพธ์บ่งชี้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยในทักษะความคิดสร้างสรรค์ F (2,12) = 545.83, MSE = .49, p = .000, n_p^2 = .99 ผลการวิจัย พบว่า ระดับทักษะความคิดสร้างสรรค์หลังจากการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมครั้งที่ 1 ($\bar{X}$=31.32, S.D.=4.03) สูงขึ้นในภายหลังในช่วงการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมครั้งที่ 2 ($\bar{X}$=35.96, S.D.=3.98) และการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมครั้งที่ 3 ($\bar{X}$=43.61, S.D.=3.63) การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีทดสอบแบบ Bonferroni พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในคะแนนทุกคู่ระหว่างการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3

ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยทักษะความคิดสร้างสรรค์จากการวัด 3 ครั้ง

(I) ครั้งที่	(J) ครั้งที่	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-4.643**	.331	.000	-5.732	-3.554
	3	-12.286**	.387	.000	-13.559	-11.012
2	1	4.643**	.331	.000	3.554	5.732
	3	-7.643**	.404	.000	-8.971	-6.315
3	1	12.286**	.387	.000	11.012	13.559
	2	7.643**	.404	.000	6.315	8.971

**p<.01

จากตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยทักษะความคิดสร้างสรรค์จากการวัด 3 ครั้ง พบว่า คะแนนเฉลี่ยในการวัดโดยใช้แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ทุกช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) เพื่อศึกษาผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) ซึ่งมีนักเรียนแบบคละความรู้ความสามารถ แล้วใช้วิธีการจับฉลากจำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย 1.1) รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 1.2) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 1.3) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 2.1) แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ 2.2) แบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อม 2.3) แบบประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2.4) แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังนี้

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนดวยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. สรุปผลการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ภาพรวมความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 ($\overline{X}$=4.20, S.D.=0.54) อยู่ในระดับมาก สามารถนำไปใช้พัฒนานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ได้

2. สรุปผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม พบว่า ผลรวมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 77.03 เมื่อพิจารณาเป็นรายครั้ง พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 64.76 ครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 75.14 และครั้งที่ 3 มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 91.19 สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา เอกสาร บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนและกระบวนการออกแบบวิศวกรรมจากวารสาร ได้แก่ Springer, International Journal of Educational Research and Innovation, acnsci.org, IEEE Xplore, International Journal of Interactive Mobile Technologies โดยใช้ข้อมูลระหว่างปี 1996-2023 จากนั้นได้ทำการสังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนและขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งผลจากการสังเคราะห์นี้ผู้วิจัยนำไปร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรม จากนั้นนำร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา ด้านวัดผลและประเมินผลการศึกษา และด้านวิชาการศึกษา ตรวจสอบความถูกต้องและประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยผลการประเมินความเหมาะสม

ของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม อยู่ในระดับเหมาะสมมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมได้พัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบและมีลำดับขั้นตอน สอดคล้องตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสม์ (Constructivism) ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสม์เชิงสังคม (Social Constructivism) ที่ส่งเสริมการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ที่ใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อกลางในการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับสิ่งแวดล้อม ผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้สอนและบุคคลอื่น ๆ หรือการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่เป็นเทคโนโลยีก็ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ที่ดีขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลาอย่างไม่จำกัด (ทิศนา แขมมณี, 2562) สอดรับกับมาตรฐานเทคโนโลยีทางการศึกษาที่กำหนดโดยสมาคมสื่อสารและเทคโนโลยีการศึกษาแห่งสหรัฐอเมริกา ระบุไว้ในมาตรฐานที่ 3 ว่าด้วยการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งในส่วนของการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบตัวต่อตัวในชั้นเรียนหรือสิ่งแวดล้อมแบบเสมือน ผู้สอนจึงต้องมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการสอนและออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น (AECT, 2012) อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Santosa et al. (2022) กล่าวว่า การจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนโดยนำเทคโนโลยีการสื่อสารแบบออนไลน์มาใช้เป็นเครื่องมือในการอำนวยความสะดวกสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบร่วมมือภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน พบว่า เครื่องมือออนไลน์ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนสามารถรองรับการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนได้ และช่วยส่งเสริมสนับสนุนการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนในการทำงานกลุ่มร่วมกันได้อย่างดี ในส่วนขององค์ประกอบของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม มี 2 องค์ประกอบหลัก คือ 1) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งแต่ละส่วนมีองค์ประกอบย่อย ดังนี้ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การติดต่อสื่อสาร การทำงานร่วมกัน การแบ่งปันทรัพยากร การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ และการสนับสนุนผู้เรียน และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรมมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการกำหนดปัญหา ขั้นการออกแบบ ขั้นการพัฒนา ขั้นการประเมินผล และขั้นการนำเสนอ ซึ่งหากต้องการใช้รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมนี้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จะขาดองค์ประกอบใดไปไม่ได้เพราะองค์ประกอบที่กล่าวมามีความสำคัญและทำหน้าที่แตกต่างกันไป โดยแต่ละองค์ประกอบสามารถอภิปรายได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การติดต่อสื่อสาร เป็นส่วนของการส่งผ่านเนื้อหาบทเรียน กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อความหมายระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนกับผู้สอนให้เข้าใจตรงกันผ่านเครื่องมือการติดต่อสื่อสาร โดยผู้วิจัยใช้ Google Meet เป็นช่องทางหลักของการติดต่อสื่อสารในเวลาเรียนแต่ละสัปดาห์ เนื่องด้วยอินเทอร์เฟซและลักษณะการใช้งานที่ง่ายไม่ซับซ้อน ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอน แบ่งปันเนื้อหาบทเรียนผ่านการแชร์หน้าจอได้อย่างรวดเร็ว ผู้เรียนสามารถนำเสนอผลงาน แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยอาจใช้เสียง ข้อความ หรือวิดีโอ อีกทั้งผู้สอนยังสามารถบันทึกวิดีโอบรรยากาศการเรียนการสอนไว้ดูย้อนหลังเพื่อสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนได้อย่างสะดวก นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ใช้ Mentimeter เข้ามาเป็นตัวช่วยในการเพิ่มปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน เนื่องด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถสร้างการนำเสนอที่ผู้เรียนเข้ามามีส่วนร่วมในการโต้ตอบ ระดมความคิด แสดงความคิดเห็นกับผู้สอนผ่านแบบสอบถามออนไลน์ โดยสามารถสร้างได้หลายรูปแบบ เช่น คำถามหลายตัวเลือก คำถามปลายเปิด ซึ่งสามารถเห็นผลลัพธ์ได้ทันที ช่วยให้การเรียนการสอนมีความน่าสนใจ เพิ่มการมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนได้มากยิ่งขึ้น และในส่วนของ Discord ถูกนำมาใช้เป็นช่องทางเสริมในการติดต่อสื่อสารแบบไม่เป็นทางการ เพื่อลดช่องว่างในการติดต่อสื่อสารช่วงนอกเวลาเรียน เนื่องด้วยศักยภาพในการใช้งานที่ไม่ซับซ้อนจนเกินไป ผู้สอนสามารถทำหน้าที่เป็นผู้สอนแนะ (Coach) คอยให้คำปรึกษา พูดคุยสื่อสารผ่านการโทรเสียงและประชุมสนทนาผ่านวิดีโอ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้เรียนทั้งชั้นเรียนหรือแยกแต่ละกลุ่มย่อยและแบบส่วนตัวได้ ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศ หรือความรู้ ตลอดจนแนวคิดร่วมกันในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ข้อความ ภาพ วิดีโอ การเชื่อมโยง ได้อย่างสะดวกและรวดเร็วทุกที่ทุกเวลา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Alawamleh et al. (2022) ชี้ให้เห็นว่าการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนผ่านช่องทางที่ไม่เป็นทางการ เช่น กลุ่มแชทออนไลน์ข้อความโต้ตอบแบบทันที การโทรด้วยเสียง การสนทนาทางวิดีโอส่วนตัว ควบคู่กับช่องการที่เป็นทางการ เช่น อีเมล จะช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ผ่อนคลายและส่งเสริมการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากผู้เรียนอยู่คนละสถานที่และต้องปฏิบัติกิจกรรมผ่านเทคโนโลยีการสื่อสาร ดังนั้น

การติดต่อสื่อสารอย่างเพียงพอและเต็มที่จะสามารถนำไปสู่การแบ่งปันข้อมูล สารสนเทศ ซึ่งช่วยกระตุ้นการสร้างแนวคิดใหม่ ๆ ให้เพิ่มขึ้นได้

2. การทำงานร่วมกัน เป็นการทำงานแบบร่วมแรงร่วมใจให้สอดคล้องกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มกับผู้สอน เพื่อให้เป้าหมายหลักของกลุ่มประสบความสำเร็จขึ้นได้ แม้ผู้สอนและผู้เรียนจะอยู่คนละสถานที่กันก็สามารถทำงานร่วมกันผ่านเครื่องมือการทำงานร่วมกัน โดยผู้วิจัยใช้ Miro เป็นกระดานไวท์บอร์ดออนไลน์ที่สมาชิกกลุ่มของผู้เรียนสามารถแบ่งปันข้อมูล สารสนเทศ หรือความรู้ที่จำเป็นต่อความสำเร็จของกลุ่มร่วมกันได้ เมื่ออยู่ใน Miro ผู้เรียนและผู้สอน ผู้เรียนและผู้เรียน สามารถทำงานร่วมกัน ถ่ายทอดความรู้ แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนประสบการณ์ร่วมกันเพื่อก่อร่างสร้างแนวคิดและพัฒนาผลงานในการแก้ไขปัญหาในแต่ละกิจกรรมได้อย่างสร้างสรรค์ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ใช้ Canva Education เป็นโปรแกรมออกแบบสำเร็จรูปออนไลน์ที่ใช้งานง่าย พร้อมทั้งมีเครื่องมือเสริมที่เอื้ออำนวยด้านการออกแบบให้กับสมาชิกกลุ่มของผู้เรียนสามารถทำงานออกแบบร่วมกันอย่างสะดวกสบาย ทั้งในรูปแบบวิดีโอ โปสเตอร์ และสื่อนำเสนอต่าง ๆ เมื่ออยู่ใน Canva Education ผู้เรียนสามารถเข้าไปในพื้นที่ของกลุ่มที่ถูกจัดเตรียมไว้เพื่อร่วมกันออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน แสดงความคิดเห็น ปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาผลงานให้ดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากผู้สอน ดังนั้น การทำงานร่วมกันจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ทั้งการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเนื้อหา ผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนกับผู้เรียน เพื่อฝึกหัดทางปัญญา (Cognitive apprenticeship) ผ่านกิจกรรมและปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งนำไปสู่การประยุกต์ใช้ความสามารถและความรู้ต่าง ๆ ของผู้เรียนแต่ละคนในกลุ่มมาแก้ไขปัญหา ซึ่งมีความซับซ้อนและมีความต่อเนื่องกันในแต่ละสัปดาห์ สอดคล้องกับแนวคิดของ Tanis (2020) กล่าวว่า การทำงานร่วมกันในกลุ่มเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แบ่งปันแนวคิด ประสบการณ์ แหล่งข้อมูล มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน และมีส่วนร่วมกับผู้สอนในการเรียนรู้ในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สำหรับผู้เรียนเป็นอย่างยิ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Brandao et al. (2021) พบว่า การใช้กระดานไวท์บอร์ดออนไลน์ Miro เป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ สามารถส่งเสริมกระบวนการทำงานร่วมกันของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และงานวิจัยของ Aho (2022) พบว่า การเรียนรู้ร่วมกันให้ประสบความสำเร็จต้องใช้เครื่องมือในการทำงานร่วมกัน โดยระบบการทำงานของ Canva Education ทำให้ผู้เรียนสามารถใช้

เทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกในการออกแบบชิ้นงานร่วมกันได้ง่ายขึ้น สร้างสรรค์ชิ้นงานได้มากขึ้น มีความสะดวกต่อการค้นหาสื่อวัสดุต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาชิ้นงาน ทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางความคิดสร้างสรรค์และการทำงานร่วมกันของผู้เรียน

3. การแบ่งปันทรัพยากร เป็นการถ่ายทอดแนวคิดการแก้ไขปัญหาของแต่ละกลุ่ม โดยหลังจากที่แต่ละกลุ่มทำงานสร้างสรรค์ร่วมกันและได้แนวทางในการแก้ไขปัญหาเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะได้ถ่ายทอดแนวคิดออกมาให้ผู้สอนและผู้เรียนกลุ่มอื่นได้รับทราบผ่านเครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1) Miro เป็นพื้นที่แบ่งปันทรัพยากรภายในกลุ่มของผู้เรียน โดยผู้เรียนสามารถแบ่งปันไฟล์เอกสาร ข้อมูล สารสนเทศ จัดการงาน ประชุมปรึกษาหารือ แก้ไขปัญหา พัฒนางานตามประเด็นร่วมกันได้อย่างอิสระลงในบอร์ดกิจกรรมที่ 1-7 ที่ผู้สอนได้จัดเตรียมไว้ให้ จากนั้นสมาชิกกลุ่มของผู้เรียนจึงนำเสนอกระบวนการแก้ไขปัญหานั้น ๆ ให้ผู้สอนและผู้เรียนกลุ่มอื่นได้ทราบนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงแนวคิดให้มีความสร้างสรรค์ยิ่งขึ้นต่อไป

3.2) Canva Education เป็นพื้นที่แบ่งปันทรัพยากรภายในกลุ่มของผู้เรียนในกิจกรรมที่ 8 ความสำเร็จของพวกเรา ที่ผู้เรียนสามารถแบ่งปันแนวคิด สื่อวัสดุที่ใช้ในการออกแบบโปสเตอร์ การสร้างสื่อวิดีโอเพื่อนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้ โดยมีผู้สอนสามารถเข้าถึงพื้นที่การทำงานของแต่ละกลุ่มได้ เพื่อเข้าไปคอยให้ข้อเสนอแนะ ความคิดเห็นในการตรวจทาน ปรับปรุงผลงานให้ดียิ่งขึ้น ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกไม่โดดเดี่ยว ได้รับกำลังใจและเกิดความพยายาม ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคในการทำงาน ซึ่งข้อดีเหล่านี้นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3.3) Padlet เป็นพื้นที่แบ่งปันทรัพยากรร่วมกับสมาชิกกลุ่มอื่น ๆ ในกิจกรรมที่ 9 แชร์สู่สายตาชาวโลก โดยแต่ละกลุ่มนำผลงานโปสเตอร์ และวิดีโอที่ได้ทำเสร็จเรียบร้อยแล้วมาโพสต์แบ่งปันให้สมาชิกกลุ่มอื่น ๆ และผู้เชี่ยวชาญได้เข้าร่วมชมและร่วมแสดงความคิดเห็นเพื่อนำไปปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น ซึ่งจุดเด่นเหล่านี้นำไปสู่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3.4) Artsteps เป็นพื้นที่แบ่งปันทรัพยากรแก่ผู้อื่น ในกิจกรรมที่ 10 Virtual Exhibition ซึ่งผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำผลงานโปสเตอร์ และวิดีโอมาเผยแพร่ในรูปแบบนิทรรศการเสมือน และร่วมกันตกแต่งจัดสิ่งแวดล้อมภายในนิทรรศการให้สวยงาม น่าสนใจ

เช่น เพิ่มกราฟิก 3 มิติ จัดทำป้ายประชาสัมพันธ์ ผู้อื่นสามารถเข้าชมผลงานได้ในระดับวงกว้าง ทำให้ผู้เรียนได้แบ่งปันข้อสรุปความรู้แก่ผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Firmannandya (2023) กล่าวว่า Artsteps เป็นสภาพแวดล้อมบนเว็บที่ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองนิทรรศการเสมือนในพื้นที่ 3 มิติ สามารถแทรกวัตถุสองมิติ เช่น ผลงานโปสเตอร์ วิดีโอลงในพื้นที่การจัดแสดงได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Moon et al. (2021) พบว่า ผลของการนำเสนอผลงานในรูปแบบนิทรรศการเสมือน ช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากผู้เรียนสามารถแบ่งปันทรัพยากรให้ผู้อื่นบนโลกออนไลน์ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

ดังนั้น กล่าวสรุปได้ว่าการแบ่งปันทรัพยากรของแต่ละกลุ่มในกิจกรรมจึงเป็นจุดเริ่มต้นทั้งในส่วนของ 1) การใช้ทรัพยากรร่วมกัน เช่น การใช้ไฟล์เอกสาร ข้อมูล โปรแกรมต่าง ๆ ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ผู้เรียนสามารถแบ่งปันทรัพยากรและจัดการระบบได้อย่างอิสระ 2) การแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกัน โดยนำความรู้ของแต่ละกลุ่มมาแบ่งปันและต่อยอดผลงานร่วมกัน 3) การแบ่งปันประสบการณ์ร่วมกัน ทำให้แต่ละกลุ่มไม่ต้องเริ่มต้นใหม่ แต่สามารถนำประสบการณ์ที่ได้มารวมกันเพื่อพัฒนาไปข้างหน้า รวมถึงศึกษาข้อจำกัดและอุปสรรคด้านเทคโนโลยีและการใช้งานโปรแกรม สิ่งเหล่านี้จึงช่วยให้ผู้เรียนแต่ละคนในกลุ่มสามารถคิดนอกกรอบได้อย่างอิสระ และเกิดการยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนทั้งทางบวกและทางลบ รวมทั้งเคารพและไว้ใจการปฏิบัติงานของเพื่อนในกลุ่ม จึงทำให้ผู้เรียนสามารถแบ่งปันทรัพยากรที่มีอยู่ร่วมกันได้ ดังการสรุปความคิดเห็นของผู้เรียนที่ได้สะท้อนออกมาผ่านสมุดบันทึกการเรียนรู้ ซึ่งแสดงถึงบรรยากาศการแบ่งปันทรัพยากรที่เกิดขึ้นภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เช่น

ความคิดเห็นที่ 1 *“เราได้ร่วมมือช่วยกันทำ โดยนำสิ่งที่ได้จากกิจกรรมที่ผ่านมา มาปรับปรุงชิ้นงานและจัดตกแต่งให้สวยงาม อีกทั้งช่วยกันคิดบทสรุปจากกิจกรรมทั้งหมดที่ได้ทำร่วมกันมา”*

ความคิดเห็นที่ 2 *“เราได้เรียนรู้เรื่องมุมมองต่าง ๆ ของเพื่อน ๆ จากบทบาทที่ไม่เหมือนกัน ทำให้เราเข้าใจมุมมองอื่น ๆ และมุมมองของตัวเราเองมากยิ่งขึ้น”*

ความคิดเห็นที่ 3 *“ได้สรุปทุกอย่างที่ทำมา ทำให้ได้รู้ถึงพัฒนาการของทีม รู้ใจเพื่อนในทีมมากขึ้นและสนิทกันมากขึ้น”*

4. การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ เป็นการใช้กระบวนการคิดเพื่อพิจารณาไตร่ตรองผลงานของกลุ่มตนเองร่วมกับสมาชิกกลุ่มอื่น ๆ เพื่อนำข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้

ในแต่ละสัปดาห์ไปปรับปรุงและพัฒนาผลงานให้บรรลุเป้าหมายและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยผู้เรียนจะเป็นผู้บันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ภายหลังจากจบการนำเสนองานในแต่ละสัปดาห์ ผู้เรียนหมุนเวียนเปลี่ยนหน้าที่กันภายในกลุ่มของตนเองเข้าไปบันทึกผลจากการเรียนรู้ในแต่ละสัปดาห์ผ่านเครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ โดยผู้วิจัยใช้ Padlet เนื่องด้วยมีลักษณะเป็นกระดานที่มีหลากหลายรูปแบบ ผู้เรียนสามารถบันทึกการเรียนรู้ทั้งในรูปแบบข้อความ รูปภาพ การเชื่อมโยง ได้สะดวกรวดเร็ว อีกทั้งผู้เรียนและผู้สอนสามารถเข้าไปดูการบันทึกของแต่ละกลุ่มได้แล้วนำข้อมูลมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อปรับปรุง พัฒนา หรือให้การช่วยเหลือผู้เรียนแต่ละกลุ่มหากประสบปัญหาในการทำงานในแต่ละกิจกรรม ดังนั้น การสะท้อนคิดสร้างสรรค์จึงเป็นสิ่งสำคัญในการวัดความก้าวหน้าทางการเรียนรู้หลังจากผ่านประสบการณ์ของผู้เรียนผ่านการสังเกตพัฒนาการทางความคิด อารมณ์ ความรู้สึก เพราะเมื่อผู้เรียนและผู้สอนมองย้อนกลับไปและทบทวนสิ่งที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้ทำ เช่น การเขียน การร่างภาพ หรือการตั้งคำถาม ผู้เรียนและผู้สอนก็จะร่วมกันค้นหาว่าจะแก้ไขปัญหาที่ท้าทายอย่างสร้างสรรค์ได้อย่างไร (Chang, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Leslie and Johnson (2022) พบว่า การใช้ Padlet เป็นเครื่องมือฝึกสะท้อนความคิดของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนได้ไตร่ตรองการเรียนรู้ ก่อให้เกิดการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนมากขึ้นและผู้เรียนเต็มใจที่จะมีส่วนร่วมในการอภิปรายในชั้นเรียนอย่างสม่ำเสมอ การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนสามารถนำไปสู่การปรับปรุงการเรียนการสอนและสร้างสภาพแวดล้อมแห่งชุมชนการเรียนรู้ และสอดคล้องกับแนวคิดของ Ismail and Razali (2022) กล่าวว่า Padlet ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และแรงบันดาลใจของผู้เรียนต่อการทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายให้ประสบผลสำเร็จมากขึ้น ภายหลังจากการดูโพสต์ของเพื่อน ๆ ใน Padlet ที่ได้ร่วมกันบันทึกการเรียนรู้ไว้ ทำให้ผู้เรียนเปิดรับมุมมองใหม่ ๆ และความคิดเพิ่มเติมที่แตกต่างออกไปจากเดิมได้

5. การสนับสนุนผู้เรียน เป็นการให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนข้อมูลป้อนกลับ เพื่อสะท้อนจุดอ่อนจุดแข็งและแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เต็มศักยภาพผ่านเครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน โดยผู้วิจัยใช้ Miro เมื่ออยู่ใน Miro ผู้สอนสามารถให้การสนับสนุนผู้เรียนด้วยการแสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้และส่งเสริมวิธีการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถค้นคว้าหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองได้เต็มศักยภาพ ในขณะที่สมาชิกกลุ่มของผู้เรียนกำลังดำเนินงานในกิจกรรม ผู้สอนสามารถ

กดส่งสติกเกอร์เพื่อสร้างกำลังใจในการทำงานให้กับผู้เรียน และในส่วนของ Canva Education ผู้สอนสามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียนในเชิงสร้างสรรค์ เพื่อให้ผู้เรียนทราบผลการเรียนรู้ของตนเองและเสริมแรงในการปรับปรุงพัฒนาการเรียนรู้ หลังจากจบกิจกรรมแต่ละสัปดาห์ผู้สอนจะแจ้งผลป้อนกลับเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ประจำแต่ละกิจกรรมให้ผู้เรียนทุกคนทราบ ซึ่งช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเกิดความกระตือรือ มีส่วนร่วม และพยายามสร้างสรรค์ผลงานร่วมกันกับสมาชิกกลุ่มมากขึ้น ซึ่งข้อดีเหล่านี้นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังการสรุปความคิดเห็นของผู้เรียนที่ได้สะท้อนออกมาผ่านสมุดบันทึกการเรียนรู้ ซึ่งแสดงถึงบรรยากาศการสนับสนุนผู้เรียนที่เกิดขึ้นภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เช่น

ความคิดเห็นที่ 1 *“ได้ฝึกการนำเสนอให้เพื่อน ๆ และคุณครูได้ฟัง และได้ฝึกอ่านแบบคล่องแคล่วว่องไวไม่ติดขัด”*

ความคิดเห็นที่ 2 *“ได้รับรู้เกี่ยวกับข้อบกพร่องต่าง ๆ ของงาน และได้ช่วยกันแก้ไขปัญหาให้งานออกมาสมบูรณ์ที่สุด”*

ความคิดเห็นที่ 3 *“ได้เรียนรู้ว่าการทำเว็บไซต์เป็นอย่างไร จากคลิปวิดีโอที่คุณครูให้ศึกษาเพิ่มเติม ช่วยรวบรวมความคิดของเพื่อนในกลุ่ม ได้พูดคุยออกความคิดเห็น และได้แสดงความคิดสร้างสรรค์ในการทำโปสเตอร์”*

ดังนั้น กล่าวสรุปได้ว่าการสนับสนุนผู้เรียนจึงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนได้ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงานของกลุ่ม เพื่อปรับปรุงและตรวจสอบผลสำเร็จของการทำงานว่าเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Adarkwah (2021) พบว่า การให้ผลสะท้อนกลับในเชิงบวกช่วยสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อผู้เรียนมากขึ้น คำติชมจากเพื่อนมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน อีกทั้งการสะท้อนกลับทั้งทางตรงและทางอ้อมจากผู้สอนสามารถช่วยปรับปรุงผลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดีขึ้นได้

ส่วนที่ 2 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยก่อนเริ่มกระบวนการออกแบบวิศวกรรมประจำสัปดาห์ผู้เรียนจะเข้ามาพบกันในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ณ ชั้นเรียนออนไลน์ก่อน เพื่อแนะนำตัว

แนะนำสมาชิกกลุ่ม พบปะพูดคุยเตรียมความพร้อม แล้วจึงดำเนินการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหาหรือความต้องการที่เกิดขึ้นในชุมชนจังหวัดปัตตานี รวมถึงปัญหาของการประกอบอาชีพในชุมชนจังหวัดปัตตานี โดยมีการสำรวจ การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเข้าใจเงื่อนไขและกรอบของปัญหาได้อย่างชัดเจน ผู้เรียนจะกำหนดปัญหาผ่านเครื่องมือการกำหนดปัญหา โดยใช้ Google Maps เนื่องด้วยศักยภาพเทคโนโลยีด้านแผนที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย และแสดงข้อมูลรายละเอียดของท้องถิ่น ได้แก่ ที่ตั้ง เส้นทาง หรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เป็นเครื่องมือที่ผู้เรียนสามารถเข้าไปสำรวจสถานการณ์ปัญหาและสัมผัสประสบการณ์สภาพแวดล้อมได้ง่าย ไม่ซับซ้อน (Horbi*ń*ski, 2019) ทำให้ผู้เรียนเห็นภาพรวมของชุมชนจังหวัดปัตตานีได้ครบถ้วนที่สุดในระยะเวลาอันสั้น และเกิดความเข้าใจในปัญหาของชุมชนจังหวัดปัตตานีได้ชัดเจนโดยไม่ต้องเดินทางไปสถานที่นั้นจริง ๆ สอดคล้องกับแนวคิดของ Landicho (2020) กล่าวไว้ว่าโปรแกรม Google Maps เป็นสะพานเชื่อมโยงระหว่างห้องเรียนกับชีวิตจริง อีกทั้งเปิดประสบการณ์เชิงโต้ตอบในการสำรวจได้มากขึ้น ซึ่งสมาชิกกลุ่มของผู้เรียนจะต้องร่วมกันสำรวจปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานี เพื่อทำความเข้าใจกับปัญหาและกำหนดปัญหาร่วมกันโดยการพูดคุยกันภายในกลุ่มด้วยการสนทนาด้วยเสียงหรือข้อความ ผู้เรียนยังสามารถสอบถาม ขอความช่วยเหลือจากผู้สอนได้ หลังจากที่ผู้เรียนสำรวจปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีแล้ว สมาชิกกลุ่มของผู้เรียนจะต้องร่วมกันรวบรวมประเด็นปัญหาลงในตารางสรุปปัญหา โดยใช้ Miro ในการสร้างตารางสรุปปัญหาที่ได้จากการสำรวจใน Google Maps ออกเป็นรายด้าน จากนั้นร่วมกันโหวตปัญหาเพื่อหาได้แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ โดยใช้เครื่องมือกระดาษบันทึกย่อ (Sticky Notes) การลงมติ (Voting) ผู้เรียนจะใช้กระดาษบันทึกย่อระบุชื่อปัญหาแต่ละปัญหา (ใช้เครื่องมือ Sticky Notes) จากนั้นผู้เรียนร่วมกันลงมติเพื่อให้ได้ปัญหาที่มีคะแนนสูงสุด 3 อันดับแรกจากปัญหาที่สำรวจทั้งหมด (ใช้เครื่องมือ Voting) นำปัญหาที่ได้จากการร่วมกันลงมติมาจัดลำดับความสำคัญของปัญหาของแต่ละปัญหาและร่วมกันพิจารณาแต่ละปัญหาที่ต้องการแก้ไข มีเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของปัญหาให้ค่าคะแนนและค่าน้ำหนักของปัญหา โดยผู้เรียนพิจารณาขนาดของปัญหา ความรุนแรงความเร่งด่วนของปัญหา ความยากง่ายในการแก้ปัญหา ความสนใจต่อปัญหาของคนในชุมชนจังหวัดปัตตานี แล้วทำการเลือกปัญหาจากการจัดลำดับความสำคัญ โดยเลือกปัญหาที่มีค่าคะแนน

รวมมากที่สุดมาแก้ไขก่อน เพื่อให้ได้ข้อค้นพบประเด็นปัญหาใหม่ในชุมชนจังหวัดปัตตานีที่ต้องการแก้ไขมากที่สุด จากนั้นแต่ละกลุ่มนำเสนอตารางสรุปปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีแต่ละด้านให้ผู้สอนและผู้เรียนกลุ่มอื่นรับทราบ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้สำรวจสิ่งแวดล้อมในชุมชนจังหวัดปัตตานีที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับสิ่งแวดล้อมในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังนั้น ขั้นตอนนี้จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมกันในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ คิดมองปัญหาที่แตกต่างจากเดิม มีความเข้าใจในปัญหาที่ตรงกับสถานการณ์ที่ตนเองกำลังเผชิญอยู่ โดยการวางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ และลงมือปฏิบัติ ในการสำรวจตรวจสอบปัญหาหรือประเด็นที่ผู้เรียนสนใจ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่มีความแปลกใหม่ เป็นประโยชน์และเหมาะสมที่สุดของกลุ่ม โดยผลการสำรวจปัญหาของผู้เรียนแต่ละกลุ่มสามารถเป็นไปได้อย่างหลากหลายขึ้นอยู่กับการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม ฉะนั้น จึงกล่าวได้ว่า ขั้นตอนการกำหนดปัญหาช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีความหมายกับบริบทในชีวิตจริงของแต่ละบุคคล ได้มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันสรุปข้อค้นพบประเด็นปัญหาใหม่ในชุมชนจังหวัดปัตตานีที่ต้องการแก้ไข ดังนั้น การกำหนดปัญหาจากบริบทของชุมชนที่สมจริง จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างความขัดแย้งทางปัญญาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนแต่ละกลุ่ม เพื่อกระตุ้นให้แต่ละกลุ่มได้ประยุกต์ใช้ความรู้และความสามารถมาแก้ไขปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานี เพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในขั้นตอนต่อไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัญญา และคณะ (2561) ชี้ให้เห็นว่า การกำหนดปัญหาควรเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันตามบริบทจริงของผู้เรียน เพื่อให้ได้ข้อสรุปปัญหาที่ต้องการแก้ไขอย่างแท้จริง สอดคล้องกับแนวคิดของ Watkins et al. (2014) กล่าวว่า ขั้นตอนการกำหนดปัญหาเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เนื่องด้วยการจะได้มาซึ่งแนวทางการแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพให้บรรลุตามเป้าหมายนั้น จำเป็นต้องพิจารณาการกำหนดลักษณะและขอบเขตของปัญหา การสำรวจความเป็นไปได้ การระบุข้อจำกัดที่ต้องเผชิญในการแก้ปัญหา รวมทั้งการให้ค่าน้ำหนักและการใช้เกณฑ์ในการจัดลำดับความสำคัญ ดังการสรุปความคิดเห็นของผู้เรียนที่ได้สะท้อนออกมาผ่านสมุดบันทึกการเรียนรู้ ซึ่งแสดงถึงขั้นตอนการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เช่น

ความคิดเห็นที่ 1 *“สิ่งที่ได้จากกิจกรรมที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋! คือ ได้ร่วมมือกันทำงาน หาสถานที่ ปัญหาต่างๆ ในชุมชนจังหวัดปัตตานี จากหลายๆ ความคิดของทุกคนว่ามีปัญหาอะไรบ้างที่ควรจะได้รับการแก้ไข ซึ่งมีทั้งปัญหาที่แก้ไขได้ทันทีและปัญหาที่อาจจะต้องใช้เวลายาวนานในการแก้ไข”*

ความคิดเห็นที่ 2 *“สิ่งที่ได้จากกิจกรรมที่ 2 อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา ได้มีการร่วมมือกันช่วยคิด ช่วยออกความคิดเห็น และนำมาช่วยกันคำนวณ จนได้ปัญหาที่ต้องการจากการสรุปโดยรวมของสมาชิกภายในกลุ่ม”*

2. ขั้นการออกแบบ เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนร่วมกันระดมความคิดเพื่อออกแบบแนวคิดในการแก้ไขปัญหาชุมชนจังหวัดปัตตานี การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ กำหนดแผนการทำงาน วัสดุอุปกรณ์ โปรแกรม เพื่อนำไปสู่แนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้อย่างเหมาะสมที่สุดตามเงื่อนไขและข้อจำกัด ผู้เรียนจะออกแบบโดยใช้เครื่องมือการออกแบบ โดยใช้ Miro ผู้เรียนออกแบบแนวคิดในการแก้ปัญหาใช้เทคนิค Morphological Chart เพื่อให้ได้แนวคิดที่หลากหลายและรวบผสานกันอย่างเป็นระบบ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถขยายขอบเขตการออกแบบ ริเริ่มสร้างแนวคิดใหม่ที่อาจยังไม่เคยมีมาก่อน และแสดงแนวคิดที่หลากหลายทำให้สามารถพิจารณาการจับคู่ส่วนประกอบที่ไม่คาดคิดได้ (Börekçi, 2018) โดยเริ่มต้นจากผู้เรียนสร้างตาราง กำหนดคอลัมภ์ด้านที่เป็นการทำงานย่อย (Sub-function) และการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution) จากนั้นผู้เรียนแต่ละคนจะต้องแบ่งปันความคิดของตนเองลงใน Sticky Notes แล้วเชื่อมโยงความคิดเพื่อสร้างแนวคิดใหม่ ผู้เรียนสามารถผสมผสานแนวคิดเพิ่มเติม โดยพิจารณาจากแนวคิดที่ยังไม่ได้รับการพิจารณา แล้วคิดบูรณาการสร้างสรรค์แนวทางการแก้ไขปัญหาให้เป็นแนวคิดหนึ่งเดียวของกลุ่มที่มีความแปลกใหม่ เป็นประโยชน์และเหมาะสมยิ่งขึ้น ในช่วงนี้ผู้เรียนจะเกิดการคิดในรายละเอียดอย่างรอบด้านเพื่อไตร่ตรองแนวคิดและปรับเปลี่ยนแนวคิดให้เป็นแนวทางความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น จากนั้นผู้เรียนนำเสนอผลการสรุปแนวคิดใหม่เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang (2009) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการระดมความคิดและการออกแบบ พบว่า การระดมความคิดและการออกแบบมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสถิติระหว่างปริมาณของความคิดที่ระดมความคิดและผลการออกแบบ ซึ่งกล่าวได้ว่าการใช้การระดมความคิดช่วยเพิ่มคุณภาพของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม และเนื่องจากชีวิตจริงของผู้เรียนไม่ได้มีวิธีแก้ปัญหาการออกแบบทางวิศวกรรมที่ถูกต้องเพียงวิธีเดียว กระบวนการออกแบบแนวคิดในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้เพื่อตอบสนองความต้องการนั้นจึงต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ (Dym et al., 2005) ดังนั้น ทุกกลุ่มจะได้แนวทางในการแก้ไขปัญหาที่สร้างสรรค์ที่สุดของกลุ่ม ซึ่งได้มาจากความคิดของสมาชิกกลุ่มแต่ละคน จากนั้นผู้เรียนร่วมกันวางแผนการทำงานโดยใช้เครื่องมือ Kanban board ในการกำหนดงานที่ต้องทำงาน งานที่กำลังทำอยู่ และงาน

ที่ทำเสร็จแล้ว โดยกำหนดผู้รับผิดชอบในแต่ละงาน ทำให้ผู้เรียนและสมาชิกในกลุ่มมองเห็นงานเหล่านั้นว่ามีอะไรบ้าง ทำถึงขั้นตอนไหน ช่วยให้ทุกคนเห็นภาพไปในทิศทางเดียวกัน และเข้าใจตรงกันได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นำไปสู่การสื่อสารและการประสานงานในกลุ่มที่ดีขึ้น (Saltz & Heckman, 2020) เมื่อแต่ละกลุ่มได้ผลการสรุปแนวคิดใหม่ที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาแล้ว จากนั้นผู้เรียนแยกย้ายกันไปศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานี เพื่อทำความเข้าใจในแนวทางการแก้ไขปัญหาให้มากขึ้น และนำความรู้มาประยุกต์ในการแก้ไขปัญหาให้เหมาะสมที่สุด ในขณะเดียวกันผู้สอนได้กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่หลากหลายทันสมัย และเป็นประโยชน์ต่อกลุ่ม จากนั้นสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มจะนำข้อมูลมาแบ่งปันกันใน Miro พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน จึงอาจกล่าวได้ว่าข้อมูลสารสนเทศที่มีความหลากหลายทันสมัย เป็นประโยชน์ต่อกลุ่มจะช่วยส่งเสริมให้สมาชิกกลุ่มได้รับมุมมองที่แตกต่าง และส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ได้ดีมากขึ้น จากนั้นผู้เรียนทำการประเมินผลกระทบของชิ้นงาน กำหนดลักษณะชิ้นงานที่จะพัฒนา กำหนดระยะเวลา กำหนดวัสดุอุปกรณ์โปรแกรมที่ใช้สำหรับสร้างสรรค์ชิ้นงาน และกำหนดลำดับขั้นตอนของการพัฒนาชิ้นงาน จากนั้นผู้เรียนนำเสนอการสรุปผลการวางแผนให้สมาชิกกลุ่มอื่นและผู้สอนทราบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Syukri et al. (2018) พบว่า การวางแผนในการทำงานจะช่วยให้ผู้เรียนค้นพบแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างละเอียดและสร้างความเข้าใจในกระบวนการปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังสามารถแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Precharattana et al. (2023) ชี้ให้เห็นว่าขั้นการออกแบบเป็นขั้นที่ผู้เรียนชื่นชอบมากที่สุด เนื่องด้วยเป็นขั้นที่ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้ลงมือปฏิบัติจริง ดังนั้นจึงพบว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับความรู้หรือทักษะที่พัฒนาขึ้นจากการทำกิจกรรมในขั้นการออกแบบ ดังความคิดเห็นของผู้เรียนได้สะท้อนออกมาผ่านสมุดบันทึกการเรียนรู้ ซึ่งแสดงถึงขั้นตอนการออกแบบที่เกิดขึ้นภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เช่น

ความคิดเห็นที่ 1 *“สิ่งที่ได้จากกิจกรรมที่ 3 ปิ๊ง! ไอเดีย คือ ได้ช่วยกันระดมความคิดภายในกลุ่มว่าจะใช้กลุ่มเป้าหมาย เนื้อหา วัตถุประสงค์ สื่อออนไลน์ โทนสีอะไร และยังได้ช่วยกันผสมผสานแนวคิดเพิ่มเติมเพื่อให้ได้แนวคิดที่ดีกว่าเดิม”*

ความคิดเห็นที่ 2 *“กิจกรรมที่ 4 วางแผนดี มีชัยไปกว่าครึ่ง ได้เรียนรู้เกี่ยวกับการนำปัญหาจากกิจกรรมที่ 3 มาวางแผนการแก้ไขปัญหา และเพื่อนได้มีส่วนร่วมในการทำงาน ช่วยกันออกความคิดเห็นต่างๆ”*

ความคิดเห็นที่ 3 *“สิ่งที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ คือ การทำงานของสมาชิกในกลุ่มและรับรู้ถึงผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบของปัญหาที่ดินเสื่อมโทรมว่ามีอะไรบ้างและรู้ขั้นตอนการพัฒนาชิ้นงาน”*

ดังนั้น กล่าวสรุปได้ว่าในขั้นการออกแบบผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะได้ออกแบบแนวคิดในการแก้ไขปัญหาและวางแผนร่วมกันอย่างเป็นระบบ ซึ่งอาจช่วยให้สมาชิกกลุ่มแต่ละคนเข้าใจบทบาทหน้าที่และภาระงานของตนเอง ตลอดจนมีเป้าหมายในการพัฒนาผลงานในขั้นตอนต่อไป จึงส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์เพราะสมาชิกแต่ละคนได้ร่วมกันระดมความคิด และมีเป้าหมายในการแก้ไขปัญหาร่วมกัน มีการแบ่งหน้าที่การทำงานอย่างชัดเจน จากนั้นทุกกลุ่มจึงเริ่มดำเนินการตามแผนการทำงานของกลุ่มตนเองต่อไป

3. ขั้นการพัฒนา ในขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนที่สมาชิกกลุ่มร่วมกันพัฒนาชิ้นงาน โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในขั้นการออกแบบมาเป็นฐานคิดในการพัฒนาผลงานให้มีความแปลกใหม่ เป็นประโยชน์ และเหมาะสมที่สุดเท่าที่จะสามารถก่อร่างสร้างชิ้นงานขึ้นมาได้ โดยเริ่มต้นจากสมาชิกกลุ่มร่วมกันการร่างแบบ (Sketch) เพื่อให้เห็นรูปร่างคร่าว ๆ ของชิ้นงาน ซึ่งการดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนนี้ สมาชิกกลุ่มจะต้องร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้แบบร่างที่แปลกใหม่ เป็นประโยชน์และเหมาะสมมากที่สุดของกลุ่ม ซึ่งผู้สอนได้กระตุ้นให้ผู้เรียนร่างแบบให้มีความแปลกใหม่ หลากหลายรูปแบบ เพื่อจะได้มีโอกาสเลือกว่าแบบใดเหมาะสมที่สุด มีส่วนดีส่วนเสียของแต่ละแบบอย่างไร จะได้นำมาปรับปรุงให้ได้แบบร่างที่เหมาะสมที่สุด หลังจากได้แบบร่างที่สร้างสรรค์ที่สุดของกลุ่มแล้ว แต่ละกลุ่มนำเสนอแบบร่างให้ผู้สอนและเพื่อนได้รับทราบและร่วมกันพิจารณาแบบร่างเพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบร่างให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zainuddin and Iksan (2019) ชี้ให้เห็นว่า การร่างแบบเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดด้วยภาพ ตรวจสอบความรู้เดิมและสนับสนุนการสื่อสารและฝึกฝนการทำงานร่วมกัน และมีส่วนร่วมกับการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น ดังนั้นทุกกลุ่มจะได้แบบร่างของชิ้นงาน ซึ่งได้มาจากความคิดของสมาชิกกลุ่มแต่ละคน จากนั้นสมาชิกกลุ่มร่วมกันพัฒนาต้นแบบ ครั้งที่ 1 (Prototype V.1) โดยใช้เครื่องมือการพัฒนา คือ โปรแกรม Canva Education เมื่อสร้างต้นแบบ ครั้งที่ 1 แล้วจะต้องได้รับการทดสอบ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะใช้เพื่อประเมินชิ้นงาน และสมาชิกกลุ่มร่วมกัน

ประเมินต้นแบบ ครั้งที่ 1 โดยใช้เทคนิคหมวกนักคิดหกใบ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินผลงานของผู้อื่นและกลุ่มตนเอง ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสวมหมวกแต่ละใบพร้อมกันและแสดงคิดเห็นร่วมกัน เทคนิคนี้เป็นการแสดงความคิดเห็นของผู้เรียนที่ไม่ใช้นิสัยส่วนตัวมาประเมินงานของเพื่อนและของกลุ่มตนเอง (Gill-Simmen, 2020) จบกิจกรรมที่ 5 ผู้เรียนใช้โปรแกรม Miro นำเสนองานในชั้นเรียนเพื่อให้ทราบจุดแข็งและจุดอ่อนของต้นแบบ และใช้ข้อเสนอแนะนี้ในการออกแบบใหม่ (Redesign) ซึ่งขั้นตอนการออกแบบใหม่ช่วยให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในการออกแบบเปลี่ยนแปลงรูปลักษณ์ได้ อาจกล่าวได้ว่าความพยายามในการออกแบบใหม่จะทำให้กระบวนการออกแบบวิศวกรรมดีขึ้น ผู้เรียนสามารถนำคำแนะนำไปปรับปรุงชิ้นงานให้สำเร็จ ด้วยเหตุนี้กระบวนการออกแบบซ้ำ ๆ ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสในการเปลี่ยนแปลงการออกแบบต้นแบบได้สำเร็จ ดังการสรุปความคิดเห็นของผู้เรียนได้สะท้อนออกมาผ่านสมุดบันทึกการเรียนรู้ ซึ่งแสดงถึงขั้นตอนการพัฒนาที่เกิดขึ้นภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เช่น

ความคิดเห็นที่ 1 *“ค้นพบว่าเมื่อเพิ่มแนวทางแก้ไขและการบำรุงรักษาดิน อาจจะทำให้กลุ่มเป้าหมายนำไปปฏิบัติตามได้ และได้ประเมินผลงานในหมวกความคิดหลาย ๆ แง่มุมกับเพื่อนในกลุ่ม”*

ความคิดเห็นที่ 2 *“สิ่งที่ได้จากกิจกรรมที่ 5 ก่อร่างสร้างตัว (กลายมาเป็น Prototype V.1) ได้มีการช่วยกันคิดในการออกแบบโปสเตอร์และหน้าโปรไฟล์ ช่วยกันคิดช่วยกันประเมินผลงานของกลุ่มว่ามีอะไรควรปรับแก้หรือไม่”*

ความคิดเห็นที่ 3 *“สิ่งที่ได้จากกิจกรรมที่ 6 ก่อร่างสร้างตัว (กลายมาเป็น Prototype V.2) โดยได้มีการร่วมมือและระดมความคิดกันออกแบบโปสเตอร์และรูปโปรไฟล์ เพื่อดึงดูดกลุ่มเป้าหมายและได้มีการประเมินผลงานของกลุ่ม เพื่อนำมาปรับแก้ให้ผลงานมีความสมบูรณ์มากขึ้น”*

ความคิดเห็นที่ 4 *“สิ่งที่ได้จากกิจกรรมที่ 7 ก่อร่างสร้างตัว (กลายมาเป็น Prototype V.3) ได้ร่วมกันทำงานเป็นกลุ่ม ได้ช่วยกันคิดแคปชั่น การออกแบบโพสต์ต่าง ๆ ให้น่าสนใจ ได้ร่วมกันประเมินงานในมุมมองต่าง ๆ ให้มีความหลากหลายมากขึ้น”*

ดังนั้น กล่าวสรุปได้ว่าในขั้นการพัฒนาผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะได้ร่วมกันสร้างและปรับปรุงชิ้นงานตามหน้าที่ของตนเองตามที่ได้รับมอบหมาย เพื่อทำการตรวจสอบและทดสอบ

ความสมบูรณ์ขั้นต้นของชิ้นงาน ซึ่งผู้เรียนที่ทำงานร่วมกันในการสร้างความรู้หรือจัดการความรู้ สมาชิกกลุ่มทุกคนจะต้องสามารถเป็นผู้นำและผู้ตาม มีความรับผิดชอบ สามารถเข้ากับสมาชิกคนอื่น ๆ ได้ เพื่อทำงานร่วมกันในการสร้างชิ้นงานให้กลุ่มบรรลุเป้าหมาย ดังนั้น การพัฒนาชิ้นงานจึงต้องอาศัยผู้เรียนที่มีความรับผิดชอบ สามารถสื่อสารและเข้ากับผู้อื่นได้ดี มีความมุ่งมั่นที่จะทำให้บรรลุเป้าหมาย ซึ่งการพัฒนาชิ้นงานจึงส่งผลต่อความคิดริเริ่มในการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน อีกทั้งก่อให้เกิดความคิดละเอียดลออ มีความรอบคอบ สามารถนำชิ้นงานไปประยุกต์ใช้งานจริงได้

4. ขั้นการประเมินผล เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องของผู้เรียน ประกอบด้วย พฤติกรรมระหว่างการทำงานและผลงานที่สังเกตได้จากการดำเนินกิจกรรมตามกระบวนการออกแบบวิศวกรรม รวมทั้งหมด 10 กิจกรรม โดยผู้สอนจะแสดงความคิดเห็น ให้คำแนะนำ พร้อมทั้งระบุข้อบกพร่อง จุดแข็ง จุดอ่อนของชิ้นงาน เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำไปดำเนินการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีความสร้างสรรค์มากขึ้น โดยใช้เครื่องมือการประเมินผล ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือ ข้อความคิดเห็น (Comment) ของ Miro เนื่องด้วยผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะทำงานกิจกรรมที่ 1-7 ร่วมกันอยู่ใน Miro ฉะนั้น ผู้สอนจึงสามารถแสดงความคิดเห็น คำแนะนำ พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศหรือความรู้ ตลอดจนแนวคิดร่วมกันกับผู้เรียนในรูปแบบต่าง ๆ ลงในข้อความคิดเห็นได้ เช่น ข้อความ ภาพ วิดีโอ การเชื่อมโยง จากนั้นผู้สอนทำการประเมินผล แจ้งผลป้อนกลับ สะท้อนคิดกระบวนการที่ใช้ดำเนินงาน ความก้าวหน้าของงานและผลลัพธ์ของงานแก่ผู้เรียนทุกกลุ่ม และในกิจกรรมที่ 8 ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันออกแบบพัฒนาโปสเตอร์และวิดีโอนำเสนอชิ้นงานในโปรแกรม Canva Education ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือการประเมินผล คือ ข้อความคิดเห็น (Comment) ของ Canva Education เนื่องด้วยการใช้งานง่ายและสะดวก กล่าวคือผู้สอนสามารถแสดงความคิดเห็นในส่วนของชิ้นงานที่ต้องการให้ผู้เรียนปรับปรุงแก้ไข และผู้เรียนจะได้รับการแจ้งเตือนผ่านอีเมลทันที ซึ่งการแจ้งเตือนทันทีเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น ช่วยส่งเสริมให้การทำงานบรรลุตามเป้าหมายได้มากขึ้น และประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายของผู้เรียน โดยผู้สอนพิจารณาจากการสร้างชิ้นงานของกลุ่ม ในกิจกรรมที่ 9 แต่ละกลุ่มส่งไฟล์โปสเตอร์และลิงก์วิดีโอ ในขั้นนี้ผู้สอนจะทำการประเมินและแจ้งผลป้อนกลับในส่วนของความสมบูรณ์ในการแชร์ไฟล์ว่าผู้อื่นสามารถเปิดดูชิ้นงานได้หรือไม่ จากนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันนำเสนอผลงานผ่านนิทรรศการเสมือนในขั้นตอนต่อไป ภายหลังเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละสัปดาห์ ผู้สอนจะทำการประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์จากการสร้าง

ชิ้นงานโดยใช้แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ ที่มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kline et al. (2003) ได้ชี้ให้เห็นถึงการสร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้ทางกระบวนการออกแบบวิศวกรรมแบบรูบริค ผู้สอนสามารถนำมาใช้ประเมินผลเพื่อเป็นการตรวจสอบความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ เนื่องด้วยรูบริคมีความยืดหยุ่น สามารถนำไปใช้ได้หลากหลายบริบท และควรสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ร่วมประเมินชิ้นงานของตนเองทั้งแบบกลุ่มและรายบุคคล เพื่อตรวจสอบแนวคิดในการแก้ไขปัญหาและชิ้นงานของผู้เรียนว่าเกิดความคิดสร้างสรรค์หรือไม่ ดังที่ Anderson (1960) ได้กล่าวไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นชิ้นงานและกระบวนการ ดังนั้น การประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงานและกระบวนการมีความสำคัญทั้งคู่ เพราะถ้าหากไม่มีกระบวนการก็จะไม่มีชิ้นงาน หากไม่มีชิ้นงานที่เป็นหลักฐานแห่งความสำเร็จที่สามารถจับต้องได้ มองเห็น ได้ยิน อธิบาย อภิปราย ชื่นชมได้ ก็อาจไม่มีการพัฒนาต่อยอดให้เกิดประโยชน์ต่อไป ดังการสรุปความคิดเห็นของผู้เรียนได้สะท้อนออกมาผ่านสมุดบันทึกการเรียนรู้ ซึ่งแสดงถึงขั้นตอนการประเมินผลที่เกิดขึ้นภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน เช่น

ความคิดเห็นที่ 1*“จากกิจกรรมที่ 8 ความสำเร็จของพวกเรา สมาชิกในกลุ่มทุกคนได้ช่วยกันทำงานโดยมีการแบ่งงานตามความถนัดของแต่ละคน และสมาชิกในกลุ่มได้มีการเสนอความคิดเห็นเพื่อนำไปใส่ในสไลด์และโปสเตอร์”*

ความคิดเห็นที่ 2 *“เราต้องมีการวางแผนงานเพื่อให้ประหยัดเวลาและออกแบบงานให้มากขึ้น สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ เมื่องานตรงไหนมีปัญหาผิดพลาดหรือยังไม่สมบูรณ์เราควรต้องแก้ไขปัญหานั้นเพื่อให้งานออกมาสมบูรณ์มากที่สุดและเราก็ควรประเมินงานอย่างสม่ำเสมอ”*

5. ขั้นการนำเสนอ เป็นขั้นตอนสุดท้ายในแต่ละสัปดาห์ที่สมาชิกแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและชิ้นงานที่ได้สร้างขึ้นให้ผู้เรียนกลุ่มอื่นและผู้สอนได้ทราบ แต่ละคนสามารถแสดงความคิดเห็น ติชม ให้คำแนะนำเกี่ยวกับชิ้นงาน จากนั้นแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมานำเสนอในนิทรรศการเสมือน โดยใช้โปรแกรม Artsteps เป็นเครื่องมือการนำเสนอชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ เข้าใจง่าย น่าสนใจ และเป็นประโยชน์ต่อผู้เข้าชม ในการนี้เพื่อเป็นการสนับสนุนการเรียนรู้และช่วยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสามารถนำเสนอชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีการกำหนดแนวทางในการนำเสนอชิ้นงานให้กับกลุ่มผู้เรียน ดังนี้ 1) บทนำ เป็นส่วนของการบอกข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ ชื่อกลุ่ม สโลแกนประจำกลุ่ม และรายชื่อสมาชิก 2) เนื้อหา เป็นส่วนของผลลัพธ์

จากกระบวนการทำงาน โดยกำหนดคำถามเพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้เรียน ได้แก่ 2.1) ปัญหาที่ต้องการแก้ไขคือปัญหาอะไร 2.2) แนวคิดใหม่ในการแก้ไขปัญหามีแนวคิดว่าอย่างไร 2.3) ผลงานต้นแบบทั้ง 3 รูปแบบมีหน้าตาแบบใดบ้าง 2.4) ผลการประเมินชิ้นงานทั้ง 3 รูปแบบเป็นอย่างไรบ้าง 2.5) ร่องรอยหลักฐานในการเผยแพร่ผลงานผ่านช่องทางออนไลน์เป็นอย่างไร และ 3) สรุปเป็นส่วนของการอธิบายถึงประโยชน์ที่ได้รับ ปัญหาอุปสรรคในการทำงาน และข้อเสนอแนะ ซึ่งในการนำเสนองานนี้จะเป็นส่วนที่ให้สมาชิกแต่ละกลุ่มได้ร่วมแลกเปลี่ยนแนวคิดซึ่งกันและกัน ขยายผลและต่อยอดความรู้ของชิ้นงานที่ได้สร้างสรรค์ขึ้น ฉะนั้นการที่ผู้เรียนต้องนำเสนอชิ้นงานในนิทรรศการเสมือนนี้ ทำให้ผู้เรียนสามารถเห็นภาพรวมของชิ้นงานว่าสมาชิกคนอื่น ๆ มีความคิดเห็นต่อชิ้นงานของกลุ่มตนเองอย่างไร ทำให้สะท้อนถึงความแตกต่างของแต่ละชิ้นงานในหลากหลายรูปแบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Precharattana et al. (2023) กล่าวว่า การนำเสนอชิ้นงานเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับคำติชมจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานต่อไปในอนาคต ฉะนั้นการนำเสนอชิ้นงานของผู้เรียนที่ได้สร้างสรรค์ขึ้นมาล้วนได้มาจากองค์ความรู้ของผู้เรียน จึงเป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นทักษะที่ผู้เรียนพัฒนาขึ้นจากการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ดังตัวอย่างผลงานการจัดนิทรรศการเสมือนของผู้เรียนในภาคผนวก ค

2. ผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนในภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$=36.96, S.D.=3.84) เนื่องมาจากผู้วิจัยพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมตามหลักการ ADDIE Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล ซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากลสามารถนำมาพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cárdenas and Estrada (2022) ได้ออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนที่นำเอาทรัพยากรดิจิทัลเข้ามาใช้ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน โดยพัฒนาตามแนวคิด ADDIE Model พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวสามารถส่งเสริมความสามารถด้านดิจิทัลได้ และมีส่วนช่วยสนับสนุนกระบวนการมีปฏิสัมพันธ์

การเรียนรู้แบบร่วมมือและการเรียนรู้แบบอิสระ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการมาผสมผสานตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทักษะความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับ Alina (2022) กล่าวว่า การมีสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลางและมีการผสมผสานรูปแบบการเรียน เช่น e-Learning, u-Learning, f-Learning, Blended Learning รวมถึงการใช้เครื่องมือสำหรับการสนทนากลุ่มในรูปแบบภาพ เช่น Jamboard Padlet, Twiddla, Miro, Conceptboard, Groupboard, Mentimeter ที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองแบบโต้ตอบโดยมีข้อเสนอแนะอย่างต่อเนื่อง การสร้างกลุ่มเสมือน การใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทักษะความคิดสร้างสรรค์ได้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Aini and Aini (2023) พบว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบวิศวกรรมมีทักษะการสื่อสารและความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับดีมาก โดยทักษะความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดคล่องแคล่ว ด้านความคิดริเริ่ม ด้านความคิดละเอียดลออ อยู่ในระดับดีมากทุกด้าน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Precharattana et al. (2023) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วกระบวนการออกแบบวิศวกรรมในรูปแบบการเรียนแบบผสมผสาน (Blended Learning) ซึ่งบูรณาการกิจกรรมกลุ่มโดยใช้การเรียนรู้ออนไลน์และกิจกรรมการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองผ่านการศึกษาอิสระที่บ้าน พบว่า กระบวนการออกแบบวิศวกรรมสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ โดยเฉพาะขั้นการระบุปัญหาและความต้องการ ขั้นออกแบบแนวทางแก้ปัญหา และขั้นการพัฒนาต้นแบบเป็นขั้นตอนการเรียนรู้ของกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ผู้เรียนชอบมากที่สุด เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์และลงมือทำ สนุก ง่าย ท้าทาย และเปิดโอกาสให้เลือกประเด็นได้ตามความสนใจ ดังนั้น สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมจึงสามารถพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ทั้ง 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านความคิดคล่องแคล่ว ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม ด้านความคิดละเอียดลออ ซึ่งอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

2.1) ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่ว เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็วและมีคำตอบปริมาณมากในเวลาที่จำกัด โดยหลังจากการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่วเพิ่มขึ้นตามลำดับทั้ง 3 ครั้ง

แสดงว่า สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมสามารถพัฒนาทักษะความสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดคำตอบได้คล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีจำนวนคำตอบมากที่สุดในเวลาที่กำหนด เช่น ในขั้นตอนที่ 1 การกำหนดปัญหา กิจกรรมที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋! เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่ว โดยผู้เรียนจะต้องสำรวจปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานี โดยใช้เครื่องมือการกำหนดปัญหา คือ Google Maps เพื่อให้ได้ปัญหาจำนวนมากภายในเวลาที่กำหนด พบว่า ผู้เรียนสามารถนำเสนอได้ว่าชุมชนจังหวัดปัตตานีมีปัญหาอะไรบ้างได้หลากหลายปัญหาในเวลาที่กำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Steagall et al. (2016) พบว่าการใช้ Google Maps ภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบสตูดิโอเสมือนช่วยให้ผู้เรียนนำเสนอแนวคิดในการออกแบบชิ้นงานได้รวดเร็วและน่าสนใจ เนื่องจากศักยภาพของ Google Maps อนุญาตให้ผู้เรียนสามารถเพิ่มเนื้อหามัลติมีเดียที่หลากหลาย รวมถึงวิดีโอ ภาพนิ่ง ทำให้การนำเสนอสถานที่น่าสนใจและได้รับความสนใจจากผู้เข้าชมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังค้นพบว่า หากผู้เรียนเป็นผู้อาศัยอยู่ในชุมชนจะส่งเสริมทำให้ผู้เรียนเกิดการรับรู้และเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ในชุมชนของตนเอง ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ด้านการออกแบบภายในชุมชนได้เป็นอย่างดี จึงอาจกล่าวได้ว่าการรวมกันของเทคโนโลยีใหม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการแก้ปัญหามีความกระตือรือร้นและมุ่งมั่นที่จะทำชิ้นงานให้สำเร็จ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Anggareni and Hidayat (2022) ได้ศึกษาเกี่ยวกับทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้วยวิธีการเรียนการสอนที่ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล พบว่า ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ด้านการคิดคล่องแคล่วจากการใช้ Google Maps นำเสนอข้อมูลในรูปแบบลายลักษณ์อักษรและวิดีโอที่ผู้เรียนอธิบายเกี่ยวกับความเข้าใจเรื่องพิกัดคาร์ทีเซียนและผู้เรียนยังรู้สึกมีความท้าทายมากขึ้นเพราะได้นำความรู้มาใช้ในชีวิตจริง และจากการใช้ Google Maps ในกิจกรรมเหล่านี้ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนการคิดที่รวดเร็วตามโจทย์และเวลาที่กำหนดให้ ถือเป็นการกระตุ้นความคิดคล่องแคล่วได้เป็นอย่างดี จึงส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ในด้านความคิดคล่องแคล่วได้

2.2) ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม เป็นความสามารถในการคิดต่อเติมเพิ่มเสริมจินตนาการให้ก่อร่างสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างไปจากเดิม ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและสังคม โดยหลังจากการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการ

ออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มเพิ่มขึ้นตามลำดับทั้ง 3 ครั้ง แสดงว่าสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม สามารถพัฒนาทักษะความสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ได้จัดให้ผู้เรียนมีการคิดจินตนาการให้มีความแปลกใหม่ เช่น ในขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ กิจกรรมที่ 3 ปิ๊ง! ไอเดีย เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม โดยผู้เรียนจะต้องร่วมกันแบ่งปันแนวคิดเพื่อให้ได้แนวคิดใหม่จำนวน 1 แนวคิดที่สามารถนำไปเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา ในกิจกรรมนี้ผู้เรียนใช้เทคนิค Morphological Chart ซึ่งเป็นเทคนิคที่ช่วยในการคิดให้ได้แนวคิดแปลกใหม่ พบว่า ผู้เรียนสามารถสรุปแนวคิดใหม่จำนวน 1 แนวคิด เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sahani et al. (2018) ได้ศึกษาวิธีเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบโดยให้ผู้เรียนใช้วิธี Morphological Chart ในการออกแบบแนวคิด พบว่า การใช้วิธี Morphological Chart เพื่อวางโครงสร้างความคิด ทำให้ผู้เรียนได้แนวทางแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ นำไปสู่การออกแบบชิ้นงานที่สร้างสรรค์มากขึ้น และในขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา กิจกรรมที่ 5 ก่อร่างสร้างตัวกลายมาเป็น Prototype V.1 เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม โดยผู้เรียนจะต้องคิดเพื่อร่างแบบให้มีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร และสามารถนำแบบร่างไปพัฒนาชิ้นงานได้จริง พบว่า ผู้เรียนสามารถร่างแบบชิ้นงานได้สอดคล้องกับแนวคิดใหม่และสามารถทำให้ผู้อื่นมองเห็นฟังก์ชันการทำงานของชิ้นงานได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mathiphatikul et al. (2019) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบวิศวกรรมตามสะเต็มศึกษา พบว่า ในขั้นการสร้างต้นแบบผู้เรียนสามารถนำแนวคิดของตนเองไปใช้สร้างนวัตกรรมที่จับต้องได้และมีประโยชน์ โดยการทดสอบ การประเมิน และการปรับปรุงวิธีแก้ปัญหาด้วยการเรียนรู้จากข้อผิดพลาด จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากการปฏิบัติซ้ำ จำนวน 3 ครั้ง จากกิจกรรมเหล่านี้ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างต้นแบบที่มีวิธีแก้ปัญหาและนำเสนอผลงานต้นแบบต่าง ๆ อีกทั้งผู้เรียนยังสามารถเลือกต้นแบบเพื่อพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด กิจกรรมนี้จึงช่วยพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มของผู้เรียนได้

2.3) ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ เป็นความสามารถที่จะให้รายละเอียดหรือตกแต่งเพื่อให้สมบูรณ์หรือปรับปรุงพัฒนาสิ่งที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

โดยหลังจากการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออเพิ่มขึ้นตามลำดับทั้ง 3 ครั้ง แสดงว่าสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม สามารถพัฒนาทักษะความสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ได้จัดให้ผู้เรียนมีการคิดในรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อนำมาตกแต่งและขยายความคิดครั้งแรกให้ชัดเจน มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เช่น ในขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา กิจกรรมที่ 7 ก่อร่างสร้างตัวกลายมาเป็น Prototype V.2 เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ โดยผู้เรียนจะต้องคิดและพัฒนาชิ้นงานโดยมีการเพิ่มเติมรายละเอียดเพื่อตกแต่งหรือขยายความคิดของชิ้นงานให้สมบูรณ์มากขึ้น ได้แก่ ชิ้นงานที่สร้างขึ้นมีรูปแบบตรงตามแบบร่างหรือไม่ ชิ้นงานที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้หรือไม่ พบว่า ผู้เรียนแต่ละคนสามารถคิดเกี่ยวประเด็นปัญหาที่เกิดจากการทดสอบว่ามาจากสาเหตุใด และมีวิธีแก้ไขอย่างไร ทั้งนี้เนื่องมาจากในกิจกรรมมีการนำเทคนิคหมวกนักคิดหกใบ (Six hats thinking) มาใช้ในการประเมินผลชิ้นงาน โดยผู้เรียนแต่ละคนสามารถตั้งประเด็นคำถามเพื่อประเมินผลชิ้นงานของกลุ่มได้อย่างละเอียดและรอบคอบตามบทบาทหน้าที่ประจำสีของหมวกแต่ละใบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Paraskeva et al. (2021) ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนากรอบแนวคิดตามรูปแบบการคิดสร้างสรรค์ตามเทคนิคหมวกนักคิดหกใบ ภายใต้บริบทของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเว็บ 2.0 พบว่า หลักสูตรการเรียนรู้แบบผสมผสานที่รวมเอาวิธีการคิดด้วยเทคนิคหมวกนักคิดหกใบ ช่วยเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้ อีกทั้งสามารถส่งเสริมการสร้างความคิดในรูปแบบใหม่ ๆ ให้กับผู้เรียน เนื่องมาจากการนำเทคนิคหมวกนักคิดหกใบมาใช้ในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนทำงานร่วมกันได้ สามารถก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นประโยชน์ต่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลในห้องเรียนที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลาง

2.4) ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่น เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภท หลายทิศทาง ไม่ซ้ำแบบ โดยหลังจากการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นตามลำดับทั้ง 3 ครั้ง แสดงว่าสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม สามารถพัฒนาทักษะความสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ได้จัดให้ผู้เรียน

มีการคิดคำตอบหรือแก้ไขปัญหาได้หลายแนวทาง เช่น ในขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ กิจกรรมที่ 4 วางแผนดีมีชัยไปกว่าครึ่ง เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่น โดยผู้เรียนจะต้องคิดหาสิ่งทดแทน เช่น วัสดุ อุปกรณ์ โปรแกรมต่าง ๆ เพื่อใช้ในการพัฒนาชิ้นงาน เพราะมีเงื่อนไขข้อจำกัดที่ผู้เรียนไม่สามารถเดินทางมาทำงานด้วยกันได้ และในขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา ในกิจกรรมที่ 5, 6, 7 ผู้เรียนจะต้องคิดดัดแปลงชิ้นงานหรือแผนการดำเนินงานตามคำแนะนำจากผู้สอน เพื่อให้ชิ้นงานมีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น พบว่า ผู้เรียนสามารถเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ โปรแกรมแตกต่างกันไปตามความถนัดของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม เพื่อใช้ในการพัฒนาชิ้นงานได้อย่างหลากหลายและสร้างสรรค์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gök and Sürmeli (2022) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมการออกแบบของเล่นทางวิทยาศาสตร์ตามกระบวนการออกแบบวิศวกรรม พบว่า กิจกรรมการออกแบบของเล่นทางวิทยาศาสตร์ตามกระบวนการออกแบบวิศวกรรมมีส่วนช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในเชิงบวก ประกอบด้วย ความคล่องแคล่วความคิดริเริ่ม ความคิดด้านยืดหยุ่น เนื่องมาจากผู้เรียนได้เจอสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างกัน มีการจัดตั้งกลุ่มในการทำงานและกระจายงานให้กับสมาชิกในกลุ่ม จากนั้นสมาชิกในกลุ่มยังได้แบ่งปันวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้เกี่ยวกับการแก้ปัญหา หลังจากการอภิปรายผู้เรียนได้ตัดสินใจว่าจะแก้ปัญหาอย่างไรให้ดีที่สุด จากนั้นผู้เรียนสร้างแบบร่างในขั้นตอนการก่อสร้างต้นแบบผู้เรียนจะเลือกวัสดุที่จำเป็น หลังจากสร้างต้นแบบแล้วแต่ละคนจะทดสอบหน้าชั้นเรียน ขั้นตอนการทดสอบได้รับการสังเกตโดยสมาชิกและประเมินความสำเร็จของวิธีแก้ปัญหาที่นำเสนอ ดังนั้นการประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบวิศวกรรมจึงสามารถช่วยปรับปรุงการคิดแบบยืดหยุ่นของผู้เรียน และด้วยเหตุนี้จึงมีส่วนช่วยในการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ ทั้งนี้การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์จะเปลี่ยนผู้เรียนเป็นบุคคลที่สามารถคิดต่างได้ในศตวรรษที่ 21 และจะมีประสิทธิภาพในการทำให้ผู้เรียนปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงได้ดีขึ้น

จากที่กล่าวมาในการอภิปรายข้างต้นสรุปได้ว่ารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนั้น ส่งผลต่อทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะงานวิจัย

ข้อเสนอแนะในการนำวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การนำรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนไปใช้ ผู้เรียนและผู้สอนควรมีการเตรียมความพร้อมด้านทักษะพื้นฐานการใช้เทคโนโลยี ด้านอุปกรณ์ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์สมาร์ทโฟน และด้านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีความเร็ว 5 - 40 Mbps ขึ้นไป เพื่อให้การจัดการเรียนรู้และการทำกิจกรรมตามขั้นตอนการเรียนรู้ที่กำหนดให้ใช้เวลา 80 นาที/คาบเรียน โดยใช้เครื่องมือส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2. ควรมีการปฐมนิเทศก่อนการเรียนการสอน จัดทำคู่มือ สาธิตวิธีการใช้งานเครื่องมือในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนแบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมผ่านสื่อสมัยใหม่ในปัจจุบัน ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติใช้งานจนเกิดความเข้าใจในการใช้งานก่อนการใช้จริง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องมือได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

3. ในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนแบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ต้องใช้เครื่องมือในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกันเป็นกลุ่ม ผู้สอนควรกำหนดแนวทางการเรียนการสอน เช่น รูปแบบ 40/60 50/50 Hyflex Learning หรือ Blended Learning คอยควบคุมชั้นเรียนออนไลน์ คอยให้คำแนะนำการใช้เครื่องมืออย่างใกล้ชิด และอำนวยความสะดวกในการทำกิจกรรม อีกทั้งช่วยเสริมสร้างบรรยากาศเพื่อให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่นนำไปสู่ผลสำเร็จของงานตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการนำรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาหรือเนื้อหาสาระอื่น ๆ

2. ควรมีการนำรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน

บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). *การคิดเชิงสร้างสรรค์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). ซัคเซสมีเดีย.

จรุงยศ อรัณยะนาค. (2560). *การออกแบบเว็บไซต์ (สำหรับผู้เริ่มต้น).* สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จินตวีร์ คล้ายสังข์ และ ประกอบ กรณีกิจ. (2559). *การออกแบบเว็บเพื่อการเรียนการสอน แนวการประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนแบบผสมผสานอีเลิร์นนิงและออนไลน์เลิร์นนิง.* โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จินตวีร์ คล้ายสังข์. (2554). *หลักการออกแบบเว็บไซต์ทางการศึกษา : ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ.* โครงการมหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์. (2561). *ผลการใช้กลุ่มสืบสอบร่วมกับเครื่องมือการเรียนรู้ร่วมกันออนไลน์ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/63359

ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ. (2561). *รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นผ่านชุมชนการเรียนรู้เสมือนจริง สำหรับการจัดการเรียนการสอนระดับประถมศึกษา ในเขตภาคกลางตอนล่าง.* มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

ทิศนา แขมมณี. (2562). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 23). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2555, 26 มกราคม). *การกำหนดขนาดตัวอย่างในการทดสอบสมมุติฐานวิจัย.* https://lllskill.com/web/files/GPower.pdf

เนาวนิตย์ สงคราม และ ธนัท สมณคุปต์. (2560). *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ การพัฒนาระบบห้องเรียนอัจฉริยะเสมือนเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนระดับอุดมศึกษา.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประจักษ์ ปฏิทัศน์. (2563). *การคิดเชิงระบบและความคิดสร้างสรรค์.* สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). *การพัฒนาการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 5). โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

ปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ, เอกนฤน บางท่าไม้, และ น้ำมนต์ เรืองฤทธิ์. (2558). *รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการออกแบบสภาพแวดล้อมห้องเรียนเสมือน ในการเรียนการสอนแบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์. (2561). *รายงานการวิจัย เรื่อง ผลของการใช้ปัญหาปลายเปิดในการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตในสังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพ์ประภา พาลพ่าย. (2561). *ระบบการออกแบบหนังสือนิทานอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้การเล่าเรื่องแบบดิจิทัลในสภาพแวดล้อมเกมมิฟิเคชันเพื่อเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความสุขในการเรียน* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/63350

ภัสสร ติดมา, มลิวรรณ นาคขุนทด, และ สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารราชพฤกษ์, 13*(3), 71-76.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2556). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจาอยูหัว เนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคล เฉลิมพระชนมพรรษา 7 รอบ 5 ธันวาคม 2554*. ราชบัณฑิตยสถาน.

วีซานา อับดุลเลาะ และ วุฒิชัย เนียมเทศ. (2563). การจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เพิ่มส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 แนวคิด ทฤษฎี และแนวทางปฏิบัติ. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 7*(2), 227-246.

สมพร โตนวล. (2550). *การสอนสังคมศึกษา Teaching social study : TL 333.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579.* พริกหวานกราฟฟิค.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *รายงานการสังเคราะห์ตัวชี้วัดด้านการศึกษาไทยตามกรอบเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน.* พริกหวานกราฟฟิค.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2566). *รายงานประจำปี 2565 สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา : เด็กไทย 2022 เพื่อเศรษฐกิจไทย.* กรุงเทพฯ.

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์, ธิติยา บงกชเพชร, และ ชมพูนุช วรางคณากูล. (2561). การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์. 13*(37). 119-132.

สุกัญญา ตางาม. (2562). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมวิชาเทคโนโลยีสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์]. Digital Research Information Center (DRIC). https://dric.nrct.go.th/Search/ShowFulltext/2/308534

สุธิดา การีมี. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา ตอนที่ 1. *นิตยสาร สสวท, 46*(209), 23-27.

สุรพล บุญลือ, สรัญญา เชื้อทอง, ไพฑูรย์ กานต์ธัญลักษณ์, และ ทิพรัตน์ สิทธิวงศ์. (2558). *รายงานการวิจัย เรื่อง การวิจัยและพัฒนาห้องเรียนเสมือนโดยใช้การเรียนรู้ร่วมกันและการเรียนการสอนแบบซินเนคติกส์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ในสาขาครุศาสตร์ ศึกษาศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง.* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. (2553*). 21 วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 9). ภาพการพิมพ์.

อนิรุทธ์ สติมั่น, ปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ, สุรพล บุญลือ, และ เอกนฤน บางท่าไม้. (2558). *รายงานการวิจัย เรื่อง การวิจัยและพัฒนาการเรียนการสอนด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา.* มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อารี พันธ์มณี. (2557). *ฝึกคิดให้เป็น คิดให้สร้างสรรค์.* สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Accreditation Board for Engineering and Technology. (2017). *Criteria for accrediting engineering programs.* ABET.

Adarkwah, M. A. (2021). The power of assessment feedback in teaching and learning: a narrative review and synthesis of the literature. *SN Social Sciences, 1*(3). 1-44. https://doi.org/10.1007/s43545-021-00086-w

Agbor, E. (2008). Creative and Innovation: The Leadership Dynamics. *Journal of Strategic Leadership, 1*(1), 39-45.

Aho, M. (2022). *How to Empower Higher Education Collaborative Learning with Cloud-Based Graphic Design Tools* [Conference session]. 14th International Conference on Education and New Learning Technologies, Palma, Spain. https://doi.org/10.21125/edulearn.2022.0327

Aini, M., & Aini, M. (2023). Enhancing Creative Thinking and Communication Skills Through Engineering Design Process (EDP) Learning Model: A Case Study. *BIOEDUKASI, 21*(1), 21-27.

Alawamleh, M., Al-Twait, L. M., & Al-Saht, G. R. (2022). The effect of online learning on communication between instructors and students during Covid-19 pandemic. *Asian Education and Development Studies, 11*(2), 380-400. https://doi.org/10.1108/AEDS-06-2020-0131

Alina, K. R. U. K. (2022). The benefits of virtual learning environment (VLE) in teaching ESP. *Humanities science current issues*, *2*(52). 171-175. https://doi.org/10.24919/2308-4863/52-2-26

Allen, E., & Seaman, J. (2011). *Going the Distance: Online Education in the United State 2011.* Babson Survey Research Group.

Anderson, H. H. (1960). The Nature of Creativity. *Studies in Art Education*, *1*(2), 10-17. https://doi.org/10.2307/1319842

Anggareni, P., & Hidayat, A. F. (2022). Students creative thinking skills on differentiated instruction. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, *5*(4), 365-373.

Arık, M., & Topçu, S. M. (2020). Implementation of Engineering Design Process in the K-10 Science Classrooms: Trend and Issues. *Research in Science Education, 52*(21). 1-43. https://doi.org/10.1007/s11165-019-09912-x

Association for Educational Communications and Technology. (2012). *AECT Standards 2012 version.* https://www.aect.org/docs/AECTstandards2012.pdf

Barajas, M., & Owen, M. (2000). Implementing Virtual Learning Environments: Looking for Holistic Approach. *Journal of Educational Technology & Society*, *3*(3), 39-53.

Barisone, M., Bagnasco, A., Aleo, G., Catania, G., Bona, M., Gabriele, S. S., Zanini, M., Timmins, F., & Sasso, L. (2019). The effectiveness of web-based learning in supporting the development of nursing students' practical skills during clinical placements: A qualitative study. *Nurse Education in Practice. 37,* 56-61. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2019.02.009

Börekçi, N. A. (2018). Design Divergence Using the Morphological Chart. *Design and Technology Education*, *23*(3), 62-87.

Bower, M., & Torrington, J. (2020). Typology of free web-based learning technologies (2020). *EDUCAUSE digital library.*

Brandao, E., Adelfio, M., Hagy, S., & Thuvander, L. (2021). *Collaborative Pedagogy for Co-creation and Community Outreach: An Experience from Architectural Education in Social Inclusion Using the Miro Tool* [Conference session]. The AHFE 2021 Virtual Conference on Human Dynamics for the Development of Contemporary Societies, USA. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80415-2_15

Brent, W. G. (1996). *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design.* United States of America: Educational Technology.

Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1967). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin Comp.

Cárdenas, M. Á. L., & Estrada, C. C. P. (2022). Instructional design and technological resources in the improvement of teachers' digital competencias. *Apertura*, *14*(2), 40-61.

Chaiyarak, S., Nilsook, P., & Wannapiroon, P. (2021, September 1-3). *An empirical study of intelligent virtual universal learning platforms* [Conference

session]. The 2021 Research, Invention, and Innovation Congress: Innovation Electricals and Electronics (RI2C), Bangkok, Thailand.

Chang, B. (2019). Reflection in Learning. *Online Learning Journal, 23*(1), 95-110. https://doi.org/10.24059/olj.v23i1.1447

Chickering, A., & Ehrmann, S. (1996). Implementing the Seven Principles: Technology as Lever. *American Association for Higher Education Bulletin, 49,* 3-6.

Chickering, W. A., & Gamson, F. Z. (1987). Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education. *AAHE Bulletin, 17*(3), 3-7.

De Bono, E. (1970). *Lateral thinking: creativity step by step.* New York : Harper & Row.

Dillenbourg, P., Schneider, D., & Synteta, P. (2002). Virtual Learning Environments. *Proceedings of the 3rd Hellenic Conference Information & Communication Technologies in Education*. *HAL,* 3-18.

Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education, 94*(1), 103-120. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x

ELSayary, A., & Meda, L. (2022). *Establishing Social, Cognitive and Teacher Presences to Develop Students' Digital Competencies Through Their Engagements in Online Learning* [Conference session]. The 13th International Conference on Society and Information Technologies (ICSIT 2022), Virtual Conference. https://doi.org/10.54808/ICSIT2022.01.84

Firmannandya, A. (2023). Developing Global Collaboration Skills In the Era of Unlimited Learning. *Widyagogik: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, *10*(2), 457-477.

Fusic, J., Rajalakshmi, R., & Sugumari, T. (2023). Digital transformation of Industrial Automation Course in virtual learning environment during COVID-19 Pandemic. *Journal of Engineering Education Transformations*, *36*(2), 81-92. https://doi.org/10.16920/jeet/2023/v36is2/23012

Gill-Simmen, L. (2020). Developing critical thinking skills: Using Edward de Bono's six thinking hats in formative peer assessment & feedback. *Journal of Applied Learning and Teaching*, *3*(1), 138-141.

Gök, B., & Sürmeli, H. (2022). The Effect of Scientific Toy Design Activities Based on the Engineering Design Process on Secondary School Students' Scientific Creativity. *Asian Journal of University Education*, *18*(3), 692-709.

Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence.* New York : McGraw-Hill.

Hamutoglu, B. N., Gemikonakli, O., Duman, I., Kirksekiz, A., & Kiyici, M. (2019). Evaluating students experiences using a virtual learning environment: satisfaction and preferences. *Education Tech Research Dev, 68*(1), 437-462. https://doi.org/10.1007/s11423-019-09705-z

Han, H. J., & Shim, K. C. (2019). Development of an engineering design process-based teaching and learning model for scientifically gifted students at the Science Education Institute for the Gifted in South Korea. *Asia-Pacific Science Education, 5*(13), 1-18. https://doi.org/10.1186/s41029-019-0047-6

Hidayah, M., Lumowa, S. V. T., & Boleng, D. T. (2018). Developing the archaebacteria and eubacteria web-based learning media for high school students. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia, 4*(2), 179-188.

Horbiński, T. (2019). Progressive Evolution of Designing Internet Maps on the example of Google Maps. *Geodesy and Cartography, 68*(1). 177-190. https://doi.org/10.24425/gac.2019.126095.

Horvat, N., Becattini, N., & Škec, S. (2021, August 16-20). *Use of information and communication technology tools in distributed product design student teams* [Conference session]. The International Conference on Engineering Design (ICED21), Gothenburg, Sweden.

International Technology Education Association. (2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology* (3rd ed.). International Technology Education Association.

Ismail, R., & Razali, N. N. F. M. (2022) The Use of Padlet in Supporting Creativity and Interaction among Peers. *Advance,* 39-44.

Joint Information Systems Committee. (2004). *Effective Use of VLEs: Introduction to VLEs*. https://www.baab.co.uk/downloads/other-resources/item/download/32_0b1381b9e05f2e9d8aee24b4d805e3b4.html

Kencana, M. A., Musri & Syukri, M. (2020). The effect of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) on students' creative thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series, 1460*, 1-5.

Khlaisang, J., & Songkram, N. (2019). Designing a virtual learning environment system for teaching twenty-first century skills to higher education students in ASEAN. *Technology, Knowledge and Learning, 24,* 41-63.

Kim, E., Park, H., & Jang, J. (2019). Development of a Class Model for Improving Creative Collaboration Based on The Online Learning System (Moodle) in Korea. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 5*(3), 1-12. https://doi.org/10.3390/joitmc5030067

Kline, A., Tsang, E., Aller, B., Asumadu, J., Morgan, J., Beyerlein, S., & Davis, D. (2003, June 22-25). *Creating and using a performance measure for the engineering design process* [Paper presentation]. 2003 Annual Conference, Nashville, Tennessee, USA.

Landicho, C. J. B. (2020). Senior High School Students' Perceptions and Attitudes toward the Use of Google Maps as Instructional Tool in Earth Science. *The Normal Lights, 14*(1), 141-168.

Leslie, S. H. & Johnson, N. (2022). Covid-19 made me do it while swimming upstream with Padlet: using student feedback to improve teaching and learning business communication-learning into reflective practice. *Institute for Global Business Research Conference Proceedings, 6*(1). 37-39.

Madariaga, L., Burgos, N., Jachura, C., López, G., & Troncoso, R. (2021, July 19-23). *Conceptual design in the cloud: technology use and teamwork under*

Covid-19 [Conference session]. The 19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, Virtual Edition.

Mai, Y. M, & Muruges, R. G. (2018). Primary School Science Teachers' Attitude Toward Using Virtual Learning Environment (VLE) In Teaching Science. *European Journal of Education, 1*(3), 155-162.

Mason, R. (2001). Models of Online Course. *Ed at a Distance Magazine and Ed Journal, 15*(70). 1-14.

Massachusetts Department of Education. (2001). *Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework.* Massachusetts.

Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education. (2016). *Massachusetts curriculum framework 2016 science and technology/engineering grade pre-kindergarten to 12.* MDESE.

Mathiphatikul, T., Bongkotphet, T., & Dangudom., K. (2019). Learning management through engineering design process based on STEM education for developing creative thinking in equilibrium topic for 10th grade students. *Journal of Physics: Conference Series*, *1157.* 1-6.

Moon, J. H., Shanghai, N., Hargis, J., & Lu, H. (2021). Differences, Limitations and Advantages of Effective Online and Face-to-Face Teaching Methods for A Media Arts Course. *The Online Journal of New Horizons in Education, 11*(1). 15-32. https://tojned.net/journals/tojned/articles/v11i01/v11i01-02.pdf

Morales-Salas, R. E., Infante-Moro, J. C., & Gallardo-Pérez, J. (2020). Evaluation of virtual learning environments. A management to improve. *International Journal of Educational Research and Innovation,* (13)*,* 126-142. https://doi.org/10.46661/ijeri.4593

National Aeronautics and Space Administration. (2018, Jan 30). *Engineering design process.* https://www.nasa.gov/audience/foreducators/best/edp.html

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 sciences education practice, crosscutting concepts, and core ideas***.** The National Academies Press.

National Science Foundation. (2003). *Engineering design process.* https://www.teachengineering.org/design/designprocess

Next Generation Science Standard. (2013). Appendix I – Engineering design in the NGSS. *NGSS Release,* 1-7.

O'Leary, R., & Ramsden., A. (2002). Virtual Learning Environment. In P. Davies (Ed.), *The Handbook for Economics Lectures* (pp. 1-23).

Osborn, A. F. (1953). *Applied imagination : principles and procedures of creative thinking.* New York : C. Scribner.

Oxford University Press. (2016). *Learn about Virtual Learning Environment/Course Management System content.* https://global.oup.com/uk/orc/learnvle

Paraskeva, F., Alexiou, A., & Panoutsos, S. E. (2021). Computational Thinking through Creative Programming in a Computer Science Course. *International Journal of Innovation, 15*(7), 1097-1110.

Paulo, A., Luísa, M., & Carlos, M. (2017). The Influence of Virtual Learning Environments in Students' Performance. *Universal Journal of Educational Research, 5*(3), 517-527. https://doi.org/10.13189/ujer.2017.050325

Pererva, V., Lavrentieva, O., Lakomova, O., Zavalniuk, O., & Tolmachev, S. (2020). The technique of the use of Virtual Learning Environment in the process of organizing the future teachers' terminological work by specialty. *Proceedings of the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education*, *2643*, 321-346. http://ceur-ws.org/Vol-2643/paper19.pdf

Pishchukhina, O., & Watson, E. M. (2021, September). *Tools and techniques to stimulate higher order thinking in online learning* [Conference session]. The 30th Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE), Prague, Czech Republic. https://doi.org/10.1109/EAEEIE50507.2021.9530851

Precharattana, M., Sanium, S., Pongsanon, K., Ritthipravat, P., Chuechote, S., & Kusakunniran, W. (2023). Blended Engineering Design Process Learning

Activities for Secondary School Students during COVID-19 Epidemic: Students' Learning Activities and Perception. *Education Sciences, 13*(2), 159-176.

Rasmussen, K. (2022). You Don't Have To Be A Rocket Scientist. *The Science Teacher*, *89*(5), 50-55.

Rungrangtanapol, N., & Khlaisang, J. (2021). Development of a Teaching Model in Virtual Learning Environment to Enhance Computational Competencies in the 21st Century. *International Journal of Interactive Mobile Technologies, 15*(13). 93-107.

Sahani, M., Kirsh, D., Klemmer, S., Dow, S., & Allen, M. (2018). *Increasing creativity in design by functional abstraction* [Honors Thesis, University of California San Diego]. Cognitive Science University of California San Diego. https://cogsci.ucsd.edu/_files/undergraduates/past-honors-theses/2017-2018/2018_HonorsThesis_ManavbirSahani.pdf

Saltz, J., & Heckman, R. (2020). Exploring which agile principles students internalize when using a Kanban process methodology. *Journal of Information Systems Education*, *31*(1), 51.

Santosa, M. H., Ivone, F. M., Jacobs, G. M., & Flores, J. C. (2022). Student-to-Student Cooperation in Virtual Learning without Breakout Rooms. *Beyond Words*, *10*(1), 70-82.

Sigala, M. (2002). The Evaluation of Internet Pedagogy: Benefits for Tourism and Hospitality Education. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education, 3*(2), 29-45. https://doi.org/10.3794/johlste.12.4

Simpson, E. J. (1972). *The classification of educational objectives in the psychomotor domain.* Gryphon House.

Sneha, J. M., & Nagaraja, G. S. (2013). Virtual Learning Environment - A survey. *International Journal of Computer Trends and Technology, 4*(6), 1705-1709.

Sriphong, L. (2020). Implementation of Web-based Instruction with Blended Laboratory. *Proceeding of the 12th International Conference on Education Technology and Computers,* 116-119.

Steagall, M. M., Sinfield, D., Cochrane, T., & Toluta'u, T. (2016, November 14-16). *Contextualising the classroom: Using Google Maps and 360 degree imagery to augment the undergraduate design environment* [Conference session]. 9th annual International Conference of Education, Research and Innovation, Seville, Spain. https://doi.org/10.21125/iceri.2016.0248

Sulyanah, S., Hasanah, F. N., & Untari, R. S. (2021). Application of Web Based Learning to Measure Students Learning Interest. *Journal of Physics: Conference Series, 1764*(1), 1-6.

Syukri, M., Halim, L., Mohtar, L. E., & Soewarno, S. (2018). The impact of engineering design process in teaching and learning to enhance students' science problem-solving skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *7*(1), 66-75.

Syukri, M., Halim., L., & Mohtar., L. E. (2017). Engineering design process: Cultivating creativity skills through development of science technical product. *Jurnal Fizik Malaysia, 38*(1), 55-65.

Tanis, C. J. (2020). The seven principles of online learning: Feedback from faculty and alumni on its importance for teaching and learning. *Research in Learning Technology, 28*(2319), 1-25. https://doi.org/10.25304/rlt.v28.2319

Thamarana, S. (2016, August). *Role of E-learning and Virtual Learning Environment in English language learning* [Conference session]. ELT@I TIRUPATI CHAPTER 4th Annual International Conference 2016.

Torrance, E.P. (1974). *Torrance tests of creative thinking.* Bensenville, IL: Scholastic Testing Service, Inc.

Uotinen, V., Kananen, P., Hamill, C., & Kelly, K. (2022). *Virtual Toolkit.* The ONE Meeting Project.

Valenzuela, E. (2019, Feb 1). *Explore to flight: Educators lunch a lunar buggy through the engineering design process.* NASA. https://www.nasa.gov/feature/explore-to-flight-educators-launch-a-lunar-buggy-through-the-engineering-design-process

Wallas, G. (1926). *The art of thought.* New York, NY: Harcourt, Brace and Company.

Watkins, J., Spencer, K., & Hammer, D. (2014). Examining Young Students' Problem Scoping in Engineering Design. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 4*(1), 43-53.

World Economic Forum. (2020). *The Future of Jobs Report 2020.* Geneva.

Yang, M. C. (2009). Observations on concept generation and sketching in engineering design. *Research in Engineering Design*, *20*, 1-11.

Zainuddin, S. H. A., & Iksan, Z. H. (2019). Sketching engineering design in STEM classroom: a systematic review. *Creative Education*, *10*(12), 2775.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ อติศัพท์	สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยหาดใหญ่
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันวิสาข์ โชรัมย์	สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดารัตน์ ตันนิรัตร์	สาขาวิชาการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดนัยศักดิ์ กาโร	สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
2. ดร.ปิยนุช วงศ์กลาง	สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
3. นายอำนาจ สุคนเขตร์	นักวิชาการคอมพิวเตอร์ชำนาญการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดารัตน์ ตันนิรัตร์	สาขาวิชาการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
2. นายจตุพร แป้นมี	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี
3. นางบานเย็น จันทรวงศ์เกษม	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา

รายนามผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์

1. ดร.ณรงค์ศักดิ์ รอบคอบ	สาขาการวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
2. นายจตุพร แป้นมี	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี
3. นางบานเย็น จันทรวงศ์เกษม	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา

ที่ อว ๖๘๒๐๒/๖๕- ว ๑๖๐

คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำบลรูสะมิแล อำเภอเมือง
จังหวัดปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๔ มกราคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ อติศัพท์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑.สรุปย่อโครงร่างวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒.รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน จำนวน ๑ ฉบับ
๓.แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยนางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล รหัสนักศึกษา ๖๓๒๐๑๒๑๕๐๖ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล และ ดร.ชไมพร อินทร์แก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านดังกล่าว จึงเรียนมายังท่านเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะสำหรับนำไปปรับปรุงพัฒนา เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์และเป็นไปด้วยความถูกต้องต่อไป โดยคณะศึกษาศาสตร์ มอบหมายให้นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล โทรศัพท์หมายเลข ๐๘ ๒๔๔๕ ๖๕๑๔ หรือ E-mail: Phongampai.dh@gmail.com เป็นผู้ประสาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณท่านอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.วรภาคย์ ไมตรีพันธ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิต นวัตกรรมและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐๗๓๓๑๓๐๑
โทรสาร ๐๗๓๓๔๘๓๒๒

ที่ อว ๖๘๒๐๒/๖๕- ว ๑๖๐

คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำบลรูสะมิแล อำเภอเมือง
จังหวัดปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๔ มกราคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันวิสาข์ โชรัมย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑.สรุปย่อโครงร่างวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒.รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน จำนวน ๑ ฉบับ
๓.แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยนางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล รหัสนักศึกษา ๖๓๒๐๑๒๑๕๐๖ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล และ ดร.ชไมพร อินทร์แก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านดังกล่าว จึงเรียนมายังท่านเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะสำหรับนำไปปรับปรุงพัฒนา เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์และเป็นไปด้วยความถูกต้องต่อไป โดยคณะศึกษาศาสตร์ มอบหมายให้นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล โทรศัพท์หมายเลข ๐๘ ๒๔๔๕ ๖๕๑๔ หรือ E-mail: Phongampai.dh@gmail.com เป็นผู้ประสาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณท่านอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.วรภาคย์ ไมตรีพันธ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิต นวัตกรรมและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐๗๓๓๓๑๓๐๑
โทรสาร ๐๗๓๓๔๘๓๒๒

ที่ อว ๖๘๒๐๒/๖๕- ว ๑๕๘

คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำบลรูสะมิแล อำเภอเมือง
จังหวัดปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๔ มกราคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดารัตน์ ต้นนิรัตร์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑.สรุปย่อโครงร่างวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒.รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน จำนวน ๑ ฉบับ
๓.แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน ๑ ฉบับ
๔.แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน จำนวน ๑ ฉบับ
๕.แบบประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยนางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล รหัสนักศึกษา ๖๓๒๐๑๒๑๕๐๖ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ต้นสกุล และดร.ชไมพร อินทร์แก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านดังกล่าว จึงเรียนมายังท่านเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะสำหรับนำไปปรับปรุงพัฒนา เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์และเป็นไปด้วยความถูกต้องต่อไป โดยคณะศึกษาศาสตร์ มอบหมายให้นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล โทรศัพท์หมายเลข ๐๘ ๒๔๔๕ ๖๕๑๔ หรือ E-mail: Phongampai.dh@gmail.com เป็นผู้ประสาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณท่านอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.วรภาคย์ ไมตรีพันธ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิต นวัตกรรมและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐๗๓๓๓๑๓๐๑
โทรสาร ๐๗๓๓๔๘๓๒๒

ที่ อว ๖๘๒๐๒/๖๕- ว ๑๕๙

คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำบลรูสะมิแล อำเภอเมือง
จังหวัดปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๔ มกราคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดนัยศักดิ์ กาโร

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑.สรุปย่อโครงร่างวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒.สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน จำนวน ๑ ฉบับ
๓.แบบประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยนางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล รหัสนักศึกษา ๖๓๒๐๑๒๑๕๐๖ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล และดร.ชไมพร อินทร์แก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านดังกล่าว จึงเรียนมายังท่านเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะสำหรับนำไปปรับปรุงพัฒนา เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์และเป็นไปด้วยความถูกต้องต่อไป โดยคณะศึกษาศาสตร์ มอบหมายให้นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล โทรศัพท์หมายเลข ๐๘ ๒๔๔๕ ๖๕๑๔ หรือ E-mail: Phongampai.dh@gmail.com เป็นผู้ประสาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณท่านอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.วรภาคย์ ไมตรีพันธ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิต นวัตกรรมและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐๗๓๓๓๑๓๐๑
โทรสาร ๐๗๓๓๔๘๓๒๒

ที่ อว ๖๘๒๐๒/๖๕- ว ๑๕๙

คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำบลรูสะมิแล อำเภอเมือง
จังหวัดปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๔ มกราคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เรียน ดร.ปิยนุช วงศ์กลาง

สิ่งที่ส่งมาด้วย	๑.สรุปย่อโครงร่างวิทยานิพนธ์	จำนวน ๑ ฉบับ
	๒.สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	จำนวน ๑ ฉบับ
	๓.แบบประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยนางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล รหัสนักศึกษา ๖๓๒๐๑๒๑๕๐๖ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล และดร.ชไมพร อินทร์แก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านดังกล่าว จึงเรียนมายังท่านเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะสำหรับนำไปปรับปรุงพัฒนา เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์และเป็นไปด้วยความถูกต้องต่อไป โดยคณะศึกษาศาสตร์ มอบหมายให้นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล โทรศัพท์หมายเลข ๐๘ ๒๔๔๕ ๖๕๑๔ หรือ E-mail: Phongampai.dh@gmail.com เป็นผู้ประสาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณท่านอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.วรภาคย์ ไมตรีพันธ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิต นวัตกรรมและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐๗๓๓๓๑๓๐๑
โทรสาร ๐๗๓๓๔๘๓๒๒

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา โทร. ๑๖๒๗

ที่ มอ ๒๐๒.๑๘/๖๕- ว ๑ **วันที่** ๒๔ มกราคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เรียน คุณอำนาจ สุคนเขตร์

ด้วยนางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล รหัสนักศึกษา ๖๓๒๐๑๒๑๕๐๖ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล และ ดร.ชไมพร อินทร์แก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านดังกล่าว จึงเรียนมายังท่านเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะสำหรับนำไปปรับปรุงพัฒนา เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์และเป็นไปด้วยความถูกต้องต่อไป โดยคณะศึกษาศาสตร์ มอบหมายให้นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล โทรศัพท์หมายเลข ๐๘ ๒๔๔๕ ๖๕๑๔ หรือ E-mail: Phongampai.dh@gmail.com เป็นผู้ประสาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอบพระคุณท่านอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ดร.วรภาคย์ ไมตรีพันธ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิต นวัตกรรมและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ที่ อว ๖๘๒๐๒/๖๕- ว ๑๕๘

คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำบลรูสะมิแล อำเภอเมือง
จังหวัดปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๔ มกราคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เรียน คุณจตุพร แป้นมี

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑.แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน ๑ ฉบับ
๒.แบบประเมินกระบวนการออกแบบวิศวกรรม จำนวน ๑ ฉบับ
๓.แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ จำนวน ๑ ฉบับ
๔.แบบประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน ๑ ฉบับ
๕.แบบประเมินความสอดคล้องของการประเมินตามสภาพจริงโดยใช้ Rubrics จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยนางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล รหัสนักศึกษา ๖๓๒๐๑๒๑๕๐๖ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล และดร.ชไมพร อินทร์แก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านดังกล่าว จึงเรียนมายังท่านเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะสำหรับนำไปปรับปรุงพัฒนา เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์และเป็นไปด้วยความถูกต้องต่อไป โดยคณะศึกษาศาสตร์ มอบหมายให้นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล โทรศัพท์หมายเลข ๐๘ ๒๔๔๕ ๖๕๑๔ หรือ E-mail: Phongampai.dh@gmail.com เป็นผู้ประสาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณท่านอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.วรภาคย์ ไมตรีพันธ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิต นวัตกรรมและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐๗๓๓๑๓๐๑
โทรสาร ๐๗๓๓๔๘๓๒๒

ที่ อว ๖๘๒๐๒/๖๕- ว ๑๕๘

คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำบลรูสะมิแล อำเภอเมือง
จังหวัดปัตตานี ๙๔๐๐๐

๒๔ มกราคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เรียน คุณบานเย็น จันทรวงศ์เกษม

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑.แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน ๑ ฉบับ
๒.แบบประเมินกระบวนการออกแบบวิศวกรรม จำนวน ๑ ฉบับ
๓.แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ จำนวน ๑ ฉบับ
๔.แบบประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน ๑ ฉบับ
๕.แบบประเมินความสอดคล้องของการประเมินตามสภาพจริงโดยใช้ Rubrics จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยนางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล รหัสนักศึกษา ๖๓๒๐๑๒๑๕๐๖ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล และดร.ชไมพร อินทร์แก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านดังกล่าว จึงเรียนมายังท่านเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะสำหรับนำไปปรับปรุงพัฒนา เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์และเป็นไปด้วยความถูกต้องต่อไป โดยคณะศึกษาศาสตร์ มอบหมายให้นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล โทรศัพท์หมายเลข ๐๘ ๒๔๔๕ ๖๕๑๔ หรือ E-mail: Phongampai.dh@gmail.com เป็นผู้ประสาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณท่านอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.วรภาคย์ ไมตรีพันธ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิต นวัตกรรมและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐๗๓๓๓๑๓๐๑
โทรสาร ๐๗๓๓๔๘๓๒๒

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา โทร. ๑๖๒๗

ที่ มอ ๒๐๒.๑๘/๖๕- ว ๑ **วันที่** ๒๔ มกราคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เรียน ดร.ณรงค์ศักดิ์ รอบคอบ

ด้วยนางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล รหัสนักศึกษา ๖๓๒๐๑๒๑๕๐๖ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระวัฒน์ ตันสกุล และ ดร.ชไมพร อินทร์แก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

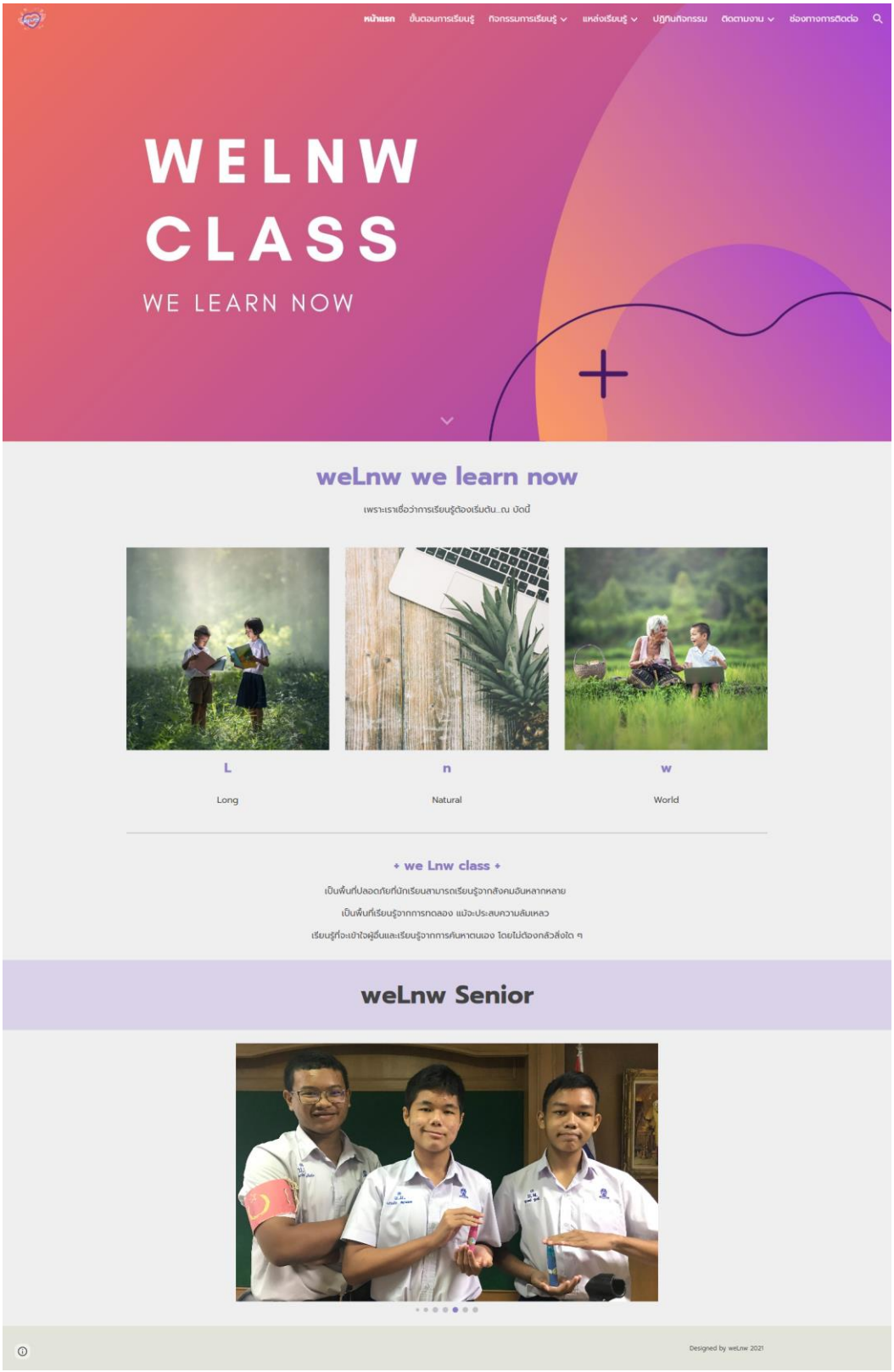
ในการนี้ คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านดังกล่าว จึงเรียนมายังท่านเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะสำหรับนำไปปรับปรุงพัฒนา เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ และเป็นไปด้วยความถูกต้องต่อไป โดยคณะศึกษาศาสตร์ มอบหมายให้นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล โทรศัพท์หมายเลข ๐๘ ๒๔๔๕ ๖๕๑๔ หรือ E-mail: Phongampai.dh@gmail.com เป็นผู้ประสาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอบพระคุณท่านอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

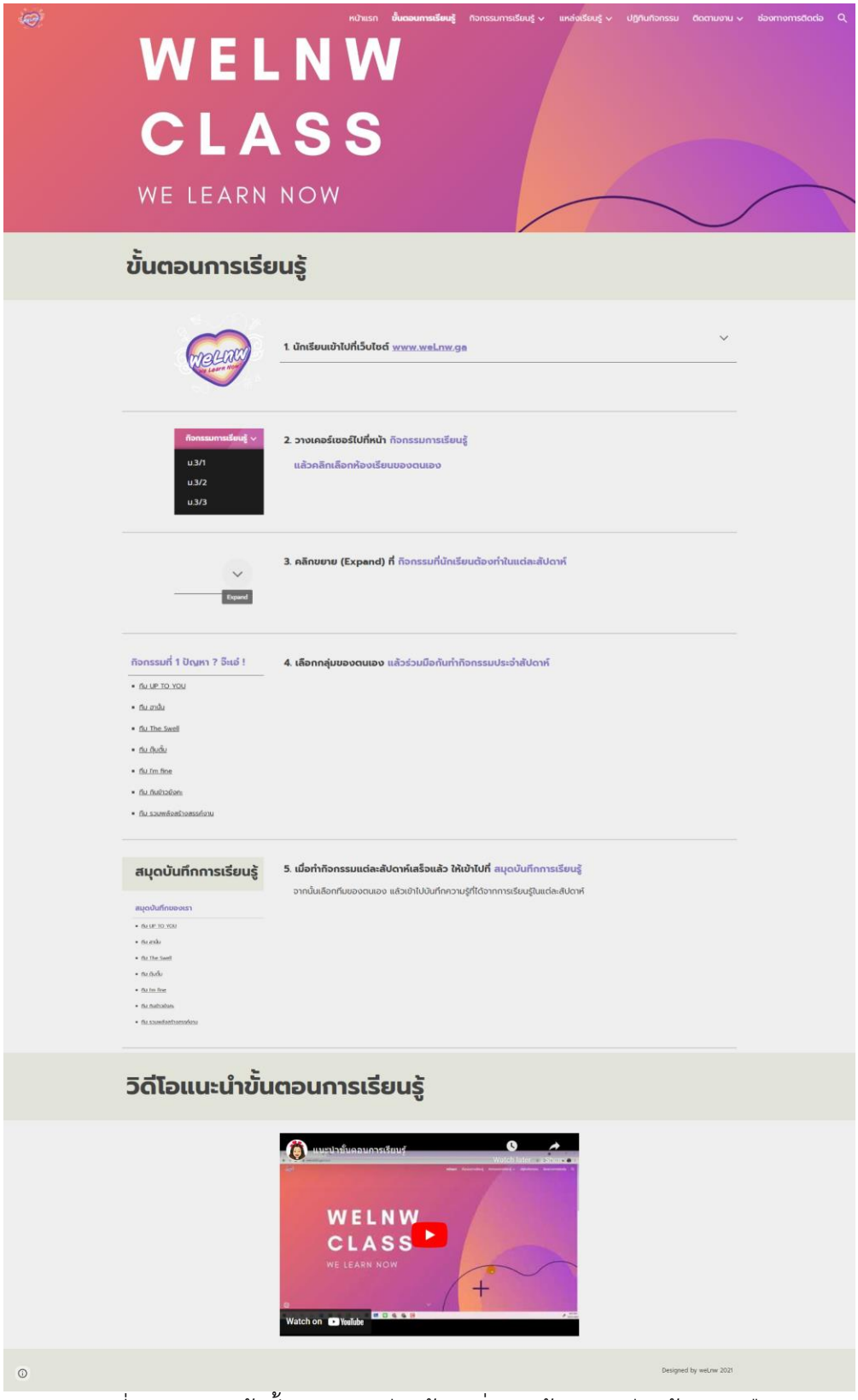
(ดร.วรภาคย์ ไมตรีพันธ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิต นวัตกรรมและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาคผนวก ข

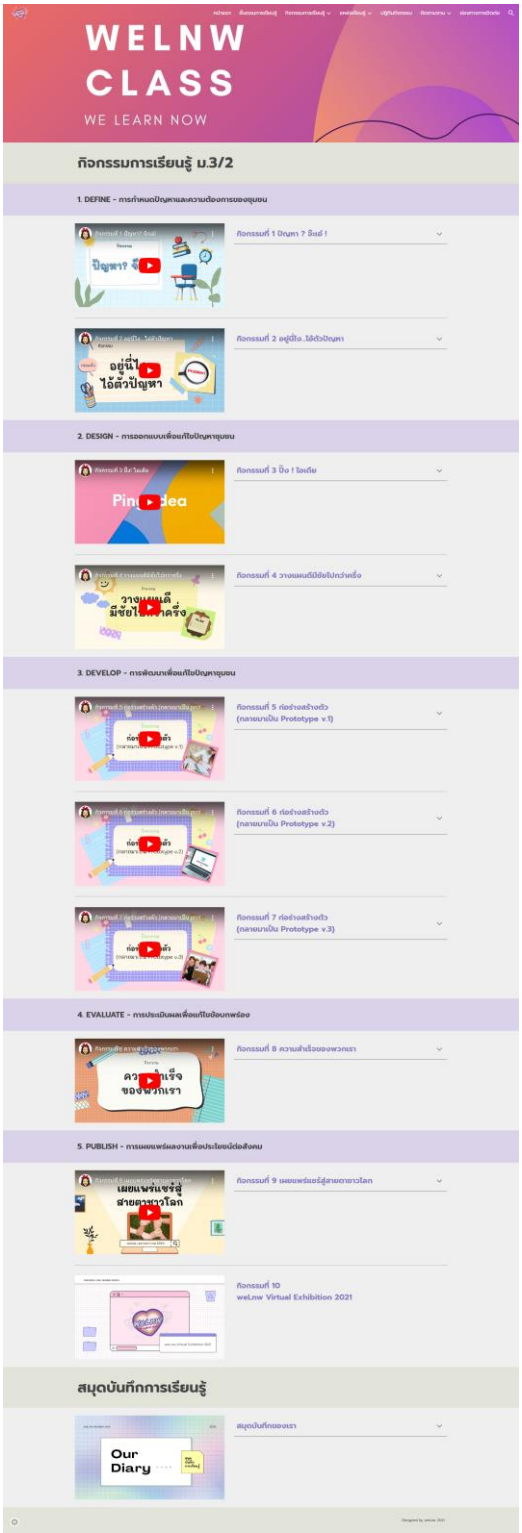
สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม



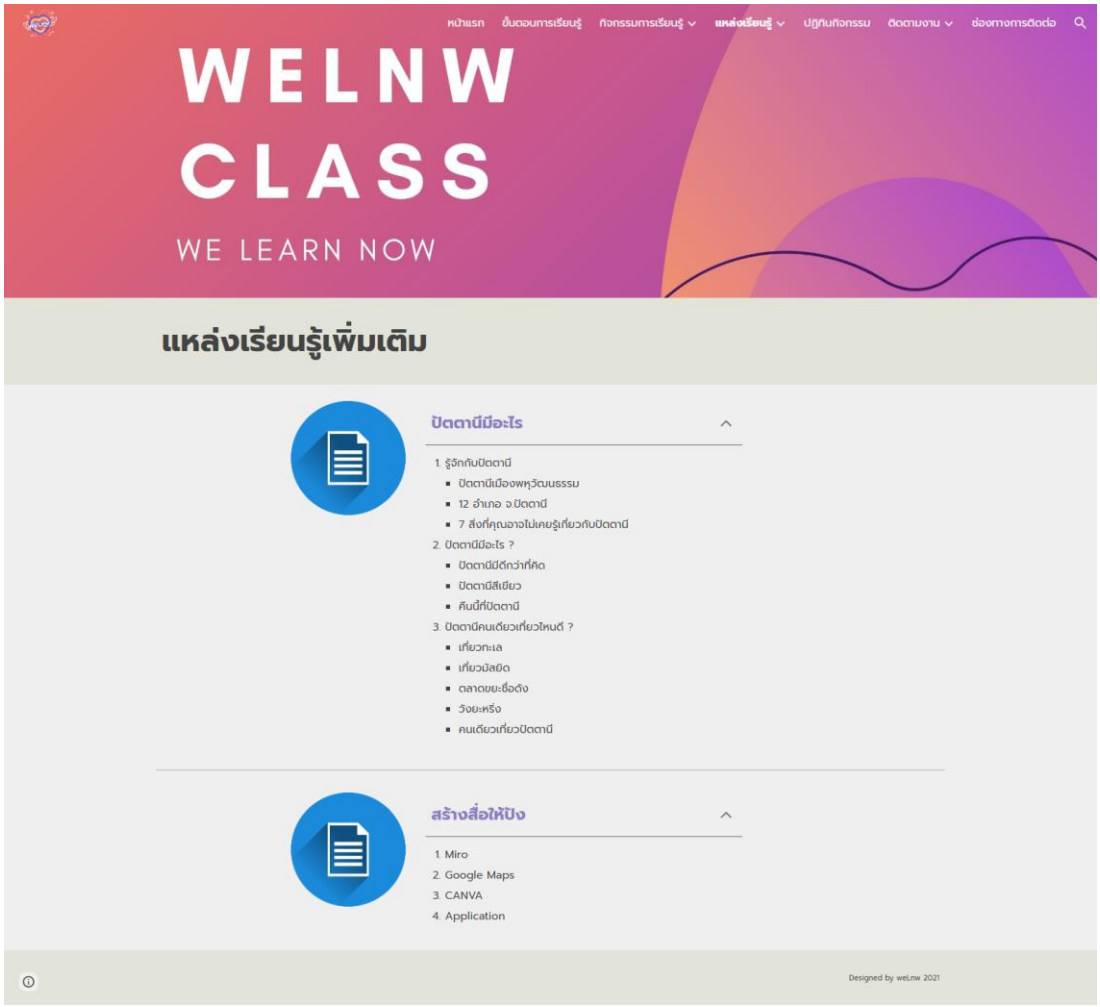
ภาพที่ 20 แสดงหน้าแรกของการเข้าสู่สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม



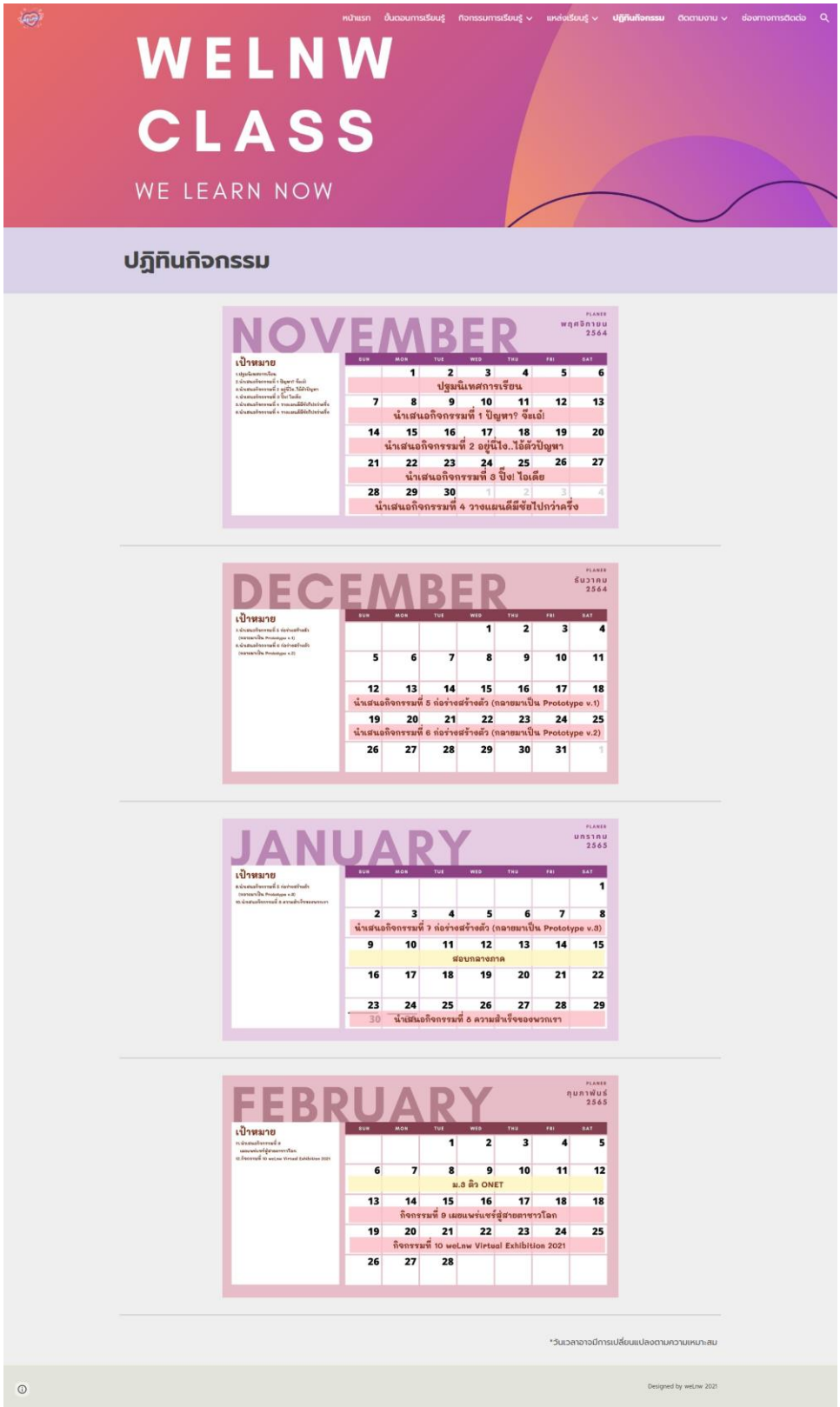
ภาพที่ 21 แสดงหน้าขั้นตอนการเรียนรู้ของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม



ภาพที่ 22 แสดงหน้ากิจกรรมการเรียนรู้ของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม



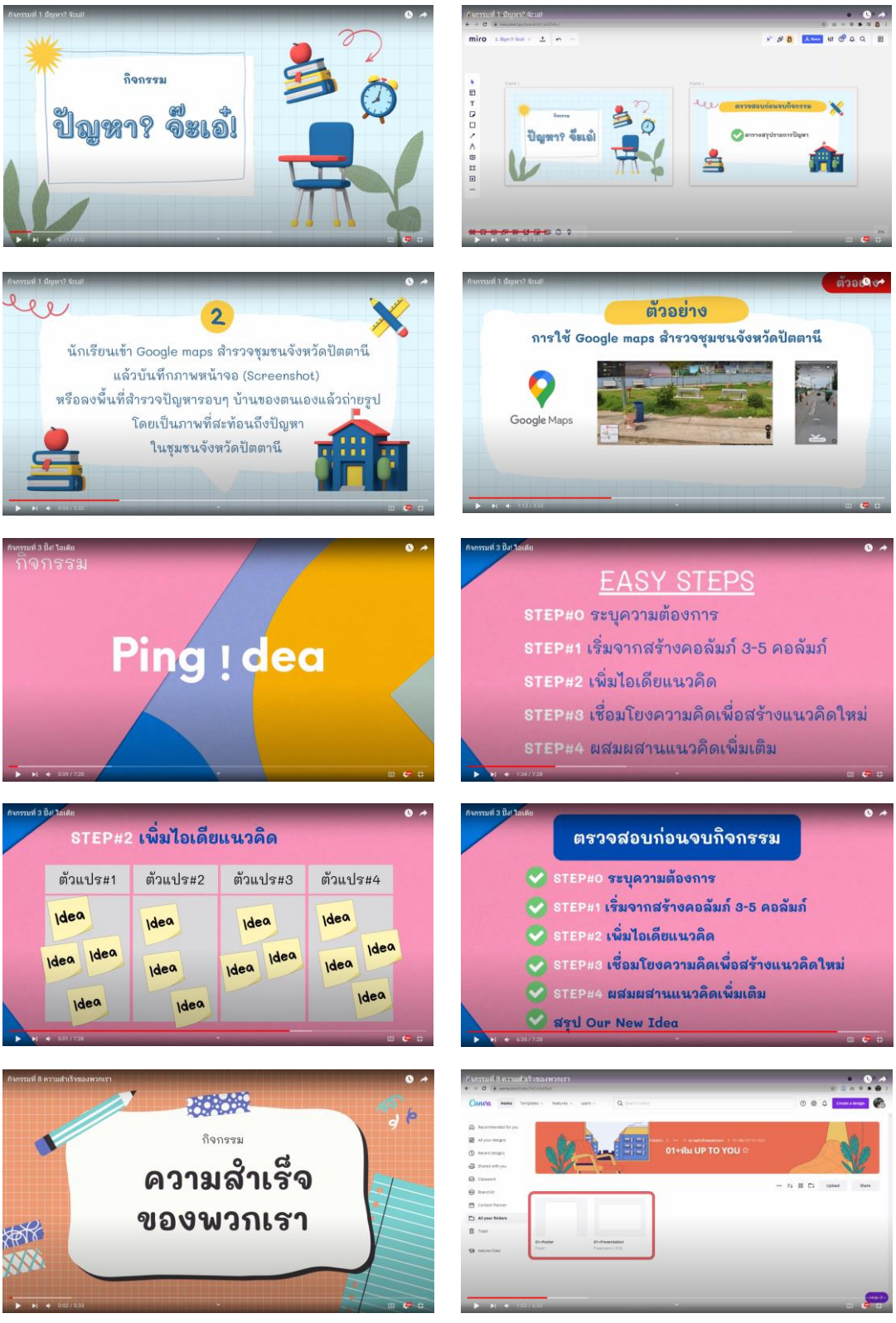
ภาพที่ 23 แสดงหน้ากิจกรรมการเรียนรู้ของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม



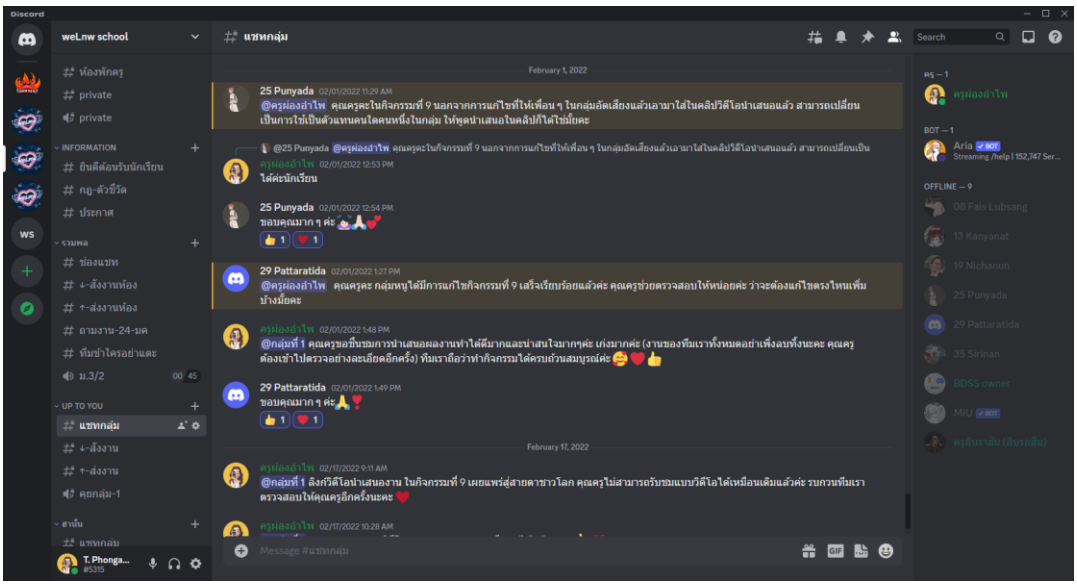
ภาพที่ 24 แสดงหน้าปฏิทินกิจกรรมของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

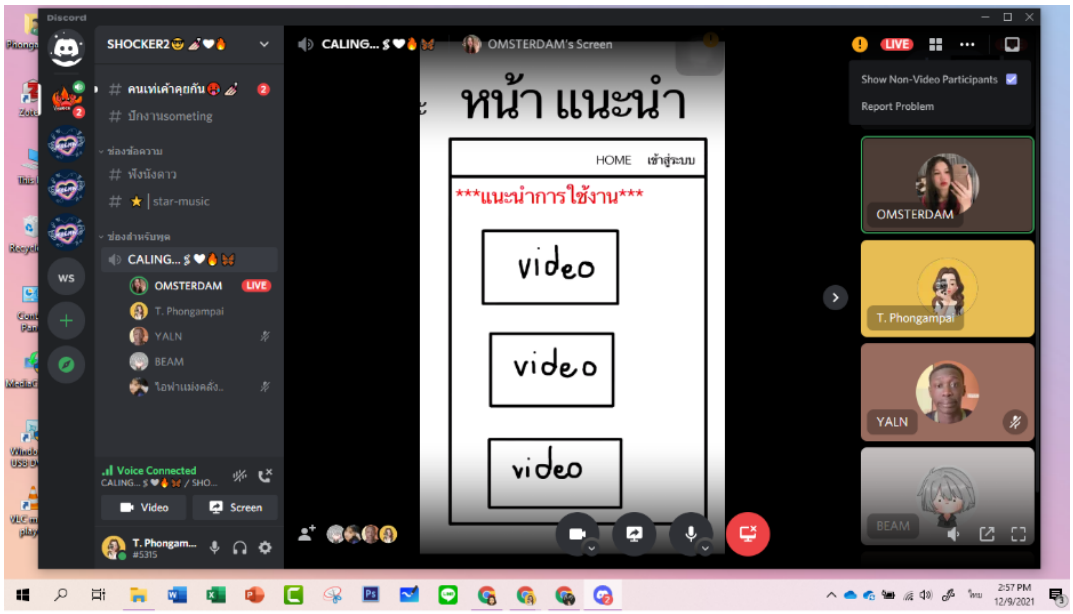
ภาพที่ 25 แสดงหน้าติดตามงานของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

ภาพที่ 26 ช่องทางการติดต่อของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

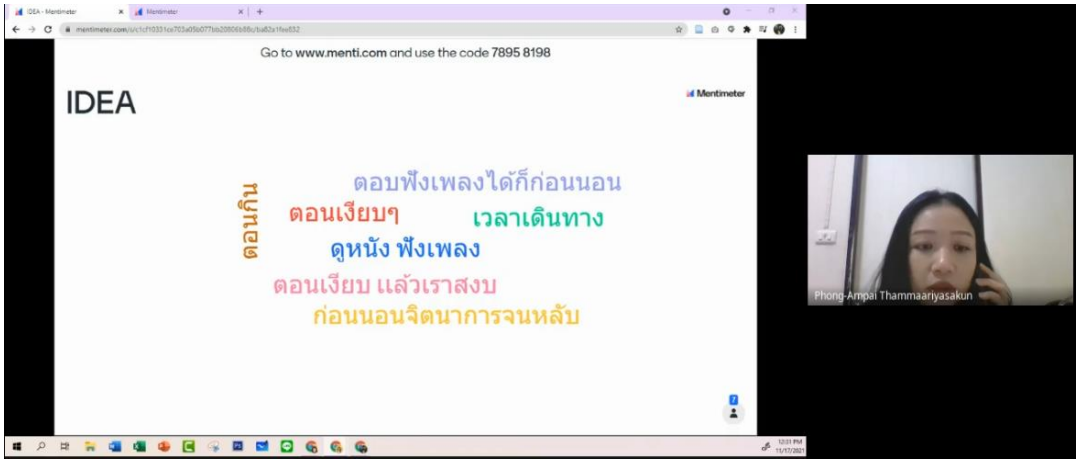


ภาพที่ 27 ตัวอย่างเนื้อหาบางส่วนในวิดีโอ

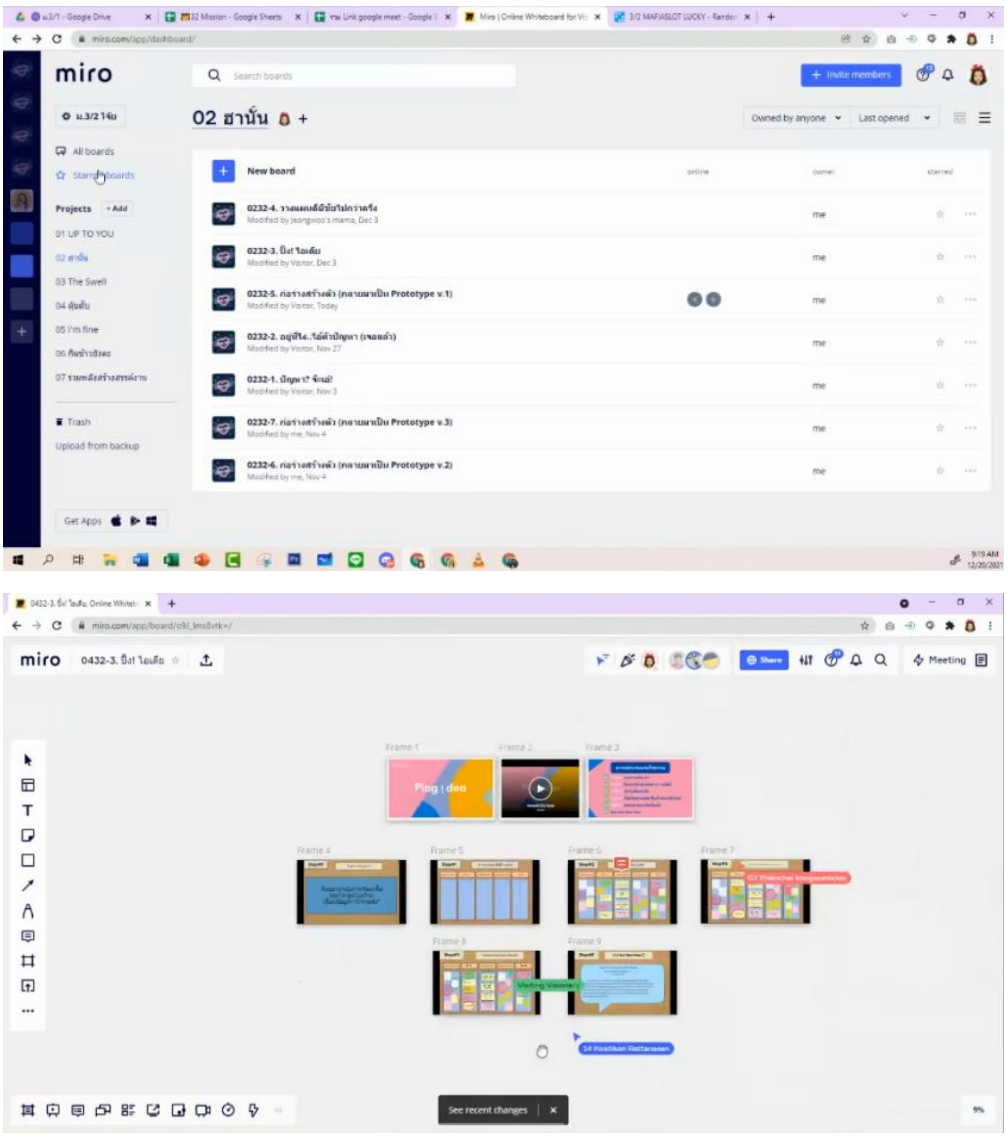




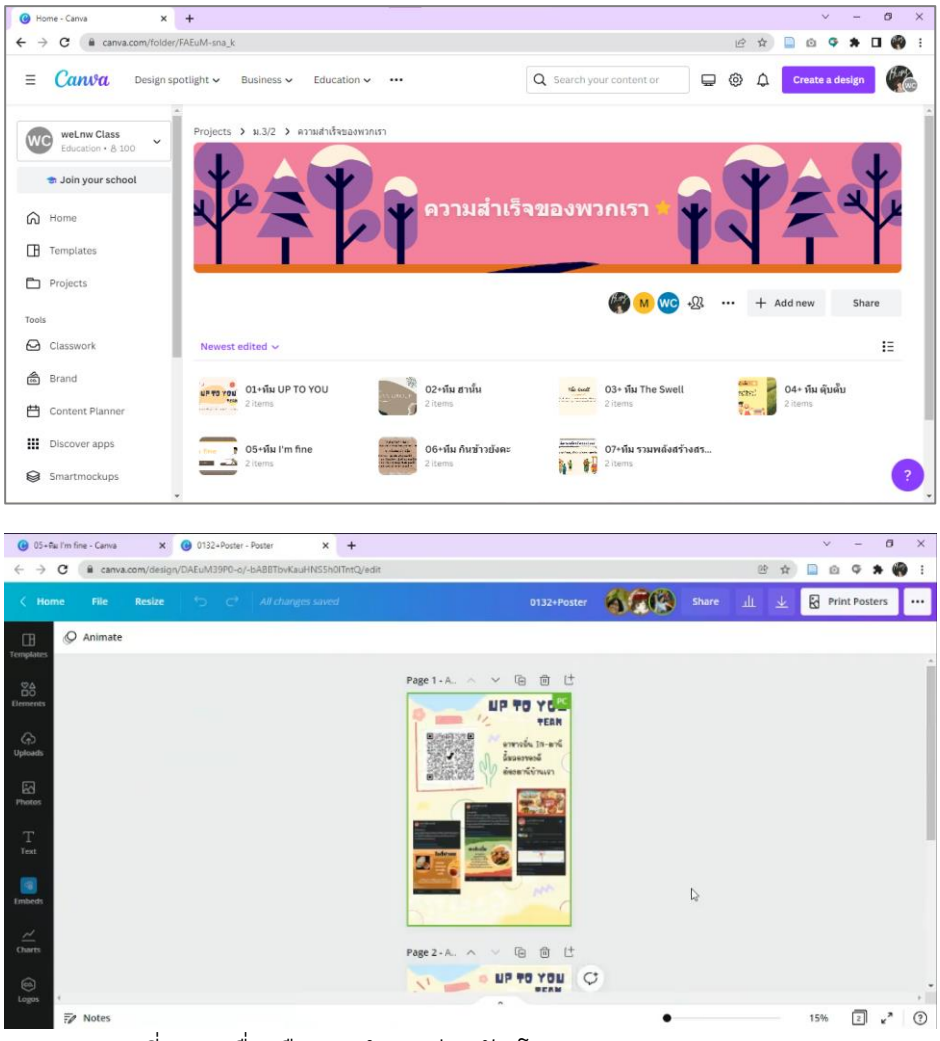
ภาพที่ 28 เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร โปรแกรม Discord



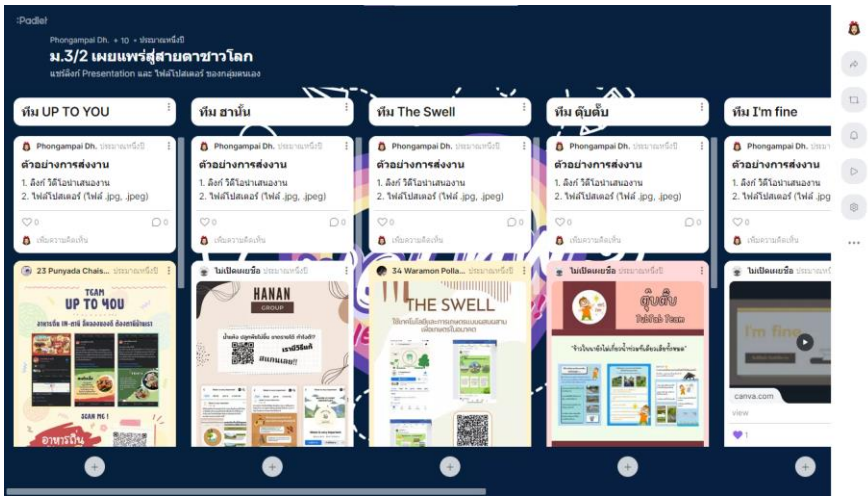
ภาพที่ 29 เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร โปรแกรม Google Meet



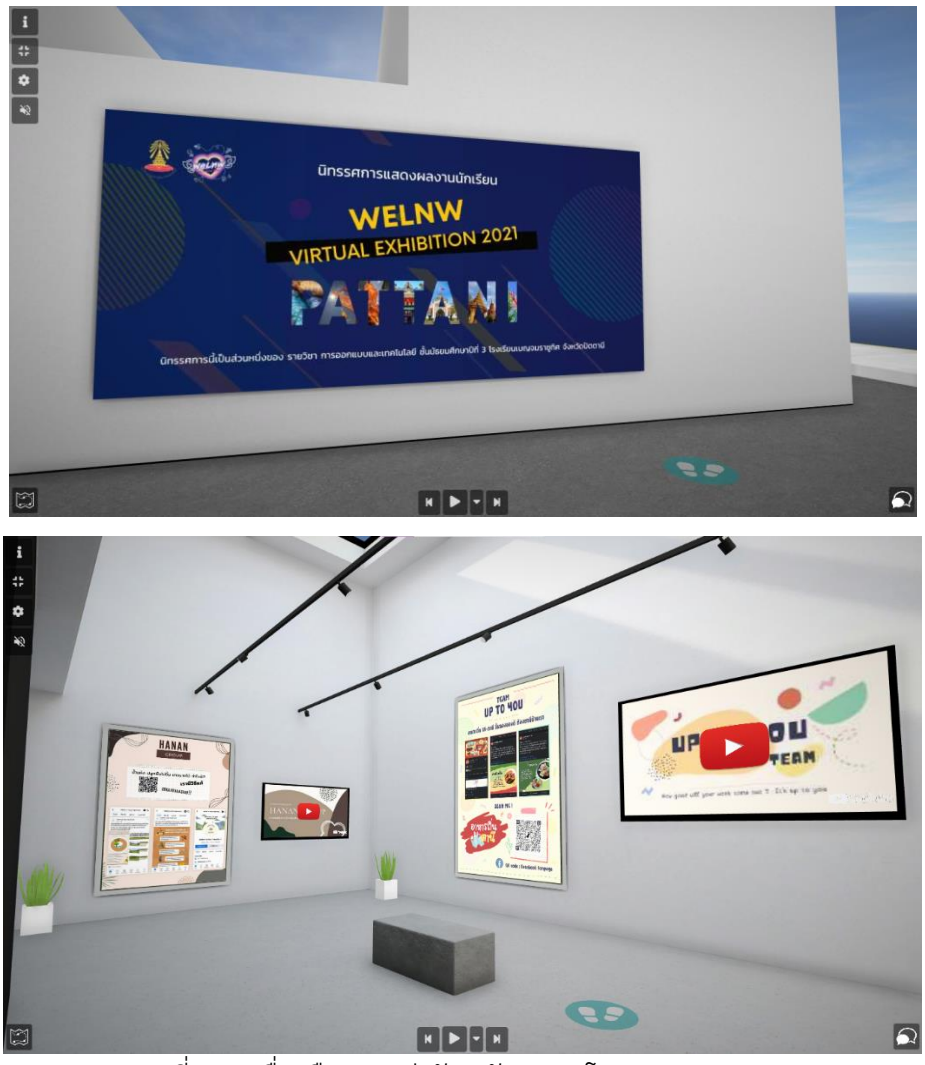
ภาพที่ 30 เครื่องมือการทำงานร่วมกัน โปรแกรม Miro



ภาพที่ 31 เครื่องมือการทำงานร่วมกัน โปรแกรม Canva Education

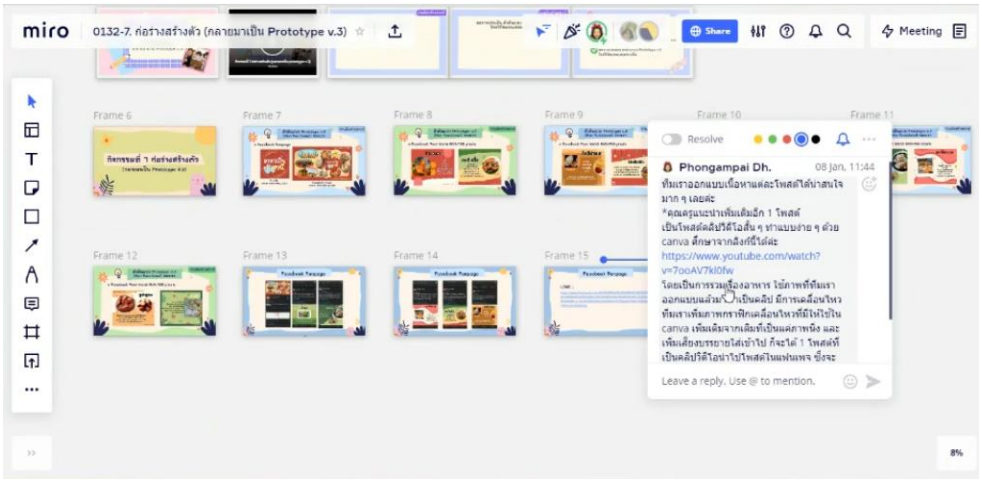


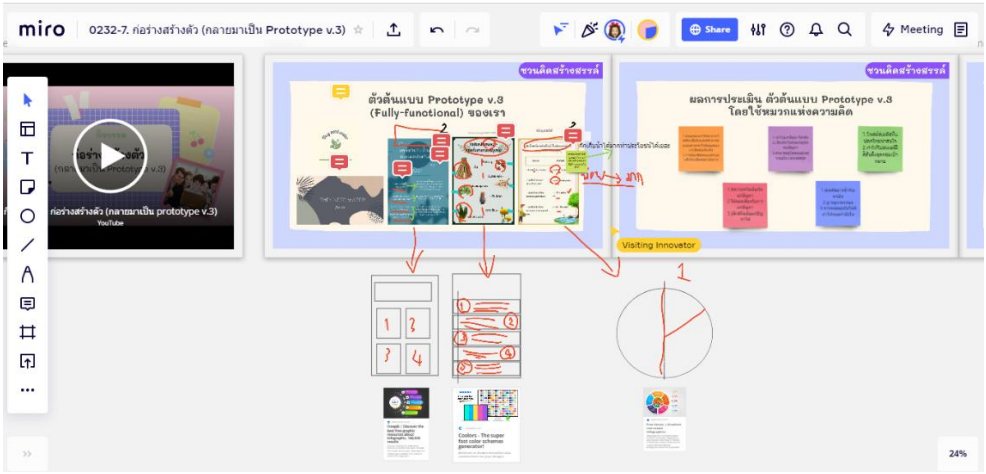
ภาพที่ 32 เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร โปรแกรม Padlet



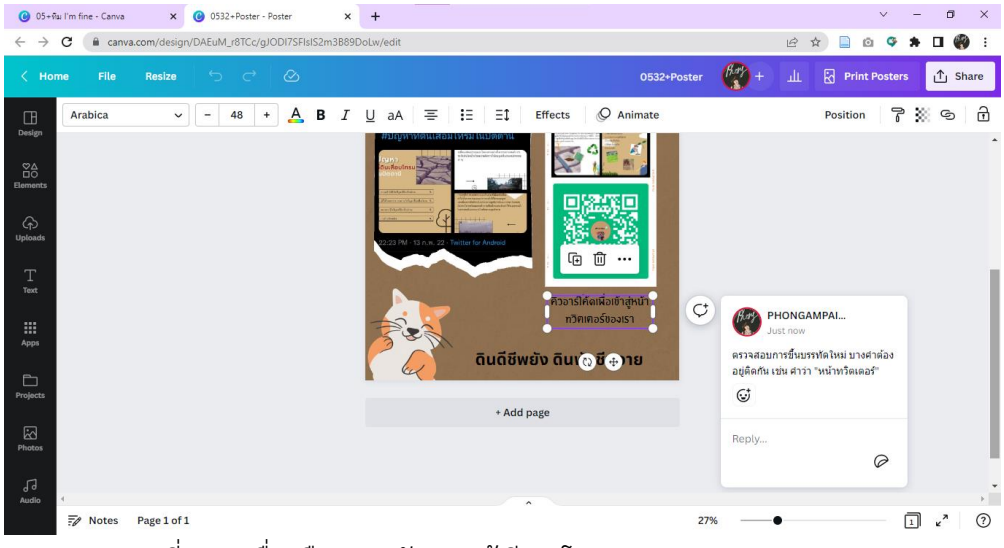
ภาพที่ 33 เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร โปรแกรม Artsteps

ภาพที่ 34 เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ โปรแกรม Padlet





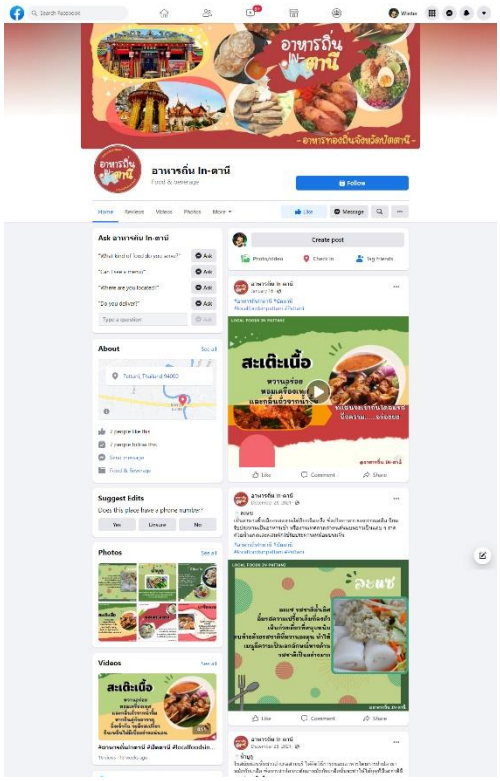
ภาพที่ 35 เครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน โปรแกรม Miro



ภาพที่ 36 เครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน โปรแกรม Canva Education

ภาคผนวก ค
ผลงานนักเรียน

โปสเตอร์

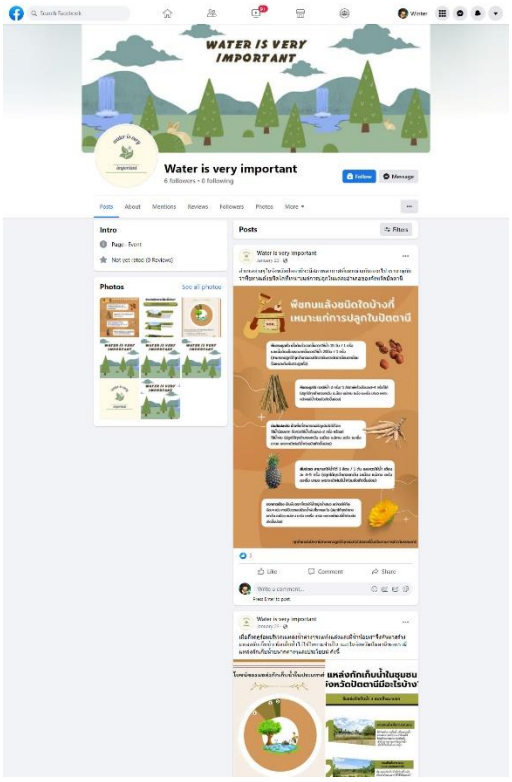


ผลงาน

สแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อรับชมวิดีทัศน์นำเสนอผลงาน

ภาพที่ 37 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 1

โปสเตอร์

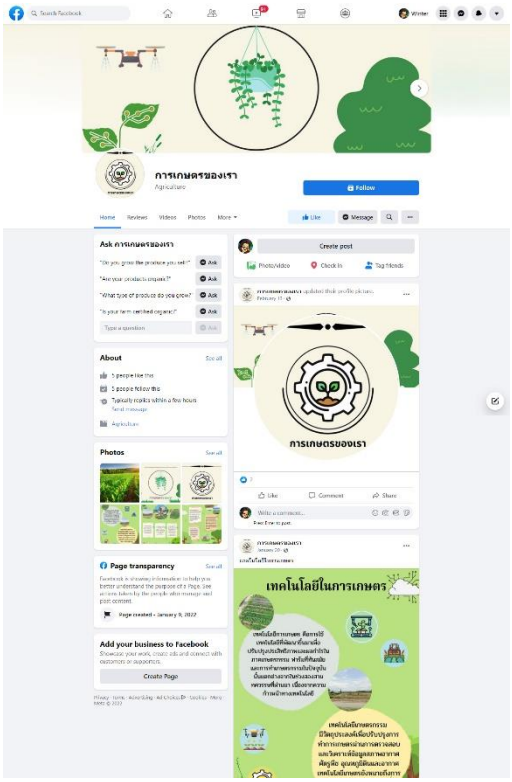


ผลงาน

สแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อรับชมวิดีทัศน์นำเสนอผลงาน

ภาพที่ 38 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 2

โปสเตอร์



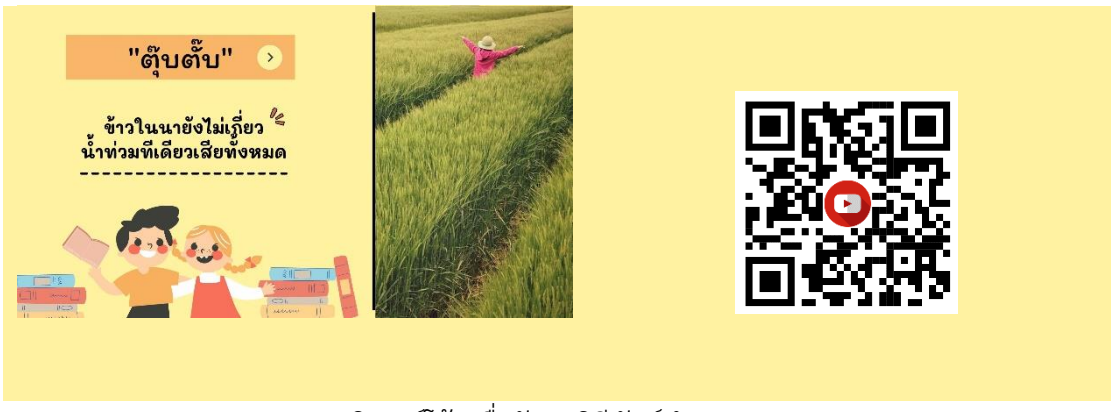
ผลงาน

สแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อรับชมวิดีทัศน์นำเสนอผลงาน

ภาพที่ 39 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3

โปสเตอร์

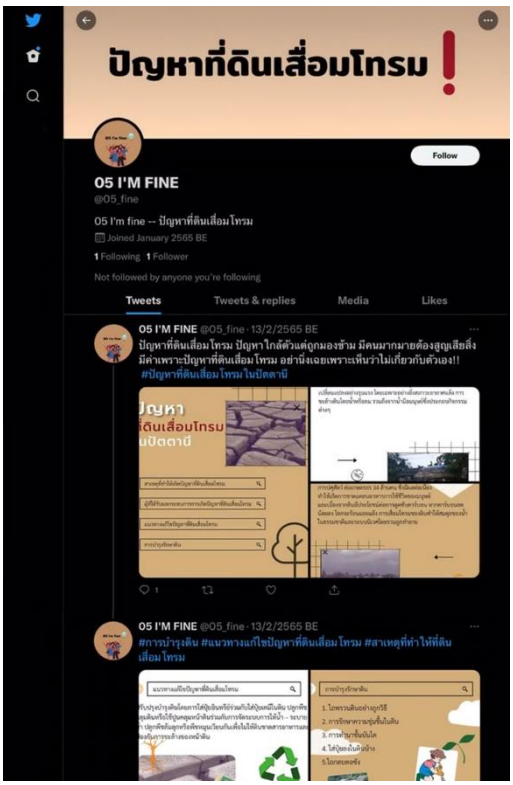
ผลงาน



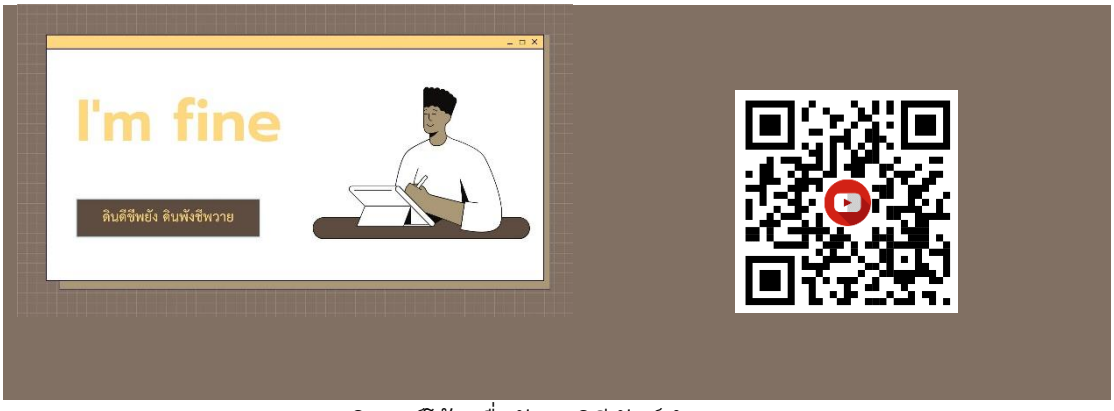
สแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อรับชมวิดีทัศน์นำเสนอผลงาน

ภาพที่ 40 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 4

โปสเตอร์



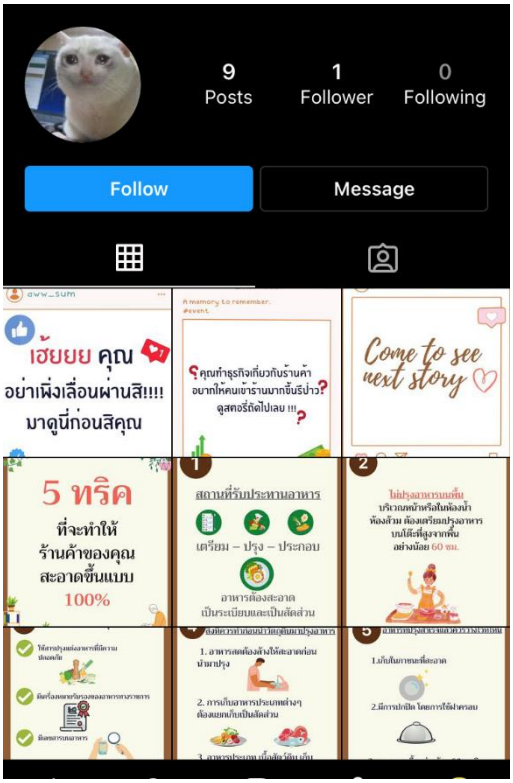
ผลงาน



สแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อรับชมวิดีทัศน์นำเสนอผลงาน

ภาพที่ 41 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 5

โปสเตอร์

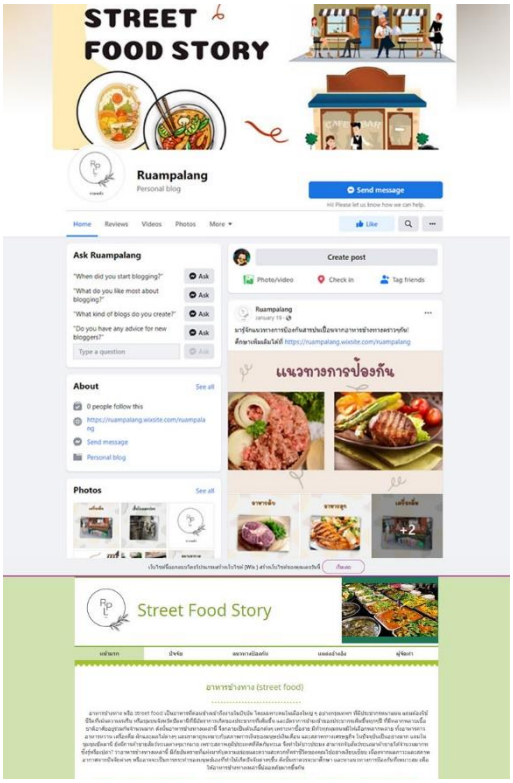


ผลงาน

สแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อรับชมวิดีทัศน์นำเสนอผลงาน

ภาพที่ 42 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 6

โปสเตอร์



ผลงาน

สแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อรับชมวิดีทัศน์นำเสนอผลงาน

ภาพที่ 43 ผลงานของนักเรียนกลุ่มที่ 7

ภาคผนวก ง
ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ตารางที่ 15 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	**ด้านรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**					
	1.1 รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ มีความเหมาะสมต่อการพัฒนานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	+1	+1	+1	3	1.00
	1.2 ภาพแบบจำลอง (Model) ของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ แสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันขององค์ประกอบอย่างเป็นระบบและเป็นระดับขั้นตอนที่เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	1.3 ภาพแบบจำลอง (Model) ของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ มีความเหมาะสมและง่ายต่อการทำความเข้าใจ	+1	+1	+1	3	1.00
2	**ด้านองค์ประกอบในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**					
	2.1 องค์ประกอบของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ มีความครอบคลุม ครบถ้วน และมีความสอดคล้องสัมพันธ์กัน	+1	+1	+1	3	1.00
	องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ					
	2.2 องค์ประกอบที่ 1 ด้านการติดต่อสื่อสารมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	2.3 องค์ประกอบที่ 2 ด้านการทำงานร่วมกันมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	2.4 องค์ประกอบที่ 3 ด้านการแบ่งปันทรัพยากรมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	2.5 องค์ประกอบที่ 4 ด้านการสะท้อนคิดสร้างสรรค์มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	2.6 องค์ประกอบที่ 5 ด้านการสนับสนุนผู้เรียนมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	องค์ประกอบของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม					
	2.7 ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหามีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	2.8 ขั้นที่ 2 การออกแบบมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	2.9 ขั้นที่ 3 การพัฒนามีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	2.10 ขั้นที่ 4 การประเมินผลมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	2.11 ขั้นที่ 5 การนำเสนอมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
3	**ด้านขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม**					
	3.1 ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหา (Problem Definition)					
	3.1.1 การสำรวจปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.1.2 การสรุปรายการปัญหามีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.1.3 การจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหามีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.1.4 การเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.2 ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Design)					
	3.2.1 การสร้างแนวคิดใหม่โดยใช้เทคนิค Morphological Chart มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.2.2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับปัญหาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.2.3 การพิจารณาถึงผลกระทบทางบวกและทางลบมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.2.4 การจัดลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหามีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.2.5 การออกแบบแนวทางการพัฒนาชิ้นงานมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.3 ขั้นที่ 3 การพัฒนา (Development)					
	3.3.1 การสร้างต้นแบบมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.3.2 การสร้างชิ้นงานตามขั้นตอนที่วางแผนไว้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.3.3 การทดสอบชิ้นงานมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	3.4 ขั้นที่ 4 การประเมิน (Evaluation)					
	3.4.1 ประเมินชิ้นงานโดยใช้หมวกแห่งความคิดมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.5 ขั้นที่ 5 การนำเสนอ (Presentation)					
	3.5.1 การนำเสนอผลงานมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
4	**ด้านเครื่องมือที่ใช้ในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**					
	4.1 เครื่องมือสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ					
	4.1.1 เครื่องมือการติดต่อสื่อสารมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	4.1.2 เครื่องมือการทำงานร่วมกันมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	4.1.3 เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากรมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	4.1.4 เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	4.1.5 เครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียนมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	4.2 เครื่องมือกระบวนการออกแบบวิศวกรรม					
	4.2.1 เครื่องมือในขั้นการกำหนดปัญหามีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	4.2.2 เครื่องมือในขั้นการออกแบบมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	4.2.3 เครื่องมือในขั้นการพัฒนามีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	4.2.4 เครื่องมือในขั้นการประเมินมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	4.2.5 เครื่องมือในขั้นการนำเสนอมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
5	**ด้านประโยชน์ของการใช้งานรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**					
	5.1รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนได้จริง	+1	+1	+1	3	1.00
	5.2 สถานที่ในการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบสิ่งแวดล้อมฯ (ออนไลน์)	+1	+1	+1	3	1.00
	5.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในสิ่งแวดล้อมฯ (18 สัปดาห์)	+1	+1	+1	3	1.00
ผลรวมค่าเฉลี่ย IOC		**1.00**				

ตารางที่ 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	**ด้านเนื้อหา**					
	1.1 โครงสร้างเนื้อหาชัดเจนมีความสัมพันธ์ต่อเนื่อง	+1	+1	+1	3	1.00
	1.2 เนื้อหาที่นำเสนอมีความตรงและครอบคลุมตามจุดประสงค์	+1	+1	+1	3	1.00
	1.3 ใช้ภาษาถูกต้องเหมาะสม (รวมข้อความและเสียงบรรยาย)	+1	+1	+1	3	1.00
	1.4 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00
2	**ด้านการออกแบบหน้าจอ**					
	2.1 การจัดวางองค์ประกอบได้สัดส่วนสวยงาม และง่ายต่อการใช้งาน	+1	+1	+1	3	1.00
	2.2 การใช้รูปแบบตัวอักษร ขนาดตัวอักษรและสีตัวอักษรมีความชัดเจน อ่านง่าย และเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00
	2.3 การเลือกใช้สีมีความสวยงาม เหมาะสม กลมกลืน และกระตุ้นความสนใจ	+1	+1	+1	3	1.00

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
	2.4 รูปแบบการนำเสนอมีการแบ่งหมวดหมู่เนื้อหาออกเป็นลำดับ ง่ายต่อการทำความเข้าใจ	+1	+1	+1	3	1.00
	2.5 ปุ่ม (Button) สัญรูป (Icon) ข้อความหรือแถบข้อความหรือรูปภาพชัดเจนเหมาะสมและถูกต้อง สื่อสารกับผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
3	**ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**					
	3.1 การนำเสนอกิจกรรมด้วยสื่อวีดิทัศน์มีความน่าสนใจ เข้าใจง่าย และกระตุ้นให้หาคำตอบอย่างต่อเนื่อง	+1	+1	+1	3	1.00
	3.2 กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์	+1	+1	+1	3	1.00
	3.3 แหล่งเรียนรู้สนับสนุนข้อมูลให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาด้วยตนเองได้	+1	+1	+1	3	1.00
	3.4 การเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมแบบเสมือนสนับสนุนการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้แลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็น และการแก้ปัญหาร่วมกัน	+1	+1	+1	3	1.00
	3.5 เครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ที่หลากหลายรูปแบบสนองต่อการสร้างความรู้และส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์	+1	+1	+1	3	1.00
	3.6 การเรียนจากสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน สนับสนุนการเรียนรู้อย่างอิสระ และสามารถเลือกศึกษาค้นคว้าได้ตามความสนใจ	+1	+1	+1	3	1.00
	3.7 การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับผู้สอนเป็นไปอย่างสะดวก ไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลาและสถานที่	+1	+1	+1	3	1.00

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
4	**ด้านเทคนิคและการนำเสนอ**					
	4.1 แสดงผลอย่างถูกต้องผ่านบราวเซอร์ Google Chrome หรือ Internet Explorer ขึ้นไป	+1	+1	+1	3	1.00
	4.2 การเชื่อมโยง (Link) ไปยังสารสนเทศต่าง ๆ มีประสิทธิภาพในการศึกษาค้นคว้าและตอบสนองความต้องการในการเรียนรู้ได้ดี	+1	+1	+1	3	1.00
	4.3 ภาพและเสียงที่ใช้ประกอบแสดงผลได้ถูกต้องและรวดเร็ว	+1	+1	+1	3	1.00
	4.4 การจัดวางตำแหน่งของข้อความและภาพประกอบมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	4.5 รูปแบบของระบบนำทาง (Navigation) มีความคงที่และเข้าใจง่าย	+1	+1	+1	3	1.00
ผลรวมค่าเฉลี่ย IOC		**1.00**				

ตารางที่ 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	**ด้านสาระสำคัญ**					
	1.1 การเขียนสาระสำคัญมีความกระชับครอบคลุม และสอดคล้องตามเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	3	1.00
2	**ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา**					
	2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้องสอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	3	1.00
	2.2 สามารถนำมาใช้ในการปฏิบัติการสอนได้จริง	+1	+1	+1	3	1.00
	2.3 สามารถวัดประเมินผลได้	+1	+1	+1	3	1.00

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
3	**ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้**					
	3.1 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1.00
	3.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีแก้ปัญหา	+1	+1	+1	3	1.00
	3.3 กิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ	+1	+1	+1	3	1.00
	3.4 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เป็นขั้นตอนที่เหมาะสมกับกิจกรรมและผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00
	3.5 เครื่องมือเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) แต่ละขั้นตอนมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.6 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) สามารถส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์	+1	+1	+1	3	1.00
	3.7 กิจกรรมมีลำดับกระบวนการและกิจกรรมการเรียนรู้เป็นขั้นตอน	+1	+1	+1	3	1.00
	3.8 จำนวนชั่วโมงในการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
	3.9 กิจกรรม และภาระงานหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00
	3.10 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) สามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
4	**ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้**					
	4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาที่เรียน	+1	+1	+1	3	1.00
	4.2 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนการสอน วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1.00
	4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์	+1	+1	+1	3	1.00
	4.4 สื่อที่ใช้ประกอบการเรียนมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
5	**ด้านการวัดและประเมินผล**					
	5.1 วิธีวัดผลและเครื่องมือที่ใช้ใชการวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์	+1	+1	+1	3	1.00
	5.2 สามารถวัดและประเมินตามสภาพจริงได้อย่างครอบคลุม	+1	+1	+1	3	1.00
	5.3 มีเกณฑ์การวัดได้อย่างเที่ยงตรงและชัดเจน	+1	+1	+1	3	1.00
ผลรวมค่าเฉลี่ย IOC		**1.00**				

ตารางที่ 18 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) มีองค์ประกอบครบถ้วน	+1	+1	+1	3	1.00
2	ประเด็นที่จะประเมิน (Criteria) ครบถ้วนและสอดคล้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1.00
3	ระดับความสามารถ (Performance Levels) มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00
4	คำอธิบายคุณภาพของแต่ละระดับความสามารถ (Quality Descriptors) มีความชัดเจน ใช้ภาษาที่กะทัดรัดเข้าใจง่าย	+1	+1	+1	3	1.00
5	การให้คะแนนมีลักษณะต่อเนื่อง (Continuous) แต่ละคะแนนมีความห่างเท่ากัน	+1	+1	+1	3	1.00
6	คะแนนแต่ละระดับมีความสอดคล้องกัน (Parallel) และแสดงถึงความลดหลั่นของคุณภาพงาน	+1	+1	+1	3	1.00
7	มีความเกี่ยวเนื่องกัน (Coherent) ในแต่ละระดับของการให้คะแนน	+1	+1	+1	3	1.00
8	น้ำหนักการให้คะแนนในแต่ละระดับมีความเหมาะสม (Aptly weighted) มีเหตุผลน้ำหนักของคะแนนในแต่ละระดับสามารถอ้างอิงไปยังระดับอื่น ๆ ได้	+1	+1	+1	3	1.00
9	มีความเที่ยงตรง (Valid) คะแนนในแต่ละระดับแสดงถึงคุณภาพของการปฏิบัติ เป็นสิ่งสะท้อนถึงคุณภาพของงาน	+1	+1	+1	3	1.00
10	เชื่อถือได้ (Reliable) มีความคงเส้นคงวาในการให้คะแนน ถึงแม้ใครจะเป็นผู้ประเมินและจะประเมินในช่วงเวลาใดก็ตาม	+1	+1	+1	3	1.00
ผลรวมค่าเฉลี่ย IOC		**1.00**				

ภาคผนวก จ
แบบประเมินคุณภาพ

แบบประเมิน

ความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
Development of Virtual Learning Environment Model with Engineering Design Process to Enhance Creative Thinking Skills for Ninth Grade Students

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์

ผู้วิจัย นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

ชื่อผู้ประเมิน .....

ตำแหน่ง .....

สถานที่ทำงาน .....

.....

คำชี้แจง

แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ด้าน ได้แก่

ด้านที่ 1 ด้านรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

ด้านที่ 2 ด้านองค์ประกอบในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

ด้านที่ 3 ด้านขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

ด้านที่ 4 ด้านเครื่องมือที่ใช้ในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

ด้านที่ 5 ด้านประโยชน์ของการใช้งานรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
1	**ด้านรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**						
	1.1 รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ มีความเหมาะสมต่อการพัฒนานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3						
	1.2 ภาพแบบจำลอง (Model) ของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ แสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันขององค์ประกอบอย่างเป็นระบบและเป็นระดับขั้นตอนที่เหมาะสม						
	1.3 ภาพแบบจำลอง (Model) ของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ มีความเหมาะสมและง่ายต่อการทำความเข้าใจ						
2	**ด้านองค์ประกอบในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**						
	2.1 องค์ประกอบของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ มีความครอบคลุม ครบถ้วน และมีความสอดคล้องสัมพันธ์กัน						
	องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ						
	2.2 องค์ประกอบที่ 1 ด้านการติดต่อสื่อสารมีความเหมาะสม						
	2.3 องค์ประกอบที่ 2 ด้านการทำงานร่วมกันมีความเหมาะสม						
	2.4 องค์ประกอบที่ 3 ด้านการแบ่งปันทรัพยากรมีความเหมาะสม						
	2.5 องค์ประกอบที่ 4 ด้านการสะท้อนคิดสร้างสรรค์มีความเหมาะสม						
	2.6 องค์ประกอบที่ 5 ด้านการสนับสนุนผู้เรียนมีความเหมาะสม						
	องค์ประกอบของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม						
	2.7 ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหามีความเหมาะสม						
	2.8 ขั้นที่ 2 การออกแบบมีความเหมาะสม						

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
	2.9 ขั้นที่ 3 การพัฒนามีความเหมาะสม						
	2.10 ขั้นที่ 4 การประเมินผลมีความเหมาะสม						
	2.11 ขั้นที่ 5 การนำเสนอมีความเหมาะสม						
3	**ด้านขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม**						
	3.1 ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหา (Define)						
	3.1.1 การสำรวจปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีมีความเหมาะสม						
	3.1.2 การสรุปรายการปัญหามีความเหมาะสม						
	3.1.3 การจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหามีความเหมาะสม						
	3.1.4 การเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขมีความเหมาะสม						
	3.2 ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Design)						
	3.2.1 การสร้างแนวคิดใหม่โดยใช้เทคนิค Morphological Chart มีความเหมาะสม						
	3.2.2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับปัญหาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือมีความเหมาะสม						
	3.2.3 การพิจารณาถึงผลกระทบทางบวกและทางลบมีความเหมาะสม						
	3.2.4 การจัดลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหามีความเหมาะสม						
	3.2.5 การออกแบบแนวทางการพัฒนาชิ้นงานมีความเหมาะสม						
	3.3 ขั้นที่ 3 การพัฒนา (Develop)						
	3.3.1 การสร้างต้นแบบมีความเหมาะสม						
	3.3.2 การสร้างชิ้นงานตามขั้นตอนที่วางแผนไว้มีความเหมาะสม						
	3.3.3 การทดสอบชิ้นงานมีความเหมาะสม						

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
	3.4 ขั้นที่ 4 การประเมิน (Evaluate)						
	3.4.1 ประเมินชิ้นงานโดยใช้หมวกแห่งความคิดมีความเหมาะสม						
	3.5 ขั้นที่ 5 การนำเสนอ (Publish)						
	3.5.1 การนำเสนอผลงานมีความเหมาะสม						
4	**ด้านเครื่องมือที่ใช้ในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**						
	4.1 เครื่องมือสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ						
	4.1.1 เครื่องมือการติดต่อสื่อสารมีความเหมาะสม						
	4.1.2 เครื่องมือการทำงานร่วมกันมีความเหมาะสม						
	4.1.3 เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากรมีความเหมาะสม						
	4.1.4 เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์มีความเหมาะสม						
	4.1.5 เครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียนมีความเหมาะสม						
	4.2 เครื่องมือกระบวนการออกแบบวิศวกรรม						
	4.2.1 เครื่องมือในขั้นการกำหนดปัญหามีความเหมาะสม						
	4.2.2 เครื่องมือในขั้นการออกแบบมีความเหมาะสม						
	4.2.3 เครื่องมือในขั้นการพัฒนามีความเหมาะสม						
	4.2.4 เครื่องมือในขั้นการประเมินมีความเหมาะสม						
	4.2.5 เครื่องมือในขั้นการนำเสนอมีความเหมาะสม						

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
5	**ด้านประโยชน์ของการใช้งานรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**						
	5.1รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนได้จริง						
	5.2 สถานที่ในการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบสิ่งแวดล้อมฯ (ออนไลน์)						
	5.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในสิ่งแวดล้อมฯ (18 สัปดาห์)						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จากการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ข้าพเจ้ามีความเห็นว่า

☐ รูปแบบมีความเหมาะสมดีแล้ว สามารถนำไปใช้ทดลองได้

☐ รูปแบบมีความเหมาะสม แต่ควรปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปทดลองใช้

☐ รูปแบบยังไม่มีความเหมาะสม

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

ผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล (ผู้วิจัย)

แบบประเมิน

คุณภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
Development of Virtual Learning Environment Model
with Engineering Design Process to Enhance Creative Thinking
Skills for Ninth Grade Students

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์

ผู้วิจัย นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา
สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

ชื่อผู้ประเมิน .....

ตำแหน่ง .....

สถานที่ทำงาน .....

.....

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยคำถามจำนวน 4 ด้าน ได้แก่

ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหา

ด้านที่ 2 ด้านการออกแบบหน้าจอ

ด้านที่ 3 ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

ด้านที่ 4 ด้านเทคนิคและการนำเสนอ

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

5	หมายถึง	มีคุณภาพมากที่สุด
4	หมายถึง	มีคุณภาพมาก
3	หมายถึง	มีคุณภาพปานกลาง
2	หมายถึง	มีคุณภาพน้อย
1	หมายถึง	มีคุณภาพน้อยที่สุด

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
1	**ด้านเนื้อหา**						
	1.1 โครงสร้างเนื้อหาชัดเจนมีความสัมพันธ์ต่อเนื่อง						
	1.2 เนื้อหาที่นำเสนอมีความตรงและครอบคลุมตามจุดประสงค์						
	1.3 ใช้ภาษาถูกต้องเหมาะสม (รวมข้อความและเสียงบรรยาย)						
	1.4 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน						
2	**ด้านการออกแบบหน้าจอ**						
	2.1 การจัดวางองค์ประกอบได้สัดส่วน สวยงามและง่ายต่อการใช้งาน						

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
	2.2 การใช้รูปแบบตัวอักษร ขนาดตัวอักษร และสีตัวอักษรมีความชัดเจน อ่านง่าย และเหมาะสมกับผู้เรียน						
	2.3 การเลือกใช้สีมีความสวยงาม เหมาะสม กลมกลืน และกระตุ้นความสนใจ						
	2.4 รูปแบบการนำเสนอมีการแบ่งหมวดหมู่เนื้อหาออกเป็นลำดับ ง่ายต่อการทำความเข้าใจ						
	2.5 ปุ่ม (Button) สัญรูป (Icon) ข้อความหรือแถบข้อความหรือรูปภาพชัดเจน เหมาะสมและถูกต้อง สื่อสารกับผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม						
3	**ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**						
	3.1 การนำเสนอกิจกรรมด้วยสื่อวีดิทัศน์มีความน่าสนใจ เข้าใจง่าย และกระตุ้นให้หาคำตอบอย่างต่อเนื่อง						
	3.2 กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์						
	3.3 แหล่งเรียนรู้สนับสนุนข้อมูลให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาด้วยตนเองได้						
	3.4 การเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมแบบเสมือนสนับสนุนการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็น และการแก้ปัญหาร่วมกัน						
	3.5 เครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ที่หลากหลายรูปแบบสนองต่อการสร้างความรู้และส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์						
	3.6 การเรียนจากสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน สนับสนุนการเรียนรู้อย่างอิสระ และสามารถเลือกศึกษาค้นคว้าได้ตามความสนใจ						

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
	3.7 การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับผู้สอนเป็นไปอย่างสะดวก ไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลาและสถานที่						
4	**ด้านเทคนิคและการนำเสนอ**						
	4.1 แสดงผลอย่างถูกต้องผ่านบราวเซอร์ Google Chrome หรือ Internet Explorer ขึ้นไป						
	4.2 การเชื่อมโยง (Link) ไปยังสารสนเทศต่าง ๆ มีประสิทธิภาพในการศึกษาค้นคว้าและตอบสนองความต้องการในการเรียนรู้ได้ดี						
	4.3 ภาพและเสียงที่ใช้ประกอบแสดงผลได้ถูกต้องและรวดเร็ว						
	4.4 การจัดวางตำแหน่งของข้อความและภาพประกอบมีความเหมาะสม						
	4.5 รูปแบบของระบบนำทาง (Navigation) มีความคงที่และเข้าใจง่าย						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จากการประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ข้าพเจ้ามีความเห็นว่า

☐ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ มีคุณภาพดีแล้ว สามารถนำไปใช้ทดลองได้

☐ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ มีคุณภาพ แต่ควรปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปทดลองใช้

☐ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ ยังไม่มีคุณภาพ

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

ผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล (ผู้วิจัย)

แบบประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
Development of Virtual Learning Environment Model
with Engineering Design Process to Enhance Creative Thinking
Skills for Ninth Grade Students

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์

ผู้วิจัย นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา
สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

ชื่อผู้ประเมิน .....

ตำแหน่ง .....

สถานที่ทำงาน .....

.....

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ด้าน ได้แก่

ด้านที่ 1 ด้านสาระสำคัญ

ด้านที่ 2 ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา

ด้านที่ 3 ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้

ด้านที่ 4 ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้

ด้านที่ 5 ด้านการวัดและประเมินผล

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

5	หมายถึง	มีคุณภาพมากที่สุด
4	หมายถึง	มีคุณภาพมาก
3	หมายถึง	มีคุณภาพปานกลาง
2	หมายถึง	มีคุณภาพน้อย
1	หมายถึง	มีคุณภาพน้อยที่สุด

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
1	**ด้านสาระสำคัญ**						
	1.1 การเขียนสาระสำคัญมีความกระชับ ครอบคลุม และสอดคล้องตามเนื้อหาสาระ						
2	**ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา**						
	2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้อง สอดคล้องกับเนื้อหา						
	2.2 สามารถนำมาใช้ในการปฏิบัติการสอนได้จริง						
	2.3 สามารถวัดประเมินผลได้						
3	**ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้**						
	3.1 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
	3.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่อง เทคโนโลยีแก้ปัญหา						
	3.3 กิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ						
	3.4 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เป็นขั้นตอนที่เหมาะสมกับกิจกรรมและผู้เรียน						
	3.5 เครื่องมือเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) แต่ละขั้นตอนมีความเหมาะสม						
	3.6 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) สามารถส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์						
	3.7 กิจกรรมมีลำดับกระบวนการและกิจกรรมการเรียนรู้เป็นขั้นตอน						
	3.8 จำนวนชั่วโมงในการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสม						

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
	3.9 กิจกรรมและภาระงานหมาะสมกับผู้เรียน						
	3.10 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) สามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน						
4	**ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้**						
	4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาที่เรียน						
	4.2 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนการสอน วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้						
	4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์						
	4.4 สื่อที่ใช้ประกอบการเรียนมีความเหมาะสม						
5	**ด้านการวัดและประเมินผล**						
	5.1 วิธีวัดผลและเครื่องมือที่ใช้ใชการวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์						
	5.2 สามารถวัดและประเมินตามสภาพจริงได้อย่างครอบคลุม						
	5.3 มีเกณฑ์การวัดได้อย่างเที่ยงตรงและชัดเจน						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จากการประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ข้าพเจ้ามีความเห็นว่า

☐ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีคุณภาพดีแล้ว สามารถนำไปใช้ทดลองได้

☐ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีคุณภาพแต่ควรปรับปรุง แก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปทดลองใช้

☐ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ยังไม่มีคุณภาพ

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาประเมินคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

ผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล (ผู้วิจัย)

แบบประเมิน

คุณภาพของแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
Development of Virtual Learning Environment Model
with Engineering Design Process to Enhance Creative Thinking
Skills for Ninth Grade Students

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย นภาพงศ์

ผู้วิจัย นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา
สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

ชื่อผู้ประเมิน .....

ตำแหน่ง .....

สถานที่ทำงาน .....

.....

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพของแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วยคำถาม จำนวน 10 ข้อ โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

5	หมายถึง	มีคุณภาพมากที่สุด
4	หมายถึง	มีคุณภาพมาก
3	หมายถึง	มีคุณภาพปานกลาง
2	หมายถึง	มีคุณภาพน้อย
1	หมายถึง	มีคุณภาพน้อยที่สุด

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
1	เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) มีองค์ประกอบครบถ้วน						
2	ประเด็นที่จะประเมิน (Criteria) ครบถ้วนและสอดคล้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้						
3	ระดับความสามารถ (Performance Levels) มีความเหมาะสม						
4	คำอธิบายคุณภาพของแต่ละระดับความสามารถ (Quality Descriptors) มีความชัดเจน ใช้ภาษาที่กะทัดรัด เข้าใจง่าย						
5	การให้คะแนนมีลักษณะต่อเนื่อง (Continuous) แต่ละคะแนนมีความห่างเท่ากัน						
6	คะแนนแต่ละระดับมีความสอดคล้องกัน (Parallel) และแสดงถึงความลดหลั่นของคุณภาพงาน						
7	มีความเกี่ยวเนื่องกัน (Coherent) ในแต่ละระดับของการให้คะแนน						
8	น้ำหนักการให้คะแนนในแต่ละระดับมีความเหมาะสม (Aptly weighted) มีเหตุผล น้ำหนัก						

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
	ของคะแนนในแต่ละระดับสามารถอ้างอิงไปยังระดับอื่น ๆ ได้						
9	มีความเที่ยงตรง (Valid) คะแนนในแต่ละระดับแสดงถึงคุณภาพของการปฏิบัติ เป็นสิ่งสะท้อนถึงคุณภาพของงาน						
10	เชื่อถือได้ (Reliable) มีความคงเส้นคงวาในการให้คะแนน ถึงแม้ใครจะเป็นผู้ประเมินและจะประเมินในช่วงเวลาใดก็ตาม						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จากการประเมินคุณภาพของแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ ข้าพเจ้ามีความเห็นว่า

☐ แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ มีคุณภาพดีแล้ว สามารถนำไปใช้ทดลองได้

☐ แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ มีคุณภาพแต่ควรปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อน นำไปทดลองใช้

☐ แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ ยังไม่มีคุณภาพ

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาประเมินคุณภาพของแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

ผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล (ผู้วิจัย)

ภาคผนวก ฉ
ผลการประเมิน

ตารางที่ 19 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน
ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ระดับ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
1	**ด้านรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**	**4**	**4.33**	**4**	**4.11**	**0.33**	**เหมาะสมมาก**
	1.1 รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ มีความเหมาะสมต่อการพัฒนานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	1.2 ภาพแบบจำลอง (Model) ของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ แสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันขององค์ประกอบอย่างเป็นระบบและเป็นระดับขั้นตอนที่เหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	1.3 ภาพแบบจำลอง (Model) ของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ มีความเหมาะสมและง่ายต่อการทำความเข้าใจ	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
2	**ด้านองค์ประกอบในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**	**4.00**	**4.91**	**4.00**	**4.30**	**0.47**	**เหมาะสมมาก**
	2.1 องค์ประกอบของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ มีความครอบคลุมครบถ้วน และมีความสอดคล้องสัมพันธ์กัน	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ						
	2.2 องค์ประกอบที่ 1 ด้านการติดต่อสื่อสารมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	2.3 องค์ประกอบที่ 2 ด้านการทำงานร่วมกันมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	2.4 องค์ประกอบที่ 3 ด้านการแบ่งปันทรัพยากรมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	2.5 องค์ประกอบที่ 4 ด้านการสะท้อนคิดสร้างสรรค์มีความเหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	2.6 องค์ประกอบที่ 5 ด้านการสนับสนุนผู้เรียนมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ระดับ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
	องค์ประกอบของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม						
	2.7 ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหา มีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	2.8 ขั้นที่ 2 การออกแบบมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	2.9 ขั้นที่ 3 การพัฒนามีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	2.10 ขั้นที่ 4 การประเมินผล มีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	2.11 ขั้นที่ 5 การนำเสนอมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
3	**ด้านขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรม**	**4.00**	**4.64**	**3.64**	**4.10**	**0.69**	**เหมาะสมมาก**
	3.1 ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหา (Problem Definition)						
	3.1.1 การสำรวจปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีมีความเหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	3.1.2 การสรุปรายการปัญหามีความเหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	3.1.3 การจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหามีความเหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	3.1.4 การเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขมีความเหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	3.2 ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Design)						
	3.2.1 การสร้างแนวคิดใหม่โดยใช้เทคนิค Morphological Chart มีความเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
	3.2.2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับปัญหาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือมีความเหมาะสม	4	5	2	3.67	1.53	เหมาะสมมาก
	3.2.3 การพิจารณาถึงผลกระทบทางบวกและทางลบมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	3.2.4 การจัดลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหามีความเหมาะสม	4	5	3	4.00	1.00	เหมาะสมมาก
	3.2.5 การออกแบบแนวทางการพัฒนาชิ้นงานมีความเหมาะสม	4	5	3	4.00	1.00	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ระดับ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
	3.3 ขั้นที่ 3 การพัฒนา (Development)						
	3.3.1 การสร้างต้นแบบมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	3.3.2 การสร้างชิ้นงานตามขั้นตอนที่วางแผนไว้มีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	3.3.3 การทดสอบชิ้นงานมีความเหมาะสม	4	5	2	3.67	1.53	เหมาะสมมาก
	3.4 ขั้นที่ 4 การประเมิน (Evaluation)						
	3.4.1 ประเมินชิ้นงานโดยใช้หมวกแห่งความคิดมีความเหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	3.5 ขั้นที่ 5 การนำเสนอ (Presentation)						
	3.5.1 การนำเสนอผลงานมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
4	**ด้านเครื่องมือที่ใช้ในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**	**4.00**	**5.00**	**4.00**	**4.33**	**0.48**	**เหมาะสมมาก**
	4.1 เครื่องมือสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ						
	4.1.1 เครื่องมือการติดต่อสื่อสารมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.49	เหมาะสมมาก
	4.1.2 เครื่องมือการทำงานร่วมกันมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.49	เหมาะสมมาก
	4.1.3 เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากรมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.49	เหมาะสมมาก
	4.1.4 เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์มีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.49	เหมาะสมมาก
	4.1.5 เครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียนมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.49	เหมาะสมมาก
	4.2 เครื่องมือกระบวนการออกแบบวิศวกรรม						
	4.2.1 เครื่องมือในขั้นการกำหนดปัญหามีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	4.2.2 เครื่องมือในขั้นการออกแบบมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	4.2.3 เครื่องมือในขั้นการพัฒนามีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ระดับ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
	4.2.4 เครื่องมือในขั้นการประเมิน มีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
	4.2.5 เครื่องมือในขั้นการนำเสนอ มีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
5	**ด้านประโยชน์ของการใช้งานรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**	**4.00**	**4.00**	**4.00**	**4.00**	**0.00**	**เหมาะสมมาก**
	5.1รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนได้จริง	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	5.2 สถานที่ในการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบสิ่งแวดล้อมฯ (ออนไลน์)	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	5.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในสิ่งแวดล้อมฯ (18 สัปดาห์)	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
รวม		**4.00**	**4.73**	**3.88**	**4.20**	**0.54**	**เหมาะสมมาก**

ตารางที่ 20 ผลการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ระดับ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
1	**ด้านเนื้อหา**	**3.75**	**4.75**	**5.00**	**4.50**	**0.67**	**คุณภาพมากที่สุด**
	1.1 โครงสร้างเนื้อหาชัดเจน มีความสัมพันธ์ต่อเนื่อง	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	1.2 เนื้อหาที่นำเสนอมีความตรงและครอบคลุมตามจุดประสงค์	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	1.3 ใช้ภาษาถูกต้องเหมาะสม (รวมข้อความและเสียงบรรยาย)	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	1.4 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	3	5	5	4.33	1.15	คุณภาพมาก

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ระดับ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
2	**ด้านการออกแบบหน้าจอ**	**4.00**	**5.00**	**4.60**	**4.53**	**0.52**	**คุณภาพมากที่สุด**
	2.1 การจัดวางองค์ประกอบได้สัดส่วน สวยงาม และง่ายต่อการใช้งาน	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	2.2 การใช้รูปแบบตัวอักษร ขนาดตัวอักษร และสีตัวอักษรมีความชัดเจน อ่านง่าย และเหมาะสมกับผู้เรียน	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	2.3 การเลือกใช้สีมีความสวยงาม เหมาะสม กลมกลืน และกระตุ้นความสนใจ	4	5	4	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	2.4 รูปแบบการนำเสนอมีการแบ่งหมวดหมู่เนื้อหาออกเป็นลำดับ ง่ายต่อการทำความเข้าใจ	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	2.5 ปุ่ม (Button) สัญรูป (Icon) ข้อความหรือแถบข้อความหรือรูปภาพชัดเจน เหมาะสมและถูกต้อง สื่อสารกับผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	คุณภาพมาก
3	**ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนฯ**	**4.14**	**3.86**	**4.57**	**4.19**	**0.60**	**คุณภาพมาก**
	3.1 การนำเสนอกิจกรรมด้วยสื่อวีดิทัศน์ มีความน่าสนใจ เข้าใจง่าย และกระตุ้นให้หาคำตอบอย่างต่อเนื่อง	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	3.2 กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	3.3 แหล่งเรียนรู้สนับสนุนข้อมูลให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาด้วยตนเองได้	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	3.4 การเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมแบบเสมือน สนับสนุนการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นและการแก้ปัญหาร่วมกัน	4	4	4	4.00	0.00	คุณภาพมาก

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ระดับ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
	3.5 เครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ที่หลากหลายรูปแบบสนองต่อการสร้างความรู้และส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์	3	4	4	3.67	0.58	คุณภาพมาก
	3.6 การเรียนจากสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน สนับสนุนการเรียนรู้อย่างอิสระ และสามารถเลือกศึกษาค้นคว้าได้ตามความสนใจ	5	4	4	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	3.7 การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับผู้สอนเป็นไปอย่างสะดวก ไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลาและสถานที่	5	3	5	4.33	1.15	คุณภาพมาก
4	**ด้านเทคนิคและการนำเสนอ**	**4.00**	**4.20**	**5.00**	**4.40**	**0.51**	**คุณภาพมาก**
	4.1 แสดงผลอย่างถูกต้องผ่านบราวเซอร์ Google Chrome หรือ Internet Explorer ขึ้นไป	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	4.2 การเชื่อมโยง (Link) ไปยังสารสนเทศต่าง ๆ มีประสิทธิภาพในการศึกษาค้นคว้าและตอบสนองความต้องการในการเรียนรู้ได้ดี	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	4.3 ภาพและเสียงที่ใช้ประกอบแสดงผลได้ถูกต้องและรวดเร็ว	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	4.4 การจัดวางตำแหน่งของข้อความและภาพประกอบมีความเหมาะสม	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	4.5 รูปแบบของระบบนำทาง (Navigation) มีความคงที่และเข้าใจง่าย	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
รวม		**4.00**	**4.38**	**4.76**	**4.38**	**0.58**	**คุณภาพมาก**

ตารางที่ 21 ผลการประเมินคุณภาพของคุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ระดับ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
1	**ด้านสาระสำคัญ**	**4.00**	**4.00**	**5.00**	**4.33**	**0.58**	**คุณภาพมาก**
	1.1 การเขียนสาระสำคัญมีความกระชับ ครอบคลุม และสอดคล้องตามเนื้อหาสาระ	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
2	**ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา**	**4.00**	**4.33**	**5.00**	**4.44**	**0.53**	**คุณภาพมาก**
	2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้องสอดคล้องกับเนื้อหา	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	2.2 สามารถนำมาใช้ในการปฏิบัติการสอนได้จริง	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	2.3 สามารถวัดประเมินผลได้	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
3	**ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้**	**4.10**	**4.80**	**4.60**	**4.50**	**0.51**	**คุณภาพมากที่สุด**
	3.1 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	4	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	3.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่อง เทคโนโลยีแก้ปัญหา	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	3.3 กิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ	5	5	4	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	3.4 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เป็นขั้นตอนที่เหมาะสมกับกิจกรรมและผู้เรียน	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	3.5 เครื่องมือเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) แต่ละขั้นตอนมีความเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	3.6 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) สามารถส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ระดับ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
	3.7 กิจกรรมมีลำดับกระบวนการและกิจกรรมการเรียนรู้เป็นขั้นตอน	4	5	4	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	3.8 จำนวนชั่วโมงในการจัดกิจกรรมมีความเหมาะสม	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	3.9 กิจกรรม และภาระงานหมาะสมกับผู้เรียน	4	5	4	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	3.10 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design Process) สามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
4	**ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้**	**4.00**	**5.00**	**4.50**	**4.50**	**0.52**	**คุณภาพมากที่สุด**
	4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาที่เรียน	4	5	4	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	4.2 สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนการสอน วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	4	4.33	0.58	คุณภาพมาก
	4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากทีสุด
	4.4 สื่อที่ใช้ประกอบการเรียนมีความเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
5	**ด้านการวัดและประเมินผล**	**4.00**	**4.67**	**5.00**	**4.56**	**0.53**	**คุณภาพมากที่สุด**
	5.1 วิธีวัดผลและเครื่องมือที่ใช้ใชการวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	5.2 สามารถวัดและประเมินตามสภาพจริงได้อย่างครอบคลุม	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
	5.3 มีเกณฑ์การวัดได้อย่างเที่ยงตรงและชัดเจน	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
รวม		**4.05**	**4.71**	**4.71**	**4.49**	**0.50**	**คุณภาพมาก**

จากตารางที่ 21 ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.49, S.D.=0.50) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{X}$=4.56, S.D.=0.53) ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้ ($\bar{X}$=4.50, S.D.=0.52) ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ($\bar{X}$=4.50, S.D.=0.51) ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา ($\bar{X}$=4.44, S.D.=0.53) และด้านสาระสำคัญ ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) ตามลำดับ

ตารางที่ 22 ผลการประเมินคุณภาพของแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ระดับ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
1	เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) มีองค์ประกอบครบถ้วน	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
2	ประเด็นที่จะประเมิน (Criteria) ครบถ้วนและสอดคล้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
3	ระดับความสามารถ (Performance Levels) มีความเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
4	คำอธิบายคุณภาพของแต่ละระดับความสามารถ (Quality Descriptors) มีความชัดเจน ใช้ภาษาที่กะทัดรัดเข้าใจง่าย	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
5	การให้คะแนนมีลักษณะต่อเนื่อง (Continuous) แต่ละคะแนนมีความห่างเท่ากัน	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
6	คะแนนแต่ละระดับมีความสอดคล้องกัน (Parallel) และแสดงถึงความลดหลั่นของคุณภาพงาน	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด
7	มีความเกี่ยวเนื่องกัน (Coherent) ในแต่ละระดับของการให้คะแนน	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
8	น้ำหนักการให้คะแนนในแต่ละระดับมีความเหมาะสม (Aptly weighted) มีเหตุผล น้ำหนักของคะแนนในแต่ละระดับสามารถอ้างอิงไปยังระดับอื่น ๆ ได้	4	5	5	4.67	0.58	คุณภาพมากที่สุด

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ระดับ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
9	มีความเที่ยงตรง (Valid) คะแนนในแต่ละระดับแสดงถึงคุณภาพของการปฏิบัติเป็นสิ่งสะท้อนถึงคุณภาพของงาน	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
10	เชื่อถือได้ (Reliable) มีความคงเส้นคงวาในการให้คะแนน ถึงแม้ใครจะเป็นผู้ประเมินและจะประเมินในช่วงเวลาใดก็ตาม	4	4	5	4.33	0.58	คุณภาพมาก
รวม		**4.00**	**4.00**	**5.00**	**4.47**	**0.51**	**คุณภาพมาก**

จากตารางที่ 22 ผลการประเมินคุณภาพของแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทั้งหมดจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.47, S.D.=0.51) เมื่อพิจารณาเป็นประเด็น พบว่า ระดับความสามารถ ($\bar{X}$=4.67, S.D.=0.58) การให้คะแนนมีลักษณะต่อเนื่อง ($\bar{X}$=4.67, S.D.=0.58) น้ำหนักการให้คะแนนในแต่ละระดับ ($\bar{X}$=4.67, S.D.=0.58) เกณฑ์การให้คะแนน ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) ประเด็นที่จะประเมิน ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) คำอธิบายคุณภาพของแต่ละระดับความสามารถ ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) คะแนนแต่ละระดับมีความสอดคล้องกัน ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) มีความเกี่ยวเนื่องกันในแต่ละระดับของการให้คะแนน ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) มีความเที่ยงตรง ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) เชื่อถือได้มีความคงเส้นคงวาในการให้คะแนน ($\bar{X}$=4.33, S.D.=0.58) ตามลำดับ

ภาคผนวก ช
ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัญหาและความต้องการของชุมชนจังหวัดปัตตานี		เวลา 2 คาบเรียน
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รายวิชา การออกแบบและเทคโนโลยี	รหัส ว20105
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564	ผู้สอน ผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. .....

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ม.3/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการของชุมชนหรือท้องถิ่น เพื่อพัฒนางานอาชีพ สรุปกรอบปัญหา รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

2. สาระสำคัญ

ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem Definition) เป็นการทำความเข้าใจกับปัญหาหรือความต้องการที่เกิดขึ้นในชุมชน รวมถึงปัญหาของการประกอบอาชีพในชุมชน โดยมีการสำรวจและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อช่วยให้เข้าใจเงื่อนไขและกรอบของปัญหาอย่างชัดเจน

3. สาระการเรียนรู้

ปัญหาและความต้องการของชุมชนจังหวัดปัตตานี ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการเกษตร ด้านประมง ด้านอาหาร จากนั้นวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาช่วยให้เข้าใจเงื่อนไขและกรอบของปัญหาได้ชัดเจน

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

4.1) ด้านความรู้ (K)

4.1.1) หลังจากสำรวจปัญหาเสร็จแล้ว นักเรียนสามารถรวบรวมปัญหาได้ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 6 ปัญหาได้ถูกต้อง

4.1.2) หลังจากระดมความคิดเสร็จแล้ว นักเรียนสามารถสรุปรายการปัญหาออกเป็น 3 ด้านได้ถูกต้อง

4.1.3) หลังจากสรุปรายการปัญหา นักเรียนสามารถจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาตามเกณฑ์ที่กำหนดได้ถูกต้อง

4.1.4) นักเรียนสามารถเลือกปัญหาที่ต้องแก้ไขโดยพิจารณาจากค่าคะแนนรวมมากที่สุด จำนวน 1 ปัญหาได้ถูกต้อง

4.1.5) นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไขโดยเขียนเป็นข้อความสั้นกะทัดรัดได้ถูกต้อง

4.1.6) หลังจากเรียนเรื่องปัญหาและความต้องการของชุมชนเสร็จแล้ว นักเรียนสามารถบันทึกการเรียนรู้ได้ถูกต้อง

4.2) ด้านทักษะกระบวนการ (P)

4.2.1) หลังจากเรียนเรื่องการสำรวจชุมชน นักเรียนสามารถสำรวจปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีโดยใช้โปรแกรม Google Maps ได้ถูกต้อง

4.2.2) นักเรียนสามารถนำเสนองานกิจกรรมที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋! ได้ถูกต้อง

4.3) ด้านเจตคติ/คุณลักษณะ (A)

4.3.1) นักเรียนรับผิดชอบต่อหน้าที่และงานที่ได้รับมอบหมาย

5. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์

กิจกรรมการเรียนรู้----------เวลา 80 นาที

ขั้นที่ 1 ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem Definition)

5.1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (15 นาที)

เวลา	เครื่องมือสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	ขั้นตอนการเรียนการสอน	เครื่องมือกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การประเมินผล	
				ชิ้นงาน	เครื่องมือประเมิน
5 นาที	เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร Google meet	1. นักเรียนรับชมวิดีโอ เรื่อง Man ของ Steve Cutts https://vimeo.com/56093731	----	----	----
5 นาที	เครื่องมือการทำงานร่วมกัน Mentimeter	2. หลังจากชมวิดีโอ ผู้สอนถามคำถามว่านักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร จากนั้นนักเรียนแสดงความคิดเห็น	----	----	----
		3. ผู้สอนอ่านความคิดเห็นของนักเรียนที่แสดงแบบ Word Cloud		----	----
5 นาที	เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร Google meet	4. ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปว่าปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นบนโลกใบนี้ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ปัญหาด้านเศรษฐกิจ ปัญหาด้านสังคมและวัฒนธรรม ล้วนมีมนุษย์เป็นต้นเหตุทั้งสิ้น เพราะมนุษย์เป็นผู้สร้างและขณะเดียวกันก็เป็นผู้ทำลายด้วยเช่นกัน	----	----	----

5.2) ขั้นกระบวนการ (45 นาที)

เวลา	เครื่องมือสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	ขั้นตอนการเรียนการสอน	เครื่องมือกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การประเมินผล	
				ชิ้นงาน	เครื่องมือประเมิน
5 นาที	เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร Google meet	5. ผู้สอนตั้งคำถามชวนคิดว่าหากมองย้อนกลับมาที่ประเทศของเรา ชุมชนของเรา หรือแม้กระทั่งข้างบ้านของเราเอง มีปัญหาอะไรบ้าง วันนี้คุณผู้สอนขอเชิญชวนนักเรียนทุกคนร่วมกันลงไปสำรวจชุมชนจังหวัดปัตตานีโดยใช้วิธีการสำรวจจากการสังเกตชุมชนจังหวัดปัตตานีผ่าน Google Maps ไปพร้อมๆ กัน	เครื่องมือการกำหนดปัญหา Google Maps	----	----
35 นาที	เครื่องมือการทำงานร่วมกัน Miro	6. หลังจากที่นักเรียนสำรวจชุมชนจังหวัดปัตตานีแล้ว นักเรียนทำ <u>กิจกรรมที่ 1 ปัญหา ? จ๊ะเอ๋ !</u> โดยปฏิบัติ ดังนี้ 6.1) นักเรียนเข้าไปที่ลิงก์ของ Google sheet จากนั้นเลือกลิงก์กิจกรรมที่ 1 ปัญหา ? จ๊ะเอ๋ ! 6.2) นักเรียนเข้า Google Maps สำรวจชุมชนจังหวัดปัตตานีแล้วบันทึกภาพหน้าจอ (Screenshot) หรือลงพื้นที่สำรวจปัญหารอบๆ บ้านของตนเองแล้วถ่ายรูปโดยเป็นภาพที่สะท้อนถึงปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานี 6.3) นำภาพมาวางในตาราง จากนั้นระบุว่าภาพดังกล่าวที่นำมา สะท้อนถึงปัญหาด้านใดบ้าง (ปัญหาในชุมชมจังหวัดปัตตานี แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1. ปัญหาด้านการเกษตร 2. ปัญหาด้านการประมง 3. ปัญหาด้านอาหาร)	----	1) ใบกิจกรรมที่ 1 2) การนำเสนองาน	1) แบบประเมินกิจกรรมที่1 2) แบบประเมินการนำเสนองานกิจกรรมที่1 3) แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

เวลา	เครื่องมือสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	ขั้นตอนการเรียนการสอน	เครื่องมือกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การประเมินผล	
				ชิ้นงาน	เครื่องมือประเมิน
		6.4) ผู้สอนสุ่มแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอการสรุปรายการปัญหาทั้ง 3 ด้าน ว่าแต่ละด้านประกอบด้วยปัญหาอะไรบ้าง			
5 นาที	เครื่องมือการทำงานร่วมกัน Miro	7. หลังจากได้ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีแล้ว ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปว่าจากการสำรวจชุมชนจังหวัดปัตตานีโดยใช้วิธีการสำรวจจากการสังเกตผ่าน Google Maps และการลงพื้นที่จริง พบว่าปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชุมชนจังหวัดปัตตานี แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ปัญหาด้านการเกษตร 2) ปัญหาด้านการประมง 3) ปัญหาด้านอาหาร ซึ่งทุกปัญหาที่กล่าวมาเป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขทั้งสิ้น	----	----	----

5.3) ขั้นสรุป (10 นาที)

เวลา	เครื่องมือสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	ขั้นตอนการเรียนการสอน	เครื่องมือกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การประเมินผล	
				ชิ้นงาน	เครื่องมือประเมิน
10 นาที	เครื่องมือการนำเสนอ Canva Education	8. ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปว่าปัญหาที่เกิดขึ้นบนโลกนี้มีสาเหตุมาจากความต้องการมนุษย์ที่ไม่มีที่สิ้นสุดก่อให้เกิดการเบียดเบียนไปสู่สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และเมื่อเราได้ลองหันกลับมามองชุมชนจังหวัดปัตตานี ลองลงไปสำรวจชุมชนผ่าน Google Maps หรือการลงไปสำรวจพื้นที่ชุมชนที่เราอาศัยอยู่ก็พบว่ามีปัญหาเกิดขึ้น	----	----	----

เวลา	เครื่องมือสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	ขั้นตอนการเรียนการสอน	เครื่องมือกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การประเมินผล	
				ชิ้นงาน	เครื่องมือประเมิน
		หลากหลายปัญหา อาจจำแนกออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1. ปัญหาด้านการเกษตร 2. ปัญหาด้านการประมง 3. ปัญหาด้านอาหาร ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นล้วนเชื่อมโยงกันไม่ทางตรงก็ทางอ้อม และเราทุกคนสามารถเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยกันแก้ไขปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีให้ดีขึ้นกว่าเดิมได้			
	เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ Padlet	9. นักเรียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับในการเรียน โดยบันทึกการเรียนรู้ลงใน Padlet โดยมีรายละเอียดในการบันทึก ดังนี้ 9.1) วันเดือนปี 9.2) ข้อค้นพบ 9.3) ลงชื่อผู้บันทึก	----	การบันทึกการเรียนรู้กิจกรรมที่1	แบบประเมินกิจกรรมที่ 1

5.4) มอบหมายงาน (10 นาที)

เวลา	เครื่องมือสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	ขั้นตอนการเรียนการสอน	เครื่องมือกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การประเมินผล	
				ชิ้นงาน	เครื่องมือประเมิน
10 นาที	เครื่องมือการทำงานร่วมกัน Miro เครื่องมือการติดต่อสื่อสาร Discord	10. คุณผู้สอนมอบหมายงานให้ทุกกลุ่มทำกิจกรรมที่ 2 อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา (เจอแล้ว) โดยปฏิบัติดังนี้ 1) นักเรียนเข้าไปที่ลิงก์ของ Google sheet จากนั้นเลือกลิงก์กิจกรรมที่ 2 อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา (เจอแล้ว) เมื่อเข้ามาใน Miro แล้วเริ่มต้นทำกิจกรรมที่ 2 โดยปฏิบัติดังนี้	เครื่องมือการกำหนดปัญหา Sticky Notes, Voting	1) ใบกิจกรรมที่ 2	1) แบบประเมินกิจกรรมที่ 2 2) แบบประเมินการนำเสนองานกิจกรรมที่ 2

เวลา	เครื่องมือสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	ขั้นตอนการเรียนการสอน	เครื่องมือกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การประเมินผล	
				ชิ้นงาน	เครื่องมือประเมิน
		2) แต่ละกลุ่มร่วมกันนำผลการสรุปรายการปัญหาที่ได้จากกิจกรรมที่ 1 มาเปิดโหวต โดยปฏิบัติดังนี้ 2.1) ทีมที่ต้องการเปิดโหวต ให้ทักมาหาคุณผู้สอนใน Discord 2.2) แจ้งข้อมูลกับคุณผู้สอน ดังนี้ ชื่อทีม เวลาที่ใช้การโหวต (นาที) และจำนวนการโหวตต่อ 1 คน คุณผู้สอนเข้าไปเปิดโหวตให้แต่ละทีม 2.3) หลังจากโหวตเสร็จแล้วนำปัญหาที่ได้คะแนนสูงสุด 3 อันดับแรกมาจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาตามเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ค่าคะแนนและค่าน้ำหนักของปัญหา ประกอบด้วย 1. ขนาดของปัญหา 2. ความรุนแรงและความเร่งด่วนของปัญหา 3. ความยากง่ายในการแก้ปัญหา 4. ความสนใจต่อปัญหาของคนในชุมชน (ศึกษาวิธีการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาตามเกณฑ์จากวิดีโอ) 2.4) เลือกปัญหาที่ต้องแก้ไข โดยพิจารณาจากค่าคะแนนรวมมากที่สุด จำนวน 1 ปัญหา 2.5) จากนั้นนำมาเขียนเป็นข้อความสั้นกะทัดรัด * แต่ละกลุ่มนำเสนอในคาบถัดไป *			3) แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

6. ประเมินผลการเรียนรู้

การวัดและประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
6.1 ด้านความรู้	1) ตรวจตารางการสำรวจปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานี	แบบประเมินกิจกรรม ที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋!	จำนวนของปัญหาทั้งหมด มี 3 ปัญหา ถือว่าผ่านเกณฑ์
	2) ตรวจตารางการสรุปรายการปัญหา	แบบประเมินกิจกรรม ที่ 2 อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา (เจอแล้ว)	สรุปรายการปัญหาได้ 3 ด้าน แต่ถูกต้องบางส่วน ถือว่าผ่านเกณฑ์
	3) ตรวจตารางการคำนวณการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหา	แบบประเมินกิจกรรม ที่ 2 อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา (เจอแล้ว)	คำนวณการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาถูกต้อง 3 ปัญหา ถือว่าผ่านเกณฑ์
	4) ตรวจการเขียนสรุปปัญหาที่ต้องแก้ไขที่มีคะแนนรวมมากที่สุด	แบบประเมินกิจกรรม ที่ 2 อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา (เจอแล้ว)	เขียนสรุปปัญหาที่ต้องแก้ไขจากคะแนนรวมมากที่สุดได้ถูกต้องบางส่วน ถือว่าผ่านเกณฑ์
	5) ตรวจการเขียนปัญหาที่ต้องการแก้ไข	แบบประเมินกิจกรรม ที่ 2 อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา (เจอแล้ว)	เขียนปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้ถูกต้อง ไม่สามารถเขียนเป็นข้อความสั้นๆ กะทัดรัดได้ แต่ผู้อื่นสามารถมองเห็นแนวทางของการแก้ปัญหาได้ ถือว่าผ่านเกณฑ์
	6) ตรวจการบันทึกการเรียนรู้	แบบประเมินกิจกรรม ที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋!	-การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบจำนวน 3 องค์ประกอบ -เนื้อหาถูกต้อง -สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้บางส่วน ถือว่าผ่านเกณฑ์
6.2 ด้านทักษะกระบวนการ	1) ตรวจรูปภาพในตารางการสำรวจปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีโดยใช้ Google Maps	แบบประเมินกิจกรรมที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋!	รูปภาพ 2-3 ภาพเป็นภาพในชุมชนจังหวัดปัตตานีที่ได้จากการ

การวัดและประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
			สำรวจใน Google Maps ถือว่าผ่านเกณฑ์
	2) สังเกตการนำเสนองานกิจกรรมที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋!	แบบประเมินการนำเสนองานกิจกรรมที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋!	นำเสนองานโดยรวมอยู่ในระดับดี ถือว่าผ่านเกณฑ์
6.3 ด้านเจตคติ/คุณลักษณะ	1) สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	มีพฤติกรรมโดยรวมอยู่ในระดับดี ถือว่าผ่านเกณฑ์

แบบประเมินกิจกรรมที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋!

กลุ่ม.....

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนตรวจกิจกรรมที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋! จากนั้นบันทึกคะแนน

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ				คะแนนที่ได้
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)	
1. จำนวนของปัญหาทั้งหมดที่ได้จากการสำรวจ	จำนวนของปัญหาทั้งหมดมี 6 ปัญหาขึ้นไป	จำนวนของปัญหาทั้งหมดมี 4-5 ปัญหา	จำนวนของปัญหาทั้งหมดมี 3 ปัญหา	จำนวนของปัญหาทั้งหมดมี 1-2 ปัญหา	
2. รูปภาพประกอบของแต่ละปัญหาที่ได้จากการสำรวจ	รูปภาพทุกภาพเป็นภาพในชุมชนจังหวัดปัตตานีที่ได้จากการสำรวจใน Google Maps	รูปภาพ 4-5 ภาพเป็นภาพในชุมชนจังหวัดปัตตานีที่ได้จากการสำรวจใน Google Maps	รูปภาพ 2-3 ภาพเป็นภาพในชุมชนจังหวัดปัตตานีที่ได้จากการสำรวจใน Google Maps	รูปภาพน้อยกว่า 1 ภาพเป็นภาพในชุมชนจังหวัดปัตตานีที่ได้จากการสำรวจใน Google Maps	
3. บันทึกการเรียนรู้	-การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบ 3 องค์ประกอบ -เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ -สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้อย่างชัดเจน	-การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบ 3 องค์ประกอบ -เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน -สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้บางส่วน	-การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบ 3 องค์ประกอบ -เนื้อหาถูกต้อง -สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้บางส่วน	-การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบ 1-2 องค์ประกอบ -เนื้อหาถูกต้องเล็กน้อย -สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้เล็กน้อย	
รวม					

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10.50-12	ดีมาก
7.50-10.49	ดี
4.50-7.49	พอใช้
1.00- 4.49	ปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

...../...../.....

แบบประเมินกิจกรรมที่ 2 อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา (เจอแล้ว)

กลุ่ม.....

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนตรวจกิจกรรมที่ 2 อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา (เจอแล้ว) จากนั้นบันทึกคะแนน

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ				คะแนนที่ได้
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)	
1. การสรุปรายการปัญหา	สรุปรายการปัญหาได้ 3 ด้าน และถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์	สรุปรายการปัญหาได้ 3 ด้าน แต่ถูกต้อง	สรุปรายการปัญหาได้ 3 ด้าน แต่ถูกต้องบางส่วน	สรุปรายการปัญหาได้ 1-2 ด้าน และถูกต้องเล็กน้อย	
2. การคำนวณการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหา	คำนวณการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาถูกต้อง 6 ปัญหาขึ้นไป	คำนวณการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาถูกต้อง 4-5 ปัญหา	คำนวณการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาถูกต้อง 3 ปัญหา	คำนวณการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาถูกต้อง 1-2 ปัญหา	
3. การเขียนสรุปปัญหาที่ต้องแก้ไขจากคะแนนรวมมากที่สุด	เขียนสรุปปัญหาที่ต้องแก้ไขจากคะแนนรวมมากที่สุดได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์	เขียนสรุปปัญหาที่ต้องแก้ไขจากคะแนนรวมมากที่สุดได้ถูกต้อง	เขียนสรุปปัญหาที่ต้องแก้ไขจากคะแนนรวมมากที่สุดได้ถูกต้องบางส่วน	เขียนสรุปปัญหาที่ต้องแก้ไขจากคะแนนรวมมากที่สุดได้ แต่ไม่ถูกต้อง	
4. การเขียนปัญหาที่ต้องการแก้ไข	เขียนปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้ถูกต้อง เขียนเป็นข้อความสั้นๆ กะทัดรัดได้ครบถ้วนสมบูรณ์ ทำให้ผู้อื่นสามารถมองเห็นแนวทางของการแก้ปัญหาได้	เขียนปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้ถูกต้อง เขียนเป็นข้อความสั้นๆ กะทัดรัดได้ แต่ยังไม่สมบูรณ์ ทำให้ผู้อื่นสามารถมองเห็นแนวทางของการแก้ปัญหาได้	เขียนปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้ถูกต้อง ไม่สามารถเขียนเป็นข้อความสั้นๆ กะทัดรัดได้ แต่ผู้อื่นสามารถมองเห็นแนวทางของการแก้ปัญหาได้	เขียนปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้ถูกต้อง ไม่สามารถเขียนเป็นข้อความสั้นๆ กะทัดรัดได้ ผู้อื่นไม่สามารถมองเห็นแนวทางของการแก้ปัญหาได้	
5. บันทึกการเรียนรู้	-การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วนสมบูรณ์ จำนวน 3 องค์ประกอบ -เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ -สะท้อนคิด	-การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบจำนวน 2 องค์ประกอบ -เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนส่วน -สะท้อนคิด	-การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบจำนวน 1 องค์ประกอบ -เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนส่วน -สะท้อนคิด	-การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบจำนวน 1 องค์ประกอบ -เนื้อหาถูกต้องเล็กน้อย -สะท้อนคิด	

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ				คะแนนที่ได้
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)	
	เกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้อย่างชัดเจน	เกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้บางส่วน	เกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้บางส่วน	เกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้เล็กน้อย	
รวม					

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
18-20	ดีมาก
15-17	ดี
12-14	พอใช้
ต่ำกว่า 12	ปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

...../...../.....

แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ของกิจกรรมที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋

กลุ่ม.....

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนตรวจกิจกรรมที่ 1 ปัญหา? จ๊ะเอ๋ จากนั้นบันทึกคะแนน

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ				คะแนนที่ได้
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)	
1. ความคิดริเริ่ม	คิดมองมุมต่างสะท้อนถึงปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีได้มากกว่า 3 ด้าน และถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์	คิดมองมุมต่างสะท้อนถึงปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีได้ 3 ด้าน และถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์	คิดมองมุมต่างสะท้อนถึงปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีได้ 3 ด้าน แต่ถูกต้องบางส่วน	คิดมองมุมต่างสะท้อนถึงปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีได้ 1-2 ด้าน และถูกต้องเล็กน้อย	
2. ความคิดคล่องแคล่ว	จำนวนของปัญหาทั้งหมดมี 6 ปัญหาขึ้นไป	จำนวนของปัญหาทั้งหมดมี 4-5 ปัญหา	จำนวนของปัญหาทั้งหมดมี 3 ปัญหา	จำนวนของปัญหาทั้งหมดมี 1-2 ปัญหา	
3. ความคิดยืดหยุ่น	จำแนกปัญหาชุมชนจังหวัดปัตตานีได้ด้านละ 4 ปัญหาขึ้นไป	จำแนกปัญหาชุมชนจังหวัดปัตตานีได้ด้านละ 3 ปัญหา	จำแนกปัญหาชุมชนจังหวัดปัตตานีได้ด้านละ 2 ปัญหา	จำแนกปัญหาชุมชนจังหวัดปัตตานีได้ด้านละ 1 ปัญหา	
4. ความคิดละเอียดลออ	-นำเสนอรายละเอียดของปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีแต่ละด้านให้ผู้อื่นเห็นภาพได้ชัดเจนสื่อสารได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์	นำเสนอรายละเอียดของปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีแต่ละด้านให้ผู้อื่นเห็นภาพได้ชัดเจนสื่อสารได้	นำเสนอรายละเอียดของปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีแต่ละด้านได้ แต่มีรายละเอียดไม่ชัดเจน	นำเสนอรายละเอียดของปัญหาในชุมชนจังหวัดปัตตานีแต่ละด้านได้ ต้องมีผู้สอนให้ความช่วยเหลือ	

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ				คะแนนที่ได้
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)	
4. ความคิดละเอียดลออ (ต่อ)	การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วนสมบูรณ์ จำนวน 3 องค์ประกอบ เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้อย่างชัดเจน	การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบจำนวน 2 องค์ประกอบ เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนส่วน สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้บางส่วน	การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบจำนวน 1 องค์ประกอบ เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนส่วน สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้บางส่วน	การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบจำนวน 1 องค์ประกอบ เนื้อหาถูกต้องเล็กน้อย สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้เล็กน้อย	
รวม					

แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ของกิจกรรมที่ 2 อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา (เจอแล้ว)

กลุ่ม.....

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนตรวจกิจกรรมที่ 2 อยู่นี่ไง...ไอ้ตัวปัญหา (เจอแล้ว) จากนั้นบันทึกคะแนน

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ				คะแนนที่ได้
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)	
1. ความคิดริเริ่ม	สรุปข้อค้นพบประเด็นปัญหาใหม่ที่ต้องการแก้ไขจากคะแนนรวมมากที่สุดได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์	สรุปข้อค้นพบประเด็นปัญหาใหม่ที่ต้องการแก้ไขจากคะแนนรวมมากที่สุดได้ถูกต้อง	สรุปข้อค้นพบประเด็นปัญหาใหม่ที่ต้องการแก้ไขจากคะแนนรวมมากที่สุดได้ถูกต้องบางส่วน	สรุปข้อค้นพบประเด็นปัญหาใหม่ที่ต้องการแก้ไขจากคะแนนรวมมากที่สุดได้แต่ไม่ถูกต้อง	
2. ความคิดคล่องแคล่ว	แสดงผลโหวตปัญหาที่ต้องการแก้ไขสูงสุด 3 อันดับแรกได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ในเวลาที่กำหนดไว้	แสดงผลโหวตปัญหาที่ต้องการแก้ไขสูงสุด 3 อันดับแรกได้ถูกต้อง ครบถ้วนแต่เกินเวลาที่กำหนดไว้	แสดงผลโหวตปัญหาที่ต้องการแก้ไขสูงสุดได้ถูกต้อง 2 อันดับและเกินเวลาที่กำหนดไว้	แสดงผลโหวตปัญหาที่ต้องการแก้ไขสูงสุดได้ถูกต้อง 1 อันดับและเกินเวลาที่กำหนดไว้	
3. ความคิดยืดหยุ่น	คำนวณการจัดลำดับความสำคัญและค่าคะแนน รวมถึงค่าน้ำหนักของแต่ละปัญหาถูกต้อง 6 ปัญหาขึ้นไป	คำนวณการจัดลำดับความสำคัญและค่าคะแนน รวมถึงค่าน้ำหนักของแต่ละปัญหาถูกต้อง 4-5 ปัญหา	คำนวณการจัดลำดับความสำคัญและค่าคะแนน รวมถึงค่าน้ำหนักของแต่ละปัญหาถูกต้อง 3 ปัญหา	คำนวณการจัดลำดับความสำคัญและค่าคะแนน รวมถึงค่าน้ำหนักของแต่ละปัญหาถูกต้อง 1-2 ปัญหา	
4. ความคิดละเอียดลออ	เขียนรายละเอียดของปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้ถูกต้อง เขียนเป็นข้อความสั้น ๆ กะทัดรัดได้ครบถ้วนสมบูรณ์ ทำให้ผู้อื่นมองเห็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้	เขียนรายละเอียดของปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้ถูกต้อง เขียนเป็นข้อความสั้น ๆ กะทัดรัดได้ แต่ยังไม่สมบูรณ์ ทำให้ผู้อื่นมองเห็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้	เขียนรายละเอียดของปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้ถูกต้อง ไม่สามารถเขียนเป็นข้อความสั้น ๆ กะทัดรัดได้ แต่ผู้อื่นสามารถมองเห็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้	เขียนรายละเอียดของปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้ถูกต้อง ไม่สามารถเขียนเป็นข้อความสั้น ๆ กะทัดรัดได้ ผู้อื่นไม่สามารถมองเห็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขได้	

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ				คะแนนที่ได้
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)	
4. ความคิดละเอียดลออ (ต่อ)	การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วนสมบูรณ์ จำนวน 3 องค์ประกอบ เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้อย่างชัดเจน	การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบจำนวน 2 องค์ประกอบ เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนส่วน สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้บางส่วน	การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบจำนวน 1 องค์ประกอบ เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนส่วน สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้บางส่วน	การบันทึกการเรียนรู้มีองค์ประกอบจำนวน 1 องค์ประกอบ เนื้อหาถูกต้องเล็กน้อย สะท้อนคิดเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับได้เล็กน้อย	
รวม					

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล

รหัสประจำตัวนักศึกษา 6320121506

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ครุศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีและนวัตกรรม การศึกษา-คอมพิวเตอร์ศึกษา)	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา	2560

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนเพื่อทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรม แผนงานพัฒนาบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2565 สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ข้าราชการครู โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดปัตตานี ตำบลสะบารัง อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล, วิชัย นภาพงศ์, จิระวัฒน์ ตันสกุล, และ ชไมพร อินทร์แก้ว. (2566). การสังเคราะห์รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน. *Journal of Information and Learning, 34*(2). (อยู่ระหว่างการตีพิมพ์)