ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

โดย นายสันติ โสภาประดิษฐ์

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา

_____คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ จันทร์วิพัฒน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อนุชาติ ศรีศิริวัฒน์)

_____กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข)

_____กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปณิตา วรรณพิรุณ)

_____กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.พัลลภ พิริยะสุรวงศ์)

_____กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา หินอ่อน)

รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

นายสันติ โสภาประดิษฐ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยีและสารสนเทศ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

นายสันติ โสภาประดิษฐ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยีและสารสนเทศ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ	:	นายสันติ โสภาประดิษฐ์
ชื่อวิทยานิพนธ์	:	รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์
สาขาวิชา	:	เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	:	ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	:	รองศาสตราจารย์ ดร.ปณิตา วรรณพิรุณ
ปีการศึกษา	:	2566

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ 2) เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ และ 3) เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาฝึกปฏิบัติการนวัตกรรมในวงการอุตสาหกรรมจำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรมของโครงการ FINCODA และแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย (Mean), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation), Dependent t-test, One Simple t-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามแบบทางเดียว (One way MANOVA)

ผลการวิจัยพบว่า

1. รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบที่ 1 การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้ 1) การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Learning Change) 2) การหากรอบแนวคิดใหม่ (Find a new conceptual framework) 3) การวางแผนการปฏิบัติใหม่ (New Planning) 4) การทดลอง (Testing) และ 5) การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (Integrating new Competency and Perspectives) และองค์ประกอบที่ 2 โรงประลองดิจิทัลประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้ 1) การออกแบบ (Design) 2) การเตรียมการ (Prepare) 3) การสร้างผลงาน (Fabricate) และ 4) การประกอบและติดตั้ง (Assembly and Installation) โดยมีเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลทั้ง 4 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material) และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and simulator tools online) ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเป็นรูปแบบการเรียนที่ส่งเสริมให้นักศึกษามีสมรรถนะนวัตกรรม และสามารถสร้างผลงานสร้างสรรค์ได้ และมีผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

2. ขั้นตอนการพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มี 5 ขั้นตอน คือ 1) การวิเคราะห์ 2) ออกแบบระบบ 3) การพัฒนาระบบ 4) การทดสอบ และ 5) การนำไปใช้ และมีผลการประเมินความเหมาะสมของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์อยู่ในระดับมากที่สุดทั้ง 5 ด้าน คือ 1) คุณภาพแผนการเรียนการสอน 2) คุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอน 3) คุณภาพสื่อการเรียนการสอน 4) ประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ และ 5) แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์

3. ผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ พบว่า

3.1 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มากกว่านักศึกษาที่ที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.3 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.4 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 169 หน้า)

คำสำคัญ : การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน โรงประลองดิจิทัล สมรรถนะนวัตกรรม ผลงานสร้างสรรค์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Name : Mr.Sunti Sopapradit
Thesis Title : Transformative Learning Model with Digital Fabrication Laboratory to Enhance Innovation Competency and Creative Product
Major Field : Information and Communication Technology for Education
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Thesis Advisor : Professor Dr. Prachyanun Nilsook
Co-Advisor : Associate Professor Dr. Panita Wannapiroon
Academic Year : 2023

Abstract

The purposes of this research were: 1) to develop transformative learning model with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product 2) to develop transformative learning with digital fabrication laboratory system to enhance innovation competency and creative product, and 3) to study the effect of transformative learning with digital fabrication laboratory system to enhance innovation competency and creative product. The samples of this research were 50 undergraduate students program in Industrial Engineering Technology, Faculty of Digital Technology and Innovation of Southeast Bangkok College who enrolled in the industry innovation laboratory course. The tools in the research were the innovation competency assessment form of the FINCODA Project and the creative work assessment form. Data were analyzed by applying arithmetic mean, standard deviation, Dependent t-test, One Sample, t-test, and One-way MANOVA.

The findings are as followings:

1. Transformative learning model with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product had 2 components as followings: Component 1. Transformative learning consisted of 5 processes: 1) Learning Change 2) Find a new conceptual framework 3) New Planning 4) Testing and 5) Integrating new Competency and Perspectives. Component 2. The Fabrication Laboratory was comprised of four main processes: Design, Prepare, Fabricate, and Assembly and Installation. The digital fabrication tools were divided into four categories, including Hardware, Software, Material, and Storage and Simulator tools online. Transformative learning model with digital fabrication laboratory is a learning model to enhance innovation competency and can creative product, with the evaluation of suitability of a model of Transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product which was ranked in the highest level.

2. The process of developing transformative learning with digital fabrication laboratory system to enhance innovation competency and creative product consisted of 5 stages: 1) Analysis 2) Design 3) System Development 4) Testing and 5) Deployment, with the evaluation of the suitability of transformative learning with digital fabrication laboratory system to enhance innovation competency and creative product which was ranked at the highest level of 5 parts as followings: 1) teaching and learning quality plan 2) lesson's quality 3) quality of learning media 4) efficiency of transformative learning with digital fabrication laboratory system to enhance innovation competency and creative product and 5) creative product evaluation form.

3. The results of the implementation of transformative learning with digital fabrication laboratory system to enhance innovation competency and creative product were as followings:

3.1 The scores of students studying through a system of transformative learning with digital fabrication laboratory who had innovation competency post-test were higher than the pretest at the significance of .05.

3.2 The students studying through a system of transformative learning with digital fabrication laboratory who had innovation competency and creative product scores were higher than students studying traditional learning at the significance value of .05.

3.3 The students studying through a system of transformative learning with digital fabrication laboratory who had innovation competency scores of post-test were higher than a criterion at the significance value of .05.

3.4 The students studying through a system of transformative learning with digital fabrication laboratory who had creative product scores of post-test were higher than a criterion at the significance value of .05.

(Total 169 pages)

Keywords : Transformative Learning, Digital Fabrication Laboratory, Innovation Competency, Creative Product

Prachyanun Nilsook Advisor

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข และรองศาสตราจารย์ ดร.ปณิตา วรรณพิรุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อนุชาติ ศรีศิริวัฒน์ ประธานกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.พัลลภ พิริยะสุรวงศ์ ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข รองศาสตราจารย์ ดร.ปณิตา วรรณพิรุณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา หินอ่อน กรรมการสอบที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษาที่ได้ถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์ ให้คำแนะนำและให้ความเมตตามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษาสำหรับกำลังใจ ความปรารถนาดีและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยครั้งนี้

สันติ โสภาประดิษฐ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	7
1.4 ขอบเขตการวิจัย	8
1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย	8
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	11
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
2.1 การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning)	13
2.2 โรงประลองดิจิทัล (Digital Fabrication Laboratory)	20
2.3 สมรรถนะนวัตกรรม (Innovation Competency)	30
2.4 ผลงานสร้างสรรค์ (Creative Product)	38
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	46
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	57
3.1 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	57
3.2 การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	59
3.3 การศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	67
บทที่ 4 ผลการวิจัย	71
4.1 ผลการออกแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะ	71
4.2 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	83

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	94
บทที่ 5 รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	99
5.1 บทนำ	99
5.2 รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	101
บทที่ 6 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	115
6.1 สรุปผลการวิจัย	115
6.2 อภิปรายผล	118
6.3 ข้อเสนอแนะ	122
บรรณานุกรม	125
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ	135
ภาคผนวก ข ภาพการทดลอง	139
ภาคผนวก ค ผลงานสร้างสรรค์	145
ภาคผนวก ง เอกสารอนุญาตการใช้แบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรม	149
ภาคผนวก จ เอกสารบทความที่ได้รับการเผยแพร่	151
ประวัติผู้วิจัย	169

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	แบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรม	37
2-2	การสังเคราะห์แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์	41
2-3	ที่มาของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ในงานวิจัยครั้งนี้	43
2-4	แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่ใช้ในการวิจัย	44
3-1	แบบแผนการทดลอง Pretest Posttest Control Group สำหรับการประเมินสมรรถนะนวัตกรรม	66
3-2	แบบแผนการทดลอง Posttest Control Group สำหรับการประเมินผลงานสร้างสรรค์	67
3-3	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	69
4-1	สังเคราะห์กระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning)	72
4-2	สังเคราะห์กระบวนการของโรงประลองดิจิทัล (Digital Fabrication Laboratory)	77
4-3	สังเคราะห์เครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล (Digital Fabrication Laboratory)	77
4-4	การใช้เครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลในแต่ละกระบวนการของโรงประลองดิจิทัล	78
4-5	ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	80
4-6	ผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพแผนการเรียนการสอนของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	84
4-7	ผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอนของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	85
4-8	ผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพสื่อการเรียนการสอนของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	87
4-9	ผลการประเมินความเหมาะสมของประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	89
4-10	ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์	92
4-11	ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	94

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-12	การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของ One way MANOVA	94
4-13	ผลการวิเคราะห์ One way MANOVA ของคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและคะแนน ผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนระหว่างนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ	96
4-14	ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลกับเกณฑ์	97
4-15	ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์	98
5-1	แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	103
5-2	ความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านและกระบวนการของโรงประลองดิจิทัล	113
ก-1	รายนามผู้เชี่ยวชาญ	136

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กรอบแนวคิดการวิจัย	10
2-1	กระบวนการของโรงประลองดิจิทัล	23
2-2	องค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล	30
2-3	Integrated model of innovative competence	32
2-4	สมรรถนะนวัตกรรม 3 มิติ 5 สมรรถนะ	33
2-5	องค์ประกอบของสมรรถนะนวัตกรรม	36
2-6	Creative Product Analysis Matrix: CPAM	39
2-7	Creative Product Semantic Scale: CPSS	40
3-1	แผนผังโรงประลองดิจิทัล	60
4-1	กระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน	76
4-2	กระบวนการและเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล	79
4-3	คะแนนสมรรถนะนวัตกรรม และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษานักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ	97
5-1	ปัจจัยหลักของรูปแบบการเรียนรู้ด้วยโรงประลองดิจิทัล	102
5-2	กลุ่มผู้เรียน	105
5-3	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการเข้าสู่ระบบด้วย Use Email	108
5-4	ตัวอย่างหน้าจอแสดงการใส่รหัสผ่าน	108
5-5	ตัวอย่างหน้าจอแสดงระบบของผู้เรียน	109
5-6	ห้องการเรียนรู้รวม	109
5-7	ตัวอย่างห้องการออกแบบของแต่ละกลุ่ม	110
5-8	ตัวอย่างห้องการเตรียมการของแต่ละกลุ่ม	111
5-9	ตัวอย่างห้องการสร้างผลงาน	112
5-10	ตัวอย่างห้องการประกอบและการติดตั้งของแต่ละกลุ่ม	113
5-11	รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล	114
ก-1	ตัวอย่างหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ	138
ข-1	บรรยากาศห้องเรียนเสมือนจริง 1	140
ข-2	บรรยากาศห้องเรียนเสมือนจริง 2	140
ข-3	บรรยากาศการออกแบบและเตรียมการ 1	141
ข-4	บรรยากาศการออกแบบและเตรียมการ 2	141
ข-5	บรรยากาศโรงประลองดิจิทัล 1	142
ข-6	บรรยากาศโรงประลองดิจิทัล 2	142

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข-7	บรรยากาศโรงประลองดิจิทัล 3	143
ข-8	บรรยากาศห้องการประกอบและติดตั้ง 1	143
ข-9	บรรยากาศห้องการประกอบและติดตั้ง 2	144
ค-1	ระบบตรวจสอบชิ้นงานการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Cira core 1	146
ค-2	ระบบตรวจสอบชิ้นงานการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Cira core 2	146
ค-3	ตู้อบโลหะไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT)	147
ง-1	เอกสารอนุญาตการใช้แบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรม	150
จ-1	ผลงานการนำเสนอผลงานประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติ (IEEE)	152

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยุคดิจิทัลเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการดำรงชีวิตประจำวันในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านการทำงาน ด้านการติดต่อสื่อสารและด้านการเรียนการสอน นอกจากนี้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้าในด้านต่าง ๆ เช่นด้านการบริหารข้อมูล ด้านการผลิต (Hutchinson and Sawyer, 2000) จากประโยชน์ต่าง ๆ จึงทำให้ประเทศไทยนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาเป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นรัฐบาลไทยจึงมอบหมายให้สำนักงานสภาพัฒนาการเศรฐกิจและสังคมแห่งชาติให้จัดทำยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เพื่อเป็นเป้าหมายในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนตามหลักธรรมาภิบาล เพื่อใช้เป็นกรอบในการกำหนดทิศทางการพัฒนาประเทศในทุกมิติตลอดระยะเวลา 20 ปีข้างหน้า โดยต้องครอบคลุมการเติบโตของสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ แก้ไขปัญหาและเสริมจุดอ่อนอันเป็นปัจจัยฉุดรั้งการพัฒนาดังนั้น เพื่อให้ทิศทางของประเทศมีแนวทางตอบโจทย์เป้าหมายอย่างชัดเจนในทุกมิติ

ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี พ.ศ. 2561 – 2580 ถือเป็นยุทธศาสตร์ชาติฉบับแรกของประเทศไทยตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย ภายใต้วิสัยทัศน์ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” เพื่อความสุขของ คนไทยทุกคน โดยมีเป้าหมายการพัฒนาประเทศ คือ “ประเทศชาติมั่นคง ประชาชนมีความสุข เศรษฐกิจพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สังคมเป็นธรรม ฐานทรัพยากรธรรมชาติยั่งยืน” และสามารถยกระดับศักยภาพของประเทศในหลากหลายมิติ พัฒนาคนในทุกมิติและในทุกช่วงวัยให้เป็นคนดี เก่งและมีคุณภาพ สร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม สร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และมีภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม โดยยุทธศาสตร์ชาติจะมุ่งเน้นการสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม โดยประกอบด้วย 6 ยุทธศาสตร์ คือ ยุทธศาสตร์ที่ 1 ชาติด้านความมั่นคง มีเป้าหมายการพัฒนาที่สำคัญ คือประเทศชาติมั่นคง ประชาชนมีความสุข เน้นการบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย เอกราช อธิปไตย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับ ตั้งแต่ระดับชาติ สังคม ชุมชน มุ่งเน้นการพัฒนาคน เครื่องมือ เทคโนโลยี และระบบฐานข้อมูลขนาดใหญ่ให้มีความพร้อมสามารถรับมือกับภัยคุกคามและภัยพิบัติได้ทุกรูปแบบ และทุกระดับความรุนแรง ควบคู่ไปกับการป้องกันและแก้ไขปัญหาด้านความมั่นคงที่มีอยู่ในปัจจุบัน และที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ใช้กลไกการแก้ไขปัญหาแบบบูรณาการทั้งกับส่วนราชการ ภาคเอกชน ประชาสังคม และองค์กรที่ไม่ใช่รัฐรวมถึงประเทศเพื่อนบ้านและมิตรประเทศทั่วโลกบนพื้นฐานของหลักธรรมาภิบาล ยุทธศาสตร์ที่ 2 มีเป้าหมายการพัฒนาที่มุ่งเน้นการยกระดับศักยภาพของประเทศในหลากหลายมิติ บนพื้นฐานแนวคิด 3 ประการ คือ 1 “ต่อยอดอดีต” โดยมองกลับไปที่รากเหง้าทางเศรษฐกิจ อัตลักษณ์ วัฒนธรรม ประเพณี วิถีชีวิต

และจุดเด่นทางทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลาย รวมทั้งความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบของประเทศในด้านอื่น ๆ นำมาประยุกต์ผสมผสานกับเทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อให้สอดรับกับบริบทของเศรษฐกิจและสังคมโลกสมัยใหม่ 2 “ปรับปัจจุบัน” เพื่อปูทางสู่อนาคต ผ่านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศในมิติต่าง ๆ ทั้งโครงข่ายระบบคมนาคมและขนส่งโครงสร้างพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และดิจิทัล และการปรับสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและบริการอนาคต และ 3 “สร้างคุณค่าใหม่ในอนาคต” ด้วยการเพิ่มศักยภาพของผู้ประกอบการ พัฒนาคนรุ่นใหม่ รวมถึงปรับรูปแบบธุรกิจ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตลาด ผสมผสานกับยุทธศาสตร์ที่รองรับอนาคต บนพื้นฐานของการต่อยอดอดีตและปรับปัจจุบัน พร้อมทั้งการส่งเสริมและสนับสนุนจากภาครัฐให้ประเทศไทยสามารถสร้างฐานรายได้และการจ้างงานใหม่ขยายโอกาสทางการค้าและการลงทุนในเวทีโลก ควบคู่ไปกับการยกระดับรายได้และการกินดีอยู่ดี รวมถึงการเพิ่มขึ้นของคนชั้นกลางและลดความเหลื่อมล้ำของคนในประเทศได้ในคราวเดียวกัน ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์มีเป้าหมายการพัฒนาที่สำคัญเพื่อพัฒนาคนในทุกมิติและในทุกช่วงวัยให้เป็นคนดี เก่งและมีคุณภาพ โดยคนไทยมีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีพัฒนาการที่ดีรอบด้านและมีสุขภาวะที่ดีในทุกช่วงวัย มีจิตสาธารณะ รับผิดชอบต่อสังคมและผู้อื่น มัธยัสถ์ อดออม โอบอ้อมอารี มีวินัย รักษาศีลธรรม และเป็นพลเมืองดีของชาติ มีหลักคิดที่ถูกต้อง มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษและภาษาที่ 3และอนุรักษ์ภาษาท้องถิ่น มีนิสัยรักการเรียนรู้และการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต สู่การเป็นคนไทยที่มีทักษะสูงเป็นนวัตกร นักคิด ผู้ประกอบการ เกษตรกรยุคใหม่และอื่น ๆ โดยมีสัมมาชีพตามความถนัดของตนเอง ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม มีเป้าหมายการพัฒนาที่สำคัญคือการดึงเอาพลังของภาคส่วนต่างๆ ทั้งภาคเอกชน ประชาสังคม ชุมชนท้องถิ่น มาร่วมขับเคลื่อนโดยการสนับสนุนการรวมตัวของประชาชนในการร่วมคิดร่วมทำเพื่อส่วนรวมการกระจายอำนาจและความรับผิดชอบไปสู่กลไกบริหารราชการแผ่นดินในระดับท้องถิ่นการเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชนในการจัดการตนเอง และการเตรียมความพร้อมของประชากรไทยทั้งในมิติสุขภาพเศรษฐกิจสังคม และสภาพแวดล้อมให้เป็นประชากรที่มีคุณภาพ สามารถพึ่งตนเองและทำประโยชน์แก่ครอบครัว ชุมชน และสังคมให้นานที่สุด โดยรัฐให้หลักประกันการเข้าถึงบริการและสวัสดิการที่มีคุณภาพอย่างเป็นธรรมและทั่วถึง ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโต บนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมีเป้าหมายการพัฒนาที่สำคัญเพื่อนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนในทุกมิติ ทั้งมิติด้านสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม ธรรมาภิบาล และความเป็นหุ้นส่วนความร่วมมือระหว่างกันทั้งภายในและภายนอกประเทศอย่างบูรณาการ ใช้พื้นที่เป็นตัวตั้งในการกำหนดกลยุทธ์และแผนงาน และการให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องได้เข้ามามีส่วนร่วมในแบบทางตรงให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยเป็นการดำเนินการบนพื้นฐานการเติบโตร่วมกัน ไม่ว่าจะเป็นทางเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตโดยให้ความสำคัญกับการสร้างสมดุลทั้ง 3 ด้านอันจะนำไปสู่ความยั่งยืนเพื่อคนรุ่นต่อไปอย่างแท้จริงและยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ โดยจะเน้นการปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม” โดยภาครัฐต้องมีขนาดที่เหมาะสมกับบทบาทภารกิจ และแยกแยะบทบาทหน่วยงานของรัฐที่ทำหน้าที่ในการกำกับหรือในการให้บริการในระบบเศรษฐกิจที่มีการแข่งขัน มีขีดสมรรถนะสูง

ยึดหลักธรรมาภิบาล ปรับวัฒนธรรมการทำงานให้มุ่งผลสัมฤทธิ์และผลประโยชน์ส่วนรวม มีความทันสมัย และพร้อมที่จะปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำนวัตกรรม เทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่และระบบการทำงานที่เป็นดิจิทัลเข้ามาประยุกต์ใช้อย่างคุ้มค่า และปฏิบัติงานเทียบได้กับมาตรฐานสากล รวมทั้งมีลักษณะเปิดกว้าง เชื่อมโยงถึงกันและเปิดโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามามีส่วนร่วมเพื่อตอบสนองความต้องการของประชาชนได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และโปร่งใส โดยทุกภาคส่วนในสังคมต้องร่วมกันปลูกฝังค่านิยมความซื่อสัตย์สุจริต ความมัธยัสถ์ และสร้างจิตสำนึกในการปฏิเสธไม่ยอมรับการทุจริตประพฤติมิชอบอย่างสิ้นเชิง นอกจากนั้น กฎหมายต้องมีความชัดเจน มีเพียงเท่าที่จำเป็นมีความทันสมัย มีความเป็นสากล มีประสิทธิภาพ และนำไปสู่การลดความเหลื่อมล้ำและเอื้อต่อการพัฒนา โดยกระบวนการยุติธรรมมีการบริหารที่มีประสิทธิภาพ เป็นธรรม และไม่เลือกปฏิบัติการอำนวยความยุติธรรมตามหลักนิติธรรม รวมทั้งต้องมีการพัฒนาระบบบริหารจัดการบุคลากรภาครัฐที่สามารถจูงใจและดึงดูดให้คนดีคนเก่งเข้ามาร่วมพลังการทำงานที่มีความมุ่งมั่นและมีแรงบันดาลใจในการที่จะร่วมกันพลิกโฉมประเทศไปสู่เป้าหมายที่พึงประสงค์ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561)

จากยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ส่งผลให้กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม พ.ศ. 2563 – 2567 เพื่อตอบสนองการดำเนินงานของแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 โดยมีวิสัยทัศน์คือ เป็นผู้นำและผลักดันการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลเพื่อขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่ประเทศไทย 4.0 โดยแผนยุทธศาสตร์นี้จะมุ่งให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นโดยประชาชนจะสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ และบริการได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ทันต่อเหตุการณ์และมีมาตรฐานจากทางภาครัฐและเอกชนผ่านระบบเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีโครงข่ายที่ทั่วถึงและมีประสิทธิภาพด้วยราคาที่เป็นธรรม นอกจากยังส่งเสริมให้ภาครัฐปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานสู่ระบบดิจิทัล มีการส่งเสริมกำลังคนให้มีความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสามารถรอบรับการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไปสู่การเป็นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม’ (Value–Based Economy) โดยแผนยุทธ์ศาสตร์นี้ประกอบไปด้วย 6 ยุทธศาสตร์คือ ยุทธศาสตร์ที่ 1 พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลให้มีประสิทธิภาพครอบคลุมพื้นที่ในประเทศและมีราคาที่เป็นธรรมสามารถจ่ายได้ เพื่อให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลและบริการที่เท่าเทียนกัน ยุทธศาสตร์ที่ 2 เพิ่มศักยภาพการแข่งขันด้วยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจโดยส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมภาคการผลิต การบริการ วิสาหกิจชุมชนและกลุ่มเศรษฐกิจฐานรากใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะและอินเทอร์เน็ตเพื่อเพิ่มศักยภาพและความสามารถในการแข่งขันด้านการผลิต การค้าขายในรูปแบบออนไลน์และระบบการขนส่งสินค้าและโลจิสติกส์ รวมทั้งยังส่งเสริมการตลาดและการลงทุนในการพัฒนาอุตสาหกรรมดิจิทัล ยุทธศาสตร์ที่ 3 ยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นจากการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการพัฒนา Smart City โดยการสร้างสภาวะแวดล้อมเพื่อเอื้อต่อการสร้างโอกาสและกระตุ้นการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับทุกภาคส่วนอย่างเท่าเทียมและทั่วถึง ส่งเสริมให้ประชาชนทุกกลุ่มใช้สื่อและเทคโนโลยีดิจิทัลทุกรูปแบบได้อย่างสร้างสรรค์ รู้เท่าทันและมีความรับผิดชอบรวมทั้งยังส่งเสริมการพัฒนาเครือข่ายชุมชนเพื่อสร้าง

ความตระหนักและเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล นอกจากนี้ยังสนับสนุนให้ทุกภาคส่วนผลิตสื่อดิจิทัลอย่างมีมาตรฐาน หรือแปลงข้อมูลองค์ความรู้ด้านต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลและวิจัย พัฒนาต่อยอดนวัตกรรมและเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษา การเรียนรู้ตลอดชีวิตและการให้บริการด้านสุขภาพ เช่น แพลตฟอร์ม แอพพลิเคชั่น โมเดลการเรียนการสอน เนื้อหา/สื่อการเรียนรู้ ยุทธศาสตร์ที่ 4 ส่งเสริมการให้บริการแก่ประชาชน ภาครัฐ และภาคเอกชนในรูปแบบดิจิทัล โดยภาครัฐมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงาน/บริการภาครัฐสู่ระบบดิจิทัลด้วยการส่งเสริมให้มีโครงสร้างพื้นฐานเพื่อให้สามารถพัฒนาบริการอัจฉริยะ (Smart service) และนวัตกรรมเพื่อการบริการ (Service Innovation) ที่อำนวยความสะดวกเพื่อตอบสนองความต้องการของประชาชนและภาคธุรกิจ นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้เกิดแพลตฟอร์มกลางสำหรับการให้บริการของภาครัฐ การบริหารจัดการข้อมูลสถิติทางการ การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ การเชื่อมโยง เปลี่ยนข้อมูลและการใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ การบริหารอย่างมีธรรมาภิบาล การบริหารการจัดการและการแจ้งเตือนด้านพัฒนาอุตุนิยมวิทยารวมทั้งการเพิ่มขีดความสามารถในการพยากรณ์อากาศ นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้มีการระบบตรวจสอบให้มีความถูกต้องและควบคุมระบบสารสนเทศให้เป็นไปตามมาตรฐานและสร้างนวัตกรรมทางดิจิทัลเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ยุทธศาสตร์ที่ 5 พัฒนากำลังคนให้พร้อมเข้าสู่ยุคดิจิทัล โดยการพัฒนาผู้ที่ทำงานทุกสาขาอาชีพและหลักสูตรและการพัฒนาทักษะ ความเชี่ยวชาญเทคโนโลยีดิจิทัลให้กับทั้งภาครัฐและเอกชน นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องพัฒนาผู้นำองค์กรในการนำเทคโนโลยีดิจิทัลไปใช้ในการวางแผนและพัฒนาองค์กร รวมทั้งยังส่งเสริมการเข้ามาทำงานของบุคลากรจากต่างประเทศที่มีความเชี่ยวชาญด้านดิจิทัล และยุทธศาสตร์ที่ 6 สร้างและส่งเสริมความเชื่อมั่นในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลให้ทุกภาคส่วนมีความเชื่อมั่นในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลด้วยการพัฒนาปรับปรุงกฎหมาย ระเบียบ นโยบาย แผน กรอบแนวทาง มาตรการ มาตรฐานและกลไกที่มีอยู่ในปัจจุบันให้ทันสมัยและความร่วมมือทั้งในประเทศและระหว่างประเทศการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล รวมทั้งยังสร้างและส่งเสริมให้เกิดความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ด้วยพัฒนา ปรับปรุงระบบ หรือเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพ เพื่อการป้องกันและปราบปรามการกระทำความผิดทางคอมพิวเตอร์ รวมถึงปกป้องโครงสร้างพื้นฐานสำคัญทางสารสนเทศ และพัฒนาผู้นำองค์กรในการนำเทคโนโลยีดิจิทัลไปใช้ในการวางแผนและพัฒนาองค์กรและบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในภาวะวิกฤต รวมทั้งพัฒนาระบบสื่อสารหลัก และสื่อสารสำรองเพื่อรองรับการทำงานอย่างต่อเนื่องในทุกสถานการณ์ (กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, 2562)

จากแผนฯ ดังกล่าวส่งผลให้ภาคการศึกษาจำเป็นต้องมีการปรับตัวตามการแผนยุทธศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงในยุคปัจจุบัน ทำให้สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมจำเป็นต้องเร่งรัดพัฒนาการศึกษา จึงจัดทำแผนการอุดมศึกษาเพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนของประเทศ พ.ศ. 2564 - 2570 เพื่อเป็นกรอบทิศทางการพัฒนาการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมของประเทศภายใต้วิสัยทัศน์ “อุดมศึกษาสร้างคน สร้างปัญญาเพื่อพัฒนาสังคมไทยอย่างยั่งยืน ประกอบด้วยประเด็นยุทธศาสตร์ที่ขับเคลื่อนการผลิตและพัฒนากำลังคนของประเทศ ประกอบด้วย 3 ประเด็น คือ บัณฑิตและกำลังคน ระบบนิเวศวิจัย และอุดมศึกษาใหม่ภายใต้ 3 ยุทธศาสตร์ คือ ยุทธศาสตร์ที่ 1 คือ พัฒนาศักยภาพคน (Capacity Building) ยุทธศาสตร์ที่ 2 คือ ส่งเสริมระบบนิเวศวิจัยอุดมศึกษา (Research Ecosystem Building)

และยุทธศาสตร์ที่ 3 จัดระบบอุดมศึกษาใหม่ (Higher Education Transformation) จากทั้ง 3 ยุทธศาสตร์ จะเห็นว่ามีความสำคัญโดยเฉพาะในยุทธศาสตร์ที่ 1 นี้จะช่วยพัฒนาศักยภาพคน เพื่อตอบสนองการพัฒนาประเทศตามยุทธศาสตร์ชาติ ซึ่งสถาบันอุดมศึกษาจำเป็นการจัดการศึกษาเพื่อการเรียนรู้ตลอดช่วงชีวิต (Lifelong Learning) เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตลอดช่วงชีวิตและเปิดโอกาสให้ประชาชนทุกคนสามารถเข้าถึงองค์ความรู้และบริการทางวิชาการของสถาบันอุดมศึกษาได้อย่างไม่มีขีดจำกัด รวมทั้งผู้สอนกับนักศึกษาสามารถติดต่อสื่อสารกันได้นอกช่วงเวลาที่เป็นนักศึกษา รวมทั้งสถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องการเชื่อมโยงและสร้างความเข้มแข็งให้กับการศึกษาระดับอื่น โดยการยกระดับคุณภาพทางการศึกษาทั้งระดับพื้นฐานและระดับอาชีวศึกษาเพื่อให้นักศึกษามีคุณภาพเพื่อส่งต่อให้กับระดับอุดมศึกษา เพื่อพัฒนากำลังคนทั้งในระบบการศึกษาและและผู้ที่อยู่ในตลาดแรงงานหรืออยู่ในกลุ่มนอกวัยเรียน (Non-Aged Group) ให้มีค่านิยมตามบรรทัดฐานที่ดีทางสังคม มีทักษะดำรงชีวิตสำหรับโลกในศตวรรษที่ 21 ได้รับการศึกษา และการพัฒนาที่มีคุณภาพสูงตามมาตรฐานสากล และสามารถเรียนรู้และปรับตัวให้เข้ากับวัฒนธรรมการทำงานที่หลากหลายเป็นกำลังคนที่มีคุณลักษณะสมรรถนะเชิงวิชาการ สมรรถนะการประกอบอาชีพที่มีทักษะการปฏิบัติงานรองรับงานในปัจจุบันและอนาคต และสมรรถนะการเป็นพลโลก สมรรถนะเหล่านี้จะช่วยให้กำลังคนสามารถพัฒนาตนเอง ครอบครัว ตลอดจนสังคม รวมถึงการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน นอกจากนี้สถาบันอุดมศึกษายังจำเป็นต้องจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการใช้ชีวิตของนักศึกษาทุกกลุ่มในสถาบันอุดมศึกษา (Campus Life & Universal Design) ให้มีบรรยากาศเอื้อต่อการเรียนการสอนและการดำเนินชีวิตของนักศึกษาน ซึ่งต้องคำนึงถึงการเข้าถึงการใช้ประโยชน์อย่างเท่าเทียมและเสมอภาคกันตั้งแต่ผู้ที่ไม่มีความต้องการพิเศษ จนถึงผู้ที่มีความต้องการพิเศษ (Special Needs) เช่นจัดให้มีการมีสังคม มีการกีฬา มีกิจกรรม มีสถานที่พักผ่อนสำหรับนักศึกษาที่เพียงพอ นอกจากนี้สถาบันอุดมศึกษาจำเป็นสร้างโอกาสการเข้าถึงอุดมศึกษาอย่างทั่วถึงและเป็นธรรม โดยไม่ทิ้งใครไว้ข้างหลัง (Access & Equity in Higher Education) เพื่อรองรับนักศึกษาทุกคน ทุกวัยที่มาจากครอบครัวผู้มีรายได้น้อย ผู้ด้อยโอกาส ผู้พิการความแตกต่างเรื่องถิ่นกำเนิด เชื้อชาติภาษา เพศ อายุ สถานะของบุคคล ศาสนา หรือความคิดเห็นทางการเมืองอันไม่ขัดต่อบทบัญญัติแห่งรัฐธรรมนูญสามารถเข้าถึงการศึกษาระดับอุดมศึกษาอย่างมีคุณภาพสูงเท่าเทียมกันโดยไม่เลือกปฏิบัติ สถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องสนับสนุนผู้ที่ขาดแคลนทุนทรัพย์ให้มีโอกาสเรียนผ่านเงินอุดหนุนการดำเนินงานของรัฐ เงินทุนการศึกษา เงินทุนกู้ยืมหรือทุนผูกพันเมื่อสำเร็จการศึกษาในรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งสถาบันอุดมศึกษายังต้องคำนึงถึงการจัดการศึกษาสำหรับผู้สูงอายุ (Education For The Elderly) ซึ่งสถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องการพัฒนาศักยภาพให้มีความรู้และทักษะเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตให้สามารถดูแลตนเองได้ จากความสำคัญดังกล่าวส่งผลให้รูปแบบการเรียนการสอนจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพื่อรองรับในศตวรรษที่ 21 ยุทธศาสตร์ที่ 5 เกี่ยวกับพัฒนากำลังคนให้พร้อมเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัลประกอบ ด้วย 1) พัฒนาทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัลให้แก่บุคลากรในตลาดแรงงานทั้งภาครัฐและเอกชนทุกสาขาอาชีพและทุกช่วงวัย และ 2) ส่งเสริมการพัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญเทคโนโลยีเฉพาะด้านให้กับบุคลากรสายวิชาชีพด้านเทคโนโลยีดิจิทัลที่ปฏิบัติงานในภาครัฐและเอกชนเพื่อรองรับความต้องการในอนาคต จึงส่งผลให้สถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องปรับรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อรองรับการทำงาน โดยรูปแบบการเรียนแบบเปลี่ยนผ่าน

(Transformative learning) ถือเป็นรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญในการทำให้นักศึกษาสามารถปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ใหม่เพื่อการเรียนรู้ใหม่ได้

การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative learning) ถือเป็นรูปแบบที่รองรับการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 (เสาวนีย์และรณชัย, 2020) ที่เน้นให้นักศึกษาสามารถใคร่ครวญความคิดและความรู้สึกของตนเองผ่านสังเกตและทำความเข้าใจโลกทัศน์ ความคิด ความเชื่อที่อยู่เบื้องหลัง ซึ่งมักส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตประจำวัน รวมทั้งการปฏิสัมพันธ์กับคนและสิ่งแวดล้อมรอบตัว (คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2558) ในยุคดิจิทัลนี้ นอกจากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจะเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิตประจำวันทั้งในการติดต่อสื่อสาร การเรียนการสอนและการทำงานแล้วยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาประเทศให้เจริญ ก้าวหน้าในด้านต่าง ๆ เช่นด้านการบริหารข้อมูลทั้งด้านผลิต การเข้าถึง รวมทั้งการแพร่กระจายแลกเปลี่ยนและส่งผ่านข้อมูล (Hutchinson and Sawyer, 2000) จากประโยชน์ต่าง ๆ จึงทำให้ประเทศไทยเห็นถึงความสำคัญในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รวมทั้งมีการผลักดันให้นำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการขับเคลื่อนพัฒนาประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม (ประสิทธิ์, 2557) โดยกระบวนการการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านจะเน้นให้นักศึกษาได้เข้าร่วมทดลองเพื่อให้เกิดประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะการสำรวจและท้าทายคุณค่าและความเชื่อของตนเอง ส่งผลให้นักศึกษาเกิดการสังเกต พิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบด้านและจะทำให้นักศึกษาสามารถเห็นถึงต้นตอของปัญหาต่าง ๆ ได้ (คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2558) และนำมาแลกเปลี่ยนกันเรียนรู้เพื่อให้ได้ข้อสรุป (ศรีประไพ, 2562) ในปัจจุบันมีการสร้างกระบวนทัศน์ใหม่สำหรับการเรียนรู้โดยการนำนวัตกรรมเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนการสอน (Andreev, 2023) ของนักศึกษา ผู้สอนและผู้เกี่ยวข้อง เพื่อมุ่งเน้นให้นักศึกษามีประสิทธิภาพและทักษะในด้านต่าง ๆ มากขึ้น (Mykhailenko et al., 2019) เช่น ทักษะในการค้นคว้า การวิเคราะห์การ สังเคราะห์ การสะท้อนคิด มีความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ (พิศิษฐ์, 2562) เพื่อช่วยพัฒนาให้นักศึกษาสามารถพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ได้ (OECD/EU, 2019)

จากที่กล่าวมาเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านเป็นรูปแบบการเรียนที่ช่วยสนับสนุนให้นักศึกษาในศวรรษที่ 21 ให้รู้จักประดิษฐ์นวัตกรรมในการจะประดิษฐ์ผลงานนวัตกรรมได้นั้นต้องมีสถานที่ที่ให้นักศึกษาได้ทดลองปฏิบัติ ในการเรียนในศวรรษที่ 21 นั้นนิยมใช้โรงประลองดิจิทัล ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการที่สามารถรองรับการเรียนการสอนทั้ง 2 รูปแบบ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์เทคโนโลยีที่ทันสมัยทั้งด้านฮาร์แวร์และซอฟต์แวร์

โรงประลองดิจิทัล (Digital Fabrication Laboratory) คือเป็นห้องปฏิบัติการสำหรับรองรับการเรียนการสอนและการออกแบบอย่างสร้างสรรค์ (Transformative Learning Technologies Lab, 2018 : NTNU, nd.) เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถสร้างและประดิษฐ์นวัตกรรม (Troxler, 2016) ในห้องปฏิบัติการจะประกอบด้วยอุปกรณ์เครื่องมือเทคโนโลยีขั้นสูงต่าง เช่น เลเซอร์คัทสำหรับทำโครงสร้าง 2D และ 3D เครื่องกัดซีเอ็นซีสำหรับทำแผงวงจรและชิ้นส่วนที่มีความแม่นยำ เครื่องพิมพ์ 3D และเครื่องสแกน โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะทำงานผ่านซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมเครื่องจักรและสร้างวัตถุ (Baijo, nd. : Troxler, 2016) จากความคิดจนสามารถเห็นหรือจับต้องได้

(Madatech, 2014) นอกจากนี้โรงประลองดิจิทัลยังเป็นแหล่งรวมชุมชนของนักศึกษากับนักเทคโนโลยีมาร่วมแชร์ แบ่งปันและสร้างสรรค์ความรู้ในด้านต่าง ๆ (NTNU, nd. : Troxler, 2016)

จากที่กล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ของนักศึกษาเพื่อตอบสนองการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการเรียนการสอนและการฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีของนักศึกษา (Partnership for 21st Century Skills, 2012) เพื่อเตรียมความพร้อมของนักศึกษาให้สามารถเข้าสู่โลกแห่งการทำงานในอนาคตจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

1.2.3 เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

1.2.3.1 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

1.2.3.2 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

1.2.3.3 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

1.2.3.4 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

1.3.2 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

1.3.3 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

1.3.4 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

1.4.2 กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาฝึกปฏิบัติการนวัตกรรมในวงการอุตสาหกรรมจำนวน 50 คน จำนวน 2 ห้อง ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม เพื่อกำหนดกลุ่มนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์จำนวน 25 คน และกลุ่มนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติจำนวน 25 คน

1.4.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1.4.3.1 ตัวแปรต้นคือ วิธีการเรียนการสอน

1.4.3.1.1 การเรียนการสอนแบบปกติ

1.4.3.1.2 การเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล

1.4.3.2 ตัวแปรตามคือ สมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

1.4.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 1 ภาคเรียน จำนวน 16 สัปดาห์ คือ ภาคเรียนที่ 1/2565

1.4.5 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยคือ วิชาฝึกปฏิบัติการนวัตกรรมในวงการอุตสาหกรรม

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยเรื่องรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์สร้างสรรค์แสดงภาพที่ 1-1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

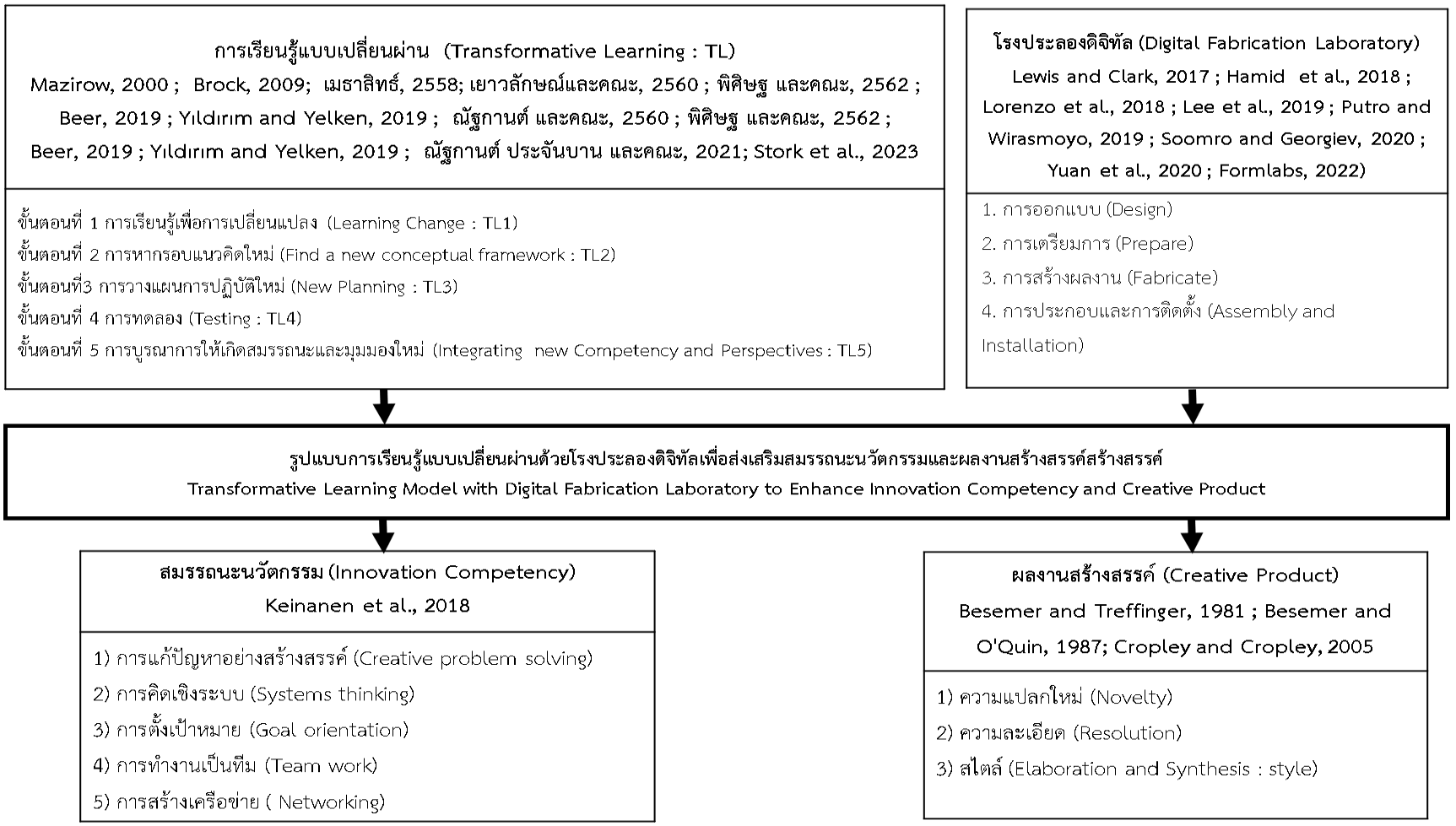
1.5.1 การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Learning Change : TL1) ขั้นตอนที่ 2 การหากรอบแนวคิดใหม่ (Find a new conceptual framework : TL2) ขั้นตอนที่3 การวางแผนการปฏิบัติใหม่ (New Planning : TL3) ขั้นตอนที่ 4 การทดลอง (Testing : TL4) และขั้นตอนที่ 5 การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (Integrating new Competency and Perspectives : TL5) (Mazirow, 2000 ; Brock, 2009; เมธาสิทธ์, 2558; เยาวลักษณ์และคณะ, 2560 ; พิศิษฐ และคณะ, 2562 ; Beer, 2019 ; Yıldırım and Yelken, 2019 ; ณัฐกานต์และคณะ, 2560 ; Stork et al., 2023)

1.5.2 โรงประลองดิจิทัล (Digital Fabrication Laboratory) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1. การออกแบบ (Design) 2. การเตรียมการ (Prepare) 3. การสร้างผลงาน (Fabricate) และ 4. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation) (Lewis and Clark, 2017 ; Hamid et al., 2018 ; Lorenzo et al., 2018 ; Lee et al., 2019 ; Putro and Wirasmoyo, 2019 ;

Soomro and Georgiev, 2020 ; Yuan et al., 2020 ; Formlabs, 2022)

1.5.3 สมรรถนะนวัตกรรม (Innovation Competency) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ 1) การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative problem solving) 2) การคิดเชิงระบบ (Systems thinking) 3) การตั้งเป้าหมาย (Goal orientation) 4) การทำงานเป็นทีม (Team work) และ 5) การสร้างเครือข่าย (Networking) (Keinanen et al., 2018)

1.5.4 ผลงานสร้างสรรค์ (Creative Product) 1) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ 1) ความแปลกใหม่ (novelty) 2) ความละเอียด (resolution) และ 3) สไตล์ (Elaboration and Synthesis : style) (Besemer and Treffinger, 1981 ; Besemer and O'Quin, 1999 ; Cropley and Cropley, 2005)



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.6.1 ได้รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านนำไปใช้ในการวิพากษ์เป็นต้นแบบในการศึกษาหาความรู้ และเป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในบริบทอื่น ๆ เช่น การเรียนการสอนในระดับอาชีวศึกษาและการศึกษาขั้นพื้นฐาน

1.6.2 ได้โรงประลองดิจิทัลสำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาสมรรถนะนวัตกรรม

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.7.1 รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน หมายถึง รูปแบบการเรียนที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Learning Change : TL1) ขั้นตอนที่ 2 การหากรอบแนวคิดใหม่ (Find a new conceptual framework : TL2) ขั้นตอนที่3 การวางแผนการปฏิบัติใหม่ (New Planning : TL3) ขั้นตอนที่ 4 การทดลอง (Testing : TL4) และขั้นตอนที่ 5 การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (Integrating new competency and Perspectives : TL5)

1.7.2 โรงประลองดิจิทัล หมายถึง กระบวนการเรียนที่ประกอบด้วย 4 กระบวนการ คือ ดิจิทัล 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การออกแบบ (Design : DF1) ขั้นที่ 2 การเตรียมการ (Prepare : DF2) ขั้นที่ 3 การสร้างผลงาน (Fabricate : DF3) และ ขั้นที่ 4 การประกอบและติดตั้ง (Assembly and Installation : DF4)

1.7.3 เครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอนแบ่งออกเป็นทั้ง 4 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material) และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and Simulator tools online)

1.7.4 จักรวาลนฤมิต (Metaverse) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการเรียนการสอนประกอบด้วย 5 ห้อง คือ 1. ห้องการเรียนรู้ (Classroom) 2. การออกแบบ (Design) 3. การเตรียมการ (Prepare) 4. การสร้างผลงาน (Fabricate) 5. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation)

1.7.5 สมรรถนะนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถของนักศึกษาที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณางาน ความคิดริเริ่ม การทำงานเป็นทีมและเครือข่าย

1.7.6 ผลงานสร้างสรรค์หมายถึง สิ่งประดิษฐ์ที่กลุ่มนักศึกษาร่วมกันสร้างสรรค์โดยผ่านการประเมินผลงานด้วยการให้คะแนนแบบรูบริคส์เพื่อตอบสนองปัญหาที่นักศึกษาได้ศึกษาจากกระบวนการเรียนการสอนผ่านระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล

1.7.7 วิธีสอนแบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนและการมีปฏิสัมพันธ์กันในชั้นเรียนระหว่างอาจารย์และนักศึกษา

1.7.8 นักศึกษา หมายถึง นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาฝึกปฏิบัติการนวัตกรรมในวงการอุตสาหกรรมโดยใช้วิธีการเรียนการสอนผ่านรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลและใช้วิธีการเรียนการสอนแบบปกติ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning)

2.2 โรงประลองดิจิทัล (Digital Fabrication Laboratory)

2.3 สมรรถนะนวัตกรรม (Innovation Competency)

2.4 ผลงานสร้างสรรค์ (Creative Product)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning)

ในตอนนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) ซึ่งประกอบด้วยประวัติของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน ความหมายของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน และองค์ประกอบของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน โดยแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ประวัติของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน

การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) ถูกคิดค้นขึ้นในในปลายทศวรรษ 1978 โดยนักสังคมวิทยาชาวอเมริกันชื่อ แจ๊ค เมซิโรว์ (Jack Mezirow) โดยได้แนวคิดมาจากนักวิชาการ 3 ท่าน (Kuhn ,1962, Freire ,1970 and Habermas ,1972) มาพัฒนาเป็นการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ช่วงเวลา ค.ศ.1978-2006 ซึ่งทฤษฎีนี้ได้รับความสนใจจากผู้ปฏิบัติงานและนักวิจัยในด้านการศึกษา Mezirow กล่าวไว้ว่า การเรียนรู้ถือเป็นกระบวนการของการใช้ประสบการณ์ที่ผ่านมาเพื่อนำไปปรับใช้เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการในอนาคต (John, 2016) จากการเปลี่ยนแปลงทางด้านการศึกษาตั้งแต่อดีตจนปัจจุบันที่เข้าสู่ยุค Disruptive Technology ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลให้สถาบันการศึกษาหลายแห่งไม่สามารถปรับรูปแบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้ ดังนั้นรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านจึงรูปแบบการเรียนที่เหมาะสมกับยุค Disruptive Technology (Mezirow, 1991; Mezirow, 2000) เพราะการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านเป็นกระบวนการในการเปลี่ยนกรอบแนวคิด (Frame of reference) โดยการกระตุ้นและผลักดันให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมุมมอง (Perspective Transformation) ผ่านการสะท้อนคิดอย่างลึกซึ้งจากภายในตนเอง (Critical Self-Reflection) และการสนทนา พูดคุยแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น (Discourse) รวมทั้งผู้เรียนสามารถรับมือกับปัญหาใหม่ ๆ หรือประสบการณ์ที่ไม่เคยพบเจอมาก่อนในระหว่างการเรียนในชั้นเรียน (Experience) ทำให้ผู้เรียนแต่ละคนสามารถนำไปสู่การสร้างความหมายใหม่ที่เปลี่ยนผ่านไปจากมุมมองและความหมายเดิมได้ (Mezirow, 2000)

2.1.2 ความหมายของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน

การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านถือเป็นรูปแบบการเรียนที่ได้รับความนิยม โดยมีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านโดยมีรายละเอียดดังนี้

Habermas (1991) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) คือ การทำความเข้าใจการเรียนรู้โดยจะต้องแยกความแตกต่างของทฤษฎีจากการวิเคราะห์ ทดลองและการปฏิบัติไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ

Mezirow (2000) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) คือ กระบวนการเรียนรู้ผ่านการสะท้อนคิดของตนเอง (Critical Reflection) ที่จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนกรอบความคิดที่มีให้มีการสะท้อนความคิดใหม่ที่เปิดกว้าง มีความชัดเจนมากขึ้น เพื่อให้สามารถคิด วิเคราะห์หรือพิจารณาแยกความแตกต่าง ทุกสิ่งรอบ ๆ ตัวอย่างรอบคอบและทุกมิติได้ชัดเจนขึ้น รวมทั้งสามารถเปิดใจยอมรับรับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวมากขึ้นจนนำไปสู่เปลี่ยนแปลงตนเอง โดยการบูรณาการความเข้าใจจากประสบการณ์ของตนเองจนสามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้

Taylor (2007) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) คือ การเปลี่ยนแปลงจากภายใน โดยอาศัยการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ที่ผ่านมาในอดีตในการสะท้อนตีความในประสบการณ์ต่าง ๆ ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง 3 ด้าน คือ 1. ความเชื่อ (Belief) 2. ด้านมโนทัศน์(Concept) และ 3. ด้านอารมณ์ความรู้สึก (Emotion)

Sutherland & Crowther (2008) การเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง หมายถึง กระบวนการที่ช่วยให้คนได้เปลี่ยนกรอบมุมมองในการแก้ไขปัญหาที่ยาก (problematic frame) ที่เกิดจากความเชื่อที่มีผลต่อพฤติกรรมจากนิสัยของแต่ละคน และจากการให้ความหมายของสมมติฐานหรือสิ่งที่ คาดหวังตามมุมมองของแต่ละคน ที่จะช่วยให้เกิด การแก้ปัญหาได้นั้นจะต้อง ใช้ทุกวิธีการในการ แก้ปัญหาไม่เลือกปฏิบัติและเปิดใจในการแก้ปัญหา ซึ่งสิ่งทั้งหมดนี้จะเกิดขึ้นภายใต้วัฒนธรรม ภาษา และประสบการณ์ของแต่ละคนที่จะหล่อหลอมให้คนมีการเปลี่ยนแปลงมุมมอง การคิดและความรู้สึกจนโน้มน้าวให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในตัวบุคคลขึ้น

Yıldırım and Yelken (2020) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) คือ การเรียนรู้เพื่อมุ่งเน้นไปที่การเปลี่ยนแปลงของบุคคลและกลุ่มบุคคล โดยผ่านกระบวนการใหม่ด้วยการเปลี่ยนทัศนคติ ความเชื่อ และสมมติฐานของแต่ละบุคคลผ่านการไตร่ตรองอย่างมีวิจารณญาณ

Andreev (2023) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) คือ การขยายจิตสำนึกการรับรู้ ซึ่งแต่ละบุคคลสามารถตั้งคำถามกับตนเองเกี่ยวกับความรู้สึก ความเชื่อ การสันนิษฐาน และมุมมองต่อจุดประสงค์ของตนเอง

ละเอียด และคณะ (2557) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) คือ การเปลี่ยนแปลงตนเองผ่านการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเรียนรู้ประสบการณ์โดยการสร้างสำนึกใหม่และเปลี่ยนแปลงโลกทัศน์เพื่อให้เกิดความเข้าใจในตนเอง เข้าใจโลกและความสัมพันธ์ทางสังคม มีทักษะในการค้นคว้า วิเคราะห์ สังเคราะห์ สะท้อนคิดมีความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ

คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2558) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) คือ แนวคิดและการปฏิบัติที่มุ่งเน้นให้

ผู้เรียนได้ใคร่ครวญความคิดและความรู้สึกของตนเอง เพื่อสังเกตและทำความเข้าใจโลกทัศน์ความคิด ความเชื่อที่ผ่านมาซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตประจำวัน รวมทั้งการปฏิสัมพันธ์กับคนและสิ่งแวดล้อมรอบตัว ผนวกกับประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายทั้งการสำรวจและท้าทายคุณค่าและความเชื่อของตนเอง เพื่อให้เกิดการเริ่มสังเกต พิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบด้าน และลดอคติที่มีต่อชุดความคิดความเชื่อที่แตกต่างจากตนจนทำให้เกิดความเข้าใจ ความเคารพ ความรักความเมตตาต่อเพื่อนมนุษย์เพิ่มมากขึ้น

ทรงสุดา และคณะ (2561) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) คือ การเรียนรู้ที่อาจเกิดขึ้นได้ทั้งจากการปรับกรอบอ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมเชิงภววิสัย (Objective Reframing) โดยการใคร่ครวญเกี่ยวกับข้อสรุปหรือสมมติฐานของบุคคลอื่นจากการอ่าน การวิเคราะห์ปัญหา หรือการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ

จากที่กล่าวมาแล้วผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) คือ กระบวนการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในตัวเองด้านความเชื่อ มโนทัศน์ และ อารมณ์ความรู้สึก โดยผ่านการสะท้อนคิด การไตร่ตรองอย่างมีวิจารณญาณนำไปสู่การปรับเปลี่ยนกรอบความคิดโดยมีการบูรณาการความเข้าใจจากประสบการณ์ของตนเองจนนำไปสู่การปฏิบัติ

2.1.3 องค์ประกอบของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน

จากการที่เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงก้าวหน้าไปรวดเร็วมาก ส่งผลทุกภาคส่วนต้องมีการปรับเปลี่ยนเพราะเทคโนโลยีจะเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาสินค้าและบริการ จึงทำให้ภาคการศึกษาจำเป็นต้องปรับตัวโดยเฉพาะเกี่ยวกับการจัดการเรียนสอน จึงทำให้มีการนำรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านมาประยุกต์ใช้เพื่อปรับเปลี่ยนแนวความคิดของผู้เรียนให้ทันกับความเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดขององค์ประกอบดังนี้

Mezirow (2000) กล่าวว่ากระบวนการของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านประกอบด้วย 10 ขั้นตอน คือ 1. การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม (Disorienting Dilemma) 2. การตรวจสอบตนเอง (Self-Examination) 3. การประเมินสมมติฐานเดิม (A Critical Assessment of Assumptions) 4. การยอมรับการเปลี่ยนแปลง (A Recognizing of a connection between one’s discontent and the process of transformation) 5. การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง (Exploration of options for new roles, relationships, and actions) 6. การวางแผนการปฏิบัติงาน (Planning a course of action) 7. การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน (Acquiring knowledge and skills for implementing one’s plans) 8. การทดลองทำตามแผน (Provisional Trying of New Roles) 9. การสร้างสมรรถนะและความมั่นใจ (Building competence and self-confidence in new roles and relationships) และ10. การบูรณาการความรู้ใหม่ (A Reintegrating into one’s life on the basis of condition dictated by one is new perspective) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม (Disorienting Dilemma) เมื่อบุคคลต้องเผชิญกับประสบการณ์ที่เบี่ยงเบนไปจากมุมมองเดิมของตนเองในอดีต เช่น ความเชื่อ ค่านิยม ข้อสันนิษฐาน ทำให้บุคคลเกิดความสับสนและพยายามในการปรับตัว

2. การตรวจสอบตนเอง (Self-Examination) จากการที่บุคคลได้พบสถานการณ์ที่ทำให้เกิดความสับสนจากขั้นตอนที่ 1 มีผลทำให้บุคคลต้องตรวจสอบความรู้สึกของตนเองเช่น ความรู้สึกกลัว ความรู้สึกโกรธ ความรู้สึกผิด เป็นต้นจากสถานการณ์ดังกล่าว

3. การประเมินสมมติฐานเดิม (A Critical Assessment of Assumptions) เป็นขั้นตอนที่บุคคลจะวิเคราะห์ พิจารณาและตรวจสอบเกี่ยวกับสมมติฐานที่มาจากมุมมองเดิมของตนเองในอดีตในเชิงความจริง เชิงสังคมวัฒนธรรม หรือเชิงจิตใจ

4. การยอมรับการเปลี่ยนแปลง (Recognizing of a Connection Between One's Discontent and the Process of Transformation) ในขั้นตอนนี้บุคคลจะมีการสื่อสารและแลกเปลี่ยนอย่างมีเหตุผลกับบุคคลอื่น ๆ เพื่อแลกเปลี่ยนมุมมอง ซึ่งจะช่วยให้ตนเองได้เรียนรู้มุมมองของบุคคลอื่นๆที่สามารถนำมาใช้แก้ไขสถานการณ์ที่ทำให้ตนเองเกิดความสับสนได้ จนเกิดการยอมรับและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมุมมองเดิมซึ่งมีผลต่อการสร้างกรอบแนวคิดใหม่

5. การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง (Exploration of Options for New Roles, Relationships, and Actions) หลังจากที่บุคคลได้เปลี่ยนแปลงมุมมองเดิม ตลอดจนสร้างกรอบแนวคิดใหม่แล้ว บุคคลจะเริ่มสำรวจทางเลือกใหม่ที่เป็นได้เกี่ยวกับด้านบทบาท ความสัมพันธ์ และพฤติกรรม

6. การวางแผนการปฏิบัติงาน (Planning a Course of Action) ในขั้นตอนนี้บุคคลดำเนินการวางแผนที่มีความยืดหยุ่นเพื่อนำไปสู่บทบาท ความสัมพันธ์ และพฤติกรรมใหม่

7. การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน (Acquiring Knowledge and Skills for Implementing One's Plans) ในขั้นตอนนี้บุคคลแสวงหาความรู้และพัฒนาทักษะที่จำเป็นเพื่อให้สามารถดำเนินการตามแผนการปฏิบัติงานที่ได้วางไว้

8. การทดลองทำตามแผน (Provisional Trying of New Roles) เป็นขั้นตอนที่บุคคลนำความรู้และทักษะไปใช้ในการปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้

9. การสร้างสมรรถนะและความมั่นใจ (Building Competence and Self-Confidence in New Roles and Relationships) จากการที่บุคคลได้ปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้ซึ่งเป็นการเพิ่มพูนความสามารถและสร้างความเชื่อมั่นให้กับตนเอง

10. การบูรณาการความรู้ใหม่ (A Reintegrating into One's Life on the Basis of Condition Dictated by One is New Perspective) เป็นการบูรณาการมุมมองใหม่ที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านไปสู่วิถีการดำเนินชีวิต

Brock (2009) ใช้แนวคิดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่าน 10 ขั้นตอนของ Mezirow (2000) มาเป็นกรอบในการวิจัยเพื่อวัดความสำคัญของขั้นตอนตั้งต้นของการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านในนักศึกษาปริญญาตรี สาขาบริหารธุรกิจ พบว่า ขั้นตอนที่สำคัญที่สุด คือ ขั้นตอนที่ 1 การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม (Disorienting Dilemma) รองลงมาคือ ขั้นตอนที่ 3 การยอมรับการเปลี่ยนแปลง (Recognizing of a Connection Between One's Discontent and the Process of Transformation) ขั้นตอนที่ 4 การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง (Exploration of Options for New Roles, Relationships, and Actions) ขั้นตอนที่ 2 การตวจสอบตนเอง (Self- Examination) และขั้นตอนที่ 8 การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน (Acquiring Knowledge and Skills for

Implementing One’s Plans) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญน้อยที่สุด

เมธาสิทธิ์ (2558) มีการนำกระบวนการการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (1991) มาใช้เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่นำไปสู่การเห็นคุณค่าแท้ในตนเองของเยาวชนชายที่ศาลได้ตัดสินพิพากษาในคดีที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรุนแรง 2 คดี คือ 1) คดีความผิดเกี่ยวกับชีวิตและร่างกาย และ 2) คดีความผิดเกี่ยวกับเพศ และได้เข้ารับการอบรมในศูนย์ฝึกและอบรมเด็ก และเยาวชน ในสังกัดของกรมพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชนภายทั้ง 15 แห่งในระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี สามารถอ่านออกเขียนได้ ไม่มีภาวะผิดปกติทางร่างกายและจิตใจ โดยกระบวนการการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (1991) มี 10 ขั้นตอนดังนี้ 1) ภาวะวิกฤตที่ทำให้สับสน (A Disorienting Dilemma) 2) การตรวจสอบตนเองด้วยความรู้สึกผิดหรือละอายใจ (Self-Examination with Feelings of Guilt or Shame) 3) การประเมินเชิงวิพากษ์ต่อข้อสันนิษฐานด้านญาณวิทยา ด้านสังคมวัฒนธรรม หรือด้านจิตใจ (A critical Assessment of Epistemic, Socio-cultural or Psychic Assumptions) 4) การตระหนักว่าความไม่พอใจต่อสิ่งหนึ่งกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงได้ถูกใช้ร่วมกัน และตระหนักว่าคนอื่นได้มีการเจรจาในการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกัน (Recognition that One’s Discontent and the Process of Transformation are Shared and that others have Negotiated a Similar Change) 5) การสำรวจทางเลือกสำหรับบทบาทความสัมพันธ์ และการกระทำใหม่ ๆ (Exploration of Options for New roles, relationships and actions) 6) การวางแผนเส้นทางของการกระทำ (Planning of a Course of Action) 7) การพัฒนาความรู้และทักษะเพื่อการนำแผนไปใช้ให้เกิดผล (Acquisition of Knowledge and Skills for Implementing One's Plans) 8) การทดลองบทบาทใหม่ที่ถูกจัดไว้ชั่วคราว (Provisional Trying of New Roles) 9) การสร้างสมรรถนะและความเชื่อมั่นในตนเองในบทบาทและความสัมพันธ์ใหม่ (Building of Competence and Self-Confidence in New Roles and Relationships) และ 10) การบูรณาการใหม่ให้กลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตบนพื้นฐานของปัจจัยแวดล้อมที่ถูกควบคุม โดยปริทรรศน์ใหม่ (A Reintegration into One’s Life on the Basis of Conditions Dictated by One’s New Perspective)

เยาวลักษณ์ และคณะ (2560) มีการนำการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (2000) ทั้ง 10 ขั้นตอนมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนของนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี ราชบุรีเพื่อให้เกิดการพัฒนาตามอัตลักษณ์สถาบัน คือ การบริการด้วยหัวใจความเป็นมนุษย์ โดยกระบวนการการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow ทั้ง 10 ขั้นตอนมีดังนี้ 1) การเผชิญกับสถานการณ์หรือเรื่องราวที่มีความย้อนแย้ง คือ ไม่ตรงกับมุมมองเดิมของผู้เรียน 2) การตรวจสอบความคิด มุมมอง ความรู้สึกของตนเอง 3) การประเมินสมมติฐานของตนเองโดยใคร่ครวญอย่างจริงจัง 4) การเปิดใจยอมรับการเปลี่ยนแปลงว่าตนเองและผู้อื่นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น 5) การค้นหาทางเลือกเพื่อจะกระทำแบบใหม่ 6) การวางแผนที่จะปฏิบัติแบบใหม่ 7) การหาความรู้และทักษะเพิ่มเติมเพื่อที่จะปฏิบัติตามแผน 8) ทดลองปฏิบัติตามแผนซึ่งเป็นบทบาทใหม่ 9) การพัฒนาความสามารถและความมั่นใจในบทบาทใหม่ และ 10) การบูรณาการมโนทัศน์ใหม่เข้ากับชีวิต โดยมีการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านได้หลายแบบ ได้แก่ การเรียนที่มี

การทำสัญญาการเรียน โครงการแบบกลุ่ม บทบาทสมมติ กรณีศึกษา สถานการณ์/ห้องเสมือนจริง การศึกษาประวัติชีวิตจริง ในการเสวนากลุ่มนั้นมีข้อควรคำนึง คือ ผู้เรียนต้องเคารพในความคิดเห็นของผู้อื่น รับผิดชอบที่จะช่วยเหลือผู้อื่น ยอมรับความแตกต่างหลากหลาย ทำงานร่วมกันแบบกลุ่มเพื่อนที่เป็นพวกเดียวกัน และทุกคนมีโอกาสที่จะมีส่วนร่วมเท่า ๆ กัน

พิศิษฐ์ และคณะ (2562) มีการนำกระบวนการการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (2000) มาใช้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษาในวิทยาลัยเครือข่าย ภาคกลาง 1 สถาบันพระบรมราชชนก กระทรวงสาธารณสุข จำนวน 7 แห่ง โดยมีการปรับกระบวนการของ Mezirow (2000) เป็น 9 ขั้นตอน คือ 1) การเผชิญกับวิกฤติการณ์ที่ไม่เป็นไปตามมุมมองเดิมของตน (Disorienting Dilemma) 2) การตรวจสอบตนเอง (Self-Examination) 3) การประเมินสมมติฐานเดิมของตนอย่างจริงจัง (Critical Assessment of Assumptions) เป็นขั้นตอนการ ประเมินอย่างพินิจพิเคราะห์เกี่ยวกับสมมติฐานและชุดความเชื่อทั้งในเชิงการเห็นความจริงเชิงสังคมวัฒนธรรมหรือจิตใจ 4) การเปิดใจยอมรับการเปลี่ยนแปลง (Recognition that One's Discontent and the Process of Transformation is Shared) คือ ขั้นของการเห็นว่าเริ่มมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนเกี่ยวกับความไม่พอใจในตนเองและกระบวนการเปลี่ยนแปลงตนเองรวมถึงตระหนักด้วยว่าคนอื่นก็เคยผ่านการเปลี่ยนแปลงทำนองนี้มาแล้ว 5) การค้นหาทางเลือกใหม่ (Exploration of Options) เป็นขั้นการสำรวจทางเลือกความเป็นไปได้ในบทบาท สัมพันธภาพและการกระทำใหม่ 6) การวางแผนการกระทำใหม่ (Planning a Course of Action) ในขั้นนี้เป็นการวางแผนขั้นตอนของการกระทำที่จะเกิดขึ้นใหม่ในอนาคต 7) การหาความรู้และทักษะสำหรับการปฏิบัติตามแผน (Acquiring Knowledge and Skill Necessary for Acting on New Meaning) คือ ขั้นการแสวงหาความรู้และ ทักษะที่จำเป็นในการนำแผนไปปฏิบัติ 8) การเริ่มทดลองทำและสร้างความมั่นใจตามบทบาทใหม่ (Trying on New Roles Provisionally) เป็นขั้นการทดลองปฏิบัติในชีวิตจริง กระทำและสร้างความมั่นใจในบทบาทใหม่ และ 9) การบูรณาการและผนวกจนเป็นวิถีชีวิตตามมุมมองใหม่ของตน (Reintegrating the New Perspective into One's Life) ซึ่งเป็นการหลอมรวมเข้ากับวิถีชีวิตโดยสิ่งที่ทำที่เป็นนั้นมาจากมุมมองของตนเองอย่างแท้จริง

Beer (2019) ได้นำแนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (1994) มี 7 ขั้นตอน คือ 1) การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม (A Disorienting Dilemma) 2) การตรวจสอบตนเอง (Self-Examination of Affect) 3) เกิดการสำรวจใคร่ครวญอย่างมีวิจารณญาณต่อสมมุติฐานเดิมของตนเอง (Critical Assessment of Assumptions) 4) การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง (Exploration of New Roles) 5) วางแผนการดำเนินการปฏิบัติ (Planning a Course of Action) 6) การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน (Acquiring Knowledge and Skills for Implementation) และ 7) การทดลองทำตามแผน (Trying out New Roles) เพื่อสร้างแบบประเมินรูบิคในการประเมินการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของนักศึกษาพยาบาล หลักสูตรวิทยาศาตร มหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยโคเวนทรี ประเทศอังกฤษซึ่งเป็นหลักสูตรการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (MOOCs)

Yıldırım and Yelken (2019) ได้นำแนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ

Mezirow (2000) 10 ขั้นตอนที่ประกอบด้วย 1) การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม (Disorienting Dilemma) 2) การตรวจสอบตนเอง (Self-Examination) 3) เกิดการสำรวจใคร่ครวญอย่างมีวิจารณญาณต่อสมมุติฐานเดิมของตนเอง (Critical Assessment of Assumptions) 4) การยอมรับการเปลี่ยนแปลง (Recognizing of a Connection between One's Discontent and the Process of Transformation) 5) การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง (Exploration of Options for New Roles, Relationships, and Actions) 6) วางแผนการดำเนินการปฏิบัติ (Planning a Course of Action) 7) การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน (Acquiring Knowledge and Skills for Implementing One's Plans) 8) การทดลองทำตามแผน (Provisional Trying of New Roles) 9) การสร้างสมรรถนะและความมั่นใจ (Building Competence and Self-Confidence in New Roles and Relationships) และ 10) การบูรณาการความรู้ใหม่ (A Reintegrating into One's Life on the Basis of Condition Dictated by One is New Perspective) มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการทำงานกับครูสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร แล้วมีการสร้างแบบวัดการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของครูสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร โดยเก็บรวบรวมข้อมูลกับครูสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร 385 คนที่ทำงานในโรงเรียนประถมศึกษา 4 แห่ง โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น 2 โรง และโรงเรียนมัธยมมัธยมศึกษาตอนปลาย 4 แห่ง ในประเทศตุรกี เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Exploratory Factor Analysis: EFA) พบว่า ได้ 4 องค์ประกอบ คือ 1) มุมมองความหมาย (Meaning Perspectives) 2) การสะท้อนอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Reflection) 3) การใช้ประสบการณ์ (Use of Experiences) และ 4) การกระทำที่เปลี่ยนแปลง (Transformative Acts) หลังจากนั้นนำข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis:) พบว่า ข้อมูลมีความตรงเชิงโครงสร้าง ($\chi 2/df$ = 1.81, CFI = 0.98, RMSEA = 0.06, SRMR = 0.07)

ณัฐกานต์ และคณะ (2021) ได้นำแนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (2000) จาก 10 ขั้นตอนมายุบรวมเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) การประเมินกรอบความคิดที่แตกต่างภายในจิตใจ (รวมขั้นตอนที่ 1-3 เข้าด้วยกัน) 2) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในการสร้างทางเลือกหรือแนวทางในการเรียนรู้แบบใหม่ (รวมขั้นตอนที่ 4-5 เข้าด้วยกัน) 3) การวางแผนในการเตรียมความพร้อมเพื่อสร้างบทบาทใหม่ (รวมขั้นตอนที่ 6-8 เข้าด้วยกัน) 4) การสร้างและบูรณาการสมรรถนะเข้ากับความรู้และประสบการณ์ภายใต้มุมมองใหม่ (รวมขั้นตอนที่ 9-10 เข้าด้วยกัน) เพื่อสร้างแบบประเมินกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของนิสิตบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีค่าความเที่ยงระหว่าง 0.806 - 0.863 และมีความตรงเชิงโครงสร้าง (Chi-square = 259.516, p = .052, CFI = 0.972, TLI = 0.965, RMSEA = 0.040, SRMR = 0.073)

Stork et al (2023) ได้นำแนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (1991) มาเพียง 6 ขั้นตอน คือ 1) การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม (A Disorienting Dilemma) 2) การตรวจสอบประสบการณ์ของตนเองในอดีต (Self-Examination of Past Experiences) 3) การประเมินเชิงวิพากษ์ ผู้เรียนสะท้อนถึงสมมติฐานของตนเองและเปิดรับข้อมูลและความเชื่อใหม่ ๆ มากขึ้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมุมมอง (Critical Assessment, Learners

Reflect on their Assumptions and become more open to New Information and Beliefs, Resulting in Perspective Transformation) 4) การยอมรับการเปลี่ยนแปลง มีการแบ่งปันปัญหาส่วนตัวของตน และผู้เรียนตระหนักว่าคนอื่น ๆ ได้เอาชนะความท้าทายที่คล้ายกันแล้ว (Recognition that one's personal problem is shared, and learners realize that others have overcome similar Challenges) 5) การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง โดยผู้เรียนมีการสำรวจ สำรวจทางเลือกของการดำรงอยู่ และการดำเนินชีวิตในแง่ของความสัมพันธ์ บทบาท และการกระทำ (Exploration, Learners Explore Alternative Ways of Being and Living in Terms of Relationships, Roles, and Actions) และ 6) ผู้เรียนวางแผนการดำเนินการปฏิบัติ (Learners Plan New Courses of Action) เพื่อใช้ในการสำรวจการมีส่วนร่วมในงานเขียนและการสัมนามีความเกี่ยวข้องกับเชื้อชาติและชาติพันธุ์ที่ช่วยให้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลงทางการศึกษา โดยเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครที่เป็นนักศึกษาปริญญาเอก 7 คน มีกลุ่มตัวอย่าง 5 คนเกิดในประเทศอเมริกา (ชาวอเมริกาผิวดำ 1 คน (Black American) ชาวเฮติอเมริกัน 1 คน (Haitian American) และชาวอเมริกาผิวขาว 3 คน (White American)) เป็นผู้อพยพจากประเทศจาไมกา 1 คน (Black Jamaican American Immigrant) และชาวเปอร์โตริโก 1 คน

2.2 โรงประลองดิจิทัล (Digital Fabrication Laboratory)

ในตอนนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดของโรงประลองดิจิทัล ซึ่งประกอบด้วยประวัติของโรงประลองดิจิทัล ความหมายของโรงประลองดิจิทัล กระบวนการของโรงประลองดิจิทัล และองค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล โดยแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ประวัติของโรงประลองดิจิทัล

ศาสตราจารย์ Neil Gershenfeld นักประดิษฐ์และนักวิทยาศาสตร์ชื่อดังจากสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology: MIT) ประเทศสหรัฐอเมริกาได้สร้างโรงประลอง (Fabrication Laboratory: Fab Lab) ขึ้นในปี 2001 (Brown, 2021) โดยมีเป้าหมายเพื่อต้องการการสร้างห้องปฏิบัติการที่เรียบง่าย มีสภาพแวดล้อม วัสดุขั้นสูง และเครื่องมือทางวิศวกรรมเพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ในราคาถูกและรวดเร็วทุกที่ในโลก (FabLabNI, 2013) ต่อมาเทคโนโลยีมีการพัฒนาเป็นยุคของเทคโนโลยีดิจิทัลทำให้มีการนำเอาเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการสิ่งประดิษฐ์ในโรงประลอง จึงทำให้มีการเรียกโรงประลองเป็นโรงประลองดิจิทัล (Krisada, 2018)

Stavric et al. (2016) กล่าวว่าบทบาทของการโรงประลองดิจิทัลในการศึกษาด้านสถาปัตยกรรมและการออกแบบได้เพิ่มขึ้นในทศวรรษที่ผ่านมา หลักสูตรการประดิษฐ์แบบดิจิทัลด้วยโรงประลองดิจิทัลเป็นเรื่องธรรมดาในโรงเรียนที่สอนทางด้านสถาปัตยกรรมหลายแห่งที่ให้ความรู้และส่งเสริมนวัตกรรมในการออกแบบโดยการวิจัย และการประดิษฐ์แบบดิจิทัล

ในประเทศไทยได้เริ่มนำเอาแนวคิดของโรงประลองมาใช้เพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรให้เด็กและเยาวชนไทยในปีพ.ศ. 2561 ผ่านสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) (ชื่อเดิม คือ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) และมหาวิทยาลัย พี่เลี้ยงในโครงการฯ 10 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อให้คำปรึกษาในการพัฒนาความสามารถของครู/นักเรียนของโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการ ให้มีทักษะด้านวิศวกรรม มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานโดยการใช้เครื่องมือทางวิศวกรรม และเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์ และมีผลงาน/ชิ้นงาน/โครงงาน เป็นที่ประจักษ์ และมีการสนับสนุนการจัดพื้นที่การเรียนรู้จำนวน 150 แห่ง สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติได้สร้างโรงประลองต้นแบบ ณ บ้านวิทยาศาสตร์สิรินธร เพื่อเป็นโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย โดยส่งเสริมให้มีการจัดกิจกรรมและหลักสูตรฝึกอบรมสำหรับนักเรียนและครู ให้มีองค์ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถใช้เครื่องมือที่มีอยู่ภายในโรงประลองสร้างชิ้นงานต้นแบบได้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังเป็นการสร้างแรงบันดาลใจให้กับผู้ที่สนใจในอาชีพวิศวกรหรือนวัตกรในอนาคต อีกด้วย (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2563)

2.2.2 ความหมายของโรงประลองดิจิทัล

มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของโรงประลองดิจิทัลไว้ดังนี้

โรงประลองดิจิทัล หมายถึง กระบวนการที่เป็นระบบตั้งแต่การสร้าง การออกแบบ การแปรรูปวัสดุ การก่อสร้างโครงสร้างของสิ่งประดิษฐ์โดยใช้เครื่องมือดิจิทัลทั้งหมด (Agkathidis et al., 2010)

โรงประลองดิจิทัล หมายถึง สถานที่ที่บุคคลใดก็ได้สามารถสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยใช้การออกแบบดิจิทัล เครื่องพิมพ์ 3 มิติ การตัดด้วยเลเซอร์ และวิธีการทางเทคโนโลยีขั้นสูงอื่น ๆ (Madateck, 2014)

โรงประลองดิจิทัล หมายถึง ห้องปฏิบัติการขนาดเล็กที่มีสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ใหม่ ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกันและการเรียนรู้ร่วมกัน (Fab Lab4Shool, 2016)

โรงประลองดิจิทัล หมายถึง กระบวนการที่เริ่มต้นจากการออกแบบดิจิทัลและสร้างผลงานจากการผลิตของเครื่องจักรประกอบด้วยการออกแบบ 3 มิติ การใช้เครื่องมือ และเครื่องจักรในการออกแบบผลงานใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วย (Computer-aided design: CAD) แล้วจึงถ่ายโอนแบบที่ออกไว้ไปยังเครื่องจักรที่ช่วยผลิตผลงาน เช่น เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printing) หรือเครื่องซีเอ็นซี (Computer Numerical Control: CNC) (Putro, and Wirasmoyo, 2019)

โรงประลองดิจิทัล หมายถึง ห้องปฏิบัติการดิจิทัลที่อำนวยความสะดวกในการพัฒนาทักษะดิจิทัลในขอบเขตต่างๆ รวมถึงสถาปัตยกรรม การก่อสร้าง การออกแบบ การโต้ตอบ และความคิดสร้างสรรค์ สิ่งอำนวยความสะดวกนี้มีส่วนร่วมอย่างแข็งขันกับนักศึกษา อาจารย์ นักวิจัย บริษัทองค์กร และประชาชน เพื่อส่งเสริมรูปแบบนวัตกรรมแบบเปิดผ่านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (SUPSI, 2023)

ผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของโรงประลองดิจิทัลว่า หมายถึง ห้องปฏิบัติการดิจิทัลที่อำนวยความสะดวกให้กับบุคคลในการพัฒนาทักษะดิจิทัล มีความคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกันและการเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อให้สามารถสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบ 3 มิติ และ

สร้างสิ่งประดิษฐ์โดยใช้เครื่องจักร เช่น เครื่องพิมพ์สามมิติ หรือ เครื่องซีเอ็นซี

2.2.3 กระบวนการของโรงประลองดิจิทัล

ผู้วิจัยได้ทบทวนกระบวนการของโรงประลองดิจิทัลตามแนวคิดต่างๆ ของนักวิชาการ ดังนี้

Lewis and Clark (2017) กระบวนการของโรงประลองดิจิทัลมี 3 กระบวนการ คือ 1. การออกแบบ (Design) 2. การสร้างผลงาน (Fabricate) และ 3. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation)

Hamid et al. (2018) กระบวนการของโรงประลองดิจิทัลมี 4 กระบวนการ คือ 1. การออกแบบ (Design) 2. การเตรียมการ (Prepare) 3. การสร้างผลงาน (Fabricate) และ 4. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation)

Lorenzo et al. (2018) กระบวนการของโรงประลองดิจิทัลมี 4 กระบวนการ คือ 1. การออกแบบ (Design) 2. การเตรียมการ (Prepare) 3. การสร้างผลงาน (Fabricate) และ 4. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation)

Lee et al. (2019) กระบวนการของโรงประลองดิจิทัลมี 3 กระบวนการ คือ 1. การออกแบบ (Design) 2. การสร้างผลงาน (Fabricate) และ 3. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation)

Putro and Wirasmoyo (2019) กระบวนการของโรงประลองดิจิทัลมี 3 กระบวนการ คือ 1. การออกแบบ (Design) 2. การสร้างผลงาน (Fabricate) และ3. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation)

Soomro and Georgiev (2020) กระบวนการของโรงประลองดิจิทัลมี 3 กระบวนการ คือ 1. การออกแบบ (Design) 2. การเตรียมการ (Prepare) และ 3. การสร้างผลงาน (Fabricate)

Yuan et al. (2020) กระบวนการของโรงประลองดิจิทัลมี 3 กระบวนการ คือ 1. การออกแบบ (Design) 2. การสร้างผลงาน (Fabricate) และ 3. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation)

Formlabs (2022) กระบวนการของโรงประลองดิจิทัลมี 3 กระบวนการ คือ 1. การออกแบบ (Design) 2. การเตรียมการ (Prepare) และ 3. การสร้างผลงาน (Fabricate)

ผู้วิจัยสามารถสรุปกระบวนการของโรงประลองดิจิทัลมี 4 กระบวนการ คือ 1. การออกแบบ (Design) 2. การเตรียมการ (Prepare) 3. การสร้างผลงาน (Fabricate) และ 4. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation) โดยแต่ละกระบวนการมีความหมายดังนี้ และตามภาพที่ 2.1

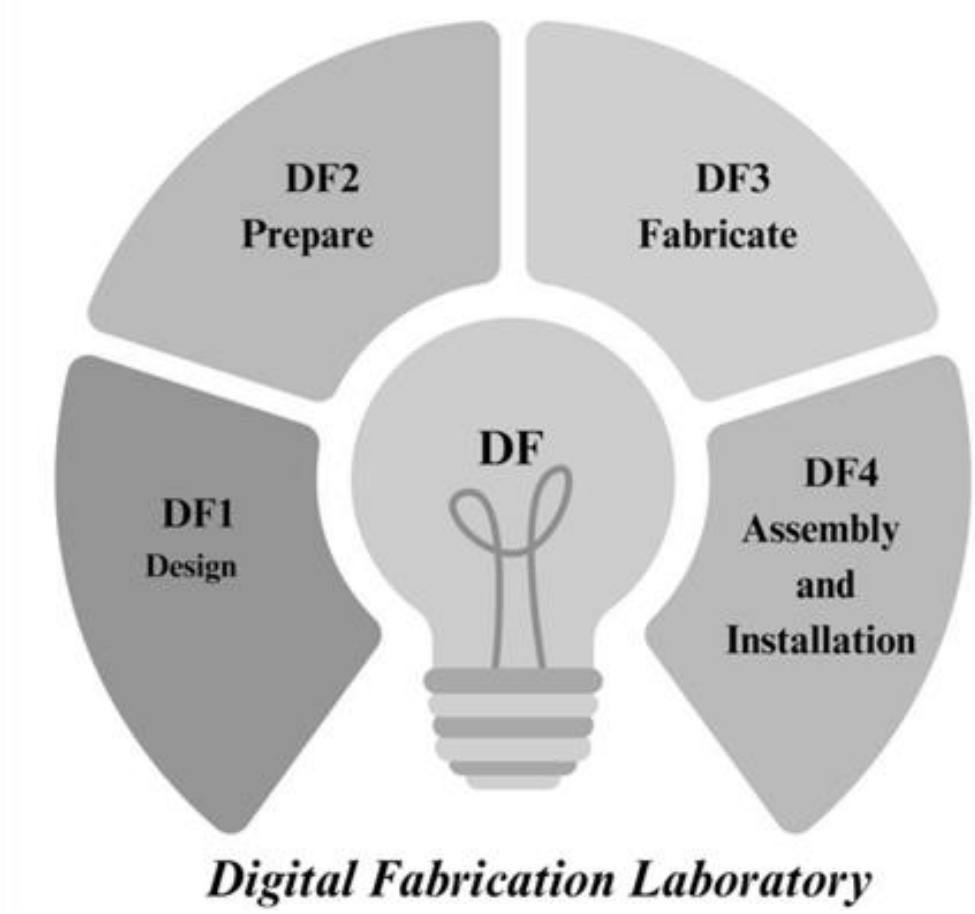
1. การออกแบบ (Design) กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่บุคคลทำการออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ของผลงานที่ต้องการสร้าง

2. การเตรียมการ (Prepare) ในกระบวนการนี้บุคคลดำเนินการเตรียมความพร้อมของเครื่องมือ 4 ด้านคือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ เช่น เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printing) เครื่องตัดเลเซอร์ (Laser Cutters) เครื่องซีเอ็นซี (Computer Numerical Control: CNC) ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ เป็นต้น 2. ด้านซอฟต์แวร์ เช่น โปรแกรม Solidwork, Autocad, Rhino,Tinkercad, Wokwi ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลงาน 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน เช่น วัสดุสำหรับขึ้นรูป

ชิ้นงาน (Filament) และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ เช่น Google Drive, One Drive, Dropbox เป็นต้น

3. การสร้างผลงาน (Fabricate) ในกระบวนการนี้บุคคลทำการผลิตชิ้นงานจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงานด้วยเครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ เช่น เครื่องพิมพ์สามมิติ

4. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation) ในกระบวนการนี้บุคคลดำเนินการนำประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของผลงานที่ได้เป็นโครงสร้างของผลงานที่ได้ออกแบบไว้ และนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ มาติดตั้งเข้ากับโครงสร้างของผลงานเพื่อควบคุมการทำงานตามฟังก์ชันต่าง ๆ ของผลงานที่ออกแบบไว้ แล้วดำเนินการทดสอบการทำงานของผลงาน



ภาพที่ 2-1 กระบวนการของโรงประลองดิจิทัล

2.2.4 ข้อองค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล

ผู้วิจัยได้ทบทวนองค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลตามแนวคิดต่าง ๆ ของนักวิชาการ ดังนี้

Karatepe et al. (2020) กล่าวว่า องค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลมี 3 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) และ 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิต

ผลงาน (Material)

Gadjanski et al. (2015) กล่าวว่า องค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลมี 3 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) และ 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material)

Aburas et al. (2016) กล่าวว่า องค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลมี 3 ด้าน คือ 1. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) 2. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material) และ 3. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and simulator tools online)

Poustinchi (2018) กล่าวว่า องค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลมี 4 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material) และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and simulator tools online)

Cornetta et al. (2019: a) กล่าวว่า องค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลมี 4 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material) และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and simulator tools online)

Cornetta et al. (2019: b) กล่าวว่า องค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลมี 4 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material) และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and simulator tools online)

Lorenzo et al. (2019) กล่าวว่า องค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลมี 3 ด้าน คือ 1. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) 2. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material) และ 3. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and simulator tools online)

Yildirim et al. (2020) กล่าวว่า องค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลมี 3 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) และ 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material)

Soomro et al. (2021) กล่าวว่า องค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลมี 2 ด้าน คือ 1. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) และ 2. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material)

ผู้วิจัยสามารถสรุปองค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลมี 4 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material) และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and simulator tools online) โดยแต่ละองค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลมีรายละเอียดดังนี้ และตามภาพที่ 2.2

1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) มีองค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล ด้านฮาร์ดแวร์ที่ใช้บ่อย เช่น เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printing) เครื่องตัดเลเซอร์ (Laser Cutters) เครื่องซีเอ็นซี (Computer Numerical Control: CNC) ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ เป็นต้น โดยผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดขององค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลด้านฮาร์ดแวร์ดังนี้

1.1 เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printing) เป็นเครื่องที่ใช้สร้างวัตถุสามมิติโดยการเพิ่มขึ้นของชั้นวัสดุแบบต่อเนื่องจนสมบูรณ์ตามรูปแบบที่สร้างขึ้นในโปรแกรม ซึ่งประกอบด้วยมิติของความกว้าง ความยาวและความสูง (x, y, z) จากแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ (สุวัฒน์, 2565) โดยเครื่องพิมพ์สามมิติมีหลายแบบโดยมีรายละเอียดคือ (ดุรงค์ฤทธ์และพีรยศ, 2558)

1.1.1 Binder Jetting ใช้การพ่นสารยึดเกาะบนผงวัสดุและทำให้แข็ง จากนั้นใช้ลูกกลิ้งเติมผงวัสดุให้เพิ่มขึ้นเป็นชั้น ๆ

1.1.2 Directed Energy Deposition ใช้เส้นลวดโลหะหรือพ่นผงโลหะลงที่ชิ้นงานและมีส่วนที่ให้พลังงานเพื่อให้ลวดโลหะหรือผงโลหะละลายติดกับชิ้นงานต่อเนื่องเป็นชั้น

1.1.3 Light Photo Polymerization ใช้การยิงแสงโดยใช้โปรเจคเตอร์หรือหัวยิงเลเซอร์ไปยังโฟโต้โพลิเมอร์ที่เป็นของเหลวบรรจุในภาชนะบรรจุ และเมื่อของเหลวนั้น โดนแสงจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง

1.1.4 Material Extrusion ใช้การฉีดสารกึ่งแข็งกึ่งเหลวหรือวัสดุที่เป็นของแข็งแล้วถูกทำให้หลอมเหลวให้เป็นชั้น ๆ ให้เกาะกันเป็นชิ้นงาน

1.1.5 Material Jetting ใช้การฉีด Photopolymers ลงบนชิ้นงานแล้วยิงแสงให้โฟโต้โพลิเมอร์แข็ง

1.1.6 Powder Bed Fusion ใช้การให้ความร้อนจากแสงเลเซอร์หรือลำแสงอิเล็กตรอนลงในวัสดุที่เป็นผง เช่น ผงโลหะหรือพลาสติก เพื่อให้วัสดุผงหลอมเหลวและแข็งตัวเพื่อจับกันเป็นชิ้นงาน จากนั้นใช้ลูกกลิ้งเติมผงวัสดุให้เพิ่มขึ้นเป็นชั้น

1.1.7 Sheet Lamination ใช้วัสดุที่เป็นแผ่นกาวแปะเป็นชั้น แล้วใช้ใบมีดตัดแผ่นกาวให้เป็นวัตถุในแต่ละชั้นและทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนได้วัตถุขึ้นมาหรือใช้การเชื่อมแผ่นโลหะให้ติดกันด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิกส์และตัดส่วนเกินออกด้วยหัวตัดโลหะ

1.2 เครื่องตัดเลเซอร์ (Laser Cutters) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดวัสดุที่มีคุณภาพสูงมาก มีความแม่นยำและสามารถตัดได้อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะวัสดุที่มีรูปร่างซับซ้อน ระบบการตัดด้วยเลเซอร์นี้จะใช้ความร้อนผ่านไปบนวัตถุ ทำให้วัตถุบริเวณที่โดนความร้อนจากลำแสงละลายอย่างรวดเร็วและถูกตัดออกมาเป็นชิ้นอย่างละเมียดสวยงาม โดยเครื่องตัดเลเซอร์มี 2 แบบด้วยกัน คือ แบบตัดด้วยมือและแบบติดตั้งกับระบบ Computer Numerical Control (CNC) ที่ควบคุมการตัดด้วยคอมพิวเตอร์ (Chaijaroen Tech, 2024)

1.3 เครื่องซีเอ็นซี (Computer Numerical Control: CNC) การใช้คอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมเครื่องซีเอ็นซีจะเป็นคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไปที่เรานำมาใช้งานกันปกติในระบบปฏิบัติการวินโดว์ หรือ เป็นคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบมาเพื่องานอุตสาหกรรมโดยจะทำการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรเป็นเชิงตัวเลขซึ่งทำให้สามารถผลิตงานได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำและถูกต้อง เครื่องซีเอ็นซีหลายแบบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (บริษัทยู.เอส.ดับเบิ้ลยู จำกัด, 2015)

1.3.1 ซีเอ็นซีเร้าเตอร์ ซีเอ็นซีเอ็นเกรฟวิ่ง เหมาะสำหรับงานตัด กัด เจาะ ขึ้นรูปนูนต่ำ 3D วัสดุ ไม้ พลาสติกอะคลิลิค โฟม นอกจากนั้นสามารถเพิ่มออฟชั่นในการทำงานโลหะ เช่น เหล็ก ทองเหลือง ทองแดง อลูมิเนียมได้ด้วย

1.3.2 ซีเอ็นซีพลาสม่าเหมาะกับงานตัดโลหะได้ทุกชนิด เน้นการตัดโลหะหนา ไม่

เกิน 25 มม. ได้งานตัดที่รวดเร็ว

1.3.3 ซีเอ็นซีมินิ เน้นการทำงานขนาดเล็กไม่ได้รับโหลดงานกัดมาก ๆ เช่น พวกงานอโลหะ

1.3.4 ซีเอ็นซีวอเตอร์เจ็ท ใช้น้ำแรงดันสูงในการตัดชิ้นงาน เหมาะสำหรับ ตัด หิน กระเบื้อง หนัง และโลหะที่ไม่ต้องการให้สูญเสียคุณสมบัติจากความร้อนในการตัด สามารถตัดงานได้หนาถึง 100 มม. จึงกล่าวได้ว่าเครื่องซีเอ็นซีวอเตอร์เจ็ทตัดวัสดุได้ทุกชนิดต่อมา Soomro et al., (2021) เสนอแนวทางเพื่อให้แน่ใจว่าการสร้างต้นแบบสิ่งประดิษฐ์การออกแบบอย่างยั่งยืน 1) ปฏิบัติตามแนวทางที่เป็นระบบของแบบจำลองการคิดเชิงออกแบบ 2) ให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบและรวมความต้องการและความปรารถนาของพวกเขาไว้ตั้งแต่แรก 3) ออกแบบผลิตภัณฑ์/ต้นแบบโดยใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น เนื่องจากจะช่วยในการผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัด 4) ใช้ซอฟต์แวร์ CAD เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบในแง่ของการใช้วัสดุและเวลาที่ต้องใช้ในการตัดเฉือน 5) หลีกเลี่ยงโหมดที่ไม่ได้ใช้งานของเครื่องจักรและเพิ่มการใช้เครื่องจักรให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยการมีส่วนร่วมมากกว่าหนึ่งงานในแต่ละครั้งเพื่อทำให้กระบวนการนี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น 6) เลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงการใช้พลังงานและการสูญเสียวัสดุ 7) พยายามอย่างเต็มที่เพื่อนำชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จากต้นแบบก่อนหน้านี้กลับมาใช้ใหม่ 8) คิดถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุก่อนเลือกวัสดุสำหรับต้นแบบ 9) ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เอนกประสงค์เพื่อเพิ่มการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และ 10) ถอดแยกชิ้นส่วนต้นแบบหลังจากการทดสอบและรีไซเคิลวัสดุที่ใช้แล้ว

1.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ ตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือขบวนการต่างๆ ซึ่งอาจทำขึ้นมาจากวงจรไฟฟ้ากลไก PLC ฯลฯ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชั่นการทำงานต่าง ๆ ไว้ภายในตัวของมันเอง มีขนาดเล็กและสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมัน โดยเน้นความสมบูรณ์ภายในตัวของมันเองและง่ายต่อการนำไปใช้งานหรือแก้ไขดัดแปลง (NECTEC, 2023) ซึ่งมีส่วนประกอบคือ CPU (Central Processing Unit), RAM (Random Access Memory), EPROM/PROM/ROM (Erasable Programmable Read Only Memory), I/O (Input/Output) - serial and parallel, Timers, Interrupt Controller และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น Analog to Digital Convertor, Pluse Width Modulator ฯลฯ ซึ่งขึ้นกับผู้ผลิตที่จะใส่ส่วนประกอบต่าง ๆ เข้าไปเพื่อเพิ่มความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ และจุดประสงค์ในการใช้งาน (NECTEC, 2023)

1.5 เซนเซอร์ (Sensor) เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่สำหรับตรวจจับปริมาณและสิ่งต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความร้อน แสง สี แรงดัน การเคลื่อนที่ ความกว้าง และอื่น ๆ แล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อนำไปอ่าน วัด ประมวลผล หรือส่งสัญญาณต่อไปยังระบบหรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อแสดงเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการ (สถาบันเทคโนโลยีการผลิตสุมิพล, 2566)

ประเภทเซ็นเซอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีดังนี้

1.5.1 เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ (Proximity sensor) เป็นเซ็นเซอร์ที่ทำงานได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุ และทำให้รู้ถึงตำแหน่งของวัตถุ หรือสามารถระบุได้ว่ามีวัตถุใดเข้ามาในตำแหน่งนี้

1.5.2 เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุโดยใช้แสง (Photoelectric Sensor) เป็นเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับวัตถุที่มองเห็นและโปร่งใส โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุและมีความเร็วกว่าเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ

1.5.3 เซ็นเซอร์ตรวจจับด้วยภาพ (Vision Sensor/Machine Vision) เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการถ่ายภาพวัตถุชิ้นงาน แล้วนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ลักษณะรูปทรง เพื่อตรวจสอบความผิดปกติของชิ้นงานในการผลิต

1.5.4 เซ็นเซอร์วัดระยะ (Displacement/Measurement Sensors) เป็นเซ็นเซอร์วัดขนาดและระยะทางการเคลื่อนที่ โดยมีความละเอียดในการวัดระดับนาโน เซ็นเซอร์ชนิดนี้สามารถตรวจจับได้ในระยะไกล

1.5.5 เซ็นเซอร์อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Sensors) เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจจับวัตถุโปร่งใสได้อย่างเสถียร เช่น ฟิล์มใส ขวดแก้ว พลาสติก โดยใช้เซ็นเซอร์ลำแสง หรือตัวสะท้อนแสง

1.5.6 เซนเซอร์อ่านโค้ด (Code Readers/OCR) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ในการอ่านบาร์โค้ดต่าง ๆ หรือตรวจสอบข้อความ ตัวเลข ตัวอักษรบนชิ้นงาน แล้วทำการส่งผลลัพธ์การตรวจสอบเพื่อนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรอื่น ๆ

2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) เป็นโปรแกรมที่ใช้ในโรงประลองดิจิทัลมี 3 ประเภท คือ 1) โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ 3 มิติ 2) โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และ 3) โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องมือฮาร์ดแวร์ โดย แต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

2.1 โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ 3 มิติ

2.1.1 Solidworks เป็นโปรแกรมออกแบบสำหรับงานด้านวิศวกรรม เช่น ชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักร เป็นต้น โดย เป็นซอฟต์แวร์ในตระกูล CAD (Computer Aided Design and Drafting) ซึ่งสามารถจำลองเป็นโมเดล 3 มิติได้ และมีความละเอียดกว่า CAD ทั่วไปในการวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ เช่น ความแข็งแรง อุณหภูมิ อายุการใช้งาน เป็นต้น Solidworks ได้นำเสนอฟังก์ชันทางด้านการออกแบบที่มีประสิทธิภาพ ใช้งานง่ายด้วย User Interface ที่ใช้ไอคอนในการทำงาน รวมถึงการใช้คีย์ลัดเข้ามาช่วยในขั้นแอดวานซ์ เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในกระบวนการออกแบบและทำให้คุณสร้างสรรค์งานได้ดียิ่งขึ้น (M Report, 2563)

2.1.2 Tinkercad เป็นโปรแกรมสร้างโมเดล 3 มิติที่สามารถทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์และใช้งานง่าย จึงทำให้ Tinkercad จึงกลายเป็นแพลตฟอร์มที่ได้รับความนิยมมากสำหรับการสร้างแบบจำลองสำหรับการพิมพ์ 3 มิติ หากผู้ออกแบบต้องการขยายการออกแบบเพิ่มเติม ก็สามารถนำเข้าไฟล์ STL และส่งออกไปยังแอปพลิเคชั่นอื่นได้ Tinkercad เข้ากันได้กับ Apple Classroom และ Google Classroom ได้ (Softonic International, 2023)

2.1.3 Autocad เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยพัฒนา (Computer Aided Drafting/Design: CAD) ช่วยในการวาดแบบ และแก้ไขการออกแบบ 2D และ 3D ได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย ไฟล์งานสามารถบันทึกและจัดเก็บไว้ในระบบคลาวด์ (Cloud System) ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงไฟล์งานได้ทุกที่ทุกเวลา (Applicad Public Company, 2021) สามารถใช้ได้ในการออกแบบทางด้านวิศวกรรม งานสถาปัตยกรรม เช่น การเขียนแบบอาคาร

งานเครื่องกล ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ด้วยประสิทธิภาพที่ไร้ขีดจำกัดจึงทำให้ได้รับความนิยมเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก (WTC COMPUTER, 2020)

2.1.4 Rhino 3D เป็นโปรแกรมออกแบบโมเดล 3 มิติ (3D Modelling Software) ประเภทเดียวกับ 3Ds Max, SketchUp, Maya, FormZ หรือ Revit แต่ Rhinocoros 7 เป็นโปรแกรมที่ทำให้การสร้างโมเดลเป็นเรื่องง่ายขึ้น เพราะโปรแกรมนี้มีวิธีการใช้งานไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย โดยสามารถสร้าง แก้ไข วิเคราะห์ จัดทำเอกสารแสดงผลเคลื่อนไหวและ และมีความแม่นยำถูกต้อง (Mawtoload, 2023)

2.2 โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.1 Wokwi เป็นโปรแกรมที่ทำงานบนหน้าเว็บออนไลน์สามารถเขียนโปรแกรมและจำลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Arduino, Raspberry Pi Pico และ ESP32 Wokwi เป็นซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาเพื่อการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมโดยไม่ต้องใช้ฮาร์ดแวร์จริง (Suthinee, 2023)

2.2.2 JavaScript Blocks Editor เป็นแพลตฟอร์ม Makecode ที่ใช้บล็อกคำสั่งในการเขียนโปรแกรมภาษาจาวาสคริปต์ (JavaScript) ในรูปแบบของการลากและวางเพื่อใช้ควบคุม Micro: bit ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรเลอร์ขนาดเล็ก (มาโนชญ์, 2561)

2.2.3 Python Editor เป็นการเขียนโปรแกรมในรูปของภาษา Python โดยต้องพิมพ์คำสั่งเองทั้งหมดเพื่อใช้ควบคุม Micro: bit ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรเลอร์ขนาดเล็ก (มาโนชญ์, 2561)

2.3 โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องมือฮาร์ดแวร์

2.3.1 XYZprint ใช้คู่กับเครื่องพิมพ์ 3 มิติของ XYZprinting เป็นโปรแกรมแบ่งส่วนข้อมูล (Slicer) อย่างหนึ่ง ในโปรแกรมจะมีให้ตั้งค่ามากมาย เช่น ตำแหน่งมุมของชิ้นงาน Infill support เป็นต้น เมื่อตั้งค่าเสร็จแล้วโปรแกรมแบ่งส่วนข้อมูลจะแบ่งไฟล์โมเดล 3 มิติออกเป็นชั้นๆ (Layer) ซึ่งจะแสดงรายละเอียดทั้ง โครงสร้างภายใน ระยะเวลาในการพิมพ์ และวัสดุที่ใช้เป็นต้น จากนั้นจะได้ไฟล์สำหรับนำไปพิมพ์ชิ้นงานโดยทั่วไปจะบันทึกเป็นไฟล์ .GCODE .3W เป็นต้น (ReviverSoft, 2023)

2.3.2 CorelDraw เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการทำแบบของชิ้นงานเป็น file .al และโปรแกรม Auto cad เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการทำแบบของชิ้นงานเป็น file .dxf เพื่อใช้ในการตัดชิ้นงานด้วยเครื่องตัดเลเซอร์ และได้ชิ้นงานที่มีความเที่ยงตรงตามแบบที่เขียนไว้ (ออติกเลเซอร์, 2566)

3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material) เป็นวัสดุสำหรับขึ้นรูปชิ้นงาน (Filament) โดยทั่วไปแล้วจะเป็นพลาสติกเส้นซึ่งมีให้เลือกใช้งานอยู่ 2 ขนาดคือ 1.75 mm และ 3.0 mm โดยเส้นพลาสติกนั้นจะทำมาในรูปแบบม้วน ปัจจุบันมีเส้นพลาสติกให้ เลือกใช้งานมากกว่า 50 ชนิดในท้องตลาด เช่น (Bangkokgis, 2023)

3.1 PLA (Polylactic Acid) เป็นเส้นพลาสติกที่ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กากพืชผลทางการเกษตร, ข้าวโพด, มันสำปะหลัง พลาสติกชนิดนี้เหมาะกับการใช้กับเครื่อง 3D Printer เกือบทุกชนิด เนื่องจาก ค่อนข้างปลอดภัย ไม่มีกลิ่นพลาสติกไหม้ หดตัวน้อย ไม่จำเป็นต้องใช้ฐานทำ

ความร้อน แต่มีข้อเสียอยู่บ้าง คือ ไม่สามารถทนความร้อนได้ไม่สูงนัก

3.2 ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) เป็นพลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุปกรณ์ เครื่องใช้ในบ้าน เช่น ขันน้ำ ถังน้ำ หรือของเล่นที่เรารู้จักกันดียี่ห้อ Lego ข้อดี คือทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี แต่มีข้อเสียค่อนข้างมาก คือ พิมพ์ได้ยาก เนื่องจากมีอัตราการหดตัวสูง ต้องเปิดฐานทำความร้อน ขณะพิมพ์แล้วมีกลิ่นพลาสติกไหม้

3.3 Dissolvable Filament หรือ เส้นพลาสติกที่ละลายออกได้ ใช้ในการพิมพ์ในส่วน Support ต้องใช้กับเครื่องพิมพ์ FDM ที่มีหัวฉีดตั้งแต่ 2 หัวฉีดขึ้นไป พลาสติกที่พิมพ์นี้จะถูกละลายออกไปหลังการพิมพ์ชิ้นงาน เสร็จ (โดยทั่วไปนั้นเครื่องพิมพ์ที่มีราคาสูงจะมี 2 หัวฉีด เพื่อให้อีกหัวฉีดหนึ่งทำหน้าที่พิมพ์ Dissolvable Filament)

3.4 อื่น ๆ นอกจากเส้นพลาสติกที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ยังมีเส้นพลาสติกให้เลือกใช้อีกหลากหลายชนิด เช่น เส้นไม้ (Wood Filament) เส้นผสมทองเหลือง (Bronze Filament) เส้นผสมทองแดง (Copper Filament) Nylon PETG Rubber เป็นต้น

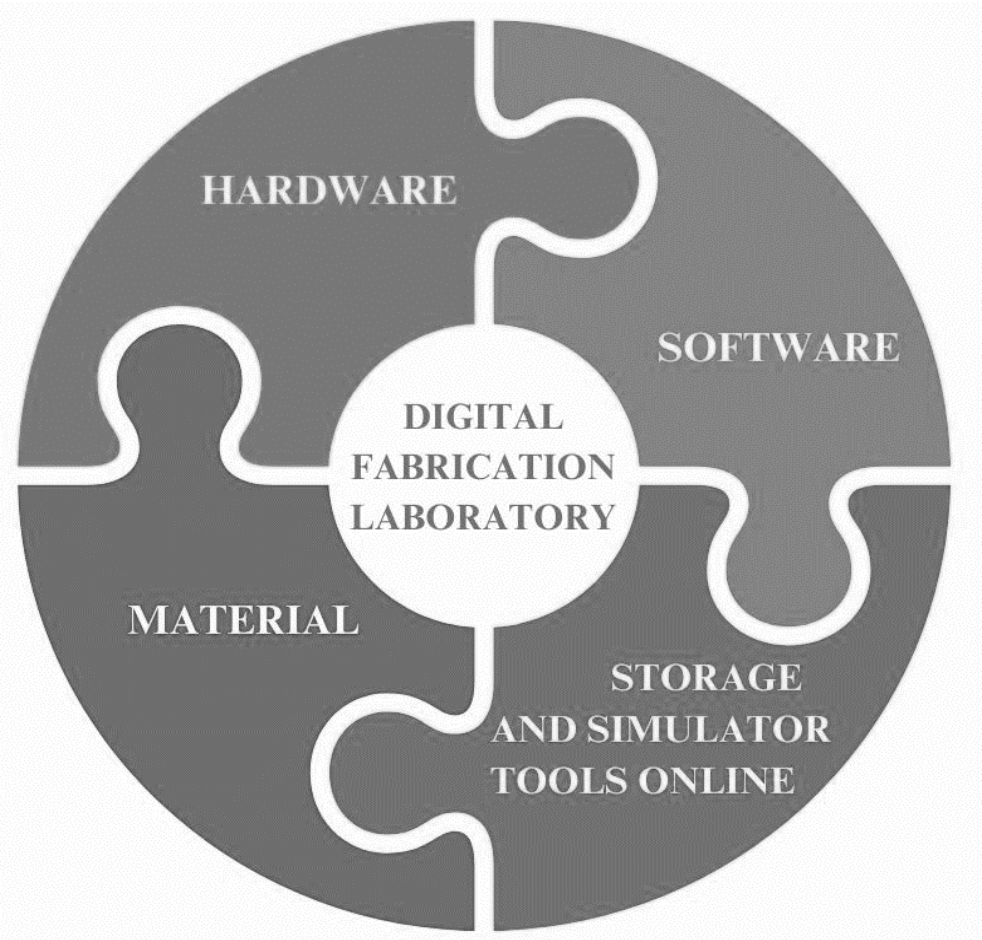
4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and Simulator Tools Online) เป็นการจัดเก็บข้อมูลบนระบบคลาวด์ โดยมีผู้ให้บริการหลายบริษัท เช่น Google Drive, Microsoft OneDrive, MEGA, IceDrive เป็นต้น มีรายละเอียดดังนี้ (TechTalkThai, 2022)

4.1 Google Drive เป็นบริการพื้นที่เก็บข้อมูลบนระบบ Cloud ของ Google โดยผู้ใช้งานที่เป็นสมาชิกบัญชี Gmail จะสามารถเข้าใช้งานและจัดเก็บไฟล์เอกสาร รูปภาพ และไฟล์อื่น ๆ บนพื้นที่ขนาด 15GB ได้ฟรี โดยไม่มีค่าใช้จ่าย และยังสามารถเข้าถึง แชร์ไฟล์ และแก้ไขข้อมูลได้จากทุกอุปกรณ์ นอกจากนี้ภายใน Google Drive ก็ยังมีแอปพลิเคชันสำหรับจัดการเอกสารอย่าง Google Docs, Google Sheets, Google Slide, Google Forms และอื่น ๆ ให้เลือกใช้งาน ด้วยความหลากหลายในการให้บริการของ Google Drive จึงเป็นตัวเลือกระดับต้น ๆ ที่มีผู้ใช้งานอยู่จำนวนมาก

4.2 Microsoft OneDrive เป็นบริการพื้นที่เก็บข้อมูลบนระบบ Cloud ของ Microsoft เป็นบริการในรูปแบบเดียวกับ Google Drive โดยที่สิทธิ์การเป็นเจ้าของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการ Windows หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ของ Microsoft และ Skype จะสามารถลงทะเบียนเข้าใช้งาน OneDrive บนพื้นที่เก็บข้อมูลขนาด 5GB ได้ฟรี และยังสามารถเข้าถึงการใช้งานแอพพลิเคชันสำนักงานบน Office 365 ได้อีกด้วย

4.3 MEGA เป็นบริการพื้นที่เก็บข้อมูลบนระบบ Cloud ที่มีระบบความปลอดภัยที่ดีมาก ด้วยวิธีการเข้ารหัสไฟล์ทั้งหมดเมื่อมีการส่งขึ้นไปบนระบบคลาวด์ แม้ว่าไฟล์นั้นจะถูกโจรกรรมไปได้ก็ตามแต่ก็ไม่สามารถเปิดไฟล์ขึ้นมาได้ มีขนาดพื้นที่ฟรี 20GB สำหรับเก็บข้อมูลมากกว่า OneDrive ถึง 4 เท่าตัว และยังมีออปชันพิเศษสำหรับการขยายพื้นที่ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นฟรีด้วยการให้ผู้ใช้ติดตั้งแอปบนสมาร์ทโฟน และเดสก์ท็อป หรือการแนะนำเพื่อนให้มาใช้งาน MEGA ซึ่งในแต่ละวิธีจะได้รับพื้นที่พิเศษเพิ่มขึ้นฟรีอีก 5GB ในระยะเวลา 1 ปีเท่านั้น

4.4 IceDrive เป็นผู้ให้บริการใหม่ในตลาดพื้นที่เก็บข้อมูลบนระบบคลาวด์ด้วยพื้นที่ฟรีขนาด 10GB สามารถเริ่มต้นการใช้งานด้วยการระบุชื่อที่อยู่ของอีเมลเพื่อทำการสร้างบัญชีผู้ใช้งาน รูปแบบและจุดเด่นของ IceDrive จะเหมือนกับ MEGA แตกต่างกันแค่พื้นที่เก็บข้อมูลที่น้อยกว่าสองเท่า



ภาพที่ 2-2 องค์ประกอบหรือเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล

2.3 สมรรถนะวัตกรรม (Innovation Competency)

ในตอนนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดของสมรรถนะวัตกรรมซึ่งประกอบด้วยความหมายของสมรรถนะนวัตกรรม องค์ประกอบสมรรถนะนวัตกรรม และเครื่องมือประเมินสมรรถนะนวัตกรรม โดยแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ความหมายของสมรรถนะนวัตกรรม

นวัตกรรมเป็นนโยบายหลักในการพัฒนาประเทศทั้งในระดับภูมิภาคและระดับโลก จึงทำให้นักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ ให้ความสำคัญกับการนำนวัตกรรมเข้าสู่สถานศึกษา เพราะการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ถือเป็นภารกิจสำคัญที่สุดในการพัฒนาประเทศ และเมื่อสมรรถนะเป็นแนวคิดที่แสดงถึงความสามารถที่โดดเด่นทำให้การปฏิบัติงานนั้นสำเร็จลุล่วงจึงทำให้เกิดแนวคิดในการผนวก “สมรรถนะ” และ “นวัตกรรม” เข้าด้วยกัน โดยมุ่งหวังให้ผู้บริหารสถานศึกษาเป็นผู้ผลักดันการจัดการเรียนการสอนด้านนวัตกรรมในสถานศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม มีประสิทธิภาพ และไม่เกิดปัญหาจากความรู้ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน มีนักวิชาการในและต่างประเทศได้ให้คำนิยามของสมรรถนะนวัตกรรมไว้ดังนี้

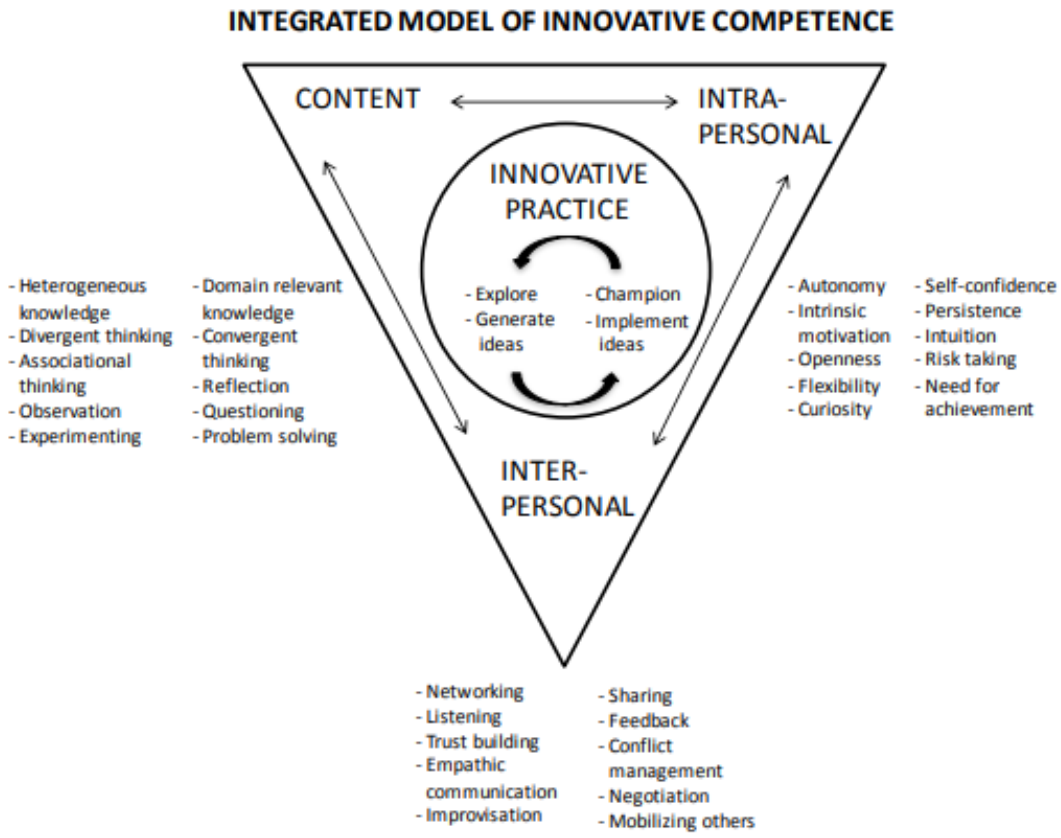
Vila et al. (2014) กล่าวสมรรถนะเชิงนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการรับรู้

ถึงโอกาสสำหรับเปลี่ยนแปลง สามารถนำความคิดใหม่มาพัฒนานวัตกรรมในสภาพแวดล้อมการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด

Woszczyna (2014) กล่าวว่าสมรรถนะนวัตกรรม ประกอบด้วยสมรรถนะการสร้างปฏิสัมพันธ์ ความฉลาดในการการสร้างปฏิสัมพันธ์ ทักษะของการสร้างปฏิสัมพันธ์ ประสบการณ์ การยอมรับทักษะการติดต่อสื่อสาร และภาวะผู้นำ

การแสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มและสร้างสรรค์การพัฒนาความคิด และ UNESCO (2016) กล่าวว่าสมรรถนะเชิงนวัตกรรม หมายถึง แนวทางใหม่และการเริ่มลงมือปฏิบัติเมื่อจำเป็น ได้แก่ 1. ความพยายามในการปรับปรุงโครงการ กิจกรรม วิธีการดำเนินงานและกระบวนการทำงาน 2. เสนอทางเลือกใหม่หรือทางเลือกที่แตกต่างเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองต่อความต้องการที่จำเป็น 3. ส่งเสริมและให้ผู้อื่นพิจารณาแนวคิดและแนวทางใหม่ 4. คิดนอกกรอบ โดยประเมินความเสี่ยงของแนวคิดใหม่และแนวคิดที่มีความเสี่ยง และ 5. มีส่วนร่วมในความคิดและวิธีการใหม่ในการทำสิ่งต่าง ๆ

Bozic (2017) ได้ให้หมายความว่า สมรรถนะนวัตกรรมว่าเป็นสมรรถนะหลักที่มีอยู่โดยธรรมชาติและจะรวมเข้ากับการปฏิบัติงานในชีวิตประจำวันของพนักงานทุกคนขององค์การโดยได้สร้างแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งในการเรียนการสอนและภายในองค์กรต่าง ๆ โดยผู้สอนสามารถที่ใช้เป็นเครื่องมือสะท้อนให้เห็นในทุกด้านเพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับสมรรถนะนวัตกรรมของนักเรียน และเป็นพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรที่เน้นการปฏิบัติเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะนวัตกรรมในให้กับนักเรียนและนักศึกษาต่อไป และได้สร้างรูปแบบการบูรณาการที่นำเสนอสมรรถนะเชิงนวัตกรรมที่เชื่อมโยงงานข้อมูลที่แตกต่างกันทางด้านนวัตกรรมและแสดงให้เห็นความชัดเจนและช่วยทำให้มีความเข้าใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับความซับซ้อนขององค์ประกอบที่จะขับเคลื่อนพฤติกรรมเชิงนวัตกรรม ซึ่งช่วยให้แต่ละบุคคลมีสมรรถนะนวัตกรรมและความสามารถในการสะท้อนให้เห็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันทั้งสามมิติของสมรรถนะเชิงนวัตกรรมเพื่อสนับสนุนแนวคิดที่จะให้ทุกคนฝึกฝนให้เกิดสมรรถนะนวัตกรรม ตามภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 Integrated Model of Innovative Competence (Bozic, 2017)

อรพรรณ (2019) กล่าวว่าสมรรถนะนวัตกรรม คือ ความรู้และทักษะเชิงนวัตกรรม (Innovative Knowledge and Skills) ที่ต้องผสมผสานหลอมรวมกันจนเป็นความสามารถของบุคลากรรวมไปถึงการนำเทคโนโลยี และการริเริ่มกระบวนการใหม่ๆ มาสนับสนุนการทำงาน

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของสมรรถนะนวัตกรรม คือ ความสามารถของบุคคลที่ประกอบด้วยความรู้และทักษะต่าง ๆ ที่หลอมรวมกันที่แสดงให้เห็นถึงการมีความคิดริเริ่ม ความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนานวัตกรรมให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด

2.3.2 องค์ประกอบของสมรรถนะนวัตกรรม

Lei, Hitt, and Bettis (1996) และ Tippins and Sohi (2003) ได้กล่าวว่า สมรรถนะนวัตกรรมเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในกระบวนการถ่ายโอนความรู้ซึ่งยากแก่การลอกเลียนแบบโดยเฉพาะความรู้ฝังลึก (Tacit Knowledge) ซึ่งไม่สามารถสร้างขึ้นได้ในทันที แต่ต้องเป็นสิ่งที่ต้องสะสมมาจากประสบการณ์ การเรียนรู้ ที่ผ่านมาในอดีตของแต่ละบุคคล กล่าวได้ว่า สมรรถนะนวัตกรรมเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันขององค์กร ยกระดับการแก้ไขปัญหา รวมไปถึงการสร้างสรรค์ความคิดใหม่และนวัตกรรมใหม่ในองค์กร (Vila, Pérez, & Coll-Serrano, 2014)

มีนักวิชาการในและต่างประเทศได้ให้องค์ประกอบของสมรรถนะนวัตกรรมไว้ดังนี้

Keinanen et al (2018) กล่าวว่าสมรรถนะนวัตกรรมของผู้เรียนในระดับอุดมศึกษามี 3 มิติ คือ ระดับบุคคล ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และเครือข่าย โดยมี 5 สมรรถนะ คือ 1. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 2. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) 3. การตั้งเป้าหมาย (Goal Orientation) 4. การทำงานเป็นทีม (Teamwork) และ 5. การสร้างเครือข่าย (Networking) ในแต่ละมิติมีสมรรถนะดังนี้ และตามภาพที่ 2-4

มิติที่ 1 ระดับบุคคล มี 3 สมรรถนะ คือ

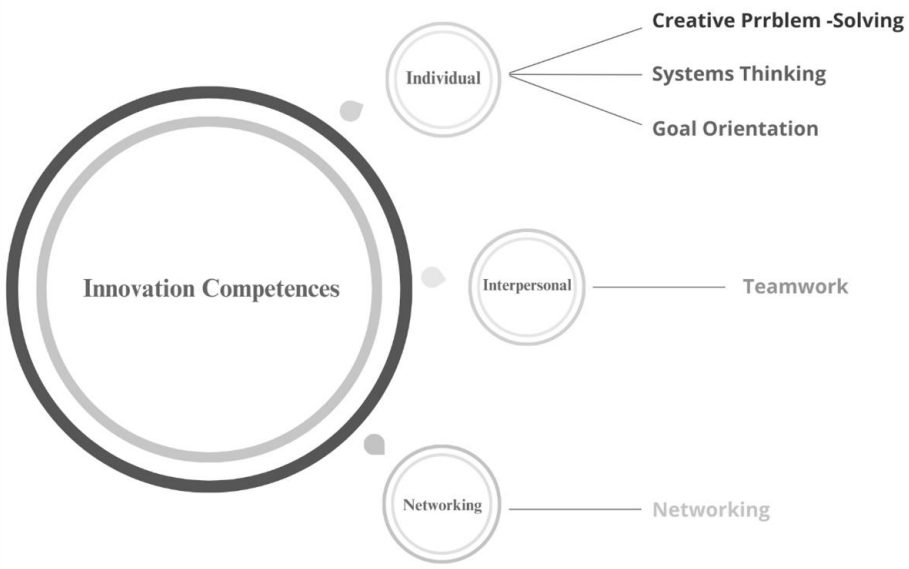
1. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)
2. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)
3. การตั้งเป้าหมาย (Goal Orientation)

มิติที่ 2 ระดับความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล มี 1 สมรรถนะ คือ

4. การทำงานเป็นทีม (Teamwork)

มิติที่ 3 ระดับเครือข่าย มี 1 สมรรถนะ คือ

5. การสร้างเครือข่าย (Networking)



ภาพที่ 2-4 สมรรถนะนวัตกรรม 3 มิติ 5 สมรรถนะ

สมรรถนะนวัตกรรมทั้ง 5 สมรรถนะมีรายละเอียดดังนี้

1. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) การนำเสนอแนวคิดใหม่ กระบวนการทำงาน วิธีการปฏิบัติใหม่เพื่อใช้ในแก้ไขปัญหาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการทำงาน สามารถตัดสินใจเลือกอย่างมีเหตุผล

2. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงกระบวนการทำงานในแต่ละขั้นตอน สามารถจัดการกับข้อขัดแย้งเพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในการสร้างสรรค์ผลงาน และประเมินผล

3. การตั้งเป้าหมาย (Goal Orientation) สามารถระบุเรื่องที่สนใจในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน และทำงานได้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย

4. การทำงานเป็นทีม (Teamwork) รับฟังความคิดของทีม ทำงานร่วมกับทีมได้ รวมทั้งสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นที่มีภูมิหลังแตกต่างกันได้

5. การสร้างเครือข่าย (Networking) สามารถทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญต่างสาขา ใช้ประโยชน์จากเครือข่ายในการทำงาน และทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญต่างสาขา รวมทั้งการหาข้อมูลและความคิดเห็นจากเครือข่าย

Ovbiagbonhia, Kollöfel and Brok (2019) กล่าวว่า สมรรถนะนวัตกรรมของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาประกอบด้วย 6 สมรรถนะ คือ 1. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) 2. ภาวะผู้นำ (Leadership) 3. พลังในการทำงาน (Energy) 4. การรับรู้ความสามารถของตนเองอย่างสร้างสรรค์ (Creative Self-Efficacy) 5. กล้าเสี่ยง (Risk Propensity) และ 6. การแก้ปัญหาที่คลุมเครือ (Solving Ambiguous Problems) โดยแต่ละสมรรถนะมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นการแสวงหาวิธีการใหม่ ๆ ในการทำสิ่งต่าง ๆ มีจินตนาการ มีการเชื่อมโยงความคิด การแก้ปัญหา และความอยากรู้อยากเห็น

2. ภาวะผู้นำ (Leadership) เป็นผู้ที่มีวิสัยทัศน์ มีการจัดระเบียบ การจัดการ และความสามารถในการระดมความมุ่งมั่นเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งใจไว้

3. พลังในการทำงาน (Energy) เป็นแรงผลักดัน ความกระตือรือร้น แรงจูงใจในการทำงานหนักด้วยความพากเพียร และมีความมุ่งมั่นในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ก่อให้เกิดนวัตกรรม

4. การรับรู้ความสามารถของตนเองอย่างสร้างสรรค์ (Creative Self-Efficacy) เป็นความเชื่อในตนเอง ความมั่นใจในตนเอง การตระหนักรู้ในตนเอง ความรู้สึกของการเสริมพลัง ความมั่นใจทางสังคมเกี่ยวกับความสามารถเชิงสร้างสรรค์ของตนเอง

5. กล้าเสี่ยง (Risk Propensity) เป็นผู้ที่ความเสี่ยง และความสามารถในการรับความเสี่ยงที่คำนวณได้

6. การแก้ปัญหาที่คลุมเครือ (Solving Ambiguous Problems) เป็นผู้ที่ชอบแก้ปัญหาที่คลุมเครือ

Boydadmin (2023) ได้ร่วมกับมหาวิทยาลัย Central Michigan ทำการพัฒนาสมรรถนะนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วย 5 สมรรถนะ คือ 1. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) 2. การกล้าได้กล้าเสีย (Enterprising) 3. การบูรณาการ (Integrating Perspectives) 4. การพยากรณ์ (Forecasting) และ 5. การจัดการการเปลี่ยนแปลง (Managing Change) โดยแต่ละสมรรถนะมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)

- การสร้างแนวคิด: เสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย
- การคิดเชิงวิพากษ์: การระบุอย่างมีเหตุผลว่าแนวทางที่เป็นไปได้ที่แตกต่างกันนั้นมีจุดแข็ง และจุดอ่อนอย่างไร และการวิเคราะห์ผลการตัดสิน
- การสังเคราะห์/การปรับโครงสร้างองค์การ: ค้นหาวิธีที่ดีกว่าในการแก้ไขปัญหาผ่านการสังเคราะห์และจัดระเบียบข้อมูลใหม่
- การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์: การใช้แนวคิดใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาในฐานะผู้นำ

2. การกล้าได้กล้าเสีย (Enterprising)

- การระบุปัญหา: ระบุลักษณะที่แท้จริง สาเหตุของปัญหาและพลวัตที่เป็นรากฐานของปัญหา
- การแสวงหาการปรับปรุง: มองหาวิธีปรับปรุงองค์การอย่างต่อเนื่อง
- การรวบรวมข้อมูล: การระบุแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ การรวบรวมและใช้เฉพาะข้อมูลที่จำเป็น
- การคิดอย่างอิสระ: การคิดนอกกรอบ แม้ว่าบางครั้งอาจขัดแย้งกับความคิดเห็นของผู้อื่น
- ความชำนาญด้านเทคโนโลยี: การทำความเข้าใจและใช้เทคโนโลยีเพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงาน

3. การบูรณาการ (Integrating Perspectives)

- การเปิดกว้างต่อแนวคิด: ความเต็มใจที่จะรับฟังข้อเสนอแนะจากผู้อื่น และลองแนวคิดใหม่ ๆ
- การวางแนวการวิจัย: การสังเกตพฤติกรรมของผู้อื่น การหาความรู้อย่างกว้างขวาง การเปิดใจรับแนวคิดและวิธีแก้ปัญหาจากผู้อื่น การปรึกษากับกับบุคคลในสาขาที่เกี่ยวข้องเพื่อค้นหานวัตกรรมหรือแนวโน้มในปัจจุบันของสาขานั้น
- การทำงานร่วมกัน: การทำงานร่วมกับผู้อื่น และแสวงหาความคิดเห็นของผู้อื่นเพื่อค้นหาข้อมูลที่สร้างสรรค์
- การมีส่วนร่วมกับผลประโยชน์ที่ไม่เกี่ยวกับงาน: มีความรอบรู้และแสวงหาข้อมูลจากสาขาอื่นๆ เพื่อค้นหาแนวทางใหม่ ๆ ในสถานการณ์ต่าง ๆ

4. การพยากรณ์ (Forecasting)

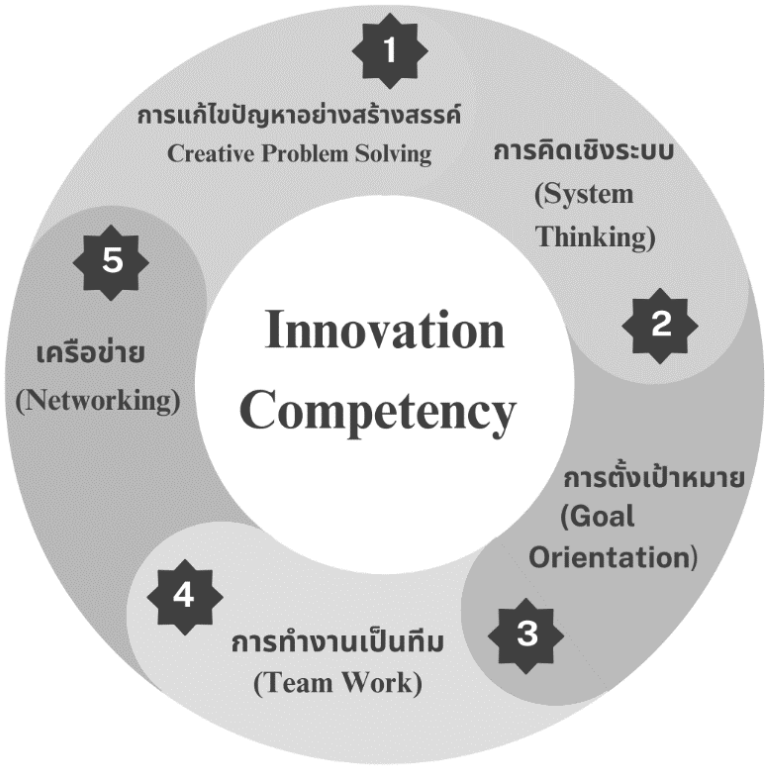
- ระบบการรับรู้: รับทราบการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่เกิดขึ้นในระบบ หรือการคาดการณ์เหตุการณ์ได้อย่างแม่นยำ
- การประเมินผลที่ในระยะยาว: การสรุปว่าการเปลี่ยนแปลงในระบบจะส่งผลในระยะยาวอย่างไร
- วิสัยทัศน์: การพัฒนาภาพลักษณ์ของสภาพการทำงานในอุดมคติขององค์การ
- การจัดการอนาคต: การประเมินทิศทาง และความเสี่ยงในอนาคตโดยพิจารณาจากจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และภัยคุกคามในปัจจุบันและอนาคต

5. การจัดการการเปลี่ยนแปลง (Managing Change)

- ความอ่อนไหวต่อสถานการณ์: การประเมินแรงผลักดันของสถานการณ์ที่กำลังส่งเสริมและขัดขวางแนวคิดในการเปลี่ยนแปลง
- การท้าทายสถานะที่เป็นอยู่: ความเต็มใจที่จะต่อต้านวิธีการทำสิ่งต่าง ๆ แบบดั้งเดิม เมื่อมีการขัดขวางการปรับปรุงประสิทธิภาพต่าง ๆ
- การรับความเสี่ยงอย่างชาญฉลาด: ความเต็มใจ และความสามารถในการรับความเสี่ยงเมื่อมีความจำเป็น
- การตอกย้ำการเปลี่ยนแปลง: การสนับสนุนให้ผู้ใต้บังคับบัญชาคิดวิธีแก้ปัญหาโดยใช้

นวัตกรรม การรับรู้และการให้รางวัลแก่ผู้ที่มีความคิดริเริ่ม และทำอย่างสร้างสรรค์ อำนวยความสะดวกในการริเริ่มการสร้างเปลี่ยนแปลง

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยเลือกใช้แนวคิดองค์ประกอบของสมรรถนะนวัตกรรมตามแนวคิดของ Keinanen et al (2018) มี 5 สมรรถนะ คือ 1. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 2. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) 3. การตั้งเป้าหมาย (Goal Orientation) 4. การทำงานเป็นทีม (Teamwork) และ 5. การสร้างเครือข่าย (Networking) เพราะเป็นแนวคิดที่มีแบบประเมินที่ได้มาตรฐานตามภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2-5 องค์ประกอบของสมรรถนะนวัตกรรม

2.3.3 เครื่องมือประเมินสมรรถนะนวัตกรรม

Keinanen et al (2018) ซึ่งเป็นกลุ่มนักวิจัยของโครงการ FINCODA, Turku University of Applied Sciences ทำวิจัยเพื่อพัฒนาแบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรมของนักศึกษาในระดับอุดมศึกษาซึ่งเป็นแบบประเมิน 5 ระดับที่ให้นักศึกษาทำการประเมินตนเอง โดยพัฒนาจากแบบประเมินของ Marin-Garcia et al. (2013) ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) พบว่า ได้แบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรม 5 สมรรถนะ ประกอบด้วย 1. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 2. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) 3. การตั้งเป้าหมาย (Goal Orientation) 4. การทำงานเป็นทีม (Teamwork) และ 5. การสร้างเครือข่าย (Networking) รวม 25 ข้อ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยตัด

ข้อมูลออกไป 3 ข้อ เพราะข้อมูล 3 ข้อนี้เป็นรายละเอียดของสมรรถนะที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน โดยในงานวิจัยนี้มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้แบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรม เพียง 22 ข้อ รายละเอียดของตัวอย่างของแบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรมตามตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 แบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรม

รายการ	**3**	**2**	**1**
การแก้ไขปัญหา (Creative Problem Solving)			
1. ผู้เรียนสามารถเสนอแนวคิดให้คนอื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงาน			
2. ผู้เรียนสามารถเสนอแนวคิดใหม่เพื่อใช้ในแก้ไขปัญหาได้			
3. ผู้เรียนสามารถเสนอวิธีการปฏิบัติใหม่เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย			
4. ผู้เรียนสามารถตัดสินใจเลือกอย่างมีเหตุผล			
5. ความสามารถของผู้เรียนช่วยให้ทีมประสบความสำเร็จในการทำงานได้			
6. ผู้เรียนสามารถนำเสนอแนวคิดใหม่ต่ออาจารย์และเพื่อนร่วมชั้นได้			
7. ผู้เรียนสามารถนำแนวทางให้ทีมประสบความสำเร็จในการทำงานได้			
การคิดเชิงระบบ (System Thinking)			
8. ผู้เรียนสามารถทำการประเมินผลหลังการทำกิจกรรม			
9. ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงกระบวนการในแต่ละขั้นตอนของการทำงานได้			
10. ผู้เรียนสามารถศึกษาผลงานของผู้อื่นที่มีความแตกต่างกันได้			
11. ผู้เรียนสามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในการสร้างสรรค์ผลงาน			
12. ผู้เรียนหวังว่าผู้เรียนจะสามารถพัฒนาตนเองได้			
13. ผู้เรียนสามารถจัดการกับข้อขัดแย้งเพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน			
การตั้งเป้าหมาย (Goal Orientation)			
14. ผู้เรียนสามารถระบุเรื่องที่ผู้เรียนสนใจได้			
15. ผู้เรียนสามารถทำงานอย่างต่อเนื่องเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย			
16. ผู้เรียนให้ความสนใจในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการทำงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย			
การทำงานเป็นทีม (Team Work)			
17. ผู้เรียนรับฟังความคิดของสมาชิกในทีม			
18. ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับทีมงานได้			
19. ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นที่มีภูมิหลังแตกต่างกันได้			
เครือข่าย (Networking)			
20. ผู้เรียนสามารถใช้ประโยชน์จากเครือข่ายในการทำงานได้			

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

รายการ	3	2	1
21. ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญต่างสาขาได้			
22. ผู้เรียนสามารถหาข้อมูลและความคิดเห็นจากเครือข่ายได้			

2.4 ผลงานสร้างสรรค์ (Creative Product)

ในตอนนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดของผลงานสร้างสรรค์ซึ่งประกอบด้วยความหมายของผลงานสร้างสรรค์ และแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ โดยแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 ความหมายของผลงานสร้างสรรค์

มีนักวิชาการต่างประเทศได้ให้ความหมายของผลงานสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

Briskman (1980) กล่าวว่า ผลงานสร้างสรรค์ หมายถึง งานศิลปะ การค้นพบสิ่งประดิษฐ์ การเปลี่ยนแปลงกระบวนทัศน์ และอื่นๆ หรือเป็นวิธีที่ดีในการศึกษาโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์

Besemer and O'Quin's (1999) กล่าวว่า ผลงานสร้างสรรค์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นมาโดยมีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ 1. ความแปลกใหม่ (Novelty) เป็นผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิม 2. ความละเอียด (Resolution) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่า และมีประโยชน์ และ 3. สไตล์ (Elaboration and Synthesis: Style) เป็นผลิตภัณฑ์มีความเป็นธรรมชาติ สง่างาม ซับซ้อน และประดิษฐ์ขึ้นอย่างดี

Runco (1996) กล่าวว่า ผลงานสร้างสรรค์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นมาโดยมีคุณสมบัติ 2 ประการ คือ 1. ความแปลกใหม่ (Novelty/ Originality) โดยเป็นการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ในประเภทเดียวกัน และ 2. อรรถประโยชน์ (Value/Utility) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมหรือสามารถแก้ปัญหาได้

Goldenberg and Mazursky (2002) กล่าวว่า ผลงานสร้างสรรค์ เป็นผลงานที่มีคุณลักษณะที่สังเกตได้ คือ การเป็นต้นฉบับ (Original) การมีคุณค่า (Value) ความแปลกใหม่ (Novel) ความน่าสนใจ (Interesting) ความสง่างาม (Elegant) ความมีเอกลักษณ์ (Unique) และความประหลาดใจ (Surprising)

Charyton et al. (2009) กล่าวว่า ผลงานสร้างสรรค์ หมายถึง แนวคิดหรือวัตถุที่เกิดจากกิจกรรมสร้างสรรค์ในขอบเขตที่กำหนด

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปว่า ผลงานสร้างสรรค์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่ประดิษฐ์ขึ้นมาอย่างปราณีตโดยมีความแตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์เดิม มีเอกลักษณ์ และสามารถใช้งานหรือสามารถแก้ปัญหาได้

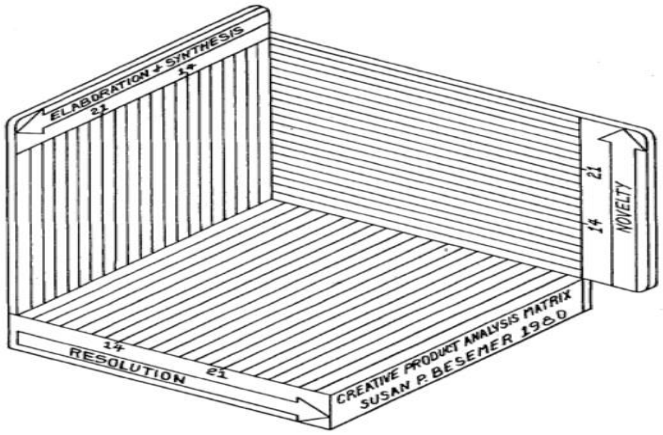
2.4.2 แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์

ในตอนนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดของการพัฒนาแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ โดยมีข้อมูลดังนี้

Taylor (1975) เป็นนักวิชาการคนแรกที่ได้สร้างเกณฑ์การวัดประเมินผลงานสร้างสรรค์ (Creative Product Inventory: CPI) โดยมีเกณฑ์ในการประเมิน 7 มิติ คือ 1. รุ่น (Generation) ความสามารถของผลิตภัณฑ์ในการกระตุ้นให้เกิดความคิดใหม่ 2. รูปแบบใหม่ (Reformulation)

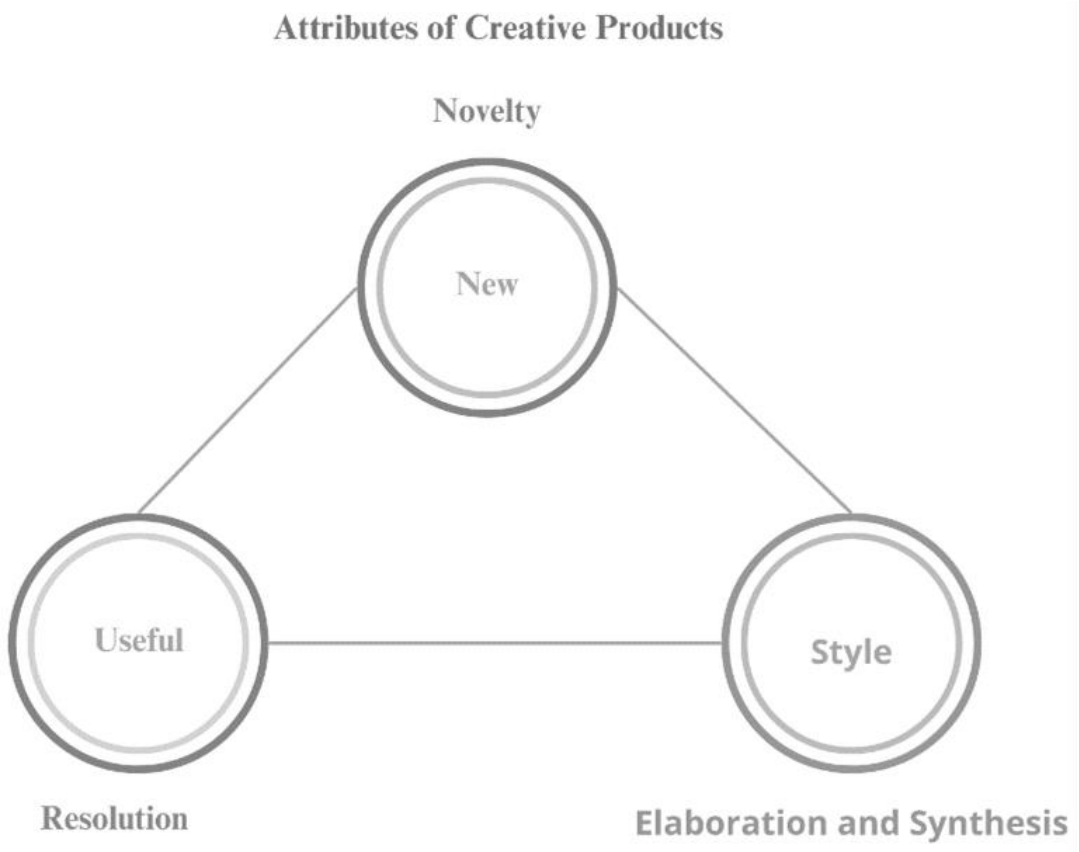
ลักษณะและรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม 3. ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นผลิตภัณฑ์ที่หายากและไม่ซ้ำกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ 4. ความเกี่ยวข้อง (Relevancy) เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ 5. ความพอใจ (Hedonics) เป็นความนิยมของผู้ใช้ และผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ 6. ความซับซ้อน (Complexity) วิธีการใช้ผลิตภัณฑ์หรือจัดการข้อมูล และ 7. การรวมความคิด (Condensation) เป็นวิธีบูรณาการความคิดและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเรียบง่าย

Besemer และ Treffinger (1981) ได้นำแนวคิดการประเมินผลงานสร้างสรรค์: CPI ของ Taylor (1975) เป็นฐานในการทำวิจัยเพื่อพัฒนาแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่เรียกว่า Creative Product Analysis Matrix: CPAM โดยมีเกณฑ์ในการประเมิน 3 มิติ คือ 1. ความแปลกใหม่ (Novelty) เป็นจำนวนและขอบเขตของกระบวนการใหม่ เทคนิคใหม่ หรือแนวคิดใหม่ รวมถึงความแปลกใหม่ทั้งภายในและภายนอกผลิตภัณฑ์ 2. ความละเอียด (resolution) เป็นระดับความใหม่ของผลิตภัณฑ์ในแง่ของจำนวนและรูปร่างของวัสดุใหม่ กระบวนการใหม่ และ/หรือแนวคิดที่รวมอยู่ และ 3. สไตล์ (Elaboration/synthesis : Style) เป็นระดับภาพรวมขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการปรับปรุง พัฒนา และมีความสอดคล้องกัน รายละเอียดตามภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 Creative Product Analysis Matrix: CPAM (Besmer and Treffinger, 1981)

Besemer and O'Quin (1999) ได้นำแนวคิดการประเมินผลงานสร้างสรรค์: CPAM (Besemer and Treffinger, 1981) เป็นข้อมูลในการทำวิจัยเพื่อพัฒนาแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่เรียกว่า Creative Product Semantic Scale: CPSS โดยมีเกณฑ์ในการประเมิน 3 มิติ คือ 1. ความแปลกใหม่ (Novelty) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิมในด้านวัสดุ กระบวนการ แนวคิด และวิธีการสร้างผลิตภัณฑ์ 2. ความละเอียด (Resolution) ผลิตภัณฑ์ทำงานหรือมีฟังก์ชันที่ทำงานได้ดีเพียงใด 3. สไตล์ (Elaboration and Synthesis : Style) ผลิตภัณฑ์มีความเป็นธรรมชาติ หรูหรา ซับซ้อน และสร้างสรรค์มาอย่างดี นอกจากนี้ในปี 1999 Besemer and O'Quin ได้นำแบบประเมิน CPSS ไปทดลองใช้ เพื่อหาความตรงเชิงโครงสร้างของแบบประเมินดังกล่าว รายละเอียดตามภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 Creative Product Semantic Scale: CPSS (Besemer and O'Quin, 1987)

ปี 1982 Amabile ศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ดได้แนวคิด Torrance Test for Creative Thinking (TTCT) ของ Torrance ที่พัฒนาในปี 1966 มาพัฒนาเป็นเครื่องมือในการประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่เรียกว่า the Consensual Assessment Technique: CAT ซึ่งได้รับการขนานนามว่า Gold Standard (Baer and McKool, 2021) ซึ่งประกอบด้วย 3 มิติ คือ 1. มิติความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) ประกอบด้วย ความคิดสร้างสรรค์ (Included Creativity) ความสนใจด้านดนตรี (Timbral Interest) และรูปแบบต่าง ๆ (Sectional Variation) 2. มิติทางเทคนิค (Technical Goodness) ประกอบด้วยความพยายามที่ชัดเจน (Effort Evident) รูปทรง (Form) การเปลี่ยนแปลงพื้นผิว (Texture Change) ความแม่นยำ (Accuracy of Performance) การแสดงออก (Expression) ความซับซ้อน (Complexity) และ 3. มิติความสวยงาม (Aesthetic Appeal) ประกอบด้วยความสวยงามโดยรวม (Appeal) และความมีความหมาย (Meaningfulness)

Cropley และ Cropley (2005) ได้นำแนวคิดการประเมินผลงานสร้างสรรค์: CPI ของ Taylor (1975) และแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์: CPSS ของ Besemer and O'Quin (1999) เป็นข้อมูลในการทำวิจัยเพื่อพัฒนาแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่เรียกว่า Creative Solution Diagnosis Scale: CSDS ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ (Cropley & Cropley, 2015) คือ 1. ความเกี่ยวข้องและประสิทธิผล (Relevance and Effectiveness) มีแนวทางแก้ไขผลิตภัณฑ์เดิมที่สะท้อนถึงความรู้เทคนิคทั่วไปที่มีความเหมาะสม สามารถแก้ปัญหา และมีความปลอดภัยใน

การใช้งาน 2. ความแปลกใหม่ (Novelty) เป็นการใช้ความรู้ที่มีอยู่ในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่ มีองค์ประกอบใหม่ มีการแก้ปัญหาในทิศทางที่มีอยู่และเป็นไปได้ 3. ความสง่างาม (Elegance) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบสวยงาม องค์ประกอบต่าง ๆ เข้ากันได้อย่างลงตัว และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และ 4. กำเนิด (Genesis) มีแนวทางแก้ไขปัญหาที่แนะนำพื้นฐานใหม่สำหรับการทำงานต่อไป และเปิดแนวคิดใหม่ของปัญหา สามารถนำเสนอแนวคิดสำหรับการแก้ปัญหาที่ดูเหมือนไม่เกี่ยวข้องกันได้

ผู้วิจัยนำแนวคิดของ Besemer and Treffinger (1981) Besemer and O'Quin (1999) Amabile (1982) และ Cropley and Cropley (2005) มาทำการสังเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลในการประเมินผลงานสร้างสรรค์ตามตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การสังเคราะห์แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์

องค์ประกอบของผลงานสร้างสรรค์	Besemer and Treffinger	Amabile (1982)	Besemer and O'Quin (1999)	Cropley and Cropley (2005)
1. ความแปลกใหม่ (Novelty)	✓		✓	✓
2. ความละเอียด (Resolution)	✓		✓	
3. สไตล์ (Elaboration / Synthesis : Style)	✓		✓	
4. มิติความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)		✓		
5. มิติทางเทคนิค (Technical Goodness)		✓		
6. มิติความสวยงาม (Aesthetic Appeal)		✓		
7. ความเกี่ยวข้องและประสิทธิผล (Relevance and Effectiveness)				✓
8. ความสง่างาม (Elegance)				✓
9. กำเนิด (Genesis)				✓

จากตารางที่ 2-2 ผู้วิจัยทำการสรุปองค์ประกอบของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ด้วยการรวมองค์ประกอบที่มีความเกี่ยวข้องกันเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถสรุปองค์ประกอบของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ได้ 5 องค์ประกอบ คือ

1. ความแปลกใหม่ของผลงาน (Novelty) เป็นการรวมองค์ประกอบที่ 1 และ 4 เข้าด้วยกัน โดยมีรายละเอียด คือ เป็นผลงานที่มีจำนวน และขอบเขตของกระบวนการใหม่ เทคนิคใหม่ องค์ประกอบใหม่ วัสดุใหม่ หรือแนวคิดใหม่ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาในทิศทางที่มีอยู่และเป็นไปได้

รวมถึงความแปลกใหม่ทั้งภายในและภายนอก

2. ความละเอียดของผลงาน (Resolution) เป็นการรวมองค์ประกอบที่ 2 และ 5 เข้าด้วยกัน โดยมีรายละเอียด คือ เป็นระดับความใหม่ของผลงานในแง่ของจำนวนและรูปร่างของวัสดุใหม่ กระบวนการใหม่ และ/หรือแนวคิดที่รวมอยู่ และผลิตภัณฑ์ทำงานหรือมีฟังก์ชันที่ทำงานได้ดีเพียงใด

3. สไตล์ (Elaboration and Synthesis) เป็นการรวมองค์ประกอบที่ 3, 6 และ 8 เข้าด้วยกัน โดยมีรายละเอียด คือ เป็นระดับภาพรวมขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ได้รับการปรับปรุง พัฒนา สร้างสรรค์มาอย่างดี และมีความสอดคล้องกันสามารถประกอบเป็นผลงานเข้ากันได้อย่างลงตัว มีความเป็นธรรมชาติ หรูหรา ซับซ้อน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

4. ความเกี่ยวข้องและประสิทธิผล (Relevance and Effectiveness) มีแนวทางแก้ไขผลิตภัณฑ์เดิมที่สะท้อนถึงความรู้เทคนิคทั่วไปที่มีความเหมาะสม สามารถแก้ปัญหา และมีความปลอดภัยในการใช้งาน

5. กำเนิด (Genesis) แนวทางแก้ไขปัญหาที่แนะนำพื้นฐานใหม่สำหรับการทำงานต่อไป และเปิดแนวคิดใหม่ของปัญหา สามารถนำเสนอแนวคิดสำหรับการแก้ปัญหาที่ดูเหมือนไม่เกี่ยวข้องกันได้

นอกจากนี้สุวิมล ว่องวาณิช (2547) ได้นำเสนอแนวคิดในการวัดทักษะการปฏิบัติจากขั้นตอนกระบวนการทำงานในแต่ละขั้นตอน ในกรณีที่กระบวนการทำงานมีความซับซ้อนหลายขั้นตอนก็จะส่งผลให้ผลงานเหล่านั้นมีขั้นตอนกระบวนการในการทำงานที่ซับซ้อนด้วย ดังนั้นจึงทำให้ยากต่อการวัดประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของผลงาน ดังนั้นสุวิมล (2547) ได้ทำการแบ่งคุณลักษณะเกี่ยวกับกระบวนการวัดออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. คุณภาพของผลงาน วัดจากผลงานที่มีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จุดดีและจุดเด่นของตัวผลงาน ผลงานมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน ลักษณะภายนอกของผลงาน ด้านความสวยงาม ด้านของความประณีต และด้านของความสง่างาม เป็นต้น

2. ด้านปริมาณงาน ผลงานที่ทำการพัฒนาการความก้าวหน้าของผลงานทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

3. ด้านความสิ้นเปลือง พิจารณาจากการชำรุดของชิ้นงานที่ใช้ไม่ได้ หรือความไม่คงทนต่อการใช้งานของชิ้นงาน

4. ด้านความปลอดภัยของผลงาน พิจารณาจากการนำผลงานไปใช้งานจริง โดยจะต้องมีความปลอดภัยทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านระบบ

จากแนวคิดของสุวิมล (2547) เกี่ยวกับแบบประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของผลงานที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยทำการตัดหัวข้อเกี่ยวกับการประเมินด้านปริมาณงาน และด้านความสิ้นเปลืองออกเพราะในงานนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้ผู้เรียนสร้างผลงานสร้างสรรค์กลุ่มละ 1 ผลงาน และผู้สอนจะทำการประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่สำเร็จแล้ว จึงทำให้ทั้ง 2 หัวข้อนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับการประเมินผลงานสร้างสรรค์

ผู้วิจัยพัฒนาแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้จาก 5 องค์ประกอบของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ได้ คือ 1. ความแปลกใหม่ของผลงาน (Novelty) 2. ความละเอียดของผลงาน (Resolution) 3. สไตล์ (Elaboration and Synthesis) 4. ความเกี่ยวข้องและประสิทธิผล (Relevance and Effectiveness) และ 5. กำเนิด (Genesis)

ร่วมกับแนวคิดของสุวิมล (2547) ในการประเมินคุณภาพและความปลอดภัยของผลงาน โดยมีรายละเอียดตามตาราง 2-3

ตารางที่ 2-3 ที่มาของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ในงานวิจัยครั้งนี้

หมวด	รายละเอียด	องค์ประกอบของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์				
		1	2	3	4	5
คุณภาพของงานด้านของความสง่างาม	1.คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด (ด้านเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลงาน, ด้านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน, ด้านการออกแบบ)	✓			✓	
	2. ผลงานมีจุดดีและจุดเด่น (ผลงานมีเอกลักษณ์, การมีความคิดริเริ่มใหม่ในการสร้างผลงาน)	✓				
	3. ผลงานมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ (ผลงานสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้)				✓	✓
	4. ผลงานมีความความปราณีตและความสวยงาม			✓		
ความปลอดภัย	5. ผลงานมีความปลอดภัยในการนำไปใช้จริง (ผลงานมีความแข็งแรง, ผลงานมีเสถียรภาพในการใช้งาน, ผลงานมีความปลอดภัย)		✓		✓	

ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นจำนวน 10 ข้อมาสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคส์ 4 ระดับ คือ 0-3 คะแนน มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่ใช้ในการวิจัย

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				คะแนนรวม
	3	2	1	0	
1. คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลงาน	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลงาน 3 ชนิด	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลงาน 2 ชนิด	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลงาน 1 ชนิด	คุณภาพของผลงานไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ด้านเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลงาน	3
2. คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน 3 ชนิด	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน 2 ชนิด	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน 1 ชนิด	คุณภาพของผลงานไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ด้านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน	3
3. คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการออกแบบ	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการออกแบบ 3 ฟังก์ชัน	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการออกแบบ 2 ฟังก์ชัน	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการออกแบบ 1 ฟังก์ชัน	คุณภาพของผลงานไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการออกแบบ	3
4. ผลงานมีเอกลักษณ์	ผลงานมีจุดเด่น 3 จุด	ผลงานมีจุดเด่น 2 จุด	ผลงานมีจุดเด่น 1 จุด	ผลงานไม่มีจุดเด่น	3
5. การมีความคิดริเริ่มใหม่ในการสร้างผลงาน	มีความคิดริเริ่มใหม่ในการสร้างผลงาน 3 จุด	มีความคิดริเริ่มใหม่ในการสร้างผลงาน 2 จุด	มีความคิดริเริ่มใหม่ในการสร้างผลงาน 1 จุด	ไม่มีความคิดริเริ่มใหม่ในการสร้างผลงาน	3

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				คะแนนรวม
	3	2	1	0	
6. ผลงานสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้	ผลงานสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ 3 ข้อ	ผลงานสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ 2 ข้อ	ผลงานสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ 1 ข้อ	ผลงานไม่สามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้	3
7. ผลงานมีความความปราณีตและความสวยงาม	ผลงานมีความเรียบร้อย 3 จุด	ผลงานมีความเรียบร้อย 2 จุด	ผลงานมีความเรียบร้อย 1 จุด	ผลงานไม่มีความเรียบร้อย	3
8. ผลงานมีความแข็งแรง	ผลงานมีความแข็งแรง 3 จุด	ผลงานมีความแข็งแรง 2 จุด	ผลงานมีความแข็งแรง 1 จุด	ผลงานไม่มีความแข็งแรง	3
9. ผลงานมีเสถียรภาพในการใช้งาน	ผลประเมินการทดสอบผลงานผ่าน 3 ครั้ง	ผลประเมินการทดสอบผลงานผ่าน 2 ครั้ง	ผลประเมินการทดสอบผลงานผ่าน 1 ครั้ง	ผลประเมินการทดสอบผลงานไม่ผ่าน	3
10. ผลงานมีความปลอดภัย	ผลงานมีความปลอดภัยตั้งแต่ 3 จุด ขึ้นไป	ผลงานมีความปลอดภัยตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป	ผลงานมีความปลอดภัยตั้งแต่ 1 จุดขึ้นไป	ผลงานไม่มีความปลอดภัย	3
คะแนนรวม					30

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน

เมธาสิทธิ์ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อเสริมสร้างการเห็นคุณค่าแท้ในตนเองของเยาวชนชายที่กระทำผิดคดีความรุนแรง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษากระบวนการเรียนรู้ที่นำไปสู่การเห็นคุณค่าแท้ในตนเองของเยาวชนชายที่กระทำผิดคดีความรุนแรง 2) เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อเสริมสร้างการเห็นคุณค่าแท้ใน ตนเองของเยาวชนชายที่กระทำผิดคดีความรุนแรง และ 3) เพื่อศึกษาผลของการทดลองใช้กระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อเสริมสร้างการ เห็นคุณค่าแท้ในตนเองของเยาวชนชายที่กระทำผิดคดีความรุนแรง ตลอดจนวิเคราะห์ปัจจัย และเงื่อนไขของการนำกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงไปใช้ โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (1991) มี 10 ขั้นตอนดังนี้ 1) ภาวะวิกฤตที่ทำให้สับสน 2) การตรวจสอบตนเองด้วยความรู้สึกผิดหรือละอายใจ 3) การประเมินเชิงวิพากษ์ต่อข้อสันนิษฐานด้านญาณวิทยา ด้านสังคมวัฒนธรรม หรือด้านจิตใจ 4) การตระหนักว่าความไม่พอใจต่อสิ่งหนึ่งกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงได้ถูกใช้ร่วมกัน และตระหนักว่าคนอื่นได้มีการเจรจาในการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกัน 5) การสำรวจทางเลือกสำหรับบทบาท ความสัมพันธ์ และการกระทำใหม่ ๆ 6) การวางแผนเส้นทางของการกระทำ 7) การพัฒนาความรู้และทักษะเพื่อการนำแผนไปใช้ให้เกิดผล 8) การทดลองบทบาทใหม่ที่ถูกจัดไว้ชั่วคราว 9) การสร้างสมรรถนะและความเชื่อมั่นในตนเองในบทบาทและความสัมพันธ์ใหม่ และ 10) การบูรณาการใหม่ให้กลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตบนพื้นฐานของปัจจัยแวดล้อมที่ถูกควบคุมโดยปริทรรศน์ใหม่ กลุ่มเป้าหมาย คือ เยาวชนชายที่ศาลได้ตัดสินพิพากษาในคดีที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรุนแรง 2 คดี คือ 1) คดีความผิดเกี่ยวกับชีวิตและร่างกาย และ 2) คดีความผิดเกี่ยวกับเพศ และได้เข้ารับการอบรมในศูนย์ฝึกและอบรมเด็ก และเยาวชน ในสังกัดของกรมพินิจและคุ้มครองเด็กและเยาวชนภายทั้ง 15 แห่งในระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี สามารถอ่านออกเขียนได้ไม่มีภาวะผิดปกติทางร่างกายและจิตใจ ผลการศึกษาพบว่า 1) กระบวนการเรียนรู้ที่นำไปสู่การเห็นคุณค่าแท้ในตนเองของเยาวชนชายที่กระทำผิดคดีความรุนแรง ประกอบด้วย 2 มิติ คือ (1) มิติด้านกระบวนการเรียนรู้ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงปริทรรศน์ และ (2) มิติด้านผลลัพธ์การเรียนรู้ซึ่งเป็นระดับการเสริมสร้างการเห็นคุณค่าแท้ในตนเอง 2) กระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อเสริมสร้างการเห็นคุณค่าแท้ในตนเองของเยาวชนชายที่กระทำผิดคดีความรุนแรงมี 4 ขั้น ได้แก่ (1) ขั้นแยกแยะประกอบด้วย ทบทวนตนเอง ดึงตนเองออกจากการยึดติด ค้นหาความคิดที่ทำให้ยึดติด ตั้งคำถาม กับตนเอง และค้นหาตัวตนที่แท้จริง (2) ขั้นสร้างเจตนารมณ์ ประกอบด้วย วางแผนการกระทำ และเตรียมความ พร้อมด้านอารมณ์ (3) ขั้นกล้าเผชิญประกอบด้วย ลงมือปฏิบัติ และสังเกตผลการปฏิบัติ และ (4) ขั้นพัฒนาปริทรรศน์ และ 3) ผลของการทดลองใช้กระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อเสริมสร้างการเห็นคุณค่าแท้ในตนเองของเยาวชนชายที่กระทำผิดคดีความรุนแรง พบว่า ผลการเรียนรู้แต่ละขั้นที่นำไปสู่การแสดงความรับผิดชอบและการตรวจสอบความซื่อตรงต่อตนเองของเยาวชนที่เข้าร่วมกิจกรรมมีการปฏิบัติที่ชัดเจนมากขึ้นและเรียบง่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแยกแยะเป็นสำคัญ โดยเฉพาะการแยกแยะที่ทำให้เยาวชนอยากเปิดเผยตัวตนมากขึ้น แนวทางการสร้างเจตนารมณ์จะเน้นเรื่อง

ความชัดเจนในการพูด และการกระทำที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน อันนำมาสู่การกล้าเผชิญที่เปี่ยมไปด้วยความรู้สึกเชื่อมั่นในตนเองอย่างแท้จริง สรุปได้ว่า เยาวชนแต่ละคนแสดงออกมาอย่างชัดเจนในขั้นพัฒนาระดับการแสดงความรับผิดชอบ และการตรวจสอบความซื่อตรงต่อตนเอง ส่วนปัจจัย และเงื่อนไขของการนำกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงไปใช้แบ่งเป็น 3 ด้าน คือ (1) ด้านแบบกระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ การใช้วาทกรรม "โลกปรากฏ-โลกสมมติ-โลก เทียม-โลกแท้" การเล่าเรื่องสะท้อนความรู้สึก และการมีเจตนารมณ์ที่ชัดเจน (2) ด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่ บรรยากาศของการเรียนรู้ร่วมกัน และการสนับสนุนซึ่งกันและกัน และ (3) ด้านตัวบุคคล ได้แก่ ความพร้อมที่จะเปิดเผยตัวตน การแสดงความรู้สึก และความเป็นเนื้อแท้

เยาวลักษณ์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง: การนำไปใช้ในการศึกษาพยาบาล มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการนำแนวคิดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงไปใช้ในการพัฒนานักศึกษาพยาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 2 ของวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี ราชบุรี เพื่อให้เกิดการพัฒนาตามอัตลักษณ์สถาบัน คือ การบริการด้วยหัวใจความเป็นมนุษย์ โดยกระบวนการการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow ทั้ง 10 ขั้นตอนมีดังนี้ 1) การเผชิญกับสถานการณ์หรือเรื่องราวที่มีความย้อนแย้ง (dilemma) คือไม่ตรงกับมุมมองเดิมของผู้เรียน 2) การตรวจสอบความคิด มุมมอง ความรู้สึกของตนเอง 3) การประเมินสมมติฐานของตนเองโดยใคร่ครวญอย่างจริงจัง 4) การเปิดใจยอมรับการเปลี่ยนแปลงว่าตนเองและผู้อื่นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น 5) การค้นหาทางเลือกเพื่อจะกระทำแบบใหม่ 6) การวางแผนที่จะปฏิบัติแบบใหม่ 7) การหาความรู้และทักษะเพิ่มเติมเพื่อที่จะปฏิบัติตามแผน 8) ทดลองปฏิบัติตามแผนซึ่งเป็นบทบาทใหม่ 9) การพัฒนาความสามารถและความมั่นใจในบทบาทใหม่ และ 10) การบูรณาการมโนทัศน์ใหม่เข้ากับชีวิต ผลการศึกษาพบว่าการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านได้หลายแบบ ได้แก่ การเรียนที่มีการทำสัญญาการเรียน โครงการแบบกลุ่ม บทบาทสมมติ กรณีศึกษา สถานการณ์/ห้องเสมือนจริง การศึกษาประวัติชีวิตจริง ในการเสวนากลุ่มนั้นมีข้อควรคำนึง คือ ผู้เรียนต้องเคารพในความคิดเห็นของผู้อื่น รับผิดชอบที่จะช่วยเหลือผู้อื่น ยอมรับความแตกต่างหลากหลาย ทำงานร่วมกันแบบกลุ่มเพื่อนที่เป็นพวกเดียวกัน และทุกคนมีโอกาสที่จะมีส่วนร่วมเท่า ๆ กัน และครูจะต้องใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักศึกษาคิดอยู่ตลอดเวลา ครูต้องเป็นผู้ให้โอกาส และยอมรับนักศึกษาเสมอ ซึ่งจะเป็นตัวอย่างที่ดีสำหรับนักศึกษาที่จะเปิดใจกว้างยอมรับความแตกต่างที่หลากหลายได้ต่อไป

พิศิษฐ์ และคณะ (2562) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนารูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษา และ 2) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบ ทำการศึกษากับผู้นำนักศึกษาในวิทยาลัยเครือข่าย ภาคกลาง 1 สถาบันพระบรมราชชนก กระทวงสาธารณสุข จำนวน 7 แห่ง ขั้นตอนการศึกษามี 5 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการณ์จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสัมภาษณ์นักศึกษา ระยะที่ 2 การสร้างและพัฒนารูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษาโดยมีการปรับใช้กระบวนการ

การจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงของ Mezirow (2000) ระยะที่ 3 การศึกษานำร่องเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อการส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษา ระยะที่ 4 พัฒนารูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อการส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษา และระยะที่ 5 ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษาจาก (1) ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และความฉลาดทางอารมณ์ (2) ความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษา และ (3) การรับรองรูปแบบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและการสนทนากลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Independent t-test วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการศึกษาพบว่า 1) รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อการส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษาที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลัก คือ (1) ผู้สอน (2) ประสบการณ์จริง (3) เครื่องมือการเรียนรู้ (4) กระบวนการจัดการเรียนรู้ และ (5) เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้ โดยกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงประกอบด้วย 9 ขั้นตอน คือ (1) การเผชิญกับวิกฤติการณ์ (2) การตรวจสอบตนเอง (3) การประเมินสมมุติฐานเดิมของตนอย่างจริงจัง (4) การเปิดใจยอมรับการเปลี่ยนแปลง (5) การค้นหาทางเลือกใหม่ (6) การวางแผนการกระทำใหม่ (7) การหาความรู้และทักษะสำหรับการปฏิบัติตามแผน (8) การเริ่มทดลองทำตามบทบาทใหม่ การสร้างความสามารถและความมั่นใจในบทบาทใหม่ และ (9) การบูรณาการความรู้ใหม่ 2) การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อการส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษา พบว่า ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p<0.05$) โดยมีคะแนนเพิ่มจาก 3.64 เป็น 4.42 และ 3.68 เป็น 4.51 ตามลำดับ นักศึกษามีความพึงพอใจระดับมาก ผู้ทรงคุณวุฒิรับรองรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อการส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษา โดยเห็นว่าสามารถใช้ในการพัฒนานักศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์

กรวิกา และคณะ (2563) ได้ศึกษาเรื่องประสิทธิผลของการใช้กระบวนการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลงต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในผู้นำนักศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ระดับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของผู้นำนักศึกษาโดยใช้กระบวนการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลงภายหลังเข้าร่วมโครงการ "การพัฒนาผู้นำนักศึกษาในศตวรรษที่ 21" 2) ศึกษาระดับความคิดเห็นของผู้นำนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรม ในโครงการ ฯ และ 3) ศึกษาประสบการณ์ของนักศึกษาหลังการเข้าร่วมโครงการ ฯ กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา คือ ผู้นำนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จากวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี วิทยาลัยการสาธารณสุขและวิทยาลัยการแพทย์แผนไทยอภัยภูเบศร

ในสังกัดสถาบันพระบรมราชชนก จำนวน 70 คน ที่เข้าร่วมโครงการ ฯ ผลการศึกษาพบว่า 1) หลังจากการเข้าร่วมโครงการ ฯ ผู้นำนักศึกษามีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.12, S.D. = 0.72) 2) ความคิดเห็นของผู้นำนักศึกษา พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.26, S.D. = 0.67) และ 3) นักศึกษาเกิดความคิดเชิงสร้างสรรค์มากขึ้น มี 3 แก่นสาระ คือ 1. ได้ฝึกการมีสติและคิดคล่องขึ้น 2. เรียนรู้การคิดนอกกรอบ คิดยืดหยุ่น และคิดละเอียดลออ และ 3. มีการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบและการสะท้อนคิด ดังนั้นควรจัดให้มีกิจกรรมนี้อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง จะเป็นการส่งเสริมให้ผู้นำนักศึกษาเกิดความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น

ณัฐกานต์ และคณะ (2021) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องมือวัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงของนิสิตบัณฑิตศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดกระบวนการเรียนรู้ เพื่อการเปลี่ยนแปลงของนิสิตบัณฑิตศึกษาโดยใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (2000) จาก 10 ขั้นตอนมายุบรวมเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) การประเมินกรอบความคิดที่แตกต่างภายในจิตใจ (รวมขั้นตอนที่ 1-3 เข้าด้วยกัน) 2) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในการสร้างทางเลือกหรือแนวทางในการเรียนรู้แบบใหม่ (รวมขั้นตอนที่ 4-5 เข้าด้วยกัน) 3) การวางแผนในการเตรียมความพร้อมเพื่อสร้างบทบาทใหม่ (รวมขั้นตอนที่ 6-8 เข้าด้วยกัน) 4) การสร้างและบูรณาการสมรรถนะเข้ากับความรู้และประสบการณ์ภายใต้มุมมองใหม่ (รวมขั้นตอนที่ 9-10 เข้าด้วยกัน) เพื่อสร้างแบบประเมินกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของนิสิตบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 100 คน ผลการศึกษาพบว่า 1) เครื่องมือวัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงของนิสิตบัณฑิตศึกษามีลักษณะเป็นมาตรประเมินค่า 5 ระดับ จำแนกเป็น 4 องค์ประกอบ คือ (1) ด้านการประเมินกรอบความคิดที่แตกต่างภายในจิตใจ (2) ด้านการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในการสร้างทางเลือกหรือแนวทางในการเรียนรู้แบบใหม่ (3) ด้านการวางแผนในการเตรียมความพร้อมเพื่อสร้างบทบาทใหม่ และ (4) ด้านการสร้างและบูรณาการสมรรถนะเข้ากับความรู้และประสบการณ์ภายใต้มุมมองใหม่ แต่ละองค์ประกอบมีจำนวนข้อคำถาม 6 ข้อ รวมเป็น 24 ข้อ และ 2) เครื่องมือวัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงมีค่าความเที่ยงระหว่าง .806 - .863 และมีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยโมเดลกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงมีความสอดคล้องข้อมูลเชิงประจักษ์ (Chi-square (224, N = 100) = 259.516, p = .052, CFI = 0.972, TLI = 0.965, RMSEA =0 .040, SRMR = 0.073)

Brock (2009) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการวัดความสำคัญของขั้นตอนตั้งต้นของการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่าน มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความสำคัญของขั้นตอนตั้งต้นของการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของนักศึกษาปริญญาตรี สาขาบริหารธุรกิจจำนวน 256 คน โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่าน 10 ขั้นตอนของ Mezirow (2000) มาเป็นกรอบในการวิจัย ผลการศึกษาพบว่าขั้นตอนที่สำคัญที่สุด คือ ขั้นตอนที่ 1 การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม รองลงมาคือขั้นตอนที่ 3 การยอมรับการเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนที่ 4 การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง ขั้นตอนที่ 2 การตวจสอบตนเอง และขั้นตอนที่ 8 การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญน้อยที่สุด

Beer (2019) ได้ศึกษาเรื่อง การออกแบบรูบริกเพื่อวัดองค์ประกอบของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านในการเรียนรู้ออนไลน์: กรณีศึกษา FutureLearn MOOC มีวัตถุประสงค์

เพื่อประเมินการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงของนักศึกษาพยาบาล หลักสูตรวิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยโคเวนทรี ประเทศอังกฤษซึ่งเป็นหลักสูตรการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (MOOCs) โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (1994) เป็น 7 ขั้นตอน คือ (1) การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม (2) การตรวจสอบตนเอง (3) เกิดการสำรวจใคร่ครวญอย่างมีวิจารณญาณต่อสมมุติฐานเดิมของตนเอง (4) การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง (5) วางแผนการดำเนินการปฏิบัติ (6) การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน และ (7) การทดลองทำตามแผน ในสร้างแบบประเมินรูบิค ผลการศึกษาพบว่า 1) นักศึกษาพยาบาลร้อยละ 57.58 ไม่สามารถก้าวข้ามผ่านขั้นตอนที่ 1 การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิมได้ นักศึกษาพยาบาลร้อยละ 18.9 ไม่สามารถผ่านขั้นตอนที่ 3 เกิดการสำรวจใคร่ครวญอย่างมีวิจารณญาณต่อสมมุติฐานเดิมของตนเอง นักศึกษาพยาบาลร้อยละ 9.09 ไม่สามารถผ่านขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบตนเอง และขั้นตอนที่ 4 การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง นักศึกษาพยาบาลร้อยละ 5.3 ไม่สามารถผ่านขั้นตอนที่ 5 วางแผนการดำเนินการปฏิบัติ และนักศึกษาพยาบาลร้อยละ 2.27 ไม่สามารถผ่านขั้นตอนที่ 7 การทดลองทำตามแผน และ 2) ประเภทการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักศึกษาพยาบาลเกิดการตอบสนองการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านที่ประสบความสำเร็จมากที่สุด คือ การอ่าน การดู การฟัง คิดเป็นร้อยละ 67.00 3) ประเภทการเรียนรู้แบบการอ่าน การดู การฟัง และการอภิปรายทำให้นักศึกษาพยาบาลเกิดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านในขั้นตอนที่ 1 มากที่สุด ประเภทการเรียนรู้การอ่าน การดู การฟังมีประสิทธิภาพมากในการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านในขั้นตอนที่ 4 การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง และขั้นตอนที่ 5 วางแผนการดำเนินการปฏิบัติ ประเภทการเรียนรู้แบบการอภิปรายมีประสิทธิภาพมากในการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านในขั้นตอนที่ 2) การตรวจสอบตนเอง ขั้นตอนที่ 3 เกิดการสำรวจใคร่ครวญอย่างมีวิจารณญาณต่อสมมุติฐานเดิมของตนเอง ขั้นตอนที่ 6 การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน และ ขั้นตอนที่ 7 การทดลองทำตามแผน

Yıldırım and Yelken (2019) ได้ทำการพัฒนาแบบวัดการจัดการการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบวัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของครูสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (2000) 10 ขั้นตอนที่ประกอบด้วย 1) การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม 2) การตรวจสอบตนเอง 3) เกิดการสำรวจใคร่ครวญอย่างมีวิจารณญาณต่อสมมุติฐานเดิมของตนเอง 4) การยอมรับการเปลี่ยนแปลง 5) การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง 6) วางแผนการดำเนินการปฏิบัติ 7) การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน 8) การทดลองทำตามแผน 9) การสร้างสมรรถนะและความมั่นใจ และ 10) การบูรณาการความรู้ใหม่ มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการทำงานกับครูสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร และมีการสร้างแบบวัดการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของครูสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร เก็บรวบรวมข้อมูลกับครูสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร 385 คนในโรงเรียนประถมศึกษา 4 แห่ง โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น 2 โรง และโรงเรียนมัธยมมัธยมศึกษาตอนปลาย 4 แห่ง ในประเทศตุรกี เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Exploratory factor analysis: EFA) พบว่า ได้ 4 องค์ประกอบ คือ 1) มุมมองความหมาย (Meaning perspectives)

2) การสะท้อนอย่างมีวิจารณญาณ (Critical reflection) 3) การใช้ประสบการณ์ (Use of experiences) และ 4) การกระทำที่เปลี่ยนแปลง (Transformative acts) หลังจากนั้นนำข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis) พบว่า ข้อมูลมีความตรงเชิงโครงสร้าง (χ2/df = 1.81, CFI = 0.98, RMSEA = 0.06, SRMR = 0.07)

Hardy & Chapman (2022) ได้ศึกษาเรื่อง ประสบการณ์ที่เอื้อต่อการเปลี่ยนแปลงอัตลักษณ์ทางวิชาชีพของนักศึกษาวิชาชีพห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอัตลักษณ์ทางวิชาชีพของนักศึกษาวิชาชีพห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ โดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow เพียง 4 ขั้นตอน คือ 1) การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม 2) สมมติฐานและความคาดหวังที่เป็นปัญหา 3) การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง และ 4) การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผนเพื่อใช้ในการพัฒนาอัตลักษณ์ทางวิชาชีพของนักศึกษาวิชาชีพห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ มีกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาวิชาชีพห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ปีสุดท้ายของวิทยาลัยโพลีเทคนิค ประเทศแคนาดาที่เป็นอาสาสมัครจำนวน 8 คน โดยแต่ละคนได้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทางคลินิกหลายแห่งที่มีลักษณะคล้ายกันในระหว่างการฝึกปฏิบัติทางคลินิก ประกอบด้วยการเรียนวิชาจุลชีววิทยาเป็นเวลา 3 สัปดาห์ และฝึกปฏิบัติตามความสามารถหลักที่กำหนดในโปรแกรมการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ก่อนและหลังการฝึกปฏิบัติทางคลินิก โดยใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้าง ผลการศึกษาพบว่ามี 4 สถานการณ์ที่ส่งผลกระทบ หรือสนับสนุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติให้กลุ่มตัวอย่างในการพัฒนาอัตลักษณ์ทางวิชาชีพผ่านการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่าน คือ 1) ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วย 2) ประสบการณ์ในการชันสูตรพลิกศพ 3) ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับข้อผิดพลาด และ 4) ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมการทำงาน

Stork et al (2023) ได้ศึกษาเรื่อง การเสริมพลังอำนาจให้ผู้นำด้านการศึกษาผ่านการไตร่ตรองตนเองเกี่ยวกับสถานการณ์ด้านเชื้อชาติ และชาติพันธุ์ วัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการมีส่วนร่วมในงานเขียนและการสัมนาที่มีความเกี่ยวข้องกับเชื้อชาติและชาติพันธุ์ที่ช่วยให้กลุ่มตัวอย่างกลายเป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลงทางการศึกษาโดยใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้ เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครที่เป็นนักศึกษาปริญญาเอก 7 คน มีกลุ่มตัวอย่าง 5 คนเกิดในประเทศอเมริกา (ชาวอเมริกาผิวดำ 1 คน (Black American) ชาวเฮติอเมริกัน 1 คน (Haitian American) และชาวอเมริกาผิวขาว 3 คน (white American) เป็นผู้อพยพจากประเทศจาไมกา 1 คน (Black Jamaican American immigrant) และชาวเปอร์โตริโก 1 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยเชื้อชาติและอัตชีวประวัติทางเชื้อชาติด้วยการสนทนาอย่างมีเหตุผล และการประชุมตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนผ่านของ Mezirow (1991) มาเพียง 6 ขั้นตอน คือ 1) การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม 2) การตรวจสอบประสบการณ์ของตนเองในอดีต 3) การประเมินเชิงวิพากษ์ 4) การยอมรับการเปลี่ยนแปลง 5) การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง และ 6) ผู้เรียนวางแผนการดำเนินการปฏิบัติ เพื่อค้นหาหัวข้อทั่วไปจากกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครหลายประการ ได้แก่ ภูมิศาสตร์ อิทธิพลของสภาพแวดล้อม ความรู้สึกที่มองเห็น การได้ยิน และการยอมรับตนเอง ซึ่งมีส่วนทำให้ความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครได้รับการเสริมพลังอำนาจในการเป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลงทางการศึกษา ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลด้านเชื้อชาติและชาติพันธุ์ได้รับผลกระทบ

จาก 1) ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ 2) สภาพแวดล้อมในช่วงวัยเด็ก วัยรุ่น และวัยผู้ใหญ่ 3) ความรู้สึกที่ได้เห็นและได้ยิน และ 4) การยอมรับตนเอง ส่งผลต่อการกลายเป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลงทางการศึกษา

งานวิจัยเกี่ยวกับโรงประลองดิจิทัล

Chacon and Oller (2016) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การออกแบบการทดลองโดยใช้โรงประลองดิจิทัลการทดลองด้านพลศาสตร์โครงสร้าง มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบการทดลองในห้องเรียนโดยใช้เครื่องมือในโรงประลองดิจิทัลเพื่อการทดลองด้านพลศาสตร์โครงสร้าง ผลการศึกษาพบว่า สามารถสร้างการทดลองด้านพลศาสตร์โครงสร้างโดยใช้เครื่องมือฮาร์ดแวร์ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ Arduino และซอฟต์แวร์ในการใช้โค้ดสำหรับการพัฒนาแบบจำลองทางกายภาพในโรงประลองดิจิทัลได้ และชุดการทดลองสามารถทำซ้ำและปรับขนาดได้ตามสภาพแวดล้อมในห้องเรียน

Chan and Blikstein (2018) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการออกแบบและการจัดการศึกษาด้านวิศวกรรมด้วยโรงประลองดิจิทัลของโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและการจัดการศึกษาด้านวิศวกรรมด้วยโรงประลองดิจิทัลโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น 2 แห่งที่มีโรงประลองดิจิทัลในโรงเรียนเป็นตัวอย่างในการวิจัย แต่มี 1 แห่งที่มีการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล 3 เดือนในเรื่อง 1) ความร่วมมือของนักเรียนในประเด็น 1. การกำหนดคุณสมบัติของเพื่อนร่วมทีม 2. การสำรวจตัวเอง และ 3. การนำเสนอข้อค้นพบ และ 2) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียนในประเด็น 1. การสาธิตด้วยวัตถุต้นแบบ 2. การอภิปรายความล้มเหลวของวัตถุต้นแบบ และ 3. การตอบสนองด้านพฤติกรรม ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีขั้นตอนที่สอดคล้องกับโรงประลองดิจิทัลในเรื่อง 1) ความร่วมมือของนักเรียน และ 2) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน ซึ่งเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมด้วยโรงประลองดิจิทัลของนักเรียน

Andersen and Pitkanen (2019) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การเสริมพลังอำนาจของครูโดยการพัฒนาความเป็นมืออาชีพผ่านโรงประลองดิจิทัล และการคิดเชิงออกแบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการพัฒนาความเป็นมืออาชีพเพื่อเพิ่มขีดความสามารถให้กับครูและอาจารย์ใหญ่ในประเทศเดนมาร์ก เป็นการวิจัยด้านชาติพันธุ์วิทยาใช้เวลา 5 เดือนในการศึกษาภาคสนามเก็บรวบรวมข้อมูลจากหัวหน้าโครงการ หัวหน้าโรงประลองดิจิทัล ผู้นำในโรงเรียน และผู้บุกเบิกในการศึกษามหาบัณฑิตโดยใช้การสังเกตแบบมีส่วนร่วม และการมีส่วนร่วมในด้านต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่า โมเดลการพัฒนาความเป็นมืออาชีพของครูโรงประลองดิจิทัลและการคิดเชิงออกแบบ

Pitkanen, Iwata and Laru (2019) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การใช้โรงประลองดิจิทัลในการสนับสนุนการสนับสนุนแนวทางการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในกิจกรรมการประดิษฐ์ดิจิทัล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบของครูโดยใช้โรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในกิจกรรมการประดิษฐ์ดิจิทัล ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ 3 โรงเรียนมัธยมศึกษาในเมืองอูลู ประเทศฟินแลนด์ที่เข้ามาใช้โรงประลองดิจิทัลในมหาวิทยาลัยโอลูโดยมีกิจกรรมที่แตกต่างกัน การเก็บรวบรวมข้อมูลมี 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การสัมภาษณ์อย่างเป็นทางการกับนักเรียน 13 คน ครู 5 คน และผู้เชี่ยวชาญในโรงประลองดิจิทัล 2 คนในระหว่าง และสิ้นสุดกิจกรรม ระยะที่ 2 การสนทนากลุ่ม

โดยมีผู้ร่วมสนทนากลุ่ม คือ ครู และผู้เชี่ยวชาญในโรงประลองดิจิทัล และระยะที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบการออกแบบและการดำเนินกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในกิจกรรมการประดิษฐ์ดิจิทัล ผลการศึกษาพบว่า การออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้โรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในกิจกรรมการประดิษฐ์ดิจิทัล ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ 1) กระบวนการเรียนรู้เป็นฐานในการออกแบบทำกิจกรรมการประดิษฐ์ดิจิทัล 2) โครงสร้างหลักสูตรเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ 3) ความคุ้นเคยของครูกับโรงประลองดิจิทัลและกิจกรรมการประดิษฐ์ดิจิทัล และ 4) การเพิ่มความร่วมมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญในโรงประลองดิจิทัลและครู โดยองค์ประกอบที่ 1 และ 2 เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแนวทางการเรียนการสอน และองค์ประกอบที่ 3 และ 4 เป็นองค์ประกอบที่เสนอแนะให้ดำเนินการ

งานวิจัยเกี่ยวกับสมรรถนะนวัตกรรม

นัทธีรัตน์ (2560) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนา Studio TECH in TEACH ในการส่งเสริมสมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษาสำหรับนิสิตครู โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบ Studio TECH in TEACH ในการส่งเสริมสมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษาสำหรับนิสิตครู และ 2) ประเมินผลการดำเนินงานของ Studio TECH in TEACH ในการส่งเสริมสมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษาสำหรับนิสิตครู ตัวอย่างได้จากการเลือกอย่างเจาะจงจากนิสิตครูที่เข้ามาใช้งานและร่วมกิจกรรมใน Studio TECH in TEACH ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง จำนวน 82 คน ผลการศึกษาพบว่า 1) รูปแบบ Studio TECH in TEACH ในการส่งเสริมสมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษาสำหรับนิสิตครูที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ ก) ด้านวัสดุอุปกรณ์และโครงสร้างพื้นฐาน ข) ด้านการฝึกอบรมให้ความรู้ที่หลากหลาย ค) ด้านบุคลากรให้คำแนะนำทางเทคนิคและวิธีการสอน และ ง) ด้านต้นแบบในการใช้ และ 2) ผลการดำเนินงานของ Studio TECH in TEACH ในการส่งเสริมสมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษาสำหรับนิสิตครู พบว่า นิสิตครูมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมและการให้บริการ Studio TECH in TEACH ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และนิสิตครูเห็นว่าการมี Studio TECH in TEACH ช่วยให้นิสิตได้รับการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษามากขึ้น และช่วยส่งเสริมให้นิสิตมีเจตคติที่ดีต่อการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปใช้ในการเรียนการสอนของตนต่อไปในอนาคตในระดับมากที่สุด

ภูริตา (2562) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบชุมชนนักปฏิบัติเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีพัฒนาความสามารถมนุษย์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรม และนวัตกรรมเพื่อองค์กรสมรรถนะสูง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาหลักการและแนวคิดโดยการวิเคราะห์ และสังเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องขององค์ประกอบสาคัญของการวิจัยผ่านการทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัย 2) เพื่อพัฒนารูปแบบชุมชนนักปฏิบัติเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีพัฒนาสมรรถภาพมนุษย์เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและนวัตกรรมขององค์กรสมรรถนะสูง 3) เพื่อพัฒนาระบบชุมชนนักปฏิบัติเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีพัฒนาสมรรถภาพมนุษย์เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรม และนวัตกรรมขององค์กรสมรรถนะสูงและ 4) เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบโดยการวัดระดับสมรรถนะนวัตกรรมของผู้กลุ่มตัวอย่าง และคุณภาพของนวัตกรรม มีกระบวนการวิจัย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์

และสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบชุมชน นักปฏิบัติเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีพัฒนาความสามารถมนุษย์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรม และนวัตกรรมเพื่อองค์กรสมรรถนะสูง ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาระบบชุมชนนักปฏิบัติเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีพัฒนาความสามารถมนุษย์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรม และนวัตกรรมเพื่อองค์กรสมรรถนะสูง และขั้นตอนที่ 4 การศึกษาผลการใช้ระบบชุมชนนักปฏิบัติเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีพัฒนาความสามารถมนุษย์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรม และนวัตกรรมเพื่อองค์กรสมรรถนะสูง ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ พนักงานประจำที่เข้าร่วมงานแคมเปญท้าทายนวัตกรรมในปี 2018 จำนวน 80 คน ผลการศึกษาพบว่า 1) กิจกรรม/ขั้นตอนขององค์ประกอบหลัก คือ ชุมชนนักปฏิบัติเสมือนจริง เทคโนโลยีพัฒนาสมรรถภาพมนุษย์ และชุมชนนักปฏิบัติเสมือนจริงด้วยการสร้างนวัตกรรมโดยมีผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลางได้นำมาปรับใช้เพื่อพัฒนารูปแบบ 2) ผลการประเมินรูปแบบชุมชน นักปฏิบัติเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีพัฒนาความสามารถมนุษย์เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรม และนวัตกรรมเพื่อองค์กรสมรรถนะสูง พบว่า รูปแบบ ฯ มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\overline{X}$ = 4.42, S.D. = 0.62) 3) ผลการประเมินระบบชุมชนนักปฏิบัติเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีพัฒนาความสามารถมนุษย์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรม และนวัตกรรมเพื่อองค์กรสมรรถนะสูง พบว่า ระบบ ฯ มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ($\overline{X}$ = 4.27, S.D. = 0.29) และ 4) หลังการใช้ระบบชุมชนนักปฏิบัติเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีพัฒนาความสามารถมนุษย์เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรม และนวัตกรรมเพื่อองค์กรสมรรถนะสูง พบว่า กลุ่มทดลองระดับพนักงานมีสมรรถนะนวัตกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.2 ระดับผู้เชี่ยวชาญมีสมรรถนะนวัตกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.31 และระดับผู้จัดการมีสมรรถนะนวัตกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.11 ในขณะที่คุณภาพของนวัตกรรมแสดงผลลัพธ์ไปในทิศทางที่ดี ($\overline{X}$ = 77.14, S.D. = 6.89) และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อรพรรณ (2019) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเรื่อง บทบาทของนวัตกรรมองค์กร สมรรถนะเชิงนวัตกรรม และการถ่ายโอนความรู้ ต่อนวัตกรรมของธนาคารพาณิชย์ในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของนวัตกรรมองค์กร สมรรถนะเชิงนวัตกรรม และการถ่ายโอนความรู้ต่อนวัตกรรมของธนาคารพาณิชย์ไทยในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล มีสมมติฐาน 5 ข้อ คือ 1) นวัตกรรมองค์กรส่งผลเชิงบวกต่อสมรรถนะเชิงนวัตกรรมของบุคลากร 2) นวัตกรรมองค์กรส่งผลเชิงบวกต่อการถ่ายโอนความรู้ระหว่างบุคลากร 3) นวัตกรรมองค์กรส่งผลเชิงบวกต่อนวัตกรรมของธนาคารพาณิชย์ 4) สมรรถนะเชิงนวัตกรรมของบุคลากรส่งผลเชิงบวกต่อนวัตกรรมของธนาคารพาณิชย์ และ 5) การถ่ายโอนความรู้ระหว่างบุคลากร ส่งผลเชิงบวกต่อนวัตกรรมของธนาคารพาณิชย์ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือบุคลากรของธนาคารพาณิชย์ไทยที่มีผลประกอบการสูงสุด 5 อันดับแรก โดยอ้างอิงจากวารสารการเงินธนาคารแห่งประเทศ ไทย (2559) ประกอบด้วย ธนาคาร กรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ธนาคาร กรุงไทย จำกัด (มหาชน) ธนาคาร กรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) ธนาคาร กสิกรไทย จำกัด (มหาชน) และ ธนาคาร ไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) จำนวน 500 คน ผลการศึกษาพบว่า 1) โมเดลนวัตกรรมของธนาคารพาณิชย์ไทยในยุคเศรษฐกิจดิจิทัลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (CMIN/DF < 3, GFI > 0.9, AGFI > 0.9 และ RMSEA < .05) 2) ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า มีการยอมรับสมมติฐานที่ 1 นวัตกรรมองค์กรส่งผล

เชิงบวกต่อสมรรถนะเชิงนวัตกรรมของบุคลากร, สมมติฐานที่ 2 นวัตกรรมองค์กรส่งผลเชิงบวกต่อการถ่ายโอนความรู้ระหว่างบุคลากร,สมมติฐานที่ 4 สมรรถนะเชิงนวัตกรรมของบุคลากรส่งผลเชิงบวกต่อนวัตกรรมของธนาคารพาณิชย์และสมมติฐานที่ 5 การถ่ายโอนความรู้ระหว่างบุคลากรส่งผลเชิงบวกต่อนวัตกรรมของธนาคารพาณิชย์ แต่มีการปฏิเสธสมมติฐานที่ 3 นวัตกรรมองค์กรส่งผลเชิงบวกต่อนวัตกรรมของธนาคารพาณิชย์

งานวิจัยเกี่ยวกับผลงานสร้างสรรค์

สถาพร (2561) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ 2) พัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ และ 3) ศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์ ตัวอย่างของงานวิจัยนี้ คือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือจำนวน 2 ห้อง ๆ ละ 40 คน รวม 80 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์มี 7 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ 1. การแบ่งกลุ่มผู้เรียนด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ 2. การสร้างจินตนาการ 3. การออกแบบ 4. การพัฒนาพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว 5. การนำเสนอ 6. การปรับปรุง และ 7. การประเมิน โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.54, S.D. = 0.49) 2) ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์มีผลการประเมิน 1. คุณภาพแผนการเรียนการสอน 2. คุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอน 3. แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ 4. คุณภาพของสื่อการเรียนรู้ และ 5. ประสิทธิภาพของระบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดทั้งหมด และ 3) ผลการใช้ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์มีรายละเอียด คือ ข้อ 1. กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ข้อ 2. กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ข้อ 3. กลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และข้อ 4. กลุ่มทดลองมีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Cascini et al (2020) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การสำรวจการใช้เทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกแห่งความจริง (AR) เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่สร้างสรรค์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบศักยภาพของระบบเทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกแห่งความจริงที่ใช้การนำเสนอการออกแบบเพื่อรองรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สร้างสรรค์ ผลการวิจัยพบว่า เทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกแห่งความจริงผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน แสดงว่า เทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกแห่งความจริงสามารถปรับเปลี่ยนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ต้นแบบได้อย่างรวดเร็วแบบเรียลไทม์

เพื่อตอบสนองแนวคิดใหม่ ๆ ได้ นอกจากนี้ขณะใช้เทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกแห่งความจริงที่ใช้การฉายภาพมีประสิทธิภาพเหนือกว่าเทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกแห่งความจริงที่แสดงบนมือถือ สรุปได้ว่า การนำเสนอการออกแบบดดยใช้เทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกแห่งความจริ งในการฉายภาพเป็นแนวทางที่สนับสนุนการออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่สร้างสรรค์ร่วมกันได้

Tarricone and Newhouse (2017) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของการให้คะแนนผลงานสร้างสรรค์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการประเมินแฟ้มสะสมผลงานที่รวมถึงสิ่งประดิษฐ์ (เช่น ภาพวาด ประติมากรรม ภาพวาด ภาพถ่าย) ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย วิชาทัศนศิลป์ ออสเตรเลียตะวันตก และกระบวนการในการให้คะแนนโดยใช้เครื่องมือออนไลน์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การพัฒนาและการศึกษานำร่องด้วยการสำรวจความเป็นไปได้ในการนำเสนอผลงานภาคปฏิบัติในรูปแบบดิจิทัล ระยะที่ 2 การทดลองใช้ในโรงเรียน โดยการตรวจสอบความเป็นไปได้ของนักเรียนในการนำเสนอผลงานภาคปฏิบัติในรูปแบบดิจิทัล และระยะที่ 3 การวิเคราะห์และประเมินผล เพื่อสรุปภาพรวม และความเหมาะสมในการนำไปปฏิบัติทั่วทั้งรัฐ ผลการวิจัยพบว่า ผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนสามารถแปลงเป็นรูปแบบดิจิทัลที่มีความเที่ยงตรง นักเรียนสามารถส่งงานของตนเองจากโรงเรียนไปยังระบบแฟ้มผลงานออนไลน์ได้ นอกจากนี้ผลงานต่าง ๆ ได้รับการประเมินด้วยเครื่องมือออนไลน์โดยมีการให้คะแนนทั้งเชิงวิเคราะห์และเชิงเปรียบเทียบ การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการตัดสินเชิงเปรียบเทียบเป็นวิธีที่ปฏิบัติได้และเชื่อถือได้ในการประเมินผลงานสร้างสรรค์ในรูปแบบดิจิ ทัล และเมื่อใช้ร่วมกับระบบการสื่อสารออนไลน์ ทำให้เกิดแนวทางที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการให้คะแนน การกลั่นกรอง และการพัฒนาวิชาชีพครู โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชนบท

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอน การดำเนินการวิจัยแบ่งตามวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

3.1 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

3.2 การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

3.3 การศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

3.3.1 การเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

3.3.2 การเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

3.3.3 การเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

3.3.4 การเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

3.1 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการทำงานมี 3 ขั้นตอนย่อยคือ 1) ขั้นการสังเคราะห์การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ 2) ขั้นการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และ 3) ขั้นการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ โดยแต่ละขั้นตอนย่อยมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นการสังเคราะห์การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะ

นวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย บทความ แนวคิด ทฤษฎี และวิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิตทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวกับการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน โรงประลองดิจิทัล นวัตกรรมสร้างสรรค์และสมรรถนะนวัตกรรม

2. ขั้นการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาข้อมูลและสังเคราะห์ข้อมูลในด้านต่าง ๆ มาแล้ว ผู้วิจัยทำการสรุปและพัฒนากระบวนการของรูปแบบ

3. ขั้นการประเมิน ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการพัฒนาแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ เป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง มีเหมาะสมมากที่สุด
4 หมายถึง มีเหมาะสมมาก
3 หมายถึง มีเหมาะสมปานกลาง
2 หมายถึง มีเหมาะสมน้อย
1 หมายถึง มีเหมาะสมน้อยที่สุด

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินและนำแบบประเมินให้อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ตรวจสอบ ผู้วิจัยนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ที่มีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่เกี่ยวกับด้านการออกแบบการเรียน ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และความครอบคลุมของคำถามโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ของการวัด (Index of Item Objective Congruence: IOC) ตามสูตรดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC = ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ของการวัด
R = คะแนนรวมจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ
N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญมี 3 ระดับ คือ คะแนน 1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด, คะแนน 0 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด และคะแนน -1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ .05 (IOC ≥ .05) (Rovinelli and Hambleton, 1977) ซึ่งพบว่าแบบประเมินทุกข้อมีค่า IOC = 1.00

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน เป็นผู้ประเมิน

ความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ โดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่เกี่ยวกับด้านการออกแบบการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์แล้ว ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean : $\overline{X}$) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (ประคอง, 2542)

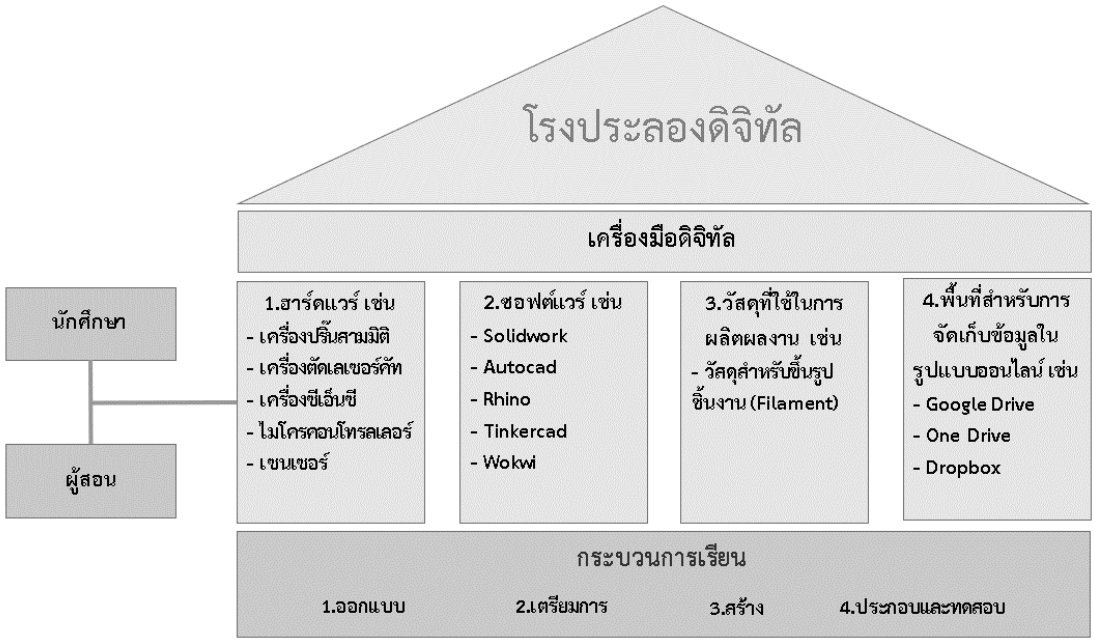
4.51 - 5.00 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.51 - 4.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมาก
2.51 - 3.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.51 - 2.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับน้อย
1.00 - 1.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

3.2 การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นในขั้นตอนที่ 1 มาพัฒนาเป็นระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ โดยผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบตามหลักวงจรการพัฒนาระบบ (Software Development Life Cycle) แบบ Adapted Waterfall เพราะกระบวนการออกแบบระบบ SDLC แบบ Adapted Waterfall นี้จะมีความยืดหยุ่นมาก สามารถปรับปรุง แก้ไขและเพิ่มฟังก์ชั่นหรือโมดูลการทำงานได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับกระบวนการดำเนินงาน ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การวิเคราะห์ (Analysis) 2) ออกแบบระบบ (System Design) 3) การพัฒนาระบบ (System Development) 4) การทดสอบ และ 5) การนำไปใช้ (Imaniawan et al., 2023) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสาร ตำรา งานวิจัย บทความ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวรวมทั้งเครื่องมือที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่สามารถรองรับการพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์เช่น Metaverse

2. การออกแบบระบบ (System Design) เป็นการออกแบบรายละเอียดสถาปัตยกรรม (System Architecture Design) และการทำงานของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ออกแบบสถาปัตยกรรม (System Architecture Design) สถาปัตยกรรมโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ 2.1 ผู้สอนและนักศึกษา 2.2 การจัดการเรียนสอน : การออกแบบ การเตรียมการ การสร้าง และการประกอบและทดสอบ 2.3 เครื่องมือดิจิทัล : ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และด้านวัสดุ 2.4 พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์



ภาพที่ 3-1 แผนผังโรงประลองดิจิทัล

3. การพัฒนา (Development) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยนำผลลัพธ์จากการออกแบบมาพัฒนาระบบตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยผู้วิจัยจะเลือกนำเครื่องมือต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสมและสามารถรองรับการใช้งานหลักของผู้สอนและนักศึกษา เพื่อให้ระบบมีคุณภาพสอดคล้องตามวัตถุประสงค์และกระบวนการของงานวิจัยนี้ โดยในกระบวนการพัฒนานี้ผู้วิจัยได้นำคุณภาพแผนการเรียนการสอน คุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอน คุณภาพสื่อการเรียนการสอน ประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ และแบบการประเมินผลงานสร้างสรรค์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การประเมินคุณภาพแผนการเรียนการสอนของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการพัฒนาแบบประเมินความเหมาะสมของคุณภาพแผนการเรียนการสอนเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด
4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก
3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง
2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย
1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินและนำแบบประเมินให้อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ตรวจสอบ ผู้วิจัยนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบจากอาอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ที่มีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่เกี่ยวกับการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับความตรงตาม

เนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และความครอบคลุมของคำถามโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ของการวัด (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญมี 3 ระดับ คือ คะแนน 1 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด, คะแนน 0 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด และคะแนน -1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ .05 (IOC ≥ .05) (Rovinelli and Hambleton, 1977) ซึ่งพบว่าแบบประเมินทุกข้อมีค่า IOC = 1.00

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน เป็นผู้ประเมินความเหมาะสมของคุณภาพแผนการเรียนการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 3 ปี ที่เกี่ยวกับด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของคุณภาพแผนการเรียนการสอนแล้วผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean : $\overline{X}$) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (ประคอง, 2542) 5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด

4.51 - 5.00 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.51 - 4.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมาก
2.51 - 3.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.51 - 2.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับน้อย
1.00 - 1.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

3.2 การประเมินคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอนของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการพัฒนาแบบประเมินความเหมาะสมของคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอนเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด
4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก
3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง
2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย
1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินและนำแบบประเมินให้อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ตรวจสอบ ผู้วิจัยนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ที่มีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่เกี่ยวกับการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และความ ระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ของการวัด (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญมี 3 ระดับ คือ คะแนน 1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด,

คะแนน 0 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด และคะแนน -1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ .05 (IOC ≥ .05) (Rovinelli and Hambleton, 1977) ซึ่งพบว่าแบบประเมินทุกข้อมีค่า IOC = 1.00

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน เป็นผู้ประเมินความเหมาะสมของคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่เกี่ยวกับด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอนแล้วผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean : $\overline{X}$) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (ประคอง, 2542)

4.51 - 5.00 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.51 - 4.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมาก
2.51 - 3.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.51 - 2.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับน้อย
1.00 - 1.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

3.3 การประเมินความเหมาะสมของคุณภาพสื่อการเรียนการสอนของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการพัฒนาแบบประเมินความเหมาะสมของคุณภาพสื่อการเรียนการสอนเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด
4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก
3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง
2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย
1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินและนำแบบประเมินให้อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ตรวจสอบ ผู้วิจัยนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ที่มีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่เกี่ยวกับการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และความ ระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ของการวัด (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญมี 3 ระดับ คือ คะแนน 1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด, คะแนน 0 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด และคะแนน -1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ .05 (IOC ≥ .05) (Rovinelli and Hambleton, 1977) ซึ่งพบว่าแบบประเมินทุกข้อมีค่า IOC = 0.85 – 1.00

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน เป็นผู้ประเมินความเหมาะสมของคุณภาพสื่อการเรียนการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่เกี่ยวกับด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของคุณภาพเสื่อการเรียนการสอนแล้วผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean : $\overline{X}$) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (ประคอง, 2542)

4.51 - 5.00 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.51 - 4.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมาก
2.51 - 3.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.51 - 2.50 หมายถึงความเหมาะสมระดับน้อย
1.00 - 1.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

3.4 การประเมินความเหมาะสมของประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการพัฒนาแบบประเมินความเหมาะสมของประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์เป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) โดยมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด
4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก
3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง
2 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย
1 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินและนำแบบประเมินให้อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ตรวจสอบ ผู้วิจัยนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ที่มีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่เกี่ยวกับการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และความ ระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ของการวัด (Index of Item Objective Comgruence: IOC) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญมี 3 ระดับ คือ คะแนน 1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด, คะแนน 0 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด และคะแนน -1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ .05 (IOC ≥ .05) (Rovinelli and Hambleton, 1977) ซึ่งพบว่าแบบประเมินทุกข้อมีค่า IOC = 1.00

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน เป็นผู้ประเมินความเหมาะสมของประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริม

สมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์โดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่เกี่ยวกับด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์แล้วผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean : $\overline{X}$) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (ประคอง, 2542)

4.51 - 5.00 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.51 - 4.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมาก
2.51 - 3.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.51 - 2.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับน้อย
1.00 - 1.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

3.5 การประเมินสมรรถนะนวัตกรรม ผู้วิจัยนำแบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรมของโครงการ FINCODA, Turku University of Applied Sciences ซึ่งเป็นแบบประเมินมาตรฐานมาปรับใช้เพื่อประเมินสมรรถนะนวัตกรรมของนักศึกษาจำนวน 22 ข้อ ผู้วิจัยทำการแปล และส่งแบบประเมินให้อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ตรวจสอบ ผู้วิจัยนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา ผู้วิจัยทำการปรับปรุงภาษาและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.6 การประเมินผลงานสร้างสรรค์ เป็นแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคส์ ผู้วิจัยนำแบบประเมินให้อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ตรวจสอบ ผู้วิจัยนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนำเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ที่มีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่เกี่ยวกับการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับความตรงตามเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ตลอดจนความครบถ้วนสมบูรณ์และความครอบคลุมของคำถามโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ของการวัด (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญมี 3 ระดับ คือ คะแนน 1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด, คะแนน 0 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด และคะแนน -1 แสดงว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัด เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ .05 (IOC ≥ .05) (Rovinelli and Hambleton, 1977) ซึ่งพบว่าแบบประเมินทุกข้อมีค่า IOC = 1.00

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน เป็นผู้ประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์โดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติดังนี้ 1) คุณวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาเอก และ 2) มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ที่เกี่ยวกับด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์แล้วผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean : $\overline{X}$) และค่าความเบี่ยงเบน

มาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (ประคอง, 2542)

4.51 - 5.00 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.51 - 4.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับมาก
2.51 - 3.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.51 - 2.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับน้อย
1.00 - 1.50 หมายถึงมีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

4. การทดสอบ (Testing) เป็นขั้นตอนการทดสอบระบบก่อนที่ผู้วิจัยจะนำไปใช้จริง โดยผู้วิจัยเลือกใช้เทคนิคทดสอบกล่องดำ (Black Box Testing) (IRobust, 2021) มาทำการตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ เช่น ฟังก์ชั่นการทำงาน หากพบเจอความผิดพลาด ผู้วิจัยจะทำการแก้ไขปรับปรุงและนำไปทดสอบใช้อีก นอกจากนี้ผู้วิจัยยังทำการทดสอบระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ไปใช้สอนจริงกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ลงทะเบียนเรียนในรายวิชานวัตกรรมในวงการอุตสาหกรรม ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 30 คน โดยผู้สอนจะเป็นผู้จัดกลุ่มการเรียนแบบกลุ่มและเป็นผู้สังเกตการณ์และควบคุมการเรียนการสอนบนระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ จากการทดสอบพบว่านักศึกษาที่เรียนด้วยระบบนี้สามารถศึกษา ถ่ายทอด พูดคุย เสนอความคิดเห็น แชร์ความรู้และแหล่งทรัพยากร สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการทำงาน นำเสนอผลงานตามใบงานรายสัปดาห์ตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมายในแต่ละหัวข้อผ่านสื่อเทคโนโลยีในรูปแบบ Metaverse รวมทั้งนักศึกษายังสามารถนำชิ้นงานรายสัปดาห์ไปประกอบเป็นผลงานสร้างสรรค์ในปลายภาคได้และให้ผู้สอนจำนวน 3 ท่าน ทดลองใช้แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ในการประเมินผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียน พบว่าผลการประเมินผลงานสร้างสรรค์ของอาจารย์ทั้ง 3 ท่านมีสอดล้องกัน (Inter-correlation) = 0.84 แสดงว่าแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์สามารถนำไปใช้งานได้จริง นอกจากนี้ผู้สอนนำแบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรมไปทดลองใช้กับนักศึกษาจำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความเที่ยงด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบราค ซึ่งได้ผลค่าความเที่ยง = 0.93 แสดงว่าแบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรมสามารถนำไปใช้ได้จริง

5. การนำไปใช้ (Implementation) คือการนำระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ประชากร คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

5.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาฝึกปฏิบัติการนวัตกรรมในวงการอุตสาหกรรมจำนวน 50 คน จำนวน 2 ห้อง ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม เพื่อกำหนดกลุ่มนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์จำนวน 25 คน และกลุ่มนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติจำนวน 25 คน ผู้วิจัย

ไม่สามารถกำหนดและแบ่งแยกนักศึกษาในแต่ละห้องเรียนเองได้ เพราะนักศึกษาดำเนินการลงทะเบียนเรียนผ่านระบบ โดยฝ่ายทะเบียนเป็นผู้รับผิดชอบการเปิดจำนวนห้องเรียน จึงเป็นข้อจำกัดของการสุ่มนักศึกษาเข้าห้องเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติมีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 1.62$, $p = 0.113$)

5.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 1 ภาคเรียน คือ ภาคเรียนที่ 1/2565

5.4 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ วิชาฝึกปฏิบัติการนวัตกรรมในวงการอุตสาหกรรม

5.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1. แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ 2. แบบประเมินคุณภาพแผนการเรียนการสอน 3. แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอน 4. แบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน 5. แบบประเมินประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ 6. แบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรมของ FINCODA Project และ 7. แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์

5.6 แบบแผนการทดลอง ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้แบบแผนการทดลอง Pretest Posttest Control Group Design สำหรับการประเมินสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนและใช้แบบแผนการทดลองแบบ Posttest Control Group Design สำหรับประเมินผลงานสร้างสรรค์ เพราะผู้วิจัยจะทำการประเมินผลงานของนักศึกษาที่เกิดจากกระบวนการเรียนได้เท่านั้น ดังตารางที่ 3-1 – 3-2 (Campbell and Stanley, 1963)

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลอง Pretest Posttest Control Group สำหรับการประเมินสมรรถนะนวัตกรรม

กลุ่ม	การประเมินก่อนเรียน	การทดลอง	การประเมินหลังเรียน
E	O_1	X	O_2
C	O_3	-	O_4

E คือ นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

C คือ นักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

X หมายถึง การทดลองด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

O_1 คือ ผลการประเมินสมรรถนะนวัตกรรมก่อนการทดลองของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

O_2 คือ ผลการประเมินสมรรถนะนวัตกรรมหลังการทดลองของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบ

การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

O_3 คือ ผลการประเมินสมรรถนะนวัตกรรมก่อนการทดลองของนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

O_4 คือ ผลการประเมินสมรรถนะนวัตกรรมหลังการทดลองของนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

ตารางที่ 3-2 แบบแผนการทดลอง Posttest Control Group สำหรับการประเมินผลงานสร้างสรรค์

กลุ่ม	การประเมินก่อนเรียน	การทดลอง	การประเมินหลังเรียน
E	-	X	O_5
C	-	-	O_6

E คือ นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

C คือ นักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

X หมายถึง การทดลองด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

O_5 คือ ผลการประเมินสมรรถนะนวัตกรรมหลังการทดลองของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

O_6 คือ ผลการประเมินสมรรถนะนวัตกรรมหลังการทดลองของนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

นอกจากนี้ผู้สอนเป็นผู้จัดกลุ่มให้กับนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ และเรียนด้วยการสอนแบบปกติออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 5 คน แต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยนักศึกษาที่คละความสามารถมี 3 ระดับคือ เก่ง ปานกลางและอ่อน สำหรับการเรียนการสอนและการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มมีความสามารถที่เท่าเทียมกัน

3.3 การศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ทั้งหมด 4 ข้อดังนี้ โดยรายละเอียดทั้งหมดผู้วิจัยได้นำเสนอไว้ที่ผลการวิจัยในบทที่ 4

1. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและ

ผลงานสร้างสรรค์

2. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

3. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

4. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

โดยมีสมมติฐานงานวิจัยดังนี้

1. นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานข้อนี้ใช้สถิติ Dependent t-test ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2. นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

สมมติฐานข้อนี้ใช้สถิติความแปรปรวนตัวแปรพหุนามแบบทางเดียว (One way MANNOVA) ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3. นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

สมมติฐานข้อนี้ใช้สถิติ One Sample t-test ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4. นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

สมมติฐานข้อนี้ใช้สถิติ One Sample t-test ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากที่กล่าวมา ผู้วิจัยสรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัยทั้ง 3 ขั้นตอน ดังแสดงในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	กิจกรรม	ผลการวิจัย
ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์		
ขั้นตอนย่อยที่ 1 ผู้วิจัยทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย บทความ แนวคิด ทฤษฎี และวิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิตทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวกับการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านโรงประลองดิจิทัล นวัตกรรมสร้างสรรค์และสมรรถนะนวัตกรรม	- สังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านโรงประลองดิจิทัลสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์
ขั้นตอนย่อยที่ 2 ผู้วิจัยพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	สร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	
ขั้นตอนย่อยที่ 3 ผู้วิจัยทำประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	
ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์		
ขั้นตอนย่อยที่ 4 ผู้วิจัยนำรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นในขั้นตอนที่ 1 มาพัฒนาเป็นระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	- สร้างระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ - สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของ 1. คุณภาพแผนการเรียนการสอน 2. คุณภาพเนื้อหาการเรียน	ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	กิจกรรม	ผลการวิจัย
	การสอน 3. คุณภาพสื่อการเรียนการสอน 4. ประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ และ 5. แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์	
ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์		
ขั้นตอนย่อยที่ 5 ผู้วิจัยนำระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ไปทดลองใช้	- ประเมินสมรรถนะนวัตกรรมก่อนและหลังเรียน - ประเมินผลงานสร้างสรรค์หลังเรียน	นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ผู้วิจัยได้แบ่งการน่าเสนอผลการศึกษาออกเป็น 3 ตอน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการออกแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

4.2 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

4.3 ผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

4.3.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

4.3.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

4.3.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

4.3.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

โดยแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการออกแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะ

ในตอนนี้เป็นการรายงานผลการวิเคราะห์สังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านเพื่อกำหนดกรอบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน

ตารางที่ 4-1 สังเคราะห์กระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning)

กระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning)	Mezirow (2000)	Brock (2009)	เมธาสิทธ์ (2558)	เยาวลักษณ์ และคณะ (2560)	พิศิษฐ และคณะ (2562)	Beer (2019)	Yıldırım and Yelken (2019)	ณัฐกานต์ และคณะ (2021)	tork et al (2023)
1. การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม (Disorienting Dilemma)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
2. การตรวจสอบตนเอง (Self-Examination)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. เกิดการสำรวจใคร่ครวญอย่างมีวิจารณญาณต่อสมมุติฐานเดิมของตนเอง (A Critical Assessment of Assumptions)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
4. การยอมรับการเปลี่ยนแปลง (Recognizing of a connection between one's discontent and the process of transformation)	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
5. การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง (Exploration of options for new roles, relationships, and actions)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
6. วางแผนการดำเนินการปฏิบัติ (Planning a course of action)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7. การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน (Acquiring knowledge and skills for implementing one's plans)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
8. การทดลองทำตามแผน (Provisional Trying of New Roles)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

กระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning)	Mezirow (2000)	Brock (2009)	เมธาสิทธ์ (2558)	เยาวลักษณ์ และคณะ (2560)	พิศิษฐ และคณะ (2562)	Beer (2019)	Yıldırım and Yelken (2019)	ณัฐกานต์ และคณะ (2021)	tork et al (2023)
9. การสร้างสมรรถนะและความมั่นใจ (Building competence and self-confidence in new roles and relationships)	✓	✓	✓	✓			✓	✓	
10. การบูรณาการความรู้ใหม่ (A Reintegrating into one's life on the basis of condition dictated by one is new perspective)	✓	✓	✓	✓	✓		✓		

จากตารางที่ 4-1 สังเคราะห์กระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative Learning) พบว่า กระบวนการของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านประกอบด้วย 10 ขั้นตอน คือ 1. การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม (Disorienting Dilemma) 2. การตรวจสอบตนเอง (Self-Examination) 3. การประเมินสมมติฐานเดิม (A Critical Assessment of Assumptions) 4. การยอมรับการเปลี่ยนแปลง (A Recognizing of a connection between one's discontent and the process of transformation) 5. การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง (Exploration of options for new roles, relationships, and actions) 6. การวางแผนการปฏิบัติงาน (Planning a course of action) 7. การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน (Acquiring knowledge and skills for implementing one's plans) 8. การทดลองทำตามแผน (Provisional Trying of New Roles) 9. การสร้างสมรรถนะและความมั่นใจ (Building competence and self-confidence in new roles and relationships) และ10. การบูรณาการความรู้ใหม่ (A Reintegrating into one's life on the basis of condition dictated by one is new perspective) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. การเผชิญกับสถานการณ์ที่ต่างจากมุมมองเดิม (Disorienting Dilemma) เมื่อบุคคลต้องเผชิญกับประสบการณ์ที่เบี่ยงเบนไปจากมุมมองเดิมของตนเองในอดีต เช่น ความเชื่อ ค่านิยม ข้อสันนิษฐาน ทำให้บุคคลเกิดความสับสนและพยายามในการปรับตัว

2. การตรวจสอบตนเอง (Self-Examination) จากการที่บุคคลได้พบสถานการณ์ที่ทำให้เกิดความสับสนจากขั้นตอนที่ 1 มีผลทำให้บุคคลต้องตรวจสอบความรู้สึกของตนเองเช่น ความรู้สึกกลัว ความรู้สึกโกรธ ความรู้สึกผิด เป็นต้นจากสถานการณ์ดังกล่าว

3. การประเมินสมมติฐานเดิม (A Critical Assessment of Assumptions) เป็นขั้นตอนที่บุคคลจะวิเคราะห์ พิจารณาและตรวจสอบเกี่ยวกับสมมติฐานที่มาจากมุมมองเดิมของตนเองในอดีตในเชิงความจริง เชิงสังคมวัฒนธรรม หรือเชิงจิตใจ

4. การยอมรับการเปลี่ยนแปลง (Recognizing of a connection between one's discontent and the process of transformation) ในขั้นตอนนี้บุคคลจะมีการสื่อสารและแลกเปลี่ยนอย่างมีเหตุผลกับบุคคลอื่นๆเพื่อแลกเปลี่ยนมุมมอง ซึ่งจะช่วยให้ตนเองได้เรียนรู้มุมมองของบุคคลอื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้แก้ไขสถานการณ์ที่ทำให้ตนเองเกิดความสับสนได้ จนเกิดการยอมรับและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมุมมองเดิมซึ่งมีผลต่อการสร้างกรอบแนวคิดใหม่

5. การค้นหาทางเลือกใหม่ด้วยตัวเอง (Exploration of options for new roles, relationships, and actions) หลังจากที่บุคคลได้เปลี่ยนแปลงมุมมองเดิม ตลอดจนสร้างกรอบแนวคิดใหม่แล้วบุคคลจะเริ่มสำรวจทางเลือกใหม่ที่เป็นได้เกี่ยวกับด้านบทบาท ความสัมพันธ์ และพฤติกรรม

6. การวางแผนการปฏิบัติงาน (Planning a course of action) ในขั้นตอนนี้บุคคลดำเนินการวางแผนที่มีความยืดหยุ่นเพื่อนำไปสู่บทบาท ความสัมพันธ์ และพฤติกรรมใหม่

7. การหาความรู้และทักษะที่จำเป็นตามแผน (Acquiring knowledge and skills for implementing one's plans) ในขั้นตอนนี้บุคคลแสวงหาความรู้และพัฒนาทักษะที่จำเป็นเพื่อให้สามารถดำเนินการตามแผนการปฏิบัติงานที่ได้วางไว้

8. การทดลองทำตามแผน (Provisional Trying of New Roles) เป็นขั้นตอนที่บุคคลนำความรู้และทักษะไปใช้ในการปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้

9. การสร้างสมรรถนะและความมั่นใจ (Building competence and self-confidence in new roles and relationships) จากการที่บุคคลได้ปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้ซึ่งเป็นการเพิ่มพูนความสามารถและสร้างความเชื่อมั่นให้กับตนเอง

10. การบูรณาการความรู้ใหม่ (A Reintegrating into one's life on the basis of condition dictated by one is new perspective) เป็นการบูรณาการมุมมองใหม่ที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านไปสู่วิถีการดำเนินชีวิต

จากการสังเคราะห์พบว่าการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน จึงทำให้ผู้วิจัยทำการจัดกลุ่มขั้นตอนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านเป็น 5 ขั้นตอนใหม่ ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Learning Change : TL1) ขั้นตอนที่ 2 การหากรอบแนวคิดใหม่ (Find a new conceptual framework : TL2) ขั้นตอนที่3 การวางแผนการปฏิบัติใหม่ (New Planning : TL3) ขั้นตอนที่ 4 การทดลอง (Testing : TL4) และขั้นตอนที่ 5 การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (Integrating new Competency and Perspectives : TL5)

ผู้วิจัยได้ทำการบูรณาการกระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านใหม่ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้ และตามภาพที่ 4-1

1) การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Learning Change : TL1) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือ

1.1) การตรวจสอบตนเอง (Self-Examination: TL1.1)

ในขั้นตอนแรกของกระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านใหม่ เกิดจากการที่นักศึกษาพบว่ามุมมองเดิมของตนเองไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วจากเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในชีวิตประจำวันและชีวิตการทำงาน จนทำให้นักศึกษาเกิดความสับสน และเกิดความรู้สึกต่าง ๆ เช่น ความรู้สึกกลัว ความรู้สึกโกรธ ความรู้สึกผิด เป็นต้น โดยในขั้นตอนย่อยนี้มีเป้าหมายเพื่อให้นักศึกษามีการตรวจสอบมุมมองตนเองที่ไม่ทันสมัยแล้วเกิดความรู้สึกต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความต้องการหาคำตอบให้กับตนเอง

1.2) การยอมรับการเปลี่ยนแปลง (Acceptance of Change : TL1.2)

เมื่อนักศึกษาเกิดความสับสนในตนเองแล้ว นักศึกษาจะทำการตรวจสอบมุมมองเดิมของตนเองเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลด้วยการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับบุคคลอื่น ๆ เพื่อสร้างกรอบของมุมมองใหม่เกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ให้ตนเอง ทำให้ตนเองมีข้อมูลที่สามารถนำมาใช้แก้ไขสถานการณ์ที่ทำให้เกิดความสับสนได้ จนทำให้เกิดการยอมรับและนำไปสู่การเปลี่ยนมุมมองใหม่จนนำไปสู่การสร้างกรอบแนวคิดใหม่ โดยในขั้นตอนย่อยนี้มีเป้าหมายเพื่อให้นักศึกษายอมรับการเปลี่ยนแปลงและสร้างกรอบแนวคิดใหม่

2) การหากรอบแนวคิดใหม่ (Find a new conceptual framework : TL2)

หลังจากที่นักศึกษาสามารถสร้างกรอบแนวคิดใหม่ได้แล้ว นักศึกษาทำการสำรวจทางเลือกใหม่เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ที่ตนเองประสบ ไม่ว่าจะเป็นวิธีและขั้นตอนการใช้งานจนได้ข้อสรุปของทางเลือกใหม่ โดยในขั้นตอนย่อยนี้ทำให้นักศึกษาสามารถนำเสนอแนวคิดใหม่หรือทางเลือกใหม่ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ได้

3) การวางแผนการปฏิบัติใหม่ (New Planning : TL3)

เมื่อนักศึกษาสามารถสรุปทางเลือกใหม่ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ที่ตนเองประสบได้แล้ว นักศึกษาดำเนินการวางแผนปฏิบัติการว่าจะต้องใช้ทรัพยากรอะไรบ้างในการแก้ปัญหาดังกล่าว ไม่ว่าจะเป็นความรู้ หรือทักษะ เครื่องมือ อุปกรณ์ เป็นต้น โดยการวางแผนนี้ต้องเป็นแผนที่มีความยืดหยุ่นเพื่อรองรับความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้ รวมทั้งแสวงหาความรู้หรือทักษะต่าง ๆ เกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ที่ตนเองไม่มี เพื่อให้ตนเองมีความรู้หรือทักษะต่างๆ เพิ่มขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับแผนปฏิบัติการที่ตนเองได้วางไว้ โดยในขั้นตอนนี้จะทำให้นักศึกษาสามารถวางแผนการหาทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับแผนปฏิบัติการ และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4) การทดลอง (Testing : TL4)

หลังจากที่นักศึกษาได้วางแผนและแสวงหาความรู้ หรือทักษะต่างๆ ไว้เรียบร้อยแล้ว ต่อไปเป็นกระบวนการทดลองทำตามแผนที่ได้วางไว้ในแต่ละขั้นตอน โดยนักศึกษาใช้ความรู้และทักษะที่มีในการทดลองและพัฒนาผลงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญต่างสาขาได้

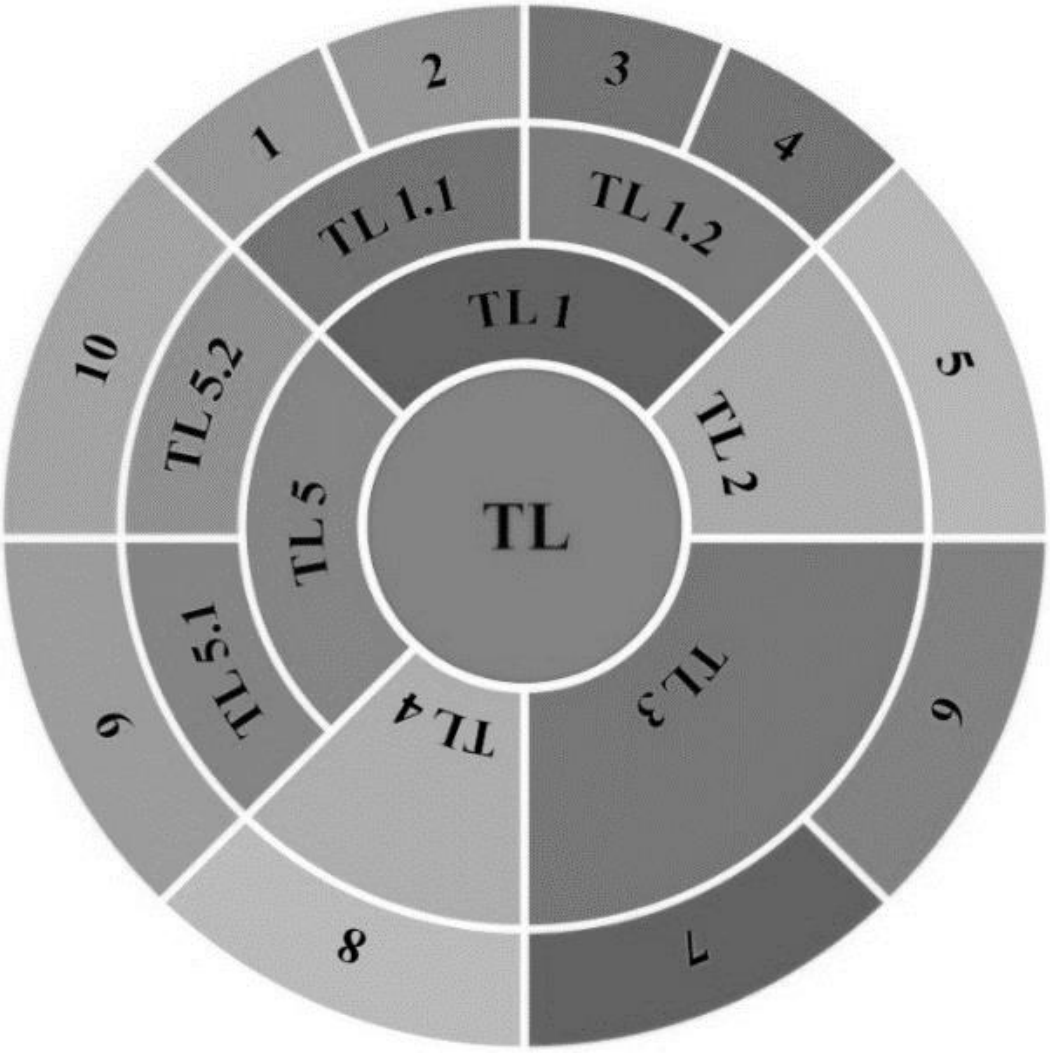
5) การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (Integrating new Competency and Perspectives : TL5) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือ

5.1) การสร้างสมรรถนะใหม่ (New Competency : TL5.1)

เมื่อนักศึกษาได้ปฏิบัติตามแผนที่วางไว้จนสำเร็จแล้ว จะส่งผลให้ตนเองได้ใช้ความรู้หรือทักษะต่าง ๆ จนเกิดความชำนาญ ทำให้นักศึกษามีสมรรถนะใหม่และมีความมั่นใจในตนเอง

5.2) การเกิดมุมมองใหม่ (New Perspectives : TL5.2)

หลังจากที่นักศึกษาเกิดสมรรถนะใหม่และมีความมั่นใจในตนเองแล้ว จะทำให้สามารถนำเอาประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยมุมมองใหม่ไปใช้บูรณาการกับสิ่งใหม่ ๆ เพื่อให้เกิดมุมมองที่แตกต่างไปจากเดิมและสามารถนำเสนอแนวคิดใหม่ จัดการกับข้อขัดแย้งใหม่ได้ รวมทั้งสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญต่างสาขาได้



ภาพที่ 4-1 กระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์สังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการของโรงประลองดิจิทัลเพื่อกำหนดกรอบของโรงประลองดิจิทัล

ตารางที่ 4-2 สังเคราะห์กระบวนการของโรงประลองดิจิทัล (Digital Fabrication Laboratory)

กระบวนการของโรงประลองดิจิทัล	**Lewis and Clark (2017)**	**Hamid et al. (2018)**	**Lorenzo et al. (2018)**	**Lee et al. (2019)**	**Putro and Wirasmoyo (2019)**	**Soomro and Georgiev (2020)**	**Yuan et al. (2020)**	**Formlabs (2022)**
1. การออกแบบ (Design)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. การเตรียมการ (Prepare)		✓	✓		✓	✓		✓
3. การสร้างผลงาน (Fabricate)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation)	✓	✓	✓	✓			✓	

จากตารางที่ 4-2 ผู้วิจัยเลือกใช้กระบวนการของโรงประลองดิจิทัลทั้ง 4 กระบวนการ คือ 1. การออกแบบ (Design : DF1) 2. การเตรียมการ (Prepare : DF2) 3. การสร้างผลงาน (Fabricate : DF3) และ 4. การประกอบและติดตั้ง (Assembly and Installation : DF4)

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์สังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล

ตารางที่ 4-3 สังเคราะห์เครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล (Digital Fabrication Laboratory)

เครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล	**Karatepe et al. (2010)**	**Gadjanski et al. (2015)**	**Poustinchi (2018)**	**Soulaf et al. (2016)**	**Cornetta et al. (2019)**	**Lorenzo et al. (2019)**	**Yildirim et al. (2020)**	**Soomro et al. (2021)**
1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware)	✓	✓	✓		✓		✓	
2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and simulator tools online)			✓	✓	✓	✓		

จากตารางที่ 4-3 ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลทั้ง 4 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material) และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and simulator tools online)

ผู้วิจัยแสดงความสัมพันธ์ของการใช้เครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลในแต่ละกระบวนการของโรงประลองดิจิทัล

ตารางที่ 4-4 การใช้เครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลในแต่ละกระบวนการของโรงประลองดิจิทัล

กระบวนการของโรงประลองดิจิทัล	**เครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล**			
	ด้านฮาร์ดแวร์	**ด้านซอฟต์แวร์**	**ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน**	**พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์**
1. การออกแบบ	✓	✓		
2. การเตรียมการ	✓	✓	✓	✓
3. การสร้างผลงาน	✓	✓	✓	
4. การประกอบและการติดตั้ง	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 4-4 ผู้วิจัยสรุปกระบวนการของโรงประลองดิจิทัลและการใช้เครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลในแต่ละกระบวนการโดยมีรายละเอียดดังนี้ และตามภาพที่ 4-2

1. การออกแบบ (Design : DF1) ในกระบวนการนี้กลุ่มนักศึกษาต้องศึกษาเรียนรู้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ของผลงานสร้างสรรค์ผ่านเครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์ เป็นต้น และด้านซอฟต์แวร์ เช่น โปรแกรม Solidwork, โปรแกรม Tinkercad เป็นต้น โดยกลุ่มนักศึกษาจะทำการวางแผนแต่ละขั้นตอนและเลือกแผนงานที่สามารถทำได้จริงในแต่ละขั้นตอน

2. การเตรียมการ (Prepare : DF2) ในกระบวนการนี้กลุ่มนักศึกษาดำเนินการเตรียมความพร้อมของเครื่องมือ 4 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ กลุ่มนักศึกษาต้องทำการจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น Bread board, สายไฟ, 3D printing, CNC, Lasercut เป็นต้น ให้เพียงพอต่อการใช้งาน 2. ด้านซอฟต์แวร์ กลุ่มนักศึกษาต้องจัดหา ติดตั้งและทดสอบโปรแกรมต่าง ๆ เช่น Solidwork, Autocad, Rhino,Tinkercad, Wokwi เป็นต้น ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลงานสร้างสรรค์ 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน กลุ่มนักศึกษาจัดหาวัสดุและชนิดของวัสดุให้มีจำนวนเพียงพอในการผลิตผลงานสร้างสรรค์ เช่น วัสดุสำหรับขึ้นรูปชิ้นงาน (Filament) และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ เช่น Google Drive, One Drive, Dropbox เป็นต้น นอกจากนี้กลุ่มนักศึกษาจำเป็นต้องเรียนรู้การใช้งานอุปกรณ์และโปรแกรมพร้อมทั้งฝึกปฏิบัติจนเกิดทักษะเพื่อใช้ในการผลิตผลงานสร้างสรรค์

3. การสร้างผลงาน (Fabricate : DF3) ในกระบวนการนี้กลุ่มนักศึกษาดำเนินการสร้างผลงาน

สร้างสรรค์โดยทำการสร้างองค์ประกอบของชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้ผ่านเครื่องมือจากโปรแกรม 3 มิติ เช่น Solid work จากนั้นทำการผลิตชิ้นงานจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงานด้วยเครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ คือ เครื่อง 3D Printing

4. การประกอบและติดตั้ง (Assembly and Installation : DF4) ในกระบวนการนี้กลุ่มนักศึกษาดำเนินนำชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการผลิตมาประกอบเป็นโครงสร้างของผลงานสร้างสรรค์ และนำเครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาติดตั้งเข้ากับโครงสร้างของผลงานสร้างสรรค์เพื่อควบคุมการทำงานตามฟังก์ชันต่าง ๆ ของผลงานสร้างสรรค์ที่ออกแบบไว้ จากนั้นกลุ่มนักศึกษาดำเนินการทดสอบการทำงานของผลงานสร้างสรรค์ ถ้าผลงานสร้างสรรค์ไม่สามารถทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ กลุ่มนักศึกษาทำการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันจนได้ข้อสรุปแล้วนำไปแก้ไขผลงานสร้างสรรค์จนสำเร็จ ซึ่งจะทำให้กลุ่มนักศึกษาเกิดความมั่นใจในตนเอง และสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้สร้างผลงานสร้างสรรค์อื่น ๆ ต่อไป กระบวนการและเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล นำเสนอดังภาพที่ 4-2

ภาพที่ 4-2 กระบวนการและเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	**ผลการประเมิน**		
	$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับความเหมาะสม**
1. แนวคิดหรือทฤษฎีที่ใช้ในการสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์			
1.1 การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (TL)	4.86	0.38	มากที่สุด
1.2 โรงประลองดิจิทัล (DF)	4.71	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.79	0.27	มากที่สุด
2. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์			
2.1 ปัจจัยนำเข้า (Input)			
2.1.1 วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล	4.86	0.38	มากที่สุด
2.1.2 อาจารย์	4.71	0.49	มากที่สุด
2.1.3 นักศึกษา	4.57	0.53	มากที่สุด
2.1.4 สภาพแวดล้อมการเรียนบน Metaverse	4.86	0.38	มากที่สุด
2.1.5 อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์	4.72	0.48	มากที่สุด
2.1.6 อุปกรณ์ด้านซอฟต์แวร์	4.71	0.49	มากที่สุด
2.1.7 เนื้อหาสาระ	4.73	0.47	มากที่สุด
2.1.8 แผนการสอน	5.00	0.00	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.77**	**0.13**	**มากที่สุด**
2.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ (Learning Process)			
2.2.1 ขั้นเตรียมการก่อนการสอน			
2.2.1.1 การจัดกลุ่มนักศึกษา	4.71	0.49	มากที่สุด
2.2.1.2 การปฐมนิเทศ	4.14	0.38	มาก
2.2.1.3 การลงทะเบียนนักศึกษาในระบบการเรียนรู้	4.29	0.49	มาก
2.2.1.4 การประเมินสมรรถนะนวัตกรรมของนักศึกษาก่อนเรียน	4.29	0.49	มาก
เฉลี่ย	**4.34**	**0.47**	**มาก**

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
2.2.2 ขั้นการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล			
2.2.2.1 ขั้นตอนที่ 1 การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (TL1) และขั้นตอนที่ 2 การหากรอบแนวคิดใหม่ (TL2) มีความสอดคล้องกับขั้นตอนการออกแบบ (DF1)	4.86	0.38	มากที่สุด
2.2.2.2 ขั้นตอนที่ 3 การวางแผนการปฏิบัติใหม่ (TL3) มีความสอดคล้องกับขั้นตอนการเตรียมการ (DF2)	4.71	0.49	มากที่สุด
2.2.2.3 ขั้นตอนที่ 4 การทดลอง (TL4) มีความสอดคล้องกับขั้นตอนการสร้างผลงาน (DF3)	4.57	0.53	มากที่สุด
2.2.2.4 ขั้นตอนที่ 5 การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (TL5) มีความสอดคล้องกับขั้นตอนการประกอบและการติดตั้ง (DF4)	4.85	0.37	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.75**	**0.14**	**มากที่สุด**
2.2.3 การประเมินผล			
2.2.3.1 การประเมินสมรรถนะนวัตกรรม	4.87	0.38	มากที่สุด
2.2.3.2 การประเมินผลงานสร้างสรรค์	4.74	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.77**	**0.28**	**มากที่สุด**
2.3 ผลผลิต (Output)			
2.3.1 สมรรถนะนวัตกรรม	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3.2 ผลงานสร้างสรรค์	4.86	0.37	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.93**	**0.19**	**มากที่สุด**
2.4 ข้อมูลป้อนกลับ (Feedback)			
2.4.1 ผลการประเมินสมรรถนะนวัตกรรมบรรลุตามวัตถุประสงค์	4.57	0.38	มากที่สุด
2.4.2 ผลการประเมินผลงานสร้างสรรค์บรรลุตามวัตถุประสงค์	4.73	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.79**	**0.27**	**มากที่สุด**

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
เฉลี่ยรวม	**4.72**	**0.28**	**มากที่สุด**
3. การจัดลำดับองค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความชัดเจนและต่อเนื่อง	4.57	0.53	มากที่สุด
4. ทุกองค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์สอดคล้องซึ่งกันและกัน	4.57	0.53	มากที่สุด
5. การเรียบเรียงลำดับขององค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสมสามารถเข้าใจได้ง่าย	4.71	0.49	มากที่สุด
6. ภาพรวมขององค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความสมบูรณ์ เหมาะสมตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4.57	0.53	มากที่สุด
7. รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรม	4.86	0.38	มากที่สุด
8. รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์	4.57	0.53	มากที่สุด
9. รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมี ความเป็นไปได้ในการนำไปทดลองใช้	4.71	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	**4.64**	**0.47**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4-5 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีรายการประเมินดังนี้ 1) แนวคิดหรือทฤษฎีที่ใช้ในการสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.79, S.D. = 0.27) 2) องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.72, S.D. = 0.28) 3) การจัดลำดับองค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความชัดเจนและต่อเนื่อง โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.53) 4) ทุกองค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.53) 5) การเรียบเรียงลำดับขององค์ประกอบรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสม สามารถเข้าใจได้ง่ายโดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.71, S.D. = 0.49) 6) ภาพรวมขององค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความสมบูรณ์เหมาะสมตามและตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.53) 7) รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรม โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.86, S.D. = 0.38) 8) รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.53) และ 9) รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความเป็นไปได้ในการนำไปทดลองใช้ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.71, S.D. = 0.49) และรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.64, S.D. = 0.47) แสดงว่าผู้วิจัยสามารถนำรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ไปใช้ในกระบวนการต่อไปได้

4.2 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

ผู้วิจัยนำเสนอผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพแผนการเรียนการสอน คุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอน คุณภาพสื่อการเรียนการสอน ประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบ

เปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพแผนการเรียนการสอน

ตารางที่ 4-6 ผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพแผนการเรียนการสอนของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	**ผลการประเมิน**		
	$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับความเหมาะสม**
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสมและมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน	4.41	0.48	มาก
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	4.54	0.46	มากที่สุด
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนสัมพันธ์กัน	4.45	0.43	มาก
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	4.43	0.44	มาก
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4.51	0.47	มากที่สุด
6. จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักศึกษาด้านความรู้ทักษะกระบวนการและเจตคติ	4.56	0.50	มากที่สุด
7. จุดประสงค์การเรียนรู้เรียงลำดับพฤติกรรมจากง่ายไปยาก	4.55	0.47	มากที่สุด
8. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	4.48	0.47	มาก
9. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	4.52	0.45	มากที่สุด
10. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักศึกษา	4.53	0.48	มากที่สุด
11. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง	4.56	0.44	มากที่สุด
12. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดสร้างสรรค์	4.55	0.47	มากที่สุด
13. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดผลงานสร้างสรรค์	4.58	0.49	มากที่สุด

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
14. กิจกรรมเน้นให้นักศึกษาเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	4.57	0.43	มากที่สุด
15. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.54	0.51	มากที่สุด
16. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	4.52	0.48	มากที่สุด
17. นักศึกษาได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.57	0.45	มากที่สุด
18. นักศึกษาสร้างชิ้นงานที่ได้ใช้ความรู้ ความคิดสร้างสรรค์มากกว่าการทำตามที่ผู้สอนกำหนด	4.54	0.48	มากที่สุด
19. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.52	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	**4.52**	**0.47**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพแผนการเรียนการสอนของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, S.D. = 0.47)

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอน

ตารางที่ 4-7 ผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอนของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านแผนการจัดการเรียนรู้			
1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ออกแบบตรงตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา	4.29	0.48	มาก
1.2 องค์ประกอบมีความชัดเจน ครบถ้วนเพียงพอ	4.29	0.49	มาก
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัด	4.29	0.47	มาก

ตารางที่ 4-7 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.4 สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.57	0.43	มากที่สุด
1.5 เนื้อหาเหมาะสมกับวัยและความสนใจของนักศึกษา	4.63	0.52	มากที่สุด
1.6 จำนวนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	4.68	0.46	มากที่สุด
1.7 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์และสาระการเรียนรู้	4.57	0.52	มากที่สุด
1.8 กิจกรรมมีความหลากหลาย	4.48	0.52	มาก
1.9 กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นให้นักศึกษาเกิดสมรรถนะนวัตกรรม	4.71	0.46	มากที่สุด
1.10 ข้อปฏิบัติในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เข้าใจง่าย ชัดเจน	4.57	0.53	มากที่สุด
1.11 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสมต่อการเรียนในเนื้อหาแต่ละชุดกิจกรรม	4.29	0.49	มาก
เฉลี่ย	**4.49**	**0.49**	**มาก**
2. ด้านสื่อการเรียนรู้			
2.1 การใช้ภาษามีความถูกต้อง ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.29	0.49	มาก
2.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.43	0.53	มาก
2.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.57	0.53	มากที่สุด
2.4 เหมาะสมกับนักศึกษา	4.71	0.49	มากที่สุด
2.5 ช่วยให้นักศึกษาเข้าใจ เกิดความคิดรวบยอดและสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง	4.57	0.53	มากที่สุด
2.6 ช่วยให้นักศึกษารู้วิธีการใช้สื่อและแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม	4.86	0.38	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.57**	**0.49**	**มากที่สุด**
3. ด้านการประเมิน			
3.1 วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้	4.29	0.49	มาก
3.2 แบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรมมีความเหมาะสม	4.57	0.43	มากที่สุด

ตารางที่ 4-7 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
3.3 แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสม	4.63	0.52	มากที่สุด
3.4 เกณฑ์ที่ใช้วัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.68	0.46	มากที่สุด
3.5 วัดและประเมินผลเน้นการประเมินตามสภาพจริง	4.57	0.52	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.55**	**0.48**	**มากที่สุด**
เฉลี่ยรวม	**4.54**	**0.49**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4-7 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอนของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ มีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.54, S.D. = 0.49) ซึ่งมีรายการประเมินดังนี้ 1) ด้านแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.49, S.D. = 0.49) 2) ด้านสื่อการเรียนรู้ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.49) และ 3) ด้านการประเมินโดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.55, S.D. = 0.48)

3. ผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพสื่อการเรียนการสอน

ตารางที่ 4-8 ผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพสื่อการเรียนการสอนของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านตัวอักษร (Text)			
1.1 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้อ่านง่ายและชัดเจน	4.47	0.53	มาก
1.2 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้สวยงาม	4.56	0.44	มากที่สุด
1.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษรและสีของพื้นหลัง	4.60	0.49	มากที่สุด
1.4 ความเหมาะสมของการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่ละกรอบ	4.57	0.49	มากที่สุด
1.5 ความถูกต้องของข้อความตามหลักภาษา	4.46	0.38	มาก

ตารางที่ 4-8 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
เฉลี่ย	**4.53**	**0.47**	**มากที่สุด**
2. ด้านภาพนิ่ง (Image)			
2.1 ขนาดของภาพที่ใช้เหมาะสม	4.43	0.53	มาก
2.2 สีและความชัดเจนของภาพที่ใช้	4.57	0.47	มากที่สุด
2.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในการสื่อความหมาย	4.31	0.49	มาก
2.4 ความสมดุลของการจัดวางภาพในแต่ละกรอบ	4.57	0.52	มากที่สุด
2.5 ความเหมาะสมของจำนวนภาพ	4.56	0.38	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.49**	**0.48**	**มาก**
3. ด้านวีดีโอ (Video)			
3.1 ขนาดของวิดีโอที่ใช้เหมาะสม	4.43	0.56	มาก
3.2 ความชัดเจนของวิดีโอที่ใช้	4.29	0.43	มาก
3.3 ความเหมาะสมของวิดีโอที่ใช้ในการสื่อความหมาย	4.61	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.44**	**0.48**	**มาก**
4. ด้านเสียง (Audio)			
4.1 ระดับความดังของเสียงสม่ำเสมอ	4.53	0.48	มากที่สุด
4.2 ความชัดเจนของเสียงที่อธิบาย	4.55	0.53	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.54**	**0.51**	**มากที่สุด**
5. ด้านปฏิสัมพันธ์ (Interaction)			
5.1 เปิดโอกาสให้นักศึกษาโต้ตอบกับบทเรียน	4.43	0.53	มาก
5.2 การควบคุมบทเรียนทำได้ง่ายและสะดวก	4.55	0.52	มากที่สุด
5.3 ความเหมาะสมของการเชื่อมโยงเนื้อหาภายในหน่วยการเรียน	4.70	0.49	มากที่สุด
5.4 ความเหมาะสมของการเชื่อมโยงระหว่างบทเรียนแต่ละหน่วยการเรียน	4.57	0.34	มากที่สุด
5.5 ความเหมาะสมของการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเสริมแรง	4.37	0.48	มาก
เฉลี่ย	**4.52**	**0.47**	**มากที่สุด**

ตารางที่ 4-8 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
6. ด้านอื่น ๆ			
6.1 ความเหมาะสมของการผสมผสานสื่อประเภทข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวและเสียงในบทเรียน	4.44	0.42	มาก
เฉลี่ยรวม	**4.51**	**0.48**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินความเหมาะสมของคุณภาพสื่อการเรียนการสอนสำหรับระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.48) ซึ่งมีรายการประเมินดังนี้ 1) ด้านตัวอักษร โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.53, S.D. = 0.47) 2) ด้านภาพนิ่ง โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.49, S.D. = 0.48) 3) ด้านวิดีโอ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.44, S.D. = 0.48) 4) ด้านเสียง โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.54, S.D. = 0.51) 5) ด้านปฏิสัมพันธ์ (Interaction) โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, S.D. = 0.47) และ 6) ด้านอื่น ๆ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.44, S.D. = 0.42)

4) ผลการประเมินความเหมาะสมของประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

ตารางที่ 4-9 ผลการประเมินความเหมาะสมของประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ			
1.1 ความสามารถของระบบในส่วนการออกแบบหน้าจอ	4.53	0.48	มากที่สุด
1.2 ความสามารถของระบบในส่วนการแสดงข้อมูล รายงานผล	4.42	0.43	มาก
1.3 ความสามารถของระบบในส่วนแสดงเนื้อหาของบทเรียน	4.60	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.52**	**0.45**	**มากที่สุด**

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
2. ด้านฟังก์ชั่นการทำงาน			
2.1 การตรวจสอบสิทธิ์ การใช้งานเข้าสู่บทเรียน	4.52	0.45	มากที่สุด
2.2 แบ่งกลุ่มนักศึกษาบนระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล	4.53	0.51	มากที่สุด
2.3 ใช้เครื่องมือบนคลาวด์ ออกแบบและสร้างผลงานสร้างสรรค์	4.52	0.44	มากที่สุด
2.4 รายงานผลคะแนน แบบฝึกหัด ใบงาน สมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	4.54	0.49	มากที่สุด
2.5 การเข้าถึงเนื้อหาแต่ละบทเรียนมีความต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น	4.43	0.44	มาก
2.6 การทำกิจกรรม แบบฝึกหัด ใบงาน มีความต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น	4.48	0.47	มาก
2.7 การใช้เครื่องมือสร้าง แก้ไข ปรับปรุงเนื้อหาบทเรียน แบบฝึกหัดและใบงาน	4.54	0.48	มากที่สุด
2.8 การติดต่อสื่อสารผ่านทางสังคมคลาวด์ระหว่างนักศึกษากับผู้สอนและนักศึกษากับนักศึกษา	4.56	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.52**	**0.47**	**มากที่สุด**
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ			
3.1 เครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล	4.56	0.48	มากที่สุด
3.2 เครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับการติดต่อสื่อสาร	4.54	0.47	มากที่สุด
3.3 เครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับบทเรียน	4.52	0.44	มากที่สุด
3.4 เครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับทำกิจกรรม	4.60	0.50	มากที่สุด
3.5 เครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับวัดประเมินผล	4.52	0.47	มากที่สุด
เฉลี่ย	**4.53**	**0.47**	**มากที่สุด**
เฉลี่ยรวม	**4.52**	**0.47**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4-9 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินความเหมาะสมของประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

มีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.47) ซึ่งมีรายการประเมินดังนี้ 1) ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.45) 2) ด้านฟังก์ชั่นการทำงานมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.47) และ 3) ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบมีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.53, S.D. = 0.47)

5. ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์

ตารางที่ 4-10 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				ผลการประเมิน		
	3	2	1	0	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลงาน	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลงาน 3 ชนิด	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลงาน 2 ชนิด	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลงาน 3 ชนิด	คุณภาพของผลงานไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ด้านเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลงาน	4.68	0.42	มากที่สุด
2. คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน 3 ชนิด	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน 2 ชนิด	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน 1 ชนิด	คุณภาพของผลงานไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ด้านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน	4.48	0.52	มาก
3. คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการออกแบบ	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการออกแบบ 3 ฟังก์ชัน	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการออกแบบ 2 ฟังก์ชัน	คุณภาพของผลงานสอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการออกแบบ 1 ฟังก์ชัน	คุณภาพของผลงานไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ด้านการออกแบบ	4.73	0.51	มากที่สุด
4. ผลงานมีเอกลักษณ์	ผลงานมีจุดเด่น 3 จุด	ผลงานมีจุดเด่น 2 จุด	ผลงานมีจุดเด่น 1 จุด	ผลงานไม่มีจุดเด่น	4.57	0.52	มากที่สุด
5. การมีความคิดริเริ่มใหม่ในการสร้างผลงาน	มีความคิดริเริ่มใหม่ในการสร้างผลงาน 3 จุด	มีความคิดริเริ่มใหม่ในการสร้างผลงาน 2 จุด	มีความคิดริเริ่มใหม่ในการสร้างผลงาน 1 จุด	ไม่มีความคิดริเริ่มใหม่ในการสร้างผลงาน	4.52	0.49	มากที่สุด

ตารางที่ 4-10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				ผลการประเมิน		
	3	2	1	0	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
6. ผลงานสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้	ผลงานสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ 3 ข้อ	ผลงานสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ 2 ข้อ	ผลงานสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ 1 ข้อ	ผลงานไม่สามารถแก้ปัญหาที่กำหนดไว้	4.71	0.46	มากที่สุด
7. ผลงานมีความความปราณีตและความสวยงาม	ผลงานมีความเรียบร้อย 3 จุด	ผลงานมีความเรียบร้อย 2 จุด	ผลงานมีความเรียบร้อย 1 จุด	ผลงานไม่มีความเรียบร้อย	4.57	0.53	มากที่สุด
8. ผลงานมีความแข็งแรง	ผลงานมีความแข็งแรง 3 จุด	ผลงานมีความแข็งแรง 2 จุด	ผลงานมีความแข็งแรง 1 จุด	ผลงานไม่มีความแข็งแรง	4.72	0.42	มากที่สุด
9. ผลงานมีเสถียรภาพในการใช้งาน	ผลประเมินการทดสอบผลงานผ่าน 3 ครั้ง	ผลประเมินการทดสอบผลงานผ่าน 2 ครั้ง	ผลประเมินการทดสอบผลงานผ่าน 1 ครั้ง	ผลประเมินการทดสอบผลงานไม่ผ่าน	4.54	0.42	มากที่สุด
10. ผลงานมีความปลอดภัย	ผลงานมีความปลอดภัยตั้งแต่ 3 จุด ขึ้นไป	ผลงานมีความปลอดภัยตั้งแต่ 2 จุด ขึ้นไป	ผลงานมีความปลอดภัยตั้งแต่ 1จุด ขึ้นไป	ผลงานไม่มีความปลอดภัย	4.58	0.47	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม					**4.61**	**0.47**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4-10 แสดงให้เห็นว่าแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.61, S.D. = 0.47)

4.3 ผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

4.3.1 ผลเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

ตารางที่ 4-11 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

n = 50

คะแนนสมรรถนะนวัตกรรม	$\bar{X}$	S.D	t	p
หลังเรียน (คะแนนเต็ม 66 คะแนน)	60.40	4.98	9.01**	0.00
ก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 66 คะแนน)	46.48	6.55		

** P < .01

จากตารางที่ 4-11 พบว่านักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียน ($\bar{X}$ = 60.40, S.D. = 4.98) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 46.48, S.D. = 6.55) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้

4.3.2 ผลเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

ตารางที่ 4-12 การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของ One way MANOVA

กลุ่ม	ค่าสถิติ	คะแนนสมรรถนะนวัตกรรม	คะแนนผลงานสร้างสรรค์
นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์	$\bar{X}$	60.40	25.40
	S.D.	4.98	1.64
นักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ	$\bar{X}$	45.72	19.27
	S.D.	4.79	3.14
Leven's statistics (p)	3.67 (0.70)		1.03 (0.31)
Box's M (p)	7.85 (0.06)		
Bartlett's χ2(p)	19.62 (0.00)		

จากตารางที่ 4-12 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียน = 60.40 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 4.98 และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียน = 25.40 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.64 ในขณะที่นักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติมีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียน = 45.72 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 4.79 และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียน= 19.27 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.14 เมื่อทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามแบบทางเดียว (One way MANOVA) 3 ประการ คือ 1. ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของตัวแปรแต่ละตัวระหว่างนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติโดยใช้ Levene's Test ผลการตรวจสอบ พบว่า คะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนระหว่างนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติมีความแปรปรวนระหว่างกลุ่มเท่ากัน 2. ความเป็นเอกพันธ์ของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรโดยใช้ Box's M Test ผลการตรวจสอบ พบว่า เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของคะแนนสมรรถนะนวัตกรรม และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนระหว่างนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ Bartlett's Test of Sphericity ผลการตรวจสอบ พบว่า เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่ม (Within Group Variance-Covariance Matrix) เมื่อจำแนกตามนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติพบว่ามีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าคะแนนสมรรถนะนวัตกรรม และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนระหว่างนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามแบบทางเดียว (One way MANOVA) ได้

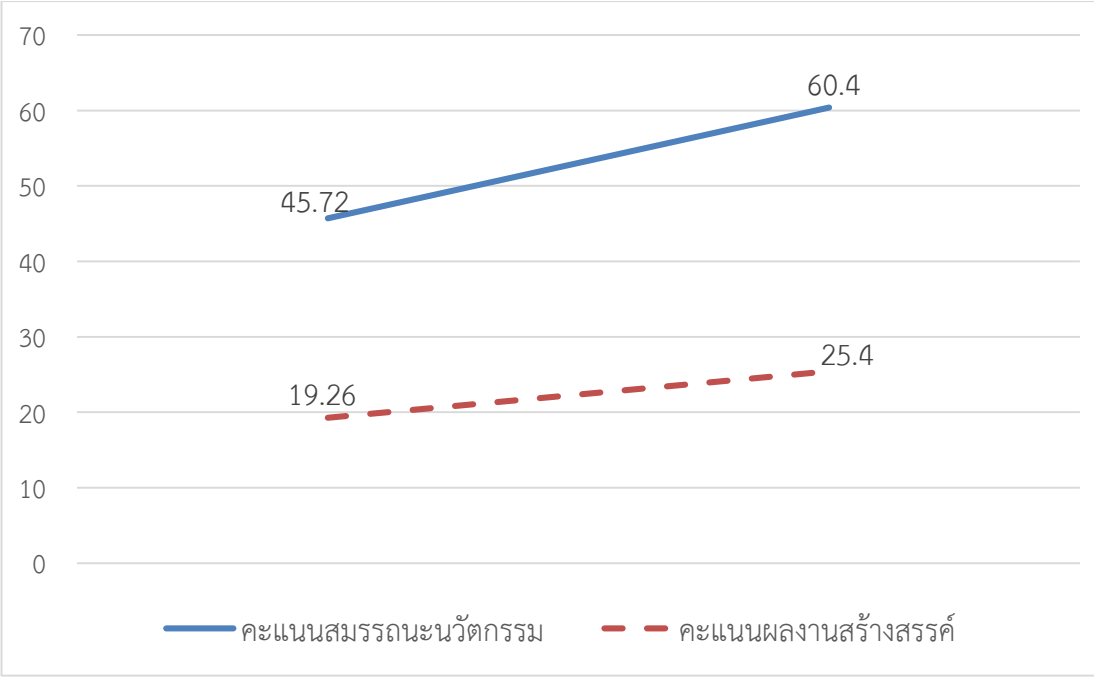
ตารางที่ 4-13 ผลการวิเคราะห์ One way MANOVA ของคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนระหว่างนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

ตัวแปรอิสระ	สถิติ	Value	Approximate F	p
กลุ่ม	Pillai's Trace	.795	91.121	0.00
	Wilks' Lambda	.205	91.121	0.00
	Hotelling's Trace	3.877	91.121	0.00
	Roy's Largest Root	3.877	91.121	0.00

Tests of Between-Subjects Effects

ตัวแปรตาม	SS	df	MS	F	p	Post Hoc
คะแนนสมรรถนะนวัตกรรม	2693.78	1	2693.78	112.726	0.00	1>2
คะแนนผลงานสร้างสรรค์	470.32	1	470.32	74.97	0.00	1>2

จากตารางที่ 4-13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของคะแนนสมรรถนะนวัตกรรม และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนระหว่างนักศึกษาที่เรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ พบว่า centroid ของคะแนนสมรรถนะนวัตกรรม และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักศึกษาที่เรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรม และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติเท่ากับ 14.68 และ 6.13 คะแนนตามลำดับ เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ และนำคะแนนสมรรถนะนวัตกรรม และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกตินำเสนอในรูปแบบของกราฟตามภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 คะแนนสมรรถนะนวัตกรรม และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษานักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

4.3.3 ผลเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

ตารางที่ 4-14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลกับเกณฑ์

n = 25

คะแนนสมรรถนะนวัตกรรม	$\bar{X}$	S.D.	เกณฑ์ 70%	t	p
หลังเรียน (คะแนนเต็ม 66 คะแนน)	60.40	4.98	46.20	14.248**	0.00

** p< .01

จากตารางที่ 4-14 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้

4.3.4 ผลเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

ตารางที่ 4-15 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

n = 25

คะแนนผลงานสร้างสรรค์	$\bar{X}$	S.D.	เกณฑ์ 70%	t	p
หลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)	25.40	1.64	21.00	13.381**	0.00

** p< .01

จากตารางที่ 4-15 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้

บทที่ 5
รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยที่กำหนดไว้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 บทนำ

ยุคดิจิทัลเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการดำรงชีวิตประจำวันในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านการทำงาน ด้านการติดต่อสื่อสารและด้านการเรียนการสอน และเป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้าในด้านต่าง ๆ ทำให้ประเทศไทยนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาเป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม สภาพัฒนาการเศรฐกิจและสังคมแห่งชาติให้จัดทำยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เพื่อใช้เป็นกรอบในการกำหนดทิศทางการพัฒนาประเทศในทุกมิติ ประกอบด้วย 6 ยุทธศาสตร์คือ ยุทธศาสตร์ที่ 1 ชาติด้านความมั่นคง ยุทธศาสตร์ที่ 2 มีเป้าหมายการพัฒนาที่มุ่งเน้นการยกระดับศักยภาพของประเทศในหลากหลายมิติ ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ

จากยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ส่งผลให้กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม พ.ศ. 2563 – 2567 เพื่อตอบสนองการดำเนินงานของแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 โดยมีวิสัยทัศน์คือ เป็นผู้นำและผลักดันการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลเพื่อขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่ประเทศไทย 4.0 ประกอบไปด้วย 6 ยุทธศาสตร์ คือ ยุทธศาสตร์ที่ 1 พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลของประเทศ ยุทธศาสตร์ที่ 2 เพิ่มศักยภาพการแข่งขันของประเทศโดยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัล ยุทธศาสตร์ที่ 3 ยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล ยุทธศาสตร์ที่ 4 ส่งเสริมการให้บริการแก่ประชาชน ภาครัฐและภาคเอกชนในรูปแบบดิจิทัล ยุทธศาสตร์ที่ 5 พัฒนากำลังคนให้พร้อมเข้าสู่ยุคดิจิทัล และยุทธศาสตร์ที่ 6 สร้างและส่งเสริมความเชื่อมั่นในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล

จากแผนฯ ดังกล่าวส่งผลให้ภาคการศึกษาจำเป็นต้องมีการปรับตัวตามการแผนยุทธศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงในยุคปัจจุบัน ทำให้สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมจำเป็นต้องเร่งรัดพัฒนาการศึกษา จึงจัดทำแผนการอุดมศึกษาเพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนของประเทศ พ.ศ. 2564 - 2570 เพื่อเป็นกรอบทิศทางการพัฒนาการอุดมศึกษา

วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมของประเทศภายใต้วิสัยทัศน์ “อุดมศึกษาสร้างคน สร้างปัญญา เพื่อพัฒนาสังคมไทยอย่างยั่งยืน ประกอบด้วยประเด็นยุทธศาสตร์ที่ขับเคลื่อนการผลิตและพัฒนากำลังคนของประเทศ ประกอบด้วย 3 ประเด็น คือ บัณฑิตและกำลังคน ระบบนิเวศวิจัย และอุดมศึกษาใหม่ภายใต้ 3 ยุทธศาสตร์ คือ ยุทธศาสตร์ที่ 1 คือ พัฒนาศักยภาพคน (Capacity Building) ยุทธศาสตร์ที่ 2 คือ ส่งเสริมระบบนิเวศวิจัยอุดมศึกษา (Research Ecosystem Building) และยุทธศาสตร์ที่ 3 จัดระบบอุดมศึกษาใหม่ (Higher Education Transformation)

การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Transformative learning) ถือเป็นรูปแบบที่รองรับการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นให้ผู้เรียนได้เข้าร่วมทดลองเพื่อให้เกิดประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะการสำรวจและท้าทายคุณค่าและมุมมองเดิมของตนเอง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการสังเกต พิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบด้านและจะทำให้ผู้เรียนสามารถเห็นถึงต้นตอของปัญหาต่าง ๆ ได้ และมีกระบวนการทำให้ผู้เรียนเปลี่ยนมุมมอง ในปัจจุบันมีการสร้างกระบวนทัศน์ใหม่สำหรับการเรียนรู้โดยการนำนวัตกรรมเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนการสอนเพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพและทักษะในด้านต่าง ๆ มากขึ้น เช่น ทักษะในการค้นคว้า การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การสะท้อนคิด มีความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ เพื่อช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ได้

การประดิษฐ์ผลงานนวัตกรรมได้นั้นสถานศึกษาจำเป็นต้องจัดสถานที่ที่ให้ผู้เรียนได้ทดลองปฏิบัติ ในการเรียนในศวรรษที่ 21 นั้นนิยมใช้โรงประลองดิจิทัล ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการที่สามารถรองรับการเรียนการสอนทั้ง 2 รูปแบบ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์เทคโนโลยีที่ทันสมัยทั้งด้านฮาร์แวร์และซอฟต์แวร์ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างและประดิษฐ์นวัตกรรม

จากที่กล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนเพื่อตอบสนองการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการเรียนการสอนและการฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีของผู้เรียน (Partnership for 21st Century Skills, 2012) เพื่อเตรียมความพร้อมของผู้เรียนให้สามารถเข้าสู่โลกแห่งการทำงานในอนาคตจริง โดยงานวิจัยนี้มีวัตุประสงค์คือ

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์
2. เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์
3. เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

3.1 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

3.2 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

3.3 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

3.4 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์

5.2 รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์เป็นรูปแบบการศึกษาที่รองรับการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 โดยให้ผู้เรียนทุกคนสามารถเข้าสู่ระบบที่มีกระบวนการเรียนและการทำกิจกรรมร่วมกันผ่านอุปกรณ์เทคโนโลยีดิจิทัลทุกชนิด อาทิเช่น คอมพิวเตอร์ โน๊ตบุ๊ค แทบเล็ต สมาร์ทโฟน เป็นต้น โดยอุปกรณ์ดังกล่าวจำเป็นต้องเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีองค์ประกอบหลัก 2 องค์ประกอบคือ 1. ปัจจัยหลักของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลประกอบด้วยวัตถุประสงค์ การเรียนรู้ คุณลักษณะของผู้สอน คุณลักษณะของผู้เรียน 2. รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ปัจจัยหลักของรูปแบบการเรียนรู้ด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบคือ 1.1 วัตถุประสงค์ 1.2 คุณลักษณะของผู้สอน 1.3 คุณลักษณะของผู้เรียนและ 1.4 จักรวาลนฤมิต โดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 5-1

ภาพที่ 5-1 ปัจจัยหลักของรูปแบบการเรียนรู้ด้วยโรงประลองดิจิทัล

1.1 วัตถุประสงค์ (Objective) ของระบบการเรียนรู้ด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ โดยเน้นให้ผู้เรียนมีสมรรถนะนวัตกรรมซึ่งประกอบด้วย 5 ด้าน คือ 1. การแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 2. การคิดเชิงระบบ (System Thinking) 3. การตั้งเป้าหมาย (Goal orientation) 4. การทำงานเป็นทีม (Team Work) และ 5. เครือข่าย (Networking) รวมทั้งสามารถสร้างผลงานสร้างสรรค์โดยในการเรียนรู้ด้วยโรงประลองดิจิทัลโดยใช้เนื้อหาบทเรียน กิจกรรมแบบฝึดหัด และใบงานที่ใช้สอนในรายวิชาฝึกปฏิบัติการนวัตกรรมในวงการอุตสาหกรรม โดยตามแผนการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถและเข้าร่วมทำกิจกรรมกับสมาชิกในกลุ่มได้

1.2 คุณลักษณะของผู้สอน (Instructor) ต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และสามารถสอนในรายวิชาฝึกปฏิบัติการนวัตกรรมในวงการอุตสาหกรรม เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีดิจิทัลที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมเช่น เครื่องปริ้นสามมิติ เครื่องเลเซอร์คัท เครื่องซีเอ็นซี และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (เซนเซอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์, โรบอทและโคบอท รวมทั้งผู้สอนจำเป็นต้องมีทักษะในการใช้งานโปรแกรมสำหรับใช้ในการออกแบบ สร้างแบบสามมิติ โปรแกรมจำลอง (Simulation Software) เพื่อจำลองทำงาน

ผู้สอนต้องเริ่มจากการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์				
สัปดาห์ที่ 1: การเตรียมความพร้อมและเข้าในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านและเทคโนโลยีในโรงประลองดิจิลก่อนการเรียนการสอน (ในชั้นเรียน)				
บทบาทผู้สอน	**บทบาทผู้เรียน**	**สื่อการเรียน / เครื่องมือ**	**เป้าหมาย**	**การประเมินผล**
1. อธิบายให้ผู้เรียนเห็นถึงความสำคัญของเทคโนโลยีดิจิทัลทางด้านนวัตกรรมในงานอุตสาหกรรม 2. แนะนำรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน 3. อธิบายความสำคัญของโรงประลองดิจิทัลและเทคโนโลยีที่ใช้ในการเรียนรู้	1. รับฟังถึงความสำคัญของเทคโนโลยีดิจิทัลทางด้านนวัตกรรมในงานอุตสาหกรรมและการนำไปประยุกต์ใช้งานใช้ 2 รับฟังเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน 3. ผู้เรียนสามารถเข้าใจเกี่ยวกับ โรงประลองดิจิทัลและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง	1. โครงสร้างและกระบวนการของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน 2. ใบรายชื่อสมาชิก 3. แบบทดสอบวัดสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียน	1. ผู้เรียนจะต้องสามารถเข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีดิจิทัลทางด้านนวัตกรรมในงานอุตสาหกรรม 2. ผู้เรียนจะต้องสามารถเข้าใจรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน 3. ผู้เรียนจะต้องสามารถเข้าใจความสำคัญของโรงประลองดิจิทัลและเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการเรียนรู้	1. แบบทดสอบวัดสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียน
4. อธิบายวัตถุประสงค์และวิธีการทำแบบทดสอบสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียน 5. จัดกลุ่มผู้เรียนโดยพิจารณาตามผลคะแนนการทำแบบทดสอบก่อนเรียน โดยคละเก่ง กลาง อ่อน แบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คน	4. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน 5. เข้ากลุ่มร่วมพูดคุยเพื่อกำหนดบทบาทและหน้าที่ ในการเรียนรู้ร่วมกัน		4. ผู้เรียนจะต้องสามารถเข้าใจวัตถุประสงค์และการทำแบบทดสอบสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียน 5. ผู้เรียนจะต้องสามารถเข้าใจวิธีการแบ่งกลุ่มและเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มได้	

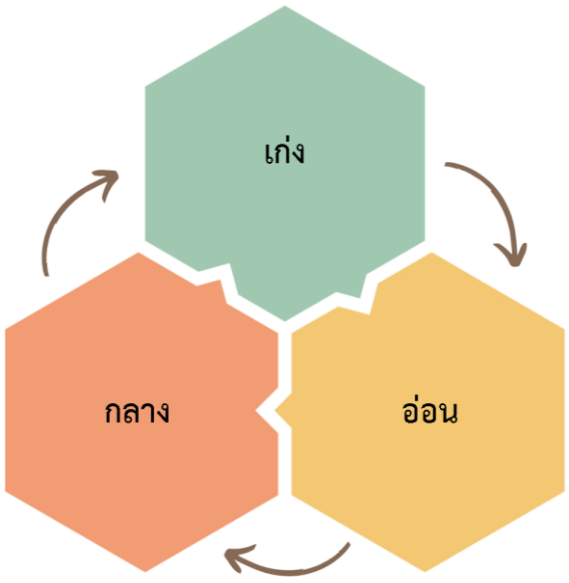
ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน	สื่อการเรียน / เครื่องมือ	เป้าหมาย	การประเมินผล
6. อธิบายวิธีการกำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่มและการวางแผนการเรียนรู้			6. ผู้เรียนจะต้องสามารถเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองภายในกลุ่มและแผนการเรียนรู้ได้	
ขั้นที่ 2 ขั้นการเรียนการสอน (สัปดาห์ที่ 2 : นอกชั้นเรียนและในชั้นเรียน)				
การเรียนรู้ผ่านโรงประลองดิจิทัล				
1. ให้ผู้เรียนนำเสนอประสบการณ์เดิมจากการเรียนรู้ที่ผ่านมาในอดีตถึงปัจจุบัน	1. เข้ากลุ่ม 2. เรียนรู้ผ่านโรงประลองดิจิทัล 3. ซักถามข้อสงสัย	1.ซอฟต์แวร์ 2.ซิมมูเลชัน 3.ระบบจักรวาลนฤมิตร 4. เครื่องปริ๊นสามมิติ 5. เครื่องซีเอ็นซี	1. ผู้เรียนจะต้องสามารถเล่าประสบการณ์ที่ผ่านมาของตนเองได้ 2. ผู้เรียนจะต้องสามารถเข้าใจวิธีการคิดอย่างมี	1. ถามตอบ 2. ผลงานที่มอบหมายในแต่ละสัปดาห์ 3. แบบทดสอบวัดสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียน
2. นำเสนอตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนผ่านมาเพื่อเร้าความสนใจของผู้เรียน 3. กระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในประเด็นที่กำหนดร่วมกันภายในกลุ่ม	4.พูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับสมาชิกในกลุ่ม 5.พูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับสมาชิกในห้อง 6. ค้นหาคำตอบด้วยตนเอง	6. เครื่องเลเซอร์คัท	วิจารณญาณและสามารถเกิดการสะท้อนคิดด้วยตนเองได้ 3. ผู้เรียนจะต้องสามารถร่วมมือในการทำงานกับผู้อื่นได้ 4. ผู้เรียนจะต้องสามารถสื่อสารกับผู้อื่นได้มีประสิทธิภาพ 5. ผู้เรียนจะต้องสามารถเข้าใจกระบวนการในการเรียนรู้ว่าจะต้องเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างไร	(สัปดาห์ที่ 8)

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน	สื่อการเรียน / เครื่องมือ	เป้าหมาย	การประเมินผล
4. ให้คำปรึกษาและกระตุ้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มตั้งคำถามแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 5. มอบหมายภาระกิจการเรียนรู้ผ่านรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน	4.พูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับสมาชิกในกลุ่ม 5.พูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับสมาชิกในห้อง 6. ค้นหาคำตอบด้วยตนเอง	6. เครื่องเลเซอร์คัท	6. ผู้เรียนจะต้องสามารถพัฒนาความคิดเชิงมโนทัศน์ได้	(สัปดาห์ที่ 8)
** หมายเหตุ ในสัปดาห์ที่ 3-7 จะเรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนแบบเดียวกับสัปดาห์ที่ 2 แต่จะเปลี่ยนเนื้อหาไปในแต่ละสัปดาห์และผู้เรียนรับมอบรูปแบบการเรียนและภาระกิจการเรียนรู้ รวมระยะเวลา 6 สัปดาห์ จากนั้นประเมินผลชิ้นงานและการประเมินสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียน ในสัปดาห์ที่ 8				

ผู้สอนต้องทำหน้าที่จัดกลุ่มผู้เรียนเข้ากลุ่มการเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยสมาชิกเก่ง ปานกลางและอ่อน



ภาพที่ 5-2 กลุ่มผู้เรียน

นอกจากผู้สอนยังต้องทำการแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนในการใช้งานระบบการจัดการเรียนรู้เช่น วิธีการ วิธีการและกิจกรรมการเรียนการสอน การส่งงาน การตรวจงาน การแจ้งผลป้อนกลับ การวัดประเมินผลและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายสัปดาห์ โดยให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลเนื้อหาบทเรียนและประสบการณ์เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้จากการทำแบบฝึกหัดใบงานที่ผู้สอนได้มอบให้ในแต่ละสัปดาห์ โดยในแต่ละกิจกรรมผู้สอนจะต้องให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการศึกษาค้นคว้าของผู้เรียน และผู้สอนต้องประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัด ใบงาน ประเมินสมรรถนะนวัตกรรมของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียน รวมทั้งประเมินผลงานสร้างสรรค์ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

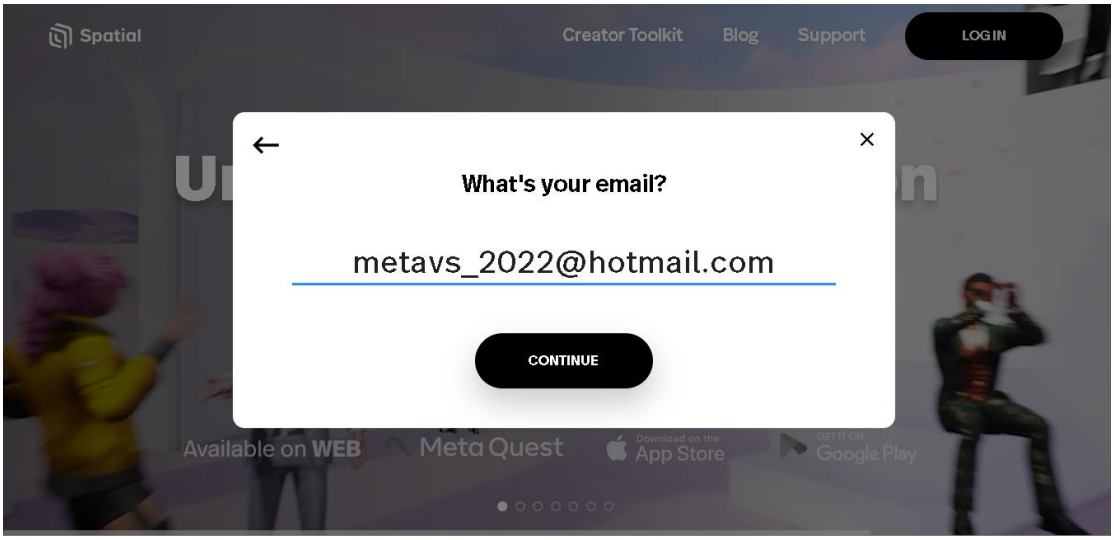
1.3 คุณลักษณะของผู้เรียน (Learner) ของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านเทคโนโลยีดิจิทัล การออกแบบด้วยโปรแกรม 3 มิติ พื้นฐานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหา ทำกิจกรรม แบบฝึกหัด ใบงาน การค้นคว้าข้อมูล การหาแหล่งเรียนรู้ การนำเสนอผลงานแบบกลุ่มได้ โดยผู้เรียนในกลุ่มต้องช่วยกันค้นคว้างหาข้อมูล ระดมสมอง แสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหา เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการสร้างสรรค์ผลงาน ออกแบบพัฒนาสร้างสรรค์ผลงานทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ตามใบงานที่ผู้สอนกำหนด เพื่อนำเสนอผลงานที่ได้พัฒนาขึ้น หากมีข้อเสนอแนะจากผู้สอน ผู้เรียนต้องนำข้อเสนอแนะดังกล่าวมาปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น โดยก่อนที่ผู้เรียนจะเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ ผู้เรียนจำเป็นต้องทำการประเมินสมรรถนะนวัตกรรมของตนเองก่อนและหลังเรียนเพื่อใช้วัดพัฒนาการสมรรถนะนวัตกรรมของผู้เรียนที่เกิดขึ้น

1.4 จักรวาลนฤมิต (Metaverse) เป็นเครื่องมือที่ผสานเทคโนโลยีแห่งโลกเสมือนที่สร้างสิ่งแวดล้อมของโลกจริง ๆ และเทคโนโลยีเข้าด้วยกันเพื่อนำไปใช้ในระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลที่ช่วยให้ผู้เรียนทุกคนและผู้สอนสามารถใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลา ผู้เรียนและผู้สอนจำเป็นต้องเข้าสู่ระบบโดยการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์เทคโนโลยีทุกชนิดเช่น คอมพิวเตอร์ โน๊ตบุ๊ค แทบเล็ต สมาร์ทโฟน เป็นต้น โดยในระบบจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมแต่ละสัปดาห์ได้ เช่น การสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่มของผู้เรียน การให้คำแนะนำของผู้สอน การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลผ่านห้องการเรียนรู้บนจักรวาลนฤมิตซึ่งประกอบด้วย 5 ห้อง คือ 1. ห้องการเรียนรู้ (Classroom) 2. การออกแบบ (Design) 3. การเตรียมการ (Prepare) 4. การสร้างผลงาน (Fabricate) 5. การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation) เพื่อให้ผู้เรียนเข้ามามีปฏิสัมพันธ์และทำกิจกรรมร่วมกันผ่านตัวตนที่เป็นอวตาร (Avatar) ในรูปแบบกราฟิก 3 มิติ แทนตนเองในการทำกิจกรรมต่างๆ ทำให้รู้สึกเหมือนชีวิตจริง ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเปิดกว้างมากกว่าที่เคยเป็น ส่งเสริมการทำงานเป็นทีม การกล้าแสดงออก รวมถึงช่วยสร้างความมั่นใจ และให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความคืบหน้าของการเรียนรู้ด้วยตนเอง ให้ผู้เรียนได้ทดลองทำจริง ได้เรียนรู้ข้อผิดพลาด และนำผลการเรียนรู้ไปปรับปรุง

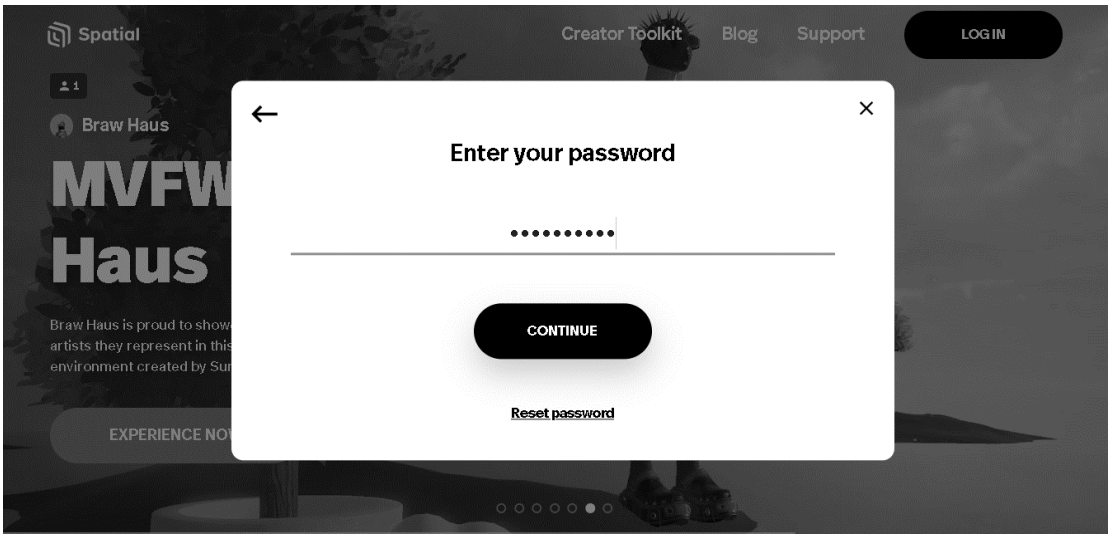
นอกจากนั้นเครื่องมือการเรียนรู้ในรูปแบบของจักรวาลนฤมิตเป็นเครื่องมือที่ผู้สอนสามารถดูแลบำรุงรักษาด้านต่าง ๆ ได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ตเช่น การปรับปรุงโปรแกรม การกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน การป้องกันระบบถูกโจมตี การอัปเดทข้อมูลและเครื่องมือเกี่ยวกับการเรียนการสอน

2. รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ประกอบด้วยการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Learning Change : TL1) ขั้นตอนที่ 2 การหากรอบแนวคิดใหม่ (Find a new conceptual framework : TL2) ขั้นตอนที่3 การวางแผนการปฏิบัติใหม่ (New Planning : TL3) ขั้นตอนที่ 4 การทดลอง (Testing : TL4) และขั้นตอนที่ 5 การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (Integrating new Competency and Perspectives : TL5) โดยแต่ละขั้นตอนจะมีความสอดคล้องกับกระบวนการของโรงประลองดิจิทัล 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การออกแบบ (Design : DF1) ขั้นที่ 2 การเตรียมการ (Prepare : DF2) ขั้นที่ 3 การสร้างผลงาน (Fabricate : DF3) และขั้นที่ 4 การประกอบและติดตั้ง (Assembly and Installation : DF4) โดยแต่ละขั้นมีรายละเอียดดังนี้

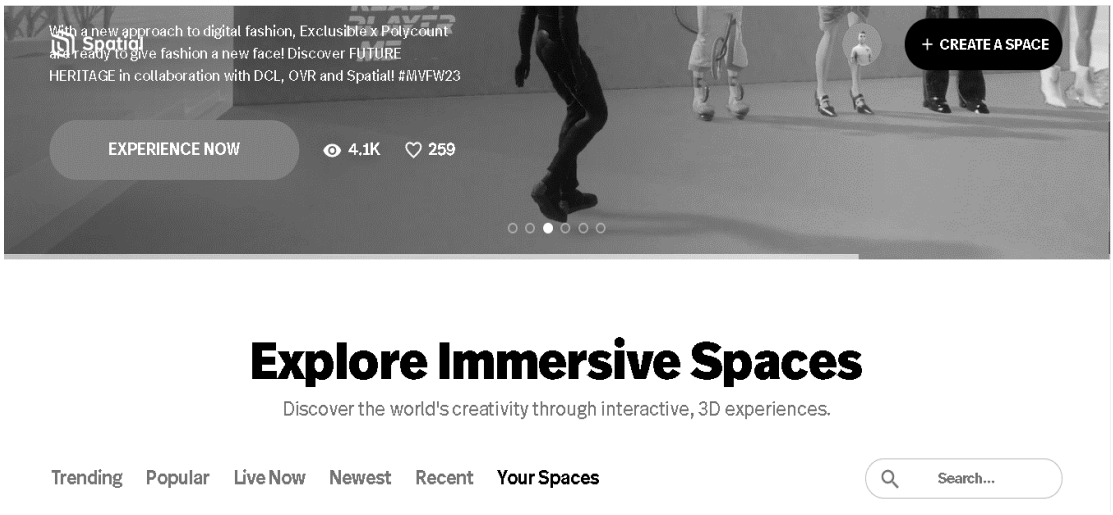
ขั้นตอนที่ 1 การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Learning Change : TL1) และขั้นตอนที่ 2 การหากรอบแนวคิดใหม่ (Find a new conceptual framework : TL2) ของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านเป็นขั้นตอนที่มีความต่อเนื่องกัน และสอดคล้องกับขั้นตอนการออกแบบ (Design : DF1) ของโรงประลองดิจิทัล ในขั้นตอนนี้อาจารย์นำผู้เรียนเข้าสู่บทเรียนด้วยการให้ผู้เรียนค้นหาปัญหารอบตัวของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม เช่น ปัญหาในที่สถานประกอบการ และในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวกับเทคโนโลยี เป็นต้น และหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยชุดความเชื่อ ค่านิยม และข้อสันนิษฐานเดิมของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนไม่สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นรูปธรรมได้จะทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสนในตนเอง ดังนั้นผู้เรียนจะทำการตรวจสอบชุดความเชื่อ ค่านิยม และข้อสันนิษฐานเดิมเกี่ยวกับความรู้เรื่องเทคโนโลยีที่ตนเองมีกับเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่จากการแลกเปลี่ยนกับกลุ่มผู้เรียนอื่นๆ และจากแหล่งข้อมูลใน Metaverse ห้องการเรียนรู้และห้องการออกแบบที่อาจารย์จัดหาให้เพื่อสร้างชุดความเชื่อ ค่านิยม และข้อสันนิษฐานต่าง ๆ เกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ จนทำให้ผู้เรียนสามารถนำเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่มาใช้แก้ไขปัญหาที่ทำให้ตนเองเกิดความสับสนได้ และผู้เรียนเกิดการยอมรับเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงชุดความเชื่อ ค่านิยม และข้อสันนิษฐานเดิมจนเกิดการสร้างกรอบอ้างอิงใหม่เพื่อรองรับการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลไม่ว่าจะเป็นวิธีและขั้นตอนการใช้งาน จนได้ข้อสรุปของทางเลือกใหม่ นำไปสู่การสร้างผลงานสร้างสรรค์ที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว โดยกลุ่มผู้เรียนร่วมกันออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ของผลงานสร้างสรรค์ผ่านเครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเซนเซอร์ เป็นต้น และด้านซอฟต์แวร์ เช่น โปรแกรม Solidwork โปรแกรม Tinkercad เป็นต้น มีการวางแผนแต่ละขั้นตอนและเลือกแผนงานที่สามารถทำได้จริงในแต่ละขั้นตอน จนได้ข้อสรุปของแผนงานที่สามารถทำได้จริงในแต่ละขั้นตอน ทำให้กลุ่มผู้เรียนมีสมรรถนะนวัตกรรมด้านการแก้ไขปัญหา การคิดเชิงระบบ การตั้งเป้าหมาย และการทำงานเป็นทีม



ภาพที่ 5-3 ตัวอย่างหน้าจอแสดงการเข้าสู่ระบบด้วย Use Email



ภาพที่ 5-4 ตัวอย่างหน้าจอแสดงการใส่รหัสผ่าน



ภาพที่ 5-5 ตัวอย่างหน้าจอแสดงระบบของผู้เรียน

ภาพที่ 5-6 ห้องการเรียนรู้รวม

ภาพที่ 5-7 ตัวอย่างห้องการออกแบบของแต่ละกลุ่ม

ขั้นตอนที่ 3 การวางแผนการปฏิบัติใหม่ (New Planning : TL3) ของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านเป็นขั้นตอนที่สอดคล้องกับขั้นตอนการเตรียมการ (Prepare : DF2) ของโรงประลองดิจิทัล เมื่อผู้เรียนสามารถสรุปผลการออกแบบของผลงานสร้างสรรค์ได้แล้ว ผู้เรียนจะดำเนินการเตรียมความพร้อมทั้ง 4 ด้านของโรงประลองดิจิทัลใน Metaverse ห้องการเตรียมการ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างผลงานสร้างสรรค์ คือ 1) ด้านฮาร์ดแวร์ กลุ่มผู้เรียนต้องทำการจัดหาเครื่องมือดิจิทัลสำหรับใช้ในการผลิตผลงานต่าง ๆ เช่น เครื่อง 3D printing เครื่อง Computer Numeric Controlled (CNC) milling เครื่อง Laser Cutting และ Robotic เป็นต้น พร้อมทั้งฝึกฝนเรียนรู้การใช้งานจนเกิดทักษะสำหรับใช้ในการผลิตผลงานได้ 2) ด้านซอฟต์แวร์ กลุ่มผู้เรียนต้องจัดหาโปรแกรมสำหรับใช้ในการออกแบบทางด้าน 3 มิติ เช่นโปรแกรม Solid work, Autodesk 123 Design, Rhino และ CS Eagle เป็นต้น พร้อมทั้งฝึกฝนเรียนรู้การใช้งานจนเกิดทักษะสำหรับใช้ในการออกแบบ และฝึกฝนเรียนรู้การใช้งานโปรแกรมจำลองการใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Simulation) เช่น โปรแกรมจำลองการออกแบบวงจร Labview, TinkerCAD และWOKWI เป็นต้น รวมถึงเรียนรู้และฝึกฝนการพัฒนาโปรแกรม (Programming) สำหรับใช้ในการควบคุมสั่งงานอุปกรณ์ต่าง ๆ 3) ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน กลุ่มผู้เรียนจะต้องจัดหาวัสดุและชนิดของวัสดุให้มีจำนวนเพียงพอในการใช้งานเช่น เส้นพลาสติก PLA Filament, ABS Filamentc และ Nylon (PA) Filament เป็นต้น และจำเป็นต้องจัดหาชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic components) ต่าง ๆ โดยจะต้องทำการศึกษาเรียนรู้การใช้งานสำหรับนำไปใช้งานได้ด้วย เช่นเซนเซอร์ Embedded System และ Raspberry Pi เป็นต้น และ 4) พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and simulator tools online) อาจารย์จัดหาเครื่องมือสำหรับ Storage and simulator ที่รองรับการใช้งานของกลุ่มผู้เรียนในรูปแบบ Cloud Platform ทำให้กลุ่มผู้เรียนมีสมรรถนะนวัตกรรมด้านการแก้ไขปัญหา การคิดเชิงระบบ การตั้งเป้าหมาย และการทำงานเป็นทีม

ภาพที่ 5-8 ตัวอย่างห้องการเตรียมการของแต่ละกลุ่ม

ขั้นตอนที่ 4 การทดลอง (Testing : TL4) ของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านเป็นขั้นตอนที่สอดคล้องกับขั้นตอนการสร้างผลงาน (Fabricate : DF3) ของโรงประลองดิจิทัล หลังจากที่ผู้เรียนได้เตรียมความพร้อมต่าง ๆ ตามแผนการปฏิบัติแล้ว ผู้เรียนทำการทดลองทำตามแผนที่ได้วางไว้ในแต่ละขั้นตอนใน Metaverse ห้องการสร้างผลงาน หลังจากทดลองจนเกิดความชำนาญแล้วผู้เรียนทำการสร้างแบบส่วนประกอบ (ชิ้นงาน) ของผลงานสร้างสรรค์ด้วยโปรแกรมต่าง ๆ เช่น Solid work ตามที่วางแผนไว้ แล้วนำแบบที่สร้างขึ้นมาผลิตส่วนประกอบ (ชิ้นงาน) ของผลงานสร้างสรรค์ด้วย 3D printing, Laser Cutting และ CNC ตามความรู้และทักษะที่ผู้เรียนได้เตรียมตัวในขั้นตอนข้างต้น นอกจากนี้เมื่อผู้เรียนพบปัญหาและอุปสรรค ผู้เรียนสามารถปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญสาขาต่าง ๆ ได้ ทำให้กลุ่มผู้เรียนมีสมรรถนะนวัตกรรมด้านการแก้ไขปัญหา การคิดเชิงระบบ การตั้งเป้าหมาย การทำงานเป็นทีม และเครือข่าย

ภาพที่ 5-9 ตัวอย่างห้องการสร้างผลงาน

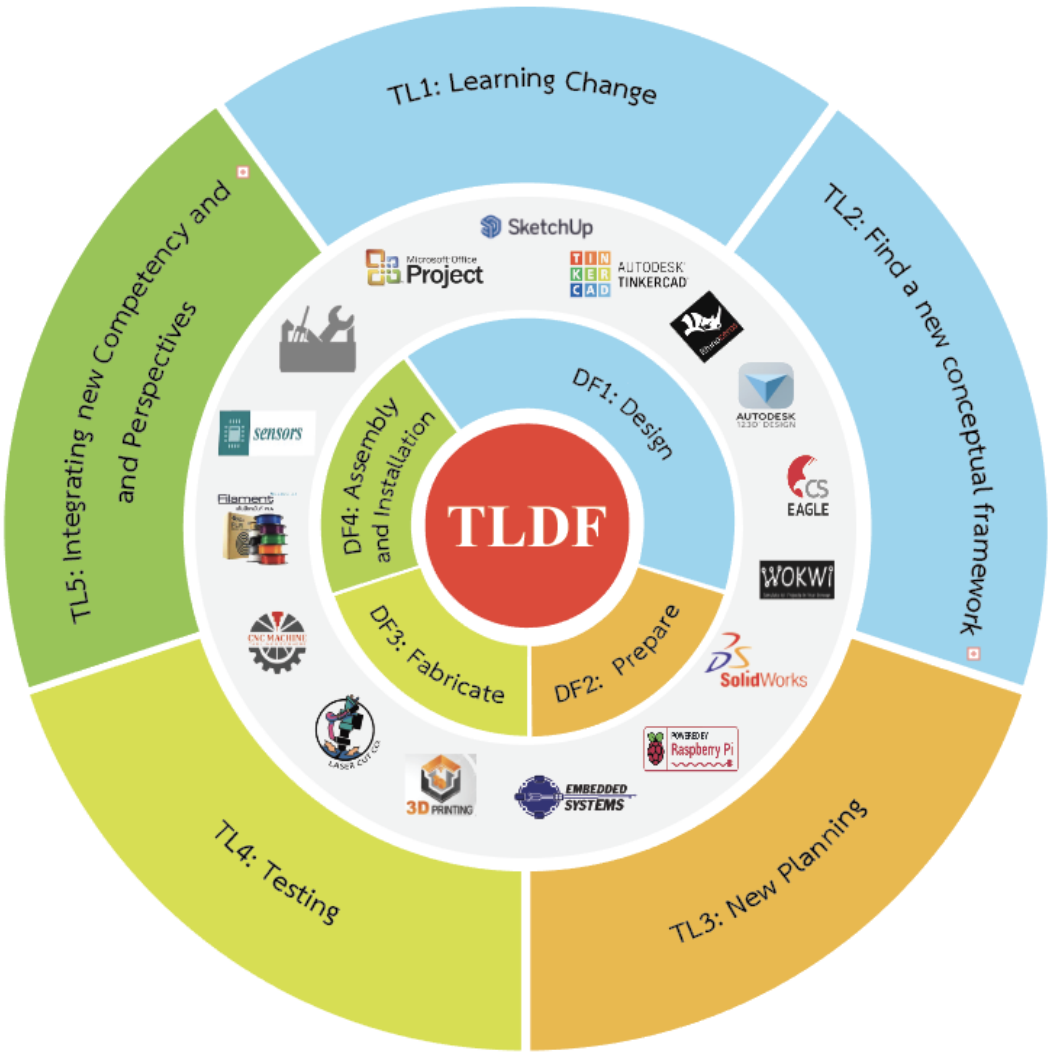
ขั้นตอนที่ 5 การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (Integrating New Competency and Perspectives : TL5) ของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านเป็นขั้นตอนที่สอดคล้องกับขั้นตอนการประกอบและติดตั้ง (Assembly and Installation : DF4) ของโรงประลองดิจิทัล หลังจากที่กลุ่มผู้เรียนได้ทำการผลิตชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว กลุ่มผู้เรียนทดลองประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น Sensors Embedded System หลังจากนั้นกลุ่มผู้เรียนนำชิ้นงานต่าง ๆ มาประกอบเป็นโครงสร้างของผลงาน พร้อมทั้งนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เช่น Sensors Embedded System มาประกอบเข้ากับโครงสร้างของผลงานเพื่อควบคุมการทำงานตามฟังก์ชันต่าง ๆ ของผลงานตามที่ออกแบบไว้ หลังจากนั้นกลุ่มผู้เรียนทำการทดสอบการทำงานของผลงาน ถ้าผลงานไม่สามารถทำงานในฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ กลุ่มผู้เรียนต้องทำการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปของการแก้ไขปัญหาจนผลงานสามารถทำงานได้ทุกฟังก์ชัน จากการที่กลุ่มผู้เรียนดำเนินการผลิตชิ้นงานจนประสบความสำเร็จทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะใหม่ มีความมั่นใจในตนเอง และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้สร้างผลงานอื่น ๆ ต่อไป ทำให้กลุ่มผู้เรียนมีสมรรถนะนวัตกรรมด้านการแก้ไขปัญหา การคิดเชิงระบบ การตั้งเป้าหมาย และการทำงานเป็นทีม

ภาพที่ 5-10 ตัวอย่างห้องการประกอบและการติดตั้งของแต่ละกลุ่ม

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล ผู้วิจัยขอสรุปรายละเอียดของความสัมพันธ์ตามตารางที่ 5-2 และภาพที่ 5-11

ตารางที่ 5-2 ความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านและกระบวนการของโรงประลองดิจิทัล

กระบวนการการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน	**กระบวนการของโรงประลองดิจิทัล**
ขั้นตอนที่ 1การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Learning Change : TL1)	ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบ (Design : DF1)
ขั้นตอนที่ 2 การหากรอบแนวคิดใหม่ 2 (Find a new conceptual framework : TL2)	
ขั้นตอนที่ 3 การวางแผนการปฏิบัติใหม่ (New Planning : TL3)	ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมการ (Prepare : DF2)
ขั้นตอนที่ 4 การทดลอง (Testing : TL4)	ขั้นตอนที่ 3 การสร้างผลงาน (Fabricate : DF3)
ขั้นตอนที่ 5 การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (Integrating new Competency and Perspectives : TL5)	ขั้นตอนที่ 4 การประกอบและการติดตั้ง (Assembly and Installation: DF4)



ภาพที่ 5-11 รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล

บทที่ 6
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่องรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ 2) เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ และ 3) เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 4 ข้อ คือ 3.1 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน 3.2 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ 3.3 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าเกณฑ์ และ 3.4 นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาฝึกปฏิบัติการนวัตกรรมในวงการอุตสาหกรรมจำนวน 50 คน จำนวน 2 ห้อง ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 25 คน เป็นกลุ่มที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 25 คน เป็นกลุ่มที่ใช้การเรียนการสอนแบบปกติ ระยะเวลาในการทดลอง 8 สัปดาห์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ Independent t-test, One Simple t-test และ one way MANNOVA ในบทนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

6.2 อภิปรายผล

6.3 ข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

6.1.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 องค์ประกอบดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 การเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้ 1) การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Learning Change) มี 2 ขั้นตอนย่อย คือ 1.1 การตรวจสอบตนเอง (Self-Examination) และ 1.2 การยอมรับการเปลี่ยนแปลง (Acceptance of Change) 2) การหากรอบแนวคิดใหม่ (Find a new conceptual framework) 3) การวางแผนการปฏิบัติใหม่ (New Planning) 4) การทดลอง (Testing) และ 5) การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (Integrating new Competency and Perspectives) มี 2 ขั้นตอนย่อย คือ 5.1 การสร้างสมรรถนะใหม่ (New Competency) และ 5.2 การเกิดมุมมองใหม่ (New Perspectives) และองค์ประกอบที่ 2 โรงประลองดิจิทัล ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้ 1) การออกแบบ (Design) 2) การเตรียมการ (Prepare) 3) การสร้างผลงาน (Fabricate) และ4) การประกอบและติดตั้ง (Assembly and Installation) โดยมีเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลทั้ง 4 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2. ด้านซอฟต์แวร์ (Software) 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน (Material) และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Storage and simulator tools online) ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเป็นรูปแบบการเรียนที่ส่งเสริมให้นักศึกษามีสมรรถนะนวัตกรรม 5 สมรรถนะ คือ 1. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative problem solving) 2. การคิดเชิงระบบ (Systems thinking) 3. การตั้งเป้าหมาย (Goal orientation) 4. การทำงานเป็นทีม (Teamwork) และ 5. การสร้างเครือข่าย (Networking) รวมทั้งสามารถสร้างผลงานสร้างสรรค์ได้ โดยผู้วิจัยได้ประเมินผลงานสร้างสรรค์ด้วยแบบประเมินผลงานสร้างสรรค์แบบรูบริคส์ 4 ระดับ คือ 0-3 คะแนน

ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในเรื่องความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.64, S.D. = 0.47) โดยมีรายละเอียดของการประเมินทั้ง 9 ด้านอยู่ในระดับมากที่สุด คือ 1) แนวคิดหรือทฤษฎีที่ใช้ในการสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ($\overline{X}$ = 4.79, S.D. = 0.27) 2) องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ($\overline{X}$ = 4.72, S.D. = 0.28) 3) การจัดลำดับองค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความชัดเจนและต่อเนื่อง ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.53) 4) ทุกองค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.53) 5) การเรียบเรียงลำดับขององค์ประกอบรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความเหมาะสม สามารถเข้าใจได้ง่าย ($\overline{X}$ = 4.71, S.D. = 0.49) 6) ภาพรวมขององค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีความสมบูรณ์ เหมาะสมตามและตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.53) 7) รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการส่งเสริม

สมรรถนะนวัตกรรม ($\overline{X}$ = 4.86, S.D. = 0.38) 8) รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ ($\overline{X}$ = 4.57, S.D. = 0.53) และ 9) รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความเป็นไปได้ในการนำไปทดลองใช้ ($\overline{X}$ = 4.71, S.D. = 0.49)

6.1.2 เพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

ผู้วิจัยนำรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมาพัฒนาเป็นระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ โดยผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาระบบตามหลักวงจรการพัฒนาประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การวิเคราะห์ 2) ออกแบบระบบ 3) การพัฒนาระบบ 4) การทดสอบ และ 5) การนำไปใช้

ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในเรื่องความเหมาะสมของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ประกอบด้วย 1) คุณภาพแผนการเรียนการสอน ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.47) 2) คุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอน ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.54, S.D. = 0.49) 3) คุณภาพสื่อการเรียนการสอน ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.48) 4) ประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.47) และ 5) แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.61, S.D. = 0.47)

6.1.3 เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

6.1.3.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ พบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้

6.1.3.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่ที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ พบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มากกว่านักศึกษาที่ที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักศึกษาที่เรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรม และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่านักศึกษาที่

เรียนด้วยการสอนแบบปกติเท่ากับ 10.80 และ 5.20 คะแนนตามลำดับ เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้

6.1.3.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์ พบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้

6.1.3.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์ พบว่านักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้

6.2 อภิปรายผล

การวิจัยเรื่องรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ผู้วิจัยมีประเด็นการอภิปรายผล 3 ข้อ ดังนี้

6.2.1 รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

จากผลการวิจัย พบว่า รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีผลการประเมินความเหมาะสมของ 1) ทฤษฎีการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน และโรงประลองดิจิทัล 2) องค์ประกอบของรูปแบบ 3) ความชัดเจนและต่อเนื่องของการจัดลำดับองค์ประกอบ 4) ความสัมพันธ์สอดคล้องซึ่งกันและกันของทุกองค์ประกอบในรูปแบบ 5) ความเหมาะสม สามารถเข้าใจได้ง่ายของการเรียบเรียงลำดับขององค์ประกอบในรูปแบบ 6) ความสมบูรณ์ เหมาะสมตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในภาพรวมขององค์ประกอบในรูปแบบ 7) รูปแบบมีความเหมาะสมกับการส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรม และผลงานสร้างสรรค์ และ 8) รูปแบบมีความเป็นไปได้ในการนำไปทดลองใช้อยู่ในระดับมากที่สุดทั้งหมด ทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยได้นำจุดเด่นของทฤษฎีการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Mezirow, 2000; เมธาสิทธ์, 2558; เยาวลักษณ์และคณะ, 2560; พิศิษฐ และคณะ, 2562; Beer, 2019; Yıldırım and Yelken, 2019; ณัฐกานต์และคณะ (2021); Stork et al, 2023) มาเป็นแนวทางในการสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยน และใช้ทฤษฎีของโรงประลองดิจิทัล (Lewis and Clark, 2017; Hamid et al., 2018; Lorenzo et al., 2018; Lee et al., 2019; Putro and Wirasmoyo, 2019; Soomro and Georgiev, 2020; Yuan et al., 2020; Formlabs, 2022) รวมทั้งเครื่องมือ 4 ด้านของโรงประลองดิจิทัล (Karatepe et al., 2010; Gadjanski et al., 2015; Soulaf et al., 2016; Poustinchi, 2018; Cornetta et al., 2019:a; Cornetta et al., 2019:b; Lorenzo et al., 2019; Soomro et al., 2021) เป็นตัวขับเคลื่อนเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษามีสมรรถนะนวัตกรรมและสามารถสร้างผลงาน

สร้างสรรค์ได้ โดยการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านมีกระบวนการที่ช่วยให้นักศึกษาเปลี่ยนมุมมองของตนเองเพื่อสร้างกรอบแนวคิดใหม่ โดยต้องผ่านการออกแบบตามขั้นตอนของโรงประลองดิจิทัล ทำให้เกิดการวางแผนเพื่อสร้างผลงานสร้างสรรค์ตามขั้นตอนการเตรียมการของโรงประลองดิจิทัล และทดลองทำตามแผนซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนการสร้างผลงานของโรงประลองดิจิทัลจนเกิดสมรรถนะนวัตกรรม และสามารถสร้างผลงานสร้างสรรค์ได้ตามขั้นตอนการประกอบและติดตั้งของโรงประลองดิจิทัล

6.2.2 การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

จากผลการวิจัย พบว่า ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ได้สร้างตามหลักการออกแบบและพัฒนาระบบแบบ Adapted Waterfall ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การวิเคราะห์ 2) การออกแบบระบบ ประกอบด้วย 6 ด้าน คือ 2.1 ผู้เรียน ผู้สอน และการจัดการเรียนการสอน 2.2 การออกแบบการเตรียมการ การสร้าง และการประกอบและทดสอบ 2.3 ด้านการใช้งานเครื่องมือดิจิทัล เซนเซอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ 2.4 ด้านการใช้งานโปรแกรมและซิมมูเลชัน 2.5 ด้านการเรียนรู้ใช้งานซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ และข้อมูล และ 2.6 ด้านการใช้อุปกรณ์ในการผลิตชิ้นงานคือ เครื่องปริ๊นสามมิติ เครื่องตัดเลเซอร์คัท และเครื่องซีเอ็นซี 3) การพัฒนาระบบ 4) การทดสอบ และ 5) การนำไปใช้ ซึ่งผู้วิจัยใช้การออกแบบและพัฒนาระบบแบบ Adapted Waterfall เพราะเป็นทฤษฎีการออกแบบและพัฒนาระบบที่มีความยืดหยุ่นมาก สามารถปรับปรุง แก้ไขและเพิ่มฟังก์ชั่นหรือโมดูลการทำงานได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับกระบวนการดำเนินงาน (Imaniawan et al., 2023) และใช้ทฤษฎีการประเมินระบบแบบแบล็คบ๊อก (Black-Box Testing) ซึ่งมีข้อดี คือ เป็นการทดสอบระบบที่สามารถทำได้รวดเร็ว และเป็นการทดสอบระบบในมุมมองของผู้ใช้งานเป็นหลัก (IRobust, 2021) นอกจากนี้ยังพบว่า ในขั้นตอนการพัฒนาระบบ มีผลการประเมินความเหมาะสมของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 1) คุณภาพแผนการเรียนการสอน 2) คุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอน 3) คุณภาพสื่อการเรียนการสอน 4) ประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ และ 5) แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดทั้ง 5 ด้าน ทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยได้นำจุดเด่นของทฤษฎีการเรียนรู้แบบเปลี่ยน (Mezirow, 2000; เมธาสิทธ์, 2558; เยาวลักษณ์ และคณะ, 2560; พิศิษฐ และคณะ, 2562; Beer, 2019; Yıldırım and Yelken, 2019; ณัฐกานต์ และคณะ (2021); Stork et al, 2023) โรงประลองดิจิทัล (Lewis and Clark, 2017; Hamid et al., 2018; Lorenzo et al., 2018; Lee et al., 2019; Putro and Wirasmoyo, 2019; Soomro and Georgiev, 2020; Yuan et al., 2020; Formlabs, 2022) และเครื่องมือ 4 ด้านของโรงประลองดิจิทัล (Karatepe et al., 2010; Gadjanski et al., 2015; Soulaf et al., 2016; Poustinchi, 2018; Cornetta et al., 2019:a; Cornetta et al., 2019:b; Lorenzo et al., 2019; Soomro et al., 2021) มาผนวกกับคำอธิบายรายวิชาฝึกปฏิบัติการนวัตกรรมในวงการอุตสาหกรรม (วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก, 2017) จึงทำให้มีผลการประเมินความเหมาะสมของระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะ

นวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ที่ประกอบด้วย 1) คุณภาพแผนการเรียนการสอน 2) คุณภาพเนื้อหาการเรียนการสอน 3) คุณภาพสื่อการเรียนการสอน 4) ประสิทธิภาพระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ และ 5) แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดทั้ง 5 ด้าน

6.2.3 ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 4 ข้อดังนี้

6.2.3.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ พบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน = 13.92 คะแนน ทั้งนี้เป็นเพราะระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์เป็นระบบการเรียนการสอนที่มีกระบวนการที่ช่วยให้นักศึกษามีการพัฒนาสมรรถนะนวัตกรรมทั้ง 5 สมรรถนะ คือ 1) การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 2) การคิดเชิงระบบ 3) การตั้งเป้าหมาย 4) การทำงานเป็นทีม และ 5) การสร้างเครือข่าย ผ่าน 5 ขั้นตอนของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่าน (Mezirow, 2000; เมธาสิทธ์, 2558; เยาวลักษณ์ และคณะ, 2560; พิศิษฐ และคณะ, 2562; Beer, 2019; Yıldırım and Yelken, 2019; ณัฐกานต์ และคณะ, 2021; Stork et al, 2023) โดยมีโรงประลองดิจิทัลเป็นตัวส่งเสริมทั้ง 4 ขั้นตอน (Lewis and Clark, 2017; Hamid et al., 2018; Lorenzo et al., 2018; Lee et al., 2019; Putro and Wirasmoyo, 2019; Soomro and Georgiev, 2020; Yuan et al., 2020; Formlabs, 2022) จึงทำให้นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน

6.2.3.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์และนักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ พบว่า นักศึกษาที่เรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรม และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติเท่ากับ 14.68 และ 6.13 คะแนน ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ซึ่งเป็นระบบการเรียนการสอนที่มีกระบวนการส่งเสริมให้นักศึกษาได้รับการพัฒนาสมรรถนะนวัตกรรมผ่านการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านที่มี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนที่ 2 การหากรอบแนวคิดใหม่ ขั้นตอนที่ 3 การวางแผนการปฏิบัติใหม่ ขั้นตอนที่ 4 การทดลอง และขั้นตอนที่ 5 การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (Mezirow, 2000; เมธาสิทธ์, 2558; เยาวลักษณ์ และคณะ, 2560; พิศิษฐ และคณะ, 2562; Beer, 2019; Yıldırım and Yelken, 2019; ณัฐกานต์ และคณะ, 2021; Stork et al, 2023) ด้วยโรงประลองดิจิทัล 4 ขั้นตอน (Lewis and Clark, 2017; Hamid et al., 2018; Lorenzo

et al., 2018; Lee et al., 2019; Putro and Wirasmoyo, 2019; Soomro and Georgiev, 2020; Yuan et al., 2020; Formlabs, 2022) และส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถสร้างผลงานสร้างสรรค์โดยใช้เครื่องมือในโรงประลองดิจิทัลทั้ง 4 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ 2. ด้านซอฟต์แวร์ 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Karatepe et al., 2010; Gadjanski et al., 2015; Soulaf et al., 2016; Poustinchi, 2018; Cornetta et al., 2019:a; Cornetta et al., 2019:b; Lorenzo et al., 2019; Soomro et al., 2021) ในขณะที่นักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติจะไม่มีกระบวนการที่ส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะนวัตกรรม รวมทั้งไม่มีเครื่องมือที่ครบถ้วนในการสร้างผลงานสร้างสรรค์ จึงทำให้นักศึกษาที่เรียนการสอนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรม และคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

6.2.3.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์ พบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนมากกว่าเกณฑ์ 14.20 คะแนน ทั้งนี้เป็นเพราะระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์เป็นระบบการเรียนการสอนที่มีการส่งเสริมให้นักศึกษามีสมรรถนะนวัตกรรมต่าง ๆ เช่น ด้านการแก้ไขปัญหา การคิดเชิงระบบ การตั้งเป้าหมาย และการทำงานเป็นทีม (Keinanen et al, 2018) ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านในขั้นตอนที่ 1 การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนที่ 2 การหากรอบแนวคิดใหม่ ขั้นตอนที่ 3 การวางแผนการปฏิบัติใหม่ ขั้นตอนที่ 4 การทดลอง และขั้นตอนที่ 5 การบูรณาการให้เกิดสมรรถนะและมุมมองใหม่ (Mezirow, 2000; เมธาสิทธ์, 2558; เยาวลักษณ์ และคณะ, 2560; พิศิษฐ และคณะ, 2562; Beer, 2019; Yıldırım and Yelken, 2019; ณัฐกานต์ และคณะ, 2021; Stork et al, 2023) ด้วยโรงประลองดิจิทัลในขั้นตอนที่ 1 การออกแบบ ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมการ ขั้นตอนที่ 3 การสร้างผลงาน และขั้นตอนที่ 4 การประกอบและติดตั้ง (Lewis and Clark, 2017; Hamid et al., 2018; Lorenzo et al., 2018; Lee et al., 2019; Putro and Wirasmoyo, 2019; Soomro and Georgiev, 2020; Yuan et al., 2020; Formlabs, 2022) รวมทั้งสมรรถนะนวัตกรรมด้านเครือข่ายผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านในขั้นตอนที่ 4 การทดลอง (Mezirow, 2000; เมธาสิทธ์, 2558; เยาวลักษณ์ และคณะ, 2560; พิศิษฐ และคณะ, 2562; Beer, 2019; Yıldırım and Yelken, 2019; ณัฐกานต์ และคณะ, 2021; Stork et al, 2023) ด้วยโรงประลองดิจิทัลในขั้นตอนที่ 3 การสร้างผลงาน (Lewis and Clark, 2017; Hamid et al., 2018; Lorenzo et al., 2018; Lee et al., 2019; Putro and Wirasmoyo, 2019; Soomro and Georgiev, 2020; Yuan et al., 2020; Formlabs, 2022) จึงทำให้นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนสมรรถนะนวัตกรรมหลังเรียนหลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

6.2.3.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วย

ระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์กับเกณฑ์ พบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์ 4.40 คะแนน ทั้งนี้เป็นเพราะระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์เป็นระบบการเรียนการสอนที่มีกระบวนการที่สนับสนุนและส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถสร้างผลงานสร้างสรรค์ผ่านกระบวนการของการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล และเครื่องมือในโรงประลองดิจิทัลทั้ง 4 ด้าน คือ 1. ด้านฮาร์ดแวร์ 2. ด้านซอฟต์แวร์ 3. ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน และ 4. พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ (Karatepe et al., 2010; Gadjanski et al., 2015; Soulaf et al., 2016; Poustinchi, 2018; Cornetta et al., 2019:a; Cornetta et al., 2019:b; Lorenzo et al., 2019; Soomro et al., 2021) ซึ่งเป็นครื่องมือที่สำคัญที่ทำให้นักศึกษาสามารถสร้างผลงานสร้างสรรค์ได้ จึงทำให้นักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีคะแนนผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนมากกว่าเกณฑ์

6.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาวิจัยเรื่องรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

6.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ไปใช้

6.3.1.1 สถาบันอุดมศึกษาต้องเตรียมความพร้อมด้านอาจารย์ผู้สอนโดยมีการฝึกอบรมเพื่อให้อาจารย์ผู้สอนมีความรู้ ความเข้าใจในรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

6.3.1.2 อุดมศึกษาต้องเตรียมสถานที่เพื่อใช้ในการปฏิบัติการของโรงประลองดิจิทัลให้มีขนาดที่เพียงพอต่อการวางเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับโรงประลองดิจิทัล และต้องจัดระบบระบายอากาศที่ดี รวมทั้งจัดให้มีอุปกรณ์ไฟฟ้าสำรอง (Uninterruptible power supply) เพื่อป้องกันการเกิดกระแสไฟฟ้าตก กระแสไฟฟ้ากระชาก ขณะที่นักศึกษากำลังปฏิบัติงาน

6.3.1.3 สถาบันอุดมศึกษาต้องเตรียมความพร้อมเกี่ยวกับเครื่องมือของโรงประลองดิจิทัลให้ครบทั้ง 4 ด้าน คือ 1) ด้านฮาร์ดแวร์ เช่น Bread board, สายไฟ, 3D printing, CNC, Laser cut เป็นต้น 2) ด้านซอฟต์แวร์ เช่น Solidwork, Autocad, Rhino,Tinkercad, Wokwi เป็นต้น 3) ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลงาน เช่น วัสดุสำหรับขึ้นรูปชิ้นงาน (Filament) สีและขนาดต่าง ๆ และ 4) พื้นที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ เช่น Google Drive, One Drive, Dropbox เป็นต้น เพื่อทำให้โรงประลองดิจิทัลสามารถตอบสนองรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ได้

6.3.1.4 สถาบันอุดมศึกษาต้องเตรียมความพร้อมของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงเพื่อทำให้รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์มีประสิทธิภาพ ไม่เกิดการสะดุดขณะเรียน

6.3.1.5 สถาบันอุดมศึกษาต้องจัดหาหน่วยงานที่ช่วยสนับสนุนเรื่องระบบที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยี เช่น ความปลอดภัยของระบบ เพื่อช่วยเหลืออาจารย์ผู้สอนที่ไม่สันทัดในเรื่องของเทคโนโลยี

6.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

จากการวิจัย เรื่องรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ ผู้วิจัยขอนำเสนอข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

6.3.2.1 มีการศึกษาทักษะของนักศึกษาในด้านอื่น ๆ ที่เกิดจากการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัล เช่น ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) เป็นต้น

6.3.2.2 มีการนำระบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในบริบทอื่น ๆ เช่น นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาโดยนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาวิทยาการคำนวณ และมีการบูรณาการร่วมกับรายวิชาที่ฝึกปฏิบัติเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะนวัตกรรม และสามารถสร้างผลงานสร้างสรรค์ รวมทั้งเป็นการเตรียมความพร้อมของนักเรียนในการเรียนต่อในระดับอุดมศึกษา สายวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศตามนโยบายไทยแลนด์ 4.0 อย่างยั่งยืนได้

6.3.2.3 มีการนำรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านไปประยุกต์ใช้กับสาขาอื่น ๆ เพื่อให้นักศึกษาสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ โดยใช้เทคโนโลยีมาช่วยในการเรียนการสอน เช่น เทคโนโลยีเสมือนจริงสำหรับใช้สร้างสภาพการเรียนรู้แบบเสมือนจริงเพื่อให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้จากทุกที่ ทุกเวลา และสามารถสร้างห้องเรียนในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เหมาะสมกับแต่ละสาขาได้ตามต้องการ เพื่อให้นักศึกษาสามารถเรียนแล้วเกิดทักษะที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ของสาขานั้น ๆ ได้

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรวิกา พรมจวง และคณะ (2563). “ประสิทธิผลของการใช้กระบวนการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลงต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในผู้นำนักศึกษา.” **วารสารการพยาบาลและสุขภาพ.** ปีที่ 14 ฉบับที่ 3 : 89-105.

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2562). [ออนไลน์]. **แผนปฏิบัติราชการ 5 ปี พ.ศ. 2563 – 2567 ของกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม.** [สืบค้นวันที่ 10 เมษายน 2564]. จาก https://www.mdes.go.th/about/detail/502-แผนยุทธศาสตร์- ระยะ-5-ปี-พ-ศ--2563---พ-ศ--2567—กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม

คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. (2558). [ออนไลน์]. **โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการการออกแบบและจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงในชั้นเรียน.** [สืบค้นวันที่ 10 เมษายน 2564]. จาก https://acrd.tu.ac.th/excellence/ activity/ 2558/ActiveLearning/TransformativeLearning.pdf

ซอฟต์โทนิค อินเตอร์เนชันแนล (2566). [ออนไลน์]. **สร้างโมเดล 3 มิติด้วยแอพฟรีนี้.** [สืบค้นวันที่ 10 เมษายน 2564]. จาก https://tinkercad.softonic-th.com/iphone

วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก, (2017) “**Smart Students**.” กลุ่มงานมาตรฐานวิชาการ : กรุงเทพมหานคร.

ณัฐกานต์ ประจันบาน และคณะ (2021). “การพัฒนาเครื่องมือวัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงของนิสิตบัณฑิตศึกษา.” **Journal of Education Naresuan University**. Vol.23 No.2 : 281-294.

ดุรงค์ฤทธิ์ ตรีภาค และ พีรยศ ภมรศิลปะธรรม. (2558). “การพิมพ์สามมิติ: เทคโนโลยีเปลี่ยนโลกสุขภาพ 3D Printing: Technology that Changes the Health World.” **วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ**. ปีที่ 10 ฉบับที่ 4 : 199-205.

ทรงสุดา หมื่นไธสง และคณะ, (2561). “การเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลงสำหรับนักศึกษาพยาบาล.” **วารสารวิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย.** ปีที่ 8 ฉบับพิเศษ (ตุลาคม) : 150-163.

นัทธีรัตน์ พีระพันธุ์, (2560). “การพัฒนา Studio TECH in TEACH ในการส่งเสริมสมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษาสำหรับนิสิตครู.” **วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**. ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (สิงหาคม – ธันวาคม) : 110-127.

บริษัท ยู.เอส.ดับเบิ้ลยู จำกัด. (2015). [ออนไลน์]. **CNC machine**. [สืบค้นวันที่ 10 เมษายน 2564]. จาก https://www.uswcnc.com/ 16993483/cnc-machine

ประคอง กรรณสูต. (2542). **สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพแห่งจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

ประสิทธิ์ ไชยศรี. (2557). [ออนไลน์]. **การพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของสภาคณาจารย์และข้าราชการในการบริหารงานมหาวิทยาลัยราชภัฏ**. [สืบค้นวันที่ 10 เมษายน 2564]. จาก https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?

พิศิษฐ์ พลธนะ, นภดล เลือดนักรบ และภราดร ยิ่งยวด. (2562). “การพัฒนารูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์และความฉลาดทางอารมณ์ของผู้นำนักศึกษา.” **วารสารวิชาการสาธารณสุข**. ปีที่ 28 ฉบับพิเศษ (พฤษภาคม– มิถุนายน) : 42-52.

ภูริตา สายะวารานนท์. (2562). **การพัฒนารูปแบบชุมชนนักปฏิบัติเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีพัฒนาความสามารถมนุษย์ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและนวัตกรรมเพื่อองค์กรสมรรถนะสูง.** วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารเพื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

มาโนชญ์ แสงศิริ, (2561). [ออนไลน์]. **Micro: bit ไมโครคอนโทรเลอร์สำหรับการเรียนรู้.** [สืบค้นวันที่ 10 เมษายน 2564]. จาก https://www.scimath.org/article-technology/item/8667-micro-bit

เมธาสิทธิ์ มีสวยสินธุ์. (2558). **การพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อเสริมสร้างการเห็นคุณค่าแท้ในตนเองของเยาวชนชายที่กระทำผิดคดีความรุนแรง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษานอกระบบโรงเรียน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เยาวลักษณ์ มีบุญมาก และคณะ (2560). “การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง: การนำไปใช้ในการศึกษาพยาบาล.” **วารสารวิชาการเฉลิมกาญจนา**. ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 : 58-67.

ละเอียด แจ่มจันทร์, รวิภา บุญชูช่วย, & สุนีย์ อินทรสิงห์. (2557). “การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง: ถอดบทเรียนจากการเรียนการสอน สาขาพยาบาลศาสตร์” **Nursing Journal of The Ministry of Public Health**. ปีที่ 24 ฉบับที่ 3 : 1-14.

สถาบันเทคโนโลยีการผลิตสุมิพล, (2566). [ออนไลน์]. **นิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ ระยอง.** [สืบค้นวันที่ [10 เมษายน 2564]. จาก https://www.simtec.or.th/about-us/

สถาพร อยู่สมบูรณ์. (2561). **ระบบการเรียนรู้วิศวกรรมฝังตัวบนสังคมคลาวด์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลงานสร้างสรรค์.** วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2547). **การวัดทักษะการปฏิบัติ.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัฒน์ วงษ์จำปา. (2565). [ออนไลน์]. **3D Printing สุดยอดนวัตกรรมทางเทคโนโลยีการพิมพ์ (ตอนที่ 1)**. [สืบค้นวันที่ 10 เมษายน 2564]. จาก https://www.scimath.org/article- technology/item/12478-3d-printing-1

เสาวนีย์ ชูจันทร์ และรณชัย คนบุญ. (2563). [ออนไลน์]. **การเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง : มุมมองการศึกษาสำหรับนักศึกษาพยาบาลในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019**. [สืบค้นวันที่ 10 เมษายน 2564]. จาก http://blog.bru.ac.th/wp- content/uploads/2020/09/TRANSFORMATIVE.pdf

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) (2563). [ออนไลน์]. **โครงการโรงประลองต้นแบบทางวิศวกรรม (Fabrication Lab) เพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรแก่เด็กและเยาวชนไทย.** [สืบค้นวันที่ 10 เมษายน 2564]. จาก https://www.nstda.or.th/home/mission_post/fablab/

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2561). **รายงานประจำปี 2561 สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ / สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.** กรุงเทพมหานคร : สำนักงาน.

ศรีประไพ อินทร์ชัยเทพ, (2562). “การเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง : การจัดการเรียนรู้ทางการพยาบาลในคลินิก.” **วารสารวิชาการสุขภาพภาคเหนือ**. ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน) : 1-10

อรพรรณ คงมาลัย, (2562). “บทบาทของนวัตกรรมองค์กร สมรรถนะเชิงนวัตกรรม และการถ่ายโอนความรู้ ต่อนวัตกรรมของธนาคารพาณิชย์ในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล.” **WMS Journal of Management Walailak University.** Vol.8 No.1 (Jan–Mar) : 34 – 42.

ออติกเลเซอร์, (2566). [ออนไลน์]. **เครื่องตัดเลเซอร์ รุ่น MC 90**. [สืบค้นวันที่ 10 เมษายน 2564]. จาก https://www.audiclaser.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538720121&Ntype=1

ภาษาอังกฤษ

Aburas, S., Ewing, P. and Jacobs, A. T. (2016). [online]. **Robotic Material Renaissance: Industrial Robotic Arms for Architects** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://research.perkinswill.com/wp-content/uploads/2021/02/Updated_Robotic-Material-Renaissance-Industrial-Robotic-Arms-for-Architects_2016.pdf

Agkathidis, A. et al. (2010). **Digital Manufacturing in Design and Architecture**. BIS : Amsterdam, Netherlands.

Amabile, T. M. (1982). Social psychology of creativity: A consensual assessment technique. **Journal of Personality and Social Psychology**. Vol. 43 No.5 : 997–1013.

Andersen, H. V. and Pitkanen, K. (2019). Empowering educators by developing professional practice in digital fabrication and design thinking. **International Journal of Child-Computer Interaction.** Vol. 21 : 1-16.

Andreev, I. (2023). [online]. **Transformative Learning** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://www.valamis.com/hub/transformative-learning

Applicad Public Company, (2021). [online]. **6 reasons why you must choose to use AutoCAD LT**. [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://cutt.ly/pw1DIR7t

Baer, J. and McKool, S. (2021). [online]. **The Consensual Assessment Technique.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://www.creativehuddle.co.uk/post/the-consensual-assessment-technique

Baijo, (n.d). (2020). [online]. **Digital Fabrication, a Primer.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://batjo.eu/digital-fabrication/

Bangkokgis, (2023). [online]. **Basic knowledge about 3D Printer**. [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from http://www.bangkokgis.com/bangkokgis_2008//system_file/-t1430102446.pdf

Beer, N. (2019). **Designing a Rubric to Measure Elements of Transformative Learning in Online Learning: A Case Study of a FutureLearn MOOC.** Journal of Interactive Media in Education. Vol. 1 No. 17 : 1–11.

Besemer, S. P., & Treffinger, D. J. (1981). **Analysis of creative products: Review and synthesis.** The Journal of Creative Behavior. Vol. 15 No.3 : 158–178.

Besemer, S. P. & O'Quin, k. (1999). **Confirming the Three-Factor Creative Product Analysis Matrix Model in an American Sample**. Creativity Research Journal. Vol. 12 No. 4 : 287–296.

Boydadmin, (2023). [online]. **Innovation Competency Model**. [Retrieved 14 Feb 2021]. Available from https://www.sitsite.com/innovation-competency-model/

Bozic, Y. N. (2017). Integrated Model of Innovative Competence**. Journal of Creativity and Business Innovation**. Vol. 3 : 140-169.

Briskman, L. (1980). Creative product and creative process in science and art. **Inquiry**. Vol. 23 No. 1 : 83-106.

Brock, S. E. (2009). Measuring the Importance of Precursor Steps to Transformative Learning**. Adult Education Quarterly**. Vol. 60 No. 2 : 122–142.

Brown, D. (2021). [online]. **FABulous Facts: The History of Fab Labs.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://uvmfablab.net/2021/05/07/fabulous- facts-the-history-of-fab-labs/

Freire, P. (1993). **Pedagogy of the Oppressed.** Continuun, New York.

Campbell, D. & Stanley, J. (1963). **Experimental and quasi-experimental designs for research.** Chicago, IL: Rand-McNally.

Cascini, G. et al. (2020). Exploring the Use of AR Technology for Co-Creative Product and Packaging Design. **Computers in Industry**. Vol. 123 : 13, 1-17.

Certified oProfessional. (2017). **Promoting Innovation Competency framework for Certified Professional.** EIT Climate-KIC: European Union.

Chacon, R. and Oller, S. (2016). Designing Experiments Using Digital Fabrication in Structural Dynamics. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice.** Vol. 143 No. 3 : 05016011-1 - 05016011-9.

Chaijaroen Tech. (2024). [online]. **Laser cutting machine What are its features and working principles?.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available https://www.chi.co.th/article/article-844/

Chan, M. M. , & Blikstein, P. (2018). **Exploring Problem-Based Learning for Middle School Design and Engineering Education in Digital Fabrication Laboratories. Interdisciplinary. Journal of Problem-Based Learning**. Vol. 12 No. 2.

Charyton, C., Ivcevic, Z., Plucker, J. A. and Kaufman, J. C. (2009). **Creativity Assessment in Higher Education. In Handbook of Research on Assessment Technologies, Methods, and Applications in Higher Education.** IGI Global.

Cornetta, Gianluca, Francisco Javier Mateos, Abdellah Touhafi, and Gabriel Miro Muntean. (2019). Modelling and Simulation of a Cloud Platform for Sharing Distributed Digital Fabrication Resources**. Computers**. Vol. 8 No. 2 : 1–29.

Cropley, D., & Cropley, A. (2005). **Engineering Creativity: A Systems Concept of Functional Creativity. In J. C. Kaufman & J. Baer (Eds.), Creativity across domains: Faces of the muse**. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Cropley, A. & Cropley, D. H. (2015). **Creativity in engineering: New solutions to complex problems.** San Diego, CA: Academic Press.

FabLabNI, (2013). [online]. **WHAT IS A FABLAB?.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from http://www.fablabni.com/what-fablab.html

Fab Lab4Shool. (2016). [online]. **What is Fab Lab4School?.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from http://fablab4school.fi/ May 2016

Formlabs, (2022). [online]. **Digital Fabrication 101.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available form https://formlabs.com/asia/blog/digitalfabrication101/?fbclid= IwAR1uCf UWVSoz8v3duzo6TqipiQIrDLbDSbW_BdPy7plO0rb9NLZTw26w-qA

Freire, P. (1970). **Pedagogy of the Oppressed.** New York: Seabury Press.

Gadjanski, I., Cantrak, D., Matijevic, M., & Prodanovic, R., (2015). Stimulating innovations from university through the use of digital fabrication–case study of the SciFabLab at Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade. **WBCInno2015 International conference, Novi Sad, Serbia, September 18th**.

Goldenberg, J. and Mazursky, D. (2002). **Creativity in product innovation.** Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

Habermas, J. (1991). **The theory of communicative action.** Thomas McCarthy,Trans. Boston:Beacon Press.

Hamid, M., Tolba, O., & El Antably, A. (2018). BIM semantics for digital Fabrication : A knowledge-based approach. **Automation in Construction**. Vol. 91 (October) : 62–82.

Hardy, G. & Chapman, O. (2022). Experiences contributing to professional identity transformation among medical laboratory professional students. **Journal of Transformative Learning.** Vol. 9 No. 1 : 63–79.

Hutchinson, S. E., and Sawyer, S. C. (2000). **Computers, Communications, and Information : A User's Introduction: Core Version**. McGraw-Hill School Education Group.

Imaniawan, F. F. D., Pratmanto, D., Rijanandi, T., & Silvia, A. (2023). Designing an Animal Adoption and Social Media Information System Using the Sdlc Waterfall Method. **Jurnal Teknoinfo**. Vol. 17 No. 1 : 212.

IRobust. (2021). [online]. **Software Testing Basic.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available form https://codinggun.com/testing/

John, V. M. (2016). Transformative learning challenges in a context of trauma and fear : an educator's story. **Australian Journal of Adult Learning**. Vol. 56 No. 2 : 268-288.

Karatepe, E. et al (2020). Combining Digital and Analog Fabrication: a Freeform Gridshell Structure as an Urban Furniture Experiment in a Public Space. **Conference : Architecture, Technology, and Innovation ATI 2020 "Smart Buildings, Smart Cities"At: Izmir, Turkey**

Keinanen, M., Ursin, J., & Nissinen, K. (2018). How to measure students' innovation competences in higher education: Evaluation of an assessment tool in authentic learning environments**. Studies in Educational Evaluation**. Vol. 58 (October) : 30–36.

Krisada Vivek, (2018). [online]. **Digital** Fabrication 101. [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available form https://krseisenh.medium.com/digital-fabrication-101-129a96d80460

Kuhn, T. S. (1962). **The structure of scientific revolutions.** University of Chicago Press: Chicago.

Lee, J. S., Kwon, N., Ham, N. H., Kim, J. J., & Ahn, Y. H. (2019). BIM-Based Digital Fabrication Process for a Free-Form Building Project in South Korea. **Advances in Civil Engineering**. Vol. 2019 : 1-18.

Lei, D., Hitt, M.A., & Bettis, R. (1996). Dynamic core competences through meta- learning and strategic context. **Journal of Management**. Vol. 226 No. 4 : 549–569.

Lewis and Clark, (2017). [online]. **St. Louis Confluence Fablab_2017.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://www.lc.edu/community-visitors/st-louis-confluence-fab-lab/index.html

Lorenzo, C., Lorenzo, E., Cornetta, G., Muntean, G. M., & Togou, M. A. (2018). Designing, Testing and Adapting To Create a Distributed Learning Program in Open Design and Digital Fabrication. **ICERI2018 Proceedings, Seville, Spain**. 12-14, November : 8097–8105.

Madatech. (2014). [online]. **What is a Fab-Lab?.** [Retrieved 14 Feb 2021]. Available from https://www.madatech.org.il/en/what-is-a-fab-lab-Marin-Garcia, J. A., Pérez-

Peñalver, M. J., & Watts, F. (2013). How to assess innovation competence in Services : The case of university students**. Direcciony Organizacion**. Vol. 50 (July) : 48–62.

Mezirow, J. (1991). **Transformative dimensions of adult learning.** Jossey Bass Publisher, San Francisco.

Mezirow, Jack. (1994). Understanding Transformation Theory. **Adult Education Quarterly**. Vol. 44 No. 4 : 222–32.

Mezirow, J. (2000). **Learning as transformation: critical perspectives on a theory in progress.** The Jossey-Bass higher and adult education series: ERIC.

M Report, (2563). [online]. **SOLIDWORKS from Metro Systems is the right answer for design software.** [Retrieved 14 Feb 2021]. Available from : https://cutt.ly/Rw1Giuv1

Mykhailenko, O., & Blayone, T. (2019). [online]. **Postindustrial higher education through The prism of technology, freedom, leadership and culture: The results of Ukrainian-Canadian pilot study of digital competences and cultural values of students and teachers. Educational Trends**. [Retrieved 14 Feb 2021]. Available from http://www.edu-trends.info/uoit-project/

NECTEC. (2023). [online]. **Microcontroller**. [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://www.nectec.or.th/schoolnet/ library/webcontest2003/100team/dlnes 137/am/Microcontroller.html

NTNU. (nd.). [online]. **FabLab NTNU**. [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://www.ntnu.edu/fablab

OECD/EU. (2019). **Supporting Entrepreneurship and Innovation in Higher Education In Italy, OECD Skills Studies.** OECD Publishing, Paris.

Ovbiagbonhia, A. R., Kollöffel, B., & Brok, P. den. (2019). Educating for innovation: students' perceptions of the learning environment and of their own innovation competence. **Learning Environments Research**. Vol. 22 : 387–407.

Partnership for 21st Century Skills. (2012). [online]. **Framework for 21st Century Learning**. [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://static.battelleforkids.org/documents /p21/p21_framework_brief.pdf

Pitkänen, K., Iwata, M., & Laru, J. (2019). Supporting Fab Lab facilitators to develop pedagogical practices to improve learning in digital fabrication activities. **ACM International Conference Proceeding Series**.

Poustinchi, E. (2018). Subtractive digital fabrication with actual robot and virtual material using a MARI platform. **International Journal of Architectural Computing**. Vol. 16 No. 4 : 281–294.

Putro, H. T., & Wirasmoyo, W. (2019). The Application of Digital Fabrication in Architecture, Case Study: Prototyping a Scale Model**. Advances in Engineering Research**. Vol.192

ReviverSoft. (2023). [online]. **File extension XYZ.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://www.reviversoft.com/th/file-extensions/xyz

Mawtoload, (2023). [online]. **Rhinoceros 3D 7.31 (Full) Permanently free + how to install and design a model.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://mawtoload.com/rhinoceros-7-rhino-7-full/

Rovinelli, R.J. and Hambleton, R.K. (1977). On the Use of Content Specialists in the Assessment of Criterion-Referenced Test Item Validity. **Tijdschrift Voor Onderwijs Research.** Vol. 2 : 49-60.

Runco, M. A. (1996). Personal creativity: Definition and development is sues. **New Directioa for Child and Adolescent Development**. Vol. 72 : 3-30.

Soomro, S. A., & Georgiev, G. V. (2020). A framework to analyse digital fabrication projects: The role of design creativity**. Proceedings of the 6th International Conference on Design Creativity, ICDC 2020** : 367–374.

Stavric, M., Wiltsche, A., Tepavčević, B., Stojaković, V., & Raković, M. (2016). Digital fabrication strategies in design education. **In Conference: 4th ECAADe International Regional Workshop: Between Computational Models and Performative Capacities.**

Stork, M., Greene, J., Reyes, C., Carter, T., Dorsainvil, W., Petrekin, T. A., & Rivera, M. (2023). Empowering Educational Leaders through Self-Reflection on Incidents of Race and Ethnicity. **Journal of transformative learning**. Vol. 10 No. 1 : 32-53.

SUPSI, (2023). [online]. **Digital Fabrication Laboratory (FabLab).** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://www.supsi.ch/en/fablab

Sutherland, P., & Crowther, J. (2008). **Lifelong Learning: Concepts and Contexts.** London and New York : Routledge Taylor & Francis Group.

Suthinee Kerdkaew, (2023). [online]. Wokw i: Simulate the online work of EPS32, Arduino, and Raspberry Pi Pico. [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://th.cnx-software.com/2023/04/11/wokwi-simulator-esp32-arduino-raspberry-pi-pico/

Tarricone, P. and Newhouse C. P., (2017). An Investigation of the Reliability of Using Comparative Judgment to Score Creative Products. **Educational Assessment.** Vol. 22, No. 4 : 220–30.

Taylor, I. A., (1975). **An emerging view of creative actions.** In I. A. Taylor, & J. W. Getzels (Eds.), Perspectives in creativity. Chicago: Aldine.

Taylor, E.W., (2007). An Update of Transformative Learning Theory: a critical review of the empirical research (1999-2005). **International Journal of Lifelong Education.** Vol. 26 No. 2 : 173-191.

TechTalkThai, (2022). [online]. **5 free storage servic on the cloud.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://www.techtalkthai.com/the-5-best-free- cloud-storage/

Tippins, M. J. and Sohi, R. S. (2003**).** IT competency and firm performance: is Organizational learning a missing link?. **Strategic Management Journal**. Vol. 24 No. 8 : 745-761.

Transformative Learning Technologies Lab. (2018). [online]. **Vision.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://tltlab.org/about/

Troxler, P. (2016). **Fabrication Laboratories (Fab Labs).** Springer International Publishing Switzerland. 109–127.

UNESCO. (2016). **UNESCO competency framework.** UNESCO: Paris.

Vila, L. E., Perez, P. J., & Coll-Serrano, V. (2014). Innovation at the workplace: Do Professional competencies matter?. **Journal of Business Research**. Vol. 67 No. 5 : 752-757.

Woszczyna, K. S., (2014). **Competencies, Innovation and Entrepreneurship in the theory and Practice of Management.** Dabrowa Górnicza: The University of Dabrowa Górnicza.

WTC COMPUTER, (2020). [online]. **Autocad.** [Retrieved 14 Feb. 2021]. Available from https://wtc.co.th/application-software/autocad/

Yıldırım M. and Yelken Y. T., (2020). The Development of Transformative Learning Scale for Information and Communication Technologies. **Technology, Knowledge and Learning.** Vol. 25, No. 4 : 989–100,.

Yildirim, N., McCann, J., & Zimmerman, J. (2020). Digital Fabrication Tools at Work: Probing Professionals' Current Needs and Desired Futures**. Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings** : 1–13.

Yuan, P. F., Yao, J., Yan, C., Wang, X., & Leach, N. (2020). Developing a Digital Interactive Fabrication. Process in Co-existing Environment. **Proceedings of the 2020 DigitalFUTURES :** 27-35.

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ก-1 รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินงานวิจัยเรื่องรูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	สังกัด
1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิเรก เยาว์วงค์	อาจารย์ประจำ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ ราชนครินทร์
2.	ดร.สถาพร อยู่สมบูรณ์	อาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง
3.	ดร.จักรกฤษณ์ เปรมสมิทธ์	อาจารย์ประจำ สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีการผลิตและสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
4.	ดร.บุรินทร์ นรินทร์	คณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
5.	ดร.กันตภณ มะหาหมัด	คณบดี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
6.	ดร.เอกเทศ แสงลับ	อาจารย์ประจำ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
7.	ดร.ธัญธรณ์ อมรกิจภิญโญ	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ
8.	ดร.ธีรพล ลิ้มศรัทธา	อาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	สังกัด
9.	ดร.วิภาสิทธิ์ หิรัญรัตน์	อาจารย์ประจำ สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
10	ดร.วิษณุ นิตยธรรมกุล	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุวรรณภูมิ วิทยาเขตสุพรรณบุรี
11	ดร.ชุติรัตน์ ประสงค์มณี	ศึกษานิเทศน์ชำนาญการพิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาปทุมธานี เขต 1

ที่ อว ๗๑๐๔.๕/๒๓

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
๑๕๑๘ ถนนประชาราษฎร์ ๑ แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร ๑๐๘๐๐

๑๒ ตุลาคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.กันตภณ มะหาหมัด คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ด้วย นายสันติ โสภาประดิษฐ์ นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยีและสารสนเทศ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์” โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รองศาสตราจารย์ ดร.ปณิตา วรรณพิรุณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือเพื่อการวิจัย โดยนักศึกษาขอติดต่อประสานงานในรายละเอียดโดยตรงด้วยตนเอง ทั้งนี้จะนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเพื่อให้ได้เครื่องมือเพื่อการวิจัยที่เหมาะสม สำหรับประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สวนันท์ แดงประเสริฐ)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยีและสารสนเทศ

ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยีและสารสนเทศ
โทรศัพท์ / โทรสาร ๐๒-๕๘๗-๘๒๕๖
นักศึกษา โทรศัพท์ ๐๘๓-๕๙๓๙๒๔๕

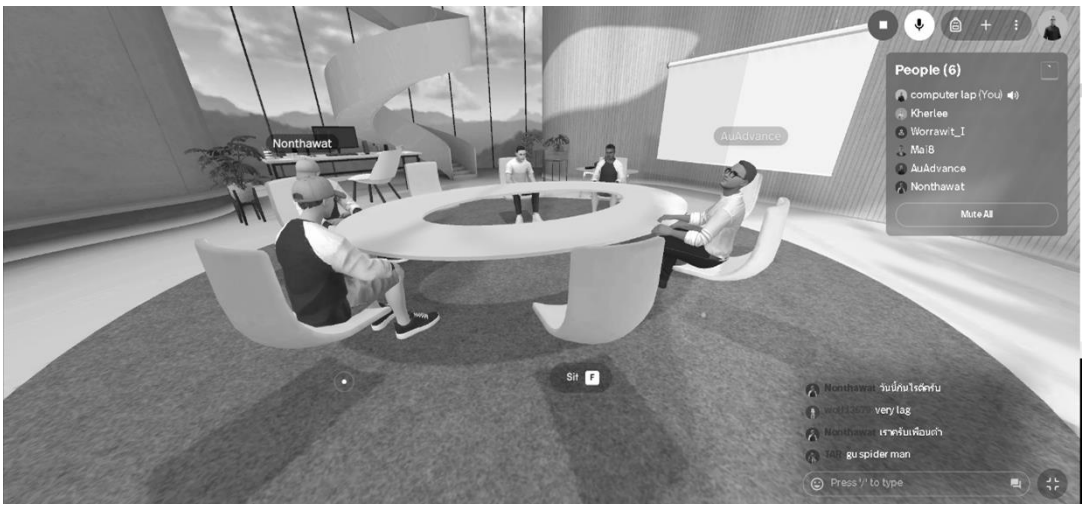
ภาพที่ ก-1 ตัวอย่างหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ

ภาคผนวก ข
ภาพการทดลอง

ภาพที่ ข-1 บรรยากาศห้องเรียนเสมือนจริง 1

ภาพที่ ข-2 บรรยากาศห้องเรียนเสมือนจริง 2

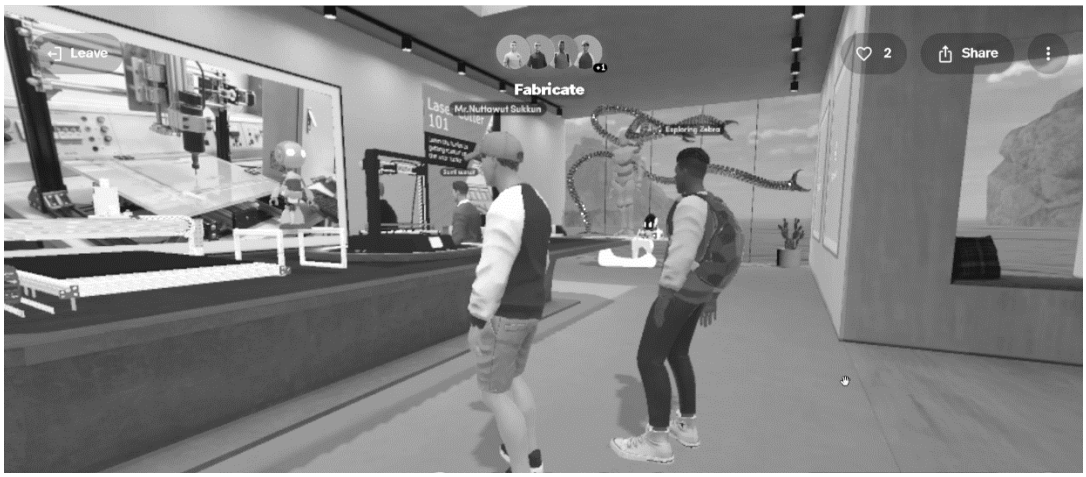
ภาพที่ ข-3 บรรยากาศการออกแบบและเตรียมการ 1



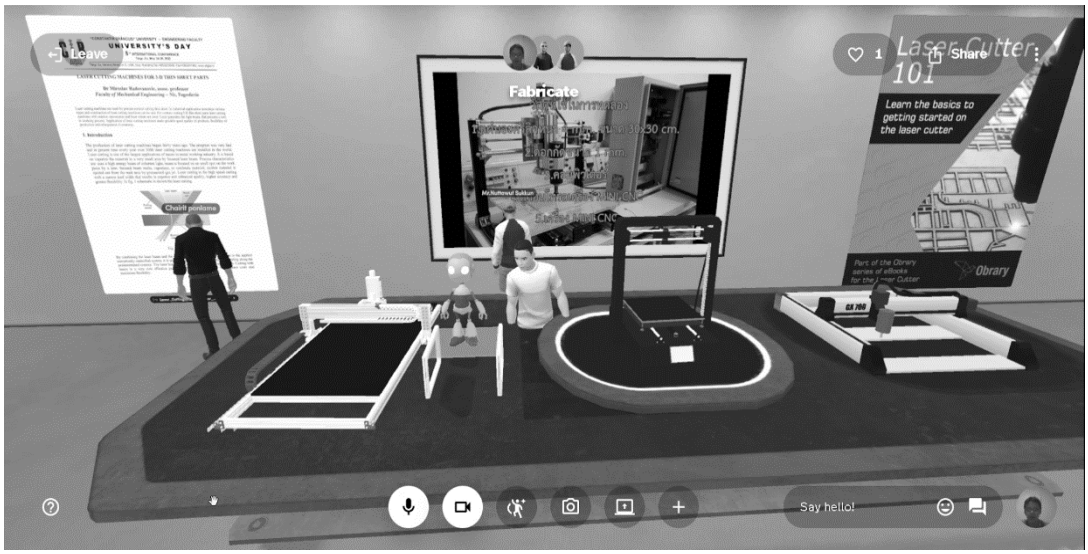
ภาพที่ ข-4 บรรยากาศการออกแบบและเตรียมการ 2

ภาพที่ ข-5 บรรยากาศโรงประลองดิจิทัล 1

ภาพที่ ข-6 บรรยากาศโรงประลองดิจิทัล 2



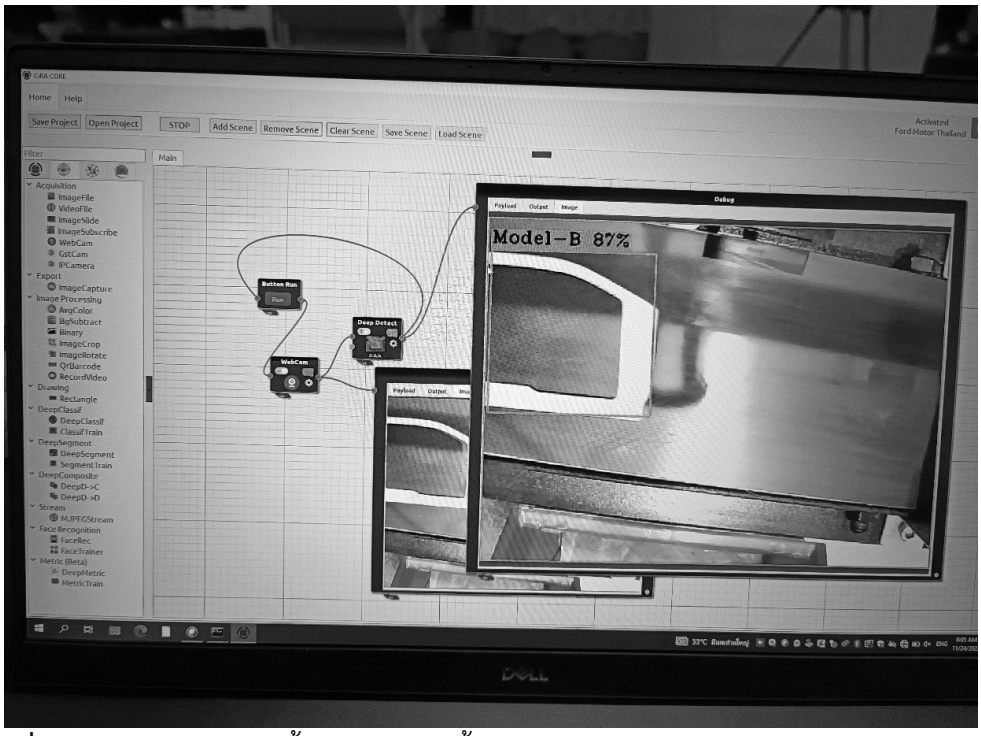
ภาพที่ ข-7 บรรยากาศโรงประลองดิจิทัล 3



ภาพที่ ข-8 บรรยากาศห้องการประกอบและติดตั้ง 1

ภาพที่ ข-9 บรรยากาศห้องการประกอบและติดตั้ง 2

ภาคผนวก ค
ผลงานสร้างสรรค์

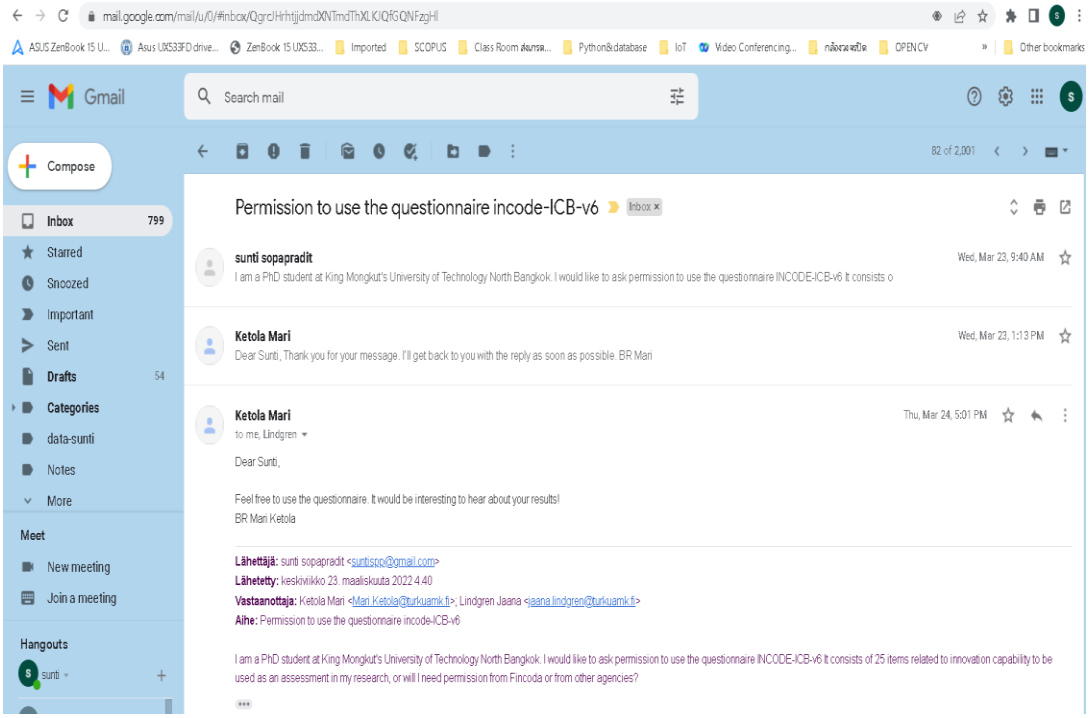


ภาพที่ ค-1 ระบบตรวจสอบชิ้นงานการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Cira core 1

ภาพที่ ค-2 ระบบตรวจสอบชิ้นงานการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Cira core 2

ภาพที่ ค-3 ตู้อบโลหะไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT)

ภาคผนวก ง
เอกสารอนุญาตการใช้แบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรม



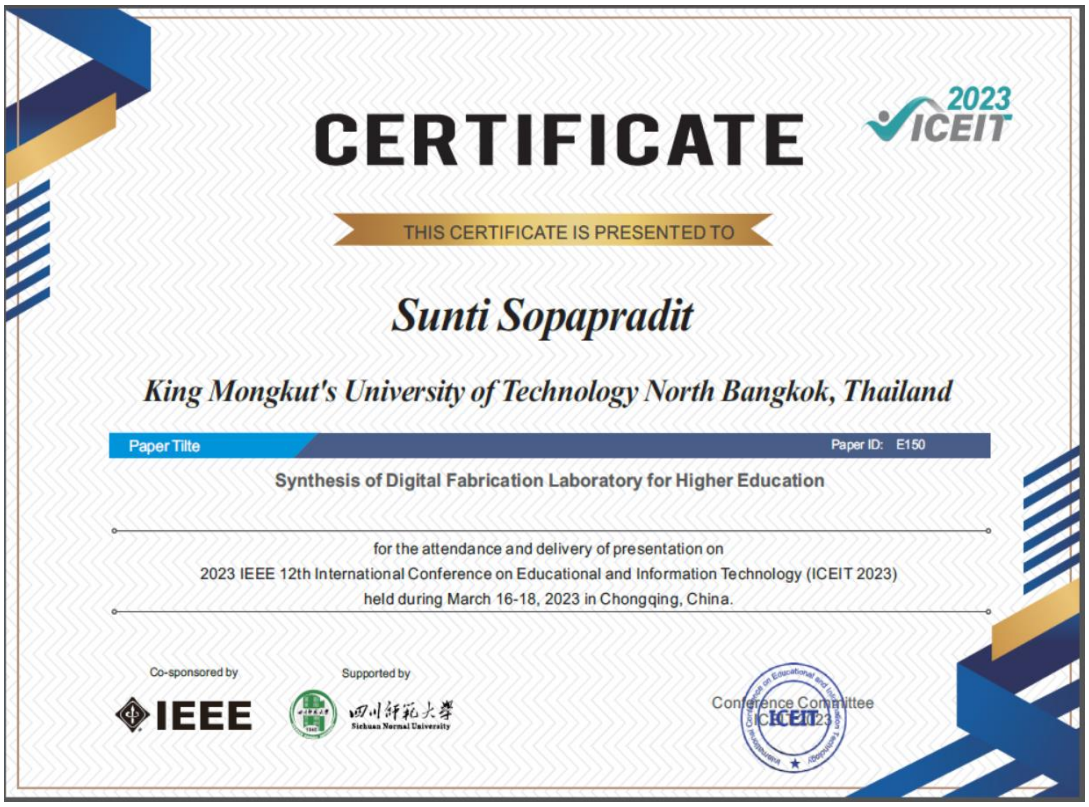
ภาพที่ ง-1 เอกสารอนุญาตการใช้แบบประเมินสมรรถนะนวัตกรรม

ภาคผนวก จ
บทความที่ได้รับการเผยแพร่

การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (International Conference)

Sunti Sopapradit; Prachyanun Nilsook; Panita Wannapiroon.(2023). Synthesis of Digital Fabrication Laboratory for Higher Education. International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT). 16-18 March 2023. DOI: 10.1109/ICEIT57125.2023.10107847

Index: IEEE



ภาพที่ จ-1 ผลงานการนำเสนอผลงานประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติ (IEEE)

2023 IEEE 12th International Conference on Educational and Information Technology

Synthesis of Digital Fabrication Laboratory for Higher Education

Sunti Sopapradit
Division of Information and Communication Technology for Education,
Faculty of Technical Education,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok,
Thailand
suntispp@gmail.com

Prachyanun Nilsook
Division of Information and Communication Technology for Education,
Faculty of Technical Education,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok,
Thailand
prachyanunn@kmutnb.ac.th

Panita Wannapiroon
Division of Information and Communication Technology for Education,
Faculty of Technical Education,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok,
Thailand
panitaw@kmutnb.ac.th

***Abstract*—In this paper, the researcher would like to discuss the processes and components of Digital Fabrication Laboratory for higher education in order to create Digital Fabrication Laboratory for higher education. There are 2 steps of research procedures: 1. gathering information from articles and papers related to the processes and components of the Digital Fabrication Laboratory for higher education, and 2. analyzing and synthesizing the processes and components of Digital Fabrication Laboratory for higher education. The findings revealed that there were 4 processes of Digital Fabrication Laboratory: 1. design, 2. prepare, 3. fabricate, and 4. Assembly and installation. The 4 components of Digital Fabrication Laboratory were 1. hardware, 2. software, 3. material and 4. storage and simulator tools online.**

Keywords*—digital fabrication laboratory, fab lab, higher education

I. Introduction

In the digital era, information and communication technology had advanced quickly as to satisfy the demand for convenience in a variety of areas such as business, medicine, and particularly industry in the 'industrialization 4.0' period. This caused the shift from the utilization of labor to innovation and machinery adaptation. Hence, a wide range of goods were effectively manufactured by the use of special materials [10], in accordance with the unique requirements of each consumer. Due to these changes, the education sector had to alter to stay up with the technological advancement to support the current labor market [28]. Thus, Digital Fabrication Laboratory was developed to enhance academic institutions and lessons.

Digital Fabrication Laboratory is a workshop that supported the 21st century learning and teaching [21] by the processes of playing, creating, learning, mentoring and inventing [22] via modern technological tools such as 3D printer, laser cutting and programs, in order to raise various skills such as innovation skills [23]. Furthermore, Digital Fabrication Laboratory was considered as creative labs that fostered creativity and individual learning, which leaded to knowledge acquiring and innovation value development [24].

According to the previous passage, the researcher decided to study this topic by reviewing papers, articles and research relevant to the required processes and components of Digital Fabrication Laboratory in order to prepare the establishment of Digital Fabrication Laboratory for students of higher education to improve the learners' skills to get ready to explore the career path in the industrialization 4.0 era.

II. Theoretical Background

A. History of Digital Fabrication Laboratory

In 2005, Neil Gershenfeld established the "Digital Fabrication Laboratory" (Fabrication Lab: FabLab) within the Center for Bits and Atoms at the Massachusetts Institute of Technology (MIT) Media Lab. The objectives of this creation were to function as a platform of technological prototyping for creativity and inventiveness, serve as an innovation and learning platform, create a worldwide network of standard procedures and tools, connect to the global community of different groups of users (researchers, technologists, innovators, educators, learners and creators), establish a network for knowledge sharing, and distribute laboratory of invention and study [25].

In 2009, Assistant Professor Dr. Paulo Blikstein of Stanford Graduate School of Education had utilized the concept of Digital Fabrication Laboratory in academic institution to improve the 21st century essential skills and learning potential by implementing Digital Fabrication to improve the 'mindset' or 'goal' of students to be more practical in order to encourage them to adopt the innovator habits [26].

B. Digital Fabrication Laboratory in Thailand

In 2018, Thailand had developed a policy on 20th February 2008 to fund 'Big Rock Project' after the country recognized the importance of Digital Fabrication Laboratory. This helped Thailand to prepare for the situations in 21st century by reducing the inequality among people, inspiring the new generation to be creative scientifically and technologically, and increase the citizen's potential to use innovative techniques. Big Rock Project was assigned and carried out by the National Science and Technology Development Agency (NSTDA) in order to increase the innovation skills for Thai youth as stated in the 'Science creates human' policy conducted by Ministry of Science and Technology. The project was performed in different academic institutions and Sirindhorn Science Home (SSH - NSTDA). In addition, Big Rock Project provided various

978-1-6654-7550-1/23/$31.00 ©2023 IEEE

engineering and scientific tools such as 3D Printer and Laser Cutter to support activities, raise students and instructors' engineering skills, creativity and ability to innovate workpiece by the utilization of engineering tools and scientific instruments, and inspire them to be interested in engineering and innovation creation careers [27].

III. Research Methodology

This study was divided into 2 steps. In the 1st step, the researcher studied data and information from documents and research related to the processes and components of Digital Fabrication Laboratory. For the 2nd step, the researcher analyzed and synthesized the relevant studies of the processes and components of Digital Fabrication Laboratory as shown in Table I-II and Figure 1.

According to Table I, the analysis and synthesis revealed that there were 4 processes of Digital Fabrication Laboratory: 1. Design [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], 2. Prepare [2], [3], [5], [6], [8], 3. Fabricate [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], and 4. Assembly and Installation [1], [2], [3], [4], [7].

According to Table II, the analysis and synthesis revealed that there were 4 components of Digital Fabrication Laboratory: 1. Hardware [11], [12], [13], [15], [19], [20], and 2. Software [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], 3. Material [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [19], [20], and 4. Storage and online simulation tools online [14], [16], [19], [20].

TABLE I. The process of Digital Fabrication Laboratory

The process of Digital Fabrication Laboratory	Whitten AND Czerwinski [1]	Hamid et al. [2]	Lorenzo et al. [3]	Lee et al. [4]	Putro and Wirasmoyo [5]	Soomro and Georgiev [6]	Yuan et al. [7]	Formlabs [8]	The elements chosen
1. Design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. Prepare		✓	✓		✓	✓		✓	✓
3. Fabricate	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4. Assembly and Installation	✓	✓	✓	✓			✓		✓

TABLE II. The components of Digital Fabrication Laboratory

The Components of Digital Fabrication Laboratory	Yildirim et al. [11]	Gadjanski et al. [12]	Poustinchi [13]	Lorenzo et al. [14]	Karatepe et al. [15]	Soulaf et al. [16]	Soomro et al. [17]	Mellis et al. [18]	Cornetta et al. [19]	Cornetta et al. [20]	The elements chosen
1. Hardware	✓	✓	✓		✓				✓	✓	✓
2. Software	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. Material	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
4. Storage and simulator tools online			✓	✓		✓			✓	✓	✓

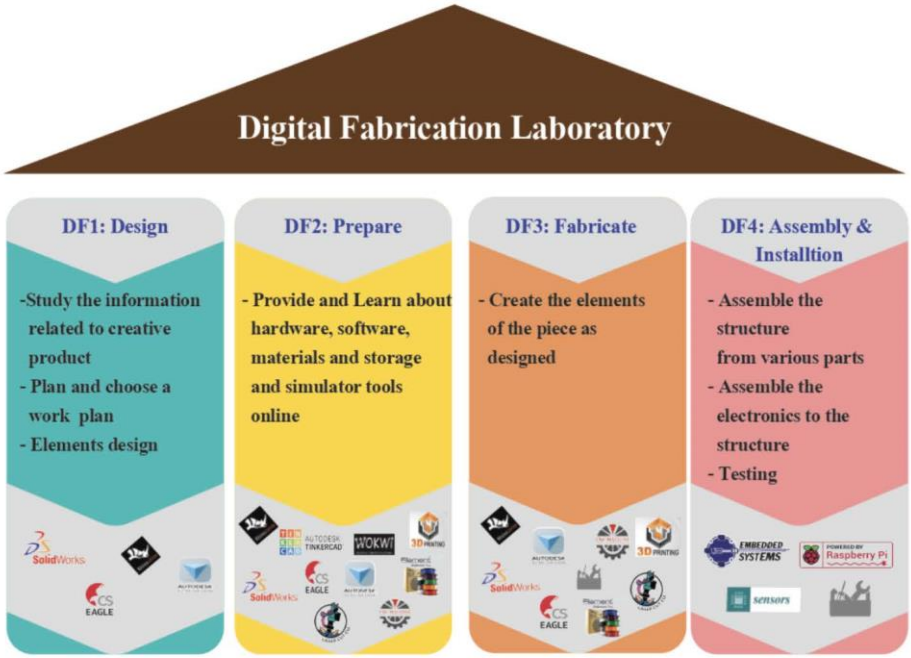


Fig. 1. Digital Fabrication Laboratory for higher Education.

From this study, the researcher would like to introduce the process and components of Digital Fabrication Laboratory as follows:

1) Design: DF1 – In this process, students designed components of creative workpieces. Moreover, Students planned each step and chose the plans and designed and create parts for each workpiece via programs such as Solid Work, Autocad and Rhino.

2) Prepare: DF2 – In this process, students had to prepare the 4 components of the Digital Fabrication Laboratory as follows:

a) Hardware: The user group had to seek for the digital tools such as 3D printing device, computer numerical controlled (CNC) milling machine, laser cutting tool for create workpiece.

b) Software: The student had to find programs for simulation to print and cut the workpieces to the desired shape by controlling the cutting or drilling speed.

c) Material: The student was required to obtain enough of the right kinds of materials, such as PLA, ABS and Nylon (PA) filament to be suitably for each type of workpiece.

d) Storage and simulation tools online: In this process, The instructor had to provide storage and simulator tools that supported student to study and practice to use tools.

3) Fabricate: DF3 – In this process, the students created the workpieces via programs like Solid work, Autodesk 123 Design, Rhino and CS Eagle from step 1. Then, the workpieces would be built by 3D printing, Laser Cutting and CNC machines.

4) Assembly and Installation: DF4 – In In this process, the students proceeded to assemble different parts of the structure of workpieces and added electronic devices such as Sensors, Microcontrollers to the workpiece to control and enable various designed functions and features. Then, the students perform a functional test of the work piece.

According to the presentation about the teaching and learning processes that integrated 4-step digital fabrication, the researcher would like to conclude the findings of this study as follows: The teaching and learning processes that integrated 4-step digital fabrication could satisfy the 21st century teaching and learning that emphasized on critical thinking, planning and actual operating. The learning process was also supportive and continuous in every step. The first procedure was 'Design', which was crucial to students since they were required to study, plan and select different data that could satisfy workpiece

development. Furthermore, the students had to design their workpieces in 3D program in order to be able to see the overall of digital workpiece. The second step was important, because students needed to study different data about characteristics and features of hardware, software, various materials, storage, and online simulator tools. Additionally, students had to use each factor to be suitable for the component creation. In step 3, students had to assemble the workpiece in the program by following the feasible details. This helped students to see the workpiece from different perspectives, and fix the workpiece before the actual demonstration. Then, students developed their own workpieces by the implementation of modern technology as planned. For step 4 or 'Assembly and Installation', students had to demonstrate the actual workpiece development by using their selected knowledge, technique and device to assemble and test the workpiece to be according to what they had designed in the first step.

IV. Discussion

Based on the analysis and synthesis of research on the processes and components of the Digital Fabrication Laboratory, this article discusses these processes and components. The results of this study revealed 4 processed of Digital Fabrication Laboratory: 1) Design: DF1 2) Prepare: DF2 3) Fabricate: DF3 and 4) Assembly and Installation: DF4 as follows: 1. Design: DF1 was the first process of Digital Fabrication Laboratory, which allowed student to design their creative work piece via supporting programs such as Solid Work, Autocad and Rhino. This was relevant to the concept proposed by Lewis and Clark Community College [1] that Digital Fabrication Laboratory was knowledge, idea and resource exchanging place. Additionally, the research of Hamid et al. [2] posited that students should study the guidelines and basic knowledge of product component development to realize how they could support the operation. This could be concluded that 'Design' process was an essential step for both designers and fabricators. 2. Prepare: DF2 required student to prepare 4 components of Digital Fabrication Laboratory as follows: 2.1 Hardware was the component that supported students to create parts of their work piece successfully such as 3D printing machine and Computer Numeric Controlled (CNC) milling device, as stated in the study of Gadjanski et al. [12] about 'Stimulating innovations from university through the use of digital fabrication – case study of the SciFabLab at Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade'. 2.2 Software was the component that helped student to practice realistic designing 3-dimension model via different programs such as Solid work and Autodesk 123 Design, as mentioned in the research of Lorenzo et al. [14] about 'Designing, testing and adapting to create a distributed learning program in open design and digital fabrication'. 2.3 Material was an important component to be utilized to build the masterpiece that had different functions and features. Thus, it was a must for students to learn various categories of materials in order to choose the most suitable material for their work such as PLA Filament, ABS Filament, Nylon (PA) and Electronic components, as stated in the study of Gadjanski et al. [12] and Soulaf et al. [16]. And 2.4 Storage and online simulation tools were referred to devices and tools that students could implement to practice designing 3-dimension model and using electronic devices. Moreover, student could use this component to store and arrange both big data and numerous information, as shown in the study of Poustinchi [13]. 3. Fabricate: DF3 was the process of model and work piece fabrication by the utilization of software and hardware. The research of Formlabs [8] suggested that students were required to have both software and hardware in hands to proceed this process. And 4. Assembly and Installation: DF4 was the process of assembling components from each procedure into the work piece. This step also included installing and testing different electronic devices (Ex. Sensors, Microcontroller) to check their performance, functions and features. This process was mentioned in the study proposed by Lee et al. [4] about a digital fabrication process for prefabricated parts. Apart from component assembling, this process also consisted of material installation, which allowed the work piece to operate successfully according to its designed functions.

V. Conclusion

The Digital Fabrication Laboratory is the 21st century classroom that encouraged student's creativity and academic growth. This also contained a variety of skill development programs that aided pupils in coming up with new ideas. Thus, the higher education sector should focus and utilize the Digital Fabrication Laboratory in instruction more.

Acknowledgment

The researchers would like to express their gratitude to the Graduate College at King Mongkut's University of Technology in North Bangkok for supporting this study.

References

[1] T.Whitten, S.Czerwinski, "St. Louis Confluence Fab Lab at Lewis and Clark Community College," 2017, [Online]. Available: https://www.lc.edu/fablab/

[2] M. Hamid, O. Tolba, and A. El Antably, "BIM semantics for digital fabrication: A knowledge-based approach," Autom. Constr., vol. 91, no.October 2016, pp. 62–82, 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2018.02.031.

[3] C. Lorenzo, E. Lorenzo, G. Cornetta, G.-M. Muntean, and M. A. Togou, "Designing, Testing and Adapting To Create a Distributed Learning Program in Open Design and Digital Fabrication," ICERI2018 Proc., vol. 1, no. November, pp. 8097–8105, 2018, doi: 10.21125/iceri.2018.0046.

[4] J. S. Lee, N. Kwon, N. H. Ham, J. J. Kim, and Y. H. Ahn, "BIM-Based Digital Fabrication Process for a Free-Form Building Project in South Korea," Adv. Civ. Eng., vol.2019, no.Vdc, 2019,doi:10.1155/2019/4163625.

[5] H. T. Putro and W. Wirasmoyo, "The Application of Digital Fabrication in Architecture, Case Study: Prototyping a Scale Model," vol. 192, no. EduARCHsia 2019, pp. 1–7, 2020, doi: 10.2991/aer.k.200214.001.

[6] S. A. Soomro and G. V. Georgiev, "A framework to analyse digital fabrication projects: The role of design creativity," Proc. 6th Int. Conf. Des. Creat. ICDC 2020, pp. 367–374, 2020, doi: 10.35199/ICDC.2020.46.

[7] P. F. Yuan, J. Yao, C. Yan, X. Wang, and N. Leach, of the 2020 DigitalFUTURES, no. Cdrf. 2020.

[8] Formlabs, "Digital Fabrication 101", 2022, [Online].Available: https://formlabs.com/asia/blog/digitalfabrication101/?fbclid=IwAR1uCfUWVSoz8v3duzo6TqipiQIrDLbDSbW_BdPy7plO0rb9NLZTw26w-qA

[9] A.Thanyatorn, " The Structural Equation Model of Mobile Cloud Learning Acceptance for Higher Education Students in the 21st Century," 2017, Information and Communication Technology for Education King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[10] National Science and Technology Development Agency ,"Industry 4.0: Guidelines for the Industry of the Future," 2017, [Online]. Available: https://www.nstda.or.th/home/knowledge_post/industry-4-0/

[11] N. Yildirim, J. McCann, and J. Zimmerman, "Digital Fabrication Tools at Work: Probing Professionals' Current Needs and Desired Futures,"Conf.

Hum. Factors Comput. Syst. - Proc., pp. 1–13, 2020, doi: 10.1145/3313831.3376621.

[12] I. Gadjanski, Đ. Čantrak, M. Matijević, and ..., "Stimulating innovations from university through the use of digital fabrication–case study of the SciFabLab at Faculty of Mechanical Engineering, University of ...," Proc. ..., 2015, [Online]. Available: http://is.fink.rs/podaci/Milan_Matijevic/50/Stimulating innovations from university through the use of digital fabrication – case study.pdf

[13] E. Poustinchi, "Subtractive digital fabrication with actual robot and virtual material using a MARI platform," Int. J. Archit. Comput., vol. 16, no. 4, pp. 281–294, 2018, doi: 10.1177/1478077118801594.

[14] C. Lorenzo, E. Lorenzo, and E. Chamorro, "Using Drones, 3D Modeling and Digital Fabrication Technologies To Promote Architectural Heritage: a Case Study," ICERI2019 Proc., vol. 1, no. May, pp. 3565–3571, 2019, doi: 10.21125/iceri.2019.0919.

[15] E. Karatepe, M. Morales-Beltran, K. Çetin, B. Selamoğlu, and F. Özbey, "Combining Digital and Analog Fabrication: a Freeform Gridshell Structure as an Urban Furniture Experiment in a Public Space," Proc. ATI 2020 Smart Build. Smart Cities, no. August, pp. 91 99, 2010.

[16] P. Will, B. Technology, and A. B. Space, "Robotic Material Renaissance : Industrial Robotic Arms for Architects".

[17] S. A. Soomro, H. Casakin, and G. V. Georgiev, "Sustainable design and prototyping using digital fabrication tools for education," Sustain., vol. 13, no. 3, pp. 1–17, 2021, doi: 10.3390/su13031196.

[18] D. Mellis, S. Follmer, B. Hartmann, L. Buechley, and M. D. Gross,4 "FAB at CHI: Digital Fabrication Tools, Design, and Community," Conf. Hum. Factors Comput. Syst. - Proc., vol. 2013-April, pp. 3307 –3310, 2013, doi: 10.1145/2468356.2479673.

[19] G. Cornetta, F. J. Mateos, A. Touhafi, and G. M. Muntean, "Modelling and simulation of a cloud platform for sharing distributed digital fabrication resources," Computers, vol. 8, no. 2, pp. 1–29, 2019, doi:10.3390/computers8020047.

[20] G. Cornetta, J. Mateos, A. Touhafi, and G. M. Muntean, "Design, simulation and testing of a cloud platform for sharing digital fabrication resources for education," J. Cloud Comput., vol. 8, no. 1, 2019, doi:10.1186/s13677-019-0135-x.

[21] Smit, R. C. FABLAB schools EU Towards Digital Smart, Entrepreneurial and Innovative Pupils: Methodological principles of educational digital fabrication, 2018. [Online]. Available: https://fablabproject.eu/wp-content/uploads/fablab-methodological principles-EN.pdf

[22] FAB LAB?2021 , [Online].Available:https://fabfoundation.org /gettingstarted /#:~:text=%2F, What%20is%20a%20Fab%20Lab%3F ,to%20make%20(almost)% 20anything

[23] The NME ICT initiative of MHRD. (2020). Digital Fabrication and Project Development. [Online]. Available: http://vlab.amrita.edu/?sub=3&brch=106&sim=1378&cnt=1

[24] S. Schmidt, In the Making: Open Creative Labs as an Emerging Topic in Economic Geography? Geogr. Compass 2019, 13, e12463. [CrossRef]

[25] FAB LAB MAKER HUB. HISTORY OF FAB LABS. 2022 , [Online]. Available: https://makerhub.ie/?page_id=204

[26] .DARUNSIKKHALAI SCHOOL. What is FabLearn Lab?, 2018 https://t.ly/i0N4

[27] The National Science and Technology Development Agency. Fabrication Lab to develop innovative skills for Thai children and youth , 2020 [Online]. Available: https://www.nstda.or.th/fablab/about-us.html

[28] S. Srisawat, P. Wannapiroon, and P. Nilsook, "A review of the elements of a fabrication laboratory to develop engineering prototypes," 2022 Int. Conf. Decis. Aid Sci. Appl. DASA 2022, pp. 1122–1126, 2022, doi: 10.1109/DASA54658.2022.9765186.

บทความวิจัย

TRANSFORMATIVE LEARNING MODEL WITH DIGITAL FABRICATION LABORATORY TO ENHANCE INNOVATION COMPETENCY AND CREATIVE PRODUCT

SUNTI SOPAPRADIT[1], PRACHYANUN NILSOOK[2] & PANITA WANNAPIROON[3]

[1] Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
E-mail: [1]Suntispp@gmail.com

ABSTRACT

This research's objectives were 1. To develop system of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product. 2. To study the results of the demonstration system. The study included 2 process: 1) the development system of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product, and 2) the result of the demonstration system. The use of transformative learning with digital fabrication laboratory was demonstrated to students in Southeast Bangkok College who registered for the 'Industry Innovation Laboratory' subject in their first semester of B.E. 2565. The findings revealed that the scores with regard to 1) the curriculum, 2) the context quality, 3) the quality of the lecturing media, and 4) the quality of the learning system were rated as being at the highest level. Moreover, after studying the subject, the experimental group had greater innovation competency scores than they exhibited prior to the learning process. In addition, the experimental group had higher scores with regard to innovation competency and creative product after studying than the control group and the criteria. A system of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product is a new teaching model that can develop students' skills in the 21st century. Therefore, it should be applied to other subjects in this field by only subjects that are practiced so that students can develop their own skills.

Keywords: *Transformative Learning, Digital Fabrication Laboratory, Innovation Competency, Creative Product*

1. INTRODUCTION

In the digital era, information and communication technology (ICT) is a tool that assists in many aspects of everyday life such as working, communicating, and teaching. Additionally, ICT also supports the country's development in various industries [1] such as business, medicine and other industries included in the 'industrialization 4.0' era. This has resulted in a shift from labour utilization to innovation and mechanical adaptation. Thus, a broad range of goods are now efficiently produced by using customized materials in line with each consumer's particular requirements [2]. As previously mentioned with regard to change, the education industry needs to adapt by designing learning models that can handle change in order to keep pace with technological improvements in such a way as to facilitate students' entry into the labor market.

Transformative learning is considered as a model that emphasizes the learners' ability to reflect on their own experiences based on their personal thoughts, feelings, and beliefs. This affects the learner's daily life, interaction with other people, and the environment around them. The transformative learning process focuses on allowing students to participate in experiments in order to obtain direct experience in a variety of learning areas, especially in terms of exploring and challenging their own values and beliefs. This leads to better consideration and observation that supports the students when it comes to seeing the root causes of problems [3]. The students can also share what they obtain with each other to find a solution [4]. Nowadays, modern technology associated with teaching and learning is being used to develop a new paradigm for learning in order to make students more efficient and proficient in a variety of areas [5] such as with regard to skills related to research, analysis, synthesis, reflection, creativity and imagination [6]. This helped students to develop a range of innovation [7].

As mentioned in the previous paragraph, transformative learning is a learning paradigm that encourages students to innovate. In order to do so there must be a study location where students may experiment and practice. Digital fabrication

laboratories have been widely utilized to develop innovation [8], [9], [10]. This consisted of learning systems and modern technology equipment in terms of both hardware and software [9], [11]. The digital fabrication laboratory is a teaching and creative design [12] that encourages students to engage in innovation. Such a laboratory may be outfitted with a variety of high-tech equipment and devices such as laser cutting machines for 2D & 3D model-making, CNC milling machines for making circuit boards and specific parts, 3D printing machines, and scanners. These devices use computer software to operate them in order to manufacture items [13] as a change from abstract thought to be in favor of practical material output [14]. Additionally,a digital fabrication laboratory is also a place where students and technologists may share and generate knowledge in a variety of sectors [13], [15].

From the policy of the industrialization 4.0 era, which the old teaching model cannot respond to, it is necessary to develop a new teaching model to respond to the national policy. Therefore, the researcher decided to develop transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product, as a means of supporting digital learning and technological practice [16] in order for students to have the skills to be able to enter the labor market in the future.

2. RESEARCH OBJECTIVE

2.1 To develop system of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product.
2.2 To study the results of the demonstration system of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product.

2.2.1 To compare innovation competency score of the experimental group before and after studying.

2.2.2 To compare innovation competency and creative product scores of the experimental group and the control group after studying.

2.2.3 To compare innovation competency score of the experimental group after studying and the criteria (60 percent).

2.2.4 To compare creative product scores of the experimental group after studying and the criteria (60 percent).

3. RESEARCH METHODOLOGY

3.1 The development of a system of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product. The details are as follows:

1. The researcher analyzed and synthesized principles, concepts, and theories related to transformative learning (TL) by considering the publications of Mezirow [17], Mayo [18], Sharpe [19], Beer [20], Jacobs [21], Yıldırım and Yelken [22] and Johnson and Olanoff [23] consist 10 processes: 1) Disorienting Dilemma 2) Self-Examination 3) A Critical Assessment of Assumptions 4) A Recognizing of a connection between one's discontent and the process of transformation 5) Exploration of options for new roles, relationships, and actions 6) Planning a course of action 7) Acquiring knowledge and skills for implementing one's plans 8) Provisional Trying of New Roles 9) Building competence and self-confidence in new roles and relationships and 10) A Reintegrating into one's life on the basis of condition dictated by one is new perspective. The researcher found some steps of transformative learning are continuous processes. Therefore, he researcher regrouped the transformative learning steps into 5 steps: TL1) Learning Change: consists of 2 sub-steps: TL1.1: Self-Examination: and TL1.2: Acceptance of Change TL2) Find a new conceptual framework TL3) New Planning TL4) Testing TL5) Integrating new Competency and Perspectives consists of 2 sub-steps: TL5.1: New Competency and TL5.2: New Perspectives as shown in Figure 1.

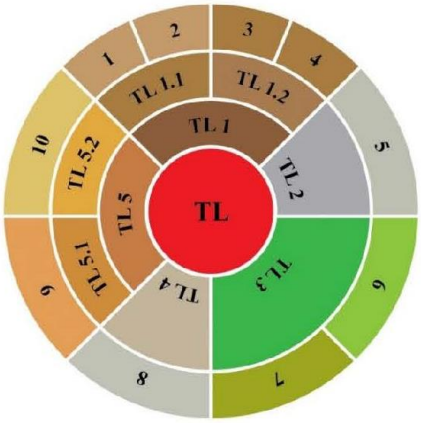


Figure 1: Process of transformative learning

Additionally, The researchers analyzed and synthesized principles, concepts, and theories related to the use of Digital Fabrication Laboratories (DF) by considering the publications of Lewis and Clark [24], Hamid et al. [25], Lorenzo et al. [26], Lee et al. [8], Putro and Wirasmoyo [27], Soomro and Georgiev [9], Hsieh and Chang [10] and Formlabs [28], together with the components of tools used in the Digital Fabrication Laboratory by considering the publications of Yildirim et al. [22], Gadjanski et al [29], Poustinchi [6], Lorenzo et al. [26], Soulaf et al. [30], and Cornetta et al. [11] consist 4 process : 1) Design : DF1 2) Prepare : DF2 consists of 4 tools: 4.1) hardware, 4.2) software, 4.3) material for making the product, and 4.4) online storage and simulator tools. 3) Fabricate : DF3) and 4) Assembly and Installation : DF4) as shown in Figure 2.

Figure 2. Digital Fabrication Laboratories and tools

As mentioned previously, the researcher led the process of transformative learning and digital fabrication laboratory to develop a system of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product. The researcher designed and developed the system according to the concepts of the software development life cycle entitled the Adapted Waterfall model, because this design method is extremely adaptable, with the ability to modify, change, and add functionalities and task modules as needed [31]. It is also consistent with the four-step operational procedure:

Step 1 : Learning Change (TL1) and Finding a New Conceptual Framework (TL2) are components that relate to one another, and are in line with Design (DF1). When the students found that their previous experience of technology was not related to the new technology, they had to find the necessary information and exchange it with other people. This process created new experience related to the new technology. This in turn allowed them to build a new conceptual framework to solve problems related to the new technology. This allowed them to engage in creative product planning leading to a practical outcome.

Step 2 : New Planning (TL3) was consistent to Prepare (DF2). The students used this to arrive at a solution to solve the problem associated with the new technology to create creative product. The students then prepared 4 types of tools for this purpose 1) hardware, 2) software, 3) material for making the product, and 4) online storage and simulator tools. The students also practiced and learned how to use these tools in order to hone their skills.

Step 3 : Testing (TL4) was in line with Fabrication (DF3). This was done according to the plan. The creative product was designed with the use of programs such as Solidworks, Autodesk 123 Design, Rhino and CS Eagle. The product would then be produced using 3D printing, Laser Cutting and CNC machines.

Step 4 : Integrating new Competencies and Perspectives (TL5) was in line with. Assembly and Installation (DF4). After the students had completed testing, each component was brought to be assembled in order to create product. Electronic devices such as sensors and embedded system were installed to control the designed functions. As a consequence, the students increased in competency and enjoyed better self-esteem. Moreover, they were able to adapt the knowledge that they developed to create other creative products as shown in Figure 3.

2. The researcher created 4 types of evaluation form to support the teaching and learning associated with the system of transformative learning with digital fabrication laboratory enhance innovation competency and creative product.

These forms were evaluated by 7 experts who had 1) doctoral degree, and 2) five years or more experience in Information and communication Technology. Purposive sampling was used to select the sample for this study to check the quality of details and language as well as the completion of the questionnaire with Index of Item Objective Congruence (IOC). A five-point Likert scale was

used in this study, from 5 indicating the highest rating to 1 indicating the lowest.

The forms were are follows: 1) Quality of the curriculum 2) Context quality 3) Teaching-learning media quality and 4) Teaching-learning media quality. The data was analysed in terms of mean ($\bar{X}$) and standard deviation (S.D.). The actual scale used to rank the suitability of the overall assessment of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product was more granular with the following five levels: 4.50 - 5.00 indicating the highest suitability, 3.50 - 4.49 - high, 2.50 - 3.49 - medium, 1.50 - 2.49 - low, 1.00 - 1.49 - indicating the lowest suitability. The results showed that the overall quality of 1) the curriculum, 2) the context quality, 3) the quality of the teaching-learning media and, 4) the quality of the learning system were ranked as being of the highest as shown in Table 1.

Based on the previous paragraph, the researchers were able to conclude that the system of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product could be utilized as a guideline for creating a learning system that could develop innovation competency in such a way as to encourage creative output.

3. In addition, the researcher created 2 evaluation forms: 1. Innovation Competency and 2. Creative Product. The innovation competency form was adapted from the evaluation test of Keinanen et al. [32] and has 5 competencies: 1) Creative problem solving 2) Systems thinking 3) Goal orientation 4) Teamwork and 5) Networking. The innovation competency is a self-assessment. This evaluation of innovation competency is a three-point self-assessment and has 22 assessments.

The adaption of four tiers of rubrics resulted in the creation of the creative product according to the concepts of Besemer and Treffinger [33] and Wongwanich [34] which have ten questions and a score of 0-3. This study was evaluated by 7 experts who had 1) doctoral degree, and 2) five years or more experience in Information and communication Technology. Purposive sampling was integrated in this study. To check the quality of details and language as well as the completion of questionnaire, Index of Item Objective Congruence (IOC) was utilized.

The consistency between the evaluation form and the intended purpose was measured by the experts' opinions on each question, with +1 indicating consistency, 0 - not sure and -1 indicating lack of consistency All the questions were rated as +1, hence they were consistent with the intended purpose. The criterion for determining the calculated IOC index value must be more than or equal to.05 [35]. The Index of Item-Objective Congruence (IOC) score

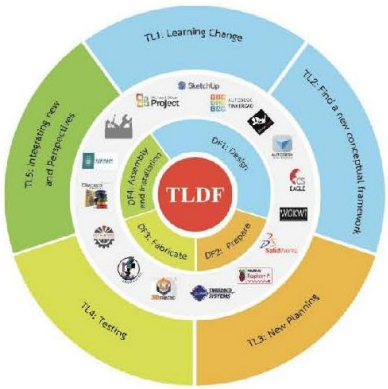


Figure 3. The conceptual framework

Table 1. The result of the overall assessment of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product.

Types of evaluation	$\bar{X}$	S.D.	Appropriateness Level
Quality of the curriculum	4.52	0.47	highest
Context quality	4.54	0.49	highest
Teaching-learning media quality	4.51	0.48	highest
Teaching-learning media quality	4.52	0.47	highest

was 1.00, with an intercorrelation value of 0.84. Furthermore, the instructor took the innovation competency assessment and tested it on 30 students to find the reliability value by using Cronbach's Alpha Coefficient. The reliability value was equal to 0.93, which could be described that this innovation competency assessment was practical.

3.2 The result study of the demonstration the system of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product.

1. Research Hypothesis

In this study, the researcher had set 4 hypotheses as follows:

1.1 After studying, the experimental group had higher innovation competency score than before studying.

1.2 After studying, the experimental group had higher innovation competency and creative product scores more than the control group.

1.3 After studying, the experimental group had innovation competency scores more than the criteria (60 percent).

1.4 After studying, the experimental group had creative product scores more than the criteria (60 percent).

2. Population and Samples

2.1 Population

The population was the cohort of Bachelor's degree students who enrolled in the science and technology major offered by the Southeast Bangkok College in the first semester of B.E. 2565.

2.2 Sample

The sample group consisted of 2 classes of students who registered for the industry innovation laboratory subject in the first semester of B.E. 2565. Simple random sampling was implemented. The classroom was the sampling unit, which was used in order to classify the students as either an experimental group or as a control group. The experimental group consisted of those students who studied using the system of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product, whereas the control group consisted of students who studied in a traditional teaching-learning context. The results revealed that the innovation competency of the experimental group and the control group before studying the subject was not different at a significance level of 0.05 as shown in Table 2.

3. Variables in this study

3.1 Dependent variable were innovation competency and creative product.

3.2 Independent variable was the system of transformative learning with digital fabrication laboratory.

4. RESEARCH RESULTS

The details of the research hypotheses are as follows:

Hypothesis no. 1: After studying, the experimental group had higher Innovation Competency score than before studying.

In terms of Hypothesis No. 1, the mean innovation competency score of the experimental group before studying was 46.48 with a standard deviation (S.D.) of 6.55. However, the mean innovation competency score of the experimental group after studying was 60.40 with a standard deviation (S.D.) of 4.98. Consequently, after studying the experimental group had a higher innovation competency score than before studying at significance level of 0.05. Furthermore, after studying the subject, the experimental group had higher innovation competency score than before at 13.92. This complies with Hypothesis No. 1 as shown in Table 3.

Hypothesis no. 2 : After studying, the experimental group had higher innovation competency and creative product score than the control group.

In terms of Hypothesis No.2, the researcher analyzed this data set by using one-way MANOVA since this data set was consistent with one-way MANOVA Assumption Statistic Test (Levene's Test, and Test Box's M Test) at a non-significance level of 0.05, and at a significance level of 0.05 for Bartlett's Test of Sphericity as shown in Table 4.

The analysis result with regard to the one-way MANOVA in terms of innovation competency and creative product after the experimental group and the control group took the subject, revealed that the mean of the innovation competency score and the creative product score were different at a significance level of 0.05. After studying, the experimental group demonstrated a higher innovation competency and creative product scores than did the control group at 14.68 and 6.13 respectively. This result supported hypothesis No. 2 as shown in Table 5. The scores with regard to innovation competency and creative product after both groups had taken the subject are illustrated as shown in Figure 4.

Table 2. Innovation Competency score of the experimental group and the control group before studying.

Group	$\bar{X}$	S.D.	t	p
The experimental group	46.48	6.55	1.616	0.113
The control group	49.60	7.09		

Table 3. The experimental group's Innovation Competency score before and after studying the subject.

Experimental group	$\bar{X}$	S.D.	t	t
After studying	60.40	4.98	9.005**	0.000
Before studying	46.48	6.55		

Note : ** $p < 0.01$

Table 4. One-way MANOVA Assumption Statistic Test.

Group	Statistic	Innovation Competency score	Creative Product score
Experimental group	$\bar{X}$	60.40	25.40
	S.D.	4.98	1.644
Control group	$\bar{X}$	45.72	19.27
	S.D.	4.79	3.138
Leven's statistics (p)		3.67 (0.70)	1.03 (0.31)
Box's M (p)		7.85 (0.06)	
Bartlett's $\chi 2$ (p)		19.62 (0.00)	

Table 5. The one-way MANOVA results of Innovation Competency and Creative Product scores after studying between the experimental group and the control group.

Independent Variable	Statistic	Value	Approximate F	p
Group	Pillai's Trace	0.795	91.121	0.000
	Wilks' Lambda	0.205	91.121	0.000
	Hotelling's Trace	3.877	91.121	0.000
	Roy's Largest Root	3.877	91.121	0.000

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variables	SS	df	MS	F	p	Post Hoc
Innovation Competency score	2693.78	1	2693.78	112.726	0.000	1>2
Creative Product score	470.32	1	470.32	74.97	0.000	1>2

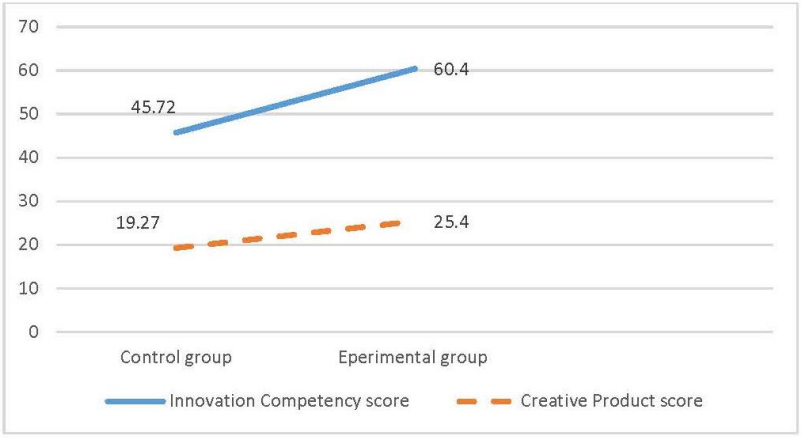


Figure 4. Innovation Competency score and Creative Product score

Hypothesis no. 3 : After studying, the experimental group had innovation competency scores more than the criteria (60 percent).

In terms of Hypothesis No. 3, the mean innovation competency score of the experimental group after studying was 60.40 with a standard deviation (S.D.) of 4.98, whereas the required criteria score of innovation competency was 39.60 (60 percent of 66 scores). Consequently, after studying the experimental group had a higher innovation competency score than the criteria at significance level of 0.05. Furthermore, after studying the subject, the experimental group had higher innovation competency scores than the criteria at 20.80. This complies with Hypothesis No. 3 as shown in Table 6.

Hypothesis no. 4 : After studying, the experimental group had creative product scores more than the criteria (60 percent).

In terms of Hypothesis No. 4, the mean creative product score of the experimental group after studying was 25.40 with a standard deviation (S.D.) of 1.64, whereas the required criteria score of creative product was 18.00 (60 percent of 30.00 scores). Consequently, after studying the experimental group had a higher creative product score than the criteria at significance level of 0.05. Furthermore, after studying the subject, the experimental group had higher creative product scores than the criteria at 7.40. This complies with Hypothesis No. 4 as shown in Table 7.

Table 6. The experimental group's Innovation Competency score after studying and the criteria.

Experimental group	$\bar{X}$	S.D.	The criteria	t	p
Innovation Competency score	60.40	4.98	39.60	20.87**	0.00

Note : ** $p < 0.01$

Table 7. The experimental group's creative product score after studying and the criteria.

Experimental group	$\bar{X}$	S.D.	The criteria	t	p
Innovation Competency score	25.40	1.64	18.00	22.50**	0.00

Note : ** $p < 0.01$

Table 8. The results of the hypothesis 1-4.

Hypothesis	Results of hypothesis
Hypothesis 1 : After studying, the experimental group had higher innovation competency score than before studying.	Accept
Hypothesis 2 : After studying, the experimental group had higher innovation competency and creative product scores more than the control group.	Accept
Hypothesis 3: After studying, the experimental group had innovation competency scores more than the criteria (60 percent).	Accept
Hypothesis 4 : After studying, the experimental group had creative product scores more than the criteria (60 percent).	Accept

5. DISCUSSION

1. The overall assessment of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product was ranked as being at the highest. This was because the researcher had utilized transformative learning and digital fabrication laboratory theories as a guideline to create a learning model to enhance innovation competency and encourage creative output. This complied with concepts posited by Mezirow [17], Brock [36], Mayo [18], Sharpe [19], Beer [20], Jacobs [21], Yıldırım and Yelken [22], and Johnson and Olanoff [23] which stated that transformative learning was a learning method that involved critical reflection on new and diverse concepts. Transformative learning also supported the operational process of the digital fabrication laboratory according to the concepts proposed by Lewis and Clark [24], Hamid et al. [25], Lorenzo et al. [26], Lee et al. [8], Putro and Wirasmoyo [27], Soomro and Georgiev [9], Hsieh and Chang [10] and Formlabs [28], with the use of 4 tools: 1. hardware, 2. software, 3. materials, and 4. storage and simulator tools [6], [11], [22], [26], [29] the use of which encouraged students to develop innovation competency, which in turn led to creative innovation and output.

2. The reason why the experimental group had a higher mean innovation competency score after taking the subject compared with the score before taking the subject, was because the researcher integrated the process of transformative learning and digital fabrication which consists of 5 steps. Each step helped to develop students' innovation competency for them to be able to create creative product [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [36] and the experimental group students were able to engage in practical work following the digital fabrication laboratory approach [9], [10], Formlabs [28], The experimental group could follow the digital fabrication laboratory guidelines and use all sorts of tools related to hardware, software, materials, storage, and simulator [11], [26], [30] to produce the creative product. This information was relevant to the study of Poltana et al., [37], Pitkanen and Andersen [38], Chan and Blikstein [39].

3. The experimental group had a higher mean innovation competency score and creative product scores than the control group because the experimental group had learned the transformative learning system with a digital fabrication laboratory to improve innovation competency and creative product, which was a learning system that included a process to encourage students to develop innovation competency through five transformative learning stages.: 1)Learning Change : TL1 2) Find a new conceptual framework : TL2 3) New Planning : TL3 4)Testing : TL4 and 5)Integrating new Competency and Perspectives : TL5 [17] [18], [19], [20], [21], [22], [23] , [37], with digital fabrication laboratory 4 process [9], [10], [28], and encouraged the experimental group to develop creative product using 4 types of tools in digital fabrication laboratory which were 1) hardware, 2) software, 3) material, and 4) storage and simulator [26], while the control group did not go through the process to raise the innovation competency. In addition, the control group did not have sufficient tools to produce creative product.

4. Hence, the experimental group had higher mean scores of innovation competency and creative product than the control group. The experimental group had a higher mean innovation competency score compared to the criterion, because the

transformative learning system with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product was considered as the learning system that consisted of the processes to encourage students to develop innovation competency; which included creative problem solving, systems thinking, goal orientation, teamwork, and networking [32]. There were 5 stages of transformative learning; 1) Learning Change : TL1, 2) Find a new conceptual framework : TL2, 3) New Planning : TL3, 4)Testing : TL4, and 5) Integrating new competency and perspectives : TL5. Additionally, there were 4 steps of digital fabrication laboratory; 1) Design, 2) Prepare, 3) Fabricate, and 4) Assembly and Installation. Thus, the experimental group had higher mean score of innovation competency than the criterion. This was in line with the policy stated by the Southeast Bangkok College [40].

5. The experimental group had higher mean score of creative products that the criterion, because the transformative learning system with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product was the learning system that encouraged students to develop creative product via the transformative learning process with digital fabrication laboratory and 4 tools in digital fabrication laboratory; 1) hardware, 2) software, 3) material, and 4) storage and simulator. These 4 tools were important for students to create creative product. Therefore, the experimental group had a higher mean creative product score than the criterion. This was consistent with the policy established by the Southeast Bangkok College [40], which encouraged students to practice what they had studied.

6. CONCLUSION

The system of transformative learning with digital fabrication laboratory to enhance innovation competency and creative product. The researcher developed using the concept of transformative learning to change thinking Students' perspectives and use of the digital fabrication laboratory to create product that is a teaching model that helps respond to Thailand's 'industrialization 4.0' era policy to develop students to be innovators in the future.

REFERENCE:

[1] Hutchinson, S. E. and Sawyer, S. C., Computers, Communications, and Information: A User's Introduction: Core Version. McGraw-Hill School Education Group., 2000.

[2] National Science and Technology Development Agency, Industry 4.0 : Guidelines for the Industry of the Future. (2017), 1 May 2003, https://www.nstda.or.th/home/knowledge_post/industry-4-0/

[3] Faculty of Learning Sciences and, Transformative Learning. Thammasat University, (2558), 1 May 2003, https://lsed.tu.ac.th/published-message Education -content-26

[4] Inchaithep, S., Transformative Learning: A Nursing learning management in clinics. *Journal of Health Sciences Scholarship,* Vol. 6, No.1, 2019, pp. 1-10.

[5] Mykhailenko, O., and T. Blayone., Postindustrial higher education through the prism of technology, freedom, eadership and culture: The results of Ukrainian-Canadian pilot study of digital competences and cultural values of students and teachers. *Educational Trends*, 2016.

[6] Poustinchi, E. Subtractive digital fabrication with actual robot and virtual material using a MARI platform. *International Journal of Architectural Computing*, Vol.16, No. 4, 2018, pp. 281–294.

[7] European Union, Supporting Entrepreneurship and Innovation in Higher Education in Italy. (2019), 1 May 2003, https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/43e88f48en.pdf?expires=1595256296&id=id&accname=guest&checksum=8BBA69BAE7F1F3C2D22411228E470D89

[8] Lee, J. S., Kwon, N., Ham, N. H., Kim, J. J., & Ahn, Y. H., BIM-Based Digital Fabrication Process for a Free-Form Building Project in South Korea. Advances in Civil Engineering, 2019.

[9] Soomro, S. A., & Georgiev, G. V., A framework to analyse digital fabrication projects: The role of design creativity. Proceedings of the 6th *International Conference on Design Creativity, ICDC* 2020, pp. 281367–374.

[10] Hsieh, T.-L. and Chang, T.-W.: How to collective design-and-fabricating a weaving structure interaction design—six experiments experiments using a design-fabrication-assembly (DFA) approach. *4th RSU National and International Research Conference on Science and Technology, Social Sciences, and Humanities 2019 (RSUSSH 2019),* Rangsit University, Thailand, 2019.

[11] Cornetta, G., Mateos, F. J., Touhafi, A., & Muntean, G.-M., Modelling and Simulation of a Cloud Platform for Sharing Distributed

Digital Fabrication Resources. *Computers,* Vol. 8, No.2, 2019, pp.47.
[12] Transformative Learning Technologies Lab, Vision. 2018. https://tltlab.org/about/
[13] Troxler, P., Fabrication Laboratories (Fab Labs), *The Decentralized and Networked Future of Value Creation: 3D Printing and its Implications for Society, Industry, and Sustainable Development.* pp. 109-127, 2016. https://www.researchgate.net/profile/Peter-Troxler/publication/303182688_Fabrication_Laboratories_Fab_Labs/links/5a915e27a6fdccecff02d79c/Fabrication-Laboratories-Fab-Labs.pdf
[14] Madatech. What is a Fab-Lab?. (2014) 1 May 2003, https://www.madatech.org.il/en/what-is-a-fab-lab-
[15] NTNU. FabLab NTNU. (2020), 1 May 2003, https://www.ntnu.edu/fablab
[16] Partnership for 21st century skills, Framework for 21st Century Learning, 2019. https://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf
[17] Mezirow,J. Learning as transformation. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2000.
[18] Mayo, P., Transformative Learning, Learning with Adults: A Reader, Sense Publishers, pp. 267–274, 2013.
[19] Sharpe, J., Understanding and unlocking transformative learning as a method for enabling behaviour change for adaptation and resilience to disaster threats. *International journal of disaster risk reduction*, Vol. 17, pp. 213-219, 2016.
[20] Beer, N. Designing a rubric to measure elements of transformative learning in online learning: A case study of a future learn MOOC. *Journal of Interactive Media in Education*, Vol.1, pp.1–11, 2019.
[21] Jacobs, Marty. Applying a systems and complexity framework to transformative learning. *Conference paper: International Society for the Systems Sciences*. 1-25, 2019.
[22] Yıldırım M. and Yelken Y. T., The Development of Transformative Learning Scale for Information and Communication Technologies, *Technology, Knowledge and Learning,* Vol. 25, No. 4, pp. 989–1006, 2019.
[23] Johnson, K., & Olanoff, D., Using transformative learning theory to help prospective teachers learn mathematics that they already "know." *Mathematics Enthusiast*, Vol. 17, No. 2–3, pp. 725–769, 2020.
[24] Lewis and Clark, ST.Louis confluence Fab Lab at Lewis and Clark community college. 2017, https://www.flickr.com/photos/lewisand/albums/72157655029351556/?fbclid=IwAR3budImCmG-VVeUtp2KkEpv232rKkUz1u0pa6DCUPJ413thj97ea0VSJk
[25] Hamid, M., Tolba, O. and El, A. Antably, BIM semantics for digital fabrication: A knowledge-based approach, Automation in construction, Vol. 91, pp. 62–82, 2018.
[26] Lorenzo, C., Lorenzo, E., Cornetta, G., Muntean, G. M., & Vila, Vila,, M. A., Designing, testing And adapting to create a distributed learning program in open design and digital fabrication. *In Proceedings of the 11th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI),* Seville, Spain, pp. 12-14, 2018.
[27] Putro, H. T. and Wirasmoyo, W., The Application of Digital Fabrication in Architecture, Case Study: Prototyping a Scale Model, *In EduARCHsia & Senvar 2019 International Conference (EduARCHsia 2019)*, 1-7 Atlantis Press.
[28] Formlabs, Digital Fabrication 101, (2022), 1 May 2003, https://formlabs.com/asia/blog/digital fabrication 101/?fbclid=IwAR1uCfUWVSoz8v3duzo6TqipiQlrDLbDSbW_BdPy7plO0rb9NLZTw26w-qA
[29] Gadjanski, Ivana, et al. Stimulating innovations from university through the use of digital fabrication-case study of the SciFabLab at Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade. *Proceedings of the WBCInno International conference University of Novi Sad, (2015),* 1 May 2003, http://is.fink.rs/podaci/Milan_Matijevic/50/Stimulating innovations from university through the use of digital fabrication–case study.pdf
[30] Soulaf Aburas, Phillip Ewing and Jacobs Andrew Tsay. Robotic Material Renaissance: Industrial Robotic Arms for Architects, 2016. https://research.perkinswill.com/wp- content /uploads/2021/02/Updated_ Robotic-Material-Renaissance-Industrial-Robotic-Arms-for-Architects_2016.pdf
[31] Ismaae Latekeh, Teaching materials of Software Engineering, 2018. https://tinyurl.com/5chrxuhb
[32] Keinanen M., J. Ursin, and K. Nissinen, How to measure students' innovation competences in higher education: Evaluation of an assessment tool in authentic learning environments, *Studies In Educational Evaluation,* Vol. 58, No. 4, pp. 30-36, 2018.
[33] Besemer, S. P., and Treffinger, D. J., Analysis of creative products: Review and synthesis, *The Journal of Creative Behavior*, Vol. 15, No.

3, pp. 158-178, 1981.
[34] Wongwanich S., Measuring practical skills. ed4. Bangkok : Academic Service Center Faculty of Education Chulalongkorn University, 2004.
[35] Rovinelli, R.J. and Hambleton, R.K. On the Use of Content Specialists in the Assessment of Criterion-Referenced Test Item Validity. Tijdschrift Voor Onderwijs Research, Vol. 2, pp. 49-60, 1977.
[36] Brock, S. E., Measuring the importance of precursor steps to transformative learning. Adult Education Quarterly, Vol. 60, No. 2, pp. 122–142, 2009.
[37] Poltana Pisit, Nopadon Leaudnakrob and Yingyoud Paradorn, Development of Transformative Learning Model to Enhance Creative Thinking Ability and Emotional Intelligence. *Journal of Health Science*, Vol. 28, pp. 42-52, 2019.
[38] Pitkänen, K. and Andersen, H. V., Empowering educators by developing professional practice in digital fabrication and design thinking. *International Journal of Child-Computer Interaction*, Vol. 21, pp. 1–16, 2019.
[39] Chan, M. M., & Blikstein, P., Exploring problem-based learning for middle school design and engineering education in digital fabrication laboratories. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, Vol. 12, No.2, pp. 9–10, 2018.
[40] Southeast Bangkok College, Smart Student, 2021

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายสันติ โสภาประดิษฐ์

ชื่อวิทยานิพนธ์ : รูปแบบการเรียนรู้แบบเปลี่ยนผ่านด้วยโรงประลองดิจิทัลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและผลงานสร้างสรรค์

สาขาวิชา : เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา

ประวัติ

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2551 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

พ.ศ. 2556 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

พ.ศ. 2566 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2543 – 2559 มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ

พ.ศ. 2559 – ปัจจุบัน หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

สถานที่ติดต่อปัจจุบัน

ที่อยู่ 258 ซ.รามคำแหง24 หัวหมาก บางกะปิ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10240

อีเมล์ suntispp@outlook.com