แนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยี ในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยี ความเป็นจริงเสริม (AR : Augmented Reality)

โดย

พลโท คมสัน ศรียานนท์
ผู้บัญชาศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ
ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ ๖๓
ประจำปีการศึกษา พุทธศักราช ๒๕๖๓ - ๒๕๖๔

บทคัดย่อ

เรื่อง แนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR : Augmented Reality)

ลักษณะวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้วิจัย พลโท คมสัน ศรียานนท์ **หลักสูตร** วปอ. **รุ่นที่** ๖๓

อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย จัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศครบวงจร แต่ยังไม่สามารถพัฒนาองค์ความรู้ต่อยอดได้ถึงระดับสูงสุดด้วยข้อจำกัดบางประการ จึงทำให้ต้องตระหนักความสำคัญและความจำเป็นของการสร้างระบบอุตสาหกรรมป้องกันประเทศแบบพึ่งพาตนเอง ซึ่งการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศถือเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาระบบดังกล่าว แต่ยังมีปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีที่มีอย่างจำกัด และการเกิดวิกฤติการณ์ที่ทำให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบปฏิสัมพันธ์กันไม่สามารถดำเนินการได้

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตยุทโธปกรณ์ในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ, ศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการจำลองการฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลบนแท็บเล็ตพีซี เสมือนการฝึกปฏิบัติบนเครื่องจริง และการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์การฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลต้นแบบด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับทดลองใช้งาน โดยได้ทำการศึกษาทฤษฎีและการออกแบบและการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งมีผลการประเมินในคุณภาพด้านเนื้อหาและคุณภาพด้านสื่อจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดีมาก สามารถนำไปจัดทำต้นแบบสื่อการเรียนรู้ เพื่อทดลองใช้งาน และมีผลการประเมินประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ดีกว่ากลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติและศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ในการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% ภายหลังเสร็จสิ้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีแล้ว และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์อยู่ในระดับดีถึงดีมาก ซึ่งจะเป็นแนวทางที่จะนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้สำหรับกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในด้านอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ คือ การวางนโยบายในการกำหนดแนวทางพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในภาพรวมของกลุ่มงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศแต่ละประเภทแบบบูรณาการและการส่งเสริมอย่างเป็นรูปธรรม ตลอดจนในภาคปฏิบัติการองค์กรควรมีการส่งเสริมสนับสนุนการใช้งาน การประเมินและรวบรวมผลตอบรับในการใช้สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยี

ความเป็นจริงเสริมในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อปรับปรุงพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมไปถึงการปรับสมดุลระหว่างเนื้อหาขององค์ความรู้ที่และรูปแบบความน่าสนใจของสื่อการเรียนรู้

หนังสือรับรอง

วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ ได้อนุมัติให้เอกสารวิจัย เรื่อง “แนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR : Augmented Reality)” ของ พลโท คมสัน ศรียานนท์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ ๖๓ ประจำปีการศึกษา พุทธศักราช ๒๕๖๓ - ๒๕๖๔

พลโท
(วิโรจน์ เกิดแสง)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ

Abstract

Title **An approach to Develop for Technology Transfer Processing in Defence Industry with Augmented Reality**
Field **Science and Technology**
Name **Lt.Gen.Komson Sriyanon** **Course NDC Class 63**

Thailand's defence industry was classified into "Second Tier" group which has complete range of service but could not develop knowledge to top level with some restrictions. As a result, It's necessary to realize the self-reliance in defence industry system that the main factor in system development is technology transfer in defence industry but there has problem with the limited access in technology and the effect of crisis which could not process interactive technology transfer.

The purpose of this research is to study the problems and obstacles of technology transfer in defence industry weapon production, to study an approach to implement augmented reality in simulation training of machine on tablet and to develop the prototype of simulation training of machine with augmented reality for trail test. The research started from theoretical studies and design, then developed the prototype of instructional media for simulation training of SIG-HKP-200/7 mortar honing machine with augmented reality on the second step. The third step was to test and evaluate the quality of instructional media in simulation training which was very good level of evaluation by experts that the prototype of instructional media could apply to trial test. The result in the last step finding, the score in academic achievement of sample of trainees who participated in regular training and prototype of instructional media with augmented reality were significantly higher than sample of trainees who participated in regular training and self-directed learning at 95% level of significance; and the level of sample of trainee's satisfaction with the prototype of instructional media at the highest level. At the result, there is an approach to applied augmented reality to develop instructional media for others technology transfer processing in defence industry.

Recommendations for an approach to applied augmented reality to develop instructional media for technology transfer processing in defence industry are, physical supporting and defining policy formulation for an approach to develop technology transfer processing in defence industry with augmented reality by integration of each defence industry group. In practical recommendation, organization should support for using, evaluating and collecting feedback to improve efficiency of instructional

media for technology transfer with augment reality; including to balance between content and attractiveness of knowledge.

คำนำ

เอกสารวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้น โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตยุทโธปกรณ์ในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ, ศึกษาแนวทาง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ในการจำลองการฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลบนแท็บเล็ตพีซี เสมือนการฝึกปฏิบัติบนเครื่องจริงและพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์การฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกล (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งผลการพัฒนาต้นแบบฯ ในงานวิจัยนี้ จะเป็นแนวทางที่จะนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้สำหรับกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในด้านอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่ล้วนแล้วแต่เป็นเครื่องจักรกลขนาดใหญ่และออกแบบเฉพาะงาน และมีจำนวนจำกัดในแต่ละสายการผลิต โดยแนวทางพัฒนานี้จะเป็นการลดข้อจำกัดในการเข้าถึงของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในสายการผลิตภัณฑ์ในด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศได้เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องและผู้ที่สนใจในการนำผลการวิจัยพร้อมทั้งข้อเสนอแนะไปใช้ประโยชน์ และพัฒนาแนวทางการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในด้านอื่น ๆ ให้เกิดผลสัมฤทธิ์ตามความคาดหวังต่อไป

พลโท
(คมสัน ศรียานนท์)
นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตร วปอ. รุ่นที่ ๖๓
ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
Abstract	**ค**
คำนำ	**จ**
กิตติกรรมประกาศ	**ฉ**
สารบัญ	**ช**
สารบัญตาราง	**ญ**
สารบัญแผนภาพ	**ฏ**
บทที่ ๑ บทนำ	**๑**
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	๑
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	๔
ขอบเขตของการวิจัย	๔
วิธีดำเนินการวิจัย	๔
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	๖
คำจำกัดความ	๖
บทที่ ๒ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**๘**
อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย	๘
อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกลุ่มอาเซียน	๑๓
การถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ	๑๕
แนวคิดและทฤษฎีของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR : Augmented Reality)	๑๘
แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบกราฟฟิกทั่วไป และองค์ประกอบด้านภาพและกราฟฟิก	๒๔
แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบ สร้างโมเดล ๓ มิติ (3D Model)	๓๕
แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบสื่อเพื่อการเรียนรู้	๔๐
หลักการเครื่องจักรแบบ NC (Numerical Control) และ CNC (Computer Numerical Control) และ เครื่องจักรกลต้นแบบ เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7	๔๕

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน และหลักการเขียนภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Language)	๕๘
ระบบปฏิบัติการ (Operation System)	๕๙

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ๖๙
กรอบแนวคิดของการวิจัย ๗๓
สรุป ๗๔
บทที่ ๓ การพัฒนา วิเคราะห์และประเมินผล การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ในการฝึกปฏิบัติงาน ๗๗
ขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีและการออกแบบ ๗๗
ขั้นตอนการพัฒนา ๘๐
ขั้นตอนการทดสอบ ๑๐๒
ขั้นตอนการวิเคราะห์และประเมินผล ๑๑๐
สรุป ๑๑๙
บทที่ ๔ ผลการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้เครื่องจักรต้นแบบ ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ๑๒๔
ผลการทำงานและประสิทธิภาพของต้นแบบ ๑๒๔
ผลการใช้งานของผู้ใช้ ๑๒๕
ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ๑๓๒
การวิเคราะห์ผลที่ได้โดยนำข้อมูลจากเอกสารที่อ้างอิงมาวิเคราะห์เพิ่มเติม ๑๓๔
บทที่ ๕ สรุปและข้อเสนอแนะ ๑๓๗
สรุป ๑๓๗
ข้อเสนอแนะ ๑๔๑
บรรณานุกรม ๑๔๔
ภาคผนวก ๑๔๗
ผนวก ก คู่มือการใช้งานต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ๑๔๘

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ผนวก ข ตารางแจกแจง t ๑๕๕
ประวัติย่อผู้วิจัย ๑๕๙

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

๓ - ๑ แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม ๙๑
๓ - ๒ แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม ๙๓
๓ - ๓ แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ๙๔
๓ - ๔ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ๙๕
๓ - ๕ ตารางแสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนประเมินผลโดยรวม ๙๘
๓ - ๖ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยผู้เชี่ยวชาญ ๙๘
๓ - ๗ ตารางแสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนประเมินผลโดยรวม ๑๐๐
๓ - ๘ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ๑๐๐
๓ - ๙ แบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องภายในเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ๑๐๕
๓ - ๑๐ แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม ๑๐๗
๓ - ๑๑ แบบประเมินความพึงพอใจ ๑๐๙
๓ - ๑๒ ตารางแสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนประเมินผลโดยรวม ๑๑๐
๓ - ๑๓ แสดงการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของทั้ง ๒ กลุ่ม ๑๑๑
๓ - ๑๔ แบบประเมินความพึงพอใจ ๑๑๗
๓ - ๑๕ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired – Samples T-Test การเปรียบเทียบคะแนนสอบของกลุ่มตัวอย่างที่ ๑ และกลุ่มตัวอย่างที่ ๒ ๑๒๐

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

๓ - ๑๖ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired – Samples T-Test

การเปรียบเทียบคะแนนสอบการศึกษาด้วยตนเองของกลุ่มตัวอย่างที่ ๑
กับการศึกษาด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบของกลุ่มตัวอย่างที่ ๒ ๑๒๑
๓ - ๑๗ ตารางผลการประเมินความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ๑๒๒
๔ - ๑ ตารางแสดงค่าสถิติพื้นฐานของทั้ง ๒ กลุ่มตัวอย่าง ๑๒๙
๔ - ๒ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired - Samples T-Test
การเปรียบเทียบคะแนนสอบของกลุ่มตัวอย่างที่ ๑ และกลุ่มตัวอย่างที่ ๒ ๑๓๐
๔ - ๓ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired - Samples T-Test
การเปรียบเทียบคะแนนสอบการศึกษาด้วยตนเองของกลุ่มตัวอย่างที่ ๑
กับการศึกษาด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบของกลุ่มตัวอย่างที่ ๒ ๑๓๑
๔ - ๔ ตารางผลการประเมินความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ๑๓๒

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่

๒ - ๑ ภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ๑๙
๒ - ๒ ภาพแสดงผลลัพธ์สามมิติบนตัวระบุตำแหน่ง ๒๐
๒ - ๓ ภาพจำลองแสดงกระบวนการแสดงผลของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ๒๒
๒ - ๔ ภาพแสดงสมดุลแบบแนวแกน ๒ ข้างเหมือนกัน (Symmetry Balance) ๒๕
๒ - ๕ ภาพแสดงสมดุลแนวแกนข้างไม่เหมือนกัน ๒๖
๒ - ๖ ภาพแสดงจุดรวมสายตา ๒๗
๒ - ๗ ภาพแสดงการสร้างความใกล้ชิดให้กับองค์ประกอบ ๒๙
๒ - ๘ ภาพการวางตำแหน่งจุดสนใจในงาน ๓๐
๒ - ๙ ภาพแสดงแสงและเงา (Light and Shadow) ๓๕
๒ - ๑๐ ภาพแสดงวัตถุโครงสร้างแบบ NURBS ๓๖
๒ - ๑๑ ภาพแสดงวัตถุโครงสร้างแบบ Polygonal ๓๗
๒ - ๑๒ ภาพแสดงการทำภาพเคลื่อนไหว (Animating) ๓๘
๒ - ๑๓ ภาพแสดงการทำแสงและเงา (Light and Shadow) ๓๙
๒ - ๑๔ ภาพแสดงเครื่องจักรกลเอ็นซี (เครื่องกัด) เครื่องแรกของโลก ๔๖
๒ - ๑๕ ภาพแสดงคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี (Controller) ๔๗
๒ - ๑๖ ภาพแสดงหลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ๔๘
๒ - ๑๗ ภาพแสดงตัวอย่างการควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบวงรอบปิด ๔๙
๒ - ๑๘ ภาพแสดงชุดควบคุม หรือคอนโทรลเลอร์ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ๕๐
๒ - ๑๙ ภาพแสดงกลไกการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดซีเอ็นซีแนวตั้ง ๕๑
๒ - ๒๐ ภาพแสดงตัวเครื่องจักรของเครื่องกัดซีเอ็นซีแนวตั้ง ๕๑
๒ - ๒๑ ภาพแสดงตัวอย่างเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ๕๒
๒ - ๒๒ ภาพแสดงส่วนประกอบของเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ๕๒
๒ - ๒๓ ภาพแสดงส่วนประกอบ MAIN SWITCH ๕๓
๒ - ๒๔ ภาพแสดงมอเตอร์ขับหัวจับหัวขัด ๕๓
๒ - ๒๕ ภาพแสดงชุดแกนจับหัวขัดและก้าน ๕๓
๒ - ๒๖ ภาพแสดงชุดหัวจับหินขัด ๕๔
๒ - ๒๗ ภาพแสดงมอเตอร์หมุนชิ้นงาน ๕๔

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

หน้า

แผนภาพที่

๒ - ๒๘ ภาพแสดง Centering Support ๕๔

๒ - ๒๙ ภาพแสดงระบบ HYDRUALIC ๕๕
๒ - ๓๐ ภาพแสดงระบบหล่อเย็น ๕๕
๒ - ๓๑ ภาพแสดง Cooling Unit ๕๕
๒ - ๓๒ ภาพแสดงถังหล่อเย็น ๕๖
๒ - ๓๓ ภาพแสดง Magnet Separator ๕๖
๒ - ๓๔ ภาพแสดง Grinding Controller ๕๖
๒ - ๓๕ ภาพแสดง Electrical Controller ๕๗
๒ - ๓๖ ภาพแสดง Manyal Grinding Function On/Off Equipment ๕๗
๒ - ๓๗ ภาพแสดงโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ๖๑
๒ - ๓๘ ภาพ Paul Allen (ซ้าย) และ Bill Gates ผู้ร่วมก่อตั้ง Microsoft ๖๔
๒ - ๓๙ กรอบแนวคิดของการวิจัย (Conceptual Framework) ๗๒
๓ - ๑ แสดงการออกแบบโครงสร้างซอฟต์แวร์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงาน สำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ๗๙
๓ - ๒ แสดงขั้นตอนการออกแบบเครื่องมือ/ฮาร์ดแวร์ของชุดต้นแบบ ๘๐
๓ - ๓ ขั้นตอนการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักรกล (ต้นแบบ) โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ๘๐
๓ - ๔ ขั้นตอนสร้างโมเดลสามมิติสำหรับเครื่องจักรต้นแบบ ๘๑
๓ - ๕ ภาพแสดงตัวอย่างการออกแบบโมเดลสามมิติ ๘๑
๓ - ๖ ภาพแสดงตัวอย่างการนำไฟล์ออกในรูปแบบนามสกุลไฟล์ VRML File (*.wrl) ๘๑
๓ - ๗ ขั้นตอนการสร้างภาพเคลื่อนไหว (Animation) สำหรับเครื่องจักรต้นแบบ ๘๒
๓ - ๘ ภาพแสดงตัวอย่างการนำเข้าไฟล์นามสกุล X3D Extensible 3D (.x3d/.wrl) ๘๒
๓ - ๙ ภาพแสดงตัวอย่างการใส่กระดูกให้กับโมเดลสามมิติ ๘๓
๓ - ๑๐ ภาพแสดงตัวอย่างการกำหนดคีย์เฟรม ๘๓
๓ - ๑๑ ภาพแสดงตัวอย่างการนำออกไฟล์โมเดลสามมิติและแอนิเมชัน ๘๔
๓ - ๑๒ ภาพแสดงตัวอย่างการนำออกไฟล์โมเดลสามมิติและแอนิเมชัน ๘๔
๓ - ๑๓ ภาพแสดงตัวอย่างการสแกนมาร์เกอร์บนพื้นที่ราบ ๘๕

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

หน้า

แผนภาพที่

๓ - ๑๔ ภาพแสดงตัวอย่างการกำหนดโมเดลสามมิติ ๘๕
๓ - ๑๕ ภาพแสดงตัวอย่างฟังก์ชัน Automatic Control ๘๕
๓ - ๑๖ ภาพแสดงตัวอย่างฟังก์ชัน Manual Control ๘๖
๓ - ๑๗ ภาพแสดงตัวอย่างการปรับเพิ่ม - ลดอัตราส่วนโมเดลสามมติ ๘๖
๓ - ๑๘ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันหมุนโมเดลสามมิติ ๘๗
๓ - ๑๙ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันโฮม ๘๗

๓ - ๒๐ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันรีเซต ๘๗
๓ - ๒๑ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันนำเข้าลำกล้อง ๘๘
๓ - ๒๒ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันเลื่อนตัวประคองศูนย์ ๘๘
๓ - ๒๓ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันหัวฉีดน้ำหล่อเย็น ๘๘
๓ - ๒๔ ภาพแสดงตัวอย่างโหมดสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบของวิดีโอ ๘๙
๓ - ๒๕ ภาพการอบรมการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้อง เครื่องยิงลูกระเบิด ๑๐๓
๓ - ๒๖ ภาพการอบรมการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้อง เครื่องยิงลูกระเบิด ๑๐๔
๓ - ๒๗ ภาพการอบรมการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้อง เครื่องยิงลูกระเบิด ๑๐๔
๓ - ๒๘ ภาพแสดงขอบเขตของระดับความเชื่อมั่นและขอบเขตกฤติ ๑๑๔
๔ - ๑ ภาพตัวอย่างการตั้งชื่อตัวแปรเพื่อจะสร้างฐานข้อมูล ๑๒๕
๔ - ๒ ภาพตัวอย่างการใส่ผลคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงาน หลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของทั้ง ๒ กลุ่ม ๑๒๖
๔ - ๓ ภาพตัวอย่างการเลือกการวิเคราะห์ข้อมูล แบบ Paired - Samples T-Test ๑๒๗
๔ - ๔ ภาพตัวอย่างการกำหนดค่าตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล แบบ Paired - Samples T-Test ๑๒๗
๔ - ๕ ภาพตัวอย่างการกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติ ๑๒๘
๔ - ๖ ภาพตัวอย่างเริ่มทำการวิเคราะห์ ๑๒๘

บทที่ ๑
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร (ศอว.ศอพท.) เป็นหน่วยงานที่ดำเนินการศึกษาวิจัย พัฒนา และผลิตอาวุธ กระสุนและยุทโธปกรณ์ที่ได้มาตรฐานสากล เพื่อสนับสนุนกองทัพ ตามขีดความสามารถในลักษณะของการผลิต เพื่อแจกจ่ายและการรับการสั่งซื้อรวมทั้งขยายขีดความสามารถ โดยรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผู้ผลิตที่มีมาตรฐานในระดับสากล และมุ่งขยายตลาดในการนำผลิตภัณฑ์ไปสู่การขายยังต่างประเทศต่อไป

ตามยุทธศาสตร์การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี อุตสาหกรรมป้องกันประเทศ กระทรวงกลาโหม พ.ศ. ๒๕๖๐ - ๒๕๗๙ ซึ่งสอดคล้องตามยุทธศาสตร์ชาติ ๒๐ ปี (พ.ศ. ๒๕๖๐ - ๒๕๗๙) และนโยบายรัฐบาลที่นำประเทศไทยไปสู่การปฏิรูปโครงสร้างเศรษฐกิจเพื่อก้าวข้าม “Thailand 3.0” ไปสู่ “Thailand 4.0” ซึ่งต้องเกิดอุตสาหกรรม ๔.๐ ที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี นวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์ โดยการพัฒนากลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ ๑๒ กระทรวงกลาโหมจึงได้รวมระบบงานวิทยาศาตร์เทคโนโลยีป้องกันประเทศ และระบบงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อเชื่อมต่อการวิจัยพัฒนาและอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกระทรวงกลาโหม เพื่อเป็นแนวทางหลักในการพัฒนาให้กระทรวงกลาโหมมีขีดความสามารถในการวิจัยพัฒนา และการถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อนำไปสู่การพึ่งตนเองในการผลิตอาวุธยุทโธปกรณ์ อันจะนำมาซึ่งความพร้อมรบของกองทัพภายใต้อาวุธยุทโธปกรณ์ และเทคโนโลยีที่ทันสมัย จำเป็น และเพียงพอต่อการพิทักษ์รักษาเอกราช อธิปไตย ความมั่นคงของรัฐ และผลประโยชน์แห่งชาติ

ยุทธศาตร์การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ กระทรวงกลาโหม พ.ศ. ๒๕๖๐ - ๒๕๗๙ นับเป็นหลักในการบริหารจัดการงานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ที่ส่วนราชการในสังกัดกระทรวงกลาโหม และสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศต้องร่วมกันในลักษณะบูรณาการ เพื่อมุ่งตอบสนองวิสัยทัศน์ ซึ่งกำหนดเป้าหมายให้การวิจัยพัฒนาและอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกระทรวงกลาโหมสามารถผลิตใช้ในราชการและเพื่อการพาณิชย์ได้โดยสมบูรณ์ต่อไป การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกระทรวงกลาโหม

พบว่ารัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช ๒๕๖๐ มาตรา ๗๕ กล่าวว่า “รัฐต้องไม่ประกอบกิจการที่มีลักษณะเป็นการแข่งขันกับเอกชน เว้นแต่กรณีที่มีความจำเป็น เพื่อประโยชน์ในการรักษาความมั่นคงของรัฐ” และนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการส่งเสริมและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการป้องกันประเทศ ตลอดจนการวิจัยพัฒนาและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการป้องกันประเทศ ตลอดจนการวิจัยและพัฒนาและการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อนำไปสู่การพึ่งพาตนเองในการผลิตอาวุธยุทโธปกรณ์ สามารถบูรณาการความร่วมมือระหว่างภาครัฐกับภาคเอกชนในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศได้ ซึ่งกระทรวงกลาโหมมีอำนาจและหน้าที่เกี่ยวกับการป้องกันและรักษาความมั่นคงของราชอาณาจักร ต้องมีความพร้อมด้านยุทโธปกรณ์โดยไม่สะสมเกินความจำเป็น แต่สามารถดำรงสรรพกำลังได้เมื่อเผชิญกับสภาวะฉุกเฉิน ดังนั้นระบบงานการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี อุตสากรรมป้องกันประเทศต้องสามารถขายผลิตภัณฑ์ได้ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อเพิ่มอุปสงค์ให้โรงงานในกระทรวงกลาโหมและภาคเอกชน สามารถผลิตยุทโธปกรณ์ได้เต็มกำลังการผลิต เป็นการดำรงสายการผลิตยุทโธปกรณ์ทางทหารไว้ในประเทศ และสร้างความคุ้มค่าในการลงทุนของภาคเอกชน และเมื่อภาคการผลิตมีความคุ้มทันก็จะเกิดการลงทุน การวิจัย พัฒนา วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาองค์ความรู้และร่วมเป็นส่วนหนึ่งของผู้ประกอบการที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมของรัฐบาล ซึ่งขีดความสามารถด้านเทคโนโลยีป้องกันประเทศจะเป็นเงื่อนไขของการสร้างความเป็นหุ้นส่วนด้านความมั่นคงกับมิตรประเทศเพื่อเจรจาผลประโยชน์ร่วมกันในรูปแบบต่างๆ อย่างเป็นธรรมต่อไป

การวิจัยและพัฒนา โดยเฉพาะการผลิตอาวุธยุทโธปกรณ์ ของ ศอว.ศอพท. นั้น องค์ความรู้ที่บุคลากรของหน่วยได้รับ ส่วนหนึ่งมาจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาคเอกชนทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ในรูปแบบของกระบวนการผลิต และการใช้เครื่องมือ/เครื่องจักรกลในการผลิต ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ดำเนินการโดยผู้ถ่ายทอดจากต่างประเทศนั้น เป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ตั้งแต่การเริ่มต้นของกระบวนการผลิต จนกระทั่งบุคลากรผู้รับการถ่ายทอดสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเองตามเงื่อนไขหรือข้อตกลงของโครงการ ซึ่งภายหลังจากนั้นแล้วจะเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ภายในองค์กรของหน่วยเอง โดยบุคลากรผู้รับการถ่ายทอด จะเป็นผู้ให้การอบรมกับบุคลากรรุ่นต่อ ๆ มาอีกทอดหนึ่ง ในลักษณะจัดการเรียน การสอนภายในหน่วยงาน (Unit School) หรือให้ผู้รับการอบรมรุ่นใหม่ ได้อบรมจากการเรียนรู้ โดยปฏิบัติงานจริง (On The Job Training)

การถ่ายทอดองค์ความรู้ต่าง ๆ ในปัจจุบันนั้น นอกจากวิธีบรรยายให้ความรู้ โดยผู้ให้การอบรมประกอบคู่มือหรือตำราซึ่งเป็นวิธีการอบรมโดยทั่วไปแล้ว ได้เริ่มมีการนำเทคโนโลยี เครื่องมืออุปกรณ์หรือสื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัย เข้ามาช่วยให้ผู้รับการอบรมได้มีการเข้าใจและเข้าถึงองค์ความรู้มากขึ้น อาทิเช่น วีดีโอสำหรับประกอบการเรียนรู้ ซึ่งเป็นวีดีโอที่บันทึกตัวอย่างการปฏิบัติงานสำหรับช่วยให้ผู้รับการอบรมสามารถนำไปศึกษาด้วยตนเองได้ตามความต้องการ หรือการบันทึกข้อมูลภาพ เสียง หรือวีดีโอ องค์ความรู้ต่าง ๆ ในลักษณะสื่อประสมบนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์แท็บเล็ตพีซี (tablet PC) หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ผู้รับการอบรมสามารถค้นหาและเรียนรู้ตามที่ตนเองต้องการ แต่สำหรับการอบรมในการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลนั้น ผู้รับการอบรมมีความจำเป็นต้องมีการฝึกปฏิบัติต่ออุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลชนิดนั้น ๆ ร่วมด้วย เพื่อเพิ่มทักษะจนเกิดความชำนาญพร้อมที่จะเข้าปฏิบัติงานกับอุปกรณ์หรือเครื่องจักรในสายการผลิตจริงต่อไป ฉะนั้น การศึกษาด้วยตนเอง

โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่มีอยู่ในปัจจุบัน อาจจะยังไม่เพียงพอ สำหรับการศึกษาและฝึกปฏิบัติในงานด้านเครื่องจักรกลทางอุตสาหกรรม

ในสายการผลิตกระสุนและยุทโธปกรณ์ประเภทเครื่องยิงลูกระเบิดและปืนใหญ่ของ ศอว.ศอพท. นั้น เครื่องจักรกลส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องจักรกลขนาดใหญ่และออกแบบเฉพาะงาน การผลิตในแต่ละชิ้นงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกระสุนและชิ้นงานของเครื่องยิงลูกระเบิดหรือปืนใหญ่ ฉะนั้น เครื่องจักรกลเหล่านี้ จะมีเฉพาะที่สายการผลิตในโรงงานของ ศอว.ศอพท. เท่านั้น อีกทั้งเนื่องจากเป็นเครื่องจักรกลที่ออกแบบเฉพาะจึงทำให้มีราคาสูงและมีจำนวนน้อย เพียง ๑ - ๒ เครื่อง เท่านั้น ในแต่ละสายการผลิต อีกทั้งในแต่ละปีจะมีแผนงานผลิตอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี การหยุดสายการผลิตที่กำลังดำเนินการอยู่เพื่อใช้เครื่องจักรกลในการอบรมถ่ายทอดความรู้และการฝึกทักษะการใช้งานกับเครื่องจริงจึงเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและไม่สามารถดำเนินการได้บ่อยครั้งตามความต้องการในกระบวนการถ่ายทอดความรู้ อีกทั้งในการเปิดใช้งานเครื่องจักรในแต่ละครั้งจะเกิดความสิ้นเปลืองในเรื่องของพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันที่ใช้สำหรับการขับเคลื่อนเครื่องจักรกล ซึ่งจะกระทบต่อต้นทุนการผลิตและงบประมาณค่าใช้จ่ายของหน่วยงาน จึงทำให้มีข้อจำกัดในการใช้งานของเครื่องจักรสำหรับการฝึกอบรม ทั้งในเรื่องของจำนวนครั้งและจำนวนชั่วโมงในการฝึกปฏิบัติเครื่องจักรนั้น

ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้ มุ่งที่จะศึกษาแนวทางการใช้เทคโนโลยีของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR : Augmented Reality) เพื่อสร้างต้นแบบระบบจำลอง การปฏิบัติงานของเครื่องจักรกล สำหรับการเรียนรู้การใช้งานเสมือนการปฏิบัติงานจริงกับเครื่องจักรกลต้นแบบ ซึ่งจะทำให้การถ่ายทอดองค์ความรู้หรือการฝึกอบรมในการปฏิบัติงานบนเครื่องจักรไม่เป็นอุปสรรคหรือมีผลกระทบต่องานการผลิตที่ใช้งานเครื่องจักรจริงในการดำเนินการอยู่ และยังสามารถประหยัดต้นทุนหรืองบประมาณค่าใช้จ่ายในการเปิดใช้งานเครื่องจักรสำหรับการฝึกอบรม รวมถึงผู้รับการถ่ายทอด/ผู้รับการอบรมสามารถเข้าถึงในการฝึกปฏิบัติงานเครื่องจักรกลเสมือนได้ตามความต้องการ ซึ่งการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการปฏิบัติงานนั้น ถือเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการเสริมสร้าง พัฒนาบุคลากร อันเป็นพื้นฐานที่สำคัญ ต่อแผนการพัฒนายุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โดยพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

๑. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตยุทโธปกรณ์ในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

๒. เพื่อศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ในการจำลองการฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลบนแท็บเล็ตพีซี เสมือนการฝึกปฏิบัติบนเครื่องจริง

๓. เพื่อพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์การฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกล (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สำหรับทดลองใช้งาน

ขอบเขตของการวิจัย

๑. ขอบเขตด้านเนื้อหา

๑.๑ การวิจัยนี้เน้นการศึกษาในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องจักรกลในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

๑.๒ การพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์การฝึกปฏิบัติงาน โดยใช้เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7

๑.๓ อุปกรณ์จะทำงานระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 (Windows10) หรือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เวอร์ชั่น 5.0 ขึ้นไป

๒. ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริหาร นักวิจัย ฝ่ายเทคโนโลยี เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานใน ศอว.ศอพท.

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ในศึกษาแนวทางการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้การวิจัยในเชิงทดลองในการทดลอง ทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรกลในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) และประสิทธิผลของต้นแบบฯต่อผู้ใช้งาน ร่วมกับการดำเนินการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) มาช่วยสนับสนุนในการวิจัยในการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน รวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยมีการแบ่งขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

๑. ขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีและการออกแบบ

๑.๑ ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๑.๒ การออกแบบชุดอุปกรณ์ (ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์) สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรกลต้นแบบ

๒. ขั้นตอนการพัฒนา

ดำเนินการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๒.๑ สร้างโมเดลสามมิติสำหรับเครื่องจักรต้นแบบ

๒.๒ สร้างภาพเคลื่อนไหว (Animation) สำหรับเครื่องจักรกลต้นแบบ

๒.๓ พัฒนาหน้าจอและฟังก์ชันการทำงานบนแอปพลิเคชัน

๒.๔ การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักรกล (ต้นแบบ)

๒.๕ การวิเคราะห์และประเมินผลประสิทธิภาพของต้นแบบ

๒.๖ การปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

๒.๗ นำชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขั้นไปทดลองใช้งาน

๓. ขั้นตอนการทดสอบ

๓.๑ การทดสอบผลการใช้งานของผู้ใช้

๓.๒ การทดสอบผลความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

๔. ขั้นตอนการวิเคราะห์และประเมินผล

การวิเคราะห์และประเมินผลตามผลการทดสอบ เพื่อประเมินผลการทำงานและประสิทธิภาพของต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (ขั้นตอนพัฒนา), ประเมินผลการทดลองใช้งานโดยเปรียบเทียบกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดการใช้งานด้วยวิธีการเดิมกับกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดการใช้งานที่มีการใช้ต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ร่วมในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยี และการประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากแบบสอบถาม ในการวิเคราะห์หาแนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

๑. ได้ทราบปัญหาและอุปสรรคของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตยุทโธปกรณ์ในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

๒. ได้แนวทางในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการจำลองการฝึกปฏิบัติงานบนเครื่องจักรกล เพื่อช่วยเสริมให้ผู้ฝึกปฏิบัติงานสามารถเรียนรู้/ฝึกปฏิบัติได้ เสมือนการฝึกปฏิบัติบนเครื่องจักรกลจริง

๓. ได้ต้นแบบชุดอุปกรณ์การฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกล (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สำหรับทดลองใช้งาน และประยุกต์ต่อยอดในการสร้างสื่อการเรียนรู้สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับงานในด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศอื่น ๆ ต่อไป

๔. ผู้รับการถ่ายทอดสามารถเรียนรู้/ฝึกปฏิบัติงานเครื่องจักรกล โดยไม่กระทบต่อสายการผลิต ลดข้อจำกัดในการเข้าถึงเครื่องจักรกลในการฝึกปฏิบัติงาน สำหรับการเรียนรู้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่มีจำนวนจำกัด

๕. ประหยัดงบประมาณและค่าใช้จ่ายในการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี ในเรื่องของพลังงานและวัสดุที่เกี่ยวข้องในการเดินเครื่องจักรกลจริง

๖. ลดความเสี่ยงของอุบัติเหตุของผู้ฝึกปฏิบัติงาน และความเสี่ยงของการชำรุดของเครื่องจักรกลที่มีราคาสูง จากการฝึกปฏิบัติงานจริง

๗. สามารถบันทึกการปฏิบัติของผู้ฝึกปฏิบัติได้ตลอดการปฏิบัติงาน เพื่อประเมินหรือหาข้อบกพร่องในการฝึกปฏิบัติงาน

๘. ช่วยเสริมสร้างการพัฒนาบุคลากร เพื่อสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

คำจำกัดความ

AR (Augmented Reality) หมายถึง เทคโนโลยีที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Real) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual) โดยผ่านอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ รวมกับการใช้ซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ทำให้สามารถมองเห็นภาพที่มีลักษณะเป็นวัตถุ (Object) แสดงผลในจอภาพวัตถุ ๓ มิติ ลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริงมีการแสดงผลที่แสดงวัตถุ มีการเคลื่อนไหว ดูมีมิติ มีความตื่นเต้นเร้าใจมีหลักการทำงาน โดยสามารถแบ่งประเภทตามส่วนวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็น ๒ ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์ภาพ โดยอาศัย Marker เป็นหลักในการทำงาน (Marker based AR) และการวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่าง ๆ ที่อยู่ในภาพ มาวิเคราะห์ (Marker-less based AR)

CNC (Computer Numerical Control) หมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยควบคุมการทำงานเครื่องจักรกลอัตโนมัติต่าง ๆ เช่น เครื่องกัด เครื่องกลึง เครื่องเจาะ เครื่องเจียระไน ฯลฯ โดยการสร้างรหัส ตัวเลข สัญลักษณ์ หรือเรียกว่าโปรแกรม NC ขึ้นมาควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล ซึ่งสามารถทำให้ผลิตชิ้นงานได้รวดเร็ว ถูกต้อง และเที่ยงตรง

NC (Numerical Control) หมายถึง การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยระบบตัวเลขและตัวอักษร กล่าวคือ การเคลื่อนที่ต่าง ๆ ตลอดจนการทำงานอื่น ๆ ของเครื่องจักรกลจะถูกควบคุมโดยรหัสคำสั่งที่ประกอบด้วยตัวเลขตัวอักษรและสัญลักษณ์อื่น ๆ ซึ่งจะถูกแปลงเป็นคลื่นสัญญาณ (Pulse) ของกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณออกอื่น ๆ ที่จะไปกระตุ้นมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อทำให้เครื่องจักรกลทำงานตามขั้นตอนที่ต้องการ

บทที่ ๒
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง แนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR : Augmented Reality) ครั้งนี้ จะมีการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งประกอบไปด้วย หลักการ ทฤษฎี องค์ความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนา ตลอดจนแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

๑. อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย
๒. อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกลุ่มอาเซียน
๓. การถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ
๔. แนวคิดและทฤษฎีของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR : Augmented Reality)
๕. แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบกราฟฟิกทั่วไป และองค์ประกอบด้านภาพและกราฟฟิก
๖. แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบ สร้างโมเดล ๓ มิติ (3D Model)
๗. แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบสื่อเพื่อการเรียนรู้
๘. หลักการเครื่องจักรแบบ NC (Numerical Control) และ CNC (Computer Numerical Control) และเครื่องจักรกลต้นแบบ เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7
๙. เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน และหลักการเขียนภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Language)
๑๐. ระบบปฏิบัติการ (Operation System)
๑๑. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
๑๒. กรอบแนวคิดของการวิจัย
๑๓. สรุป

อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย

อุตสาหกรรมป้องกันประเทศเป็นอุตสาหกรรมที่มีระบบนิเวศ (Ecosystem) ประกอบไปด้วยการวิจัยพัฒนาการผลิต การประกอบรวม การปรับปรุง การซ่อมสร้าง การเปลี่ยนลักษณะ การแปรสภาพ หรือการให้บริการซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการป้องกันประเทศ

๑. ลักษณะอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย

หากย้อนกลับไปในอดีต นับตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ ๕ เป็นต้นมา ประเทศไทยตระหนักในคุณค่าของการพัฒนาขีดความสามารถด้านยุทโธปกรณ์ โดยพยายามที่จะลดการพึ่งพาจากต่างชาติ แต่ด้วยปัจจัยหลายๆ อย่างที่เกิดขึ้น ทำให้ผู้นำทางการเมืองและกองทัพในสมัยนั้น ปรับเปลี่ยนนโยบายการเสริมสร้างความเข็มแข็งของกองทัพ ด้วยการจัดหาและรับความช่วยเหลือยุทโธปกรณ์จากต่างประเทศที่สะดวกและรวดเร็ว ทำให้การพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศเกิดการชะลอตัวลง ซึ่งจากผลกระทบดังกล่าว เมื่อเกิดภาวะวิกฤตทางเศรษฐกิจในปี พ.ศ.๒๕๔๐ รัฐบาลจึงจำเป็นต้องปรับลดงบประมาณกองทัพในส่วนนี้ ทำให้การจัดหายุทโธปกรณ์เสริมสร้างกำลังรบของกองทัพขาดความต่อเนื่องเป็นเวลาเกือบ ๑๐ ปี จนในช่วงหลังจากปี พ.ศ.๒๕๕๐ เป็นต้นมา ช่วงที่สภาวะเศรษฐกิจดีขึ้น กองทัพเริ่มสร้างโอกาสเสริมสร้างความเข้มแข็งอีกครั้ง เพื่อชดเชยกับช่วงเวลาที่สูญไป แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยก็ยังจัดหาจากต่างประเทศเป็นส่วนมากเช่นเดิม

ปัจจุบันหลายๆ ประเทศได้ให้ความสำคัญอย่างมากต่ออุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โดยได้จัดเป็นกลุ่มประเทศชั้นนำ หรือที่เรียกว่า “First Tier” ซึ่งหมายถึงประเทศที่มีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศสมบูรณ์แบบและครบวงจร สามารถพัฒนาองค์ความรู้ต่อยอดได้ถึงระดับสูงสุด, กลุ่มประเทศที่จัดอยู่ในชั้นที่ ๒ หรือที่เรียกว่า “Second Tier” ที่มีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศครบวงจร แต่ยังไม่สามารถพัฒนาองค์ความรู้ต่อยอดได้ถึงระดับสูงสุดด้วยข้อจำกัดบางประการ และกลุ่มที่ ๓ หรือที่เรียกว่า “Third Tier” ซึ่งมีขีดความสามารถเพียงเพื่อการซ่อมบำรุงและสร้างอาวุธยุทโธปกรณ์บางประเภทสนับสนุนให้แก่กองทัพเท่านั้น สำหรับประเทศไทยนั้นยังจัดอยู่ในกลุ่ม “Third Tier” ที่มีจุดมุ่งหมายเข้าสู่ในขั้นถัดไป คือ “Second Tier” จึงทำให้ต้องตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นของการพึ่งพาตนเองทางด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โดยอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของประเทศไทยจะประกอบด้วย โรงงานในสังกัดกระทรวงกลาโหมจำนวน ๔๘ โรงงาน และอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในภาคเอกชนมีจำนวน ๖๐ บริษัท ซึ่งส่วนมากเป็นบริษัทที่รับซ่อมแซม ปรับปรุง หรือผลิตยุทโธปกรณ์ทางทหารบางประเภท ซึ่งบริษัทเหล่านี้ส่วนมากยังไม่มีขีดความสามารถสูงพอที่จะส่งออกผลิตภัณฑ์ที่สามารถแข่งขันในตลาดสากลได้

๒. ความสำคัญและความจำเป็นที่ประเทศไทยต้องมีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

ประเทศไทยที่ยังคงต้องเผชิญกับความขัดแย้งสภาวะแวดล้อมทางความมั่นคงส่งผลให้เกิดภัยคุกคามทางทหาร (Traditional/Military Threat) อย่างเลี่ยงไม่ได้ ด้วยเหตุนี้ประเทศไทยมีความจำเป็นที่ต้องเสริมสร้างให้กองทัพมีความพร้อมและเข้มแข็งอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากไม่มีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของตนเอง จึงจำเป็นอย่างมากที่ต้องมองหาแนวทางในการแก้ไขปัญหานี้ โดยการให้ความสำคัญต่อการพัฒนากำลังทางทหารและดำเนินนโยบายในลักษณะการสร้างกองทัพเพื่อความมั่นคงแบบพึ่งพาตนเอง (Self-reliance) จากการสร้างและส่งเสริมการผลิตอาวุธยุทโธปกรณ์ด้วยตนเองและจำหน่ายให้แก่ต่างประเทศด้วย ซึ่งจะเป็นหลักประกันความมั่นคงที่ไม่ต้องพึ่งพาผู้อื่นแล้ว ยังเป็นการสนับสนุนการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมในประเทศ พัฒนาระบบเศรษฐกิจและนำไปสู่การสร้างรายได้ให้แก่ประชาชนในประเทศ ดังนั้นการมีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศจะเป็นกลไกในการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ (Economic Multiplier) ในขณะเดียวกันก็เพิ่ม

ความมั่นคงให้แก่ประเทศด้วย อย่างไรก็ตามการที่จะสร้างวงรอบการสร้างและพัฒนาความมั่นคงแบบพึ่งพาตนเอง จำเป็นต้องอาศัยพลังขับเคลื่อนจากทุกภาคส่วน ภายใต้นโยบายของรัฐบาลที่ชัดเจนและต่อเนื่อง ที่ต้องอาศัยการลงทุนการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีป้องกันประเทศ พัฒนาโครงสร้างการผลิตและการตลาด ซึ่งต้องใช้งบประมาณที่สูงและใช้ระยะเวลาในการพัฒนาที่ยาวนานในระยะเริ่มแรกจะต้องได้รับการส่งเสริมหรือการลงทุนเริ่มต้นจากภาครัฐเท่านั้น ถึงจะทำให้อุตสาหกรรมป้องกันประเทศสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ และสามารถทำให้เกิดความมั่นคงที่พึ่งพาตนเองได้

๓. การสร้างระบบอุตสาหกรรมป้องกันประเทศแบบพึ่งพาตนเอง (Self - reliance in Defense Industry)

จากความจำเป็นด้านความมั่นคงแบบพึ่งพาตนเอง (Security Self Reliance) นั้น ในแต่ละประเทศก็มีลักษณะการกำหนดนโยบายที่แตกต่างกัน ทั้งนี้การพึ่งพาตนเองของประเทศต่าง ๆ นั้นจะสามารถแบ่งออกเป็น ๓ องค์ประกอบ (Pillars of Self Reliance) คือความมีอิสระ (Independence) การมีความร่วมมือในภูมิภาค (Regional Cooperation) และการมีความช่วยเหลือจากต่างประเทศ (External Assistance) การที่จะบรรลุเป้าหมายความมั่นคงแบบพึ่งพาตนเองให้ไม่สูญเสียสมดุลกับมิติด้านเศรษฐกิจและสังคมนั้น รัฐควรคำนึงถึงการทำให้ประเทศของตนสามารถพึ่งพาตนเองให้ได้ ขณะเดียวกันก็ต้องสร้างผลประโยชน์ที่เกิดจากการพึ่งพาตนเองคือมูลค่าเพิ่มในประเทศ (Domestic Value Added) รัฐบาลที่จะดำเนินนโยบายพึ่งพาตนเองด้านการป้องกันประเทศควรหาจุดพอดีในสองส่วนระหว่างระดับการพึ่งพาต่างชาติกับการผลิตเองจากสภาพและสถานะของประเทศ ทั้งนี้แนวทางหนึ่งที่ควรพิจารณาคือการร่วมมือกันระหว่างประเทศต่างๆ ในการสร้างและพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ (Defense Industry Cooperation) ซึ่งจะสอดคล้องกับแนวคิดสมาคมความมั่นคง (Security Community) ของกลุ่มประเทศอาเซียน

สิ่งที่ยืนยันความสำคัญว่าเพราะเหตุใดนั้นหลายประเทศส่งเสริมให้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศคือ ประโยชน์ที่ได้ต่อเศรษฐกิจ จากรายงานการศึกษาหลายฉบับสรุปตรงกันว่าการเพิ่มงบประมาณป้องกันประเทศจะมีส่วนช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจแบบทวีคูณ หรือ Defense Spending Multipliers ได้อย่างมาก เช่นการศึกษาของ Nigel Wilkins (University of Technology, Australia) สำรวจจาก ๘๕ ประเทศตัวอย่างพบว่าการเพิ่มงบประมาณป้องกันประเทศจะส่งผลต่อ GDP ในเชิงบวกอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะประเทศแคนาดา เมื่อเพิ่มงบประมาณป้องกันประเทศ ๑% จะส่งผลเชิงบวกต่อ GDP ถึง ๐.๔๗% แต่หากประเทศที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศให้เข้มแข็งแล้วยิ่งจะสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้อย่างมหาศาล ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหากอุตสาหกรรมป้องกันประเทศมีความเข้มแข็งแล้ว การใช้จ่ายในการจัดหายุทโธปกรณ์มากเท่าไรก็ยิ่งสร้างมูลค่าทวีคูณให้แก่ระบบเศรษฐกิจมากขึ้นตามไปด้วย เมื่ออ้างอิงจากรายงานของ Canadian Association of Defense and Securities Industries (CADSI : Ron Kane)

๔. ทิศทางการแก้ปัญหาเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

แนวทางในการแก้ปัญหาความขัดกันระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจกับการเสริมสร้างความมั่นคงนั้นต้องยอมรับว่า การเสริมสร้างความมั่นคงด้วยการสร้างกำลังรบที่เข้มแข็งมีความจำเป็นแต่ความสัมพันธ์ระหว่างการสร้างความมั่นคงกับการพัฒนาเศรษฐกิจมักจะสวนทางกัน การจัดหาอาวุธมากก็จะเหลืองบประมาณไปพัฒนาเศรษฐกิจสังคมน้อยลง วิธีแก้ปัญหามี ๒ แนวทางหลัก คือ

การจัดหายุทโธปกรณ์ลดลงซึ่งมีผลเสียมากกว่าผลดีต่อหลักประกันด้านความมั่นคง อีกวิธีคือ การสร้างยุทโธปกรณ์ด้วยอุตสาหกรรมของประเทศซึ่งจะช่วยกระตุ้นการพัฒนาเศรษฐกิจ ดังนั้นการจะผลิตยุทโธปกรณ์ได้ จำเป็นต้องมีการวิจัยเทคโนโลยีป้องกันประเทศ และสร้างอุตสาหกรรมป้องกันประเทศแบบพึ่งพาตนเอง ซึ่งสอดคล้องตามหลักการเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (Prof. Richard Florida) (Creative Economy) ที่ประกอบด้วย 3Ts Model (Talent, Tolerance, Technology) ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยเริ่มนำมาประยุกต์ใช้แล้วโดยกระทรวงกลาโหม ที่พยายามในการพึ่งพาตนเอง โดยการจัดตั้งสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) หรือ สทป. และศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร หรือ ศอพท. ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่จะขับเคลื่อนการวิจัยพัฒนาด้านเทคโนโลยีป้องกันประเทศ รวมทั้งอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ แม้ว่าในการดำเนินงานยังอาจมีอุปสรรคและข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ อยู่บ้าง แต่จากการพัฒนาระบบเศรษฐกิจให้มีเสถียรภาพอยู่ได้ในหลายทศวรรษหน้านั้น จำเป็นต้องพัฒนาจากระดับต่ำที่สุด คือ เศรษฐกิจขับเคลื่อนด้วยปัจจัยการผลิต หรือ Factor - Driven Economy หมายถึง การใช้การผลิตด้วยต้นทุนต่ำเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเข้าสู่ระดับความสามารถในการแข่งขันที่สูงขึ้นเป็นลำดับคือ เศรษฐกิจขับเคลื่อนด้วยประสิทธิภาพ หรือ Efficiency - Driven Economy และเข้าสู่ระดับสูงสุดคือเศรษฐกิจขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม หรือ Innovation - Driven โดยผลของการพัฒนานั้นจะช่วยให้เกิดการส่งเสริมการขับเคลื่อนสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน ดังนั้นการพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศจะเป็นการวางพื้นฐานที่สอดคล้องกับนโยบายเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ และเป็นการสร้างนวัตกรรมชั้นสูงที่ส่งผลดีต่อทั้งระบบเศรษกิจและความมั่นคงของประเทศ

๕. แผนแม่บทอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ พ.ศ.๒๕๕๘ - ๒๕๖๓

แผนแม่บทอุตสาหกรรมป้องกันประเทศได้กำหนดกรอบระยะเวลาในการดำเนินงาน ๖ ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. ๒๕๕๘ ถึง พ.ศ. ๒๕๖๓ ซึ่งส่วนราชการที่เกี่ยวข้องจะร่วมให้การสนับสนุนและจัดทำเป็นแผนปฏิบัติราชการประจำปีของหน่วย โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

๕.๑ เป็นแนวทางหลักในการพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศเพื่อให้เกิดความพร้อมในการป้องกันในประเทศ

๕.๒ ให้หน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องได้ใช้ในการวางแผนปฏิบัติการอำนวยการ ประสานงาน สนับสนุน และบูรณาการการดำเนินงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ได้แก่ กิจการอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โครงสร้าง กฎหมายที่เกี่ยวข้อง การพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศที่มีความทันสมัยไว้ภายในประเทศ การส่งเสริมอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ การขายผลิตภัณฑ์ การสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศระหว่างกระทรวงกลาโหม กับหน่วยงานอื่นของภาครัฐ ภาคเอกชน และกลุ่มประเทศอาเซียนหรือมิตรประเทศ

๖. ยุทธศาสตร์การพัฒนา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี อุตสาหกรรมป้องกันประเทศ กระทรวงกลาโหม พ.ศ.๒๕๖๐ - ๒๕๗๙

ได้ยึดถือนโยบายรัฐบาลที่นำประเทศไทยไปสู่การปฏิรูปโครงสร้างเศรษฐกิจเพื่อก้าวข้าม “Thailand 3.0” ไปสู่ “Thailand 4.0” ซึ่งต้องเกิดอุตสาหกรรม ๔.๐ ที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นการพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกระทรวงกลาโหมให้เป็น ๔.๐ ได้นั้น จำเป็นต้องรวมระบบงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีป้องกันประเทศเข้ากับระบบงานอุตสาหกรรม

ป้องกันประเทศ โดยการพัฒนากลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ ๑๒ พ.ศ.๒๕๖๐ - ๒๕๖๔ มีกลยุทธ์ที่สำคัญ คือ นโยบายการตัดสินใจ “สร้างหรือซื้อ” (Make or Buy) เทคโนโลยีหรือผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมเป้าหมาย เพื่อต่อยอดความเข้มแข็งของอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพปัจจุบันและยกระดับไปสู่อุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในอนาคต รวมทั้งเพื่อมุ่งตอบสนองวิสัยทัศน์ตามร่างยุทธศาสตร์การป้องกันประเทศกระทรวงกลาโหม พุทธศักราช ๒๕๖๐ - ๒๕๗๙ คือ “มีกองทัพชั้นนำ มีบทบาทสำคัญในด้านความมั่นคงของรัฐ และมีบทบาทนำในการส่งเสริมความมั่นคงของภูมิภาค” ซึ่งได้กำหนดเป้าหมายให้การวิจัยพัฒนาและอุตสาหกรรมป้องกันประเทศมุ่งสู่การผลิตใช้ในราชการและเพื่อการพาณิชย์

สำหรับปัจจัยแห่งความสำเร็จของการดำเนินการตามยุทธศาสตร์การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี อุตสาหกรรมป้องกันประเทศ กระทรวงกลาโหม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดนั้น จะต้องให้ความสำคัญกับการดำเนินการต่าง ๆ ได้แก่ ๑) นโยบายการตัดสินใจ “สร้างหรือซื้อ” (Make or Buy) ที่กระทรวงกลาโหม จะต้องกำหนดเพื่อให้เกิดการบูรณาการและการเชื่อมโยงระหว่างความต้องการยุทโธปกรณ์ของกองทัพ (ต้นน้ำ) การวิจัยพัฒนาให้เกิดนวัตกรรม (กลางน้ำ) และการส่งต่อเพื่อการผลิตเชิงอุตสาหกรรม (ปลายน้ำ) ๒) นโยบายชดเชยในกรณีซื้อจากต่างประเทศ (Offset Policy) ของกระทรวงกลาโหมเพื่อให้มีการเพิ่มเติมการชดเชยหรือตอบแทนผลประโยชน์กลับมายังประเทศไทยในรูปแบบต่าง ๆ ๓) การมาตรฐานทางทหาร ได้แก่ การกำหนดมาตรฐานทางทหาร, การทดสอบมาตรฐานทางทหาร และการรับรองมาตรฐานทางทหาร ๔) การสร้างนวัตกรรมที่สอดคล้องกับความต้องการของกองทัพและการจดสิทธิบัตร และเสริมสร้างการจัดการทรัพย์สินทางปัญญาที่มีประสิทธิภาพ ด้วยการนำผลงานวิจัยขึ้นบัญชีนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ไทย และ ๕) ระบบการพัฒนางานวิจัยสู่สายการผลิตใช้ในราชการ/เชิงพาณิชย์ของสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ ด้วยการจัดให้มีระบบและกลไกการพัฒนางานวิจัยไปสู่การผลิตเชิงอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกลุ่มอาเซียน

๑. ความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกลุ่มประเทศอาเซียน

ความร่วมมือสำคัญเกิดขึ้นครั้งแรกหลังจากรัฐมนตรีกลาโหมของมาเลเซียได้นำเสนอร่างเอกสารแนวความคิดว่าด้วยความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในกรอบอาเซียน (Concept Paper on Establishing ASEAN Defence Industry Collaboration: ADIC) ในการประชุมรัฐมนตรีกลาโหมอาเซียน (ASEAN Defence Ministers’ Meeting: ADMM) ครั้งที่ ๓ ในปี พ.ศ. ๒๕๕๒ (ครั้งนั้นไทยเป็นเจ้าภาพในการจัดการประชุม) ซึ่งการนำเสนอแนวความคิดของการจัดตั้ง ADIC นั้น ส่วนหนึ่งมีเหตุผลสืบเนื่องมาจากยุทธศาสตร์เชิงรุกในการจัดตั้งเขตอุตสาหกรรมเทคโนโลยีป้องกันประเทศของมาเลเซีย หรือ Malaysia Defence Security Technology Park ไว้เพื่อรองรับการเป็นศูนย์กลางของอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ต่อมาแนวความคิด ADIC ได้รับการรับรองในการประชุม ADMM ครั้งที่ ๕ ซึ่งจัดขึ้นที่ประเทศอินโดนีเซีย โดยได้มีมติให้ประเทศสมาชิกมีการดำเนินการตามเอกสารแนวความคิดฯ และให้มีการจัดตั้งคณะทำงาน เพื่อทำหน้าที่ในการวางแผนประสานงาน และการดำเนินการให้มีผลในทางปฏิบัติ

๒. ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนากรอบความร่วมมือ ADIC

สำหรับปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนากรอบ ADIC ได้แก่ (๑) ลักษณะทางกายภาพ เนื่องจากแต่ละประเทศมีลักษณะทางกายภาพและมียุทธศาสตร์ความมั่นคงที่แตกต่างกัน ทำให้มีรายละเอียดความต้องการยุทโธปกรณ์ที่แตกต่างกัน (๒) เป้าประสงค์ ทั้งในการวิจัยและพัฒนาที่แตกต่างกัน (๓) ความแตกต่างด้านนโยบาย การจัดสรรงบประมาณ และความพร้อมในการลงทุน (๔) ขีดความสามารถด้านทรัพยากรบุคคลที่แตกต่างกัน และ (๕) นโยบายป้องกันประเทศของหลายชาติยังอยู่บนพื้นฐานความไม่ไว้วางใจต่อกัน ซึ่งเป็นผลพวงจาก ช่วงยุคสงครามเย็นที่ผ่านมา รวมทั้งแนวคิดชาตินิยม สำหรับการดำเนินการ ในกรอบความร่วมมือ ADIC ในปัจจุบัน มีความคืบหน้าไปมาก โดยเฉพาะ ในปี พ.ศ.๒๕๖๐ ที่มีการกำหนดกรอบการดำเนินงานที่ชัดเจนมากขึ้น

๓. ศักยภาพด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในอาเซียน

ความพร้อมและศักยภาพด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในอาเซียน แบ่งออกเป็น ๓ กลุ่ม ดังนี้

๓.๑ กลุ่มที่มีศักยภาพด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในระดับต่ำ ได้แก่ เวียดนาม หลังจากสิ้นสุดสงครามเวียดนาม องค์ความรู้ ด้านเทคโนโลยีและวิทยาการของเวียดนามเกิดภาวะชะงัก แต่ได้มีความพยายามยกระดับเป็นประเทศผู้ผลิตและเป็นเจ้าของเทคโนโลยี โดยได้กำหนดไว้ในรัฐธรรมนูญเมื่อวันที่ ๑ ม.ค. พ.ศ. ๒๕๕๗, ประเทศบรูไน ซึ่งเป็นประเทศที่มีทรัพยากรจำกัด จึงเน้นการนำเข้าจากต่างประเทศ, สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว, กัมพูชา และเมียนมา ยังไม่มีงบประมาณเพียงพอในการลงทุนด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ จึงเป็นประเทศ “ผู้ใช้” เป็นหลัก

๓.๒ กลุ่มที่มีศักยภาพด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศใน ระดับปานกลาง ได้แก่ มาเลเซีย ได้มีการสนับสนุนและส่งเสริมการวิจัย และพัฒนาด้านเทคโนโลยีป้องกันประเทศพร้อมกับปฏิรูปการจัดหา อาวุธยุทโธปกรณ์ จากการเป็นเพียงผู้ซื้อให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยี และการร่วมลงทุนระหว่างผู้ผลิตกับองค์การที่จัดตั้งขึ้นภายใต้นโยบายของรัฐบาล, อินโดนีเซีย ได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากข้อตกลงนโยบายการชดเชยทางยุทธพาณิชย์ (Offset Policy for Defence Trade: Offset) และการซื้อสิทธิบัตรการผลิต, ประเทศไทยซึ่งรัฐบาลปัจจุบันได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเพื่อใช้ในด้านการป้องกันประเทศ จึงได้มีการสนับสนุนและขับเคลื่อนอย่างเป็นรูปธรรม และเป็นครั้งแรกที่ได้มี การบรรจุประเด็นนี้ไว้ในยุทธศาสตร์ชาติ ๒๐ ปี แผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ ๑๒ และนโยบายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงกลาโหม และประเทศฟิลิปปินส์ได้เริ่มก่อตั้งโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อการพึ่งพาตนเอง ในปี พ.ศ. ๒๕๑๗ จนประสบความสำเร็จในการทำอาวุธและกระสุนปืน

๓.๓ กลุ่มที่มีศักยภาพด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในระดับสูง ได้แก่ สิงคโปร์ ซึ่งเป็นประเทศตัวอย่างในกรณีศึกษาด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ เนื่องจากผู้นำสิงคโปร์ได้กำหนด วิสัยทัศน์ในการพัฒนาศักยภาพของตนเอง ผ่านการถ่ายทอดองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการซ่อมบำรุง และปรับปรุงอุปกรณ์ ปัจจุบันสิงคโปร์ยังคงดำเนินโยบายผลักดันการวิจัย

และพัฒนาอุตสาหกรรมเทคโนโลยีป้องกันประเทศ ทั้งด้านประสิทธิภาพการผลิต และพัฒนาอาวุธยุทโธปกรณ์สู่ตลาดสากล

การถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

๑. การถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย

ประเภทของการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทยนั้น ยังเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศเป็นหลัก อันเนื่องจากประเทศไทยมีความจำเป็นต้องสร้างและพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศที่เข้มแข็ง ในการก้าวไปสู่กลุ่ม “Second Tier” ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาขีดความสามารถทางด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและการลดภาระการนำเข้ายุทโธปกรณ์จากต่างประเทศในระยะเวลาอันรวดเร็ว การรับการถ่ายทอดจากต่างประเทศจึงเป็นหนทางที่ประเทศไทยยังคงนำมาใช้อยู่ในปัจจุบัน ในขณะเดียวกันตามนโยบายยุทธศาสตร์การพัฒนา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี อุตสาหกรรมป้องกันประเทศ กระทรวงกลาโหม พ.ศ.๒๕๖๐ - ๒๕๗๙ กองทัพได้เริ่มมีการขยายองค์ความรู้จากการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ไปสู่การถ่ายทอดเทคโนโลยีภายในองค์กรเพื่อเพิ่มศักยภาพของบุคคลากร ร่วมกับการการถ่ายทอดเทคโนโลยีระหว่างองค์กร อันได้แก่ สถานศึกษา ในการร่วมวิจัยพัฒนาเพื่อเข้าสู่การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศเพื่อการพึ่งพาตนเองในอนาคต

ระดับของการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในปัจจุบันยังอยู่ในระดับที่ ๑ ที่จะก้าวข้ามไปยัง ระดับที่ ๒ โดยผู้ขายเทคโนโลยีจากต่างประเทศได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับหน่วยงานด้านอุตสาหกรรมของรัฐแล้ว มีทั้งบางส่วนที่เสร็จสมบูรณ์โดยที่ผู้รับการถ่ายทอดสามารถดำเนินการผลิต บำรุงรักษา และเปลี่ยนแผนการผลิต โดยไม่ต้องอาศัยผู้ให้เทคโนโลยีอีกต่อไป แต่ยังมีบางส่วนที่ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ โดยผู้ถ่ายทอดยังคงให้การช่วยเหลือ หรือมีส่วนในการให้การสนับสนุนในกระบวนการผลิตอยู่ ซึ่งผู้รับการถ่ายทอดยังไม่สามารถดำเนินการผลิตได้เองทั้งหมด

รูปแบบของการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย ในอดีตนั้นเป็นลักษณะการถ่ายทอดเทคโนโลยีพร้อมกับเครื่องจักรกล เนื่องจากเป็นงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศซึ่งต้องใช้เครื่องจักรกลที่ออกแบบเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ดังนั้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์ด้านการป้องกันประเทศ จึงมาพร้อมเครื่องจักรกลในสายการผลิต และไม่สามารถนำไปใช้ในงานหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆได้ แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีเครื่องจักรกลมีความทันสมัยขึ้น มีการใช้เครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติ (Computer Numerical Control : CNC) ซึ่งสามารถสร้างชิ้นงาน/ผลิต ได้ตามแบบรูปที่ป้อนให้กับเครื่องจักร เข้ามาประยุกต์ใช้ในสายการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ดังนั้นรูปแบบในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ในปัจจุบัน จึงเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีของการส่งผ่านความรู้ทางเทคนิค โดยจะมีผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้การช่วยเหลือเป็นส่วนใหญ่

สำหรับกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทยนั้น ในอดีตจะเป็นลักษณะของการทำข้อตกลงแบบเทรินคีย์ ซึ่งผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยีจะเป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมดในการจัดการและบริหารการผลิต ผู้รับการถ่ายทอดจะไม่สามารถเลือกหรือคัดกรองเทคโนโลยีเฉพาะที่ตนต้องการได้ สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในปัจจุบันนั้น จะเป็นในรูปแบบการทำสัญญาอนุญาตให้ใช้สิทธิ ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบของ สัญญาอนุญาตให้ใช้สิทธิบัตร, สัญญาอนุญาตให้ใช้โนว์ฮาว หรือสัญญาให้ความช่วยเหลือทางเทคนิค ซึ่งผู้รับการถ่ายทอดสามารถเลือกระดับหรือประเภทของเทคโนโลยี เฉพาะที่ต้องการ/จำเป็นต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ ภายหลังเสร็จสิ้นการสัญญาแล้ว

๒. ปัญหาการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย

การถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย มักจะเกิดปัญหาและอุปสรรคหลายประการ อันเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่อยู่ในวงจำกัดและไม่แพร่หลายดังเช่นเทคโนโลยีประเภทอื่น ๆ ซึ่งปัญหาการถ่ายทอดเทคโนโลยีก็มีแตกต่างกันไปตามผลิตภัณฑ์ โดยปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นโดยภาพรวม อาทิเช่น

๒.๑ ความพร้อมของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

เนื่องจากเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศเป็นเทคโนโลยีที่อยู่ในวงจำกัด ผู้รับการถ่ายทอดจึงเป็นบุคลากรภายในองค์กรหรือหน่วยงาน ซึ่งบางส่วนยังขาดพื้นฐานความรู้ หรือมีระดับความรู้ไม่เพียงพอในการรับการถ่ายทอด เทคโนโลยี ส่งผลให้ผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีไม่สามารถรับการถ่ายทอดได้อย่างเต็มที่ ทำให้จำเป็น ต้องมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพิ่มเติมหลายครั้ง และไม่สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการถ่ายทอดไปพัฒนาต่อยอดในการพัฒนาเทคโนโลยีของตนเองได้ นอกจากนั้นพื้นฐานทางด้านภาษาก็เป็นอุปสรรคที่สำคัญของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีอีกประการหนึ่ง เนื่องด้วยการถ่ายทอดเทคโนโลยีทาง ด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศส่วนใหญ่ในปัจจุบัน ยังเป็นการถ่ายทอดจากผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ การมีพื้นฐานทางด้านภาษาที่ไม่ดีพอ อาจจะทำให้เกิดความเข้าใจไม่ถ่องแท้หรือเข้าใจผิดในการรับการถ่ายทอดได้

๒.๒ การลดประสิทธิภาพการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากการขาดแคลนเงินทุน

อันเนื่อง มาจากปัญหาทางสภาวะเศรษฐกิจตกต่ำในปัจจุบัน มีผลกระทบต่อนโยบายของรัฐบาลในการปรับลดเงินทุนด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศลง ซึ่งทำให้มีผลกระทบโดยตรงในการลดค่าใช้จ่ายส่วนการจัด การฝึกอบรมในการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศลง ทำให้ได้รับองค์ความรู้ได้ไม่เต็มที่และประสิทธิผลของการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีน้อยลง

๒.๓ ประเทศเจ้าของเทคโนโลยีไม่เต็มใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

แม้ว่าปัจจุบันการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศจะเป็นในรูปแบบการทำสัญญาอนุญาตให้ใช้สิทธิ ซึ่งผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีสามารถเจรจาเพื่อเลือกระดับหรือประเภทของเทคโนโลยีได้ แต่ในความเป็นจริงด้วยเหตุผลทางด้านของธุรกิจ เจ้าของเทคโนโลยีหรือ

ผู้ให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีมักจะสงวนองค์ความรู้ที่สำคัญไว้ ไม่ถ่ายทอดองค์ความรู้ทั้งหมดให้กับผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

๒.๔ การจำกัดในการเข้าถึงของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

เนื่องด้วยในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ในด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทยในปัจจุบันนั้น เครื่องจักรกลส่วนใหญ่ยังเป็นเครื่องจักรกลขนาดใหญ่และออกแบบเฉพาะงาน ฉะนั้นเครื่องจักรกลเหล่านี้ จึงมีราคาสูงและมีจำนวนน้อยในแต่ละสายการผลิต อีกทั้งการอบรมในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลนั้น ผู้รับการอบรมมีความจำเป็นต้องมีการฝึกปฏิบัติต่ออุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลชนิดนั้น ๆ ร่วมด้วย ซึ่งในแต่ละปี ผู้ผลิตจะมีแผนงานผลิตอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี การหยุดสายการผลิตที่กำลังดำเนินการอยู่เพื่อใช้เครื่องจักรกลในการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี จึงเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและไม่สามารถดำเนินการได้บ่อยครั้งตามความต้องการในกระบวนการถ่ายทอดความรู้ จึงทำให้มีข้อจำกัดในการใช้งานของเครื่องจักรสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ทั้งในเรื่องของจำนวนครั้งและจำนวนชั่วโมงในการฝึกปฏิบัติ

๒.๕ วิกฤตการณ์ของโลกที่มีผลกระทบต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี

อาทิเช่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. ๒๕๖๓ ได้มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา ๒๐๑๙ (COVID - 19) จนถึงปัจจุบันยังมีแนวโน้มการแพร่ระบาดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลต่ออุปสรรคในการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศที่กำลังดำเนินการอยู่และที่มีแผนจะดำเนินการต่อไปในอนาคต ทั้งในเรื่องของการเข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีร่วมกัน และความไม่ต่อเนื่องในเรื่องของการถ่ายทอดเทคโนโลยี รวมถึงผู้ให้การถ่ายทอดไม่สามารถเดินทางมาให้การอบรมได้ ตามมาตรการการป้องกันและควบคุมการแพร่ระบาดของรัฐบาล เพื่อลดความเสี่ยงการแพร่ระบาดของโรค

๓. แนวทางการพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

สำหรับแนวทางการพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทยนั้น เป็นการหาแนวทางในการปรับปรุง แก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นแนวทางที่จะสามารถพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ให้บรรลุผลตามนโยบายแผนยุทธศาสตร์ของชาติได้ โดยมีแนวคิดในการแก้ไขปัญหาดังนี้

๓.๑ การพัฒนาความพร้อมของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ไม่ว่าจะเป็นความรู้พื้นฐานในเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง และมีการยกระดับองค์ความรู้ให้กับบุคลากรภายในองค์กรเพิ่มเติม รวมถึงการบรรจุบุคคลากรที่มีความรู้ความสามารถตามภารกิจขององค์กร เพื่อสามารถที่จะพัฒนาต่อยอดในการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีของตนเองให้สูงขึ้นได้ นอกจากนั้นแล้วการพัฒนาพื้นฐานทางด้านภาษาของผู้รับการถ่ายทอดก็เป็นสิ่งที่สำคัญในโลกปัจจุบัน การมีพื้นฐานภาษาที่ดีจะทำให้ผู้รับการถ่ายทอดสามารถเข้าใจองค์ความรู้ได้อย่างถูกต้อง สามารถซักถามโต้ตอบผู้ถ่ายทอดเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ได้

๓.๒ การมุ่งเน้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีภายในองค์กร และการเสริมสร้างพัฒนางานวิจัยพัฒนาเพื่อการพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืน เพื่อแก้ไขปัญหาที่ประเทศเจ้าของเทคโนโลยีไม่ให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีที่สมบูรณ์ จำกัดไม่ให้ผู้รับการถ่ายทอดสามารถนำไปประยุกต์ แก้ไข ดัดแปลงพัฒนาด้วยตนเองในอนาคตได้ อีกทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มาจากงานวิจัยและพัฒนาของตน

จะสามารถแก้ไขปัญหาและอุปสรรคจากวิกฤติการณ์ต่างๆของโลกที่เกิดขึ้นได้ ไม่ว่าจะเป็นวิกฤติการณ์ทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และโรคระบาดต่างๆ เป็นต้น ซึ่งการมีเทคโนโลยีในด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศที่เข้มแข็งนั้น จะสามารถลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศที่มีราคาสูง และลดการปฏิสัมพันธ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศที่มีผลกระทบต่อการแพร่ระบาดของโรค

๓.๓ การพัฒนารูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อลดข้อจำกัดในการเข้าถึงเทคโนโลยีของผู้รับการถ่ายทอดโดยเฉพาะในด้านงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โดยปัจจุบันได้เริ่มมีการนำเทคโนโลยี เครื่องมืออุปกรณ์หรือสื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัย เข้ามาช่วยให้ผู้รับการอบรมได้มีการเข้าใจและเข้าถึงองค์ความรู้มากขึ้น อาทิเช่น สื่อวิดีทัศน์สำหรับประกอบการเรียนรู้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยี, สื่อประสมบนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ตพีซี (Tablet PC) หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งผู้รับการการถ่ายทอดสามารถค้นหาและเรียนรู้ตามที่ตนเองต้องการได้ หรือการใช้เทคโนโลยีของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประยุกต์ร่วมกับเทคโนโลยีการจำลองการในปฏิบัติงาน ที่สามารถใช้งานเสมือนการฝึกปฏิบัติงานจริงกับเครื่องจักรกลในงานผลิต สำหรับให้ผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการฝึกปฏิบัติงาน ซึ่งเทคโนโลยีต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้ผู้รับการถ่ายทอดสามารถเข้าถึงในการฝึกปฏิบัติงานได้ตามความต้องการ โดยไม่มีผลกระทบต่อสายการผลิตและลดข้อจำกัดในด้านจำนวนและเวลาในการฝึกปฏิบัติ รวมถึงยังช่วยลดอุปสรรคที่เกิดจากวิกฤติการณ์ต่างๆ ที่กรณีการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยการปฏิสัมพันธ์กันไม่สามารถดำเนินการได้อีกด้วย

แนวคิดและทฤษฎีของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR : Augmented Reality)

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality : AR) เป็นประเภทหนึ่งของเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่มีการนำระบบความจริงเสมือนมาผสานเพิ่มเข้าไปในโลกแห่งความเป็นจริง เพื่อทำให้กลมกลืนกันมากที่สุด โดยผ่านทางอุปกรณ์ เว็บแคม (Webcam), กล้องมือถือ, คอมพิวเตอร์ ร่วมกับการใช้ซอฟต์แวร์ (Software) ต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นในจอภาพเป็นสามมิติ และมีมุมมอง ๓๖๐ องศา ปัจจุบันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านอุตสาหกรรม การแพทย์ การตลาด การบันเทิงการสื่อสาร เป็นต้น จากอดีตมาสู่ปัจจุบัน พบว่าส่วนใหญ่ความหมายของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมนั้น จะถูกอธิบายไปตามลักษณะงานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่สร้างขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยี ฮิวแมนอินเตอร์เฟซ ที่มหาวิทยาลัยวอชิงตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Human Interface Technology Laboratory (HITLab) at University of Washington, Seattle, USA) ให้คำจำกัดความของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ว่าเป็นเครื่องมือที่สวมบนศีรษะ เรียกว่า Head Mounted Displays (HMDs) เพื่อกำหนดให้คอมพิวเตอร์แสดงภาพซ้อนกับสภาพแวดล้อมจริง เมื่อคอมพิวเตอร์ได้ตรวจจับภาพที่กำหนดไว้

สรุปได้ว่า เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม หมายถึง เทคโนโลยีในการเพิ่มข้อมูลที่มีความหมายให้กับสิ่งของหรือสถานที่จริง ๆ โดยเริ่มด้วยการเปิดรับข้อมูลอ้างอิงทางด้านภาพ เสียง หรือการบอกตำแหน่งด้วยระบบ GPS (Global Positioning System) และอื่น ๆ จากที่นั้น แล้วระบบก็จะทำการสร้างข้อมูลเพิ่มเติมให้วัตถุจริงที่มีอยู่เดิม ทั้งในรูปแบบภาพ เสียงและข้อมูลอื่น ๆ ที่ทำให้ผู้ใช้มีข้อมูลเชิงลึกเพิ่มขึ้นหรือสามารถตอบโต้ได้ ซึ่งทำให้ได้ประสบการณ์และมีการรับรู้เพิ่มเติมจากสิ่งของหรือสภาพแวดล้อมจริง ๆ ที่อยู่ตรงหน้า

๑. หลักการทำงานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๑.๑ องค์ประกอบของระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ดังนี้

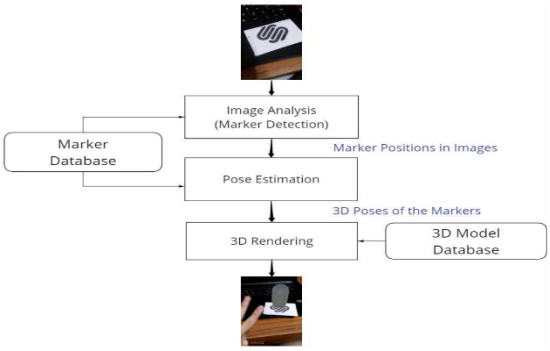
๑.๑.๑ ตัวระบุตำแหน่ง (Marker) ใช้ระบุตำแหน่งของแบบจำลอง ระบุความสัมพันธ์ จากตำแหน่งของตัวระบุตำแหน่งและขนาดตัวระบุตำแหน่ง

๑.๑.๒ ตัวตรวจจับข้อมูล (Eye) เช่น กล้องวีดีโอ กล้องเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ต เพื่อใช้ในการอ่านข้อมูลว่าตัวระบุตำแหน่งที่เห็นอยู่ตำแหน่งใดและทำมุมเท่าไหร่กับตัวกล้อง แล้วส่งข้อมูลเหล่านั้นให้กับตัวโปรแกรม

๑.๑.๓ ตัวโปรแกรมเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR Engine) เป็นตัวนำข้อมูลที่ได้จากตัวระบุตำแหน่งที่ถูกส่งมาจากตัวตรวจจับข้อมูลมาประมวลผล สร้างผลลัพธ์ผ่านโปรแกรมหรือส่วนประมวลผล แล้วนำข้อมูลส่วนนั้นไปแสดงผลเป็นภาพ

๑.๑.๔ จอแสดงผล (Display) ส่งผลข้อมูลที่ซอฟต์แวร์ประมวลผลออกมาเป็นภาพหรือวีดีโอแล้วนำข้อมูลเหล่านั้นออกมาแสดงผ่านหน้าจอแสดงผล

แผนภาพที่ ๒ - ๑ ภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม



ที่มา : พีรณัฐ ฤกษ์ศุภสมา

๒. ขั้นตอนการท้างานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๒.๑ การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหาตัวระบุตำแหน่งจากภาพที่ได้จากกล้อง แล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของตัวระบุตำแหน่งเพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของตัวระบุตำแหน่งการวิเคราะห์ภาพ สามารถแบ่งได้เป็น ๒ ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัยตัวระบุตำแหน่งเป็นหลักในการทำงาน (Marker based AR) และการวิเคราะห์ภาพ โดยใช้ลักษณะต่าง ๆ ที่อยู่ในภาพมาวิเคราะห์ (Marker-less based AR)

๒.๒ การคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ (Pose Estimation) การคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ ของตัวระบุตำแหน่งเทียบกับกล้อง ค่านี้จะถูกแสดงในรูปเมทริกซ์ ขนาด 4 x 4 (TMC) ที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่าง Camera Coordinated Frame และ Marker Coordinated Frame

๒.๓ กระบวนการสร้างภาพสองมิติ จากแบบจำลองสามมิติ (3D Rendering) ส่วนสุดท้ายที่ทำให้กระบวนการความเป็นจริงเสริมสมบูรณ์ คือการเพิ่มข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นแบบจำลองสามมิติ ลงไปในภาพที่ได้จากกล้อง ณ ตำแหน่งของตัวระบุตำแหน่งที่ตรวจพบจากขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ ที่คำนวณได้จากขั้นตอนการคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติทำการสร้างภาพสองมิติ จากโมเดลสามมิติ

แผนภาพที่ ๒ - ๒ ภาพแสดงผลลัพธ์สามมิติบนตัวระบุตำแหน่ง

ที่มา : พีรณัฐ ฤกษ์ศุภสมพล, เมธิชัย อรัญชราธร, ๒๕๖๐

๓. ประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๓.๑ การแบ่งประเภทเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามชนิด คือการแบ่งประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามลักษณะของแต่ละชนิดการทำงาน ได้แก่ ชนิดการทำงานแบบการผสมผสานความเป็นจริงและภาพ (Combine real and Visual) ซึ่งทำให้ผู้ใช้มองเห็นเพียงของจริงกับสิ่งที่สร้างขึ้นมา แต่ไม่มีการตอบสนองกับผู้ใช้ เช่น การใช้บลูสกรีน (Blue Screen) ในการถ่ายทำภาพยนต์, ชนิดการโต้ตอบแบบเรียลไทม์ (Interactive in Real-time) ที่ทำให้ผู้ใช้มองเห็นทั้งโลกของความเป็นจริงและโลกเสมือน อีกทั้งผู้ใช้ยังต้องทำการควบคุมสิ่งที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของวัตถุสามมิติ ทำให้เกิดการตอบสนองทางด้านความรู้สึกของผู้ใช้ขึ้น เช่น การใช้มาร์คเกอร์ (Marker) แสดงภาพความเป็นจริงเสริม และชนิดการทำงานภาพสามมิติ (Registered in 3-D) จะทำให้ผู้ใช้มองเห็นโลกเสมือนจริง ในขณะที่สามารถโต้ตอบแบบเรียลไทม์ตลอดจนตอบสนองผู้ใช้ในรูปแบบสามมิติได้ เช่น การใช้ชุดสวมศีรษะ (HMD) ในการเข้าไปในโลกเสมือนจริง (Virtual World)

๓.๒ การแบ่งประเภทเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามลักษณะการแสดงผล คือการแบ่งประเภทเทคโนโลยีที่แตกต่างกันของแต่ละลักษณะการแสดงผล ได้แก่ ลักษณะการแสดงผลเออาร์ (Monitor-based AR) จะเป็นการแสดงผลออกมาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ เช่น การใช้งานแผ่นมาร์คเกอร์ (Marker) ในการแสดงผลความเป็นจริงเสริม, ลักษณะแสดงผลผ่านวีดีโอ (Video See-through) และลักษณะแสดงผลผ่านออฟติคอล (Optical See-through) ซึ่งทั้งสองลักษณะจะใช้ชุดสวมศีรษะ ที่มีหน้าจอแสดงผลไม่เหมือนกันมาแสดง เพื่อให้ผู้ใช้เกิดความรู้สึกตอบสนองที่หลากหลายกับการทำงานของระบบความเป็นจริงเสริมมากยิ่งขึ้น

๔. กระบวนการแสดงผลของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๔.๑ เครียก (Craig) มีกระบวนการดังนี้

๔.๑.๑ เซ็นเซอร์ (Sensor) การระบุสถานะของโลกภายนอกที่มีการติดตั้งแอพพลิเคชั่น

๔.๑.๒ การประมวลผล (Processor) พิจารณาข้อมูลจาก Sensor เพื่อบังคับใช้กฎต่าง ๆ ของโลกเสมือน และสร้างข้อมูลสัญญาณสำหรับการแสดงผล

๔.๑.๓ การแสดงผล (Display) สร้างภาพที่ทำให้เห็นว่าโลกภายนอกและโลกเสมือนปรากฏอยู่ร่วมกัน และใช้ประสาทสัมผัสของผู้ใช้ให้รู้สึกถึงการผสมผสานของโลกทั้งสอง

๔.๒ คิปเปอร์และแรมโพลลา (Kipper & Rampolla) ได้แบ่งองค์ประกอบของกระบวนการแสดงผลดังนี้

๔.๒.๑ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่

๔.๒.๑.๑ คอมพิวเตอร์ทั้งแบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Device)

๔.๒.๑.๒ มอนิเตอร์หรือจอแสดงผล

๔.๒.๑.๓ กล้อง

๔.๒.๑.๔ ระบบการติดตาม (Tracking) และระบบตรวจจับ (Sensing System) (GPS แผนที่ เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดความลาดเอียง (Accelerometer)

๔.๒.๑.๕ โครงสร้างระบบเครือข่าย

๔.๒.๑.๖ มาร์กเกอร์ คือ วัตถุหรือสถานที่ที่เป็นจริงและสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมารวมกัน ซึ่งเป็นสิ่งที่คอมพิวเตอร์ใช้ระบุสถานที่นำเสนอข้อมูล

๔.๒.๒ ซอฟท์แวร์ (Software) ได้แก่

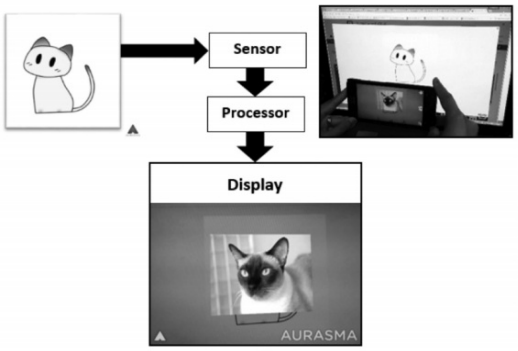
๔.๒.๒.๑ แอพพลิเคชั่นหรือโปรแกรมที่ใช้บนเครื่องนั้น ๆ

๔.๒.๒.๒ บริการของเว็บ

๔.๒.๒.๓ เครื่องให้บริการเนื้อหา (Content Server)

จากแนวคิดข้างต้น สามารถสรุปและจำลองกระบวนการแสดงผล ดังนี้

แผนภาพที่ ๒ - ๓ ภาพจำลองแสดงกระบวนการแสดงผลของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม



ที่มา : https://educ.chandra.ac.th/stu/images/pdf/902.pdf, ๒๕๕๙

จากภาพเป็นการจำลองกรณีของตัวแบบที่เป็นมาร์กเกอร์ (Marker) อาจเป็นภาพสัญลักษณ์ เครื่องหมาย หรือวัตถุที่ถูกสร้างขึ้น โดยมีการอัพโหลดเนื้อหาแบบดิจิทัลที่ต้องการแสดงไว้บนเซิร์ฟเวอร์เพื่อเก็บไว้เป็นฐานข้อมูล เมื่อทำการติดตั้งแอพพลิเคชั่นบนอุปกรณ์ที่ใช้เลนส์ในการรับภาพและทำการสแกนมาร์กเกอร์ผ่านแอพพลิเคชั่นระบบของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งจะทำการค้นหามาร์กเกอร์ที่มีลักษณะที่ตรงกับในระบบ ทำการติดตาม (Tracking) เปรียบเทียบและแสดงผลตามที่ผู้พัฒนาได้ทำไว้ เช่น ภาพนิ่ง วีดิทัศน์ หรือภาพ ๓ มิติ บนอุปกรณ์แสดงผลซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์ โดยเป็นการแสดงผลแบบทันทีทันใด (Real Time) สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในการแสดงผลได้แก่ ส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) สิ่งที่สำคัญที่สุดของเทคโนโลยี

ความเป็นจริงเสริม คือ การสร้างเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับเนื้อหาเสมือนจริง (Virtual Content) ของโปรแกรมประยุกต์เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งมีรูปแบบของการปฏิสัมพันธ์ ๔ วิธีหลัก สรุปได้ดังนี้

๑. Tangible AR Interfaces เป็นส่วนติดต่อของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมแบบมีตัวตนจับต้องได้ สนับสนุนการโต้ตอบโดยตรงกับโลกแห่งความจริงโดยการใช้ประโยชน์จากกายภาพของวัตถุและเครื่องมือเป็นสื่อในการแสดงข้อมูลที่สร้างขึ้น

๒. Collaborative AR Interfaces คือ ใช้ระบบแสดงผลหลายชิ้นเพื่อรองรับกิจกรรมทั้งในพื้นที่เดียวกัน (Co-Located) และระยะไกล (Remote) โดยใช้ข้อมูลสามมิติเพื่อพัฒนาในรูปแบบโต๊ะทำงานที่ใช้ร่วมกัน นอกจากนี้การใช้พื้นที่ร่วมกันแบบทางไกล สามารถทำให้อุปกรณ์หลายชิ้นสามารถทำงานร่วมกันเพื่อสนับสนุนการประชุมทางไกล (Teleconferences) ได้

๓. Hybrid AR Interfaces เป็นการผสมส่วนติดต่อผู้ใช้ที่แตกต่างแต่มีลักษณะเสริมกัน (Complementary) ทำให้สามารถสร้างลักษณะของส่วนติดต่อหลายๆ แบบได้ ลักษณะเหล่านี้เหมาะสมกับกิจกรรมที่ไม่มีการวางแผนล่วงหน้าว่าจะมีการใช้อุปกรณ์แบบใด

๔. Multimodal AR Interfaces ผสมผสานการป้อนข้อมูลด้วยวัตถุจริง (Real Object Input) เข้ากับรูปแบบของภาษาและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น เสียงสัมผัส ภาษามือ และการสบตา ส่วนติดต่อแบบนี้ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน

๕. ความสำคัญของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เป็นการสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเข้าถึงกลุ่มลูกค้าที่เป็นคนรุ่นใหม่ที่ชอบและสนใจเทคโนโลยี บริษัทสามารถเผยแพร่หรือโฆษณา เพื่อสร้างความสนใจในตัวสินค้าในการดึงดูดลูกค้าและเพิ่มยอดขาย เป็นการเปิดตลาดและเพิ่มโอกาสของการค้าทาง Internet (E - commerce) ทั้งนี้ยังส่งผลต่อไปยังผู้ที่ต้องการลงทุนทำธุรกิจ โดยช่วยลดค่าใช้จ่ายในการลงทุน เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีหน้าร้านเพื่อให้บริการจึงไม่ต้องเสียค่าเช่าสถานที่และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ผู้ใช้บริการเองก็สามารถค้นหาตำแหน่งและรายละเอียดของสินค้าที่ตนต้องการได้อย่างถูกต้องชัดเจน

ข้อจำกัดของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม อาจจะไม่เหมาะกับกลุ่มคนที่อาจไม่ได้มีความรู้ด้านเทคโนโลยีมากนัก เนื่องจากว่าการนำเสนอด้วยรูปแบบนี้ ผู้ใช้จำเป็นต้องมีกล้องเว็บแคมและเครื่องพิมพ์ในกรณีที่เป็นการพิมพ์ตัว Marker ผ่านหน้าเว็บไซต์ จึงทำให้เข้าถึงผู้บริโภคในกลุ่มที่จำกัด โดยผู้ใช้บริการต้องมีฐานะทางเศรษฐกิจที่ค่อนข้างดี เนื่องจากการใช้เทคโนโลยี AR ต้องอาศัยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายอย่าง ซึ่งทำให้อาจไม่คุ้มกับการลงทุนของบริษัทในการวางระบบเครือข่ายรวมทั้งการทำฐานข้อมูลต่าง ๆ เช่น การทำฐานข้อมูลของร้านค้า หรือสถานที่ อีกทั้งอาจจะมีข้อจำกัดของพื้นที่ครอบคลุมการให้บริการและความเร็วของระบบโทรศัพท์มือถือ ทำให้การใช้งานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมยังอยู่ในวงที่จำกัด อย่างไรก็ตามด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและเครือข่ายโทรศัพท์มือถือที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน จะเป็นสิ่งที่ลดข้อจำกัดดังที่กล่าวมาข้างต้นได้เป็นอย่างดี

แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบกราฟฟิกทั่วไป และองค์ประกอบด้านภาพและกราฟฟิก

๑. หลักการออกแบบกราฟิกทั่วไป

ก่อนที่จะทำงานออกแบบกราฟิกประเภทใดก็ตาม สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือ การกำหนดจุดประสงค์ที่ชัดเจนของงาน เพราะช่องทาง รูปแบบและวิธีการของการนำเสนอมีมาก มีความรวดเร็วไร้ขอบเขต เช่นในเว็บไซต์ เครือข่ายอินเตอร์เน็ตต่างๆ ซึ่งต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้ทันเหตุการณ์ อาจจะทำให้เกิดความสับสน ยุ่งยากในการดำเนินงาน มีผลกระทบต่อการทำงาน เกิดความไม่เป็นระบบ มีการสูญเสียและสิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น ดังนั้นผู้ออกแบบจึงควรมีหลักการ และข้อควรคำนึงก่อนการเริ่มงานเพื่อการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง รัดกุมและวางแผนการดำเนินงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตลอดจนจบกระบวนการไม่มีปัญหาและอุปสรรค การออกแบบกราฟิกส่วนใหญ่เป็นวิธีการที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกถึงการสื่อ ความหมายในลักษณะของตัวอักษรและภาพในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นการสื่อสารทางทัศนสัญลักษณ์ (Visual Form) ดังนั้นในการออกแบบจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องมีการเรียนรู้เกี่ยวกับการมองเห็นและจิตวิทยาที่เกี่ยวข้อง

๑.๑ หลักการดำเนินงานและการวางแผนขั้นต้นของการออกแบบกราฟิก

๑.๑.๑ วัตถุประสงค์เพื่ออะไร ผู้ออกแบบต้องรู้ว่า จะบอกกล่าว เรื่องราว ข่าวสารอะไรแก่ผู้รับรู้บ้าง เช่น ทฤษฎีหรือหลักการ การเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ ฯลฯ ผู้ออกแบบต้องรู้วิธีการนำเสนอ (Presentation) ที่ดีและเหมาะสมกับเรื่องราวเหล่านั้นว่ามีเป้าหมายของการออกแบบเป็นไปเพื่อวัตถุประสงค์ใด เช่น เพื่อแนะนำ เผยแพร่ เพื่อให้ความรู้ หรือความบันเทิงเป็นต้น

๑.๑.๒ กลุ่มเป้าหมายเป็นใคร แบ่งเป็นเพศ ชาย หญิงหรือบุคคลทั่วไป มีช่วงอายุเท่าใด นิสิต นักศึกษาหรือเฉพาะกลุ่มสนใจ ข่าวสารที่ให้มีระดับความยาก-ง่าย หรือมีความเป็นสากลหรือไม่เฉพาะคนในประเทศหรือชาวต่างชาติ ซึ่งผู้ออกแบบจำเป็นจะต้องรู้และเข้าใจเพื่อวางแผนดำเนินการกับข่าวสาร ออกแบบ และการนำเสนอให้ตรงจุดกับกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการได้ถูกต้อง

๑.๑.๓ สิ่งที่ต้องการบอกคืออะไร หมายถึง วิธีการที่จะสื่อความหมายกับผู้รับรู้หรือกลุ่มเป้าหมายและถ้าที่มีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายไว้ล่วงหน้าชัดเจนแล้วก็จะทำให้ผู้ออกแบบมีความสะดวกในการที่จะบอกหรือสื่อความหมายได้ง่ายขึ้น เช่น การเลือกใช้สัญลักษณ์ เครื่องหมายและภาพประกอบต่าง ๆ สื่อแทนคำศัพท์ ข้อความที่เป็นนามธรรม ได้ตรงตามระดับความสามารถในการรับรู้ของผู้รับ จะช่วยให้เกิดความเข้าใจในความหมายของข่าวสารนั้น ๆ จำได้ในเวลาอันรวดเร็วและจดจำไว้ตลอดไป

๑.๑.๔ นำเสนอข่าวสารด้วยสื่อใด แบบใด ผู้ออกแบบต้องมีความรู้เกี่ยวกับประเภทของสื่อ ศักยภาพของสื่อชนิดต่าง ๆ คำนึงถึงการเลือกใช้สื่อในการนำเสนอข่าวสารเป็นรูปแบบใดจึงจะได้ผลดีมีความเหมาะสมกับข่าวสาร และผู้ออกแบบควรจะใช้วิธีการจัดการกับข่าวสารนั้นอย่างไร จึงจะสามารถโน้มน้าวจิตใจและสื่อความหมายต่อผู้รับได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น โปสเตอร์ หนังสือพิมพ์ โทรทัศน์ ภาพยนตร์ อินเตอร์เน็ต ฯลฯ

๑.๒ หลักการออกแบบ โดยแท้จริงแล้วความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่หาคำนิยามที่สมบูรณ์แทบจะเป็นไปไม่ได้ เพราะแต่ละคนก็มีความคิดแต่ละแบบหลากหลายกันไป

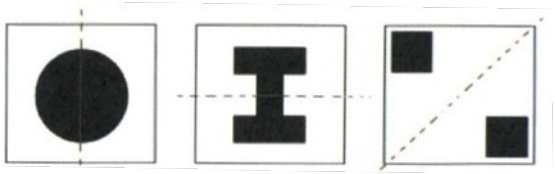
๑.๒.๑ ความคิดสร้างสรรค์

๑.๒.๒ บรรทัดฐานในการออกแบบกราฟิก

๑.๒.๓ ขบวนการทำงานออกแบบกราฟิก

งานออกแบบกราฟิกจะมีกฎเกณฑ์ และบรรทัดฐานที่น้อยกว่างานออกแบบด้านอื่น ๆ ดังนั้นแนวความคิดจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการกำหนดคุณค่าของตัวชิ้นงานที่กำลังออกแบบอย่างมาก

๑.๓ สมดุลในงานออกแบบ (Balance) การจัดองค์ประกอบงานออกแบบ การสร้างสมดุลขององค์ประกอบช่วยให้ภาพรวมของงานดูดี สนับสนุนความมีเอกภาพ โดยแบ่งความมีสมดุลของภาพ ออกเป็น ๒ ชนิดคือ - สมดุลแบบแนวแกน ๒ ข้างเหมือนกัน หรือสมดุลแบบสมมาตร (Symmetry Balance) และสมดุลแนวแกน ๒ ข้างไม่เหมือนกัน หรือสมดุลแบบอสมมาตร (Asymmetry Balance)
แผนภาพที่ ๒ - ๔ ภาพแสดงสมดุลแบบแนวแกน ๒ ข้างเหมือนกัน (Symmetry Balance)



ที่มา : http://www.research-system.siam.edu/images/809/05_ch2.pdf, ๒๕๕๘

สมดุลสมมาตร คือสมดุลที่เมื่อลากแนวแกนแล้วภาพภาพตามแนวแกนนั้นแล้วได้ส่วนของภาพ ทั้ง ๒ ส่วนเหมือนกัน ภาพที่จัดให้สมดุลด้วยหลัก Symmetry Balance หรือสมดุลแบบสมมาตร จะให้ความรู้สึกที่เป็นทางการ สงบนิ่ง ดูหนักแน่น เหมาะกับ การออกแบบที่เน้นความเรียบง่าย และเป็นทางการ

สมดุลแนวแกน ๒ ข้างไม่เหมือนกัน (Asymmetry Balance) สมดุลแบบอสมมาตร เปรียบได้กับ การวางของบนคานชั่ง โดยของ ๒ ด้านไม่เหมือนกัน แต่คานก็ยังคง ความสมดุลเท่ากันอยู่

แผนภาพที่ ๒ - ๕ ภาพแสดงสมดุลแนวแกนข้างไม่เหมือนกัน

ที่มา : http://www.research-system.siam.edu/images/809/05_ch2.pdf, ๒๕๕๘

ภาพที่จัดให้สมดุลด้วยหลัก Asymmetry Balance จะให้ความรู้สึกท้าทาย และน่าสนใจมากกว่าสมดุลแบบแรก เพราะผู้ออกแบบสามารถวางลูกเล่นต่าง ๆ ในภาพได้มากกว่า มีการช่างความสำคัญขององค์ประกอบต่าง ๆ กัน และผู้ชมก็ไม่สามารถคาดเดา ได้เหมือนกับการจัดภาพแบบแรก

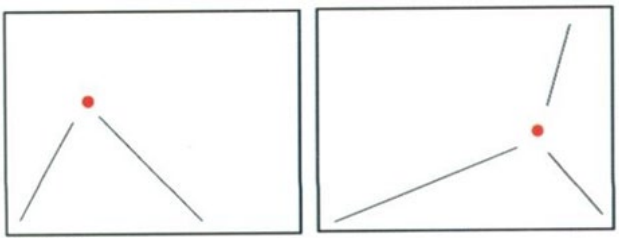
๑.๔ เทคนิคการออกแบบ (Design Techniques)

เทคนิคในการออกแบบงานกราฟิก เป็นส่วนหนึ่งที่เสริมการจัดองค์ประกอบของภาพที่มีอยู่ให้สื่อความหมายและความสวยงามอย่างที่นักออกแบบต้องการ นอกเหนือจากขั้นตอนพื้นฐานในการจัดองค์ประกอบ Composition ซึ่งได้แก่การสร้างความมีเอกภาพ (Unity) การเน้นย้ำจุดสนใจ (Emphasis) เป็นหลัก ดังนั้นเทคนิคในการออกแบบเพิ่มเติมจะเป็นการออกแบบที่มีแนวทางในการนำเสนอสื่อความหมายและความงามที่แตกต่างกันออกไป ในการออกแบบที่ใช้เทคนิคของความซับซ้อนนั้น ภาพที่ได้ออกมาจะมีเสน่ห์ในการดึงดูดสายตาของผู้ชมมากกว่า ภาพที่ใช้เทคนิคประเภทนี้องค์ประกอบภายในภาพมีมากมายและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบมักจะปรากฏในรูปแบบของการซ้อนทับ (Overlapping) การสอดคล้อง (Interlocking) และการสอดทะลุ (Interpenaltrate) ทิศทางขององค์ประกอบภายในภาพจะเสมือนมีมากระทำหลายแนวหรืออาจจะใช้องค์ประกอบที่หลากหลาย - เคลื่อนไหวกับหยุดนิ่ง (Activeness & Stasis) ซึ่งการสร้างภาพเคลื่อนไหว เหมาะกับงานออกแบบที่เน้นความทันสมัย งานออกแบบที่สื่อถึงวิทยาศาสตร์หรือเทคโนโลยี ใช้กับงานออกแบบที่สื่อถึงสิ่งที่มีชีวิต การออกแบบที่ใช้เทคนิคของการหยุดนิ่งเป็นงานออกแบบที่สื่อถึงความสงบนิ่ง ความอดทน ความเรียบร้อยมีระเบียบ ความน่าเชื่อถือมักใช้กับสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น ข้าวของเครื่องใช้หรืออาคารสถานที่

การออกแบบด้วยเทคนิคความซับซ้อนนั้น จะวางองค์ประกอบของภาพตามแนวตั้งและแนวนอนเป็นหลัก ควรใช้สีน้อย ๆและเป็นสีที่ไม่ฉูดฉาด และใช้เทคนิคเรียบแบนกับลึกมีมิติ (Flatness & Depth) ซึ่งเป็นเทคนิคของการเลือกที่จะใช้และไม่ใช้หลักทัศนียภาพ การใช้ภาพเรียบแบน ได้แก่ การออกแบบที่เห็นกันอยู่ทั่วไป แต่งานที่มีความลึกมีมิตินั้นให้สนิทของภาพในอีกอารมณ์หนึ่ง งานออกแบบที่ได้จะดึงดูดสายตาของผู้ชมได้ดี นอกจากนี้ยังเป็นงานออกแบบที่เป็นพื้นฐานของความเป็น ๓ มิติ โดยเน้นการลวงตาตามหลักการของการสร้างทัศนียภาพ (Perspective) ซึ่งหลักในการลวงตาภาพ ๒ มิติให้มี ๓ มิติที่มีความลึก มีดังนี้

๑.๔.๑ ในกรณีภาพแบบ Perspective ให้กำหนดจุดรวมสายตา (Vanishing Point)

แผนภาพที่ ๒ - ๖ ภาพแสดงจุดรวมสายตา



ที่มา : http://www.research-system.siam.edu/images/809/05_ch2.pdf, ๒๕๕๘

๑.๔.๒ วัตถุไหนอยู่ใกล้สายตาจะมีขนาดใหญ่ วัตถุไหนอยู่ไกลสายตาจะมีขนาดเล็ก โดยจัดให้สัมพันธ์กันกับระดับความลึกของภาพ - ระดับ Foreground หรือระดับฉากหน้า จะวางองค์ประกอบขนาดใหญ่ แต่มักไม่วางเต็มรูป เพราะจะกินพื้นที่ของภาพมากเป็นพิเศษ มักจะวางเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งขององค์ประกอบเท่านั้น - ระดับ Middle ground หรือระดับกลางภาพ เป็นระดับที่วางองค์ประกอบส่วนใหญ่ของภาพ เป็นเรื่องราวของตัวงาน - ระดับ Background หรือระดับฉากหลัง เป็นระดับที่มีองค์ประกอบเล็ก ๆ น้อย ๆ และไม่โดดเด่น เพื่อทำให้ฉากหลัง เน้นองค์ประกอบอื่น ๆ ให้โดดเด่น

๑.๔.๓ สร้างโทน หรือ แสงเงาให้กับรูป

งานออกแบบกราฟิกนั้น จะออกแบบและจัดองค์ประกอบต่างๆ ที่อยู่ภายในภาพงาน แต่ภาพจำลองหรือภาพโมเดลที่เป็นภาพเหมือนจริงไม่ได้ออกแบบและจัดองค์ประกอบของภาพ แต่เป็นการออกแบบวัตถุและที่ว่างของจริง แต่ภาพที่ได้นั้นเป็นภาพจำลองเหมือนจริง จึงไม่นับงานที่เห็นเป็นออกแบบกราฟิก แต่ก็มีหลายงานที่นำภาพ ๓ มิตินี้มาจัดวางตัวหนังสือ แต่งแสงใหม่ ก็นับเป็นงานกราฟิกได้เหมือนกัน เพียงแต่จะมองงานภาพจำลองเหล่านี้เป็นเพียงภาพประกอบเท่านั้น

๑.๕ ทฤษฎีสีกับการออกแบบงานกราฟิก

สีมีความสำคัญอย่างมากต่องานออกแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานออกแบบกราฟิก เพราะนอกจากจะทำให้ภาพหรือสิ่งต่างๆ มีความสดใส สวยงาม และน่าสนใจ แล้วยังมีบทบาทในการสื่อความหมายได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณภาพอีกด้วย ในการใช้สีเพื่อสื่อความหมายในงานกราฟิกนั้นควรจะได้ศึกษาให้มีความรู้ความเข้าใจเพื่อที่จะได้นำไปใช้ประกอบในงานกราฟิกให้งานนั้นสามารถตอบสนองได้ตรงตามจุดประสงค์มากที่สุด

๑.๖ หลักการพิจารณาเกี่ยวกับการใช้สี

การใช้สีในงานออกแบบกราฟิก มีวัตถุประสงค์ที่จะทำให้งานน่าดู สวยงาม และตื่นตา หรือส่งเสริมให้เนื้อหาสาระที่นำมาเสนอมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น คนแต่ละวัยมีความสนใจกลุ่มสีที่แตกต่างกัน การวางโครงสีในงานออกแบบกราฟิก ในเชิงพาณิชย์จึงต้องเน้นเรื่องวัยของกลุ่มเป้าหมายเป็นสำคัญ เช่น เด็กเล็กควรใช้สีประเภทสีปฐมภูมิ (Primary) หรือสีทุติยภูมิ (Secondary) ส่วนผู้ใหญ่อาจใช้สีแท้ (Hue) ผสมกลุ่มสีขาวหรือสีนวลหรือสีดำที่เรียกว่า Tint and Shade เพื่อช่วยลดความสดใสของสีเดิมลงตามขนาดสัดส่วนมากน้อยตามต้องการ ดังนั้นก่อนจะวางโครงสีในการทำงานจึงควรพิจารณาเกี่ยวกับการใช้สีในทางจิตวิทยาด้วย ดังนี้

๑.๖.๑ ใช้สีสดสำหรับกระตุ้นให้เห็นเด่นชัด เพื่อการมองในระยะเวลาสั้น ๆ เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการทำสื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์

๑.๖.๒ การใช้สีมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการเน้นให้เห็นเด่นชัด มุ่งส่งเสริมให้เนื้อหาสาระมีความชัดเจนขึ้น ถูกต้องขึ้น บางครั้งการใช้สีของนักออกแบบ จะสามารถใช้สี ได้อย่างอิสระเพื่อความสวยงาม บางครั้งก็จำเป็นต้องนึกถึงหลักความจริง และความถูกต้องอย่างเหมาะสมด้วย

๑.๖.๓ การออกแบบงานพาณิชย์ศิลป์ งานกราฟิกต่าง ๆ อาจจะไม่จำเป็นต้องใช้สีเสมอไป ผู้ออกแบบจึงควรพิจารณาถึงความเหมาะสมด้วยว่าควรใช้อย่างไร เพียงใด

๑.๖.๔ ควรใช้สีให้เหมาะสมกับวัยของผู้บริโภค

๑.๖.๕ การใช้สีมากเกินไปไม่เกิดผลดีกับงานออกแบบอย่างแท้จริง เพราะสีในหลายๆ สี อาจจะทำให้ลดความเด่นชัดของงานและเนื้อหาสาระที่ต้องการนำเสนอ

๑.๖.๖ เมื่อใช้สีสด เข้มจัด คู่กับสีอ่อนมากๆ จะทำให้ดูชัดเจน และมีชีวิตชีวาน่าสนใจ

๑.๖.๗ การใช้สีพื้นในงานออกแบบสิ่งพิมพ์ที่มีพื้นที่ว่างมากๆ ควรหลีกเลี่ยง

๑.๖.๘ ข้อพิจารณาสำหรับการใช้สีบนตัวอักษร ข้อความ คือ ต้องให้ชัดเจนอ่านง่าย ควรงดเว้นการใช้สิ่งที่ตรงข้ามในปริมาณเท่า ๆ กัน บนพื้นที่เดียวกันหรือใกล้เคียง เพราะจะทำให้ผู้ดู ต้องเพ่งมองอย่างมาก ทำให้เกิดภาพซ้อนพล่ามัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เป็นเนื้อหาสาระ เช่น ตัวอักษรสีแดงพื้นสีเขียว ความเด่นชัดของข้อความที่ต้องการเน้นด้วยความแตกต่างกันของสี ก็จะลดความเด่นชัดลงอีกด้วย

๒. องค์ประกอบด้านภาพและกราฟฟิก

การจัดองค์ประกอบภาพ เมื่อพูดถึงเรื่องการจัดวางองค์ประกอบ มีหลักการอยู่ ๒ ข้อ ซึ่งเป็นหัวใจของการจัดองค์ประกอบในงานศิลปะ คือ การสร้างเอกภาพ (Unity) และการสร้างจุดเด่นเน้นจุดสำคัญ (Emphasize)

๒.๑ เอกภาพ (Unity) คือสิ่งที่ทำให้งานสื่อความหมายออกมาและผู้ชมงานอ่านงานได้ กล่าวคือเอกภาพเป็นจุดมุ่งหมายในการสร้างภาพรวมของงาน ให้ผู้ชมงานสามารถรับรู้และเข้าใจ งานที่ออกแบบ ซึ่งโดยธรรมชาติเวลาดูงานจะเกิดกระบวนการจัดระบบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในภาพโดยอัตโนมัติ ดังนั้นองค์ประกอบที่อยู่ภายในภาพจะต้องมีความกลมกลืนกัน (Harmony)

๒.๑.๑ สร้างความใกล้ชิดให้กับองค์ประกอบ (Proximity) วิธีที่ง่ายที่สุดในการสร้างเอกภาพให้กับงาน คือการจัดองค์ประกอบที่มีอยู่ให้สอดคล้องกัน แต่ละองค์ประกอบจะขาดส่วนใดส่วนหนึ่งไปไม่ได้ การวางองค์ประกอบให้ใกล้ชิดกันจะทำให้ผู้ชมงานรู้สึกว่าองค์ประกอบต่างๆ เป็นพวกเดียวกัน เกิดภาพรวมที่มีเอกภาพ

แผนภาพที่ ๒ - ๗ ภาพแสดงการสร้างความใกล้ชิดให้กับองค์ประกอบ

ที่มา : http://www.research-system.siam.edu/images/809/05_ch2.pdf, ๒๕๕๘

ในภาพแรก จะเห็นองค์ประกอบรูปร่างต่างๆ วางกระจัดกระจาย หากถามว่าภาพแรกคืออะไร อาจจะตอบเป็นโพธิ์ดำ ดอกจิก ซึ่งภาพนี้ไม่มีเอกภาพ เลยยากที่จะตอบให้แน่ชัดว่าคืออะไร ในขณะที่ภาพที่สององค์ประกอบทั้งหลายของภาพมีความใกล้ชิดกันและดูเป็นพวกพ้องเดียวกันมากขึ้น หากถามว่าภาพที่สองคืออะไร ก็อาจจะตอบได้ว่าเป็นภาพดอกของไพ่ เพราะการวางชิดกันทำให้ดูเป็นพวกพ้องเดียวกัน (คือพวกดอกไพ่ซึ่งนับเป็นเอกภาพอย่างหนึ่ง)

๒.๑.๒ สร้างความซ้ำกันขององค์ประกอบ (Repetition) การจัดองค์ประกอบให้มีการซ้ำกันเรื่องๆ ไม่ว่าจะเป็น เส้น จุด สี หรือลักษณะของ ผิวสัมผัส ทำให้ผู้ชมงานรู้สึกถึงความเป็นพวกพ้องเดียวกันเกิดเอกภาพขึ้นในงาน

๒.๑.๓ สร้างความต่อเนื่องขององค์ประกอบ (Continuation) ความต่อเนื่องจะมาจากเส้นหรือทิศทางองค์ประกอบที่มีอยู่ภายในภาพ ซึ่งนำสายตาของผู้ชมงานให้เกิดทางตามที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ เมื่อได้มองภาพที่มีองค์ประกอบไหลต่อเนื่องกัน ทำให้กระบวนการรับรู้ของคนสร้างเรื่องราวต่อเนื่องเป็นเรื่องเดียวกันและอย่างเป็นลำดับขั้น ซึ่งทั้งหมดทำให้เกิดภาพรวมที่มีเอกภาพขึ้นในใจ

๒.๒ เสริมจุดเด่น เน้นจุดสำคัญ (Emphasize) หลังจากการจัดองค์ประกอบในการสร้างเอกภาพให้กับงานแล้ว ในด้านต่อไปคือการสร้างหรือเน้นจุดเด่นให้กับงาน (Emphasize) ในการสร้างจุดเด่นนั้นนอกจาก จะสร้างความน่าสนใจให้งานแล้วจุดเด่นจะทำให้ผู้รับชม จับประเด็นความหมายของงาน และสามารถเข้าใจในความหมายที่ตั้งใจออกแบบไว้ ความหมายที่ผู้ออกแบบพยายามสื่อออกมา การเน้นจุดเด่นสำคัญทำได้หลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะใช้ความแตกต่างของขนาดองค์ประกอบ ใช้สีคู่ตรงข้าม หรือการวางองค์ประกอบในตำแหน่งที่เรียกร้องความสนใจโดยเฉพาะ สรุปหลักการสร้างจุดสนใจ ๓ วิธีด้วยกัน ได้แก่

๒.๒.๑ วางตำแหน่งจุดสนใจในงาน (Focus Point) การวางองค์ประกอบให้เป็นจุดสนใจในงาน สามารถทำตาม ๒ ขั้นตอนต่อไปนี้

๒.๒.๑.๑ คำนึงถึงสิ่งที่ต้องการนำเสนอ สิ่งที่ต้องการสร้างจุดเด่นที่สุด หรืออาจจะเรียงลำดับความหมายมากน้อยขององค์ประกอบนั้นๆ

๒.๒.๑.๒ มองงานที่กำลังจะออกแบบเป็นตาราง ๙ ช่อง ดังภาพ

แผนภาพที่ ๒ - ๘ ภาพการวางตำแหน่งจุดสนใจในงาน

1	0	2
0	4	0
2	0	3

ที่มา : http://www.research-system.siam.edu/images/809/05_ch2.pdf, ๒๕๕๘

ในการวางตำแหน่งขององค์ประกอบที่จะเน้นให้เกิดจุดสนใจ จะวางที่ ตำแหน่ง ๑, ๒, ๓, และ ๔ เป็นหลัก โดยแต่ละตำแหน่งมีคุณสมบัติต่างกันออกไป โดยสิ่งที่กำหนดคุณสมบัตินั้นก็คือพฤติกรรมการมองภาพของคนส่วนใหญ่นั้นเอง เมื่อวางองค์ประกอบลงไปในแต่ละตำแหน่งองค์ประกอบนั้นจะมี อิทธิพลต่อภาพและการให้ความสำคัญอย่าง ตำแหน่งหมายเลข ๐ เป็นตำแหน่งที่ไม่ควรวางองค์ประกอบที่ต้องการเน้น เพราะเป็นตำแหน่งที่สายตา คนส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสำคัญนัก อาจเป็นอยู่ในช่วงครึ่งๆกลางๆ ของภาพซึ่งลดแรงดึงดูดทางสายตา ตำแหน่งหมายเลข ๑ มักจะชินกับพฤติกรรมการอ่านหนังสือที่ต้องกวาดสายตาจากมุมซ้ายบนลงไปมุมขวาล่าง ตำแหน่งหมายเลข ๑ จึงเป็นส่วนที่คนส่วนใหญ่เห็นเป็นอันดับแรกในหน้าหนังสือหรือภาพ ตำแหน่งหมายเลข ๒ เป็นตำแหน่งที่มีพลังในการดึงดูดสายตา จึงเหมาะกับการจัดวางองค์ประกอบที่ต้องการเน้น ตำแหน่งหมายเลข ๓ เป็นตำแหน่งที่สำคัญสืบเนื่องมาจากตำแหน่งที่ ๑ เพราะเป็นตำแหน่งสุดท้ายที่คนส่วนใหญ่กวาดสายตามอง ในตำแหน่งหมายเลข ๔ ความรู้สึกโดยทั่วไปของคนส่วนใหญ่มักให้ตำแหน่งกลางภาพเป็นตำแหน่งที่มีความสำคัญที่สุดในงาน ถึงแม้จะไม่เป็นจุดเรียกร้องสายตามากเท่า ๑, ๒, ๓ แต่ก็เป็นจุดรวมสายตาของผู้ชมที่มีต่องาน

๒.๒.๒ การสร้างความแตกต่างในงาน (Contrast) ความแตกต่างเป็นตัวกำหนดความน่าสนใจหรือความโดดเด่นในงานที่ดีที่สุด แต่ในการออกแบบงานโดยใช้การสร้างความแตกต่างนั้นต้องระวัง เพราะการสร้างให้องค์ประกอบมีความแตกต่างมากเกินไป จะทำให้องค์ประกอบนั้นหลุดออกจากกรอบของงาน ทำให้งานที่ได้ไม่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันหรือขาดความมีเอกภาพ และองค์ประกอบนั้นกลายเป็นสิ่งแปลกประหลาดในภาพมากกว่าการเป็นจุดสนใจในที่สุด การสร้างความแตกต่างในการรับรู้ภาพนั้นเป็นเรื่องที่นำมาซึ่งเทคนิคในการจัดองค์ประกอบมากมาย หรือที่เรียกว่า เทคนิคคู่ตรงข้าม

๒.๒.๓ การวางแยกองค์ประกอบให้โดดเด่น (Isolation) การวางองค์ประกอบให้โดดเด่น หรือการวางองค์ประกอบที่ต้องให้แยกออกมาห่างจากองค์ประกอบอื่น ๆ เป็นวิธีที่ทำให้ผู้ชมงานสังเกตเห็นองค์ประกอบนั้นได้ง่าย แต่เรื่องการจัดองค์ประกอบนั้นไม่ได้มีเพียงเอกภาพและการเสริมจุดเด่นเน้นจุดสำคัญเท่านั้น ยังมีเรื่องที่นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงอีก ได้แก่

๒.๒.๓.๑ ขนาดและสัดส่วนในการจัดองค์ประกอบ (Scale & Proportion) ขนาดองค์ประกอบมีบทบาทในการกำหนดความสำคัญขององค์ประกอบนั้น ๆ กล่าวคือองค์ประกอบขนาดใหญ่จะสื่อความหมายว่าตัวเองสำคัญกว่าองค์ประกอบที่มีขนาดเล็ก ผลลัพธ์ที่ได้อีกอย่างของการจัดวางขนาดองค์ประกอบต่าง ๆ ก็คือสัดส่วนของภาพ ซึ่งเป็นเรื่องของความสัมพันธ์

ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ถูกจัดวางจนได้ภาพรวม ในการจัดองค์ประกอบนั้นการใช้ขนาดและสัดส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบ จะช่วยให้งานที่ออกแบบสื่อความหมายได้เด่นชัดตรงประเด็น ที่ว่างในงานออกแบบ (Spacing) ในงานออกแบบกราฟิกหรืองานออกแบบ ๒ มิติ นอกจากองค์ประกอบหลักที่ได้ พยายามจัดให้ลงตัวแล้ว ยังมีอีกสิ่งหนึ่งซึ่งจริง ๆ แล้วมีอิทธิพลมากกับภาพที่ออกแบบ แต่นักออกแบบจำนวนไม่น้อยเลยที่มองข้ามไป สิ่งนั้นคือที่ว่าง (Space) ที่ว่างที่อยู่รอบ ๆ องค์ประกอบในภาพจะสอดประสานกับองค์ประกอบที่อยู่ภายในภาพ ทำให้เกิดความเป็นภาพและความเป็นพื้นภาพ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการสื่อความหมายของงานออกแบบได้ ซึ่งภาพและพื้นภาพ (Figure & Background) คือการมองภาพ ๆ หนึ่ง นอกจากจะมององค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ภายในภาพแล้ว สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่องานคือความสัมพันธ์ของภาพและพื้นภาพ ในการมองภาพสมองจะสั่งการให้รับรู้ความสำคัญขององค์ประกอบในภาพต่าง ๆ กันไป มองเห็นสิ่งที่เป็นองค์ประกอบหลักที่ถูกเน้นที่เด่นกว่าเป็นตัวงานเป็นตัวภาพ (Figure) ส่วนที่ว่างรอบ ๆ ภาพหรือองค์ประกอบที่เหลือนั้นจะกลายเป็นพื้นภาพ (Background) ไปโดยอัตโนมัติ อาจจะกล่าวได้ว่าภาพเป็นตัวหลัก พื้นภาพเป็นตัวรอง

๒.๒.๓.๒ พื้นที่ภาพและพื้นภาพ (Positive & Negative Space) งานออกแบบกราฟิกที่ดีต้องมีความสัมพันธ์ของภาพและพื้นภาพที่ดี พื้นภาพในงานจะส่งเสริมตัวภาพให้ดูโดดเด่นมากกว่า ซึ่งการส่งเสริมกันนั้นก็ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของพื้นที่วางรอบๆ ภาพ หรือที่เรียกว่า Positive & Negative Space เป็นสำคัญ ภาพและพื้นภาพนับเป็นเรื่องสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่างานกราฟิกจะสวยได้ นอกจากองค์ประกอบข้างในงานแล้ว รูปร่างขนาดพื้นที่ว่างรอบๆ รูปก็สามารถเป็นตัวบ่งชี้ความสวยงามลงตัวของงานได้

๒.๓ องค์ประกอบงานกราฟิก (Element of Design) องค์ประกอบหลัก ๆ ในงานกราฟิกจะแบ่งออกเป็น ๘ ชนิดคือ เส้น, รูปร่าง, รูปทรง, น้ำหนัก, พื้นผิว, ที่ว่าง, สี และตัวอักษร

๒.๓.๑ เส้น (Line) ความหมายของเส้นก็คือ การที่จุดหลาย ๆ จุดถูกนำมาวางต่อเนื่องจนกลายเป็นเส้นรูปทรงต่าง ๆ ขึ้นมา รูปทรงของเส้นที่จะสื่อออกมาถึงความรู้สึกที่แตกต่างกันออกไป

๒.๓.๑.๑ เส้นแนวนอน ให้ความรู้สึกสงบ ราบเรียบ

๒.๓.๑.๒ เส้นตรงแนวตั้ง ให้ความรู้สึกมั่นคงแข็งแรง

๒.๓.๑.๓ เส้นทแยง ให้ความรู้สึกไม่มั่นคง รวดเร็ว แสดงถึงเคลื่อนไหว

๒.๓.๑.๔ เส้นตัดกัน ให้ความรู้สึกประสาน แข็งแกร่ง หนาแน่น

๒.๓.๑.๕ เส้นโค้ง ให้ความรู้สึกอ่อนช้อย อ่อนน้อม

๒.๓.๑.๖ เส้นประ ให้ความรู้สึก โปร่ง ไม่สมบูรณ์ หรือในบางกรณีอาจจะใช้เป็นสัญลักษณ์ในการแสดงถึงส่วนที่ถูกซ่อนเอาไว้

๒.๓.๑.๗ เส้นโค้งก้นหอย ให้ความรู้สึกเคลื่อนไหวไม่มีที่สิ้นสุด

๒.๓.๑.๘ เส้นโค้งแบบคลื่น ให้ความรู้สึกถึงการเคลื่อนไหวอย่างนิ่มนวล

๒.๓.๑.๙ เส้นซิกแซ็ก ให้ความรู้สึก น่ากลัว อันตราย

ส่วนใหญ่แล้วเส้นจะมีอยู่ทุก ๆ งานออกแบบ โดยถูกนำไปใช้ร่วมกับองค์ประกอบต่าง ๆ จนสื่อถึงอารมณ์ของผลงานออกมาได้ ในแบบที่ต้องการ ดังนั้นการเลือกใช้เส้นเข้ามาเป็นส่วนประกอบในงานของเราจึงถือว่าเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรก

๒.๓.๒ รูปร่าง เป็นองค์ประกอบต่อเนื่องมาจากเส้น เกิดจากการนำเส้นแบบต่าง ๆ มาต่อกันจนได้รูปร่าง ๒ มิติที่มีความกว้างและความยาว (หรือความสูง) ในทางศิลปะจะแบ่งรูปร่างออกเป็น ๒ แบบคือ รูปร่างที่คุ้นตา ซึ่งเห็นแล้วรู้เลยว่านั่นคืออะไร และอีกแบบหนึ่งจะเป็นรูปร่างแบบฟรีฟอร์ม เป็นแนวที่ใช้รูปร่างสื่อความหมายที่จินตนาการไว้ออกมา ไม่มีรูปทรงที่แน่นอน แต่ดูแล้วเกิดจินตนาการถึงอารมณ์ที่ต้องการสื่อได้

๒.๓.๓ รูปทรง เป็นรูปร่างที่มิติเพิ่มขึ้นมากลายเป็นงาน ๓ มิติคือ มีความลึกเพิ่มเข้ามาด้วย

๒.๓.๔ น้ำหนัก เป็นส่วนที่มาเสริมให้ดูออกว่ารูปทรงมีน้ำหนักขนาดไหน เบาหรือหนัก ทึบหรือโปร่งแสง น้ำหนักจะเกิดจากการเติมสีและแสง แรเงาลงไปในรูปทรงจนได้ผลลัพธ์ออกมาตามที่ต้องการ ในการทำงานกราฟิกรูปร่างจะมีผลอย่างมากต่ออารมณ์ของงาน

๒.๓.๕ พื้นผิว (Texture) ในงานออกแบบกราฟิก พื้นผิวจะเป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบที่ช่วยสื่ออารมณ์ของงานออกมาได้ชัดเจนมากขึ้น เช่น ถ้าเราเลือกพิมพ์งานลงในกระดาษ Glossy ที่เงาและแวววาว งานนั้นจะสื่อออกไปได้ทันทีว่า “หรู มีระดับ” ดังนั้นในการทำงาน นักออกแบบจึงควรเลือกสร้างพื้นผิวทั้งในองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใส่ลงไปในภาพ รวมทั้งวัสดุที่ใช้พิมพ์งานดังกล่าวลงไป ก็จะสามารถช่วยสื่อความหมายที่ต้องการได้อย่างเหมาะสม

๒.๓.๖ ที่ว่าง (Space) อาจจะเกิดจากความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจของนักออกแบบก็ได้ ที่ว่างไม่ได้หมายความถึงพื้นที่ว่างเปล่าในงานเพียงอย่างเดียว แต่หมายถึงรวมไปถึงพื้นที่ที่ไม่สำคัญหรือ Background ด้วย ในการออกแบบงานกราฟิกที่ว่างจะเป็นตัวช่วยในงานดูไม่หนักจนเกินไป และถ้าควบคุมพื้นที่ว่างนี้ให้ดี ๆ ที่ว่างก็จะเป็นตัวที่ช่วยเสริมจุดเด่นให้เห็นได้ชัดเจนมากขึ้น

๒.๓.๗ สี (Color) สีของงานกราฟิก ถือเป็นหัวใจหลักสำคัญเลยก็ว่าได้ เพราะการเลือกใช้สีจะแสดงถึงอารมณ์ที่ต้องการได้ชัดเจนมากกว่าส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมด เช่น สีโทนร้อน สำหรับงานที่ต้องการความตื่นเต้น ท้าทาย หรือสีโทนเย็นสำหรับงานต้องการให้ดูสุภาพสบาย ๆ

๒.๓.๘ ตัวอักษร (Type) ในเรื่องงานกราฟิกที่ดีบางงาน นักออกแบบอาจจะใช้เพียงแค่ตัวอักษรและสีเป็นส่วนประกอบเพียงสองอย่าง เพื่อสร้างสรรค์งานที่สามารถสื่อความหมายออกมาได้ในดีไซน์ที่สวยงาม

๒.๔ องค์ประกอบระบบกราฟิก

เมื่อเราพิมพ์ภาพกราฟิกที่สร้างขึ้น มันไม่จำเป็นนักที่จะต้องให้ภาพนั้นปรากฏทันทีบนกระดาษ กราฟิกแบบนี้เรียกว่า กราฟิกแบบสถิต (Static Graphics) แต่ถ้าเป็นการเล่นวิดีโอเกมส์ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แบบนี้จะต้องเปลี่ยนแปลงได้เร็วพอที่ผู้ใช้จะสามารถควบคุมภาพได้ ระบบแบบนี้เรียกว่า ระบบกราฟิกแบบอินเตอร์แอกทีฟ (Interactive Graphics System) โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ คอมพิวเตอร์, จอภาพสำหรับการแสดงภาพ, อุปกรณ์รับคำสั่ง และข้อมูลจากผู้ใช้และอุปกรณ์สำหรับการพิมพ์ภาพ

๒.๔.๑ จอภาพสำหรับการแสดงภาพ เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตที่นิยมใช้กันมากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จากจอภาพ เรียกว่า “ซอฟต์ก็อปปี้”(Soft copy) เนื่องจากเป็นการแสดงผลเพียงชั่วคราว ไม่สามารถเก็บงานไว้ใช้ได้ ในอดีตจอภาพจะแสดงได้เพียงสีเดียวที่เรียกว่าจอแบบโมโนโครม (Monochrome) แต่จอภาพปัจจุบันสามารถแสดงเป็นสีได้ ซึ่งเกิดจากการผสมสีระหว่างสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยจอภาพที่พบจะมีอยู่ ๒ ประเภทใหญ่ๆ คือ จอ CRT (Cathode Ray Tube) ซึ่งเป็นจอภาพแบบหนา ภาพที่ได้เกิดจากการสร้างภาพของปืนอิเล็คตรอน อีกประเภทคือ จอภาพแบบบาง (Flat Panel Display) โดยจอที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ จอแอลซีดี (LCD) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพ ในการแสดงผลมากกว่า เพราะสามารถลดแสดงสะท้อนได้ดี กว่าทำให้ไม่เกิดอาการเมื่อยล้า และปวดตา และยังมีการพัฒนาให้สามารถแสดง ๒ จอพร้อมกันได้อีกด้วย ช่วยให้การทำงานที่ซับซ้อนทำได้สะดวกขึ้น

๒.๔.๒ อุปกรณ์รับข้อมูล ผู้ใช้ระบบอินเตอร์แอกทีฟกราฟิกสามารถติดต่อกับโปรแกรมกราฟิกได้โดยอาศัยอุปกรณ์รับข้อมูล ในที่นี้เราจะกล่าวถึงอุปกรณ์รับข้อมูลชนิดที่มีการใช้งานทั่วไปในระบบกราฟิก อุปกรณ์รับข้อมูลที่เรารู้จักกันดีก็คือ แป้นพิมพ์ (Keyboard) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับทั้งโปรแกรมและข้อมูลเข้าไปในคอมพิวเตอร์ และเมาส์ (Mouse) ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับการกำหนดตำแหน่งภาพและเลือกภาพที่ต้องการ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์รับข้อมูลชนิดอื่น ๆ อีก ซึ่งเราไม่ค่อยจะได้เห็นมากนักแต่ก็ยังมีการใช้งานกันในระบบกราฟิกรุ่นเก่า ๆ หรือไม่ก็ใช้ในงานเฉพาะอย่างเช่น แพดเดิล (Paddle), จอยสติ๊ก (Joystick) ซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์ในการเล่นเกมส์คอมพิวเตอร์, ปากกาแสง (Light Pen) เป็นอุปกรณ์รับข้อมูลสมัยแรกๆ ของระบบกราฟิก, ดิจิไตเซอร์ (Digitizer) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นรองสำหรับการวาด และอุปกรณ์ประเภทเมาส์หรือปากกาก็ได้

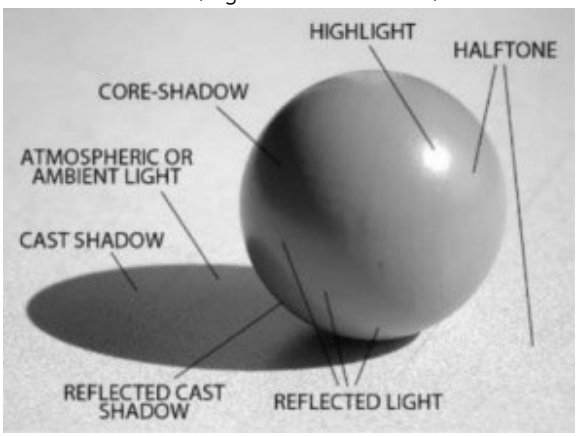
๒.๔.๓ อุปกรณ์การแสดงผลบนกระดาษ ในระบบกราฟิกจะมีการใช้อุปกรณ์การแสดงผล ๒ แบบ คือ เครื่องพิมพ์ (Printer) กับเครื่องวาด (Plotter) ซึ่งมีลักษณะการทำงานแตกต่างกัน เครื่องพิมพ์ที่ใช้กันในปัจจุบันมีหลายชนิดได้แก่ เครื่องพิมพ์แบบจุด (Dot-Matrix Printer) ซึ่งภาพที่ได้จากการพิมพ์มีคุณภาพต่ำจนถึงปานกลาง ความละเอียดในการพิมพ์อยู่ในช่วง ๑๐-๑๒๐ จุดต่อนิ้ว, เครื่องพิมพ์แบบฉีดหมึก (Ink-Jet Printer) เป็นเครื่องพิมพ์แบบนี้มีความสามารถในการพิมพ์ภาพสีและภาพที่มีแสงเงาได้เป็นอย่างดี ความละเอียดจะเป็น ๒๐๐ จุดต่อนิ้วขึ้นไป และเครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ (Laser Printer) ซึ่งใช้หลักการเดียวกันกับเครื่องถ่ายเอกสารจะให้ภาพที่มีคุณภาพดีมาก สำหรับเครื่องวาดที่มีใช้ในระบบกราฟิกมีหลายชนิด การแบ่งชนิดจะแบ่งตามลักษณะการทำงาน เช่น เครื่องวาดแบบระนาบ (Flatbed Plotter) การบังคับปากกาของเครื่องวาดจะต้องใช้ ๒ แนว คือ แกนกว้างและแกนยาว กระดาษจะวางบนแท่นแล้วลากปากกาไปบนกระดาษ อีกชนิดเรียกว่า เครื่องวาดแบบทรงกระบอก (Drum Plotter) กระดาษจะถูกม้วนอยู่ในแกนหมุนแล้วเคลื่อนที่ เพื่อให้ปากกาลากเส้นได้ถูกตำแหน่ง ส่วนปากกาก็จะเคลื่อนที่ในแกนเดียวกันเท่านั้น เครื่องวาดสามารถให้ผลภาพเส้นที่มีสีได้เป็นอย่างดีและมีคุณภาพของเส้นสูง แต่ภาพที่มีการระบายสีและแสงเงาจะทำได้ไม่ดีนัก

แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบ สร้างโมเดล ๓ มิติ (3D Model)

๑. แสงและเงา

คือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่แสดงให้เห็นด้วยการรับรู้รูปร่างรูปทรงหรือมิติขึ้น เช่น วัตถุหนึ่งได้รับแสงสว่างจากจุดกำเนิดใด ๆ ก็ตาม รูปวัตถุนั่นจะสว่างและส่วนหนึ่งจะมืด เรียกว่า แสงเงา การรับรู้ได้ถึงการมองเห็นได้ เพราะมีแสงสว่างบริเวณที่วัตถุนั้นตั้งอยู่ ถ้าไม่มีแสงสว่างน้ำหนักของวัตถุก็จะไม่มี หรือถ้ามีแสงสว่างเท่า ๆ กันไม่มีเงา น้ำหนักของสิ่งที่มองเห็นไม่ต่างกัน ก็ไม่สามารถมองเห็นอะไรได้ น้ำหนักและแสงเงา จึงหมายถึงการอ่อนแก่ที่เกิดขึ้นจากแสงและเงาในเนื้อที่ต่าง ๆ แสงเงามีความสำคัญหลายประการ คือ แสดงความเป็นปริมาตร (Mass) ของรูปทรง และแสดงความเป็นระนาน (Planes) ของรูปทรงที่ปรากฏ

แผนภาพที่ ๒ - ๙ ภาพแสดงแสงและเงา (Light and Shadow)



ที่มา : http://mandegar.info/?l=Core+Shadow++Art+Vocab+Definition++YouTube, ๒๕๕๘

แสงและเงา (Light and Shadow) เป็นองค์ประกอบของศิลป์ที่อยู่คู่กัน แสงเมื่อส่องกระทบกับวัตถุจะทำให้เกิดเงา แสงและเงาเป็นตัวกำหนดระดับของค่าน้ำหนัก ความเข้มของเงาจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง ในที่ที่มีแสงสว่างมากเงาจะเข้มขึ้น และในที่ที่มีแสงสว่างน้อย เงาจะไม่ชัดเจน ในที่ที่ไม่มีแสงสว่างจะไม่มีเงา และเงาจะอยู่ในทางตรงข้ามกับแสงเสมอ ค่าน้ำหนักของแสงและเงาที่เกิดบนวัตถุ สามารถจำแนกเป็นลักษณะที่ต่าง ๆ ได้ดังนี้

๑.๑ บริเวณแสงสว่างจัด (Hi-light) เป็นบริเวณที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดแสงมากที่สุด จะมีความสว่างมากที่สุด ในวัตถุที่มีผิวมันวาวจะสะท้อนแหล่งกำเนิดแสงออกมาให้เห็นได้ชัด

๑.๒ บริเวณแสงสว่าง (Light) เป็นบริเวณที่ได้รับแสงสว่างรองลงมาจากบริเวณแสงสว่างจัด เนื่องจากอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดแสงออกมา และเริ่มมีค่าน้ำหนักอ่อน ๆ

๑.๓ บริเวณเงา (Shade) เป็นบริเวณที่ไม่ได้รับแสงสว่าง หรือเป็นบริเวณที่ถูกบดบังจากแสงสว่าง ซึ่งจะมีค่าน้ำหนักเข้มมากขึ้นกว่าบริเวณแสงสว่าง

๑.๔ บริเวณเงาเข้มจัด (Hi-Shade) เป็นบริเวณที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดแสงมากที่สุด หรือเป็นบริเวณที่ถูกบดบังมาก ๆ หลายๆ ชั้น จะมีค่าน้ำหนักที่เข้มมากไปจนถึงเข้มที่สุด

๑.๕ บริเวณเงาตกทอด เป็นบริเวณของพื้นหลังที่เงาของวัตถุทาบลงไป เป็นบริเวณเงาที่อยู่ภายนอกวัตถุ และจะมีความเข้มของค่าน้ำาหนักขึ้นอยู่กับ ความเข้มของเงาน้ำหนักของพื้นหลัง ทิศทางและระยะของเงา

องค์ประกอบหลักของภาพ ๓ มิติ ประกอบด้วย เส้น รูปร่าง พื้นผิวและสี แต่ในการแสดงผลคุณสมบัติของบรรยากาศ จะมักมองข้ามความสำคัญของแสงไป ถ้าหากไม่มีแสงสว่างแล้ว คนเราจะไม่สามารถมองเห็นองค์ประกอบที่ต้องคำนึงถึง การเรียนรู้เรื่องแสงและเงาเป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นความเข้าใจจากการเรียนรู้ในหลักการของแสงและเงา เพื่อนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้กับการแรเงาภาพวัตถุรูปทรงต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องตามทิศทางการตกกระทบของแสง โดยมีองค์ประกอบที่ควรคำนึง คือ แหล่งกำเนิดแสง, รูปร่างของแหล่งกำเนิดแสง, ความสว่างหรือความเข้มของแสง, สีที่ปรากฏของแสงและผลที่เกิดขึ้นกับเงาของวัตถุ

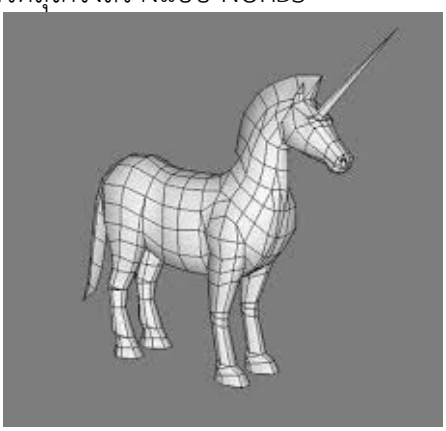
๒. โมเดล ๓ มิติ หรือ 3D Model

คือ โมเดลที่ถูกสร้างโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงผลให้เห็นบนพื้นผิว ๓ มิติ คือมีมิติในแนวนอน แนวตั้ง และแนวลึก ซึ่งแตกต่างจากภาพ ๒ มิติ ที่แสดงผลเพียง ๒ แนวเท่านั้น โมเดล ๓ มิติจึงมีมุมมองที่มากกว่า คือสามารถมองเห็นได้รอบด้าน ๓๖๐ องศา และสามารถปรับแต่งแก้ไขรูปทรงในลักษณะเหมือนกับงานปั้นได้ซึ่งเรียกว่า 3D Modeling หรือการปั้นวัตถุ ๓ มิติ

๒.๑ ประเภทโมเดล ๓ มิติ (3D Model) แบ่งประเภทตามลักษณะโครงสร้าง ได้แก่

๒.๑.๑ NURBS : วัตถุ NURBS มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นเส้นโค้งที่ไม่ตายตัว สานต่อโยงกันทำให้เกิดพื้นผิวระหว่างเส้นโค้งเหล่านั้นเรียกว่า NURBS Surface ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพื้นผิวโค้งเรียบ วัตถุประเภทนี้เหมาะกับการสร้างโมเดลประเภทตัวละครที่เป็น คน สัตว์หรือสิ่งอื่นที่มีลักษณะโค้ง เช่น รถยนต์

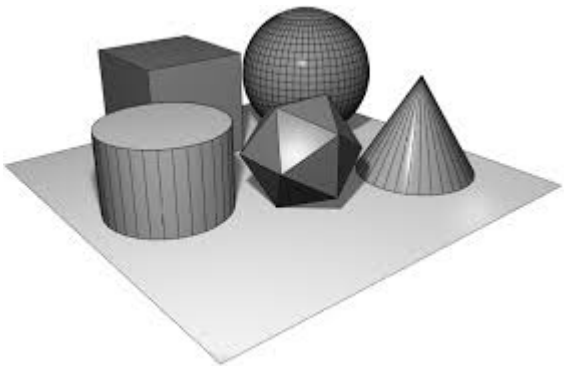
แผนภาพที่ ๒ - ๑๐ ภาพแสดงวัตถุโครงสร้างแบบ NURBS



ที่มา : https://sites.google.com/a/cwss.ac.th/kroothanaporn/unit7, ๒๕๕๘

๒.๑.๒ Polygonal : มีโครงสร้างเป็นรูปทรงเรขาคณิต คือรูปทรงเหลี่ยมต่าง ๆ ที่เป็นแผ่น (Mesh) ประกอบเรียงกันจนเป็นวัตถุที่ซับซ้อนขึ้น Polygonal มีการใช้งานที่แพร่หลายกว่าและเป็นมาตรฐานทั่วไปของวัตถุ ๓ มิติสามารถปรับแต่งได้ง่ายกว่าด้วย ซึ่งเราจะให้ความสนใจกับวัตถุ Polygonal ในการทำงานหลัก

แผนภาพที่ ๒ - ๑๑ ภาพแสดงวัตถุโครงสร้างแบบ Polygonal



ที่มา : https://sites.google.com/a/cwss.ac.th/kroothanaporn/unit7, ๒๕๕๘

๓. แอนิเมชัน ๓ มิติ

ปัจจุบันแอนิเมชัน ๓ มิติ เป็นสื่อที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก มีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรม ทางด้านสื่อต่าง ๆ เช่น สื่อโฆษณา สื่อภาพยนตร์ และสื่อมัลติมีเดีย เป็นต้น แอนิเมชัน ๓ มิติ ได้สร้างความแปลกใหม่และความสมจริง ความตื่นเต้น ให้กับผู้ชมได้ตลอด จึงปฏิเสธไม่ได้ว่าแอนิเมชัน ๓ มิติ มีความสำคัญต่อวงการสื่อในปัจจุบัน แอนิเมชัน ๓ มิติ สามารถตอบสนองต่อจินตนาการของผู้ผลิต ผู้สร้าง หรือแม้แต่ผู้ชมด้วย ในการผลิตแอนิเมชัน ๓ มิติ มีกระบวนการสร้างสรรค์มากมายหลากหลายขั้นตอน ด้วยกัน ตั้งแต่การเขียนโครงเรื่อง ออกแบบตัวละคร ปั้นโมเดล เพ้นเท็กเจอร์ เป็นต้น จนกลายเป็น ภาพยนตร์แอนิเมชัน ๓ มิติ และในการทำงานแอนิเมชัน ๓ มิติ ก็ต้องใช้เวลาในการผลิต ใช้ความสามารถเฉพาะทางของทีมงานที่มีคุณภาพ แอนิเมชัน ๓ มิติเป็นสื่อที่เกิดจากการสร้างภาพเคลื่อนไหว ๓ มิติ สามารถมองเห็นรูปทรงของตัวละครและฉากในเนื้อเรื่องได้ หากมีการเขียนบทที่เป็นการ์ตูนยิ่งจะช่วยเพิ่มความน่าสนใจและก่อให้เกิดความสนุกสนานเพลิดเพลินอีกด้วย ซึ่งเด็กจะรับรู้เนื้อหาอันเกิดจากการเขียนบท การใช้สีการเคลื่อนไหว และเสียง จึงทำให้มีการวิจัยและทดลองใช้การ์ตูนแอนิเมชัน ๓ มิติ กับเด็กอีกมากมายหลายงานวิจัย

กระบวนการผลิตแอนิเมชัน ๓ มิติ กล่าวไว้ว่าได้ถูกกำหนดไว้อย่างเป็นขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนจะใช้จำนวนคนเท่าไหร่นั้นขึ้นกับขนาดของชิ้นงานแบ่งออกเป็น ๓ ช่วงใหญ่ ๆ คือ

๓.๑ Pre-Production ขั้นตอนนี้จะอยู่ในช่วงของการเตรียมงาน เช่น การคิด (Concept) การเขียนเนื้อเรื่อง (Development) การเขียนต้นฉบับ (Script) รวมไปถึงการวาด Storyboard และการทำเป็น Digital Story Reel รวมถึงการ Modeling และTexturing ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เป็นการกำหนดทิศทางของโครงงานทั้งหมด ลำดับขั้นควรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

๓.๑.๑ การเขียนเอกสารรายละเอียดของโครงงาน (Project Document Writing) เป็นเอกสารที่ถูกเขียนขึ้นเพื่อบันทึกรายละเอียดของโครงการ เช่น ทำอะไร อย่างไร ระยะเวลาเท่าไหร่ ใครคือกลุ่มเป้าหมาย ใครรับผิดชอบงานอะไร แนวทางการทำงาน ใช้งบประมาณเท่าไหร่และรายละเอียดทุกอย่างที่สามารถจะนึกคิดได้เพื่อให้เกิดการเข้าใจและสามารถดำเนินงานได้อย่างถูกต้อง

๓.๑.๒ วาดตารางเวลา (Making Gantt Chart) เป็นการกำหนดเพื่อให้รู้ว่าเวลาไหนทำอะไร ต้องส่งงานเมื่อไหร่

๓.๑.๓ การวางแผนเนื้อเรื่อง (Story Planning) การแต่งเนื้อเรื่อง

๓.๒ Production ขั้นตอนการผลิต เช่นการสร้างสิ่งแวดล้อม (Background) และแอนิเมทตัวละครตามที่วาดขึ้น ลำดับขั้นควรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

๓.๒.๑ ทำภาพเคลื่อนไหว (Animating) โดยการนำโมเดลตัวละครสามมิติทำให้เคลื่อนไหวตาม Story Reel เมื่อทำการเคลื่อนไหวเสร็จแล้วก็ต้องเก็บรายละเอียดต่าง ๆ เช่น การปรับแต่งเวลาให้เหมาะสม การแสดงอารมณ์ทางใบหน้าของตัวละคร การขยับปากการเคลื่อนไหวของกล้อง

แผนภาพที่ ๒ - ๑๒ ภาพแสดงการทำภาพเคลื่อนไหว (Animating)

ที่มา : https://www.moryapim.com/tr/blog/animasyon-teknigiyle-reklam-filmi- hazirlamak, ๒๕๕๘

๓.๒.๒ แสงและเงา (Light And Shadow) แสงและเงานั้นจะสร้างมิติและอารมณ์ให้กับแอนิเมชัน ก่อนที่จะตัดสินใจวางแสงอย่างไรที่ตำแหน่งใด ควรคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น

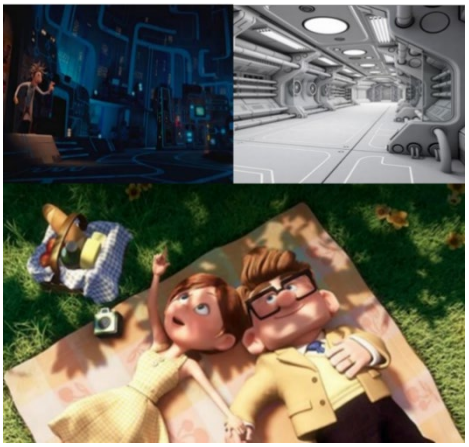
๓.๒.๒.๑ อารมณ์ (Mood And Tone) แสงต่างชนิดจะให้อารมณ์ที่ต่างกันในแต่ละซีนปัจจัย เช่น แสงสว่างหรือความมืด จะให้อารมณ์ที่สนุกสนานหรือเศร้า หรือโทนสีของแสงก็สามารถบอกว่ารู้สึกอบอุ่น สบาย หนาว

๓.๒.๒.๒ มิติ Depth แสงและเงาสามารถสื่อถึงความเป็นสามมิติบนจอสองมิติ โดยการสร้างภาพลวงตาของความลึก ที่เกิดจากแสงเงาที่ตกกระทบนั่นเอง

๓.๒.๒.๓ เวลา (Time) โทนของแสงสามารถบ่งบอกให้รู้ว่าเหตุการณ์ในขณะนั้นเป็นตอนเช้า ตอนเที่ยง ตอนกลางคืน และยังบอกว่าเป็นฤดูไหนได้อีกด้วย

๓.๒.๒.๓ ตำแหน่งของไฟ ทิศทางของแสงจะมีความชัดเจนต่อรายละเอียดต่าง ๆ แสงที่ฉายจากด้านบนมักจะแสดงความเป็นธรรมชาติได้มากกว่าแสงที่ฉายมาจากด้านล่าง

แผนภาพที่ ๒ - ๑๓ ภาพแสดงการทำแสงและเงา (Light and Shadow)



ที่มา : https://www.empireonline.com/movies/features/best-romantic-movies, ๒๕๖๔

๓.๒.๓ การประมวลผล (Rendering) เมื่อเราตกแต่งทุกอย่างได้สมบูรณ์แล้ว จะเข้าสู่กระบวนการที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะคำนวณและแสดงผลทุก ๆ Pixel ออกมาเป็นภาพนิ่ง หรือภาพเคลื่อนไหวเปรียบเสมือนกับการถ่ายภาพในโรงละครที่จัดแสงตัวละคร และองค์ประกอบต่าง ๆ สมบูรณ์แล้ว

๓.๒.๔ การตัดต่อ (Composition) ภาพทั้งหมดที่ผ่านการ Render จะถูกนำมาตัดต่อ โดยภาพจะถูกแยกเป็นชนิดเรียกว่า Layer เพื่อให้ผู้ที่ตัดต่อภาพนำมาซ้อนทับกันอีกที เช่น ภาพตัวละครกับภาพฉากหลัง เพื่อทำให้สามารถแก้ไขทีละส่วนได้ง่าย ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถตกแต่งภาพให้ดูสวยงามหรือใส่ Effect ต่าง ๆ เข้าไปได้อีกด้วย

๓.๓ Post- Productionขั้นตอนการเก็บงานใส่บทนำการให้เครดิตผู้จัดทำการเลือกสื่อบันทึกและรูปแบบการบันทึกให้เหมาะสมกับเครื่องเล่นและรูปแบบที่ใช้ในการบันทึก

๔. ประโยชน์ของแอนิเมชัน ๓ มิติ

ประโยชน์ของแอนิเมชัน ๓ มิติ ถูกนำมาใช้กับสื่อต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการ์ตูน ภาพยนตร์โฆษณา เกมส์ ฯลฯ เพราะเป็นงานที่สร้างได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งเลียนแบบความเป็นจริง (ธรรมชาติ) และงานที่ต้องใช้ความสร้างสรรค์ (เกินธรรมชาติ) มีผู้กล่าวถึงประโยชน์ของแอนิเมชัน ๓ มิติไว้ ดังนี้

๔.๑ วงการบันเทิง ไม่ว่าจะเป็นภาพยนตร์งานออกอากาศทางโทรทัศน์โฆษณาและการ์ตูน นับว่าเป็นสายงานที่พบเห็นงาน 3D ได้บ่อยที่สุด เนื่องจากจะช่วยดึงดูดความสนใจของผู้ชมได้ดี เพราะความแปลกตาและเกินความเป็นจริงของชิ้นงาน เช่น ฉากแฟนตาซีตัวละครในเทพนิยาย ฯลฯ ทำให้สื่อถึงจินตนาการของผู้สร้างได้อย่างชัดเจน นอกจากนั้นเรายังใช้งาน 3D ในการสร้าง Effect ที่เหมือนจริงในภาพยนตร์ได้ด้วย เช่น ระเบิด ควันไฟ พายุคลื่นยักษ์เลเซอร์ Effect เหล่านี้ถ้าต้องสร้างให้เหมือนจริง ต้องใช้งบประมาณสูงมากและจะต้องไม่ผิดพลาดเลยเพราะนั่นหมายถึงงบก้อนใหญ่ที่หายไป ชีวิตของคนประกอบ ฉากที่อาจตกอยู่ในอันตรายด้วยเหตุนี้ 3D จึงมีประโยชน์อย่างมาก เพราะควบคุมได้ง่ายและถ้าต้องปรับเปลี่ยนก็แค่ปรับจากคอมพิวเตอร์

๔.๒ เกมส์มัลติมีเดีย สื่อการสอน เกมส์เกือบทุกประเภทในปัจจุบัน ทั้งเครื่องคอนโซลเกมส์คอมพิวเตอร์และเกมส์ในอินเตอร์เน็ต ส่วนใหญ่ในปัจจุบันมักจะใช้ 3D มาเป็นส่วนประกอบ เช่น สร้างฉากนำของเกมส์ ฉากต่าง ๆ รวมไปถึงตัวละครในเกมส์ และผลพวงจากสิ่งเหล่านี้ก็ได้แตกขยายไปเป็นประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีกมากมาย

๔.๓ วงการสถาปัตยกรรมและวงการออกแบบ มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาโปรแกรม ๓ มิติ ทำให้งานสถาปัตย์และวงการออกแบบในปัจจุบันเลือกนำเสนองานเป็น ๓ มิติ จากคอมพิวเตอร์โดยส่วนมาก

แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบสื่อเพื่อการเรียนรู้

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญเพราะเป็นกระบวนการที่จะต้องพัฒนาโปรแกรมหรือสร้างชิ้นงานสื่อการเรียนรู้ให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ด้านการเรียนการสอนที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้ดีมีประสิทธิภาพไม่ได้เกิดจากความสามารถขององค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว หลักการสำคัญซึ่งเป็นที่ยอมรับในการสร้างและพัฒนาสื่อการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ คือ การออกแบบการเรียนการสอน ซึ่งเป็นหลักการสากลที่ได้รับการยอมรับในการพัฒนาสื่อการสอนแทบทุกประเภท

๑. กระบวนการออกแบบการเรียนการสอน

จะประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางไปสู่ความสำเร็จในการเรียนการสอนตามที่ตั้งจุดมุ่งหมายไว้ หลักการออกแบบการเรียนการสอนประกอบด้วยกระบวนการ ๕ ขั้นตอน ได้แก่

๑.๑ ขั้นที่ ๑ การวิเคราะห์

๑.๑.๑ วิเคราะห์ความต้องการจำเป็น (Need Assessment) เป็นการวิเคราะห์หาความจำเป็นที่ต้องทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ หาโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง สิ่งที่คาดหวังที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน ซึ่งส่วนใหญ่แล้วสอนมักจะดูจากจุดประสงค์การเรียนรู้ กับสภาพที่ปรากฏจริงในปัจจุบัน ถ้าสภาพที่ปรากฏไม่เป็นไปตามสิ่งที่คาดหวังก็แสดงว่ามีความจำเป็นที่จะต้องแก้ปัญหา

๑.๑.๒ วิเคราะห์ผู้เรียน เป็นการวิเคราะห์ลักษณะของผู้เรียนว่ามีลักษณะอย่างไร สิ่งที่วิเคราะห์ เช่น ความรู้พื้นฐาน รูปแบบการเรียนรู้ เชาว์ปัญญา ความถนัด ภูมิหลัง ฯลฯ

๑.๑.๓ วิเคราะห์สภาพแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม เพื่อให้ถึงจุดเด่น จุดด้อย โอกาสและข้อจำกัด

๑.๑.๔ วิเคราะห์เนื้อหา เพื่อวิเคราะห์ดูว่าการที่จะให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดหมายจะต้องนำเนื้อหาอะไรมาจัดการเรียนการสอนบ้าง และควรสอนเรียงลำดับเนื้อหาอย่างไร

๑.๑.๕ วิเคราะห์การสอน เมื่อทำการวิเคราะห์เนื้อหาเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำข้อมูลที่ได้นั้นมาใช้วิเคราะห์การสอนว่าจะทำการสอนอย่างไร มีลำดับขั้นการเสนอเนื้อหาบทเรียนหรือวิธีการปฏิบัติอย่างไรบ้าง ควรใช้รูปแบบใด เช่น การแก้ปัญหา การเรียนรู้ร่วมกัน การค้นพบ ฯลฯ ควรใช้สื่อการสอนอะไรบ้าง มีการบริหารหลักสูตรอย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้การสอนเป็นไปได้อย่างราบรื่นและผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างถูกต้องครบถ้วนตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้

๑.๒ ขั้นที่ ๒ การออกแบบ

กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ให้เขียนเป็นจุดประสงค์ที่สามารถวัดได้อย่างชัดเจน (จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม) จากนั้นให้ดำเนินการวิเคราะห์ภารกิจ (Task Analysis) เป็นการวิเคราะห์ว่าการที่จะทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดนั้น ผู้เรียนจะต้องมีความสามารถอะไรบ้าง และเป็นลำดับขั้นอย่างไร ลักษณะคล้ายกับจุดประสงค์นำทาง ซึ่งช่วยเป็นแนวทางให้ผู้ออกแบบทราบว่าจะเริ่มต้นที่ใดและจะไปทางใด ดำเนินการกำหนดรูปแบบการสอน ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาว่าการที่จะทำให้ผู้เรียนบรรลุตามภารกิจที่กำหนดไว้แต่ละข้อ จะต้องใช้รูปแบบการสอนแบบใด และกำหนดสื่อที่จะนำสาระการเรียนรู้ไปสู่ผู้เรียน หลังจากที่วิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ มาแล้ว กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และกำหนดรูปแบบการสอนเรียบร้อยแล้วก็พิจารณาว่าควรจะใช้สื่ออะไรที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การสอนบนเว็บ สื่อมัลติมีเดีย หรือสื่ออื่น ๆ ที่ช่วยเสริมและสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุด

ออกแบบสื่อหรือกิจกรรม เมื่อเห็นว่าการใช้สื่อต่าง ๆ จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีในสถานการณ์นั้น ๆ ผู้ออกแบบต้องคิดต่อไปอีกว่าในสื่อมัลติมีเดียนั้นจะต้องมีสื่อ วิธีการ หรือกิจกรรมอะไรบ้าง เช่น ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว วีดีทัศน์ การตอบคำถาม การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย ฯลฯ ในขั้นนี้อาจให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนช่วยตรวจสอบและให้คำแนะนำก็จะช่วยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทำการกำหนดเกณฑ์และวิธีการประเมินผล เน้นการประเมินผลตามสภาพจริง โดยไม่จำเป็นต้องเป็นการวัดและประเมินด้วยข้อสอบเท่านั้น

จัดทำโครงสร้างเนื้อหาและกิจกรรม เมื่อมีข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหาและกิจกรรมพร้อมแล้ว ก็ทำการกำหนดโครงสร้างหลักของบทเรียน คือให้จัดกลุ่มเนื้อหาและกิจกรรมที่แสดงถึงลำดับชั้นของหัวข้อย่อยโดยเขียนเป็นหัวข้อใหญ่และหัวข้อย่อยเรียงลำดับลงมา ใช้การย่อยหน้าและตัวเลขกำกับก็จะทำให้มองเห็นชัดเจนขึ้น

จัดทำแผนผังโครงสร้างของข้อมูล ขั้นนี้ให้นำโครงสร้างมาจัดทำเป็นแผนผังโครงสร้างของข้อมูลโดยใช้ กราฟิก เป็นแผนผังที่แสดงภาพรวมทั้งหมดซึ่งจะเห็นโครงสร้างเนื้อหาและกิจกรรมเป็นลำดับชั้นและเห็นการเชื่อมโยงแต่ละส่วนอย่างชัดเจน

วางแนวทางการเคลื่อนที่ภายในซึ่งแสดงถึงทิศทางการเชื่อมโยงของเนื้อหาต่าง ๆ การเข้าถึงเนื้อหา กิจกรรมย่อย ๆ ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปของ Flowchart

๑.๓ ขั้นที่ ๓ การพัฒนา

ขั้นตอนการพัฒนาหรือการผลิตสื่อการเรียนรู้ โดยปกติแล้วผู้สอนสามารถดำเนินการผลิตสื่อด้วยตนเองหรืออาจให้ผู้อื่นช่วยก็ได้ ซึ่งหากเป็นกรณีหลัง ผู้สอนจำเป็นต้องประสานงานอย่างใกล้ชิดกับนักเทคโนโลยีทางการศึกษาในการผลิตสื่อเพื่อใช้ในการเรียนการสอนตามที่ออกแบบไว้ การพัฒนาสื่อการเรียนรู้สามารถดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

จัดทำ Storyboard ที่แสดงรายละเอียดหรือเรื่องหรือเนื้อหาของสื่อที่จะผลิต เสมือนกับเป็นโครงเรื่องซึ่งแสดงข้อมูลคร่าว ๆ เกี่ยวกับรูปภาพประกอบ หัวข้อ เนื้อหาและกิจกรรม เสียง วีดีทัศน์ ฯลฯ

สร้างสื่อต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในตามแนวทางที่ได้ออกแบบไว้ เช่น สร้างงานกราฟิก การบันทึกเสียง การถ่ายทำและตัดต่อวีดีทัศน์ ฯลฯ ทดสอบสื่อ ผู้สร้างจะต้องเป็นผู้ทดสอบการใช้สื่อด้วยตนเองก่อน หรืออาจนำไปให้ผู้สอนอื่นช่วยตรวจสอบความถูกต้องการทำงานของสื่อ

ประเมินประสิทธิภาพของสื่อที่สร้างขึ้น โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบในเรื่องโครงสร้างของบทเรียนและนำไปทดลองใช้จริงกับผู้เรียนเป็นรายบุคคล กลุ่มเล็ก และกลุ่มใหญ่

๑.๔ ขั้นที่ ๔ การนำไปใช้

หลังจากประเมินประสิทธิภาพของสื่อในขั้นต้นและได้ปรับปรุงแก้ไขจนมีประสิทธิภาพแล้ว จึงนำสื่อการเรียนการสอนไปใช้จริงตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

๑.๕ ขั้นที่ ๕ การประเมินผล

การประเมินผลสื่อการเรียนรู้เป็นการประเมินจากการนำไปใช้ในสถานการณ์จริงทั้งระหว่างการที่ผู้เรียน กำลังเรียนกับสื่อ และหลังจากที่ผู้เรียนเรียนจบบทเรียนแล้ว หากพบข้อบกพร่องผู้สร้างอาจต้องย้อนกลับไปดูตั้งแต่ ขั้นการวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ หรือแม้แต่ในขั้นการประเมินก็ต้องพิจารณาอีกครั้งด้วย เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ซึ่งผลจากการประเมินจะนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาสื่อการเรียนรู้ต่อไป

๒. การวางแผน (Planning)

การวางแผนเป็นศิลปะที่ต้องการความสามารถ ความฉลาด ปราดเปรื่อง และความพิถีพิถันเป็นอย่างสูง ในแง่ของการผลิตสื่อ การวางแผนคือกระบวนการตั้งแต่การตั้งเป้าประสงค์ การคัดเลือกเนื้อหา การคัดเลือกสื่อ การกำหนดรูปแบบ วิธีการนำเสนอ การตระเตรียมการผลิตทุกขั้นตอน การจัดหาและการบริหารบุคลากร จัดเตรียมงบประมาณการปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนถึงการเผยแพร่และใช้สื่อที่ผลิตออกมา ทั้งหมดนี้รวมอยู่ในการวางแผน ซึ่งเป็นภาระหน้าที่ขั้นแรกสุดของผู้รับผิดชอบการผลิต ยกเว้นสื่อง่าย ๆ เพื่อใช้เองส่วนตัวแล้ว การผลิตสื่อทุกชนิดที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเผยแพร่ เช่น สื่อการเรียนการสอน สื่อประชาสัมพันธ์ สื่อมวลชน ฯลฯ ล้วนมีขอบข่ายกิจกรรมที่กว้างขวาง เกี่ยวข้องกับบุคคลและเงินจำนวนมาก แต่ไม่ว่าขอบข่ายและขนาดของโครงการจะใหญ่หรือเล็ก ผู้รับผิดชอบการผลิตจะต้องคำนึงถึงทรัพยากรทั้งหมดที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์และวางแผนการผลิตอย่างเป็นระบบ

๒.๑ หลักการพื้นฐานของการวางแผน อยู่ที่ตัวผู้ผลิต ซึ่งจะต้องตอบคำถาม ๔ ข้อ ให้กระจ่างชัดเจนก่อน คำถามทั้ง ๔ เรียกย่อ ๆ ว่า ๓W๑H ได้แก่

๒.๑.๑ WHY : วัตถุประสงค์อะไร ผู้ผลิตจะต้องรู้ถึงเหตุผล ที่จะผลิตสื่อก่อนกล่าวในแง่ของการผลิตสื่อก็คือ วัตถุประสงค์ในการผลิตสื่อครั้งนี้คืออะไร เช่น เพื่อนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนหรือฝึกอบรม เพื่อประชาสัมพันธ์องค์กร เพื่อความบันเทิง เพื่อใช้แจ้งข่าวสาร

๒.๑.๒ WHO : เพื่อใคร การผลิตสื่อนี้เพื่อใคร เช่น นักเรียน นักศึกษา ผู้เข้ารับการอบรม คนชรา ผู้ด้อยโอกาส ฯลฯ เป็นต้น

๒.๑.๓ WHAT : เรื่อง/เนื้อหาอะไร เมื่อรู้กลุ่มผู้รับสารที่เป็นเป้าหมายแน่นอนก็ต้องกำหนดสาระที่จะนำเสนอ ทั้งนี้โดยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ตั้งแต่ต้น

๒.๑.๓.๑ ผู้ผลิตใช้ความสนใจ ในการผลิตสื่อให้มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับผู้รับสาร สิ่งนี้จะทำให้ผู้รับรู้สึกถึงเนื้อหาของสื่อ ยกตัวอย่างสื่อที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับอาหาร สุขภาพ และสิ่งแวดล้อมที่เป็นเรื่องใกล้ตัว จะทำให้มีผลทางจิตวิทยาดึงดูดให้ต้องการเปิดรับ

๒.๑.๓.๒ เนื้อหาที่แสดงถึงความขัดแย้งมักมีแรงดึงดูดมากกว่าเนื้อหาที่ดำเนินไปอย่างราบเรียบ ความขัดแย้งที่ว่านี้ อาจเป็นความขัดแย้งระหว่างความคิดเห็นของ

คนกับคน ระหว่างคนกับสังคม ระหว่างคนกับธรรมชาติก็ได้ การโต้แย้งทางความคิดซึ่งนำไปสู่คำถามที่ท้าทายคำตอบจะปลุกเร้าความสนใจของคนได้มาก

๒.๑.๓.๓ สื่อที่พยายามสร้างความเข้าใจกับคนดู ให้แง่คิดกับคนดู ทำเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย ย่อมได้รับความนิยมมากกว่าสื่อที่สร้างความสับสนงุนงง ทำให้ดูล้ำลึกจนเข้าไม่ถึง

๒.๑.๔ HOW : ใช้สื่ออะไร/นำเสนออย่างไร ด้วยวัตถุประสงค์เช่นนั้น กลุ่มเป้าหมายกลุ่มนั้น ๆ และเนื้อหาชนิดนั้น จะต้องเลือกใช้สื่อประเภทใดจึงจะได้รับประสิทธิผลสูงสุด สื่อสไลด์คงไม่เหมาะถ้าเป้าหมายคือกลุ่มเด็ก สื่อคอมพิวเตอร์คงไม่เหมาะถ้าวัตถุประสงค์เพื่อโฆษณาโน้มน้าวใจ ผู้ผลิตจะต้องมีความเข้าใจธรรมชาติของสื่อแต่ละชนิดและเลือกใช้สื่อให้เหมาะกับภาระหน้าที่เฉพาะหน้า นอกจากนี้ผู้ผลิตยังควรเลือกรูปแบบการนำเสนอ (Format) ที่เหมาะสมกับเนื้อหา วัตถุประสงค์และกลุ่มเป้าหมายด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเลือกใช้สื่อวิทยุหรือสื่อโทรทัศน์ซึ่งมีรูปแบบการนำเสนอได้หลากหลายอย่าง เนื้อหาบางอย่างเหมาะที่จะใช้รูปแบบรายงาน (Announcing) เพื่อนำเสนอข้อมูลได้มาก บางอย่างใช้รูปแบบพูดคุย (Talk) สบาย ๆ หรืออภิปราย (Discussion) ถ้าต้องการทำให้เป็นวิชาการ บางเรื่องเหมาะที่จะถ่ายทำเป็นสารคดีเพื่อให้ความรู้ ผูกเรื่องเป็นละครขนาดสั้นในโครงการรณรงค์ประชาสัมพันธ์

๒.๒ ความยาว (Length) โดยธรรมชาติของมนุษย์ คนเราจะมีสมาธิหรือความสนใจจดจ่อ (Concentration) กับสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้นานเท่าไร ขึ้นอยู่กับเนื้อหาและความน่าสนใจของสิ่งนั้น นอกจากเนื้อหาของสื่อแล้ว สมาธิยังสัมพันธ์กับประเภทของสื่อที่ใช้ และวัยของผู้รับสื่อด้วยสื่อประเภทสไลด์ควรมีความยาวสูงสุดไม่ควรเกินครึ่งชั่วโมง เพราะสไลด์เป็นสื่อที่ไม่มีความเคลื่อนไหว ซ้ำต้องฉายในที่มืด ผู้ชมจะหลับไปก่อนจึงมีสูง หากมีเนื้อหาจำเป็นต้องขยายความยาวมากกว่านั้น เช่น สไลด์สื่อการสอนประกอบ บทเรียน ผู้ผลิตอาจพิจารณาทอนเนื้อหาเป็นช่วง ๆ แต่ละช่วงให้มีความสมบูรณ์และเป็นอิสระจากตอนอื่น ๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถหยุดพักระหว่างตอน หรือเลือกฉายเนื้อหาตอนใดตอนหนึ่งได้ตามต้องการความยาวของสื่อคอมพิวเตอร์สูงสุดไม่ควรเกิน ๑ ชั่วโมง กล่าวโดยทั่วไปยกเว้นสื่อเพื่อความบันเทิง สื่อที่มีจุดมุ่งหมายจริงจังควรมีขนาดสั้น ระหว่าง ๓๐ นาที ถึง ๑ ชั่วโมง

๒.๓ การเลือกใช้สื่อให้เหมาะกับงาน วิทยาการและเทคโนโลยีช่วยให้ผู้ใช้มีอิสระในการเลือกใช้สื่ออย่างกว้างขวาง แต่สิ่งที่พึงระลึกอยู่เสมอก็คือจะผสมผสานบรรดาสื่อทั้งหมดเข้าด้วยกันอย่างไร จึงจะบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้อย่างได้ผล

๒.๔ ข้อมูล ไม่ว่าจะผลิตสื่ออะไร ผลผลิตจะดีไปไม่ได้ ถ้าปราศจากการค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการเตรียมเนื้อหาอย่างพอเพียง ผู้ผลิตจะต้องมีข้อเท็จจริงทั้งหมดเกี่ยวกับสื่อที่จะผลิตอยู่ในมือ เพราะข้อเท็จจริงคือสิ่งเดียวที่น่าเชื่อถือ สื่อที่ไม่ได้นำเสนอข้อมูลอย่างถูกต้องและพอเพียงจึงไม่ประสบผลสำเร็จเพราะขาดพลังโน้มน้าวใจ

๒.๕ การจัดเนื้อหา คือกระบวนการในการเรียบเรียงเนื้อหาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เป้าหมายโครงเรื่องและรูปแบบการนำเสนอ จะจัดอย่างไรเนื้อหาสาระที่จะสื่อออกไปจึงมีน้ำหนักน่าเชื่อถือ และได้รับความสนใจ โดยพื้น ๆ แล้วเนื้อหาสำหรับผลิตสื่อไม่ต่างอะไรกับการวางโครงร่าง (Outline) สำหรับการเขียนบทความที่ดีสักบทหนึ่ง ซึ่งโดยปกติมักประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ ๔ ส่วน คือ

๒.๕.๑ บทนำ จะต้องสั้น ใช้ประโยคที่เข้าใจง่าย เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้อ่านหรือผู้ชมให้เข้าสู่เนื้อเรื่อง หากขึ้นต้นบทนำไม่ดีจะเกิดผลตรงกันข้าม คือทำให้ผู้ดูเปลี่ยนใจไม่เปิดรับสารต่อไป

๒.๕.๒ การดำเนินเรื่อง ก็คือ การนำแก่นของเรื่อง (Theme) หรือความคิดรวบยอดของเรื่องมาคลี่คลายให้เห็นพัฒนาการอย่างเป็นขั้นตอน

๒.๕.๓ จุดหักมุม เป็นจุดที่เค้าโครงเรื่องที่ดำเนินการหักมุมอย่างไม่คาดคิด หรือเป็นการเสนอทัศนะจากมุมมองอื่นที่แตกต่างออกไป ซึ่งจะช่วยเสริมจุดสุดยอด (Climax) ของเรื่องให้เด่นขึ้น หรือช่วยพัฒนาแก่นของเรื่องจนถึงจุดสูงสุด

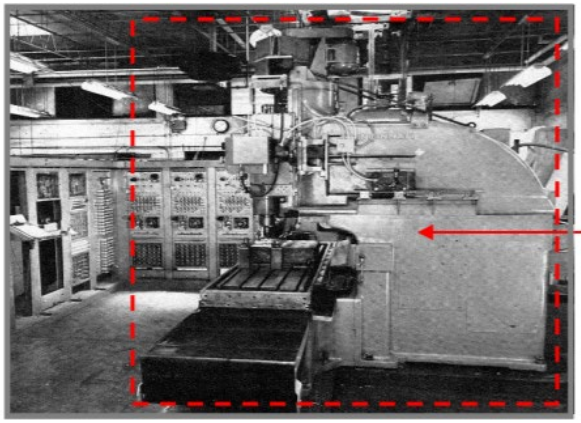
๒.๕.๔ การสรุป หรือการขมวดเรื่องทั้งหมดลงอย่างย่นย่อและมีศิลปะ ส่วนที่สรุปจะต้องสัมพันธ์กับส่วนที่เป็นเนื้อหาและคำนำ แต่มิได้หมายความว่า บทสรุป คือการนำเอาเนื้อหาในส่วนข้างต้นทั้งหมดมาพูดซ้ำ

หลักการเครื่องจักรแบบ NC (Numerical Control) และ CNC (Computer Numerical Control) และ เครื่องจักรกลต้นแบบ เครื่องขัดผิวภายในลำกล้อง เครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7

๑. เครื่องจักรกลเอ็นซี (NC : Numerical Control) และซีเอ็นซี CNC : Computer Numerical Control)

การผลิตชิ้นส่วนต่างๆในอุตสาหกรรมที่ต้องการความเที่ยงตรง แม่นยำของขนาดและความสม่ำเสมอของคุณภาพชิ้นงานตลอดจนเวลาในการผลิตชิ้นงาน มีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำงานเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน ทำให้เครื่องจักรกลอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในอุตสาหกรรมการผลิต ปี พ.ศ.๒๔๖๘ (ค.ศ.๑๙๒๕) ในประเทศอังกฤษใช้การควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข (Number) โดยใช้แผ่นกระดาษเจาะรู (Punched Card) ควบคุมเครื่องตัดแบบเสื้อผ้า ปี พ.ศ.๒๔๖๙ (ค.ศ.๑๙๒๖) ชาวสวิสฯ ใช้กระดาษเจาะเป็นสื่อในการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่และ ความเร็วของเครื่องกลึงอัตโนมัติ ปี พ.ศ.๒๔๙๑ (ค.ศ.๑๙๔๘) กองทัพอากาศสหรัฐอเมริกาต้องการใช้เครื่องกัด (Milling Machine) ชนิด ๓ แกน ผลิตชิ้นส่วนเครื่องบินที่มีความแม่นยำสม่ำเสมอและรวดเร็ว ปี พ.ศ.๒๔๙๕ (ค.ศ.๑๙๕๒) เครื่องเอ็นซีเครื่องแรกพัฒนาโดยทีมนักวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยี แมสเสชูเสท (Massachusetts Institute of Technology หรือ MIT) ปี พ.ศ.๒๔๙๘ (ค.ศ.๑๙๕๕) ทดสอบการใช้งานเครื่องเอ็นซี จำนวน ๑๐๐ เครื่อง ได้รับคำสั่งซื้อและผลิต ให้แก่กองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา ปี พ.ศ.๒๕๐๙ (ค.ศ.๑๙๖๖) มีการนำคอมพิวเตอร์ มาใช้สั่งโปรแกรม ไปที่ชุด MCU (Machine Control Unit) ของเครื่องเอ็นซี โดยผ่านสายโทรศัพท์ ซึ่งมีระยะห่างกันประมาณ ๑๐๐ เมตร หลักการนี้ เรียกว่า ดีเอ็นซี Direct (Numerical Control) ปี พ.ศ.๒๕๑๙ (ค.ศ.๑๙๗๖) ได้กำเนิดเครื่องจักรกลซีเอ็นซีเครื่องแรกโดยมีไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) หรือคอมพิวเตอร์ เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุม ทำให้สามารถจัดเก็บโปรแกรมได้เป็นจำนวนมาก การเรียกใช้ และแก้ไขโปรแกรมเดิมสามารถทำได้ทันที

แผนภาพที่ ๒ - ๑๔ แสดงเครื่องจักรกลเอ็นซี (เครื่องกัด) เครื่องแรกของโลก



ที่มา : http://www.tl.ac.th/document/chatchai/cnc1.pdf, ๒๕๕๙

๑.๑ ความหมายของเครื่องจักรกล เอ็นซี และซีเอ็นซี

ความหมายของเอ็นซี (NC) N ย่อมาจาก Numerical หมายถึง ตัวเลข ๐ ถึง ๙ ตัวอักษร หรือโค้ด เช่น A , B , C ถึง Z และ สัญลักษณ์อื่น ๆ เช่น เครื่องหมาย + , - และ % C ย่อมาจาก Control หมายถึง การควบคุมโดยกำหนดค่าหรือตำแหน่งจริงที่ต้องการ เพื่อให้เครื่องจักรทำงานให้ได้ตามค่าที่กำหนด ดังนั้นเครื่องจักรกลเอ็นซี หมายถึง เครื่องจักรกลที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ โดยมีรหัสคำสั่งที่ประกอบด้วยตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์อื่นๆ ซึ่งจะถูกแปลงเป็นสัญญาณ (Pulse) ของกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณอื่น ๆ ที่จะไปกระตุ้นมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อทำให้เครื่องจักรกลทำงานตามขั้นตอนที่ต้องการ

ความหมายของซีเอ็นซี (CNC) C ย่อมาจาก Computer หมายถึง คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งบนเครื่องจักร N ย่อมาจาก Numerical หมายถึง ตัวเลข ๐ ถึง ๙ ตัวอักษรหรือโค้ด เช่น A B C ถึง Z และ สัญลักษณ์อื่น ๆ เช่น เครื่องหมาย +, - และ % C ย่อมาจาก Control หมายถึง การควบคุมโดยกำหนดค่าหรือตำแหน่งจริงที่ต้องการ เพื่อให้เครื่องจักรทำงานให้ได้ตามค่าที่กำหนด ดังนั้น เครื่องจักรกลซีเอ็นซี หมายถึง เครื่องจักรกลที่มีคอมพิวเตอร์ หรือไมโครโปรเซสเซอร์ ควบคุมการทำงานโดยมีรหัสคำสั่งที่ประกอบด้วยตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ ซึ่งจะถูกแปลงเป็นสัญญาณ (Pulse) ของกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณ ที่จะไปกระตุ้นมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อทำให้เครื่องจักรกลทำงานตาม ขั้นตอนที่ต้องการโดยการป้อนโปรแกรมคำสั่งหรือโค้ดเข้าสู่คอมพิวเตอร์ด้วยอุปกรณ์ เช่น คีย์บอร์ด (Keyboard) หรือ แป้นพิมพ์ แผ่นดิสก์ แถบเทปแม่เหล็ก เทปกระดาษ และระบบสื่อสารเชื่อมโยงข้อมูล เช่น RS 232

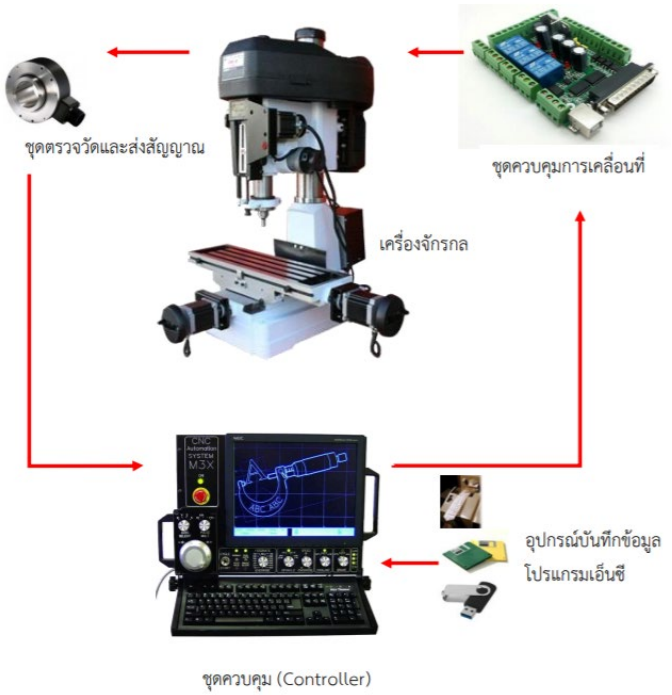
แผนภาพที่ ๒ - ๑๕ ภาพแสดงคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี (Controller)

ที่มา : http://www.tl.ac.th/document/chatchai/cnc1.pdf, ๒๕๕๙

๑.๒ หลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

เครื่องจักรกลซีเอ็นซี มีระบบควบคุมโดยการป้อนข้อมูลโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ผ่านแป้นพิมพ์ (Key Board) หรือเทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape) หรือช่องทาง อื่นๆเมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมเสร็จ จะนำไปควบคุมให้เครื่องจักรกลทำงาน โดยอาศัยมอเตอร์ป้อน (Feed Motor) เพื่อให้แท่นเลื่อนเคลื่อนที่ตามคำสั่ง เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรม จะเปลี่ยนรหัสโปรแกรมเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน และส่งสัญญาณต่อไปยังมอเตอร์ป้อนแนวแกนตามที่โปรแกรมกำหนด ทั้งความเร็วและระยะทาง การเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนจะถูกโปรแกรมไว้ทั้งหมดเพื่อควบคุมเครื่องซีเอ็นซี และมีเครื่องมืออุปกรณ์ที่ตรวจสอบตำแหน่งของแท่นเลื่อนให้ระบบควบคุม เรียกว่า ระบบวัดขนาด (Measuring System) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระยะทางที่แท่นเลื่อนเคลื่อนที่กลับไปยังระบบควบคุม ทำให้สามารถกำหนดและควบคุมการทำงานของเครื่องได้ จากหลักการควบคุมการทำงานดังกล่าว ทำให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีสามารถผลิตชิ้นงานให้มีรูปร่าง และรูปทรงให้มีขนาดตามต้องการได้ เนื่องจากการสร้างและการทำงานที่เหนือกว่าเครื่องจักรกลทั่วไป จึงทำให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในปัจจุบันนี้ หากต้องการผลิตสินค้าให้ได้จำนวนมาก และลดจำนวนระยะเวลาการผลิตของสินค้า

แผนภาพที่ ๒ - ๑๖ ภาพแสดงหลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี



ที่มา : http://www.tl.ac.th/document/chatchai/cnc1.pdf, ๒๕๕๙

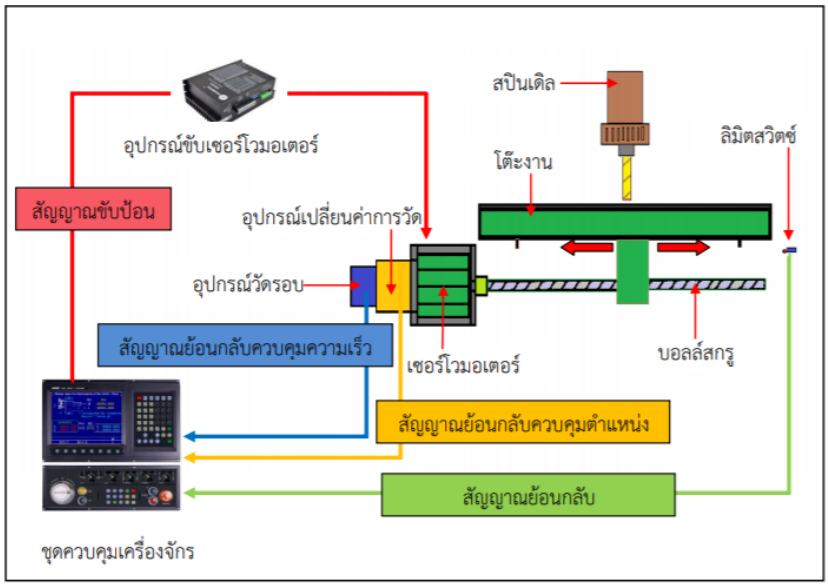
๑.๓ หลักการควบคุมของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี แบ่งออกได้เป็น ๒ ส่วน คือ

๑.๓.๑ การควบคุมการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ (Movement)

๑.๓.๒ การควบคุมความเร็วของการเคลื่อนที่ (Speed)

การควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้นรูปชิ้นงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีในการผลิตชิ้นงานให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการด้วยตัวเครื่องจักรกลโดยอัตโนมัติ จะใช้ข้อมูลตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ที่ป้อนให้กับระบบควบคุมของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีในรูปแบบของรหัส (Code) ที่ประกอบกันเป็นโปรแกรมควบคุม จากนั้นโปรแกรมควบคุมจะนำไปใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลสำหรับการผลิตชิ้นงานที่ต้องการ โดยสามารถทำการผลิตซ้ำ ให้มีขนาดและรูปร่าง เท่ากันทุกชิ้น ระบบซีเอ็นซีจะถูกควบคุมด้วยระบบการควบคุมอยู่ ๒ ลักษณะ คือ การควบคุมแบบวงรอบเปิดและแบบวงรอบปิด หรือแบบผสมระหว่างวงรอบเปิดและวงรอบปิด โดยในการควบคุมวงรอบเปิดจะมีสัญญาณส่งไปยังชุดมอเตอร์ ทำให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ไปตามคำสั่งโปรแกรมไปควบคุมโต๊ะหรือเครื่องมือตัดเคลื่อนที่ แต่จะไม่มีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับ ส่วนการควบคุมแบบวงรอบเปิดจะมีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับ เมื่อโต๊ะหรือเครื่องมือตัดเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่คำสั่งโปรแกรมไว้สัญญาณจะจับเพื่อให้โต๊ะงานหรือเครื่องมือตัดหยุดการเคลื่อนที่

แผนภาพที่ ๒ - ๑๗ ภาพแสดงตัวอย่างการควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบวงรอบปิด



ที่มา : http://www.tl.ac.th/document/chatchai/cnc1.pdf, ๒๕๕๙

๑.๔ ประเภทของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

๑.๔.๑ เครื่องกลึงซีเอนซี (CNC Machine Lathe) สำหรับกลึงงานประเภทที่มีรูปทรงกระบอก ๒ มิติ หรือกัดชิ้นงาน

๑.๔.๒ เครื่องกัดซีเอนซี (CNC Milling Machine) แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (Machining Center) สำหรับการกัดชิ้นงาน ๓ มิติ

๑.๔.๓ เครื่องตัดซีเอนซีตัดโลหะด้วยลวด (CNC Wire Cutting Machine) สำหรับตัดแผ่นโลหะหนาด้วยลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เป็นผลทำให้วัสดุหลอมเหลวและหลุดออกไปตามแบบที่ต้องการ

๑.๔.๔ เครื่องซีเอนซี อีดีเอ็ม (CNC Electrical Discharge Machine หรือ EDM) สำหรับกัดชิ้นงาน ๓ มิติ โดยใช้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอิเล็คโตรด เพื่อทำการขึ้นรูปชิ้นงานให้ได้ตามแบบที่กำหนด

๑.๔.๕ เครื่องซีเอนซีเจียรไน (CNC Grinding Machine) สำหรับเจียรไนให้ได้ผิวงานละเอียด เรียบมันวาว โดยแยกออกได้ดังนี้ การเจียรนัยราบ (Surface Grinding) การเจียรนัยกลม (Cylindrical Grinding) และการลับคมตัดชนิดต่าง ๆ

๑.๔.๖ เครื่องซีเอนซีตัดแผ่นโลหะ (CNC Sheet Metal Cutting) สำหรับตัดแผ่นโลหะตามรูปแบบที่เราต้องการและความหนาของชิ้นงานไม่หนามาก เราสวามารถแยกประเภทวิธีการตัดได้ คือ เลเซอร์ (Laser), พลาสม่า (Plasma), น้ำ (Water Jet)

๑.๔.๗ เครื่องซีเอนซีวัดโคออร์ดิเนต (CNC Coordinate Measuring Machine หรือ CMM) สำหรับวัดขนาด หรือ โคออร์ดิเนตของตำแหน่งต่าง ๆ บนชิ้นงาน ๓ มิติ

๑.๔.๘ เครื่องเจาะซีเอนซี (CNC Drilling Machine) สำหรับเจาะรูกลมและทำเกลียวสำหรับชิ้นงาน

๑.๔.๙ เครื่องเจาะกระแทกซีเอนซี (CNC Punching Machine) สำหรับตัดและเจาะแผ่นโลหะให้เป็นรูปทรงต่าง ๆ โดยใช้ทูล (Tool) กระแทกแผ่นให้ขาด

๑.๔.๑๐ เครื่องพับแผ่นโลหะซีเอนซี (CNC Press Brake หรือ Bending Machine) สำหรับพับแผ่นโลหะให้เป็นรูปทรง ๓ มิติ หรือรูปทรงอื่นตามความต้องการ

๑.๔.๑๑ เครื่องคว้านซีเอนซี (CNC Boring Machine) สำหรับคว้านรูกลมให้ชิ้นงานสำหรับผิวงานละเอียด ซึ่งชิ้นงานมีขนาดใหญ่

๑.๕ องค์ประกอบหลักของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี มีดังนี้

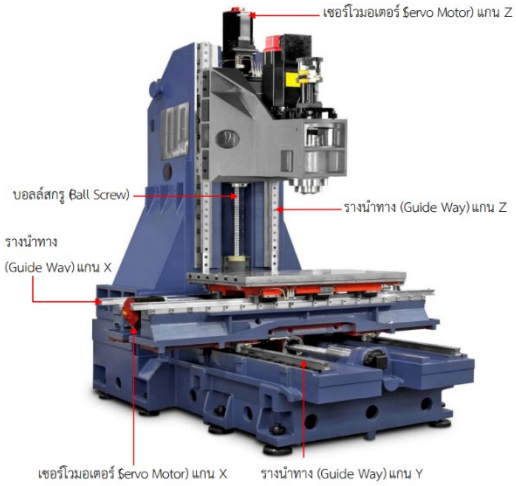
๑.๕.๑ ชุดควบคุม (Controller) ชุดควบคุมของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC) เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรม (Store) และดัดแปลงแก้ไขโปรแกรม (Edit) ได้ โดยคอมพิวเตอร์จะอ่านและแปลความหมายของโปรแกรมเอ็นซีที่ป้อนให้กับชุดควบคุมเพื่อควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานตามคำสั่งชุดควบคุม ประกอบด้วยแผงควบคุมสั่งการเครื่องจักร (Machine Operating Panel) จอภาพ (Monitor) แป้นพิมพ์ (Keyboard) และปุ่มสวิตซ์ควบคุมต่าง ๆ เช่น ความเร็วฟีด (Feed) และสปินเดิล (Spindle)

แผนภาพที่ ๒ - ๑๘ ภาพแสดงชุดควบคุม หรือคอนโทรลเลอร์ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

ที่มา : cnc1.pdf (tl.ac.th), ๒๕๕๙

๑.๕.๒ กลไกการเคลื่อนที่ (Drive Mechanisms) ได้แก่ ฟีดมอเตอร์ (Feed Motor) ซึ่งเป็นเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่าง ๆ ได้โดยใช้บอลล์สกรู (Ball Screw) แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular Motion) เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) โดยมีตำแหน่งหรือระยะทางการเคลื่อนที่และความเร็วถูกควบคุมโดยรับสัญญาณจากคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้จะมีรางนำทาง (Guide Way) ที่รองรับการเคลื่อนที่ที่แกนต่าง ๆ

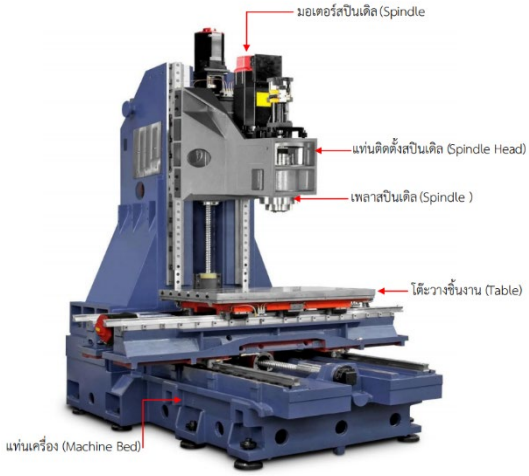
แผนภาพที่ ๒ - ๑๙ ภาพแสดงกลไกการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดซีเอ็นซีแนวตั้ง



ที่มา : cnc1.pdf (tl.ac.th), ๒๕๕๙

๑.๕.๓ ตัวเครื่องจักร (Machine Body) คือโครงสร้างที่ประกอบเป็นรูปร่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ตามประเภทของเครื่องจักรนั้น ๆ ตัวเครื่องจักรมีส่วนประกอบหลัก เช่น แท่นเครื่อง (Machine Bed) โต๊ะวาง ชิ้นงาน (Table) แท่นติดตั้งสปินเดิล (Spindle Head) และมอเตอร์สปินเดิล (Spindle Motor)

แผนภาพที่ ๒ - ๒๐ ภาพแสดงตัวเครื่องจักรของเครื่องกัดซีเอ็นซีแนวตั้ง



ที่มา : cnc1.pdf (tl.ac.th), ๒๕๕๙

๒. เครื่องจักรกลต้นแบบ เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิดยี่ห้อ SIG HK-200/2

แผนภาพที่ ๒ - ๒๑ ภาพแสดงตัวอย่างเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๑ ขีดความสามารถคุณลักษณะเฉพาะ

๒.๑.๑ ขัดผิวภายในทรงกระบอก

๒.๑.๒ ขัดผิวภายในได้โตสุด ๑๕๕ มม.

๒.๑.๓ ขัดผิวภายในได้ยาวสุด ๒,๐๐๐ มม.

๒.๑.๔ จับงานได้โตสุด ๒๕๐ มม.

๒.๑.๕ มอเตอร์ขับ SPINDLE ขนาด ๔ KW.

๒.๒ การนำไปใช้ในการผลิต

๒.๒.๑ ใช้ในการผลิตขัดผิวภายในลำกล้อง ค.ขนาด ๖๐ มม.

๒.๒.๒ ใช้ในการผลิตขัดผิวภายในลำกล้อง ค.ขนาด ๘๑ มม.

๒.๒.๓ ใช้ในการผลิตขัดผิวภายในลำกล้อง ค.ขนาด ๑๒๐ มม.

๒.๓ ส่วนประกอบของเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด

แผนภาพที่ ๒ - ๒๒ ภาพแสดงส่วนประกอบของเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด

ที่มา : ประมวลผลโดย[illegible]

๒.๓.๑ MAIN SWITCH

แผนภาพที่ ๒ - ๒๓ ภาพแสดงส่วนประกอบ MAIN SWITCH

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๓.๒ ระบบขับเคลื่อน

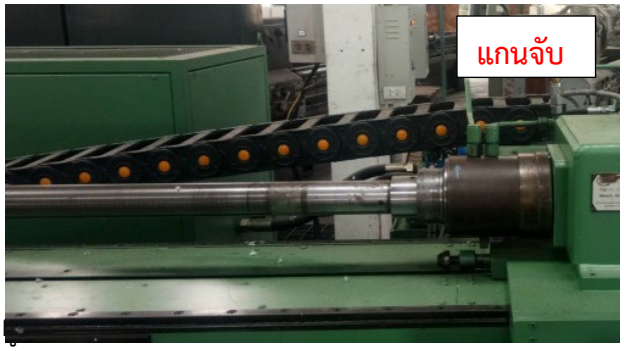
๒.๓.๒.๑ มอเตอร์ขับหัวจับหัวขัด

แผนภาพที่ ๒ - ๒๔ ภาพแสดงมอเตอร์ขับหัวจับหัวขัด

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิ

๒.๓.๒.๒ ชุดแกนจับหัวขัดและก้าน

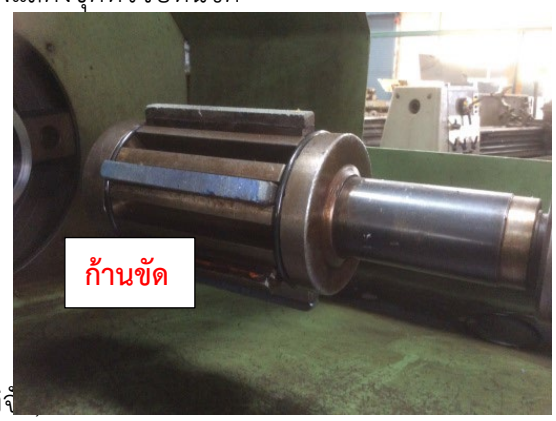
แผนภาพที่ ๒ - ๒๕ ภาพแสดงชุดแกนจับหัวขัดและก้าน



ที่มา : ประมวลผลโดย

๒.๓.๒.๓ ชุดหัวจับหินขัด

แผนภาพที่ ๒ - ๒๖ ภาพแสดงชุดหัวจับหินขัด



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจ

๒.๓.๒.๔ มอเตอร์หมุนชิ้นงาน

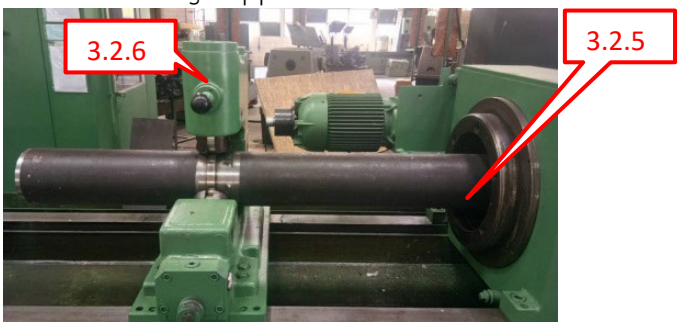
แผนภาพที่ ๒ - ๒๗ ภาพแสดงมอเตอร์หมุนชิ้นงาน

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๓.๒.๕ Spindle Head

๒.๓.๒.๖ Centering Support

แผนภาพที่ ๒ - ๒๘ ภาพแสดง Centering Support



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๓.๓ ระบบ HYDRUALIC

แผนภาพที่ ๒ - ๒๙ ภาพแสดงระบบ HYDRUALIC

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๓.๔ ระบบหล่อเย็น

แผนภาพที่ ๒ - ๓๐ ภาพแสดงระบบหล่อเย็น

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

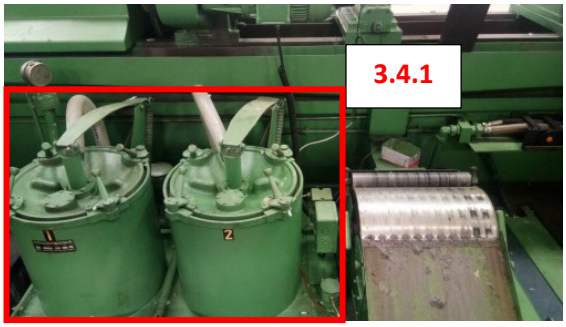
๒.๓.๔.๑ Cooling Unit

แผนภาพที่ ๒ - ๓๑ ภาพแสดง Cooling Unit

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๓.๔.๒ ถังหล่อเย็น

แผนภาพที่ ๒ - ๓๒ ภาพแสดงถังหล่อเย็น



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๓.๔.๓ Magnet Separator

แผนภาพที่ ๒ - ๓๓ ภาพแสดง Magnet Separator

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๓.๕ ระบบ Grinding Controller

แผนภาพที่ ๒ - ๓๔ ภาพแสดง Grinding Controller

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๓.๕.๑ MONITOR

๒.๓.๕.๒ Syntec Operation Panel

๒.๓.๕.๓ MPG Pulse Generator

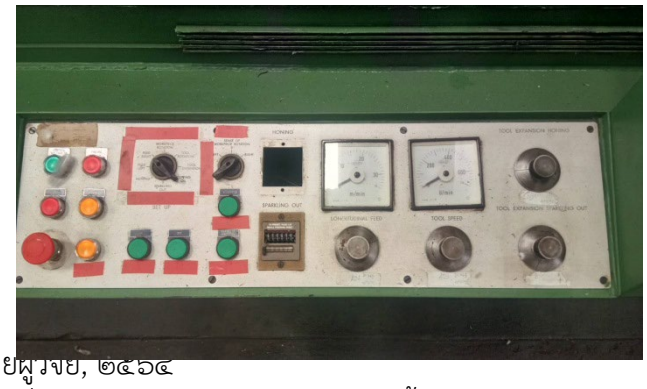
๒.๓.๖ Electrical Controller

แผนภาพที่ ๒ – ๓๕ ภาพแสดง Electrical Controller

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๓.๗ Manyal Grinding Function On/Off Equipment

แผนภาพที่ ๒ - ๓๖ ภาพแสดง Manyal Grinding Function On/Off Equipment



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

โดยหน้าที่และฟังก์ชันในการทำงาน รวมถึงขั้นตอนในการโปรแกรม และการสั่งการของเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด อยู่ในคู่มือการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG HK-200/2

เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน และหลักการเขียนภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Language)

๑. Unity3D Game Engine

เป็น Game Engine ที่ใช้สำหรับพัฒนาเกมส์ ซึ่งพัฒนาโดย บริษัท Unity Technologies โดย Unity สามารถพัฒนาได้ทั้งเกมส์ ๓ มิติ และแอนนิเมชั่น ๓ มิติ สามารถพัฒนาได้ทั้งเกมส์ที่เล่นบนคอมพิวเตอร์ และบนสมาร์ทโฟน เป็นต้น ซึ่งตัวเกมส์ที่พัฒนาด้วย Unity3D สามารถรองรับการทำงานหลาย Platform ทำให้ผู้พัฒนาเกมส์สามารถพัฒนาเกมส์แค่ครั้งเดียว ก็สามารถนำไปใช้กับ

หลาย ๆ Platform ได้ แต่อาจจะต้องเปลี่ยนแปลงเกมส์บางส่วนเพื่อรองรับ Platform อื่น ๆ นอกจากนั้น Unity3D ยังรองรับภาษาโปรแกรมได้หลายภาษา เช่น ภาษาซีชาร์ป (C#) และจาวาสคริป (JavaScript)

๒. Vuforia™ SDK

คือ Augmented Reality Software Development Kit (SDK) ที่ จะช่วยทำให้พัฒนา Software ที่ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมได้ง่ายขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถพัฒนา Virtual Reality ได้อีกด้วย โดยสามารถใช้ได้บนหลายอุปกรณ์ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต โน๊ตบุ้ค และแว่นตาดิจิตอล ซึ่ง Vuforia ใช้เป็นส่วนขยายที่สามารถใช้งานร่วมกับ โปรแกรม Unity3D เพื่อพัฒนาเป็นเกมส์ได้ซึ่ง Vuforia สนับสนุนการ พัฒนาแอปพลิเคชั่นทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android Vuforia นั้น มีความสามารถหลายอย่าง เช่น สนับสนุนมาร์คเกอร์ ได้หลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น Image Target, Multi-Targets, Object Recognition, Text Recognition

๓. หลักการเขียนภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Language)

ภาษา C# (ซี-ชาร์ป) เป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในปัจจุบัน และเป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสำหรับผู้ที่เริ่มต้นสนใจที่จะเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นอย่างยิ่ง ซึ่งภาษา C# ถูกพัฒนามาจากภาษา C++ (ซี-พลัสพลัส) และมีโครงสร้างแบบเชิงวัตถุ (object-oriented programming) โดยใช้ Visual Studio (วิชวล-สตูดิโอ) เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่ง Visual Studio เป็นเครื่องมือที่คอยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ไม่ยากนัก ภาษา C# ได้รวบรวมข้อดีของภาษาต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นภาษา Java ภาษา C และ ภาษา C++ โดยมีข้อดีดังนี้

๓.๑ เป็นภาษาที่เขียนง่าย ไม่ซับซ้อนและเรียบง่าย เพราะคล้ายภาษา Java ภาษา C และ ภาษา C++ ทำให้หลายคนเข้าใจได้ไม่ยาก

๓.๒ เป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ยุคใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นมาสำหรับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภายใต้แนวคิด .NET Framework ซึ่งเป็นแนวคิดที่ได้รับความนิยมสูงที่สุดในปัจจุบัน

๓.๓ เป็นภาษาที่ถูกออกแบบมาให้ทำงานบน .NET Framework (ดอตเน็ต - เฟรมเวิร์ค) โดย .NET Framework เป็นรูปแบบในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ ซึ่งบริษัท Microsoft เป็นผู้พัฒนาขึ้น ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของ .NET Framework ก็คือ ผู้ใช้งานสามารถใช้งานบนระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือระบบปฏิบัติการ (Operating System) ที่แตกต่างกันได้อย่างไม่มีปัญหา เช่น เครื่องพีซีกับเครื่องแมคหรือระบบปฏิบัติการวินโดว์กับระบบ ปฏิบัติการแมคอินทอช เป็นต้น ดังนั้น ผู้เขียนโปรแกรมจึงสามารถเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ใหม่ๆ ได้โดยง่าย รวดเร็ว และต้องไม่ติดข้อจำกัดต่างๆ เหมือนเช่นการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในสมัยก่อนอีกต่อไป

๓.๔ เป็นภาษาที่แข็งแกร่ง เพราะเป็นภาษาที่ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องบางอย่างของภาษา Java ภาษา C และ ภาษา C++ เหล่านั้น ทำให้ ภาษา C# เป็นภาษาที่มีความสมบูรณ์ตามแบบฉบับของโครงสร้างแบบเชิงวัตถุ (object-oriented programming)

๔. เครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา C# นั้น จะมีเครื่องมือที่ช่วยคอยอำนวยความสะดวกสบายให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้อย่างง่ายดาย รวดเร็ว และผู้เขียนโปรแกรมสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดในการเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้นอีกด้วย ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวก็คือ โปรแกรม Visual Studio นั่นเอง

Visual Studio เป็นซอฟต์แวร์ประเภท IDE (Integrated Development Environment) ซึ่งเป็นการนำแนวความคิดการทำงานแบบรวมศูนย์มาใช้ คือการทำให้วงจรการพัฒนาระบบทั้งหมดทำงานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และ ง่ายดาย เริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์ ออกแบบจนถึงการนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นๆ

ระบบปฏิบัติการ (Operating System)

ระบบปฏิบัติการ (Operating System) หรือ โอเอส (OS) เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ประยุกต์ทั่วไป ระบบปฏิบัติการมีหน้าที่หลัก ๆ คือ การจัดสรรทรัพยากรในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้บริการซอฟต์แวร์ประยุกต์ ในเรื่องการรับส่งและจัดเก็บข้อมูลกับฮาร์ดแวร์ เช่น การส่งข้อมูลภาพไปแสดงผลที่จอภาพ การส่งข้อมูลไปเก็บหรืออ่านจากฮาร์ดดิสก์ การรับส่งข้อมูลในระบบเครือข่าย การส่งสัญญานเสียงไปออกลำโพง หรือจัดสรรพื้นที่ในหน่วยความจำตามที่ซอฟต์แวร์ประยุกต์ร้องขอ รวมทั้งทำหน้าที่จัดสรรเวลาการใช้หน่วยประมวลผลกลาง ในกรณีที่อนุญาตให้ซอฟต์แวร์ประยุกต์หลาย ๆ ตัวทำงานพร้อม ๆ กัน ระบบปฏิบัติการ ช่วยให้ตัวซอฟต์แวร์ประยุกต์ ไม่ต้องจัดการเรื่องเหล่านั้นด้วยตนเอง เพียงแค่เรียกใช้บริการจากระบบปฏิบัติการก็พอ ทำให้พัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ได้ง่ายขึ้น

๑. ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Operating System)

คือ ระบบปฏิบัติการแบบเปิดเผยซอฟต์แวร์ต้นฉบับ (Open Source) โดยบริษัท กูเกิ้ล (Google Inc.) ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีจำนวนมาก อุปกรณ์มีหลากหลายระดับ หลายราคา รวมทั้งสามารถทำงานบนอุปกรณ์ที่มีขนาดหน้าจอและความละเอียดแตกต่างกันได้ ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกได้ตามต้องการ ในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีข้อมูลในการพัฒนารวมทั้ง Android SDK (Software Development Kit) เตรียมไว้ให้กับนักพัฒนาได้เรียนรู้ และเมื่อนักพัฒนาต้องการจะเผยแพร่หรือจำหน่ายโปรแกรมที่พัฒนาแล้วเสร็จ แอนดรอยด์ก็ยังมีตลาดในการเผยแพร่โปรแกรม ผ่าน Android Market ซึ่งโครงสร้างภาษาที่ใช้ในการพัฒนานั้น สำหรับ Android SDK จะยึดโครงสร้างของภาษาจาวา (Java language) ในการเขียนโปรแกรม เพราะโปรแกรมที่พัฒนามาได้จะต้องทำงานอยู่ภายใต้ Dalvik Virtual Machine เช่นเดียวกับโปรแกรมจาวา ที่ต้องทำงานอยู่ภายใต้ Java Virtual Machine (Virtual Machine เปรียบได้กับสภาพแวดล้อมที่โปรแกรมทำงานอยู่) นอกจากนั้นแล้ว แอนดรอยด์ยังมีโปรแกรมที่เปิดเผยซอฟต์แวร์ต้นฉบับ (Open Source) เป็นจำนวนมาก ทำให้นักพัฒนาที่สนใจสามารถนำซอฟต์แวร์ต้นฉบับ มาศึกษาได้อย่างไม่ยาก ประกอบกับความนิยมของแอนดรอยด์ได้เพิ่มขึ้นอย่างมาก

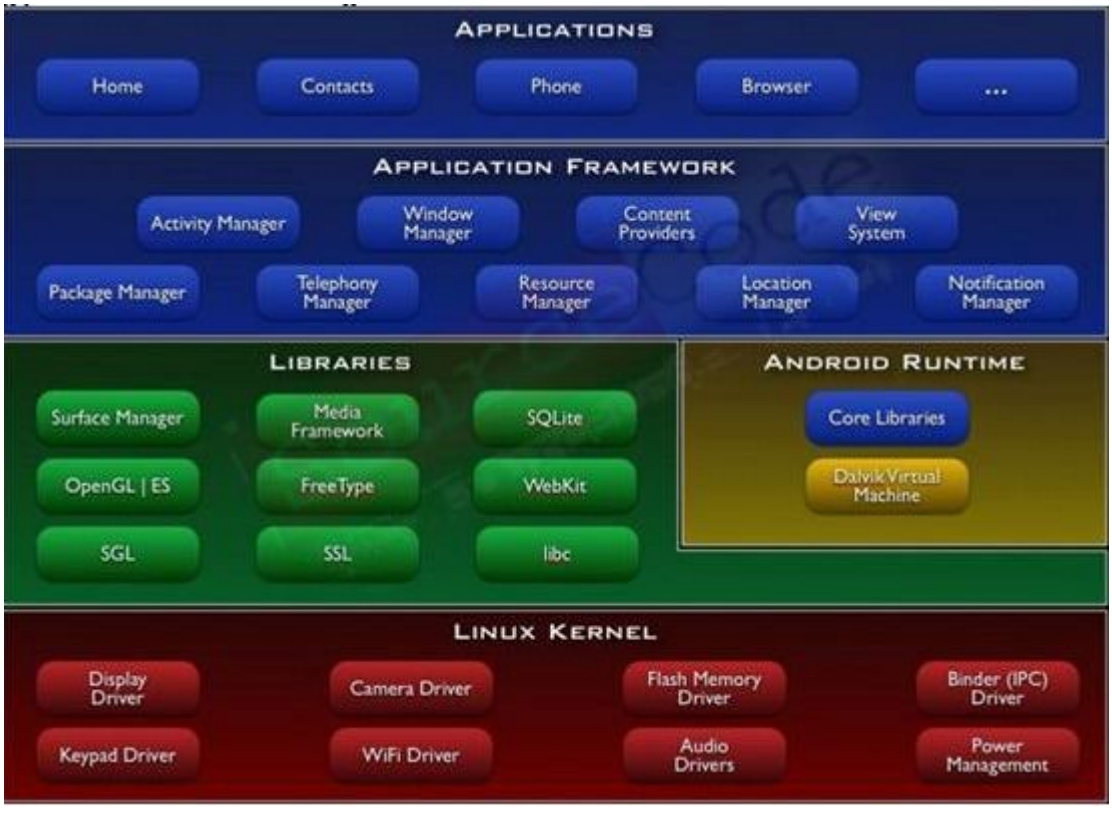
เริ่มต้นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ถูกพัฒนามาจากบริษัท แอนดรอยด์ (Android Inc.) เมื่อปี ค.ศ.๒๐๐๓ โดยมีนาย แอนดี้ รูบิน (Andy Rubin) ผู้ให้กำเนิดระบบปฏิบัติการนี้และถูกบริษัท กูเกิ้ล ซื้อกิจการเมื่อ เดือนสิงหาคม ปี ค.ศ.๒๐๐๕ โดยบริษัทแอนดรอยด์ ได้กลายมาเป็นบริษัทลูกของบริษัทกูเกิ้ล และยังมีนาย แอนดี้ รูบิน ดำเนินงานอยู่ในทีมพัฒนาระบบปฏิบัติการต่อไป ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นระบบปฏิบัติการที่พัฒนามาจากการนำเอา แกนกลางของระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Kernel) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่ออกแบบมาเพื่อทำงานเป็นเครื่องให้บริการ (Server) มาพัฒนาต่อ เพื่อให้กลายเป็นระบบปฏิบัติการบนอุปกรณ์พกพา (Mobile Operating System)

ต่อมาเมื่อเดือน พฤศจิกายน ปี ค.ศ 2007 บริษัทกูเกิ้ล ได้ทำการก่อตั้งสมาคม OHA เพื่อเป็นหน่วยงานกลางในการกำหนดมาตรฐานกลาง ของอุปกรณ์พกพาและระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยมีสมาชิกในช่วงก่อนตั้งจำนวน ๓๔ รายเข้าร่วม ซึ่งประกอบไปด้วยบริษัทชั้นนำที่ดำเนินธุรกิจด้านการสื่อสาร เช่น โรงงานผลิตอุปกรณ์พกพา, บริษัทพัฒนาโปรแกรม, ผู้ให้บริการสื่อสาร และผู้ผลิตอะไหล่อุปกรณ์ด้านสื่อสาร หลังจากนั้น เมื่อเดือนตุลาคม ปี ค.ศ 2008 บริษัท กูเกิ้ล ได้เปิดตัวมือถือตัวแรกที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่ชื่อ T-Mobile G1 หรืออีกชื่อนึงคือ HTC Dream โดยใช้แอนดรอยด์รุ่น ๑.๑ และหลังจากนั้น ได้มีการปรับพัฒนาระบบปฏิบัติการเป็นรุ่นใหม่ มาเป็นลำดับ ช่วงต่อมาได้มีการออกผลิตภัณฑ์จากบริษัทต่าง ๆ ออกมาหลากหลายรุ่น หลากหลายยี่ห้อ ตามการพัฒนาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่มีอยู่อย่างต่อเนื่อง ทำให้สินค้าของแอนดรอยด์ มีให้เลือกอยู่อย่างมากมาย

๑.๑ โครงสร้างของแอนดรอยด์

การทำความเข้าใจโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญเพราะถ้านักพัฒนาโปรแกรม สามารถมองภาพโดยรวมของระบบได้ทั้งหมด จะให้สามารถเข้าใจถึงกระบวนการทำงานได้ดียิ่งขึ้น และสามารถนำไปช่วยในการออกแบบโปรแกรมที่ต้องการพัฒนา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน

แผนภาพที่ ๒ - ๓๗ ภาพแสดงโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์



ที่มา : https://droidsans.com/node-1641, ๒๕๕๓

จากโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จะสังเกตได้ว่า มีการแบ่งออกมาเป็นส่วน ๆ ที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน โดยส่วนบนสุดจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้งานทำการติดต่อโดยตรง ซึ่งก็คือส่วนของ (Applications) จากนั้นก็จะลำดับลงมาเป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ตามลำดับ และสุดท้ายจะเป็นส่วนที่ติดต่อกับอุปกรณ์โดยผ่านทาง Linux Kernel โครงสร้างของแอนดรอยด์ พอที่จะอธิบายเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้

๑.๑.๑ Applications ส่วน Application หรือส่วนของโปรแกรมที่มีมากับระบบปฏิบัติการ หรือเป็นกลุ่มของโปรแกรมที่ผู้ใช้งานได้ทำการติดตั้งไว้ โดยผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้โปรแกรมต่างๆได้โดยตรง ซึ่งการทำงานของแต่ละโปรแกรมจะเป็นไปตามที่ผู้พัฒนาโปรแกรมได้ออกแบบและเขียนโค้ดโปรแกรมเอาไว้

๑.๑.๒ Application Framework เป็นส่วนที่มีการพัฒนาขึ้นเพื่อให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรมได้สะดวก และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยนักพัฒนาไม่จำเป็นต้องพัฒนาในส่วนที่มีความยุ่งยากมากๆ เพียงแค่ทำการศึกษาถึงวิธีการเรียกใช้งาน Application Framework ในส่วนที่ต้องการใช้งาน แล้วนำมาใช้งาน ซึ่งมีหลายกลุ่มด้วยกัน เช่น

๑.๑.๒.๑ Activities Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จัดการเกี่ยวกับวงจรการทำงานของหน้าต่างโปรแกรม (Activity)

๑.๑.๒.๒ Content Providers เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของโปรแกรมอื่น และสามารถแบ่งปันข้อมูลให้โปรแกรมอื่นเข้าถึงได้

๑.๑.๒.๓ View System เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับการจัดการโครงสร้างของหน้าจอที่แสดงผลในส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface)

๑.๑.๒.๔ Telephony Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลด้านโทรศัพท์ เช่น หมายเลขโทรศัพท์ เป็นต้น

๑.๑.๒.๕ Resource Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งในการเข้าถึงข้อมูลที่เป็น ข้อความ, รูปภาพ

๑.๑.๒.๖ Location Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ที่ระบบปฏิบัติการได้รับค่าจากอุปกรณ์

๑.๑.๒.๗ Notification Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จะถูกเรียกใช้เมื่อโปรแกรม ต้องการแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน ผ่านทางแถบสถานะ(Status Bar) ของหน้าจอ

๑.๑.๓ Libraries เป็นส่วนของชุดคำสั่งที่พัฒนาด้วย C/C++ โดยแบ่งชุดคำสั่งออกเป็นกลุ่มตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น Surface Manage จัดการเกี่ยวกับการแสดงผล, Media Framework จัดการเกี่ยวกับการการแสดงภาพและเสียง, Open GL | ES และ SGL จัดการเกี่ยวกับภาพ ๓ มิติ และ ๒ มิติ, SQLlite จัดการเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล เป็นต้น

๑.๑.๔ Android Runtime จะมี Darvik Virtual Machine ที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้ทำงานบนอุปกรณ์ที่มี หน่วยความจำ(Memmory), หน่วยประมวลผลกลาง(CPU) และพลังงาน (Battery) ที่จำกัด ซึ่งการทำงานของ Darvik Virtual Machine จะทำการแปลงไฟล์ที่ต้องการทำงานไปเป็นไฟล์ .DEX ก่อนการทำงาน เหตุผลก็เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้งานกับ หน่วยประมวลผลกลางที่มีความเร็วไม่มาก ส่วนต่อมาคือ Core Libraries ที่เป็นส่วนรวบรวมคำสั่งและชุดคำสั่งสำคัญ โดยถูกเขียนด้วยภาษาจาวา (Java Language)

๑.๑.๕ Linux Kernel เป็นส่วนที่ทำหน้าที่หัวใจสำคัญ ในจัดการกับบริการหลักของระบบปฏิบัติการ เช่น เรื่องหน่วยความจำ พลังงาน ติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ความปลอดภัย เครือข่าย โดยแอนดรอยด์ได้นำเอาส่วนนี้มาจากระบบปฏิบัติการลินุกซ์ รุ่น 2.6 (Linux 26. Kernel) ซึ่งได้มีการออกแบบมาเป็นอย่างดี

๑.๒ ข้อเด่นของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

เนื่องจากระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีส่วนแบ่งตลาดของอุปกรณ์ด้านนี้ ขึ้นทุกขณะ ทำให้กลุ่มผู้ใช้งาน และกลุ่มนักพัฒนาโปรแกรมให้ความสำคัญกับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพิ่มมากขึ้น เมื่อมองในด้านของกลุ่มผลิตภัณฑ์ บริษัทที่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ ได้มีการนำเอาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ไปใช้ในสินค้าของตนเอง พร้อมทั้งยังมีการปรับแต่งให้ระบบปฏิบัติการมีความสามารถ การจัดวางโปรแกรม และลูกเล่นใหม่ ๆ ที่แตกต่างจากคู่แข่งในท้องตลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่มสินค้าที่เป็น มือถือรุ่นใหม่ (SmartPhone) และอุปกรณ์จอสัมผัส (Touch Screen) โดยมีคุณลักษณะแตกต่างกันไป เช่น ขนาดหน้าจอ ระบบโทรศัพท์ ความเร็วของหน่วยประมวลผล ปริมาณหน่วยความจำ แม้กระทั่งอุปกรณ์ตรวจจับต่าง ๆ (Sensor) หากมองในด้านของการพัฒนาโปรแกรม ทางบริษัท Google ได้มีการพัฒนา Application Framework ไว้สำหรับนักพัฒนาใช้งาน ได้อย่างสะดวก และไม่เกิดปัญหาเมื่อนำชุดโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาไปใช้กับอุปกรณ์ที่มีคุณลักษณะต่างกัน เช่น ขนาดจออุปกรณ์ ไม่เท่ากัน ก็ยังสามารถใช้งานโปรแกรมได้เหมือนกัน เป็นต้น

๒. ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows Operating System)

๒๕๑๘ - ๒๕๒๔ : Microsoft ถือกำเนิดขึ้น ในปี ๒๕๑๓ สถานที่ทำงานต่าง ๆ ใช้เครื่องพิมพ์ดีด หากจำเป็นต้องทำสำเนาเอกสาร จะใช้เครื่องโรเนียวหรือกระดาษคาร์บอน น้อยคนนักที่จะพูดถึงไมโครคอมพิวเตอร์ แต่มีเด็กหนุ่มสองคนที่ชื่นชอบคอมพิวเตอร์ อย่าง Bill Gates และ Paul Allen กลับเห็นว่าคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล คือ เส้นทางสู่อนาคต ต่อมาในปี ๒๕๑๘ Gates และ Allen ร่วมกันก่อตั้งบริษัทที่ชื่อ Microsoft ซึ่ง บริษัท Microsoft ก็ไม่ต่างจากบริษัทที่เริ่มกิจการใหม่ส่วนใหญ่ โดยเริ่มจากจุดเล็ก ๆ แต่มีวิสัยทัศน์ที่ยิ่งใหญ่ นั่นคือ บนทุกโต๊ะทำงานและในทุกบ้านต้องมีคอมพิวเตอร์ ในปีต่อ ๆ มา Microsoft เริ่มเข้ามาเปลี่ยนวิธีการทำงานของคนหลาย ๆ คน

แผนภาพที่ ๒ - ๓๘ ภาพ Paul Allen (ซ้าย) และ Bill Gates ผู้ร่วมก่อตั้ง Microsoft

ที่มา : https://www.techoffside.com/2018/1[illegible]icrosoft-paul-a[illegible]dies-at-65, ๒๕๖๑

๒.๑ การเริ่มต้นของ MSDOS

ในเดือนมิถุนายน ๒๕๒๓ Gates และ Allen ได้ว่าจ้าง Steve Ballmer อดีตเพื่อนร่วมชั้นเรียนจากฮาร์วาร์ดของ Gates ให้มาช่วยดำเนินกิจการของบริษัท ในเดือนต่อมา IBM ได้เข้ามาติดต่อ Microsoft เกี่ยวกับโปรเจ็กต์ที่ชื่อว่า "Chess" ด้วยเหตุนี้ Microsoft จึงได้หันมาให้ความสำคัญกับระบบปฏิบัติการใหม่ ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยจัดการ หรือเรียกใช้ฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์และยังทำหน้าที่เชื่อมช่องว่างระหว่าง ฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์กับโปรแกรม เช่น โปรแกรมประมวลผลคำ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และได้ตั้งชื่อระบบปฏิบัติการใหม่นี้ว่า "MSDOS" เมื่อมีการวางจำหน่ายพีซีของ IBM ที่ใช้ MSDOS ในปี ๒๕๒๔ ถือเป็นการเปิดตัวภาษาใหม่ให้สาธารณชนทั่วไปรู้จัก การพิมพ์ "C:" และคำสั่งที่เป็นรหัสต่าง ๆ เริ่มกลายมาเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานประจำวัน ผู้คนรู้จักแป้นเครื่องหมายทับขวา (\) MSDOS เป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพแต่ก็พบว่าเป็นเรื่องที่คนส่วนใหญ่เข้าใจได้ยาก มีวิธีที่ดีกว่านั้นในการสร้างระบบปฏิบัติการ

๒๕๒๔ - ๒๕๒๘ : การเปิดตัว Windows 1.0 Microsoft ยังคงพัฒนาระบบปฏิบัติการใหม่เวอร์ชันแรกต่อไป Interface Manager เป็นชื่อรหัสและได้รับเลือกให้เป็นชื่อสุดท้าย แต่ชื่อ Windows กลับมาชนะไปในที่สุด เพราะอธิบายถึงกล่องหรือ “หน้าต่าง” ของคอมพิวเตอร์ที่เป็นรากฐานของระบบใหม่ได้ดีที่สุด ในวันที่ ๒๐ พฤศจิกายน ๒๕๒๘ สองปีหลังจากการประกาศเปิดตัวครั้งแรก Microsoft ก็วางจำหน่าย Windows 1.0 ตอนนี้แทนที่จะพิมพ์คำสั่ง MS - DOS แค่เพียงเลื่อนเมาส์เพื่อชี้และคลิกที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนหน้าจอ หรือ “หน้าต่าง” เท่านั้น Bill Gates พูดว่า “นี่คือซอฟต์แวร์พิเศษที่ออกแบบมาสำหรับผู้ใช้พีซีตัวจริง” มีเมนูดรอปดาวน์ แถบเลื่อนหน้าจอ ไอคอน และกล่องโต้ตอบที่ช่วยให้เข้าใจการทำงานและใช้งานโปรแกรมได้ง่ายขึ้น สามารถสลับระหว่างโปรแกรมต่าง ๆ ได้โดยไม่ต้องออกจากอีกโปรแกรมหรือเริ่มระบบใหม่ Windows 1.0 มาพร้อมโปรแกรมมากมาย ซึ่งได้แก่ การจัดการไฟล์ MS-DOS, Paint, Windows Writer, Notepad, Calculator รวมถึงปฏิทิน, ไฟล์การ์ด และนาฬิกาที่จะช่วยจัดการกับงานในแต่ละวัน และยังมีเกมส์ Reversi ด้วย

๒๕๓๐ - ๒๕๓๓ : Windows 2.0 – 2.1 (หน้าต่างมากขึ้น ความเร็วเพิ่มขึ้น) ๙ ธันวาคม ๒๕๓๐ Microsoft ได้วางจำหน่าย Windows 2.0 ที่มีไอคอนบนเดสก์ท็อปและหน่วยความจำ

ส่วนขยาย ด้วยการสนับสนุนกราฟิกที่ได้รับการปรับปรุง ตอนนี้สามารถซ้อนทับหน้าต่าง ควบคุมเค้าโครงของหน้าจอ และใช้แป้นพิมพ์เพื่อให้ทำงานได้รวดเร็วขึ้น นักพัฒนาซอฟต์แวร์บางคนเขียนโปรแกรมแรกของตนเองบน Windows รุ่นนี้ Windows 2.0 ออกแบบมาสำหรับการใช้งานกับตัวประมวลผล Intel 286 เมื่อมีการวางจำหน่ายตัวประมวลผล Intel 386 Windows/386 ก็ออกตามมาทันที เพื่อใช้ประโยชน์จากความสามารถของหน่วยความจำส่วนขยาย Windows รุ่นต่อมายังคงมีการปรับปรุงความเร็ว ความน่าเชื่อถือ และความสามารถในการใช้งานของพีซีอย่างต่อเนื่อง

๒๕๓๓ - ๒๕๓๗ : Windows 3.0 - Windows NT (เริ่มรองรับกราฟิก) ๒๒ พฤษภาคม ๒๕๓๓ Microsoft ได้ประกาศเปิดตัว Windows 3.0 และตามมาด้วย Windows 3.1 ในปี ๒๕๓๕ เมื่อนับรวมกันทั้งสองรุ่นนี้ ทำให้ระบบปฏิบัติการ Windows เป็นระบบปฏิบัติการที่มีการใช้กันแพร่หลายมากที่สุด ความสำเร็จนี้ทำให้ Microsoft กลับมาคิดทบทวนแผนการก่อนหน้านี้อีกครั้ง Windows ในตอนนี้ มีพัฒนาการด้านประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้นมาก มีกราฟิกขั้นสูง ๑๖ สี และไอคอนที่ปรับปรุงใหม่ คลื่นลูกใหม่ของพีซี 386 ช่วยให้ Windows 3.0 เป็นที่นิยมมากขึ้น ด้วยตัวประมวลผล Intel 386 ผู้ใช้จึงสามารถเรียกใช้โปรแกรมได้เร็วขึ้นอย่างเห็นได้ชัด มีการเพิ่ม Program Manager, File Manager และ Print Manager เข้ามาใน Windows 3.0 ความนิยมของ Windows 3.0 เติมโตพร้อมกับการวางจำหน่าย Windows software development kit (SDK) ใหม่ ซึ่งช่วยให้นักพัฒนาซอฟต์แวร์มุ่งเน้นไปที่การเขียนโปรแกรมมากขึ้นและใช้เวลาในการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์น้อยลง โดยมีการโฆษณาว่า “ตอนนี้คุณสามารถใช้ความสามารถอันน่าทึ่งของ Windows 3.0 เพื่อลดภาระของคุณได้แล้ว” Windows สำหรับ Workgroups 3.11 ได้เพิ่มเวิร์กกรุ๊ปแบบเพียร์ทูเพียร์และการสนับสนุนเครือข่ายโดเมน และเป็นครั้งแรกที่พีซีกลายเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ไคลเอ็นต์/เซิร์ฟเวอร์ที่เกิดใหม่ Windows NT และออกวางจำหน่าย ในวันที่ ๒๗ กรกฎาคม ๒๕๓๖ Microsoft ได้มาถึงช่วงเวลาที่สำคัญ นั่นคือ โปรเจ็กต์ที่เริ่มมาตั้งแต่ปลายทศวรรษ ๑๙๘๐ เพื่อสร้างระบบปฏิบัติการใหม่ขั้นสูงตั้งแต่เริ่มต้นเสร็จสมบูรณ์แล้ว Bill Gates กล่าวไว้ "Windows NT แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงรากฐานของวิธีการที่บริษัทต่างๆ สามารถใช้จัดการกับความต้องการด้านคอมพิวเตอร์ของธุรกิจได้ไม่ยิ่งหย่อนกว่ากัน" Windows NT 3.1 เป็นระบบปฏิบัติการแบบ ๓๒ บิต ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มธุรกิจเชิงกลยุทธ์ที่รองรับโปรแกรมทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ระดับสูง

๒๕๓๘ - ๒๕๔๑ : Windows 95 (พีซีเติบโตเต็มที่/มีอินเทอร์เน็ต) ๒๔ สิงหาคม ๒๕๓๘ Microsoft ได้ออกวางจำหน่าย Windows 95 ยุคของแฟกซ์/โมเด็ม อีเมล โลกออนไลน์แบบใหม่ และเกมส์มัลติมีเดียที่ละลานตาและซอฟต์แวร์ทางการศึกษา Windows 95 มีการสนับสนุนอินเทอร์เน็ตในตัว การเชื่อมต่อเครือข่ายผ่านสายโทรศัพท์ และความสามารถใหม่ Plug and Play ที่ทำให้ติดตั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ได้อย่างง่ายดาย นอกจากนี้ ระบบปฏิบัติการแบบ ๓๒ บิต ยังมาพร้อมความสามารถด้านมัลติมีเดียขั้นสูง คุณลักษณะสำหรับคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบครบวงจร และ Windows 95 เป็นเวอร์ชันแรกที่มีเมนู 'เริ่ม' แถบงาน ปุ่มย่อ ปุ่มขยาย และปุ่มปิดบนแต่ละหน้าต่าง

๒๕๔๑ - ๒๕๔๓ : Windows 98, Windows 2000, Windows Me (Windows ได้รับการพัฒนาเพื่อการทำงานและเล่นสนุก)

Windows 98 : วางจำหน่ายเมื่อวันที่ ๒๕ มิถุนายน ๒๕๔๑ เป็น Windows เวอร์ชั่นแรกที่ออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับผู้ใช้ทั่วไป พีซีกลายเป็นอุปกรณ์ที่พบได้ทั่วไปในที่ทำงาน, ที่บ้าน และร้านอินเทอร์เน็ตที่สามารถทำออนไลน์ได้ Windows 98 ได้รับการขนานนามว่าเป็นระบบปฏิบัติการที่ “ทำงานก็ได้ เล่นก็ดี” การปรับปรุงอื่น ๆ ได้แก่ ความสามารถในการเปิดและการปิดโปรแกรมที่รวดเร็วขึ้น และการสนับสนุนการอ่านแผ่นดีวีดีและอุปกรณ์ Universal Serial Bus (USB) อีกสิ่งหนึ่งที่ปรากฏเป็นครั้งแรกก็คือ แถบ 'เปิดใช้งานด่วน' ซึ่งช่วยให้สามารถเปิดโปรแกรมได้โดยไม่ต้องเปิดเมนู 'เริ่ม' หรือค้นหาโปรแกรมบนเดสก์ท็อป

Windows Me : ที่ออกแบบมาสำหรับการใช้งานภายในบ้านมีการปรับปรุงคุณลักษณะเกี่ยวกับเพลง วิดีโอ และเครือข่ายภายในบ้านจำนวนมาก รวมถึงปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้มีความเสถียรมากขึ้นเมื่อเทียบกับรุ่นก่อนหน้า สิ่งที่ปรากฏเป็นครั้งแรก ได้แก่ System Restore ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สามารถย้อนการกำหนดค่าซอฟต์แวร์พีซีให้กลับไปยังวันที่หรือเวลาก่อนที่จะเกิดปัญหาได้ Movie Maker ทำให้ผู้ใช้มีเครื่องมือที่สามารถแก้ไข บันทึกและแบ่งปันวิดีโอภาพครอบครัวในแบบดิจิทัล และด้วยเทคโนโลยี Microsoft Windows Media Player 7 จึงสามารถค้นหา จัดระเบียบ และเล่นสื่อดิจิทัลได้

Windows 2000 Professional : ไม่ได้เป็นเพียงแค่การอัปเกรดจาก Windows NT Workstation 4.0 เท่านั้น แต่ยังออกแบบมาเพื่อแทนที่ Windows 95, Windows 98 และ Windows NT Workstation 4.0 ที่อยู่บนเดสก์ท็อปและแล็ปท็อป มีการปรับปรุงด้านความเสถียร ความสะดวกในการใช้งาน ความสามารถในการใช้งานอินเทอร์เน็ต และรองรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์แบบพกพา นอกจากจะปรับปรุงการทำงานในส่วนต่างๆ แล้ว Windows 2000 Professional ยังรองรับฮาร์ดแวร์ Plug and Play แบบใหม่หลายชนิด รวมถึงผลิตภัณฑ์การเชื่อมต่อเครือข่ายและระบบไร้สายขั้นสูง อุปกรณ์ USB อุปกรณ์ IEEE 1394 และอุปกรณ์อินฟราเรด ซึ่งช่วยให้การติดตั้งฮาร์ดแวร์เป็นเรื่องง่าย

๒๕๔๔ - ๒๕๔๘ : Windows XP (ความเสถียร ความพร้อมใช้งาน และความรวดเร็ว) ๒๕ ตุลาคม ๒๕๔๔ มีการวางจำหน่าย Windows XP โฉมใหม่ ซึ่งเน้นไปที่ฟังก์ชันที่สามารถใช้งานได้จริงและศูนย์รวมข้อมูลความช่วยเหลือและวิธีใช้แบบครบวงจร โดยสามารถใช้งานได้ใน ๒๕ ภาษา ระบบปฏิบัติการ Windows XP มีความรวดเร็วและความเสถียรของระบบ การเข้าออกเมนู 'เริ่ม' แถบงาน และแผงควบคุมสามารถทำงานได้ง่ายขึ้น มีการตื่นตัวเรื่องไวรัสคอมพิวเตอร์และแฮกเกอร์มากขึ้น แต่ก็มีการเปิดให้ดาวน์โหลดอัปเดตระบบความปลอดภัยทางออนไลน์ ซึ่งช่วยลดความกลัวได้ระดับหนึ่ง ผู้ใช้เริ่มเข้าใจถึงคำเตือนเกี่ยวกับเอกสารแนบที่น่าสงสัยและไวรัส และเริ่มเห็นความสำคัญของบริการช่วยเหลือและวิธีใช้มากขึ้น

Windows XP Home Edition มีการออกแบบด้านภาพให้ดูสบายตาและเรียบง่าย ทำให้สามารถเข้าถึงคุณลักษณะที่ใช้งานบ่อยได้ง่ายขึ้น พร้อมการปรับปรุงในส่วนต่าง ๆ เช่น Network Setup Wizard, Windows Media Player, Windows Movie Maker และความสามารถด้านภาพถ่ายดิจิทัลขั้นสูง

Windows XP Professional นำรากฐานที่แข็งแกร่งของ Windows 2000 มาเพิ่มความเสถียร ความปลอดภัย และประสิทธิภาพการทำงานให้กับพีซีเดสก์ท็อป นอกเหนือจากรูปลักษณ์ใหม่แล้ว Windows XP Professional ยังมาพร้อมคุณลักษณะต่าง ๆ สำหรับการใช้งาน

คอมพิวเตอร์ในธุรกิจและการใช้คอมพิวเตอร์ขั้นสูงที่บ้าน การสนับสนุนเดสก์ท็อประยะไกล การเข้ารหัสระบบไฟล์ รวมถึงคุณลักษณะการคืนค่าระบบและการเชื่อมต่อเครือข่ายขั้นสูงด้วย การปรับปรุงที่สำคัญสำหรับผู้ใช้คอมพิวเตอร์แบบพกพา ได้แก่ การสนับสนุนเครือข่ายไร้สาย 802.1x, Windows Messenger และ Remote Assistance

๒๕๔๙ - ๒๕๕๑ : Windows Vista (ประสิทธิภาพที่มาพร้อมความปลอดภัย) วางจำหน่ายในปี ๒๕๔๙ พร้อมระบบรักษาความปลอดภัยที่แข็งแกร่งที่สุด โดย User Account Control จะช่วยป้องกันซอฟต์แวร์ที่อาจเป็นอันตรายไม่ให้เปลี่ยนแปลงข้อมูลใด ๆ ในเครื่อง Windows Vista Ultimate การเข้ารหัสไดรฟ์ด้วย BitLocker สามารถให้การปกป้องข้อมูลที่ดีกว่าและยังปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของ Windows Media Player ให้สอดคล้องกับจำนวนผู้ใช้ที่ใช้พีซีเป็นศูนย์รวมสื่อดิจิทัลที่เพิ่มมากขึ้น คุณจึงสามารถดูทีวี ดูและส่งภาพถ่ายและแก้ไขวิดีโอบนพีซีได้การออกแบบเข้ามามีบทบาทสำคัญใน Windows Vista และคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น รูปลักษณ์ใหม่ของแถบงานและเส้นขอบรอบหน้าต่าง การค้นหากลายเป็นคุณลักษณะใหม่ที่มีความสำคัญและช่วยให้ผู้ใช้ค้นหาไฟล์บนพีซีของตนได้รวดเร็วขึ้น Windows Vista นำเสนอโปรแกรมรุ่นใหม่ ๆ ที่มีการผสมผสานของคุณลักษณะที่แตกต่างกัน โดยสามารถใช้งานได้ใน ๓๕ ภาษา ปุ่ม 'เริ่ม' ที่ออกแบบใหม่ปรากฏเป็นครั้งแรกใน Windows Vista

๒๕๕๒ : Windows 7 ออกแบบมาสำหรับโลกในระบบไร้สายที่เกิดขึ้นในปลายปี ๒๕๔๓ มาพร้อมวิธีการใช้งานหน้าต่างแบบใหม่ เช่น Snap, Peek และ Shake ซึ่งช่วยปรับปรุงฟังก์ชันการทำงานและทำให้ใช้งานอินเทอร์เฟซได้สนุกมากยิ่งขึ้น และยังถือเป็นการเปิดตัว Windows Touch ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้หน้าจอสัมผัสสามารถท่องเว็บ พลิกดูภาพถ่าย รวมถึงเปิดไฟล์และโฟลเดอร์ได้

๒๕๕๕ : Windows 8 เป็นระบบปฏิบัติการที่สร้างสรรค์ใหม่ พร้อมทั้งการตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาดในระบบไฟล์ของ Windows 8 สะดวกรวดเร็วขึ้นและรบกวนผู้ใช้น้อยลง มีระบบสัมผัสแป้นพิมพ์และเมาส์ มาพร้อมหน้าจอเริ่มที่มีไทล์ซึ่งเชื่อมต่อกับบุคคล ไฟล์ แอป และเว็บไซต์ แอปต่างๆ จะดูโดดเด่นสะดุดตาและสามารถดาวน์โหลดได้อย่างสะดวกจากสถานที่ใหม่นั่นก็คือ Windows Store ที่อยู่บนหน้าจอเริ่ม นอกจากนี้ Microsoft ยังเปิดตัว Windows RT ที่ทำงานบนแท็บเล็ตและพีซีบางเครื่องพร้อมกับ Windows 8 ด้วย Windows RT ออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์พกพาแบบเพรียวบางที่มีแบตเตอรี่ที่ใช้งานได้ยาวนาน และใช้แอปจากWindows Store เท่านั้น นอกจากนี้ Windows RT ยังมาพร้อม Office ในตัวที่เหมาะสำหรับหน้าจอสัมผัสด้วย

๒๕๕๖ - ๒๕๕๗ : Windows 8.1 ต่อยอดวิสัยทัศน์ของ Windows 8 เพื่อมอบคอลเลคชันแอปที่ทรงพลังและการเชื่อมต่อระบบคลาวด์บนอุปกรณ์ที่ยอดเยี่ยม พร้อมด้วยการปรับปรุงบางอย่าง เช่น ตัวเลือกเพิ่มเติมสำหรับการปรับแต่งหน้าจอเริ่มต้นโดยมีการซิงค์ระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งหมด ตัวเลือกในการบูตระบบไปยังเดสก์ท็อปโดยตรง, Bing Smart Search ที่ช่วยให้พบสิ่งที่กำลังค้นหาบนพีซีหรือเว็บ, ปุ่มเริ่มต้นสำหรับนำทางระหว่างเดสก์ท็อปและหน้าจอเริ่มต้น และตัวเลือกที่ยืดหยุ่นมากขึ้นสำหรับการดูหลายๆ แอปพร้อมกันบนหน้าจอเดียวหรือทุกหน้าจอ นอกจากนี้ยังมีแอปภายในใหม่ ๆ หลายแอป เช่น Bing อาหารและเครื่องดื่ม, Bing สุขภาพและฟิตเนส และแอปอรรถประโยชน์ที่ยอดเยี่ยม เช่น รายการที่จะอ่าน เครื่องคิดเลข และนาฬิกาปลุก แอปดีๆ มากมายที่มีอยู่ใน Windows 8 กลับมาอีกครั้งและดีขึ้นกว่าเดิม

๒๕๕๘ : Windows 10 ระบบปฏิบัติการใหม่จากทางไมโครซอฟท์ (Microsoft) ที่ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้กับทุกอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows ในทุกขนาดหน้าจอทุกรูปแบบการใช้งาน รวมไปถึงยังมีระบบแอพพลิเคชั่นครอบจักรวาล (Universal Application) ที่ให้แอปฯ ต่าง ๆ นั้น สามารถใช้งานได้บนทุกอุปกรณ์ในระบบ Windows 10 อีกด้วยเช่นกัน ในส่วนของด้านหน้าตาโปรแกรม (User Interface) ของ Windows 10 ได้ผสมผสานรูปแบบใหม่ของ Windows 8.1 เข้ากับรูปแบบของเดิม Windows 7 ที่ผู้ใช้ส่วนใหญ่คุ้นเคยกับการใช้งานมากกว่า ทำให้ Windows 10 นี้มีความลงตัวในการใช้งานมากขึ้นกว่าเดิม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วจิราภรณ์ สารบรรณ (๒๕๖๐) ศูนย์วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมเพื่อการศึกษาจังหวัดร้อยเอ็ด เป็นแหล่งการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์วัฒนธรรมสมัยใหม่และวัฒนธรรมภาคอีสานเปิดให้เข้าชมตั้งแต่ วันที่ ๑๓ สิงหาคม ๒๕๕๐ ภายในจัดกิจกรรมบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมสนับสนุนการเรียนรู้ด้านทักษะและกระบวนการทางการศึกษาสำหรับ เด็ก เยาวชน นิสิต นักศึกษาและประชาชนทั่วไป เป็นแหล่งการค้นคว้าวิจัย ส่งเสริมด้านการเผยแพร่ทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาเปลี่ยนแปลงลักษณะของการถ่ายทอดที่เป็นสิ่งพิมพ์ในลักษณะของภาพนิ่ง ให้เกิดการเคลื่อนไหวในรูปแบบของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อให้ผู้ที่สนใจเข้าชมได้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสื่อประชาสัมพันธ์และนิทรรศการ เพียงแค่ผู้ที่ต้องการได้ข้อมูลหรือต้องการจะศึกษา ใช้สมาร์ทโฟน ส่องไปยังสื่อประชาสัมพันธ์ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความน่าสนใจและความแปลกใหม่ให้ผู้พบเห็น ผลวิจัยผู้วิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพอใจมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสื่อ ๓ มิติ โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมแบบปฏิสัมพันธ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมานั้น มีประสิทธิภาพ มีความสวยงาม สามารถปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดีแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้ และสนใจต่อสื่อที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อการประชาสัมพันธ์ศูนย์วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมร้อยเอ็ดอีกด้วย

ชัยอนันต์ สาขะจันทร์ (๒๕๕๙) ได้ทำการวิจัย เรื่องการพัฒนารูปแบบการเรียนแบบร่วมมือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อส่งเสริมทักษะปฏิบัติและความคงทนทางการเรียนสำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ๑) พัฒนารูปแบบการเรียนแบบร่วมมือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ๒) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ก่อนเรียนกับหลังเรียน ๓) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระหว่างผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนกับผู้เรียนที่เรียนแบบปกติ ๔) ศึกษาทักษะปฏิบัติของนักศึกษาที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนที่พัฒนาขึ้น ๕) ศึกษาความคงทนทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนที่พัฒนาขึ้น ๖) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อรูปแบบการเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ๒ กลุ่ม กลุ่มที่ ๑ คือ ผู้เชี่ยวชาญสำหรับประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ ๑๘ ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรการเรียนการสอน จำนวน ๗ ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตสื่อการเรียนการสอน จำนวน ๖ ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา จำนวน ๕ ท่าน และกลุ่มที่ ๒ คือ นักศึกษา

ที่ใช้ในการทดลองรูปแบบการเรียน เป็นนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ชั้นปีที่ ๑ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง จำนวน ๕๒ คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน ๒๖ คน และกลุ่มควบคุม จำนวน ๒๖ คนกระบวนการในการพัฒนา แบ่งออกเป็น ๓ ระยะ ได้แก่ ระยะที่ ๑ การพัฒนาและหาความเหมาะสมของรูปแบบการเรียน เนื้อหาเรื่องงานกลึงและงานตะไบ ระยะที่ ๒ การพัฒนาเครื่องมือสร้างเนื้อหาตามโมเดลที่สังเคราะห์ไว้ สร้างแผนการเรียนและสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) สร้างแบบประเมินเนื้อหาและสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) สร้างแบบประเมินกิจกรรมการเรียนการสอนแบบร่วมมือ แบบประเมินทักษะปฏิบัติ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และแบบวัดความพึงพอใจ และระยะที่ ๓ การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการนำเครื่องมือที่ได้พัฒนา ไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง จำนวน ๒๖ คน หลังจากนั้นอีก ๗ วัน และ ๒๘ วัน ทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซ้ำ เพื่อศึกษาความคงทนทางการเรียน ผลการวิจัย พบว่า ๑) รูปแบบการเรียนแบบร่วมมือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อส่งเสริมทักษะปฏิบัติ และความคงทนทางการเรียนสำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มี ๓ องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบที่ ๑ ปัจจัยนำเข้า (Input) องค์ประกอบที่ ๒ กระบวนการเรียนการสอนแบบร่วมมือ (Process) องค์ประกอบที่ ๓ ผลิตผล (Output) โดยมีผลประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด (X = ๔.๖๗, SD = ๐.๕๙) ๒) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ๐.๕ ๓) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ๐.๕ ๔) ทักษะปฏิบัติของนักศึกษาที่เรียนด้วยรูปแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น อยู่ในระดับดี ๕) นักศึกษาที่เรียนด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น มีความคงทนในการเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ๐.๕ ๖) ความพึงพอใจของนักศึกษา อยู่ในระดับมากที่สุด

ชนินทร์ หนูฤทธิ์ (๒๕๕๙) ได้ดำเนินการวิจัย เรื่องการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับรายวิชาทฤษฎีและคำนวณช่างยนต์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ๑) พัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับรายวิชาทฤษฎีและคำนวณช่างยนต์ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ๒) หาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับรายวิชาทฤษฎีและคำนวณช่างยนต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ๓) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับรายวิชา ทฤษฎีและคำนวณช่างยนต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ของกลุ่มตัวอย่าง ๔) ศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับรายวิชา ทฤษฎีและคำนวณช่างยนต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ ๒ ที่ลงทะเบียนรายวิชา ทฤษฎีและคำนวณช่างยนต์สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน ๓๐ คน คัดเลือกด้วยวิธีแบบเจาะจง และให้กลุ่มตัวอย่างนำสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่พัฒนาขึ้นไปเรียนรู้ด้วยตนเอง ผลการวิจัย พบว่า สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับรายวิชา ทฤษฎีและคำนวณช่างยนต์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีคุณภาพที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาที่ระดับดี ($\bar{X}$ = ๔.๔๒) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อที่ระดับดี ($\bar{X}$ = ๔.๔๕) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ ๐.๕ และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = ๔.๑๑, SD = ๐.๕๙)

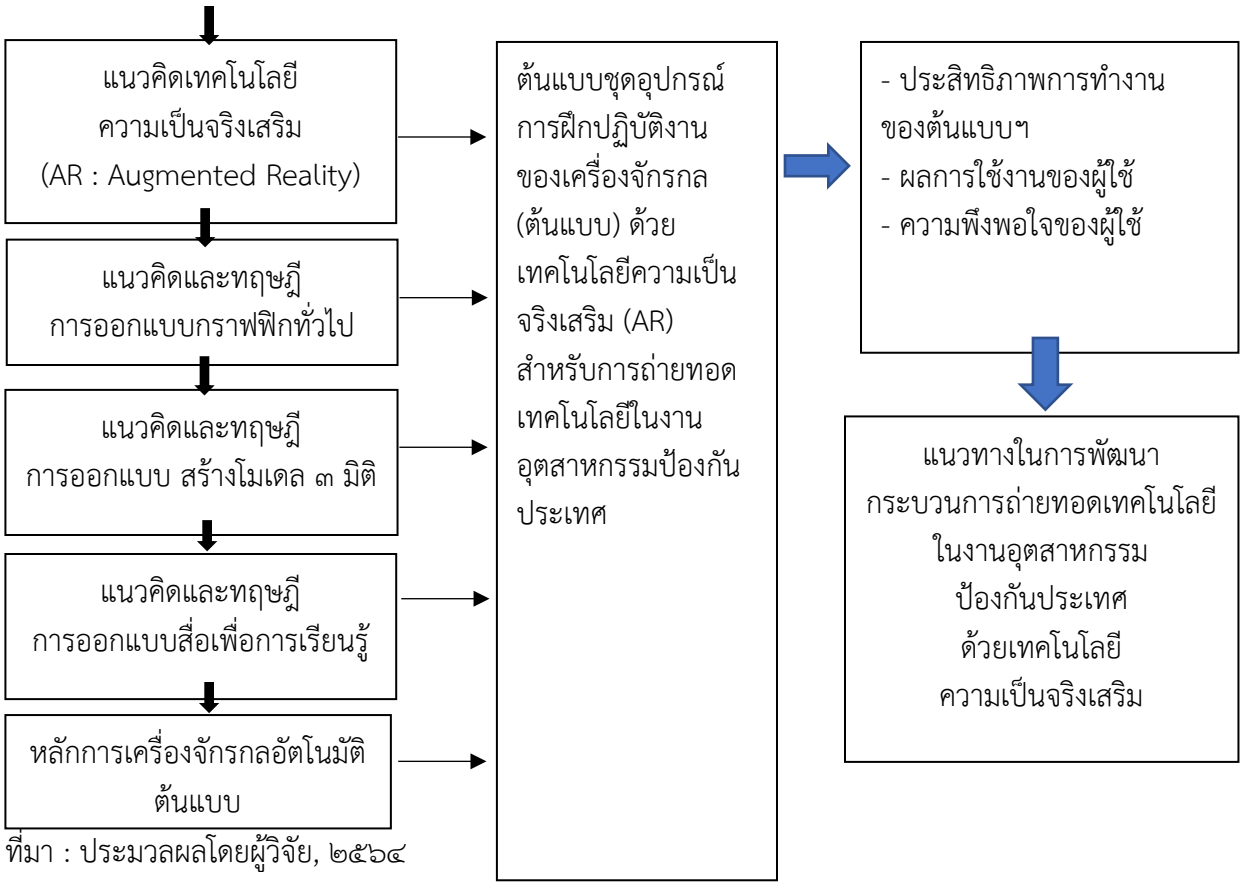
Kangdon Lee (๒๐๑๒) วิจัยเรื่องความเป็นจริงเสริมที่เพิ่มขึ้นในด้านการศึกษาและการฝึกอบรม เพื่อทำให้คนได้รับการศึกษาและได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับข้อมูลและทักษะเฉพาะที่พวกเขาต้องการ กลุ่มตัวอย่างงานวิจัยเก็บรวบรวมจากผู้เข้ารับฟังการบรรยายในชั้นเรียน และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ๑) ตำราคอมพิวเตอร์ ๒) อุปกรณ์มือถือและ ๓) แอปพลิเคชัน เออาร์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ซึ่งขึ้นอยู่กับการเข้าถึงเทคโนโลยีต่าง ๆ ของแต่ละบุคคลและสภาพแวดล้อมของโครงสร้างพื้นฐานของบุคคลโดยรอบ ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในขณะที่มีข้อมูลและความรู้ที่มีอยู่การกำหนดและการใช้ข้อมูลในเวลาที่เหมาะสมและถูกต้องเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้เกิดผลกระทบหลักในการตั้งโรงเรียนและธุรกิจ Augmented Reality (AR) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ช่วยให้สถานที่และเวลาในการศึกษาและฝึกอบรมเป็นไปอย่างรวดเร็ว ผลการวิจัยพบว่า เทคโนโลยีด้านเออาร์เหมาะสมต่อการนำ ไปประยุกต์ใช้กับการศึกษาและการฝึกอบรมที่จะเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

Javier Santana-Fernández Jaime Gómez-Gil and Laura del-Pozo-San-Cirilo (๒๐๑๐) วิจัยเรื่องระบบคำแนะนำสำหรับรถแทรกเตอร์ในปัจจุบัน นำเสนอข้อมูลของผู้ขับขี่เพื่อดำเนินการด้านการเกษตรอย่างดีที่สุด ข้อมูลนี้โดยทั่วไปจะรวมถึงแผนที่โซนที่ได้รับการบำบัดซึ่งอ้างถึงตำแหน่งของรถแทรกเตอร์ ระบบนำทางที่ใช้เทคโนโลยี Augmented Reality (AR) ช่วยให้คนขับรถแทรกเตอร์สามารถมองเห็นพล็อตจริงได้ โดยใช้แว่นสายตาที่มีการบำบัดโซนที่มีสีแตกต่างกันบทความนี้รวมถึงคำอธิบายเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของระบบการทดสอบจริงที่ทำกับการจับภาพโดยไดรเวอร์รถแทรกเตอร์ และการอภิปรายที่คาดการณ์ว่าวิวัฒนาการทางประวัติศาสตร์ของระบบนำทางอาจเกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยี AR ในคำแนะนำทางการเกษตรและระบบการตรวจสอบ

Krevelen and Poelman (๒๐๑๐) วิจัยเรื่องการสำรวจความเป็นจริง เทคโนโลยีการประยุกต์และข้อจำกัดที่เพิ่มขึ้นเพื่อปรับปรุงการรับรู้ช่วยให้เราเห็นได้ยินและรู้สึกถึงสภาพแวดล้อมในด้านใหม่และอุดมด้วยวิธี เออาร์จะสนับสนุนสาขาต่าง ๆเช่นการศึกษาการบำรุงรักษาการออกแบบและการสำรวจเพื่อตั้งชื่อ แต่เพียงไม่กี่บทความนี้อธิบายสาขาเออาร์ รวมทั้งคำจำกัดความสั้น ๆ และประวัติการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้และลักษณะเฉพาะของพวกเขา สำรวจสภาพโดยการทบทวนบางส่วนการใช้งานล่าสุดของเทคโนโลยีเออาร์ เช่นเดียวกับข้อจำกัดบางอย่างเกี่ยวข้องกับปัจจัยในการใช้ระบบเออาร์ ที่นักพัฒนาซอฟต์แวร์จะต้องให้ความสำคัญ ซึ่งเทคโนโลยีการประยุกต์ใช้และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับ ความเป็นจริงที่เติมแล้ว โดยเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ๑) ตารางเปรียบเทียบเกี่ยวกับ การจัดแสดง และ ๒) แบบสำรวจเกี่ยวกับกรอบและเครื่องมือเขียนเนื้อหาผลการวิจัยนี้พบว่าเออาร์ ได้กลายเป็นภาพรวม และเป็นจุดเริ่มต้นที่เหมาะสมของของสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศต่อไป

กรอบแนวคิดของการวิจัย

แผนภาพที่ ๒ - ๓๙ กรอบแนวคิดของการวิจัย (Conceptual Framework)



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากภาพเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยจะประกอบด้วยแนวคิดและทฤษฎีดังนี้

๑. ปัญหาการถ่ายทอดเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ เป็นการสะท้อนปัญหาและอุปสรรคในการถ่ายทอดเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่อยู่ในวงจำกัดและไม่แพร่หลาย โดยปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นโดยภาพรวม อาทิเช่น ความพร้อมของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี, การลดประสิทธิภาพการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากการขาดแคลนเงินทุน, ประเทศเจ้าของเทคโนโลยีไม่เต็มใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี, การจำกัดในการเข้าถึงของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และวิกฤตการณ์ของโลกที่มีผลกระทบต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี

๒. แนวคิดของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สำหรับการออกแบบ พัฒนาประยุกต์ในการจัดทำสื่อเพื่อการเรียนรู้ โดยเฉพาะการถ่ายทอดเทคโนโลยีการในงานเครื่องจักรกลด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

๓. แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบกราฟฟิกทั่วไป และองค์ประกอบด้านภาพและกราฟฟิกเป็นการออกแบบและพัฒนาภาพสำหรับประกอบในการจัดทำสื่อเรียนรู้ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๔. แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบ สร้างโมเดล ๓ มิติ (3D Model) เป็นการออกแบบและสร้างโมเดล ๓ มิติ สำหรับการแสดงผลของสื่อเรียนรู้ ที่พัฒนาร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยจะทำงานร่วมกันระหว่างโปรแกรม/ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น และอุปกรณ์/ฮาร์ดแวร์ที่แสดงผล

๕. แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบสื่อเพื่อการเรียนรู้ เป็นหลักการออกแบบและพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้ใช้/ผู้รับการถ่ายทอด สามารถเข้าใจและเข้าถึงองค์ความรู้ตามวัตถุประสงค์ โดยนำเสนอในรูปแบบเทคโนโลยีภาพ โมเดล ๓ มิติ

๖. หลักการเครื่องจักรกลอัตโนมัติต้นแบบ สำหรับการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการจำลองการทำงานของเครื่องจักรกลต้นแบบ เมื่อมีการเขียนคำสั่งหรือโปรแกรมผ่านสื่อการเรียนรู้ที่ออกแบบเสมือนผู้ใช้งานใช้ผ่านเครื่องจักรต้นแบบจริง

ในขั้นตอนการวิจัยแนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมนั้น จะเป็นการนำกรอบแนวคิดมาออกแบบ และพัฒนาด้วยหลักการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยการเขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์บนระบบปฏิบัติการ Windows หรือ Android ในการสร้างต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรกล (ต้นแบบ) ในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) โดยการคัดเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง ทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบฯ และประสิทธิผลของต้นแบบฯต่อผู้ใช้งาน ร่วมกับการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ หาแนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

สรุป

๑. อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย จัดอยู่ในกลุ่มประเทศชั้นที่ ๒ หรือที่เรียกว่า “Second Tier” ที่มีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศครบวงจร แต่ยังไม่สามารถพัฒนาองค์ความรู้ต่อยอดได้ถึงระดับสูงสุดด้วยข้อจำกัดบางประการ จึงทำให้ต้องตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นของการสร้างระบบอุตสาหกรรมป้องกันประเทศแบบพึ่งพาตนเอง อันเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาความขัดกันระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจกับการเสริมสร้างความมั่นคง โดยผลของการพัฒนานั้นจะช่วยให้เกิดการส่งเสริมการขับเคลื่อนสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน โดยรัฐบาลได้วางแผนแม่บทอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ พ.ศ.๒๕๕๘ - ๒๕๖๓ และยุทธศาสตร์การพัฒนา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี อุตสาหกรรมป้องกันประเทศ กระทรวงกลาโหม พ.ศ.๒๕๖๐ - ๒๕๗๙ ซึ่งได้กำหนดเป้าหมายให้การวิจัยพัฒนาและอุตสาหกรรมป้องกันประเทศมุ่งสู่การผลิตใช้ในราชการและเพื่อการพาณิชย์

๒. อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกลุ่มอาเซียน โดยจัดตั้งความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกลุ่มประเทศอาเซียน (ASEAN Defence Industry Collaboration: ADIC) ไว้เพื่อรองรับการเป็นศูนย์กลางของอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ซึ่งปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนา

กรอบความร่วมมือ ADIC นั้นได้แก่ ลักษณะทางกายภาพและมียุทธศาสตร์ความมั่นคงที่แตกต่างกัน, เป้าประสงค์ในการวิจัยและพัฒนาที่แตกต่างกัน, ความแตกต่างด้านนโยบาย การจัดสรรงบประมาณและความพร้อมในการลงทุน, ขีดความสามารถด้านทรัพยากรบุคคลที่แตกต่างกัน และนโยบายป้องกันประเทศของหลายชาติยังอยู่บนพื้นฐานความไม่ไว้วางใจต่อกัน สำหรับการดำเนินการ ในกรอบความร่วมมือ ADIC ในปัจจุบัน มีความคืบหน้าและมีกรอบการดำเนินงานที่ชัดเจนมากขึ้น โดยศักยภาพด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในอาเซียนแบ่งออกเป็น ๓ กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีศักยภาพด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในระดับต่ำ, ระดับปานกลาง และระดับสูง

๓. การถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โดยแนวทางการพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทยนั้น เป็นแนวคิดในการแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นในการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ให้บรรลุผลตามนโยบายแผนยุทธศาสตร์ของชาติได้ โดยการพัฒนาความพร้อมของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากการยกระดับความรู้ให้กับบุคลากรภายในองค์กรและการบรรจุบุคคลากรที่มีความรู้ความสามารถตามภารกิจขององค์กร รวมถึงการพัฒนาพื้นฐานทางด้านภาษาของผู้รับการถ่ายทอดเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างถูกต้อง, การมุ่งเน้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีภายในองค์กร และการเสริมสร้างพัฒนางานวิจัยพัฒนาเพื่อการพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืน และการพัฒนารูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ทันสมัย ในการลดข้อจำกัดในการเข้าถึงเทคโนโลยีในด้านงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ และลดอุปสรรคที่เกิดจากวิกฤติการณ์ต่าง ๆ ที่ทำให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบปฏิสัมพันธ์กันไม่สามารถดำเนินการได้

๔. แนวคิดการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เป็นการนำระบบความจริงเสมือนมาผสานเพิ่มเข้าไปในโลกแห่งความเป็นจริง เพื่อทำให้กลมกลืนกันมากที่สุด โดยผ่านทางอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ร่วมกับการใช้ซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการวิเคราะห์ภาพ ในการค้นหาตัวระบุตำแหน่งจากภาพที่ได้จากกล้อง ด้วยการสืบค้นจากฐานข้อมูลที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของตัวระบุตำแหน่งเพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของตัวระบุตำแหน่งการวิเคราะห์ภาพ และกระบวนการคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ เพื่อแสดงผลลัพธ์ข้อมูลที่ต้องการด้วยการสร้างภาพสองมิติหรือแบบจำลองสามมิติ โดยปัจจุบันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ทางด้านการศึกษา, ด้านการแพทย์, ด้านอุตสาหกรรม, ด้านธุรกิจ, ด้านการรักษาความปลอดภัยและการป้องกันประเทศ ซึ่งเริ่มมีอิทธิพลต่อวิถีการดำเนินชีวิตเพิ่มมากขึ้น แปรผันไปตามการใช้งานโทรศัพท์มือถือและกล้องโทรศัพท์มือถือ ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทจนแทบจะเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของผู้ใช้

๕. การออกแบบกราฟิกทั่วไป ต้องมีหลักการดำเนินงานและการวางแผนขั้นต้นของการออกแบบกราฟิก ในการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน กำหนดกลุ่มเป้าหมาย วิธีการสื่อความหมายและการนำเสนอ ก่อนจะดำเนินการออกแบบงานกราฟิกซึ่งจะมีกฎเกณฑ์ และบรรทัดฐานที่น้อยกว่างานออกแบบด้านอื่น ๆ และในขั้นตอนสุดท้ายคือการจัดสมดุลในงานออกแบบ ซึ่งเป็นการใช้เทคนิคในการออกแบบงานกราฟิกในการเสริมการจัดองค์ประกอบของภาพที่มีอยู่ให้สื่อความหมายและความสวยงามอย่างที่นักออกแบบต้องการ

๖. การออกแบบและสร้างโมเดล ๓ มิติ ในการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนการสอน เป็นการดึงดูดความสนใจของผู้ใช้ให้เกิดความสนใจในเนื้อหาเรื่อง แสงและเงา แปลกใหม่และความสมจริง ความตื่นเต้นให้กับผู้ชมได้ตลอดและส่งเสริมการศึกษาให้มีความทันสมัย และสามารถทำให้ผู้เรียนมองได้หลายการมุมมองเห็นถึงหลายระเอียดของโมเดล ๓ มิติได้ชัดเจน

๗. ในการออกแบบสื่อเพื่อการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญที่สอดคล้องกับหลักการออกแบบการเรียนการสอน โดยมีกระบวนการ คือ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล ซึ่งเป็นผลจากการวางแผนการออกแบบและผลิตสื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

๘. เครื่องจักรกลต้นแบบเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HK-200/2 เป็นเครื่องกัดซีเอนซี (CNC) ชนิดหนึ่ง ใช้สำหรับการขัดผิวภายในทรงกระบอกของลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานด้วยรหัสคำสั่ง ซึ่งจะถูกแปลงเป็นสัญญาณของกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณ ที่ไปกระตุ้นมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อทำให้เครื่องจักรกลทำงานตามขั้นตอนที่ต้องการ โดยการป้อนโปรแกรมคำสั่งหรือโค้ดเข้าสู่ไมโครโปรเซสเซอร์

๙. Visual Studio เป็นซอฟต์แวร์สำหรับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา C# ซึ่งมีเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้เขียนโปรแกรมให้สามารถเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้อย่างง่ายดาย รวดเร็ว และ ผู้เขียนโปรแกรมสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดในการเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะสามารถนำมาพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับ Unity3D Game Engine ที่ใช้สำหรับพัฒนาเกมส์ ๓ มิติ และและแอนนิเมชั่น ๓ มิติ รวมถึง Vuforia™ SDK หรือ Augmented Reality Software Development Kit (SDK) ที่จะช่วยทำให้พัฒนา Software ที่ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมได้ง่ายขึ้น โดยการพัฒนาซอฟต์แวร์สามารถพัฒนาทั้งบนระบบปฏิบัติการ Android ที่ส่วนใหญ่ใช้บนสมาร์โฟนและแท็บเล็ต และระบบปฏิบัติการ Windows ที่ใช้บนคอมพิวเตอร์และโน๊ตบุ้ค

๑๐. จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในเรื่องต่าง ๆ เป็นการดึงดูดความสนใจของผู้ใช้ให้เกิดความสนใจในเนื้อหา กระตุ้นและส่งเสริมการศึกษาให้มีความทันสมัยและความก้าวหน้าทันโลกมากขึ้น สื่อการเรียนการสอนที่สวยงามย่อมเป็นที่ดึงดูดของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาและทำให้ผู้เรียนมีผลการรับรู้ที่ดีขึ้นหลังจากที่ได้เรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ดังนั้นสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสามารถนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ได้

บทที่ ๓
การพัฒนา วิเคราะห์และประเมินผล
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ในการฝึกปฏิบัติงาน

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ในศึกษาแนวทางการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สำหรับแก้ไขปัญหาและอุปสรรคของการถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องจักรกลในสายการผลิตยุทโธปกรณ์ในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โดยใช้การวิจัยเชิงทดลองในการทดลอง ทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรกลในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น และประสิทธิผลของต้นแบบฯ ต่อผู้ใช้งาน/ผู้รับการถ่ายทอด ร่วมกับการดำเนินการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) มาช่วยสนับสนุนในการวิจัยในการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน รวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ เพื่อหาแนวทางการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยมีการแบ่งขั้นตอนการวิจัย ๔ ขั้นตอน คือ

๑. ขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีและการออกแบบ
๒. ขั้นตอนการพัฒนา
๓. ขั้นตอนการทดสอบ
๔. ขั้นตอนการวิเคราะห์และประเมินผล

ขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีและการออกแบบ

๑. ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรกลในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมนั้น นักวิจัยได้มีการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ตามรายละเอียดในบทที่ ๒ ดังต่อไปนี้

๑.๑ อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นมา ความสำคัญ และการพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในปัจจุบัน

๑.๒ อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกลุ่มอาเซียน เป็นการศึกษาเกี่ยวกับหลักการและความร่วมมือของอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกลุ่มประเทศอาเซียนในปัจจุบัน

๑.๓ การถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ เป็นการศึกษาแนวทางการพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย ตลอดจนปัญหาอุปสรรค และแนวคิดในการแก้ไขปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

๑.๔ แนวคิดและทฤษฎีเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) สำหรับการนำมาออกแบบ และพัฒนาประยุกต์ในการจัดทำสื่อการเรียนรู้ สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการใช้งานเครื่องจักรกลด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

๑.๕ แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบกราฟฟิกทั่วไป และองค์ประกอบด้านภาพและกราฟฟิก ซึ่งจะนำไปใช้ในการออกแบบและพัฒนาภาพสำหรับประกอบในการจัดทำสื่อการเรียนรู้ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๑.๖ แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบ สร้างโมเดล ๓ มิติ (3D Model) ซึ่งจะนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างโมเดล ๓ มิติ สำหรับการแสดงผลของสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาร่วมกับการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๑.๗ แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบสื่อเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งจะใช้ในการออกแบบและพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้ใช้/ผู้รับการถ่ายทอด สามารถเข้าใจและเข้าถึงองค์ความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

๑.๘ หลักการเครื่องจักรกลอัตโนมัติและเครื่องจักรกลต้นแบบ สำหรับการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรกลด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการจำลองการทำงานของเครื่องจักรกลต้นแบบเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 เมื่อเขียนคำสั่งหรือโปรแกรมผ่านสื่อการเรียนรู้ที่ออกแบบเสมือนผู้ใช้งานใช้ผ่านเครื่องจักรต้นแบบจริง

๑.๙ เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน และหลักการเขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ ที่ใช้สำหรับการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันในการสร้างต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรกล (ต้นแบบ) ในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ที่ทำงานบนแท็บเล็ต/Windows PC

๑.๑๐ ระบบปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยระบบปฏิบัติการ Windows หรือ Android ที่เป็นระบบปฏิบัติการที่ทำงานบนแท็บเล็ต/Windows PC ในปัจจุบัน

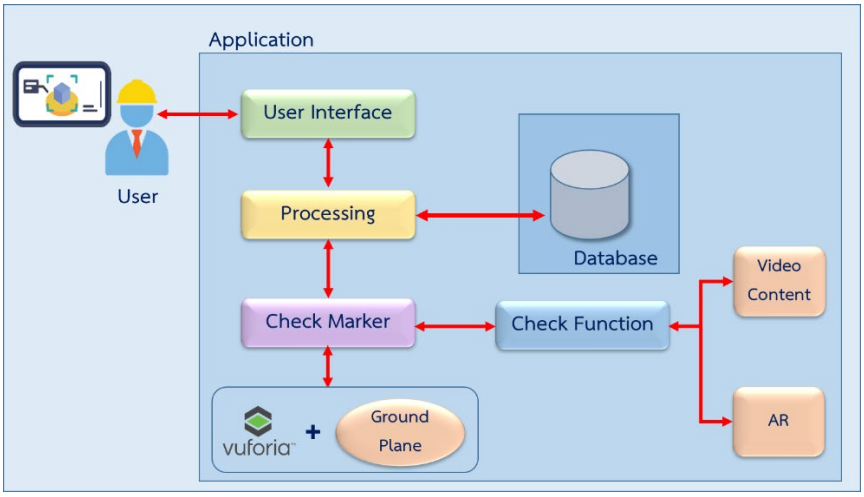
๑.๑๑ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีจากงานวิจัยต่าง ๆ ที่มีการประยุกต์เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาพัฒนาในสื่อการเรียนรู้หรือส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนในการฝึกอบรม

๒. การออกแบบชุดอุปกรณ์ (ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์)

สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๒.๑ การออกแบบโครงสร้างซอฟต์แวร์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

แผนภาพที่ ๓ - ๑ แสดงการออกแบบโครงสร้างซอฟต์แวร์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากแผนภาพที่ ๓ - ๑ แผนภาพโครงสร้างการพัฒนาโปรแกรมของระบบ เริ่มจากผู้ใช้งานทำการใช้งานแอปพลิเคชันผ่านโมดูลส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อร่วมกันระหว่างระบบกับผู้ใช้งาน โดยจะมีการแสดงเมนูการใช้งานรวมถึงเนื้อหาต่าง ๆ ภายในแอปพลิเคชัน ข้อมูลที่ได้จากผู้ใช้งานจะถูกส่งไปยังโมดูลประมวลผล (Processing) ทำหน้าที่ในการประมวลผลชุดคำสั่งต่าง ๆ ระหว่างฐานข้อมูล (Database) โดยจะส่งผลลัพธ์ที่ได้กลับไปยังโมดูลส่วนต่อประสานกับผู้ใช้อีกครั้ง หรือส่งต่อชุดคำสั่งไปยังโมดูลตรวจสอบมาร์กเกอร์ (Check Marker) ที่ทำหน้าที่ในการค้นหาตำแหน่งพื้นราบ แล้วกำหนดให้เป็นมาร์กเกอร์ (Ground Plane) โดยใช้ Vuforia Engine ในการประมวลผล เมื่อประมวลผลเรียบร้อยแล้ว จะส่งผลลัพธ์ที่ได้ไปยังโมดูล Check Function มีหน้าที่ในการตรวจสอบ Input ที่ได้รับ โดยจะเข้าไปดึงข้อมูลตามที่ผู้ใช้งานต้องการมาแสดงบนหน้าจอ

๒.๒ ออกแบบเครื่องมือ/ฮาร์ดแวร์ของชุดต้นแบบการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องภายในเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7

แผนภาพที่ ๓ - ๒ แสดงขั้นตอนการออกแบบเครื่องมือ/ฮาร์ดแวร์ของชุดต้นแบบ

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

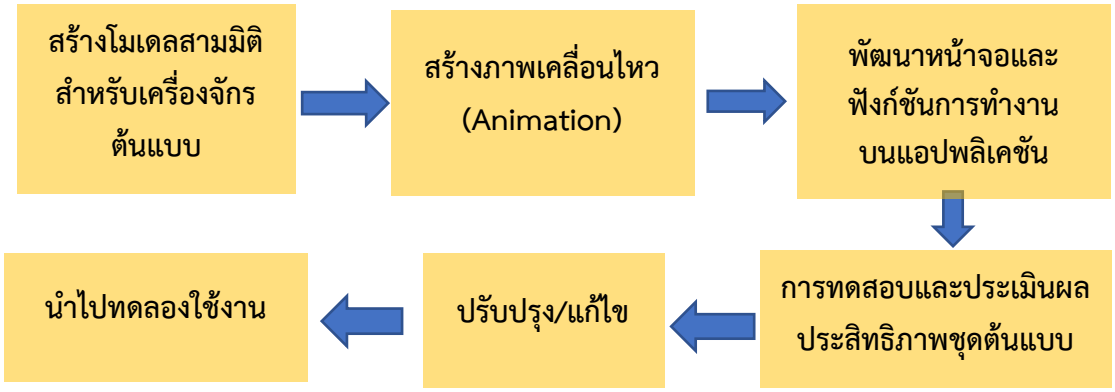
การออกแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องภายในเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จะเริ่มจากการสร้างแอปพลิเคชันด้วยโปรแกรม Unity บนคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ

Windows 10 ขึ้นไปด้วยความเร็ว CPU ๓.๐๐ GHz หรือสูงกว่า และมีหน่วยความจำสำรอง (Ram) ไม่น้อยกว่า ๘ GB จากนั้นทำการ Build ไฟล์ .APK แล้วนำไฟล์ .APK ทำการติดตั้งแอปพลิเคชันบนแท็บเล็ตที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวอร์ชัน ๖.๐ (Marshmallow) หรือสูงกว่า ซึ่งแท็บเล็ตควรมีหน่วยความจำสำรอง (Ram) ไม่น้อยกว่า ๔ GB และติดตั้งกล้องดิจิตอลขนาด ๑๓ ล้านพิกเซล หรือสูงกว่า เพื่อที่จะสามารถประมวลผล, อ่านค่าจากกล้องดิจิตอล และแสดงผลได้อย่างถูกต้องและต่อเนื่อง

ขั้นตอนการพัฒนา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการจำลองการทำงานของเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยมีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

แผนภาพที่ ๓ - ๓ ขั้นตอนการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักรกล (ต้นแบบ) โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

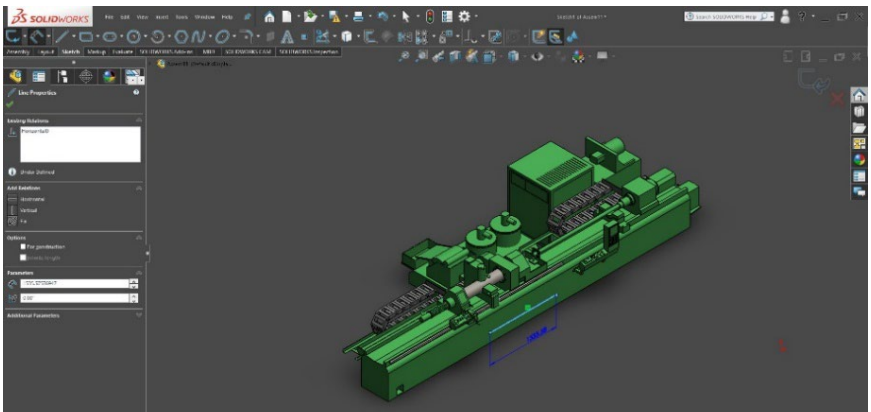
๑. สร้างโมเดลสามมิติสำหรับเครื่องจักรต้นแบบ

แผนภาพที่ ๓ - ๔ ขั้นตอนสร้างโมเดลสามมิติสำหรับเครื่องจักรต้นแบบ

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

การสร้างโมเดลสามมิติสำหรับเครื่องจักรต้นแบบ เริ่มต้นด้วยการวัดขนาด โดยใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตร (มม.) และดำเนินการร่างแบบ ออกแบบโมเดลสามมิติด้วยโปรแกรม Solidworks ตามมาตราส่วนจริง

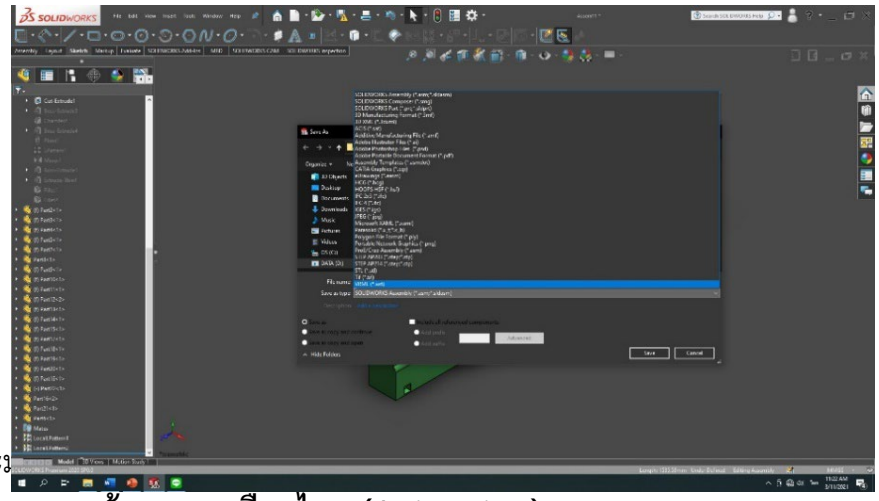
แผนภาพที่ ๓ - ๕ ภาพแสดงตัวอย่างการออกแบบโมเดลสามมิติ



๒. สร้างภาพเคลื่อนไหว (Animation) สำหรับเครื่องจักรต้นแบบ

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

แผนภาพที่ ๓ - ๖ ภาพแสดงตัวอย่างการนำไฟล์ออกในรูปแบบนามสกุลไฟล์ VRML File (*.wrl)



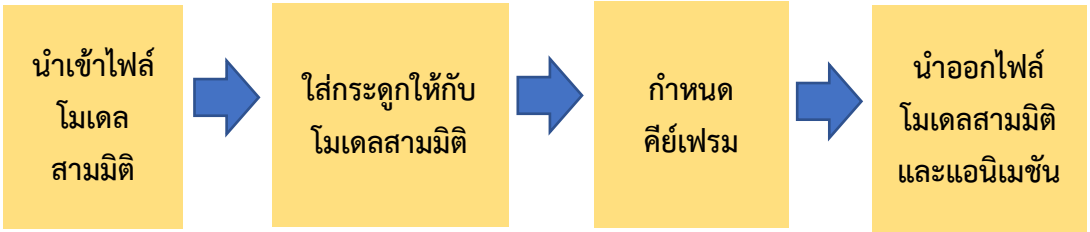
ที่มา : ประม

๒. สร้างภาพเคลื่อนไหว (Animation)

สำหรับการจำลองการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

แผนภาพที่ ๓ - ๗ ขั้นตอนการสร้างภาพเคลื่อนไหว (Animation) สำหรับเครื่องจักรต้นแบบ

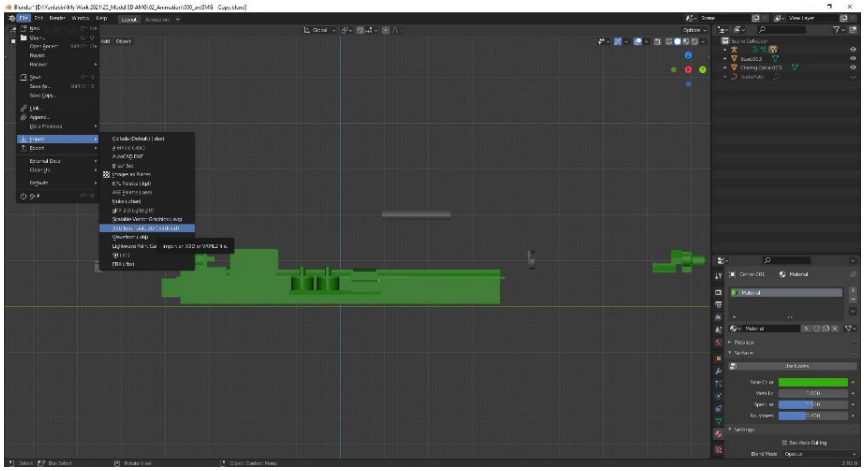
ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔



๒.๑ นำเข้าไฟล์โมเดลสามมิติ

การสร้างภาพเคลื่อนไหว (Animation) ด้วยโปรแกรม Blender เวอร์ชัน ๒.๙.๒ โดยนำโมเดลสามมิติเข้าสู่โปรแกรม Blender ด้วยนามสกุลไฟล์ X3D Extensible 3D (.x3d/.wrl)

แผนภาพที่ ๓ - ๘ ภาพแสดงตัวอย่างการนำเข้าไฟล์นามสกุล X3D Extensible 3D (.x3d/.wrl)

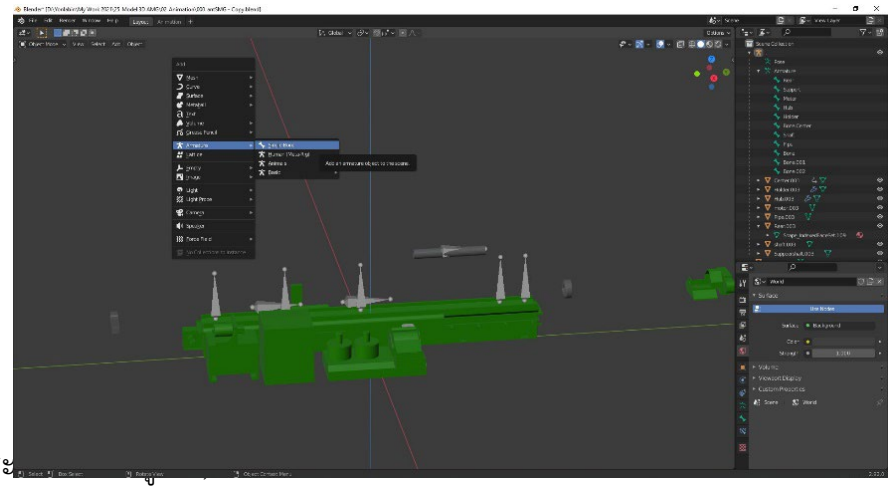


ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๒ การใส่กระดูกให้กับโมเดลสามมิติ

การนำกระดูกใส่ร่วมกับชิ้นงานแต่ละชิ้นโดยการกด Ctrl + P เลือก Armature และเลือก Single Bone เพื่อควบคุมรูปร่างหรือท่าทางของโมเดลสามมิติ กระดูกผูกโยงกันเป็นเส้นโครงร่าง (Rigging) และควบคุมผ่านเส้นโครงร่าง เพื่อใช้จัดท่าทางในแต่ละส่วนให้เป็นไปตามความต้องการ

แผนภาพที่ ๓ - ๙ ภาพแสดงตัวอย่างการใส่กระดูกให้กับโมเดลสามมิติ

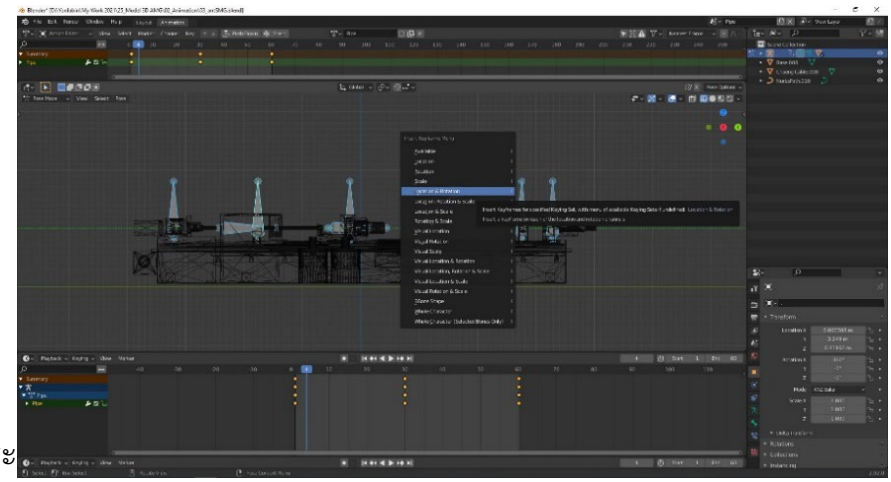


ที่มา : ประ

๒.๓ การกำหนดคีย์เฟรม

กำหนดฟังก์ชันโดยทำการกด i (Insert Keyframe Menu) และเลือก Location & Rotation เพื่อสร้างแอนิเมชันการเคลื่อนที่และหมุนตามแกนที่กำหนดในแต่ละเฟรม

แผนภาพที่ ๓ - ๑๐ ภาพแสดงตัวอย่างการกำหนดคีย์เฟรม

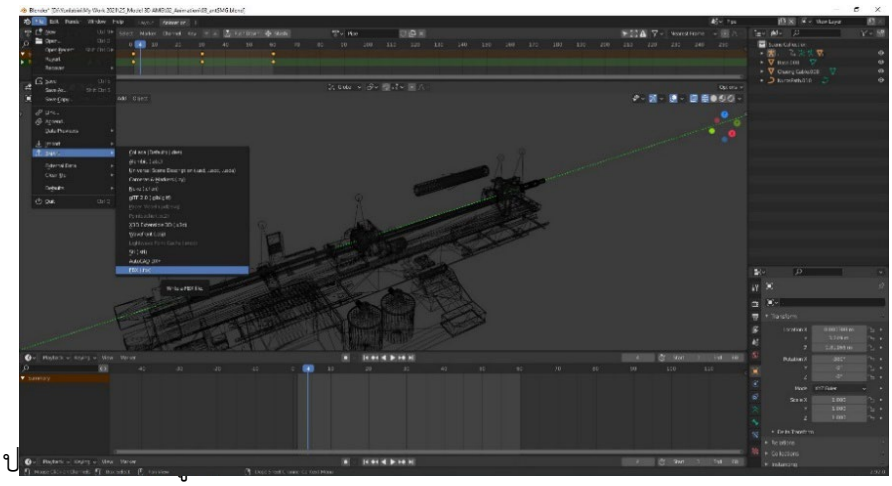


ที่มา : ประ

๒.๔ นำออกไฟล์โมเดลสามมิติและแอนิเมชัน

โดยการเลือก File >> Export และเลือกนามสกุลไฟล์ FBX (.fbx)

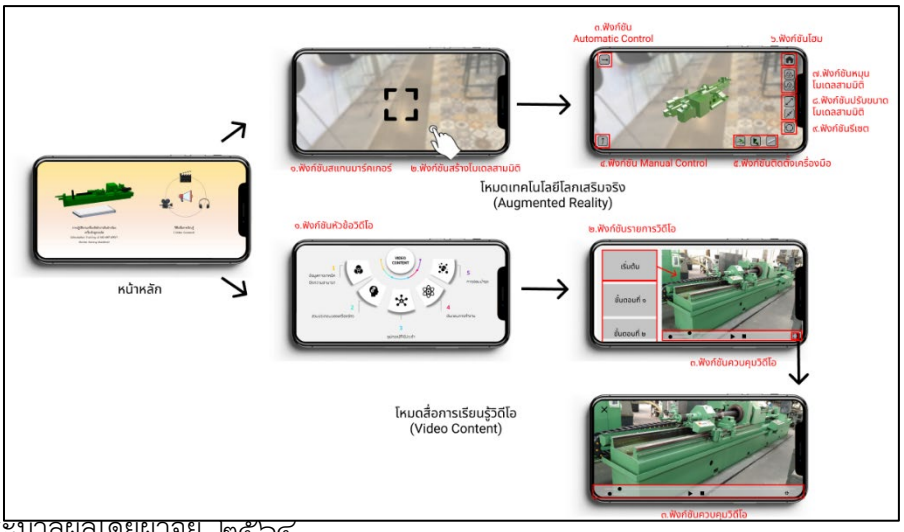
แผนภาพที่ ๓ - ๑๑ ภาพแสดงตัวอย่างการนำออกไฟล์โมเดลสามมิติและแอนิเมชัน



ที่มา : ป

๓. พัฒนาหน้าจอและฟังก์ชันการทำงานบนแอปพลิเคชัน

แผนภาพที่ ๓ - ๑๒ ภาพแสดงตัวอย่างการนำออกไฟล์โมเดลสามมิติและแอนิเมชัน



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

โหมดเทคโนโลยีโลกเสริมจริง (AR) ประกอบด้วย ๙ ฟังก์ชันหลัก ได้แก่

๓.๑ ฟังก์ชันสแกนมาร์กเกอร์

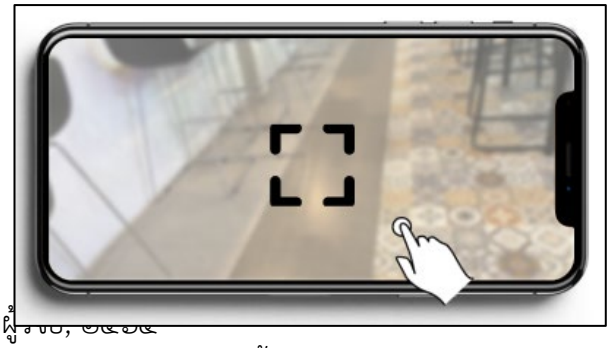
แผนภาพที่ ๓ - ๑๓ ภาพแสดงตัวอย่างการสแกนมาร์คเกอร์บนพื้นที่ราบ

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

เมื่อทำการส่องกล้องบนพื้นที่ราบ แอปพลิเคชันจะทำการประมวลผลและกำหนดพื้นที่ราบให้เป็นมาร์กเกอร์พร้อมกับแสดงสัญลักษณ์มาร์กเกอร์

๓.๒ ฟังก์ชันกำหนดโมเดลสามมิติ

แผนภาพที่ ๓ - ๑๔ ภาพแสดงตัวอย่างการกำหนดโมเดลสามมิติ



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

เมื่อสัญลักษณ์มาร์กเกอร์แสดงขึ้นจึงจะสามารถกำหนดโมเดลสามมิติได้ โดยการสัมผัสหน้าจอ ๑ ครั้ง โดยจะประกอบด้วยฟังก์ชัน ดังนี้

๓.๒.๑ ฟังก์ชัน Automatic Control

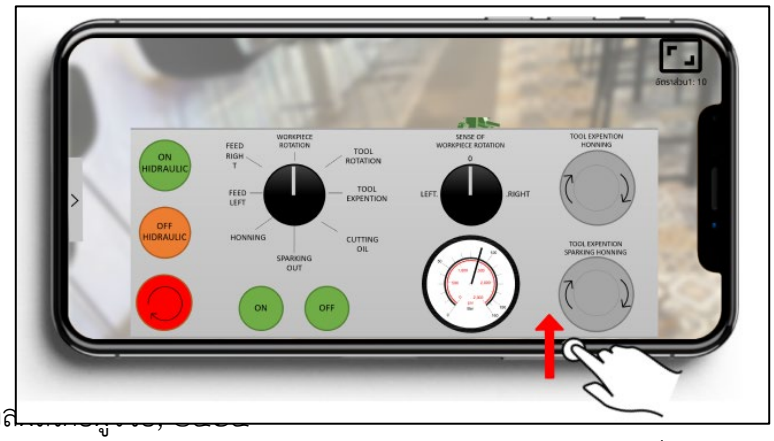
แผนภาพที่ ๓ - ๑๕ ภาพแสดงตัวอย่างฟังก์ชัน Automatic Control

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

กดปุ่มลูกศรด้านซ้ายเพื่อใช้งานฟังก์ชัน Automatic Control ซึ่งใช้สำหรับการป้อนคำสั่งควบคุมโมเดลสามมิติของเครื่องจักรกลต้นแบบ เสมือนการป้อนคำสั่งบนเครื่องจักรจริง

๓.๒.๒ ฟังก์ชัน Manual Control

แผนภาพที่ ๓ - ๑๖ ภาพแสดงตัวอย่างฟังก์ชัน Manual Control

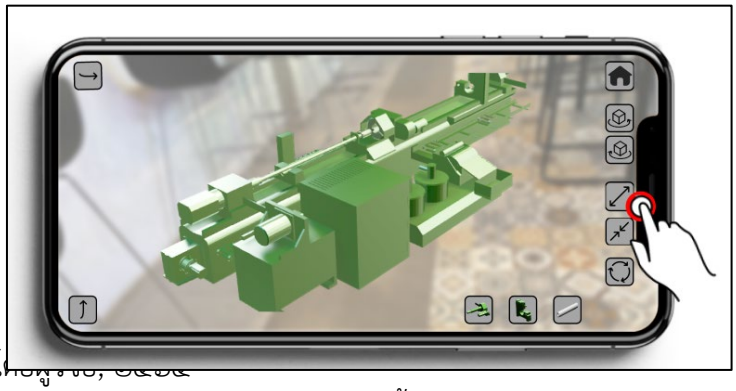


ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

การใช้งานฟังก์ชัน Manual Control ให้กดปุ่มลูกศรด้านล่าง ซึ่งจะจำลองปุ่มควบคุม/คำสั่งและแสดงสถานภาพของเครื่องจักร ใช้สำหรับการควบคุมเครื่องจักรโดยตรงจากเจ้าหน้าที่

๓.๒.๓ ฟังก์ชันเพิ่ม - ลดอัตราส่วนโมเดลสามมิติ

แผนภาพที่ ๓ - ๑๗ ภาพแสดงตัวอย่างการปรับเพิ่ม - ลดอัตราส่วนโมเดลสามมติ

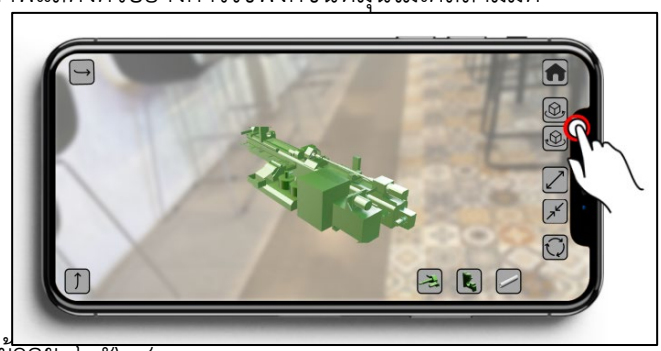


ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

ใช้สำหรับการปรับอัตราส่วนโมเดลสามมิติทั้งย่อและลดขนาด โดยปกติอัตราส่วนจะเท่ากับขนาดจริง

๓.๒.๔ ฟังก์ชันหมุนโมเดลสามมิติ

แผนภาพที่ ๓ - ๑๘ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันหมุนโมเดลสามมิติ



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

ใช้นิ้วสัมผัส เพื่อหมุนโมเดลสามมิติทวนเข็มและตามเข็มนาฬิกาที่ต้องการ

๓.๒.๕ ฟังก์ชันโฮม

แผนภาพที่ ๓ - ๑๙ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันโฮม

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

ใช้นิ้วสัมผัสปุ่มโฮม เพื่อกลับไปหน้าหลัก

๓.๒.๖ ฟังก์ชันรีเซต

แผนภาพที่ ๓ - ๒๐ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันรีเซต

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

ใช้นิ้วสัมผัสปุ่มรีเซต เพื่อเริ่มต้นหน้านี้ใหม่ทั้งหมด

๓.๒.๗ ฟังก์ชันนำเข้าลำกล้อง

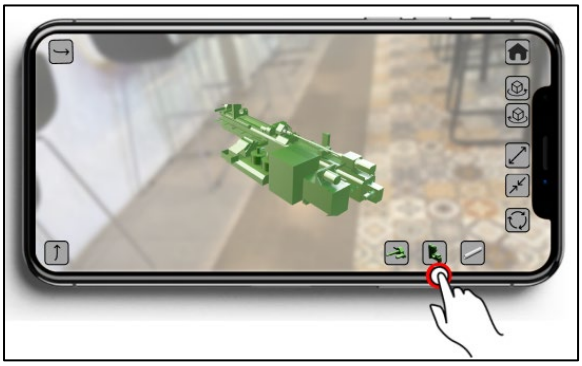
แผนภาพที่ ๓ - ๒๑ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันนำเข้าลำกล้อง

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

ใช้นิ้วสัมผัส เพื่อนำเข้าลำกล้องเข้าสู่หัวจับ แอนิเมชันโมเดลสามมิติจะจำลองการเคลื่อนที่ของลำกล้อง

๓.๒.๘ ฟังก์ชันเลื่อนตัวประคองศูนย์

แผนภาพที่ ๓ - ๒๒ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันเลื่อนตัวประคองศูนย์

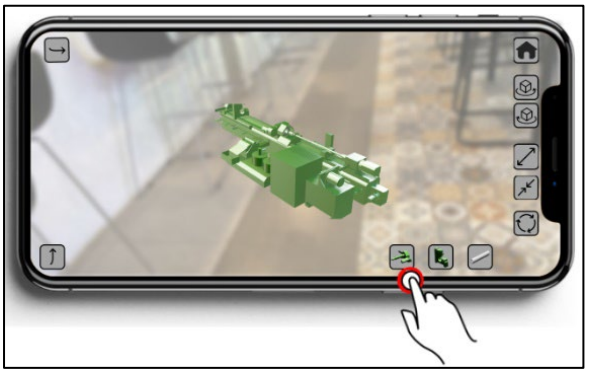


ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

ใช้นิ้วสัมผัส เพื่อเลื่อนตัวประคองศูนย์ แอนิเมชันโมเดลสามมิติจะจำลองการเลื่อนตัวประคองศูนย์มาประคองลำกล้อง

๓.๒.๙ ฟังก์ชันหัวฉีดน้ำหล่อเย็น

แผนภาพที่ ๓ - ๒๓ ภาพแสดงตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันหัวฉีดน้ำหล่อเย็น

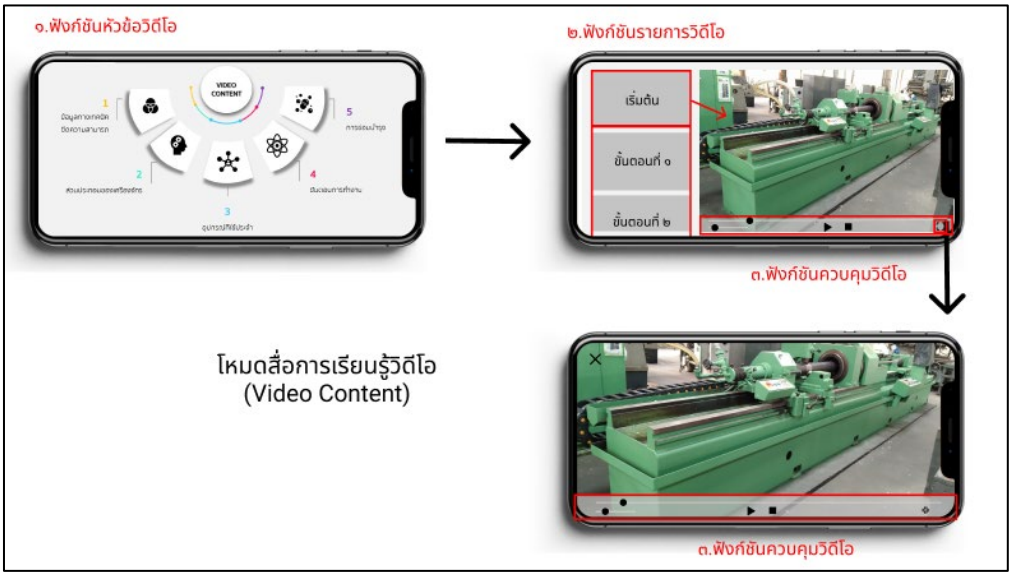


ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

ใช้นิ้วสัมผัส เพื่อเคลื่อนหัวฉีดน้ำหล่อเย็นไปไว้ ณ จุดปลายลำกล้อง แอนิเมชันโมเดลสามมิติจะจำลองการเลื่อนหัวฉีดน้ำหล่อเย็น

๓.๓ โหมดสื่อการเรียนรู้วิดีโอ

แผนภาพที่ ๓ - ๒๔ ภาพแสดงตัวอย่างโหมดสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบของวิดีโอ



ใช้สำหรับการเรียนรู้ตัวอย่างขั้นตอนการปฏิบัติบนเครื่องจักรกล ในรูปแบบของสื่อวีดีโอตัวอย่างตามคู่มือการปฏิบัติงาน ซึ่งประกอบด้วย

๓.๓.๑ ฟังก์ชันหัวข้อวิดีโอ

โดยแสดงหัวข้อสื่อการเรียนรู้ แบ่งเป็น ๕ หัวข้อใหญ่ ได้แก่

๓.๓.๑.๑ ข้อมูลทางเทคนิค ขีดความสามารถ

๓.๓.๑.๒ ส่วนประกอบของเครื่องจักร

๓.๓.๑.๓ อุปกรณ์ที่ใช้ประจำ

๓.๓.๑.๔ ขั้นตอนการทำงาน

๓.๓.๑.๕ การซ่อมบำรุง

๓.๓.๒ ฟังก์ชันรายการวิดีโอ

โดยแสดงรายการวิดีโอตั้งแต่เริ่มต้นขั้นตอนการทำงานจนถึงขั้นตอนสุดท้าย สามารถเลือกวิดีโอที่ต้องการศึกษาด้วยการเลื่อนขึ้น - ลง ในแถบด้านซ้ายหน้าจอ โดยวิดีโอจะแสดงทางด้านขวาของหน้าจอภายหลังกดเลือกปุ่มในรายการแล้ว

๓.๓.๓ ฟังก์ชันควบคุมวิดีโอ

จะประกอบด้วยปุ่มควบคุมวิดีโอซึ่งเป็นฟังก์ชันพื้นฐานของวิดีโอทั่วไป โดยประกอบด้วยปุ่มเลื่อนวิดีโอเดินหน้า - ถอยหลัง, ปุ่มเพิ่ม - ลดเสียง, ปุ่มเล่น, ปุ่มหยุด และขยายเต็มหน้าจอ - ย่อหน้าจอ ดังแผนภาพที่ ๓ - ๒๔ ภาพแสดงโหมดสื่อการเรียนรู้วิดีโอ

๔. การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักรกล (ต้นแบบ)

๔.๑ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญ โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จำนวน ๗ ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาหลักสูตรการเรียนการสอนการใช้งานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 จำนวน ๓ ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน ๒ ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตสื่อการเรียนการสอน ๒ ท่าน

๔.๒ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

๔.๒.๑ แท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (หรือระบบปฏิบัติการ Windows) ใช้สำหรับแสดงแอปลิเคชันสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๔.๒.๒ แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7

๔.๒.๓ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๔.๓ วิธีการทดสอบ

ผู้เชี่ยวชาญได้ร่วมทดสอบแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และทำการประเมินคุณภาพเนื้อหาและคุณภาพของแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้ภายหลังเสร็จสิ้นการทดสอบ ด้วยแบบสอบถามประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งประเมินเป็น ๕ ระดับ ดังนี้

ระดับ ๕ หมายถึง ท่านมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มากที่สุด

ระดับ ๔ หมายถึง ท่านมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก

ระดับ ๓ หมายถึง ท่านมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ ปานกลาง

ระดับ ๒ หมายถึง ท่านมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อย

ระดับ ๑ หมายถึง ท่านมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

๔.๔ แบบทดสอบ

๔.๔.๑ ศึกษาแนวทางการสร้างแบบประเมินคุณภาพเนื้อหาและคุณภาพสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) จากตำรา และเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๔.๔.๒ สร้างแบบสอบถามในการทดสอบ ๒ ส่วน ประกอบด้วย

๔.๔.๒.๑ แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ดังตารางที่ ๓ - ๑ ให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรการเรียนการสอนการใช้งานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP200/7 จำนวน ๓ ท่าน คือ หัวหน้ากองการผลิต, หัวหน้าแผนกเครื่องจักรกลและตรวจสอบชิ้นงาน และหัวหน้าส่วนเครื่องจักรกลและตรวจสอบชิ้นงาน โรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน ๒ ท่าน คือ หัวหน้าแผนและโครงการและหัวหน้าทดสอบและควบคุมคุณภาพ โรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร ทำการประเมินตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสอบถามเป็นรายข้อคำถาม แล้วนำผลการประเมินลงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item – Objective Congruence : IOC) เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

+๑ หมายถึง ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องและตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด

๐ หมายถึง ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องและตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด

-๑ หมายถึง ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องและไม่ตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด

ตารางที่ ๓ - ๑ แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					ค่าดัชนีสอดคล้อง (IOC)	แปลผล
	๑	๒	๓	๔	๕		
๑. เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชา							
๒. การเรียงลำดับเนื้อหามีความเหมาะสมและเข้าใจง่าย							
๓. เนื้อหามีความถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์							
๔. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน							
๕. เนื้อหามีปริมาณเพียงพอเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้							
๖. การใช้ภาษาสามารถสื่อความหมายได้ถูกต้องและชัดเจน							

ตารางที่ ๓ - ๑ แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					ค่าดัชนีสอดคล้อง (IOC)	แปลผล
	๑	๒	๓	๔	๕		
๗. ภาพประกอบช่วยให้สื่อความหมายได้ชัดเจน							
๘. ความถูกต้องและเหมาะสมของภาพกับเนื้อหา							
๙. เนื้อหาส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม							
๑๐. เนื้อหาโดยรวมมีความเหมาะสมกับเวลา							

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๑ แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน ๕ ท่าน มีหัวข้อรายการประเมินทั้งหมด ๑๐ ข้อ นำผลการประเมินที่ได้แต่ละรายการข้อคำถามหาค่า IOC แล้วนำไปแปลผลว่าแต่ละรายการข้อคำถามสามารถนำไปใช้ได้หรือไม่

สำหรับข้อคำถามที่มีค่า IOC มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ๐.๕ ขึ้นไป มีค่าความเที่ยงตรงสอดคล้องและตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด สามารถนำไปใช้ได้ และสำหรับข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่านั้น ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

๔.๔.๒.๒ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ดังตารางที่ ๓ - ๒ ให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน ๒ ท่าน คือ หัวหน้าแผนและโครงการ และหัวหน้าทดสอบและควบคุมคุณภาพ โรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตสื่อการเรียนการสอน จำนวน ๒ ท่าน คือ ผู้อำนวยการและรองผู้อำนวยการโรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร ทำการประเมินตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสอบถามเป็นรายข้อคำถาม แล้วนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item - Objective Congruence : IOC) เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

+๑ หมายถึง ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องและตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด

๐ หมายถึง ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องและตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด

-๑ หมายถึง ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องและไม่ตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด

ตารางที่ ๓ - ๒ แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม

รายการประเมิน	**ผู้เชี่ยวชาญ**				**ค่าดัชนีสอดคล้อง (IOC)**	**แปลผล**
	๑	**๒**	**๓**	**๔**		
๑. สื่อ (AR) มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียนและน่าสนใจ						
๒. การลำดับเนื้อหาในการนำเสนอของสื่อ (AR) มีความเหมาะสม						
๓. การออกแบบกราฟิกและภาพสามมิติสามารถสื่อความหมายได้สอดคล้องกับเนื้อหา						
๔. การจัดวางองค์ประกอบของภาพและตัวอักษรมีความเหมาะสม						
๕. ความสะดวกในการใช้งานสื่อ (AR) สามารถเลือกเรียนได้ตามความต้องการ						
๖. สื่อ (AR) มีความต่อเนื่องของการนำเสนอเนื้อหา						
๗. สื่อ (AR) สามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับสมาชิกกลุ่มในกิจกรรมการเรียนรู้						
๘. ความเหมาะสมของระยะเวลาในการใช้สื่อ (AR)						
๙. สื่อทำให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนได้ง่ายยิ่งขึ้น						
๑๐. สื่อทำให้ผู้เรียนสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตลอดเวลา						

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๒ แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน ๔ ท่าน มีหัวข้อรายการประเมินทั้งหมด ๑๐ ข้อ นำผลการประเมินที่ได้แต่ละรายการข้อคำถามหาค่า IOC แล้วนำไปแปลผลว่าแต่ละรายการข้อคำถามสามารถนำไปใช้ได้หรือไม่

สำหรับข้อคำถามที่มีค่า IOC มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ๐.๕ ขึ้นไป มีค่าความเที่ยงตรงสอดคล้องและตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด สามารถนำไปใช้ได้ และสำหรับข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่านั้นต้องทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

๔.๔.๓ กำหนดโครงสร้างแบบประเมิน แบ่งออกเป็น ๒ ตอน ดังนี้

ตอนที่ ๑ เป็นรายการประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนแบบร่วมมือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อส่งเสริมทักษะปฏิบัติงานสำหรับผู้ปฏิบัติงานกองการผลิต โรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร แสดงได้ดังตาราง ๓ - ๓

ตอนที่ ๒ เป็นรายการประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อการเรียนการสอน โดยนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ไปประยุกต์ใช้กับตำราการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมทักษะปฏิบัติงานและเป็นแนวทางการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนต่อไปแสดงได้ดังตาราง ๓ - ๔

แบบประเมินแบบสอบถามทั้ง ๒ ส่วน เป็นคำถามในรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ๕ ระดับ เกณฑ์ที่ใช้ในการแปลผลความหมายคะแนนเฉลี่ยของระดับความเหมาะสม โดยแต่ละระดับมีความหมาย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย ๔.๕๑ - ๕.๐๐ หมายถึง ท่านเห็นด้วยอยู่ในระดับ มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย ๓.๕๑ - ๔.๕๐ หมายถึง ท่านเห็นด้วยอยู่ในระดับ มาก
คะแนนเฉลี่ย ๒.๕๑ - ๓.๕๐ หมายถึง ท่านเห็นด้วยอยู่ในระดับ ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย ๑.๕๑ - ๒.๕๐ หมายถึง ท่านเห็นด้วยอยู่ในระดับ น้อย
คะแนนเฉลี่ย ๑.๐๐ - ๑.๕๐ หมายถึง ท่านเห็นด้วยอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ตอนที่ ๓ เป็นข้อเสนอแนะหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นคำถามแบบปลายเปิด

๔.๔.๔ รวบรวมผลคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (**S.D.**) เพื่อแปลผลข้อมูล

ตารางที่ ๓ - ๓ แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**					**ข้อเสนอแนะ**
	๑	**๒**	**๓**	**๔**	**๕**	
๑. เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชา						
๒. การเรียงลำดับเนื้อหามีความเหมาะสม และเข้าใจง่าย						
๓. เนื้อหามีความถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์						
๔. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน						

๕. เนื้อหามีปริมาณเพียงพอเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้						

ตารางที่ ๓ - ๓ แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 (ต่อ)

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**					**ข้อเสนอแนะ**
	๑	**๒**	**๓**	**๔**	**๕**	
๖. การใช้ภาษาสามารถสื่อความหมายได้ถูกต้องและชัดเจน						
๗. ภาพประกอบช่วยให้สื่อความหมายได้ชัดเจน						
๘. ความถูกต้องและเหมาะสมของภาพกับเนื้อหา						
๙. เนื้อหาส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม						
๑๐. เนื้อหาโดยรวมมีความเหมาะสมกับเวลา						
รวม						

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๓ แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 มีหัวข้อที่ใช้ในการประเมินทั้งหมด ๑๐ หัวข้อ เพื่อนำผลคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ มาวิเคราะห์ผลหาค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (**S.D.**) แล้วทำการแปลผลความหมายคะแนนเฉลี่ยของแต่ละรายการตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ ๓ - ๔ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**					**ข้อเสนอแนะ**
	๑	**๒**	**๓**	**๔**	**๕**	
๑. สื่อ (AR) มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียนและน่าสนใจ						
๒. การลำดับเนื้อหาในการนำเสนอของสื่อ (AR) มีความเหมาะสม						
๓. การออกแบบกราฟิกและภาพสามมิติ สามารถสื่อความหมายได้สอดคล้องกับเนื้อหา						
๔. การจัดวางองค์ประกอบของภาพและตัวอักษรมีความเหมาะสม						

ตารางที่ ๓ - ๔ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (ต่อ)

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**	**ข้อเสนอแนะ**

	๑	๒	๓	๔	๕	
๕. ความสะดวกในการใช้งานสื่อ (AR) สามารถเลือกเรียนได้ตามความต้องการ						
๖. สื่อ (AR) มีความต่อเนื่องของการนำเสนอเนื้อหา						
๗. สื่อ (AR) สามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับสมาชิกกลุ่มในกิจกรรมการเรียนรู้						
๘. ความเหมาะสมของระยะเวลาในการใช้สื่อ (AR)						
๙. สื่อทำให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนได้ง่ายยิ่งขึ้น						
๑๐. สื่อทำให้ผู้เรียนสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตลอดเวลา						
รวม						

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๔ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีหัวข้อที่ใช้ในการประเมินทั้งหมด ๑๐ หัวข้อ เพื่อนำผลคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ผลหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วทำการแปลผลความหมายคะแนนเฉลี่ยของแต่ละรายการตามเกณฑ์ที่กำหนด

๕. การวิเคราะห์และประเมินผลประสิทธิภาพของต้นแบบ

เป็นการวิเคราะห์ผลข้อมูล โดยที่ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ในการสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบต่อไป โดยแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นออกเป็น ๒ ส่วน คือ แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 และแบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๕.๑ แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7

นำผลคะแนนแบบประเมินคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจากตารางที่ ๓ - ๓ มาทำการเก็บรวมรวมคะแนน เพื่อนำผลคะแนนที่ได้จากแบบประเมินมาทำการวิเคราะห์และประเมินผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วสรุปผลคุณภาพเนื้อหาที่ได้ตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ ๓ - ๖

๕.๑.๑ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่

๕.๑.๑.๑ มัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$) เป็นค่ากลางของข้อมูลแบบหนึ่ง เราสามารถใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของข้อมูลที่นำมาคำนวณได้ สำหรับสูตรหาค่าเฉลี่ยแสดงได้ดังนี้

สูตร $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

๕.๑.๑.๒ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD, σ) เป็นมาตรการวัดการกระจายที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย โดยเป็นสถิติที่ช่วยอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดของตัวแปรที่ศึกษา ถ้ามีค่า SD มากแสดงว่าสมาชิกในกลุ่มมีที่วัดของตัวแปรที่ศึกษาแตกต่างกันมาก ถ้าค่า SD น้อยแสดงว่าสมาชิกในกลุ่มมีค่าที่วัดของตัวแปรที่ศึกษาแตกต่างกันน้อยและถ้าค่า SD เป็น 0 แสดงว่าสมาชิกในกลุ่มทั้งหมดมีค่าที่วัดได้ของตัวแปรที่ศึกษาเท่ากันทั้งหมด สำหรับสูตรหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงได้ดังนี้

สูตร $S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน ข้อมูลแต่ละตัว (ตัวที่ 1,2,3...,n)

$\sum x$ แทน ผลรวม

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

๕.๑.๒ เกณฑ์การประเมินผลคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยผู้เชี่ยวชาญนำผลที่ได้จากการทดสอบในแต่ละรายข้อคำถามมาทำการประเมินประสิทธิภาพ โดยใช้ลักษณะเป็นมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบไลเคริท (Likert) ซึ่งมี ๕ ระดับ แสดงได้ดังตารางที่ ๓ - ๕

ตารางที่ ๓ - ๕ ตารางแสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนประเมินผลโดยรวม

ระดับคะแนน		ความหมาย
คะแนนเฉลี่ยเชิงปริมาณ	คะแนนเฉลี่ยเชิงคุณภาพ	
๔.๕๑ - ๕.๐๐	ดีมาก	มีประสิทธิภาพในระดับดีมาก
๓.๕๑ - ๔.๕๐	ดี	มีประสิทธิภาพในระดับดี
๒.๕๑ - ๓.๕๐	ปานกลาง	มีประสิทธิภาพในระดับปานกลาง
๑.๕๑ - ๒.๕๐	น้อย	มีประสิทธิภาพในระดับน้อย
๑.๐๐ - ๑.๕๐	น้อยที่สุด	มีประสิทธิภาพในระดับน้อยที่สุด

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

ตารางที่ ๓ - ๖ แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	**S.D.**	**แปลผล**
๑. เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชา	๔.๓๓	๐.๕๘	ดี

๒. การเรียงลำดับเนื้อหามีความเหมาะสม และเข้าใจง่าย	๔.๖๗	๐.๕๘	ดีมาก
๓. เนื้อหามีความถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์	๔.๓๓	๐.๕๘	ดี
๔. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	๔.๓๓	๐.๕๘	ดี
๕. เนื้อหามีปริมาณเพียงพอเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้	๕.๐๐	๐.๐๐	ดีมาก
๖. การใช้ภาษาสามารถสื่อความหมายได้ถูกต้อง และชัดเจน	๔.๓๓	๐.๕๘	ดี
๗. ภาพประกอบช่วยให้สื่อความหมายได้ชัดเจน	๕.๐๐	๐.๐๐	ดีมาก
๘. ความถูกต้องและเหมาะสมของภาพกับเนื้อหา	๔.๖๗	๐.๕๘	ดีมาก
๙. เนื้อหาส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม	๕.๐๐	๐.๐๐	ดีมาก
๑๐. เนื้อหาโดยรวมมีความเหมาะสมกับเวลา	๔.๓๓	๐.๕๘	ดี
รวม	๔.๕๓	๐.๕๑	ดีมาก

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๖ แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยแต่ละรายการ พบว่า ด้านเนื้อหามีปริมาณเพียงพอเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้, ด้านภาพประกอบช่วยให้สื่อความหมายได้ชัดเจน และด้านเนื้อหาส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม โดยมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ ๕.๐๐ รองลงมาได้แก่ ด้านการเรียงลำดับเนื้อหามีความเหมาะสมและเข้าใจง่าย และด้านความถูกต้องและเหมาะสมของภาพกับเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ๔.๖๗ และน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชา, ด้านเนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์, ด้านเนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน, การใช้ภาษาสามารถสื่อความหมายได้ถูกต้อง และชัดเจน และด้านเนื้อหาโดยรวมมีความเหมาะสมกับเวลา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ๔.๓๓

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว พบว่าแบบประเมินคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 อยู่ในระดับคุณภาพดีมาก มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ๔.๕๗ สามารถนำเนื้อหาไปประกอบการทำสื่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาต่อไปได้

๕.๒ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

นำผลคะแนนแบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ที่ทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จากตารางที่ ๓ - ๔ มาทำการเก็บรวมรวมคะแนน เพื่อนำผลคะแนนที่ได้จากแบบประเมินมาทำการวิเคราะห์และประเมินผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วสรุปผลคุณภาพเนื้อหาที่ได้ตามเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ ๓ - ๘

๕.๒.๑ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่

๕.๒.๑.๑ มัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{x}$) เป็นค่ากลางของข้อมูลแบบหนึ่ง เราสามารถใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของข้อมูลที่นำมาคำนวณได้ สำหรับสูตรหาค่าเฉลี่ยแสดงได้ดังนี้

สูตร $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

๕.๒.๑.๒ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD, σ) เป็นมาตรการวัดการกระจายที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย โดยเป็นสถิติที่ช่วยอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดของตัวแปรที่ศึกษา ถ้ามีค่า SD มากแสดงว่าสมาชิกในกลุ่มมีที่วัดของตัวแปรที่ศึกษาแตกต่างกันมาก ถ้าค่า SD น้อยแสดงว่าสมาชิกในกลุ่มมีค่าที่วัดของตัวแปรที่ศึกษาแตกต่างกันน้อยและถ้าค่า SD เป็น 0 แสดงว่าสมาชิกในกลุ่มทั้งหมดมีค่าที่วัดได้ของตัวแปรที่ศึกษาเท่ากันทั้งหมด สำหรับสูตรหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงได้ดังนี้

สูตร $S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน ข้อมูลแต่ละตัว (ตัวที่ 1,2,3...,n)

$\sum x$ แทน ผลรวม

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

๕.๒.๒ เกณฑ์การประเมินผลสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งนำผลที่ได้จากการทดสอบในแต่ละรายข้อคำถามมาทำการประเมินประสิทธิภาพโดยใช้ลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบไลเคริท (Likert) ซึ่งมี ๕ ระดับ แสดงได้ดังตารางที่ ๓ - ๗

ตารางที่ ๓ - ๗ ตารางแสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนประเมินผลโดยรวม

ระดับคะแนน		ความหมาย
คะแนนเฉลี่ยเชิงปริมาณ	คะแนนเฉลี่ยเชิงคุณภาพ	
๔.๕๑ - ๕.๐๐	ดีมาก	มีประสิทธิภาพในระดับดีมาก
๓.๕๑ - ๔.๕๐	ดี	มีประสิทธิภาพในระดับดี
๒.๕๑ - ๓.๕๐	ปานกลาง	มีประสิทธิภาพในระดับปานกลาง
๑.๕๑ - ๒.๕๐	น้อย	มีประสิทธิภาพในระดับน้อย
๑.๐๐ - ๑.๕๐	น้อยที่สุด	มีประสิทธิภาพในระดับน้อยที่สุด

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

ตารางที่ ๓ - ๘ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

รายการประเมิน	$\bar{\chi}$	**S.D.**	**แปลผล**

๑. สื่อ (AR) มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียนและน่าสนใจ	๔.๓๓	๐.๕๘	ดี
๒. การลำดับเนื้อหาในการนำเสนอของสื่อ (AR) มีความเหมาะสม	๔.๓๓	๐.๕๘	ดี
๓. การออกแบบกราฟิกและภาพสามมิติ สามารถสื่อความหมายได้สอดคล้องกับเนื้อหา	๔.๖๗	๐.๕๘	ดีมาก
๔. การจัดวางองค์ประกอบของภาพและตัวอักษรมีความเหมาะสม	๔.๓๓	๐.๕๘	ดี
๕. ความสะดวกในการใช้งานสื่อ (AR) สามารถเลือกเรียนได้ตามความต้องการ	๔.๖๗	๐.๕๘	ดีมาก
๖. สื่อ (AR) มีความต่อเนื่องของการนำเสนอเนื้อหา	๔.๖๗	๐.๕๘	ดีมาก
๗. สื่อ (AR) สามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับสมาชิกกลุ่มในกิจกรรมการเรียนรู้	๕.๐๐	๐.๐๐	ดีมาก

ตารางที่ ๓ - ๘ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{\chi}$	**S.D.**	**แปลผล**
๘. ความเหมาะสมของระยะเวลาในการใช้สื่อ (AR)	๔.๖๗	๐.๕๘	ดีมาก
๙. สื่อทำให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนได้ง่ายยิ่งขึ้น	๕.๐๐	๐.๐๐	ดีมาก
๑๐. สื่อทำให้ผู้เรียนสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตลอดเวลา	๔.๓๓	๐.๕๘	ดี
รวม	๔.๖๐	๐.๕๐	ดีมาก

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๘ แบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยแต่ละรายการ พบว่า ด้านสื่อ (AR) สามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับสมาชิกกลุ่มในกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อทำให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ ๕.๐๐ รองลงมาได้แก่ด้านการออกแบบกราฟิกและภาพสามมิติ สามารถสื่อความหมายได้สอดคล้องกับเนื้อหา, ด้านความสะดวกในการใช้งานสื่อ (AR) สามารถเลือกเรียนได้ตามความต้องการ, ด้านสื่อ (AR) มีความต่อเนื่องของการนำเสนอเนื้อหา และด้านความเหมาะสมของระยะเวลาในการใช้สื่อ (AR) คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ๔.๖๗ และน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านสื่อ (AR) มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียนและน่าสนใจ, ด้านการลำดับเนื้อหาในการนำเสนอของสื่อ (AR) มีความเหมาะสม, ด้านการจัดวางองค์ประกอบของภาพและตัวอักษรมีความเหมาะสม และด้านสื่อทำให้ผู้เรียนสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตลอดเวลา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ๔.๓๓

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว พบว่าแบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ๔.๖๐ สามารถนำสื่อการเรียนรู้ดังกล่าวไปใช้

๖. การปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

จากการประเมินคุณภาพเนื้อหาและการประเมินสื่อการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมของสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยทางด้านเนื้อหายังมีข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนและใช้คำสื่อความหมาย

ได้ไม่ชัดเจนและเนื้อหายังไม่เหมาะสมกับเวลาเท่าที่ควร ส่วนทางด้านสื่อนั้นการจัดลำดับความเหมาะสมของเนื้อหายังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร และการจัดองค์ประกอบของภาพที่ทำให้ความน่าสนใจน้อยลง จึงทำให้มีการปรับปรุงเนื้อหาให้ครบถ้วนและการออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันให้มีความสวยงามและน่าสนใจมากขึ้น

๗. นำชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้งาน

นำต้นแบบสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปให้กลุ่มผู้เข้ารับการอบรม การใช้งานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ได้ทดลองและทดสอบการใช้งานเพื่อทดสอบและประเมินผลประสิทธิภาพของต้นแบบต่อผู้ใช้งาน และความพึงพอใจในการใช้งานต่อไป

ขั้นตอนการทดสอบ

ในการทดสอบงานวิจัยฉบับนี้ นอกเหนือจากการทดสอบการทำงานและประสิทธิภาพของต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมจากผู้เชี่ยวชาญ ก่อนที่จะนำไปทดลองใช้งานในขั้นตอนการพัฒนาแล้ว จะมีการทดสอบผลการทดลองใช้งานโดยเปรียบเทียบกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดการใช้งานเครื่องจักรกลต้นแบบด้วยวิธีการเดิมกับกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดการใช้งานที่มีการใช้ต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)ร่วมในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบเดิม และการทดสอบผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากแบบสอบถามเพื่อการวิเคราะห์หาแนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมต่อไป โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

๑. การทดสอบผลการใช้งานของผู้ใช้

๑.๑ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องและมีพื้นฐานในการปฏิบัติงานเครื่องจักรกลอัตโนมัติ ของกองการผลิต โรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร ที่เข้ารับการอบรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง จำนวน ๕๒ คน โดยแบ่งออกเป็น ๒ กลุ่ม คือ กลุ่มที่ ๑ กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติ จำนวน ๒๖ คน และกลุ่มที่ ๒ กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จำนวน ๒๖ คน

๑.๒ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดทักษะการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7

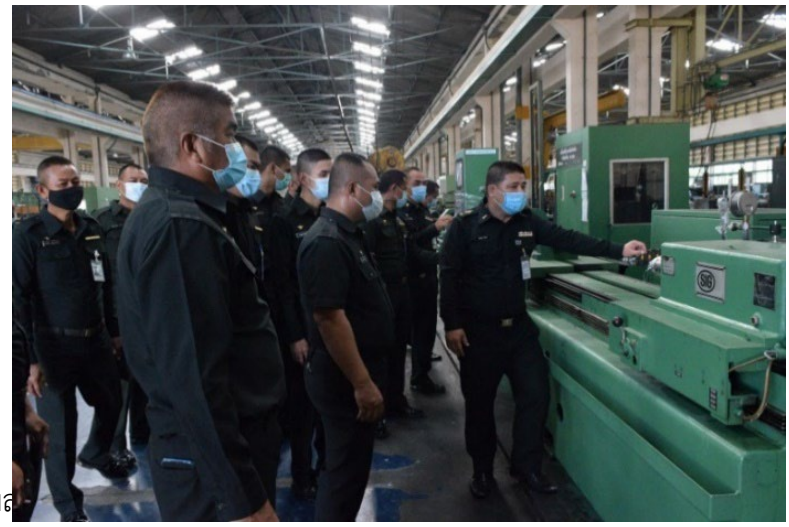
๑.๓ วิธีการทดสอบ

นำกลุ่มตัวอย่างเข้ารับการอบรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยแบ่งออกเป็น ๒ กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ ๑ เข้ารับการอบรมการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 จำนวน ๑๐ ชั่วโมง จากนั้นทำแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 และกลับไปทบทวนด้วยตนเองอีก ๑๐ ชั่วโมง แล้วทำการทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานอีกครั้ง

กลุ่มที่ ๒ เข้ารับการอบรมการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 จำนวน ๑๐ ชั่วโมง จากนั้นทำแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 และผู้เข้ารับการอบรมนำต้นแบบสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ไปศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองอีก ๑๐ ชั่วโมง แล้วทำการทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานอีกครั้ง

แผนภาพที่ ๓ - ๒๕ ภาพการอบรมการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7



ที่มา : ประมวลผล

แผนภาพที่ ๓ - ๒๖ ภาพการอบรมการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

แผนภาพที่ ๓ - ๒๗ ภาพการอบรมการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7

ที่มา : ประมวลผลโ

๑.๔ แบบทดสอบ

๑.๔.๑ ศึกษาแนวทางการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานจากตำราและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๑.๔.๒ สร้างแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 แบบประเมินตามสภาพจริง (Rubric) เพื่อใช้วัดทักษะการปฏิบัติงานหลังการเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังจากเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง มีหัวข้อที่ใช้ในการวัดทักษะการปฏิบัติงาน ๔ หัวข้อ คะแนนเต็ม ๔๐ คะแนน ดังแสดงในตารางที่ ๓ - ๙

ตารางที่ ๓ - ๙ แบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องภายในเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7

การปฏิบัติ	**ระดับห้วงคะแนน**				**รวมคะแนน**
	๘.๑ - ๑๐.๐	**๖.๑ - ๘.๐**	**๔.๑ - ๖.๐**	**๐.๐ - ๔.๐**	**๔๐**
๑. ทักษะการเตรียมชิ้นงาน					๑๐
	ตั้งศูนย์ลำกล้องและยึดได้อย่างดีและตรวจสอบ	ตั้งศูนย์ลำกล้องได้อย่างดี แต่ยึดไม่แน่น	ตั้งศูนย์ลำกล้องได้อย่างดี แต่ไม่ยึดลำกล้อง	ตั้งลำกล้องแกว่งไม่ได้ระดับ	

	ความพร้อมของเครื่อง				
๒. ทักษะในการตั้งค่าระบบ					๑๐
	เปิดเครื่องได้อย่างถูกต้องและตั้งค่าระบบได้อย่างแม่นยำ	เปิดเครื่องได้อย่างถูกต้องแต่ตั้งค่าไม่ครบระบบ	เปิดเครื่องไม่ครบระบบ แต่สามารถตั้งค่าระบบได้อย่างแม่นยำ	ไม่สามารถเปิดและตั้งค่าได้อย่างถูกต้อง	
๓. ทักษะในการแก้ไขหรือหยุดการทำงานของเครื่องเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน					๑๐
	สามารถแก้ไขหรือหยุดการทำงานของเครื่องได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน	สามารถแก้ไขหรือหยุดการทำงานได้แต่ไม่เป็นไปตามขั้นตอน	ไม่สามารถแก้ไขหรือหยุดการทำงานของเครื่องได้ทั้งหมด	ไม่สามารถแก้ไขหรือหยุดการทำงานของเครื่องได้	
๔. ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน					๑๐
	ขนาดถูกต้องตามที่กำหนด ผิวภายในเรียบเนียน ขึ้นเงา	ขนาดถูกต้องตามที่กำหนด ผิวภายในเป็นเส้น ขึ้นเงา	ขนาดถูกต้องตามที่กำหนด ผิวภายในเป็นเส้น ไม่ขึ้นเงา	ไม่ได้ขนาดตามที่กำหนด ผิวภายในเป็นเส้น ไม่ขึ้นเงา	

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

ผลระดับช่วงคะแนน	ระดับการประเมินทักษะ
๘.๑ - ๑๐.๐	ดีมาก
๖.๑ - ๘.๐	ดี
๔.๑ - ๖.๐	พอใช้
๐.๐ - ๔.๐	ปรับปรุง

๑.๕ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของรายการประเมินทักษะและเกณฑ์การให้คะแนน

๑.๖ ปรับปรุงแก้ไขข้อมูลตามอาจารย์ผู้สอนแนะนำ

๑.๗ นำแบบวัดทักษะการปฏิบัติงานไปใช้จริง

๑.๘ นำผลคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานหลังจากเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังจากเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของทั้ง ๒ กลุ่ม มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนน เพื่อสรุปผลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ได้กำหนดไว้

๒. ทดสอบผลความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

๒.๑ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ปฏิบัติงานกองการผลิต โรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหารที่เข้ารับการอบรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี ในกลุ่มที่ ๒ กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนา จำนวน ๒๖ คน

๒.๒ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสำรวจความพึงพอใจให้ผู้ปฏิบัติงานกองการผลิต โรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร ที่เข้ารับการอบรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี ในกลุ่มที่ ๒ กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนา จำนวน ๒๖ คน ทำการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น หลังจากจบหลักสูตรการอบรม ซึ่งประกอบด้วย ๒ ตอน คือ

ตอนที่ ๑ ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจ

ตอนที่ ๒ แบบประเมินความพึงพอใจ เป็นแบบสอบถามประมาณค่า (Rating Scale) ๕ ระดับ มีหัวข้อในการประเมินจำนวน ๑๐ ข้อ โดยกำหนดคะแนนในแต่ละระดับ ดังนี้

ระดับ ๕ หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
ระดับ ๔ หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
ระดับ ๓ หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
ระดับ ๒ หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
ระดับ ๑ หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

๒.๓ วิธีการทดสอบ

หลังจากจบหลักสูตรการอบรม เรื่อง การปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องภายในเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 แล้ว ให้กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปวิเคราะห์และประเมินผลต่อไป

๒.๔ แบบประเมิน

๒.๔.๑ ศึกษาทฤษฎี วิธีการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ จากตำราและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๒.๔.๒ สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ โดยการนำแบบประเมินความพึงพอใจที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง ๕ ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและการใช้ภาษาของแต่ละรายการข้อคำถาม แล้วนำผลการประเมินลงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item - Objective Congruence : IOC) แสดงได้ดังตารางที่ ๓ - ๑๐ เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

+๑ หมายถึง ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องและตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด
๐ หมายถึง ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องและตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด
-๑ หมายถึง ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องและไม่ตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด

ตารางที่ ๓ - ๑๐ แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม

รายการประเมิน	**ผู้เชี่ยวชาญ**		**แปลผล**

	๑	๒	๓	๔	๕	ค่าดัชนีสอดคล้อง (IOC)	
๑. ท่านคิดว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติได้จริง							
๒. ท่านคิดว่าเนื้อหาที่นำเสนอด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน							
๓. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในบทเรียน							
๔. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ทันสมัย พร้อมใช้งาน							

ตารางที่ ๓ - ๑๐ แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					ค่าดัชนีสอดคล้อง (IOC)	แปลผล
	๑	๒	๓	๔	๕		
๕. ท่านคิดว่ารูปแบบของสื่อชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นที่ใช้ประกอบการเรียนรู้มีความเหมาะสม เข้าใจได้ง่าย							
๖. ท่านคิดว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีประโยชน์อย่างมากในการนำไปฝึกฝนและค้นคว้าด้วยตนเอง							
๗. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น เป็นสื่อที่มีการประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม							
๘. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น เป็นประโยชน์ต่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้							
๙. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้เพิ่มเติมในการทำงาน จะเอื้อประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานได้							
๑๐. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ช่วยประหยัดระยะเวลาการอธิบายลงให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง							

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๑๐ แบบการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน ๕ ท่าน มีหัวข้อรายการประเมินทั้งหมด ๑๐ ข้อ นำผลการประเมินที่ได้แต่ละรายการข้อคำถามหาค่า IOC แล้วนำไปแปลผลว่าแต่ละรายการข้อคำถามสามารถนำไปใช้ได้หรือไม่

สำหรับข้อคำถามที่มีค่า IOC มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ๐.๕ ขึ้นไป มีค่าความเที่ยงตรงสอดคล้องและตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด สามารถนำไปใช้ได้ และสำหรับข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่านั้นต้องทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

๒.๔.๓ นำแบบประเมินความพึงพอใจที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ดังแสดงตามตารางที่ ๓ - ๙ ให้กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทำการประเมินภายหลังจากจบหลักสูตรการอบรม ซึ่งเป็นคำถามในรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ๕ ระดับ และเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลผลความหมายคะแนนเฉลี่ยของระดับความเหมาะสม โดยแต่ละระดับมีความหมาย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย ๔.๕๑ - ๕.๐๐ หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย ๓.๕๑ - ๔.๕๐ หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก
คะแนนเฉลี่ย ๒.๕๑ - ๓.๕๐ หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย ๑.๕๑ - ๒.๕๐ หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อย
คะแนนเฉลี่ย ๑.๐๐ - ๑.๕๐ หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

๒.๔.๔ กำหนดโครงสร้างแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ ๑ ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจ

ตอนที่ ๒ ถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อส่งเสริมทักษะปฏิบัติงานสำหรับผู้ปฏิบัติงานกองการผลิต โรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร ซึ่งเป็นคำถามในรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ๕ ระดับ

ตอนที่ ๓ ข้อเสนอแนะหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมซึ่งเป็นคำถามแบบปลายเปิด

ตารางที่ ๓ - ๑๑ แบบประเมินความพึงพอใจ

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	๕	๔	๓	๒	๑
๑. ท่านคิดว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติได้จริง					
๒. ท่านคิดว่าเนื้อหาที่นำเสนอด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน					
๓. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในบทเรียน					
๔. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ทันสมัยพร้อมใช้งาน					

๕. ท่านคิดว่ารูปแบบของสื่อชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นที่ใช้ประกอบการเรียนรู้มีความเหมาะสม เข้าใจได้ง่าย					
๖. ท่านคิดว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น มีประโยชน์อย่างมากในการนำไปฝึกฝนและค้นคว้าด้วยตนเอง					

ตารางที่ ๓ - ๑๑ แบบประเมินความพึงพอใจ (ต่อ)

หัวข้อการประเมิน	**ระดับความพึงพอใจ**				
	๕	**๔**	**๓**	**๒**	**๑**
๗. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น เป็นสื่อที่มีการประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม					
๘. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น เป็นประโยชน์ต่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้					
๙. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้เพิ่มเติมในการทำงาน จะเอื้อประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานได้					
๑๐. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นช่วยประหยัดระยะเวลาการอธิบายลงให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง					
รวม					

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๑๑ แบบประเมินความพึงพอใจ มีหัวข้อการประเมิน ๑๐ หัวข้อ ระดับความพึงพอใจ ๕ ระดับ เพื่อนำผลที่ได้จากการประเมินมาวิเคราะห์ผลหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วทำการแปลผลความหมายค่าเฉลี่ยของแต่ละรายการตามเกณฑ์ที่กำหนด

๒.๔.๕ นำแบบประเมินความพึงพอใจไปใช้จริง

ขั้นตอนการวิเคราะห์และประเมินผล

การวิเคราะห์และประเมินผลการทดสอบในแต่ละขั้นตอน จะนำผลข้อมูลที่ได้จากการประเมินในส่วนนั้น ๆ มาทำการคิดวิเคราะห์และประเมินผล เพื่อวัดประสิทธิภาพตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลผลความหมายของคะแนนเฉลี่ยระดับความเหมาะสมใช้ลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบไลเคริท (Likert) ซึ่งมี ๕ ระดับ แสดงได้ดังตารางที่ ๓ - ๑๒

ตารางที่ ๓ - ๑๒ ตารางแสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนประเมินผลโดยรวม

ระดับคะแนน		ความหมาย
คะแนนเฉลี่ยเชิงปริมาณ	คะแนนเฉลี่ยเชิงคุณภาพ	
๔.๕๑ - ๕.๐๐	ดีมากที่สุด	มีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด
๓.๕๑ - ๔.๕๐	มาก	มีประสิทธิภาพในระดับมาก
๒.๕๑ - ๓.๕๐	ปานกลาง	มีประสิทธิภาพในระดับปานกลาง
๑.๕๑ - ๒.๕๐	น้อย	มีประสิทธิภาพในระดับน้อย
๑.๐๐ - ๑.๕๐	น้อยที่สุด	มีประสิทธิภาพในระดับน้อยที่สุด

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๑. การวิเคราะห์และประเมินผลการใช้งานของผู้ใช้

นำผลคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องภายในเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 หลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของทั้ง ๒ กลุ่ม จากตารางที่ ๓ - ๗ มาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนน โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics), การวัดค่ากลางของข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) และการวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้สถิติค่าที (t-test) ตารางที่ ๓ - ๑๓ แสดงการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของทั้ง ๒ กลุ่ม

กลุ่มที่ ๑ : กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง

คนที่	**คะแนนสอบ หลังเสร็จสิ้น การอบรมปกติ (X_1)**	**คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้น การศึกษาเพิ่มเติม ด้วยตนเอง (X_2)**	**ผลต่างของคะแนน $D_1 = X_2 - X_1$**
๑			
๒			
๓			
๔			
๕			
๖			
๗			
๘			
๙			
๑๐			
๑๑			
๑๒			
๑๓			
๑๔			
๑๕			
๑๖			
๑๗			
๑๘			
คนที่	**คะแนนสอบ หลังเสร็จสิ้น การอบรมปกติ (X_1)**	**คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้น การศึกษาเพิ่มเติม ด้วยตนเอง (X_2)**	**ผลต่างของคะแนน $D_1 = X_2 - X_1$**
๑๙			

๒๐			
๒๑			
๒๒			
๒๓			
๒๔			
๒๕			
๒๖			
รวม	$\sum x$	$\sum x$	
ค่าเฉลี่ย	$\bar{x}$	$\bar{x}$	

กลุ่มที่ ๒ : กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับการศึกษาเพิ่มเติมด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

คนที่	**คะแนนสอบ หลังเสร็จสิ้น การอบรมปกติ (X๑)**	**คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้น การศึกษาเพิ่มเติม ด้วยชุดอุปกรณ์ (X๒)**	**ผลต่างของคะแนน D๒ = X๒ – X๑**
๑			
๒			
๓			
๔			
๕			
๖			
๗			
๘			
๙			
๑๐			
๑๑			
๑๒			
คนที่	**คะแนนสอบ หลังเสร็จสิ้น การอบรมปกติ (X๑)**	**คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้น การศึกษาเพิ่มเติม ด้วยชุดอุปกรณ์ (X๒)**	**ผลต่างของคะแนน D๒ = X๒ – X๑**
๑๓			
๑๔			
๑๕			
๑๖			
๑๗			

๑๘			
๑๙			
๒๐			
๒๑			
๒๒			
๒๓			
๒๔			
๒๕			
๒๖			
รวม	$\sum x$	$\sum x$	
ค่าเฉลี่ย	$\bar{x}$	$\bar{x}$	

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๑๓ แสดงการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของทั้ง ๒ กลุ่ม กำหนดให้

D๑ แทน ผลต่างของคะแนนหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๑

D๒ แทน ผลต่างของคะแนนหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๒

$\bar{x}$๑ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ ๑

$\bar{x}$๒ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ ๒

S.D.๑ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มที่ ๑

S.D.๒ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มที่ ๒

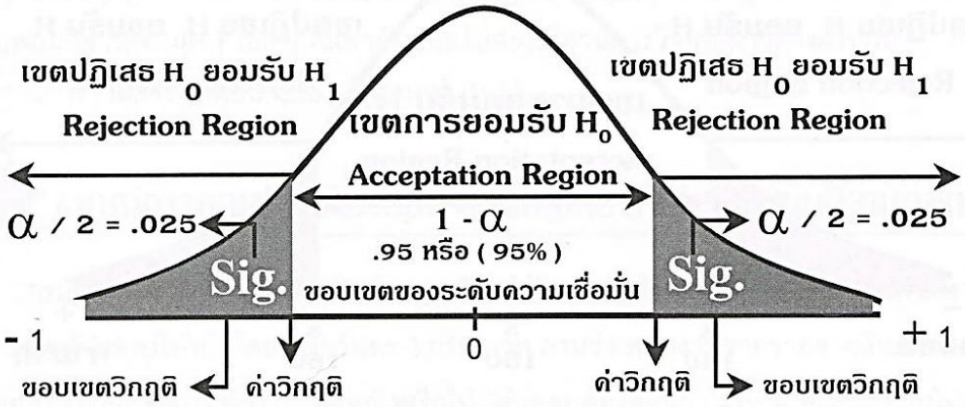
๑.๑ สมมติฐานทางสถิติ (Statistical Hypothesis) เป็นสมมติฐานที่เขียนเปลี่ยนรูปมาจากสมมติฐานทางวิจัยให้อยู่ในรูปของโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สัญลักษณ์ที่แทนคุณลักษณะของประชากรที่เรียกว่าค่าพารามิเตอร์ (Parameter) มาเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยกำหนดเป็น

สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) : H_0 เป็นสมมติฐานทางสถิติที่เขียนอธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยระบุว่าตัวแปร ๒ ตัวนั้น ไม่มีความสัมพันธ์กันหรือคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งของสองกลุ่มนั้นไม่แตกต่างกัน หรือสิ่งที่ต้องการทดสอบเท่ากัน

สมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis) : H_1 เป็นสมมติฐานทางสถิติที่เขียนอธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยระบุถึงทิศทางของความสัมพันธ์ของตัวแปรว่าสัมพันธ์กันทางใด (บวกหรือลบ) หรืออธิบายถึงคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งของสองกลุ่ม โดยระบุว่ากลุ่มใดเป็นคุณลักษณะนั้นหรือสิ่งนั้นดีกว่า - เลวกว่า, มากกว่า - น้อยกว่า, สูงกว่า - ต่ำกว่า อีกกลุ่มหนึ่ง หรือแตกต่างกันหรือไม่เท่ากันหรือมีความสัมพันธ์กัน

๑.๒ ระดับนัยความมีนัยสำคัญ (Level of Significance : α) คือ ค่าความน่าจะเป็นในการกำหนดขอบเขตการยอมรับ (Acceptation Region) หรือปฏิเสธ (Rejection Region) สมมติฐานหลัก (H_0) สำหรับการทดสอบสมมติฐานในการประเมินประสิทธิภาพของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานฯ ในโครงการวิจัยนี้ได้กำหนดให้ค่านัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ ๐.๐๕ ซึ่งหมายถึงการยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนที่ ๕% และเมื่อนำเอาพื้นที่ใต้โค้งทั้งหมดซึ่งมีค่า ๑๐๐% หรือ ๑ ไปลบค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ ๐.๐๕ จะได้เท่ากับ ๐.๙๕ หรือ ๙๕% ซึ่งค่า ๐.๙๕ นี้ คือค่า ระดับความเชื่อมั่น (Level of Confidence) ซึ่งหมายถึงความน่าจะเป็นในการยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) มีความเชื่อมั่น ๙๕%

แผนภาพที่ ๓ - ๒๘ ภาพแสดงขอบเขตของระดับความเชื่อมั่นและขอบเขตกฤติ



ที่มา : รศ.ดร.นพพร ธนะชันธ์ สถิติเบื้องต้นสำหรับการวิจัย

๑.๓ ขอบเขตวิกฤต (Critical Region) หมายถึง ขอบเขตที่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ซึ่งถูกกำหนดจากค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ ถ้าค่าความน่าจะเป็นของสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในขอบเขตนี้ แสดงว่า การทดสอบสมมติฐานมีนัยสำคัญ (Significant : Sig) คือ จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_1) โดยใช้ค่าวิกฤต (Critical Value) ซึ่งเป็นค่าที่แบ่งระหว่างขอบเขตการยอมรับกับขอบเขตวิกฤต

๑.๔ วิธีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ โดยทั่วไปจะมี ๒ วิธี คือ การทดสอบสมมติฐานแบบสองทาง (Two - Tail Test) และการทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียว (One - Tail Test) ซึ่งสำหรับการทดสอบสมมติฐานในโครงการวิจัยนี้จะใช้แบบสองทาง อันเป็นการทดสอบสมมติฐานแบบไม่ระบุทิศทาง

๑.๕ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล เพื่อวัดประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานฯทั้ง ๒ กลุ่ม จะใช้การสถิติอ้างอิงหรือสถิติอนุมาน (Inference Statistic) ซึ่งเป็นการนำผลข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างไปใช้อ้างอิงและสรุปผล โดยการนำเอาสถิติอ้างอิงแบบมีพารามิเตอร์ (Parametric Inference) ที่นิยมใช้กับข้อมูลที่มีระดับการวัดตัวแปร เป็นระดับมาตราอันตรภาค (Interval Scale) หรือระดับมาตราส่วน (Ratio Scale) ที่มีลักษณะของข้อมูลมีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) หรือประชากรที่มีค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งจะใช้การแจกแจงแบบที (t - test)

๑.๕.๑ มัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$) เป็นค่ากลางของข้อมูลแบบหนึ่ง เราสามารถใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของข้อมูลที่นำมาคำนวณได้ สำหรับสูตรหาค่าเฉลี่ยแสดงได้ดังนี้

$$\text{สูตร} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

๑.๕.๒ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD, σ) เป็นมาตรการวัดการกระจายที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย โดยเป็นสถิติที่ช่วยอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดของตัวแปรที่ศึกษา ถ้ามีค่า SD มากแสดงว่าสมาชิกในกลุ่มมีที่วัดของตัวแปรที่ศึกษาแตกต่างกันมาก ถ้าค่า SD น้อยแสดงว่าสมาชิกในกลุ่มมีค่าที่วัดของตัวแปรที่ศึกษาแตกต่างกันน้อยและถ้าค่า SD เป็น 0 แสดงว่าสมาชิกในกลุ่มทั้งหมดมีค่าที่วัดได้ของตัวแปรที่ศึกษาเท่ากันทั้งหมด สำหรับสูตรหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงได้ดังนี้

$$\text{สูตร} \quad \text{S.D.} = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน ข้อมูลแต่ละตัว (ตัวที่ 1,2,3...,n)

$\sum x$ แทน ผลรวม

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

๑.๕.๓ วิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบวัดการปฏิบัติงานหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของทั้ง ๒ กลุ่ม ด้วยค่าสถิติที (t-test)

๑.๖ ขั้นตอนการทดสอบเพื่อทำการวิเคราะห์ผล มีดังนี้

๑.๖.๑ ตั้งสมมติฐานทางสถิติเพื่อทำการทดสอบ ซึ่งประกอบด้วยสมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานรอง (H_1)

H_0 : ประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติ

H_1 : ประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นดีกว่ากลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติ

๑.๖.๒ กำหนดสถิติที่ใช้ทดสอบในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานหลังการเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังจากเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของทั้ง ๒ กลุ่ม ด้วยค่าสถิติที (t-test dependent) แสดงได้ดังนี้

สูตร $t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2-(\sum D)^2}{n-1}}}$, df = n - 1

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณา

D แทน ผลต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมทั้งหมดของผลต่างของคะแนนการปฏิบัติงานหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง

$\sum D^2$ แทน ผลรวมกำลังสองของผลต่างของคะแนนการปฏิบัติงานหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

๑.๖.๓ กำหนดนัยสำคัญ α = ๐.๐๕

๑.๖.๔ พิจารณาเขตยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาตัดสินว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ตรวจสอบค่า sig ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0)

๒. การวิเคราะห์และประเมินผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

นำแบบประเมินความพึงพอใจจากตารางที่ ๓ - ๑๑ ของกลุ่มที่ ๒ คือ กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น หลังจากจบหลักสูตรการอบรมมาทำการเก็บรวมรวมคะแนน เพื่อนำผลคะแนนที่ได้จากแบบประเมินมาทำการวิเคราะห์และประเมินผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วสรุปผลความพึงพอใจตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ ๓ - ๑๔

ตารางที่ ๓ - ๑๔ แบบประเมินความพึงพอใจ

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		แปลผล
	$\bar{X}$	S.D.	
๑. ท่านคิดว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติได้จริง			
๒. ท่านคิดว่าเนื้อหาที่นำเสนอด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน			
๓. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในบทเรียน			
๔. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ทันสมัย พร้อมใช้งาน			
๕. ท่านคิดว่ารูปแบบของสื่อชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นที่ใช้ประกอบการเรียนรู้มีความเหมาะสม เข้าใจได้ง่าย			
๖. ท่านคิดว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีประโยชน์อย่างมากในการนำไปฝึกฝนและค้นคว้าด้วยตนเอง			
๗. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น เป็นสื่อที่มีการประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม			

๘. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น เป็นประโยชน์ต่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้			
๙. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้เพิ่มเติมในการทำงาน จะเอื้อประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานได้			
๑๐. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ช่วยประหยัดระยะเวลาการอธิบายลงให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง			
รวม			

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒.๑ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล ได้แก่

๒.๑.๑ สถิติที่ใช้หาคุณภาพเครื่องมือ โดยผู้เชี่ยวชาญทำการวิเคราะห์ข้อความเป็นรายข้อกับประเด็นให้มีสอดคล้องกับความต้องการ แล้วหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item - Objective Congruence : IOC) คำนวณจากสูตร

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

๒.๑.๒ มัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{x}$) เป็นค่ากลางของข้อมูลแบบหนึ่ง เราสามารถใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของข้อมูลที่นำมาคำนวณได้ สำหรับสูตรหาค่าเฉลี่ยแสดงได้ดังนี้

$$\text{สูตร } \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

๒.๑.๓ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD, σ) เป็นมาตรการวัดการกระจายที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย โดยเป็นสถิติที่ช่วยอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดของตัวแปรที่ศึกษา ถ้ามีค่า SD มากแสดงว่าสมาชิกในกลุ่มมีที่วัดของตัวแปรที่ศึกษาแตกต่างกันมาก ถ้าค่า SD น้อยแสดงว่าสมาชิกในกลุ่มมีค่าที่วัดของตัวแปรที่ศึกษาแตกต่างกันน้อยและถ้าค่า SD เป็น 0 แสดงว่าสมาชิกในกลุ่มทั้งหมดมีค่าที่วัดได้ของตัวแปรที่ศึกษาเท่ากันทั้งหมด สำหรับสูตรหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงได้ดังนี้

$$\text{สูตร S.D.} = \sqrt{\frac{n\sum x^2-(\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน ข้อมูลแต่ละตัว (ตัวที่ 1,2,3...,n)

$\sum x$ แทน ผลรวม
n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

๒.๒ ขั้นตอนการทดสอบเพื่อทำการวิเคราะห์ผล มีดังนี้

๒.๒.๑ ตั้งสมมติฐานทางสถิติเพื่อทำการทดสอบ ซึ่งประกอบด้วยสมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานรอง (H_1)

H_0 : คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินอยู่ในระดับพอใช้ ($\mu \leq ๓.๕๐$)

H_1 : คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ($\mu > ๓.๕๐$)

๒.๒.๒ กำหนดค่าสถิติที (t-test) ที่ใช้ทดสอบ n < ๓๐ แสดงได้ดังนี้

สูตร $t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$, df = n - 1

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณา
$\bar{x}$ แทน คะแนนเฉลี่ย
μ แทน ค่าเฉลี่ยของประชากร
s แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

๒.๒.๓ กำหนดนัยสำคัญ α = ๐.๐๕

๒.๒.๔ พิจารณาเขตยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาตัดสินว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ค่า t ที่ได้จากการคำนวณ มีค่ามากกว่า ค่า t ที่เปิดจากตาราง ที่ระดับนัยสำคัญที่ α ที่ตั้งไว้ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0)

๒.๒.๕ เกณฑ์การยอมรับความพึงพอใจของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยพิจารณาจากผลคะแนนเฉลี่ยที่อยู่ในระดับดีขึ้นไป และผลการทดสอบค่าเฉลี่ยตัวอย่างโดยรวมของกลุ่มด้วยค่าสถิติที (t-test) มีระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ ๐.๐๕ ค่าที่ได้จากการทดสอบ t ที่คำนวณได้มากกว่าค่า วิกฤตที่หาได้จากตารางแจกแจง t สำหรับระดับนัยสำคัญที่ α จึงปฏิเสธ H_0 จึงยอมรับว่ากลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

สรุป

ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการจำลองการทำงานของเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 นั้น เริ่มจากการสร้างโมเดลสามมิติสำหรับเครื่องจักรต้นแบบ, การสร้างภาพเคลื่อนไหว, การพัฒนาหน้าจอและฟังก์ชันการทำงานบนแอปพลิเคชัน, การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงาน โดยมีวิธีการทดสอบ ผลการทดสอบและประเมินผลเป็นไปตามหัวข้อ การทดสอบ

ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักรกล (ต้นแบบ) ซึ่งจากผลการประเมินสื่อการเรียนรู้ฯ ดังกล่าว อยู่ในระดับคุณภาพดีมาก สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะและการนำชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ได้รับการพัฒนาไปทดลองใช้งานในขั้นต่อไป

ในขั้นตอนการทดสอบนั้น เป็นการทดสอบผลการทดลองใช้งานของผู้ใช้ โดยเปรียบเทียบกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดการใช้งานเครื่องจักรกลต้นแบบด้วยวิธีการเดิมร่วมกันกับการศึกษาด้วยตนเองกับกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดการใช้งานที่มีการใช้ต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ร่วมในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบเดิม และสามารถสรุปผลการทดสอบตามตารางที่ ๓ - ๑๕ และตารางที่ ๓ - ๑๖

ตารางที่ ๓ - ๑๕ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired - Samples T-Test
การเปรียบเทียบคะแนนสอบของกลุ่มตัวอย่างที่ ๑ และกลุ่มตัวอย่างที่ ๒

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (๒-tailed)
					๙๕% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair ๑	คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๑ - คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของกลุ่มที่ ๑	-๓.๕๗๗	๑.๙๐๑	๐.๓๗๓	-๔.๓๔๕	-๒.๘๐๙	-๙.๕๙๔	๒๕	๐.๐๐๐
Pair ๒	คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๒ - คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ของกลุ่มที่ ๒	-๑๖.๘๘๕	๒.๕๙๘๗	๐.๕๐๙	-๑๗.๙๓๔	-๑๕.๘๓๖	-๓๓.๑๔๗	๒๕	๐.๐๐๐

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๑๕ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired - Samples T-Test ในการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ เทียบกับคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๑ มีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนนเท่ากับ ๓.๕๗๗ นั่นคือ ผลคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองดีกว่าคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ และคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ เทียบกับคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ของกลุ่มที่ ๒ มีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนน เท่ากับ ๑๖.๘๘๕ นั่นคือ คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ดีกว่าคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ

ตารางที่ ๓ - ๑๖ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired - Samples T-Test การเปรียบเทียบคะแนนสอบการศึกษาด้วยตนเองของกลุ่มตัวอย่างที่ ๑ กับการศึกษาด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบของกลุ่มตัวอย่างที่ ๒

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (๒-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	๙๕% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair ๓	คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๑ - คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น (AR) ของกลุ่มที่ ๒	-๑๔.๒๖๙	๒.๘๕๐	๐.๕๕๙	-๑๕.๔๒๑	-๑๓.๑๑๘	-๒๕.๕๒๖	๒๕	๐.๐๐๐

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๑๖ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired - Samples T-Test ของทั้ง ๒ กลุ่ม ในการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% มีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๑ และ คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นของกลุ่มที่ ๒ มีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนน เท่ากับ ๑๔.๒๖๙ นั่นคือประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ดีกว่า กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติและศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง

ในการทดสอบผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานนั้น เป็นการรวบรวมผลความพึงพอใจต่อชุดอุปกรณ์ต้นแบบจากแบบสอบถามของผู้เข้ารับการอบรมภายหลังทดลองใช้งาน ซึ่งมีผลการประเมินความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์ ตามตารางที่ ๓ - ๑๗

ตารางที่ ๓ - ๑๗ ตารางผลการประเมินความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ

หัวข้อการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	t (μ = ๓.๕๐)	การแปลผล
๑. ท่านคิดว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติได้จริง	๔.๒๐	๐.๔๒	๘.๕๐	มาก
๒. ท่านคิดว่าเนื้อหาที่นำเสนอด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน	๔.๗๐	๐.๔๘	๑๒.๗๕	มากที่สุด
๓. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในบทเรียน	๔.๔๐	๐.๕๒	๘.๘๓	มาก
๔. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีความทันสมัยพร้อมใช้งาน	๔.๖๐	๐.๕๒	๑๐.๗๙	มากที่สุด
๕. ท่านคิดว่ารูปแบบของสื่อชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นที่ใช้ประกอบการเรียนรู้มีความเหมาะสม	๔.๒๐	๐.๔๒	๘.๕๐	มาก
๖. ท่านคิดว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น มีประโยชน์อย่างมากในการนำไปฝึกฝนและค้นคว้าด้วยตนเอง	๔.๓๐	๐.๔๘	๘.๕๐	มาก
๗. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นเป็นสื่อที่มีการประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม	๔.๐๐	๐.๔๗	๕.๔๒	มาก
๘. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้	๔.๔๐	๐.๗๐	๖.๕๖	มาก

ตารางที่ ๓ - ๑๗ ตารางผลการประเมินความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ (ต่อ)

หัวข้อการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	t (μ = ๓.๕๐)	การแปลผล
๙. ท่านคิดว่าอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เพิ่มเติมในการทำงาน	๔.๑๐	๐.๕๗	๕.๓๗	มาก

จะเอื้อประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานได้				
๑๐. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นช่วยประหยัดระยะเวลาการอธิบายลงให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น	๔.๔๐	๐.๕๒	๘.๘๓	มาก
รวม	๔.๓๓	๐.๕๑	๘.๓๐	มาก

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๓ - ๑๗ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ประเมินผลแล้ว สรุปผลการประเมินได้ว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับ เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดีถึงดีมาก โดยรายละเอียดของการวิเคราะห์และประเมินผลจะกล่าวใน บทที่ ๔ ผลการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้เครื่องจักรต้นแบบ ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ต่อไป

บทที่ ๔
ผลการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้เครื่องจักรต้นแบบ ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)

ในงานวิจัยพัฒนานี้ มีวัตถุประสงค์หลักคือศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้และพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์การฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักร เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการจำลองการฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลบนแท็บเล็ตพีซีเสมือนการฝึกปฏิบัติบนเครื่องจริง ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทดสอบและทดลองใช้งานชุดอุปกรณ์ต้นแบบฯ ใช้การวิเคราะห์ประเมินผล และสรุปงานวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตยุทโธปกรณ์ในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศต่อไป

ผลการทำงานและประสิทธิภาพของต้นแบบ

ในขั้นตอนการพัฒนาได้มีการทดสอบประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักร เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลการประเมินการทำงานและประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ฯ ดังกล่าว อยู่ในระดับคุณภาพดีมาก มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ๔.๖๐ สามารถนำสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาเป็นต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักร เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ไปทดลองใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างได้

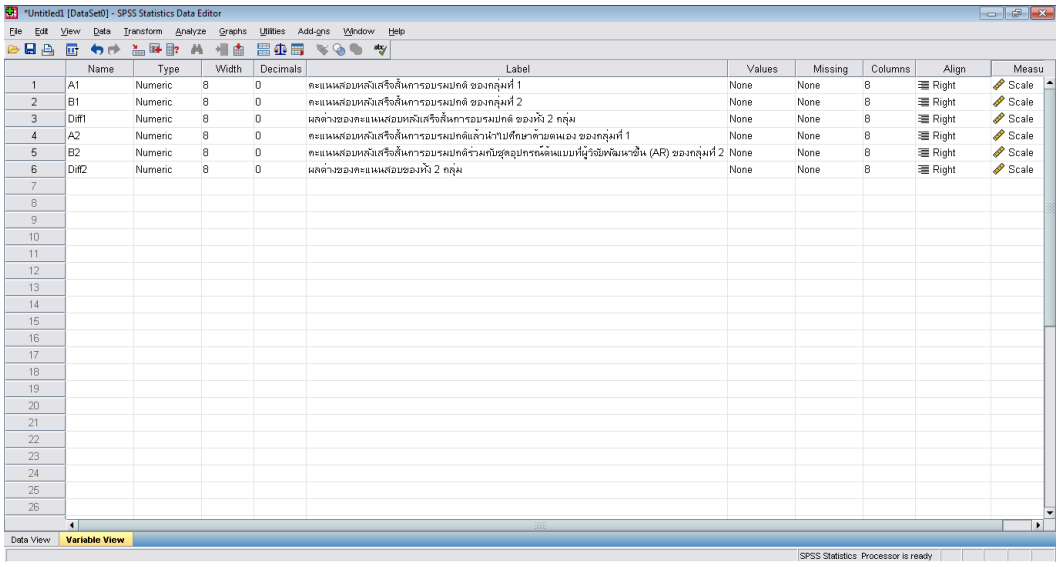
เมื่อปรับปรุงแก้ไขต้นแบบชุดอุปกรณ์สมบูรณ์แล้ว ได้นำไปทดสอบผลการทดลองใช้งานโดยเปรียบเทียบกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดการใช้งานเครื่องจักรกลต้นแบบด้วยวิธีการเดิมร่วมกับการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองกับกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบเดิมร่วมกับการใช้ต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรต้นแบบด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และการทดสอบผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากแบบสอบถาม เพื่อวิเคราะห์และประเมินผล โดยมีผลการประเมินของต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ดังนี้

ผลการใช้งานของผู้ใช้

ในการวิเคราะห์และประเมินผลการทดลองใช้งานต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมของกลุ่มตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดการใช้งานเครื่องจักรกลต้นแบบด้วยวิธีการเดิมร่วมกับการศึกษาเพิ่มเติมหลังการฝึกอบรมกับกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดการใช้งานด้วยวิธีแบบเดิมและมีการใช้ต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานฯ ร่วมภายหลังการฝึกอบรม ใช้แบบวัดทักษะการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 เพื่อวัดประสิทธิภาพของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมทั้ง ๒ กลุ่ม ตามหัวข้อ ๑ การทดสอบผลการใช้งานของผู้ใช้ในขั้นตอนการทดสอบ และหัวข้อ ๑ การวิเคราะห์และประเมินผลการใช้งานของผู้ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์และประเมินผลของบทที่ ๓ การพัฒนาวิเคราะห์และประเมินผลการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ในการฝึกปฏิบัติงาน โดยหลังจากได้ผลการทดสอบแล้ว ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Statistics 17.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและงานวิจัย มาช่วยในการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลแบบ Paired - Samples T-Test ในการทดสอบสมมติฐานในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของทั้ง ๒ กลุ่ม มีขั้นตอนดังนี้

๑. เปิดโปรแกรม SPSS แล้วสร้างฐานข้อมูล/นำเข้าข้อมูลที่ต้องการเปรียบเทียบในงานวิจัย

แผนภาพที่ ๔ - ๑ ภาพตัวอย่างการตั้งชื่อตัวแปรเพื่อจะสร้างฐานข้อมูล



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

โดยกำหนดค่าของตัวแปร ได้ดังต่อไปนี้

A1 แทน คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๑

B1 แทน คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๒

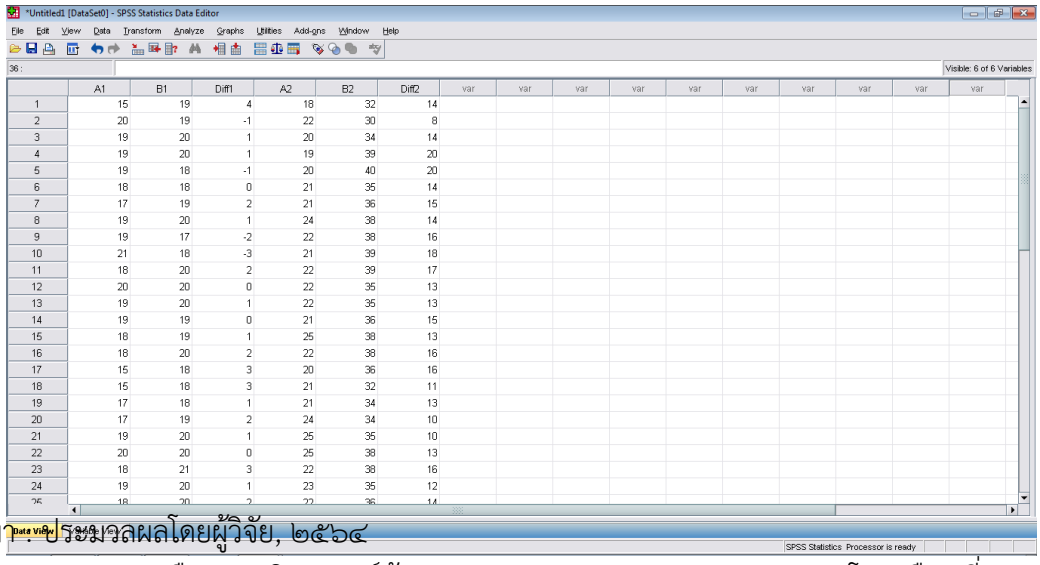
Diff1 แทน ผลต่างของคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติของทั้ง ๒ กลุ่ม

A2 แทน คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๑

B2 แทน คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ของกลุ่มที่ ๒

Diff2 แทน ผลต่างของคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของทั้ง ๒ กลุ่ม

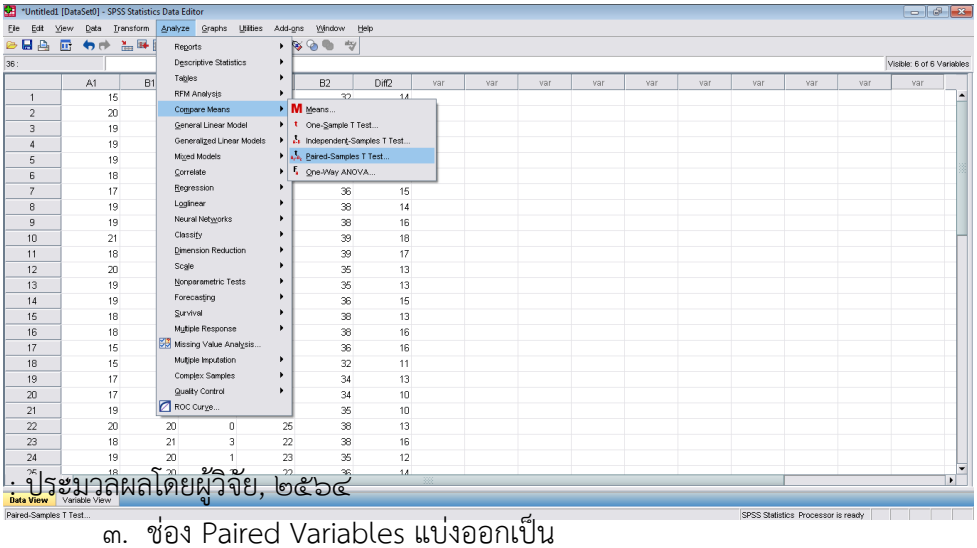
แผนภาพที่ ๔ - ๒ ภาพตัวอย่างการใส่ผลคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติและหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของทั้ง ๒ กลุ่ม



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๒. เลือกการวิเคราะห์ข้อมูล แบบ Paired - Samples T-Test โดยเลือกที่เมนู >> Analyze >> Compare Means >> Paired – Samples T-Test

แผนภาพที่ ๔ - ๓ ภาพตัวอย่างการเลือกการวิเคราะห์ข้อมูล แบบ Paired - Samples T-Test



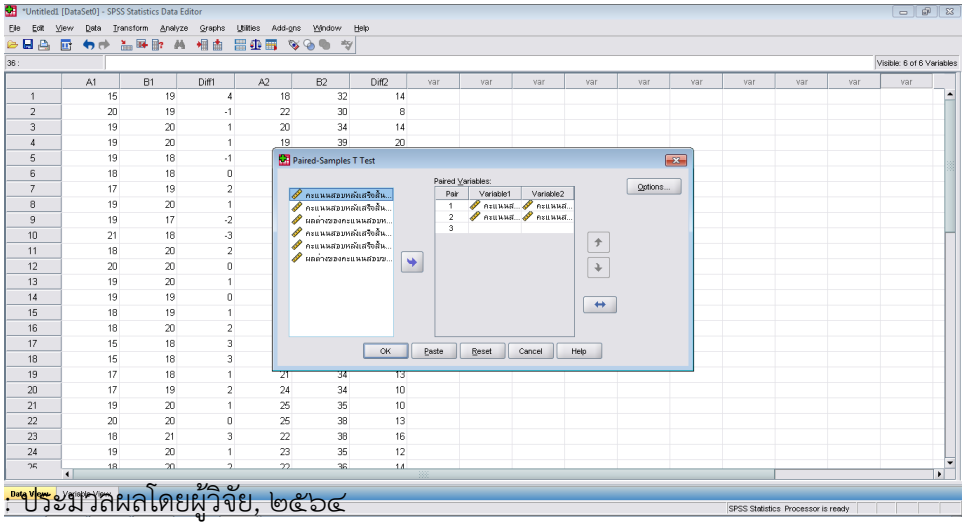
ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๓. ช่อง Paired Variables แบ่งออกเป็น

๓.๑ ช่อง Pair 1 ให้เลือกตัวแปร A1 (คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติของกลุ่มที่ ๑) ลงในช่อง Variables1 และตัวแปร A2 (คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของกลุ่มที่ ๑) ลงในช่อง Variables2

๓.๒ ช่อง Pair 2 ให้เลือกตัวแปร B1 (คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติของกลุ่มที่ ๒) ลงในช่อง Variables1 และตัวแปร B2 (คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นของกลุ่มที่๒) ลงในช่อง Variables2

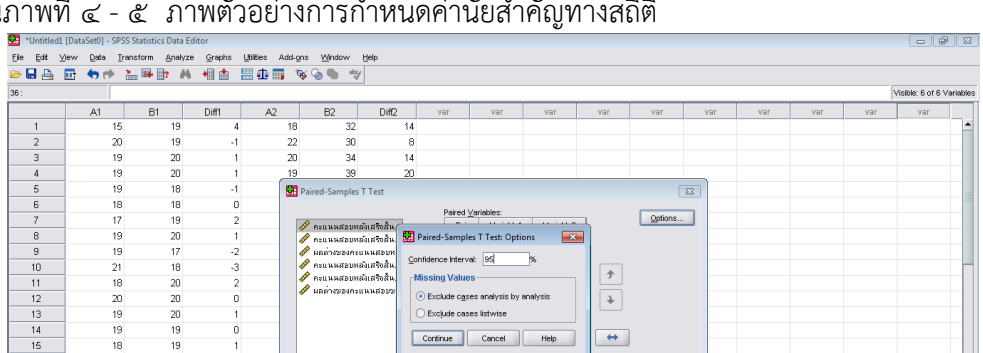
แผนภาพที่ ๔ - ๔ ภาพตัวอย่างการกำหนดค่าตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล แบบ Paired - Samples T-Test



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๔. กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติ โดยเลือก “Option” >> Confidence Interval ในที่นี้ผู้วิจัยกำหนดที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% (ค่านัยสำคัญ เท่ากับ ๐.๐๕) แล้วกด “Continue”

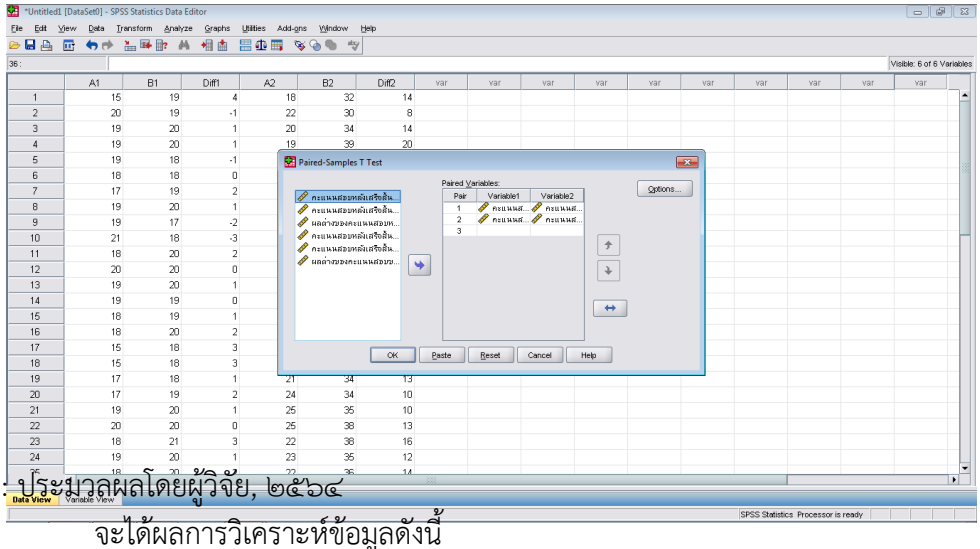
แผนภาพที่ ๔ - ๕ ภาพตัวอย่างการกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติ



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

๕. เลือกปุ่ม OK เริ่มทำการวิเคราะห์ผลข้อมูล แบบ Paired - Samples T-Test

แผนภาพที่ ๔ - ๖ ภาพตัวอย่างเริ่มทำการวิเคราะห์



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จะได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ ๔ - ๑ ตารางแสดงค่าสถิติพื้นฐานของทั้ง ๒ กลุ่มตัวอย่าง

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair ๑	คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๑	๑๘.๒๓	๒๖	๑.๕๓๑	๐.๓๐๐
	คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๑	๒๑.๘๑	๒๖	๑.๗๖๗	๐.๓๔๖
Pair ๒	คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๒	๑๙.๑๙	๒๖	๐.๙๘๑	๐.๑๙๒
	คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ของกลุ่มที่ ๒	๓๖.๐๘	๒๖	๒.๔๙๗	๐.๔๙๐

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตางรางที่ ๔ - ๑ ตารางแสดงค่าสถิติพื้นฐานของทั้ง ๒ กลุ่มตัวอย่าง ในการวิเคราะห์ผลข้อมูลแบบ Paired - Samples T-Test จะคำนวณค่าสถิติพื้นฐานของทั้ง ๒ กลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น Pair ๑ คือ คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๑ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ๑๘.๒๓ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ ๑.๕๓๑ และคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๑ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ๒๑.๘๑ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ ๑.๗๖๗ และ Pair ๒ คือ คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๒ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ๑๙.๑๙ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ ๐.๙๘๑ และ คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นของกลุ่มที่ ๒ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ๓๖.๐๘ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ ๒.๔๙๗

ตารางที่ ๔ - ๒ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired - Samples T-Test
การเปรียบเทียบคะแนนสอบของกลุ่มตัวอย่างที่ ๑ และกลุ่มตัวอย่างที่ ๒

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (๒-tailed)
					๙๕% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair ๑	คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๑ - คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๑	-๓.๕๗๗	๑.๙๐๑	.๓๗๓	-๔.๓๔๕	-๒.๘๐๙	-๙.๕๙๔	๒๕	๐.๐๐๐
Pair ๒	คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๒ - คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ของกลุ่มที่ ๒	-๑๖.๘๘๕	๒.๕๙๗	.๕๐๙	-๑๗.๙๓๔	-๑๕.๘๓๖	-๓๓.๑๔๗	๒๕	๐.๐๐๐

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๔ - ๒ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired - Samples T-Test ในการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% (ค่านัยสำคัญ เท่ากับ ๐.๐๕) จะคำนวณค่าสถิติ โดยแบ่งออกเป็น Pair ๑ คือ คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๑ กับคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๑ มีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนน เท่ากับ ๓.๕๗๗, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ ๑.๙๐๑, สถิติทดสอบ t-test เท่ากับ ๙.๕๙๔, df เท่ากับ ๒๕ และค่า Sig.(๒-tailed) เท่ากับ ๐.๐๐๐ ดังนั้น ค่า Sig.(๑-tailed) เท่ากับ ค่า Sig.(๒-tailed)/๒ เท่ากับ ๐.๐๐๐/๒ เท่ากับ ๐.๐๐๐ ซึ่งค่า Sig.(๑-tailed) น้อยกว่า ๐.๐๕ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองดีกว่าคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ และ Pair ๒ คือ คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ของกลุ่มที่ ๒ กับคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ของกลุ่มที่ ๒ มีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนน เท่ากับ ๑๖.๘๘๕, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ ๒.๕๙๗, สถิติทดสอบ t-test เท่ากับ ๓๓.๑๔๗, df เท่ากับ ๒๕ และค่า Sig.(๒-tailed) เท่ากับ ๐.๐๐๐ ดังนั้น ค่า Sig.(๑-tailed) เท่ากับ ค่า Sig.(๒-tailed)/๒ เท่ากับ ๐.๐๐๐/๒ เท่ากับ ๐.๐๐๐ ซึ่งค่า Sig.(๑-tailed) น้อยกว่า ๐.๐๕ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ดีกว่าคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ

ตารางที่ ๔ - ๓ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired - Samples T-Test การเปรียบเทียบคะแนนสอบการศึกษาด้วยตนเองของกลุ่มตัวอย่างที่ ๑ กับ การศึกษาด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบของกลุ่มตัวอย่างที่ ๒

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (๒-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	๙๕% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair ๓	คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๑ - คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น (AR) ของกลุ่มที่ ๒	-๑๔.๒๖๙	๒.๘๕๐	.๕๕๙	-๑๕.๔๒๑	-๑๓.๑๑๘	-๒๕.๕๒๖	๒๕	๐.๐๐๐

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๔ - ๓ ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แบบ Paired - Samples T-Test ของทั้ง ๒ กลุ่ม ในการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% (ค่านัยสำคัญ เท่ากับ ๐.๐๕) มีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ของกลุ่มที่ ๑ กับคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นของกลุ่มที่ ๒ มีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนน เท่ากับ ๑๔.๒๖๙, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ ๒.๘๕๐, สถิติทดสอบ t-test เท่ากับ ๒๕.๕๒๖, df เท่ากับ ๒๕ และค่า Sig.(๒-tailed) เท่ากับ ๐.๐๐๐ ดังนั้น ค่า Sig.(๑-tailed) เท่ากับ ค่า Sig.(๒-tailed)/๒ เท่ากับ ๐.๐๐๐/๒ เท่ากับ ๐.๐๐๐ ซึ่งค่า Sig.(๑-tailed) น้อยกว่า ๐.๐๕ จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นดีกว่ากลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติและศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง

ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

การทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับกลุ่มตัวอย่าง ตามหัวข้อ ๒ การทดสอบ

ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ในขั้นตอนการทดสอบและหัวข้อ ๒ การวิเคราะห์และประเมินผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ในขั้นตอนการวิเคราะห์และประเมินผล ของบทที่ ๓ การพัฒนาวิเคราะห์และประเมินผลการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ในการฝึกปฏิบัติงานนั้น ได้ใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ตามตารางที่ ๓ - ๙ แบบประเมินความพึงพอใจ โดยมีสรุปผลการประเมินสำรวจความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงตามตารางที่ ๔ - ๔

ตารางที่ ๔ - ๔ ตารางผลการประเมินความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ

หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	t (μ = ๓.๕๐)	การแปลผล
๑. ท่านคิดว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติได้จริง	๔.๒๐	๐.๔๒	๘.๕๐	มาก
๒. ท่านคิดว่าเนื้อหาที่นำเสนอด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน	๔.๗๐	๐.๔๘	๑๒.๗๕	มากที่สุด
๓. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในบทเรียน	๔.๔๐	๐.๕๒	๘.๘๓	มาก
๔. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีความทันสมัยพร้อมใช้งาน	๔.๖๐	๐.๕๒	๑๐.๗๙	มากที่สุด
๕. ท่านคิดว่ารูปแบบของสื่อชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นที่ใช้ประกอบการเรียนรู้มีความเหมาะสม	๔.๒๐	๐.๔๒	๘.๕๐	มาก
๖. ท่านคิดว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น มีประโยชน์อย่างมากในการนำไปฝึกฝนและค้นคว้าด้วยตนเอง	๔.๓๐	๐.๔๘	๘.๕๐	มาก

ตารางที่ ๔ - ๔ ตารางผลการประเมินความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ (ต่อ)

หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	t (μ = ๓.๕๐)	การแปลผล
๗. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นเป็นสื่อที่มีการประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม	๔.๐๐	๐.๔๗	๕.๔๒	มาก
๘. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้	๔.๔๐	๐.๗๐	๖.๕๖	มาก

๙. ท่านคิดว่าอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้เพิ่มเติมในการทำงาน จะเอื้อประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานได้	๔.๑๐	๐.๕๗	๕.๓๗	มาก
๑๐. ท่านคิดว่าชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ช่วยประหยัดระยะเวลาการอธิบายลง ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น	๔.๔๐	๐.๕๒	๘.๘๓	มาก
รวม	๔.๓๓	๐.๕๑	๘.๓๐	มาก

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๔

จากตารางที่ ๔ - ๔ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยพิจารณาแต่ละรายการหัวข้อที่ใช้ประเมิน พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ได้แก่ เนื้อหาที่นำเสนอด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๗๐ และชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น มีความทันสมัยพร้อมใช้งาน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๖๐ สำหรับความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ในระดับดีมาก เรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย ได้แก่ ชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในบทเรียน มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๔๐, ชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น เป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๔๐, ชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ช่วยประหยัดระยะเวลาการอธิบายลงให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๔๐, กระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น มีประโยชน์อย่างมากในการนำไปฝึกฝนและค้นคว้าด้วยตนเอง มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๓๐, กระบวนการเรียนรู้ด้วยชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติได้จริง มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๒๐, รูปแบบของสื่อชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นที่ใช้ประกอบการเรียนรู้มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๒๐, อุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้เพิ่มเติมในการทำงาน จะเอื้อประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานได้ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๑๐ และชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น เป็นสื่อที่มีการประยุกต์ ใช้ได้อย่างเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๐๐

สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยรวมมีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๓๓, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ ๐.๕๑ และค่า t (คำนวณ) เท่ากับ ๘.๓๐ จากการเปิดตารางแจกแจงสถิติ t ที่ระดับนัยสำคัญ ๐.๐๕ และ df เท่ากับ ๒๕ พบว่า ค่า t จากตาราง เท่ากับ ๑.๗๐๘๑ แสดงว่า ค่า t ที่คำนวณมีค่ามากกว่าค่า t ที่เปิดจากตาราง จึงตกอยู่ในเขตปฏิเสธ H_0 แสดงให้เห็นว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดีถึงดีมาก

การวิเคราะห์ผลที่ได้โดยนำข้อมูลจากเอกสารที่อ้างอิงมาวิเคราะห์เพิ่มเติม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในเรื่องต่าง ๆ เป็นสิ่งสำคัญ ทุกวันนี้รูปแบบของการศึกษาได้เปลี่ยนแปลงไปจากอดีตที่เคยเป็นมา การนำเทคโนโลยีมาผสมผสานระหว่างมุมมองโลกแห่งความจริงเข้ากับวัตถุเสมือนจริง ผ่านเครื่องมือสื่อสารต่าง ๆ ซึ่งทำให้เกิดประสบการณ์การรับรู้ที่แปลกใหม่ โดยเป็นการเรียนรู้แบบอินเทอร์แอคทีฟ คือสามารถตอบโต้กับวัตถุเสมือนจริงได้ ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มองค์ประกอบทางดิจิตอลต่าง ๆ บนเครื่องมือสื่อสาร

ชัยอนันต์ สาขะจันทร์ (๒๕๕๙) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการเรียนแบบร่วมมือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อส่งเสริมทักษะปฏิบัติและความคงทนทางการเรียน สำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนแบบร่วมมือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม, เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ก่อนเรียนกับหลังเรียน, เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระหว่างผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบกับผู้เรียนที่เรียนแบบปกติ, ศึกษาทักษะปฏิบัติของนักศึกษาที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนที่พัฒนาขึ้น, ศึกษาความคงทนทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนที่พัฒนาขึ้น และศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อรูปแบบการเรียน กระบวนการในการพัฒนาแบ่งออกเป็น ๓ ระยะ ได้แก่ ระยะที่ ๑ การพัฒนาและหาความเหมาะสมของรูปแบบการเรียน เนื้อหาเรื่องงานกลึงและงานตะไบ ระยะที่ ๒ การพัฒนาเครื่องมือสร้างเนื้อหาตามโมเดลที่สังเคราะห์ไว้ สร้างแผนการเรียนและสื่อเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) สร้างแบบประเมินเนื้อหาและสื่อเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) สร้างแบบประเมินกิจกรรมการเรียนการสอนแบบร่วมมือ แบบประเมินทักษะปฏิบัติ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่มและแบบวัดความพึงพอใจ และระยะที่ ๓ การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นการนำเครื่องมือที่ได้พัฒนาไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง จำนวน ๒๖ คน ผลการวิจัยพบว่า ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนแบบร่วมมือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อส่งเสริมทักษะปฏิบัติและความคงทนทางการเรียน ภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของผู้เรียน ที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนเรียน และมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ๐.๐๕, ผลการศึกษาทักษะปฏิบัติของนักศึกษาที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนแบบร่วมมือ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมคะแนนในภาพรวมของการปฏิบัติงาน เรื่องงานกลึงและงานตะไบอยู่ในระดับดีมาก ดังนั้นจึงส่งผลให้เกิดความพึงพอใจของนักศึกษาต่อรูปแบบการเรียนแบบร่วมมือ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม อยู่ในระดับมากที่สุด

จากผลการวิจัยดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการวิจัยของงานวิจัยนี้ เรื่องแนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ซึ่งเป็นการศึกษาแนวทางการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้การวิจัยเชิงทดลองในการทดลองและทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเรียนรู้เครื่องจักร เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมและประสิทธิผลของต้นแบบฯ ต่อผู้ใช้งาน ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบโดยใช้แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้นั้น ได้ผ่านการทดสอบและประเมินผลการทำงานและประสิทธิภาพจาก

ผู้เชี่ยวชาญ สามารถนำไปทดลองใช้งานในการฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลดังกล่าวได้เป็นอย่างดี, ผลทดสอบผลการใช้งานของผู้ใช้ โดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และวัดประสิทธิภาพนั้น สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรม เมื่อมีการใช้งานต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ร่วมกับการอบรมปกติ และผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ อยู่ในระดับดีถึงดีมาก อีกทั้งสื่อการเรียนรู้ที่นำรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ ทำให้ผู้เข้ารับการอบรมที่นำต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ไปศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง เกิดความสนใจมีแรงบันดาลใจและจุดประกายในการศึกษาเรียนรู้เพิ่มเติม เมื่อได้สัมผัสกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่สามารถรวมภาพจริงเข้ากับภาพเสมือนที่สร้างขึ้นมาแสดงผลออกมาเป็นรูปแบบภาพ ๓ มิติหรือสื่อประสม จึงทำให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อรูปแบบสื่อการเรียนรู้ดังกล่าวอยู่ในระดับดีถึงดีมาก และสามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาและสร้างสรรค์ในสื่อการเรียนรู้ด้านอื่น ๆ ต่อไปได้ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการผลิตยุทโธปกรณ์ สามารถแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการเข้าถึงเทคโนโลยีของผู้รับการถ่ายทอดในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศได้

จะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในเรื่องต่าง ๆ เป็นการดึงดูดความสนใจของผู้ใช้ให้เกิดความสนใจในเนื้อหากระตุ้นและส่งเสริมการศึกษาให้มีความทันสมัยและความก้าวหน้าทันโลกมากขึ้น สื่อการเรียนการสอนที่สวยงามย่อมเป็นที่ดึงดูดของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาและทำให้ผู้เรียนมีผลการรับรู้ที่ดีขึ้นหลังจากที่ได้เรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ดังนั้นสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสามารถนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ได้

บทที่ ๕
สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยพัฒนา แนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพในการศึกษาแนวทางการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยใช้การวิจัยเชิงทดลองในการทดลองและทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเรียนรู้เครื่องจักร เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และประสิทธิผลของต้นแบบฯ ต่อผู้ใช้งาน ร่วมกับการดำเนินการวิจัยเชิงปริมาณในการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ และการสรุปผลการวิจัย เพื่อให้บรรลุผลทางการวิจัยในการศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตยุทโธปกรณ์ในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ และการหาแนวทางการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศต่อไป

ผู้วิจัย ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว สามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัยและพัฒนา ได้ดังนี้

สรุป

ส่วนที่ ๑ การประเมินผลการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

๑. การทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบ โดยใช้แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 และแบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 กับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบและประเมินผล เพื่อวัดประสิทธิภาพของทั้ง ๒ ด้าน ในการนำไปใช้ประกอบสื่อการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผลการประเมินคุณภาพเนื้อหาที่ใช้ในการประกอบการเรียนรู้เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และผลการประเมินคุณภาพสื่อใช้ในการประกอบการเรียนรู้ เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยผู้เชี่ยวชาญที่ร่วมกันแสดงออกทางด้านความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ จนกระทั่งสามารถประเมินผลออกมาได้คำตอบที่เหมาะสมและดีที่สุดนั้น พบว่า คุณภาพด้านเนื้อหา มีเนื้อหาที่รัดกุม การใช้ถ้อยคำสำนวนถูกต้องและเหมาะสมได้ใจความ โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = ๔.๕๓ และ S.D. = ๐.๕๑) และคุณภาพด้านสื่อ มีความกระชับ ระยะเวลาวิดีโอการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนไม่นานจนเกินไป เข้าใจได้ง่าย และภาพรวมแอปพลิเคชันที่ออกแบบนั้น มีความสวยงามและน่าสนใจ โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = ๔.๖๐ และ S.D. = ๐.๕๐) ดังนั้น ผลการตรวจสอบและประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งคุณภาพด้านเนื้อหาและคุณภาพด้านสื่อที่คณะผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นนั้น มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ประกอบการจัดทำต้นแบบสื่อการเรียนรู้ตามรูปแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้เป็นอย่างดี

ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า การพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ได้ผ่านการทดสอบและประเมินผลการทำงานและประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญสามารถนำไปทดลองใช้งานในการฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลดังกล่าวได้

๒. การทดสอบผลการใช้งานของผู้ใช้ โดยใช้การวิเคราะห์และประเมินผลการทดลองใช้งานชุดอุปกรณ์ สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้ เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างผู้เข้ารับการอบรม โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และวัดประสิทธิภาพของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรม สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

๒.๑ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และวัดประสิทธิภาพของกลุ่มที่ ๑ คือ กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติ ระหว่างคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติกับคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผลสัมฤทธิ์ของผู้เข้ารับการอบรมหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง มีประสิทธิภาพดีกว่า หลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ α = ๐.๐๕ โดยคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ($\overline{X}$ = ๒๑.๘๑ และ S.D. = ๑.๗๖๗) สูงกว่า คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ($\overline{X}$ = ๑๘.๒๓ และ S.D. = ๑.๕๓๑)

๒.๒ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และวัดประสิทธิภาพของกลุ่มที่ ๒ คือ กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ระหว่างคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติกับคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผลสัมฤทธิ์ของผู้เข้ารับการอบรมหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพดีกว่า

หลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ α = ๐.๐๕ โดยคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ($\overline{X}$ = ๓๖.๐๘ และ S.D. = ๒.๔๙๗) สูงกว่า คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ($\overline{X}$ = ๑๙.๑๙ และ S.D. = ๐.๙๘๑)

๒.๓ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมทั้ง ๒ กลุ่ม เพื่อทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของกลุ่มที่ ๑ กับคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นของกลุ่มที่ ๒ ด้วยค่าสถิติที (t-test) เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ α = ๐.๐๕

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ($\overline{X}$= ๓๖.๐๘ และ S.D. = ๒.๔๙๗) สูงกว่า กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับการศึกษาด้วยตนเอง ($\overline{X}$= ๒๑.๘๑ และ S.D. = ๑.๗๖๗) และมีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนน ($\overline{X}$) เท่ากับ ๑๔.๒๖๙, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ ๒.๘๕๐, สถิติทดสอบ t-test เท่ากับ ๒๕.๕๒๖ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ α = ๐.๐๕ เนื่องมาจากต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทำให้ผู้รับการอบรมที่นำไปศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง สามารถฝึกปฏิบัติงานผ่านทางชุดอุปกรณ์ที่เป็นแท็บเล็ต ในการฝึกขั้นตอนการปฏิบัติงานและการป้อนคำสั่ง โปรแกรมสามารถแสดงผลการทำงานของเครื่องจักรผ่านชุดอุปกรณ์ต้นแบบได้เสมือนฝึกปฏิบัติงานบนเครื่องจักรจริง จึงทำให้เห็นกระบวนการทำงานที่เกิดขึ้นบนเครื่องจักรและสร้างความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า ต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่พัฒนาขึ้น สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรม เมื่อมีการใช้งานต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ร่วมกับการอบรมปกติ

๓. การทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยการทดสอบผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับ เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับกลุ่มตัวอย่าง จะใช้แบบประเมินความพึงพอใจเพื่อทดสอบสมมติฐาน คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (μ > ๓.๕๐) เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ α = ๐.๐๕

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดีถึงดีมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ ๔.๓๓ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ ๐.๕๑ ทั้งนี้เนื่องจากสื่อการเรียนรู้ที่นำรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ ทำให้ผู้เข้ารับการอบรมที่นำต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ไปศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง เกิดความสนใจ มีแรงบันดาลใจและจุดประกายในการศึกษาเรียนรู้เพิ่มเติม เมื่อได้สัมผัสกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ที่สามารถรวมภาพจริงเข้ากับภาพเสมือนที่สร้างขึ้นมาแสดงผลออกมาเป็นรูปแบบภาพ ๓ มิติหรือสื่อประสม จึงทำให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อรูปแบบสื่อการเรียนรู้ดังกล่าวอยู่ในระดับดีถึงดีมาก และสามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาและสร้างสรรค์ในสื่อการเรียนรู้ด้านอื่น ๆ ต่อไปได้

ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า ผู้เข้ารับการอบรมที่มีการใช้งานต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่พัฒนาขึ้น มีความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ อยู่ในระดับดีถึงดีมาก

ส่วนที่ ๒ ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

จากผลสรุปการวิจัยเชิงทดลองและเชิงปริมาณของงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นนั้น จะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการผลิตยุทโธปกรณ์ สามารถช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้ใช้งานในการฝึกปฏิบัติงานได้อย่างเป็นรูปธรรม ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มทักษะในการฝึกปฏิบัติงานผ่านชุดอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมได้เสมือนการฝึกปฏิบัติงานบนเครื่องจักรในการผลิตจริง อีกทั้งการประยุกต์เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ทำให้การเรียนรู้มีความน่าสนใจ สร้างความเข้าใจให้แก่ผู้ใช้งานได้มากยิ่งขึ้น

โดยในการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเรียนรู้สำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมนั้น เป็นการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ให้มีความน่าสนใจ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงสื่อการเรียนรู้ได้เสมือนกับการฝึกปฏิบัติกับการใช้งานจริงบนเครื่องจักรต้นแบบในงานผลิตยุทธภัณฑ์ปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ซึ่งจากผลการพัฒนาต้นแบบฯ ในงานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางที่จะนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้สำหรับกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในด้านอื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่ล้วนแต่เป็นเครื่องจักรกลขนาดใหญ่และออกแบบเฉพาะงาน และมีปริมาณน้อยในแต่ละสายการผลิต โดยแนวทางการพัฒนานี้จะเป็นการลดข้อจำกัดในการเข้าถึงของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ในด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศได้เป็นอย่างดี

ในการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการวิจัยพัฒนาในครั้งนี้ มีปัญหาอุปสรรคในขั้นตอนของการทดสอบผลการใช้งานต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ของกลุ่มตัวอย่างผู้รับการอบรม เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างผู้รับการอบรมจำเป็นต้องมีพื้นฐานการใช้อุปกรณ์แท็ปเล็ต และมีทักษะการใช้โปรแกรมบนแท็ปเล็ตได้เป็นอย่างดี จึงจะสามารถใช้งานชุดอุปกรณ์ฯ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดตัวแปรแทรกซ้อนอื่นที่จะกระทบต่อผลการทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยได้แก้ปัญหาโดยการจัดการอบรมพื้นฐานการใช้งานอุปกรณ์แท็ปเล็ต รวมถึงวิธีการใช้งานโปรแกรมในขั้นต้นให้กับกลุ่มตัวอย่างผู้รับการอบรมก่อนเป็นจำนวน ๑๖ ชั่วโมง ก่อนเริ่มเข้ากระบวนการทดสอบการใช้งานตามขั้นตอนการทดสอบ นอกจากนี้ในส่วนของโปรแกรมในชุดอุปกรณ์ต้นแบบฯ ผู้วิจัยได้พัฒนาคู่มือการใช้งานแบบดิจิตอลสำหรับประกอบการใช้งานของผู้ใช้ด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากการประเมินผลการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงาน และแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ผู้วิจัยได้จัดทำข้อเสนอแนะ โดยพิจารณาประเด็นที่เกี่ยวข้อง ๓ ประเด็น คือ ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ และข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัยต่อไป ดังนี้

๑. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

๑.๑ ควรมีการวางแนวทางการประยุกต์เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการพัฒนารูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อลดข้อจำกัดในการเข้าถึงเทคโนโลยีของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ และช่วยลดอุปสรรคที่เกิดจากวิกฤติการณ์ต่าง ๆ ที่การถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยการปฏิสัมพันธ์กันไม่สามารถดำเนินการได้ โดยการส่งเสริมการประยุกต์เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เข้ากับสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการถ่ายทอดเทคโนโลยี รวมถึงการนำสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรในการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศต่าง ๆ ทั้งในทางตรงและทางอ้อม

๑.๒ ควรมีการวางนโยบายในการกำหนดแนวทางพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในภาพรวมตามกลุ่มงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศใช้แต่ละประเภท เพื่อขจัดความซ้ำซ้อนในการพัฒนาและการประยุกต์ใช้ สามารถนำสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเข้าไปยังกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ตรงตามกลุ่มเป้าหมาย และสามารถบริหารจัดการในการพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และยังสามารถบูรณาการองค์ความรู้สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ในรูปแบบของศูนย์รวบรวมองค์ความรู้ที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมผสมผสานกับอุปกรณ์หรือสถานที่ หรือในรูปแบบของแหล่งรวบรวมองค์ความรู้ในระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ในการนำองค์ความรู้สู่ผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

๒. ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

๒.๑ องค์กรหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบในการถ่ายทอดเทคโนโลยี ควรจะมีการส่งเสริมการใช้สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีอย่างจริงจัง ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อผู้รับการถ่ายทอด อาทิ แท็ปเล็ตหรือสมาร์ทโฟน ในกรณีที่ผู้รับการถ่ายทอดไม่มีอุปกรณ์ดังกล่าว ให้สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้ รวมถึงการประเมินและรวบรวมผลตอบรับในการใช้งาน เพื่อนำส่งให้แก่ผู้พัฒนาในการปรับปรุงให้ตรงความต้องการของผู้ถ่ายทอดและผู้รับการถ่ายทอด/ผู้ใช้ รวมถึงตรงตามวัตถุประสงค์ของการถ่ายทอดเทคโนโลยี

๒.๒ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศนั้น ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ควรมีการปรับสมดุลระหว่างเนื้อหาขององค์ความรู้ที่ต้องการถ่ายทอดเทคโนโลยี และรูปแบบความน่าสนใจของสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนา เนื่องจากเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเป็นสิ่งใหม่ มีจุดเด่นที่ผู้พัฒนาสามารถสร้างความตื่นตา น่าสนใจให้กับผู้ใช้งาน แต่สำหรับการประยุกต์เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมกับสื่อการเรียนรู้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้นต้องคำนึงถึงเนื้อหาขององค์ความรู้ที่ผู้ถ่ายทอดต้องการนำส่งร่วมด้วย เพื่อให้ผู้รับการถ่ายทอดได้รับ

องค์ความรู้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการถ่ายทอดเทคโนโลยี ฉะนั้นผู้พัฒนาต้องมีการปรับความสมดุลให้สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนามีความน่าสนใจในการใช้งาน และมีเนื้อหาองค์ความรู้ที่สมบูรณ์ครบถ้วนที่ผู้รับถ่ายทอดจะได้รับจากการใช้งาน

๒.๓ การประยุกต์การใช้งานในปัจจุบัน การใช้งานสื่อการเรียนรู้ในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมนั้น ควรมีการวางระบบเชื่อมต่อชุดสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาให้สามารถใช้งานผ่านระบบเครือข่ายได้ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้ามาใช้งานได้สะดวกและสามารถใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย อีกทั้งระบบควรสามารถรองรับกับเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายยุคปัจจุบันซึ่งได้แก่ เทคโนโลยี 5G (5th Generation) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีความเร็วสูง และมีความสามารถในการส่งข้อมูลปริมาณมาก และกำลังจะเป็นเทคโนโลยีพื้นฐานของผู้ใช้งานในยุคปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์หรือระบบเครือข่ายไร้สาย ควรจะต้องคำนึงถึงการรักษาความปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cyber Security) เป็นสำคัญ เนื่องจากเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ เป็นอุตสาหกรรมที่ต้องมีการรักษาความลับในระดับสูง ไม่สามารถเผยแพร่สาธารณะได้

๓. ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัยต่อไป

๓.๑ การนำต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมไปประยุกต์พัฒนาต่อไปนั้น นอกเหนือจากการใช้งานโดยใช้มือสัมผัสผ่านหน้าจอแท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟนโดยตรงแล้ว ในปัจจุบันสามารถนำแว่นตาสำหรับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality Glasses) มาใช้ทดแทน เพื่อให้สามารถใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

๓.๒ การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ นอกจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) ดังเช่นงานวิจัยฉบับนี้แล้ว ปัจจุบันยังมีการนำเทคโนโลยีโลกเสมือนจริง (Virtual Reality) มาพัฒนาร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งทำให้สื่อการเรียนรู้มีความน่าสนใจและเสมือนจริงมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารงานวิจัยเรื่อง แนวทางการพัฒนาพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยการให้ความช่วยเหลือแนะนำของท่านอาจารย์ที่ปรึกษาหลักที่กรุณาให้คำแนะนำข้อคิดเห็นตรวจสอบและแก้ไขเอกสารวิจัยตลอดจนและให้คำปรึกษาทุกๆด้านเป็นอย่างดี ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณคณะเจ้าหน้าที่ของวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักรทุกท่านที่ให้ความสะดวกการอำนวยการและการประสานงาน เพื่อให้การจัดทำเอกสารวิจัยของผู้เขียนครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณโรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร ที่ให้การสนับสนุน สถานที่ สิ่งอำนวยความสะดวก และเครื่องจักรกลต้นแบบ ในการดำเนินการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รวมไปถึงการจัดการฝึกอบรม การทดสอบและประเมินผลสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณบุคลากรคณะผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน ที่รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย การร่วมพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์ และแบบประเมินผลการทดสอบ ตลอดจนกลุ่มตัวอย่างผู้เข้ารับการอบรมทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือเข้าร่วมทดสอบ และตอบแบบสอบถาม ในการทดสอบและประเมินผลการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ คุณความดีอันพึงมีและประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน บิดา มารดา ครูอาจารย์ ครอบครัว และผู้มีส่วนให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่ง ในการศึกษาวิจัยและจัดทำเอกสารงานวิจัย ให้สำเร็จสมตามความมุ่งหมายทุกประการ

พลโท
(คมสัน ศรียานนท์)
นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตร วปอ. รุ่นที่ ๖๓
ผู้วิจัย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. //การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. กรุงเทพมหานคร : บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). /๒๕๕๒.

นพพร ธนะชัยขันธ์, รศ. ดร. //สถิติเบื้องต้นสำหรับการวิจัย. //กรุงเทพมหานคร/ : /บริษัท วิทยพัฒน์ จำกัด, /๒๕๕๕.

ปิยะฉัตร จารุจินดา, ดิศานุวัตร วรจิรกาล และธีรพงศ์ ลีลานุภาพ. //การประยุกต์ใช้ความเป็นจริงเสริมสำหรับเพิ่มประสบการณ์การท่องโลกวรรณคดี.

วิทยานิพนธ์ รายงานการวิจัย เอกสารวิจัย

จารุวรรณ อุ้ยฟักเจริญ. //“ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการวินโดวส์หรือระบบปฏิบัติการแมคโอเอสเป็นระบบปฏิบัติการหลัก”. //เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต, /สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ, /มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, /๒๕๕๙.

ชัยอนันต์ สาขะจันทร์. //“การพัฒนารูปแบบการเรียนแบบร่วมมือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อส่งเสริมทักษะปฏิบัติและความคงทนทางการเรียน สำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต”. //ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, /สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา, /มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, /๒๕๕๙

สุขุมาพร อินทนาศักดิ์. //“การศึกษาการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาคอุตสาหกรรมไปสู่มหาวิทยาลัย: กรณีศึกษา บริษัท A และสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี”. /๒๕๕๓.

เอกสารไม่ตีพิมพ์

ซ่อนกลิ่น พลอยมี. //“การถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศไทยจากการลงทุนจากต่างประเทศ : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย”. //กระทรวงการต่างประเทศ. /๒๕๖๑.

ณัฐญา นาคะสันต์ และศุภรางค์ เรืองวานิช. //“Augmented Reality : เติมชีวิตให้สื่อสิ่งพิมพ์ทางการศึกษา Augmented Reality : Bringing Life to Educational Publications”. /๒๕๕๙.

ธีรวุฒิ สุทธิประภา. //“การถ่ายทอดเทคโนโลยีจากสถาบันการศึกษาไปสู่ผู้ประกอบการ กรณีศึกษาคลัสเตอร์อัญมณีและเครื่องประดับในจังหวัดจันทบุรี”. /๒๕๕๘.

“แผนปฏิบัติการด้านการพัฒนา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ (พ.ศ. ๒๕๖๓ - ๒๕๘๐) กระทรวงกลาโหม”.

“แผนแม่บทอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ พ.ศ.๒๕๕๘ - ๒๕๖๓ กระทรวงกลาโหม”.

ฝ่ายวิเคราะห์เทคโนโลยีป้องกันประเทศ สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน). //“การวิจัยพัฒนาสู่อุตสาหกรรมป้องกันประเทศกับเศรฐกิจเชิงสร้างสรรค์ : มิติใหม่ในทศวรรษหน้า”. /๒๕๕๔.

ภาวิณี นาคชุ่ม,วรนุช จันทร์โอ และสุกัญญา เจริญกิจธนลาภ. //“การพัฒนาระบบสืบค้นโครงงานสหกิจศึกษาผ่านแอพพลิเคชั่น บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์”. / ๒๕๕๘.

รชยา วราจิตเกษม. //“การพัฒนาแบบจำลองเสมือน ๔ มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย”. /๒๕๕๕.

วิษณุ มั่งคั่ง. //“บทความวิชาการ แนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศภายใต้กรอบยุทธศาสตร์ชาติ ๒๐ ปี”. /๒๕๖๐.

ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร. //“แผนแม่บทอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ พ.ศ. ๒๕๕๘ - ๒๕๖๓”. /๒๕๕๗

ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร. //“ยุทธศาสตร์ การพัฒนา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี อุตสาหกรรมป้องกันประเทศ กระทรวงกลาโหม พ.ศ. ๒๕๖๐ - ๒๕๗๙”. /๒๕๕๙.

ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร. //“คู่มือการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG HK-200/2”.

ส่งเสริมอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน),สำนักงาน. //“คู่มือสร้างงาน 3D แบบครบวงจร”.

สมชาย รัตนชื่อสกุล และทิพย์สุรางค์ วาทิตต์พันธุ์. //“ปัญหาการถ่ายทอดเทคโนโลยีภายใต้อนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ”. /๒๕๕๒.

อนุชา พวงผกา และ สุวิทย์ วงษ์บุญมาก. //“เทคโนโลยีเสมือนจริงในงานห้องสมุด Augmented Reality (AR) in the Library”. /๒๕๕๘.

เอกชัย หาญพูนวิทยา,พลตรี. //“การขับเคลื่อนกิจการอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทยให้เป็นรูปธรรม”. /๒๕๖๑.

ฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

“กราฟฟิกทั่วไป”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.research-system.siam.edu/images/AD.Siam/AJ.Why/why๑๕๘/Why๓๕๘/๐๙/๐๕_ch๒.pdf

“การพัฒนาหนังสือประกอบการเรียนรู้เทคโนโลยีเสมือนจริง (AR application)” (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.ska๒.go.th/reis/data/research/๒๕๖๑๐๖๑๕_๑๐๔๗๓๘_๕๘๔๘.pdf

“ยุทธศาสตร์ในการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี Knowledge Management การจัดการองค์ความรู้ สป.วท.”(ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://km.mhesi.go.th/content

เอกพงศ์ มุสิกะเจริญ. //“การแพร่กระจายและการยอมรับนวัตกรรม”. /(ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : www.clinictech.ops.go.th/online/pages/blog_view.asp?blog_id=121

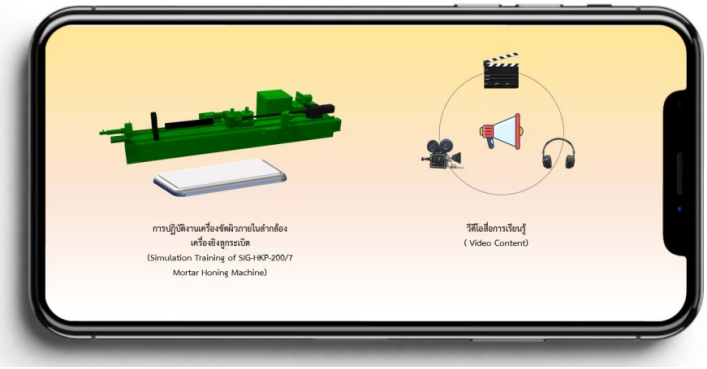
ภาษาต่างประเทศ

Gopalakrishnan S and santoro D.M. 2004 Organizational. Alliances with universities - how firms absorb and apply knowledge.

Hussian. Organizational Culture and Environmental Performance. 1988

ภาคผนวก

ผนวก ก
คู่มือการใช้งานต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงาน สำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม



หน้าจอหลัก

เมื่อเปิดแอปพลิเคชันจะแสดงหน้าจอหลักซึ่งจะมี ๒ ฟังก์ชันให้เลือก คือ

๑. การปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด (Simulation Training of SIG-HKP-200/7 Mortar Honing Machine)

๒. วิดีโอสื่อการเรียนรู้ (Video Content)

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)

๑. หน้าจอแสดงฟงกชนสแกนมารกเกอร

อันดับแรกทำการส่องกล้องไปบนพื้นที่ราบ แอปพลิเคชันจะทำการประมวลผลและกำหนดพื้นที่ราบให้เป็นมาร์กเกอร์พร้อมกับสัญลักษณ์มาร์กเกอร์ หลังจากสัญลักษณ์มาร์กเกอร์แสดงขึ้นจะสามารถกำหนดโมเดลสามมิติได้ โดยการสัมผัส หน้าจอ ๑ ครั้ง

๒. ฟังก์ชัน Automatic Control

ใช้สำหรับการป้อนคำสั่งควบคุมโมเดลสามมิติของเครื่องจักรกลต้นแบบ เสมือนการป้อนคำสั่งบนเครื่องจักรจริง โดยการใช้ฟังก์ชันนี้ให้ทำการกดปุ่มด้านซ้ายของจอ

๓. ฟังก์ชัน Manual Control

การใช้งานฟังก์ชัน Manual Control ให้กดปุ่มด้านล่างจอ ซึ่งจะมีปุ่มควบคุม/คำสั่งและแสดงสถานภาพของเครื่องจักร ซึ่งฟังก์ชันนี้สามารถใช้การควบคุมเครื่องจักรโดยตรงจากผู้ควบคุม

๔. ขั

กดที่ปุ่มย่อ - ขยาย ด้านขวาของหน้าจอ จะใช้สำหรับการปรับอัตราส่วนโมเดลสามมิติทั้งย่อและลดขนาด โดยปกติอัตราส่วนจะเท่ากับกับขนาดจริง

๕. ฟังก์ชันการหมุนของโมเดลสามมิติ

สามารถใช้นิ้วสัมผัส เพื่อหมุนโมเดลสามมิติทวนเข็มและตามเข็มนาฬิกาได้ตามที่ต้องการ

๖. ฟังก์ชันโฮม

สามารถใช้นิ้วสัมผัสปุ่มโฮม เพื่อกลับไปหน้าหลัก

สามารถใช้นิ้วสัมผัสปุ่มรีเซต เพื่อเริ่มต้นหน้านี้ใหม่ทั้งหมด

สามารถใช้นิวสัมผัส เพื่อนำเข้าลำกล้องเข้าสู่หัวจับ แอนิเมชันโมเดลสามมิติจะจำลองการเคลื่อนที่ของลำกล้อง

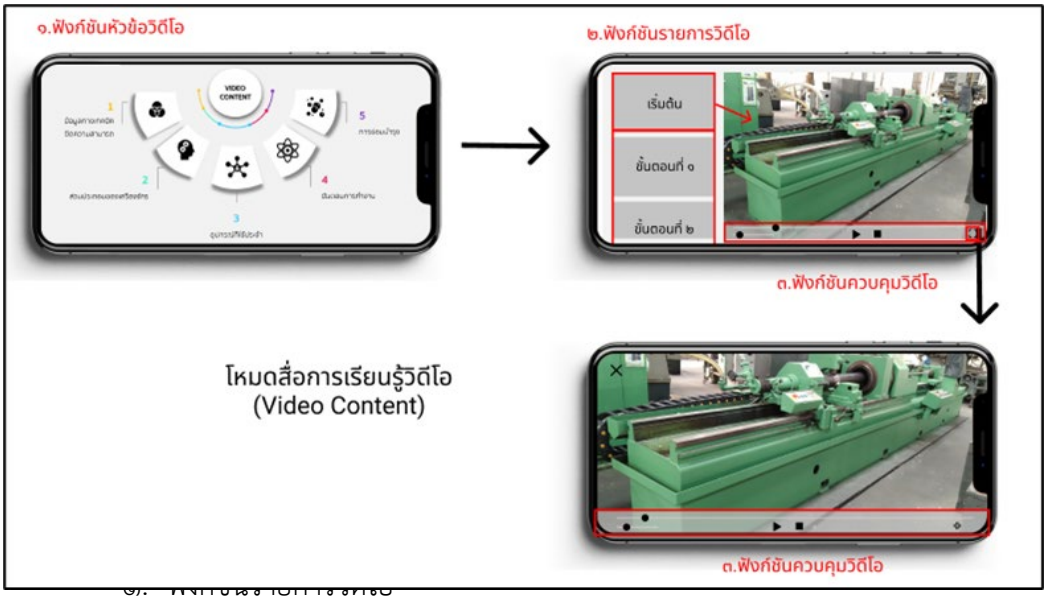
๙. ฟังก์ชันเลื่อนตัวประคองศูนย์

สามารถใช้นิ้วสัมผัส เพื่อเลื่อนตัวประคองศูนย์ แอนิเมชันโมเดลสามมิติจะจำลองการเลื่อนตัวประคองศูนย์มาประคองลำกล้อง

๑๐.

สามารถเชนวสมผส เพอเคลอนหวฉดนาหลอเยนเปเว้ ณ จุดปลายลำกล้อง แอนิเมชันโมเดลสามมิติจะจำลองการเลื่อนหัวฉีดน้ำหล่อเย็น

วิดีโอสื่อการเรียนรู้ (Video Content)

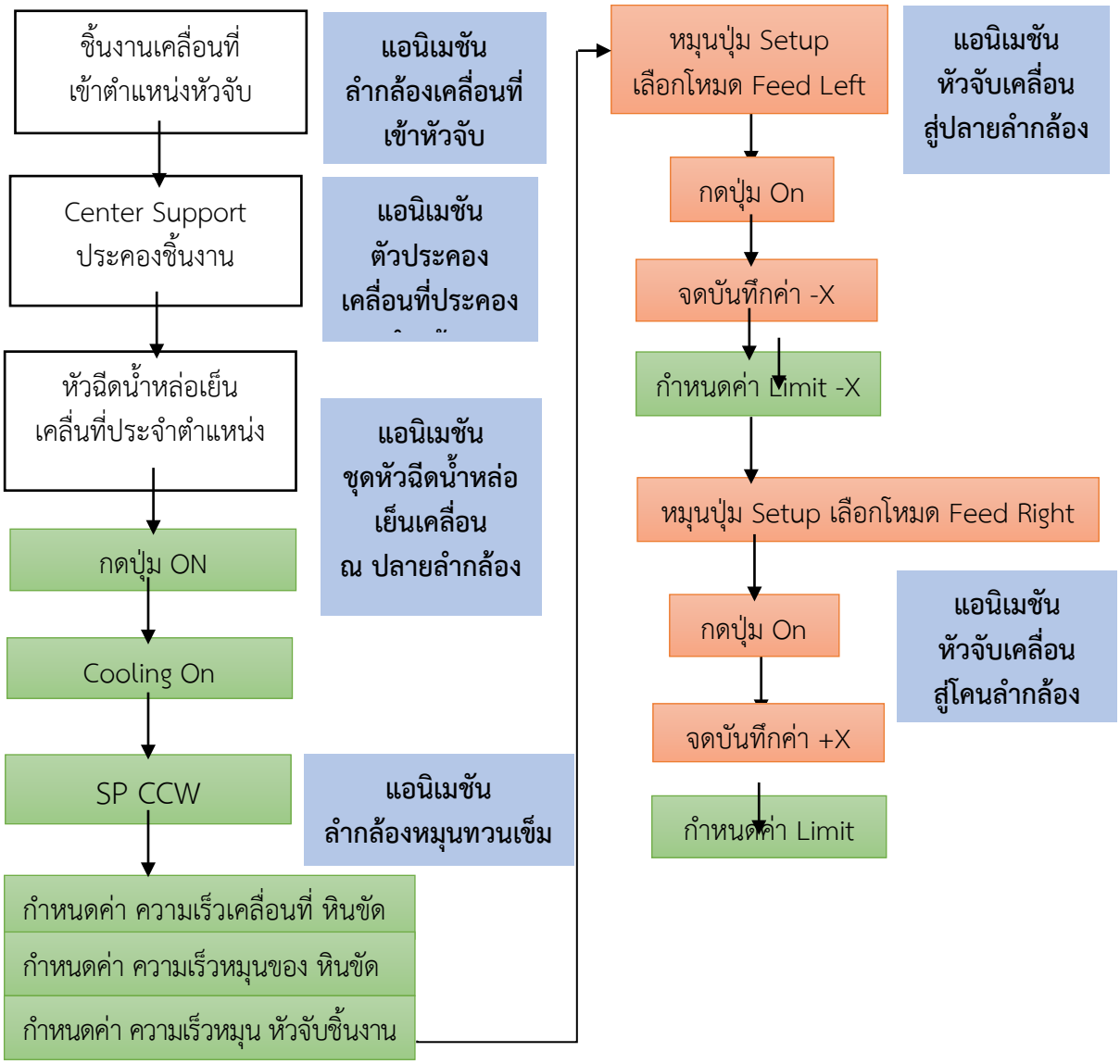


๗. ฟังก์ชันสื่อการเรียน

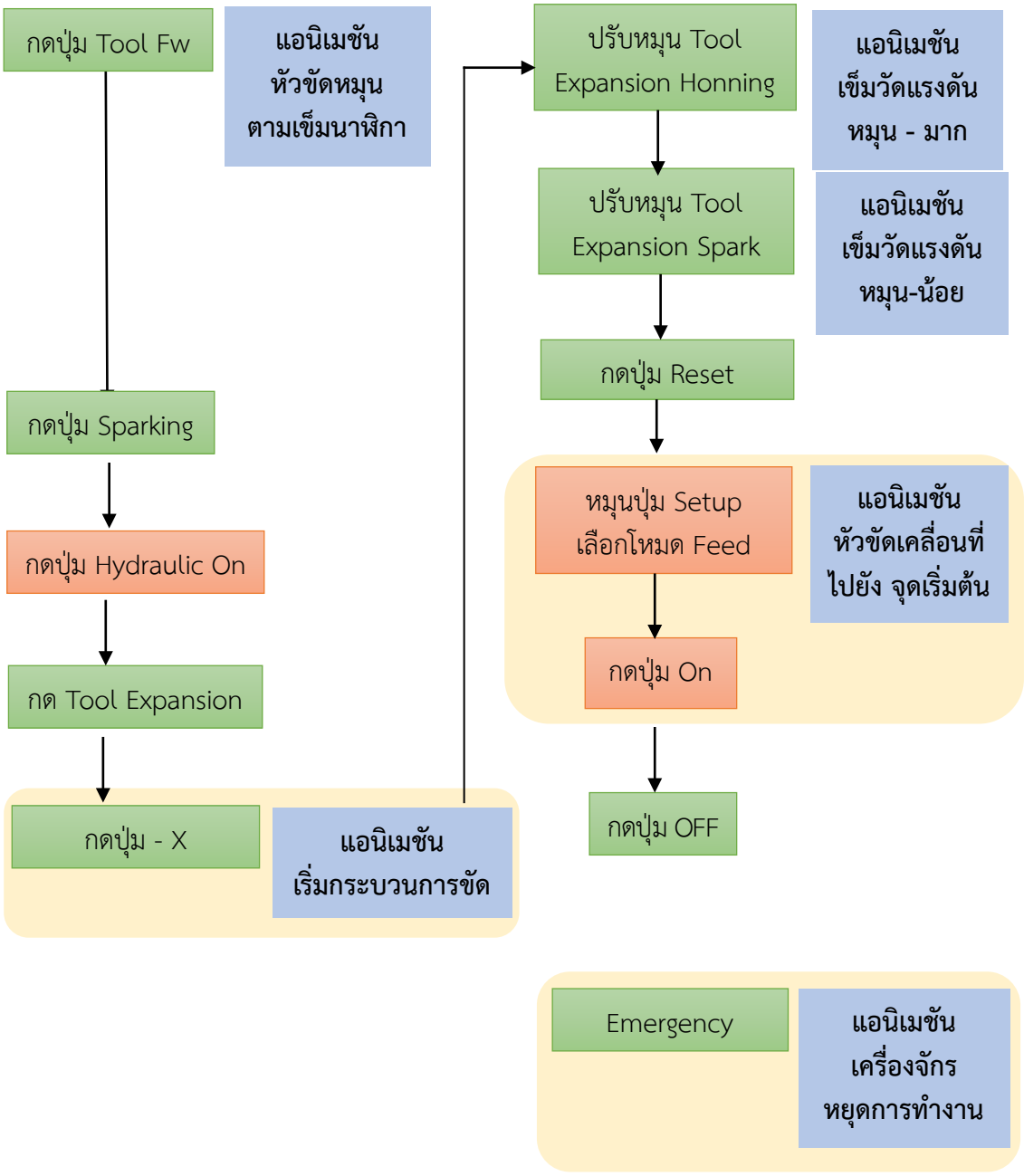
เมื่อเลือกวิดีโอสื่อการเรียนรู้ (Video Content) ที่หน้าจอหลักจะเข้าสู่ฟังก์ชันเมนูวิดีโอ ให้ทำการเลือกหัวข้อวิดีโอที่ต้องการศึกษา จากนั้นจะเข้าสู่หน้ารายการวิดีโอ สามารถเลือกวิดีโอ

ด้วยการเลื่อนขึ้น - ลง เมื่อเลือกวิดีโอที่ต้องการได้แล้ว วิดีโอจะแสดงทางขวาของหน้าจอ เราสามารถกดปุ่มเลื่อนวิดีโอ เดินหน้า - ถอยหลัง, เพิ่มเสียง - ลดเสียง, ปุ่มเล่น - ปุ่มหยุดและขยายหน้าจอจากมุมล่างด้านขวาของหน้าจอเพื่อให้วิดีโอแสดงภาพได้เต็มหน้าจอ

ขั้นตอนการใช้งานเครื่องขัดลำกล้อง



ขั้นตอนการใช้งานเครื่องขัดลำกล้อง (ต่อ)



ผนวก ข
ตารางแจกแจง t

ตารางการแจกแจง t

	0.1	0.05	0.025	0.02	0.015	0.01	0.005	0.0025	0.0005	One-tail
df	0.2	0.1	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.005	0.001	Two-tail
1	3.0777	6.3137	12.7062	15.8945	21.2051	31.8210	63.6559	127.3211	636.5776	
2	1.8856	2.9200	4.3027	4.8487	5.6428	6.9645	9.9250	14.0892	31.5998	
3	1.6377	2.3534	3.1824	3.4819	3.8961	4.5407	5.8408	7.4532	12.9244	
4	1.5332	2.1318	2.7765	2.9985	3.2976	3.7469	4.6041	5.5975	8.6101	
5	1.4759	2.0150	2.5706	2.7565	3.0029	3.3649	4.0321	4.7733	6.8685	
6	1.4398	1.9432	2.4469	2.6122	2.8289	3.1427	3.7074	4.3168	5.9587	
7	1.4149	1.8946	2.3646	2.5168	2.7146	2.9979	3.4995	4.0294	5.4081	
8	1.3968	1.8595	2.3060	2.4490	2.6338	2.8965	3.3554	3.8325	5.0414	
9	1.3830	1.8331	2.2622	2.3984	2.5738	2.8214	3.2498	3.6896	4.7809	
10	1.3722	1.8125	2.2281	2.3593	2.5275	2.7638	3.1693	3.5814	4.5868	
11	1.3634	1.7959	2.2010	2.3281	2.4907	2.7181	3.1058	3.4966	4.4369	
12	1.3562	1.7823	2.1788	2.3027	2.4607	2.6810	3.0545	3.4284	4.3178	
13	1.3502	1.7709	2.1604	2.2816	2.4358	2.6503	3.0123	3.3725	4.2209	
14	1.3450	1.7613	2.1448	2.2638	2.4149	2.6245	2.9768	3.3257	4.1403	
15	1.3406	1.7531	2.1315	2.2485	2.3970	2.6025	2.9467	3.2860	4.0728	
16	1.3368	1.7459	2.1199	2.2354	2.3815	2.5835	2.9208	3.2520	4.0149	
17	1.3334	1.7396	2.1098	2.2238	2.3681	2.5669	2.8982	3.2224	3.9651	
18	1.3304	1.7341	2.1009	2.2137	2.3562	2.5524	2.8784	3.1966	3.9217	
19	1.3277	1.7291	2.0930	2.2047	2.3457	2.5395	2.8609	3.1737	3.8833	
20	1.3253	1.7247	2.0860	2.1967	2.3362	2.5280	2.8453	3.1534	3.8496	
21	1.3232	1.7207	2.0796	2.1894	2.3278	2.5176	2.8314	3.1352	3.8193	
22	1.3212	1.7171	2.0739	2.1829	2.3202	2.5083	2.8188	3.1188	3.7922	
23	1.3195	1.7139	2.0687	2.1770	2.3132	2.4999	2.8073	3.1040	3.7676	
24	1.3178	1.7109	2.0639	2.1715	2.3069	2.4922	2.7970	3.0905	3.7454	
25	1.3163	1.7081	2.0595	2.1666	2.3011	2.4851	2.7874	3.0782	3.7251	
26	1.3150	1.7056	2.0555	2.1620	2.2958	2.4786	2.7787	3.0669	3.7067	
27	1.3137	1.7033	2.0518	2.1578	2.2909	2.4727	2.7707	3.0565	3.6895	
28	1.3125	1.7011	2.0484	2.1539	2.2864	2.4671	2.7633	3.0470	3.6739	
29	1.3114	1.6991	2.0452	2.1503	2.2822	2.4620	2.7564	3.0380	3.6595	
30	1.3104	1.6973	2.0423	2.1470	2.2783	2.4573	2.7500	3.0298	3.6460	
31	1.3095	1.6955	2.0395	2.1438	2.2746	2.4528	2.7440	3.0221	3.6335	
32	1.3086	1.6939	2.0369	2.1409	2.2712	2.4487	2.7385	3.0149	3.6218	
33	1.3077	1.6924	2.0345	2.1382	2.2680	2.4448	2.7333	3.0082	3.6109	
34	1.3070	1.6909	2.0322	2.1356	2.2650	2.4411	2.7284	3.0020	3.6007	
35	1.3062	1.6896	2.0301	2.1332	2.2622	2.4377	2.7238	2.9961	3.5911	

ตารางการแจกแจง t (ต่อ)

df	0.1 0.2	0.05 0.1	0.025 0.05	0.02 0.04	0.015 0.03	0.01 0.02	0.005 0.01	0.0025 0.005	0.0005 0.001	One-tail Two-tail
36	1.3055	1.6883	2.0281	2.1309	2.2595	2.4345	2.7195	2.9905	3.5821	
37	1.3049	1.6871	2.0262	2.1287	2.2570	2.4314	2.7154	2.9853	3.5737	
38	1.3042	1.6860	2.0244	2.1267	2.2546	2.4286	2.7116	2.9803	3.5657	
39	1.3036	1.6849	2.0227	2.1247	2.2524	2.4258	2.7079	2.9756	3.5581	
40	1.3031	1.6839	2.0211	2.1229	2.2503	2.4233	2.7045	2.9712	3.5510	
41	1.3025	1.6829	2.0195	2.1212	2.2483	2.4208	2.7012	2.9670	3.5443	
42	1.3020	1.6820	2.0181	2.1195	2.2463	2.4185	2.6981	2.9630	3.5377	
43	1.3016	1.6811	2.0167	2.1179	2.2445	2.4163	2.6951	2.9592	3.5316	
44	1.3011	1.6802	2.0154	2.1164	2.2428	2.4141	2.6923	2.9555	3.5258	
45	1.3007	1.6794	2.0141	2.1150	2.2411	2.4121	2.6896	2.9521	3.5203	
46	1.3002	1.6787	2.0129	2.1136	2.2395	2.4102	2.6870	2.9488	3.5149	
47	1.2998	1.6779	2.0117	2.1123	2.2380	2.4083	2.6846	2.9456	3.5099	
48	1.2994	1.6772	2.0106	2.1111	2.2365	2.4066	2.6822	2.9426	3.5050	
49	1.2991	1.6766	2.0096	2.1099	2.2351	2.4049	2.6800	2.9397	3.5005	
50	1.2987	1.6759	2.0086	2.1087	2.2338	2.4033	2.6778	2.9370	3.4960	
51	1.2984	1.6753	2.0076	2.1076	2.2325	2.4017	2.6757	2.9343	3.4917	
52	1.2980	1.6747	2.0066	2.1066	2.2313	2.4002	2.6737	2.9318	3.4877	
53	1.2977	1.6741	2.0057	2.1055	2.2301	2.3988	2.6718	2.9293	3.4837	
54	1.2974	1.6736	2.0049	2.1046	2.2289	2.3974	2.6700	2.9270	3.4799	
55	1.2971	1.6730	2.0040	2.1036	2.2279	2.3961	2.6682	2.9247	3.4765	
56	1.2969	1.6725	2.0032	2.1027	2.2268	2.3948	2.6665	2.9225	3.4730	
57	1.2966	1.6720	2.0025	2.1018	2.2258	2.3936	2.6649	2.9204	3.4695	
58	1.2963	1.6716	2.0017	2.1010	2.2248	2.3924	2.6633	2.9184	3.4663	
59	1.2961	1.6711	2.0010	2.1002	2.2238	2.3912	2.6618	2.9164	3.4632	
60	1.2958	1.6706	2.0003	2.0994	2.2229	2.3901	2.6603	2.9146	3.4602	
61	1.2956	1.6702	1.9996	2.0986	2.2220	2.3890	2.6589	2.9127	3.4572	
62	1.2954	1.6698	1.9990	2.0979	2.2212	2.3880	2.6575	2.9110	3.4545	
63	1.2951	1.6694	1.9983	2.0971	2.2203	2.3870	2.6561	2.9093	3.4517	
64	1.2949	1.6690	1.9977	2.0965	2.2195	2.3860	2.6549	2.9076	3.4491	
65	1.2947	1.6686	1.9971	2.0958	2.2188	2.3851	2.6536	2.9060	3.4466	
66	1.2945	1.6683	1.9966	2.0951	2.2180	2.3842	2.6524	2.9045	3.4441	
67	1.2943	1.6679	1.9960	2.0945	2.2173	2.3833	2.6512	2.9030	3.4418	
68	1.2941	1.6676	1.9955	2.0939	2.2166	2.3824	2.6501	2.9015	3.4395	
69	1.2939	1.6672	1.9949	2.0933	2.2159	2.3816	2.6490	2.9001	3.4372	
70	1.2938	1.6669	1.9944	2.0927	2.2152	2.3808	2.6479	2.8987	3.4350	

ตารางการแจกแจง t (ต่อ)

df	0.1 0.2	0.05 0.1	0.025 0.05	0.02 0.04	0.015 0.03	0.01 0.02	0.005 0.01	0.0025 0.005	0.0005 0.001	One-tail Two-tail
71	1.2936	1.6666	1.9939	2.0922	2.2146	2.3800	2.6469	2.8974	3.4329	
72	1.2934	1.6663	1.9935	2.0916	2.2139	2.3793	2.6458	2.8961	3.4308	
73	1.2933	1.6660	1.9930	2.0911	2.2133	2.3785	2.6449	2.8948	3.4289	
74	1.2931	1.6657	1.9925	2.0906	2.2127	2.3778	2.6439	2.8936	3.4270	
75	1.2929	1.6654	1.9921	2.0901	2.2122	2.3771	2.6430	2.8924	3.4249	
76	1.2928	1.6652	1.9917	2.0896	2.2116	2.3764	2.6421	2.8913	3.4232	
77	1.2926	1.6649	1.9913	2.0891	2.2110	2.3758	2.6412	2.8902	3.4214	
78	1.2925	1.6646	1.9908	2.0887	2.2105	2.3751	2.6403	2.8891	3.4197	
79	1.2924	1.6644	1.9905	2.0882	2.2100	2.3745	2.6395	2.8880	3.4180	
80	1.2922	1.6641	1.9901	2.0878	2.2095	2.3739	2.6387	2.8870	3.4164	
81	1.2921	1.6639	1.9897	2.0873	2.2090	2.3733	2.6379	2.8860	3.4148	
82	1.2920	1.6636	1.9893	2.0869	2.2085	2.3727	2.6371	2.8850	3.4132	
83	1.2918	1.6634	1.9890	2.0865	2.2080	2.3721	2.6364	2.8840	3.4116	
84	1.2917	1.6632	1.9886	2.0861	2.2076	2.3716	2.6356	2.8831	3.4101	
85	1.2916	1.6630	1.9883	2.0857	2.2071	2.3710	2.6349	2.8822	3.4086	
86	1.2915	1.6628	1.9879	2.0854	2.2067	2.3705	2.6342	2.8813	3.4073	
87	1.2914	1.6626	1.9876	2.0850	2.2063	2.3700	2.6335	2.8804	3.4059	
88	1.2912	1.6624	1.9873	2.0846	2.2058	2.3695	2.6329	2.8795	3.4046	
89	1.2911	1.6622	1.9870	2.0843	2.2054	2.3690	2.6322	2.8787	3.4033	
90	1.2910	1.6620	1.9867	2.0839	2.2050	2.3685	2.6316	2.8779	3.4019	
91	1.2909	1.6618	1.9864	2.0836	2.2047	2.3680	2.6309	2.8771	3.4006	
92	1.2908	1.6616	1.9861	2.0833	2.2043	2.3676	2.6303	2.8763	3.3995	
93	1.2907	1.6614	1.9858	2.0830	2.2039	2.3671	2.6297	2.8755	3.3982	
94	1.2906	1.6612	1.9855	2.0826	2.2035	2.3667	2.6291	2.8748	3.3970	
95	1.2905	1.6611	1.9852	2.0823	2.2032	2.3662	2.6286	2.8741	3.3958	
96	1.2904	1.6609	1.9850	2.0820	2.2028	2.3658	2.6280	2.8733	3.3948	
97	1.2903	1.6607	1.9847	2.0817	2.2025	2.3654	2.6275	2.8727	3.3937	
98	1.2903	1.6606	1.9845	2.0814	2.2022	2.3650	2.6269	2.8720	3.3926	
99	1.2902	1.6604	1.9842	2.0812	2.2018	2.3646	2.6264	2.8713	3.3915	
100	1.2901	1.6602	1.9840	2.0809	2.2015	2.3642	2.6259	2.8707	3.3905	
105	1.2897	1.6595	1.9828	2.0796	2.2000	2.3624	2.6235	2.8676	3.3856	
110	1.2893	1.6588	1.9818	2.0784	2.1986	2.3607	2.6213	2.8648	3.3811	
115	1.2890	1.6582	1.9808	2.0773	2.1973	2.3592	2.6193	2.8622	3.3772	
120	1.2886	1.6576	1.9799	2.0763	2.1962	2.3578	2.6174	2.8599	3.3734	
125	1.2884	1.6571	1.9791	2.0754	2.1951	2.3566	2.6157	2.8577	3.3701	

ตารางการแจกแจง t (ต่อ)

df	0.1 0.2	0.05 0.1	0.025 0.05	0.02 0.04	0.015 0.03	0.01 0.02	0.005 0.01	0.0025 0.005	0.0005 0.001	One-tail Two-tail
140	1.2876	1.6558	1.9771	2.0731	2.1924	2.3533	2.6114	2.8522	3.3613	

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ พลโท คมสัน ศรียานนท์

วัน เดือน ปี ๒๘ พฤษภาคม พ.ศ.๒๕๐๘

การศึกษา โรงเรียนวัดเบญจมบพิตร ม.ศ.๕ พ.ศ.๒๕๒๕
โรงเรียนเตรียมทหาร พ.ศ.๒๕๒๗
โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า พ.ศ.๒๕๓๑

ประวัติการทำงานโดยย่อ

พ.ศ.๒๕๔๘ ผู้บังคับกองพันทหาปืนใหญ่ ศูนย์การทหารปืนใหญ่

พ.ศ.๒๕๕๖ ผู้อำนวยการโรงงานสร้างปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

พ.ศ.๒๕๕๙ ผู้อำนวยการโรงงานผลิตกระสุนปืนใหญ่และลูกระเบิดยิง ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

พ.ศ.๒๕๖๒ รองผู้บัญชาการศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้บัญชาการศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

สรุปย่อ

ลักษณะวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง แนวทางในการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR : Augmented Reality)

ผู้วิจัย พลโท คมสัน ศรียานนท์ **หลักสูตร** วปอ. **รุ่นที่** 63

ตำแหน่ง ผู้บัญชาการศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร (ศอว.ศอพท.) เป็นหน่วยงานที่ดำเนินการศึกษาวิจัย พัฒนา และผลิตอาวุธ กระสุนและยุทโธปกรณ์ที่ได้มาตรฐานสากล เพื่อสนับสนุนกองทัพ ตามขีดความสามารถในลักษณะของการผลิต เพื่อแจกจ่าย และการรับการสั่งซื้อรวมทั้งขยายขีดความสามารถโดยรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผู้ผลิตที่มีมาตรฐานในระดับสากล และมุ่งขยายตลาดในการนำผลิตภัณฑ์ไปสู่การขายยังต่างประเทศต่อไป

ตามยุทธศาสตร์การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี อุตสาหกรรมป้องกันประเทศ กระทรวงกลาโหม พ.ศ.2560 - 2579 ซึ่งสอดคล้องตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ.2560 - 2579) และนโยบายรัฐบาลที่นำประเทศไทยไปสู่การปฏิรูปโครงสร้างเศรษฐกิจเพื่อก้าวข้าม “Thailand 3.0” ไปสู่ “Thailand 4.0” ซึ่งต้องเกิดอุตสาหกรรม 4.0 ที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี นวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์ โดยการพัฒนากลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 กระทรวงกลาโหมจึงได้รวมระบบงานวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีป้องกันประเทศ และระบบงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อเชื่อมต่อการวิจัยพัฒนาและอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกระทรวงกลาโหม เพื่อเป็นแนวทางหลักในการพัฒนาให้กระทรวงกลาโหม มีขีดความสามารถในการวิจัยพัฒนา และการถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อนำไปสู่การพึ่งตนเองในการผลิตอาวุธยุทโธปกรณ์อันจะนำมาซึ่งความพร้อมรบของกองทัพภายใต้อาวุธยุทโธปกรณ์ และเทคโนโลยี ที่ทันสมัย จำเป็นและเพียงพอต่อการพิทักษ์รักษาเอกราช อธิปไตย ความมั่นคงของรัฐ และผลประโยชน์แห่งชาติ

การวิจัยและพัฒนา โดยเฉพาะการผลิตอาวุธยุทโธปกรณ์ ของ ศอว.ศอพท. นั้น องค์ความรู้ที่บุคลากรของหน่วยได้รับ ส่วนหนึ่งมาจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาคเอกชนทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ในรูปแบบของกระบวนการผลิต และการใช้เครื่องมือ/เครื่องจักรกลในการผลิต ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ดำเนินการโดยผู้ถ่ายทอดจากต่างประเทศนั้น เป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ตั้งแต่การเริ่มต้นของกระบวนการผลิต จนกระทั่งบุคลากรผู้รับการถ่ายทอด สามารถดำเนินการได้ด้วยตนเองตามเงื่อนไขหรือข้อตกลงของโครงการ ซึ่งภายหลังจากนั้นแล้ว จะเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ภายในองค์กรของหน่วยเอง โดยบุคลากรผู้รับการถ่ายทอดจะเป็นผู้ให้การอบรมกับบุคลากรรุ่นต่อ ๆ มาอีกทอดหนึ่ง ในลักษณะจัดการเรียน การสอนภายใน

หน่วยงาน (Unit School) หรือให้ผู้รับการอบรมรุ่นใหม่ ได้อบรมจากการเรียนรู้ โดยปฏิบัติงานจริง (On The Job Training)

ในสายการผลิตกระสุนและยุทโธปกรณ์ประเภทเครื่องยิงลูกระเบิดและปืนใหญ่ของ ศอว.ศอพท. นั้น เครื่องจักรกลส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องจักรกลขนาดใหญ่และออกแบบเฉพาะงาน จึงทำให้มีราคาสูงและมีจำนวนน้อยในแต่ละสายการผลิต และมีแผนงานผลิตอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี การหยุดสายการผลิตที่กำลังดำเนินการอยู่เพื่อใช้เครื่องจักรกลในการอบรมถ่ายทอดความรู้และการฝึกทักษะการใช้งานกับเครื่องจริง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการเพิ่มทักษะและความชำนาญ จึงเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและไม่สามารถดำเนินการได้บ่อยครั้งตามความต้องการในกระบวนการถ่ายทอดความรู้ อีกทั้งยังสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันที่ใช้สำหรับการขับเคลื่อนเครื่องจักรกล ซึ่งจะกระทบต่อต้นทุนการผลิตและงบประมาณค่าใช้จ่ายของหน่วยงาน จึงทำให้มีข้อจำกัดในการใช้งานของเครื่องจักรสำหรับการฝึกอบรม ทั้งในเรื่องของจำนวนครั้งและจำนวนชั่วโมงในการฝึกปฏิบัติเครื่องจักรนั้น

ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้ มุ่งที่จะศึกษาแนวทางการใช้เทคโนโลยีของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR : Augmented Reality) เพื่อสร้างต้นแบบระบบจำลองการปฏิบัติงานสำหรับการเรียนรู้การใช้งานเสมือนการปฏิบัติงานจริงกับเครื่องจักรกลต้นแบบ ซึ่งจะทำให้การถ่ายทอดองค์ความรู้หรือการฝึกอบรมในการปฏิบัติงานบนเครื่องจักร ไม่เป็นอุปสรรคหรือมีผลกระทบต่องานการผลิตที่ใช้งานเครื่องจักรจริง และยังสามารถประหยัดต้นทุนหรืองบประมาณค่าใช้จ่ายในการเปิดใช้งานเครื่องจักรสำหรับการฝึกอบรม รวมถึงผู้รับการถ่ายทอด/ผู้รับการอบรมสามารถเข้าถึงในการฝึกปฏิบัติงานเครื่องจักรกลเสมือนได้ตามความต้องการ ซึ่งถือเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการเสริมสร้างพัฒนาบุคลากร อันเป็นพื้นฐานที่สำคัญ ต่อแผนการพัฒนายุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โดยพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตยุทโธปกรณ์ในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ
2. เพื่อศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ในการจำลองการฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลบนแท็บเล็ตพีซี เสมือนการฝึกปฏิบัติบนเครื่องจริง
3. เพื่อพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์การฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกล (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สำหรับทดลองใช้งาน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.1 การวิจัยนี้เน้นการศึกษาในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องจักรกลในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

1.2 การพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์การฝึกปฏิบัติงาน โดยใช้เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7

1.3 อุปกรณ์จะทำงานระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 (Windows10) หรือระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์เวอร์ชั่น 5.0 ขึ้นไป

2. ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริหาร นักวิจัย ฝ่ายเทคโนโลยี เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานใน ศอว.ศอพท.

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ในการศึกษาแนวทางการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สำหรับแก้ไขปัญหาและอุปสรรคของการถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องจักรกลในสายการผลิตยุทโธปกรณ์ในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โดยใช้การวิจัยเชิงทดลองในการทดลอง ทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรกลในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น และประสิทธิผลของต้นแบบฯ ต่อผู้ใช้งาน/ผู้รับการถ่ายทอด ร่วมกับการดำเนินการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) มาช่วยสนับสนุนในการวิจัยในการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน รวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยมีการแบ่งขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

1. ขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีและการออกแบบ

1.1 การวิจัยในครั้งนี้ ได้มีการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แก่

1.1.1 อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มประเทศชั้นที่ 2 หรือที่เรียกว่า “Second Tier” ที่มีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศครบวงจร แต่ยังไม่สามารถพัฒนาองค์ความรู้ต่อยอดได้ถึงระดับสูงสุด จึงทำให้ต้องตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นของการสร้างระบบอุตสาหกรรมป้องกันประเทศแบบพึ่งพาตนเอง

1.1.2 อุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกลุ่มอาเซียน ได้จัดตั้งความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของกลุ่มประเทศอาเซียน (ASEAN Defence Industry Collaboration: ADIC) ไว้เพื่อรองรับการเป็นศูนย์กลางของอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ในกรอบความร่วมมือ ADIC ในปัจจุบัน มีความคืบหน้าและมีกรอบการดำเนินงานที่ชัดเจนมากขึ้น โดยศักยภาพด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในอาเซียนแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีศักยภาพด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในระดับต่ำ, ระดับปานกลาง และระดับสูง

1.1.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โดยแนวทางการพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทยนั้น เป็นแนวคิดในการแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศให้บรรลุผลตามนโยบายแผนยุทธศาสตร์ของชาติได้ โดยการพัฒนาความพร้อมของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี รวมถึงการพัฒนาพื้นฐานทางด้านภาษาของผู้รับการถ่ายทอดเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างถูกต้อง, การมุ่งเน้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีภายในองค์กร และการเสริมสร้างพัฒนางานวิจัยพัฒนาเพื่อการพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืน และการพัฒนารูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้วยวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยีที่ทันสมัย ในการลดข้อจำกัดในการเข้าถึงเทคโนโลยีในด้านงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ และลดอุปสรรคที่เกิดจากวิกฤติการณ์ต่างๆ ที่ทำให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบปฏิสัมพันธ์กันไม่สามารถดำเนินการได้

1.1.4 แนวคิดและทฤษฎีของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) เป็นการนำระบบความจริงเสมือนมาผสานเพิ่มเข้าไปในโลกแห่งความเป็นจริง เพื่อทำให้กลมกลืนกันมากที่สุด โดยผ่านทางอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ร่วมกับการใช้ซอฟต์แวร์ต่าง ๆ โดยปัจจุบันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ทางด้านการศึกษา, ด้านการแพทย์, ด้านอุตสาหกรรม, ด้านธุรกิจ, ด้านการรักษาความปลอดภัยและการป้องกันประเทศ ซึ่งเริ่มมีอิทธิพลต่อวิถีการดำเนินชีวิตเพิ่มมากขึ้น

1.1.5 แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบกราฟฟิกทั่วไป และองค์ประกอบด้านภาพและกราฟฟิก มีหลักการดำเนินงานและการวางแผนขั้นต้นของการออกแบบกราฟิก ในการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน กำหนดกลุ่มเป้าหมาย วิธีการสื่อความหมาย และการนำเสนอ ก่อนจะดำเนินการออกแบบงานกราฟิก และในขั้นตอนสุดท้ายคือการจัดสมดุลในงานออกแบบ ซึ่งเป็นการใช้เทคนิคในการออกแบบงานกราฟิกในการเสริมการจัดองค์ประกอบของภาพที่มีอยู่ให้สื่อความหมายและความสวยงามอย่างที่นักออกแบบต้องการ

1.1.6 แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบ สร้างโมเดล 3 มิติ ในการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนการสอน เป็นการดึงดูดความสนใจของผู้ใช้ให้เกิดความสนใจในเนื้อหาเรื่องแสงและเงา แปลกใหม่และความสมจริงความตื่นเต้นให้กับผู้ชมได้ตลอดและส่งเสริมการศึกษาให้มีความทันสมัย และสามารถทำให้ผู้เรียนมองได้หลายการมุมมองเห็นถึงหลายระเอียดของโมเดล 3 มิติได้ชัดเจน

1.1.7 แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบสื่อเพื่อการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญที่สอดคล้องกับหลักการออกแบบการเรียนการสอน โดยมีกระบวนการ คือ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล ซึ่งเป็นผลจากการวางแผนการออกแบบและผลิตสื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

1.1.8 หลักการเครื่องจักรแบบอัตโนมัติและเครื่องจักรกลต้นแบบ เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 เป็นเครื่องกัดซีเอนซี (CNC) ชนิดหนึ่งใช้สำหรับการขัดผิวภายในทรงกระบอกของลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานด้วยรหัสคำสั่ง ซึ่งจะถูกแปลงเป็นสัญญาณของกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณ ที่ไปกระตุ้นมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อทำให้เครื่องจักรกลทำงานตามขั้นตอนที่ต้องการ โดยการป้อนโปรแกรมคำสั่งเข้าสู่ไมโครโปรเซสเซอร์

1.1.9 เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน และหลักการเขียนภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รวมถึงระบบปฏิบัติการ สำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์บนระบบปฏิบัติการ ทั้งระบบ Android ที่ส่วนใหญ่ใช้บนสมาร์โฟนและแท็บเล็ต และระบบปฏิบัติการ Windows ที่ใช้บนคอมพิวเตอร์และโน๊ตบุ้ค

1.1.10 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการประยุกต์เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในเรื่องต่างๆ เป็นการดึงดูดความสนใจของผู้ใช้ให้เกิดความสนใจในเนื้อหา

กระตุ้นและส่งเสริมการศึกษาให้มีความทันสมัยและความก้าวหน้าทันโลกมากขึ้น ดังนั้นสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสามารถนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ได้

1.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์ (ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์) สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรกลต้นแบบ

2. ขั้นตอนการพัฒนา

ดำเนินการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักร เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

2.1 สร้างโมเดลสามมิติสำหรับเครื่องจักรต้นแบบ เป็นการสร้างโมเดลสามมิติสำหรับเครื่องจักรต้นแบบ ด้วยการวัดขนาด ร่างแบบ และออกแบบโมเดลสามมิติด้วยโปรแกรม Solidworks ตามมาตราส่วนจริง

2.2 สร้างภาพเคลื่อนไหว (Animation) สำหรับเครื่องจักรกลต้นแบบ สำหรับการจำลองการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ

2.3 พัฒนาหน้าจอและฟังก์ชันการทำงานบนแอปพลิเคชัน เป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับจำลองการทำงานของเครื่องจักรกลต้นแบบ

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องจักรกล (ต้นแบบ) เป็นการทดสอบการทำงานและประสิทธิภาพของต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักรต้นแบบ ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมจากผู้เชี่ยวชาญ ก่อนที่จะนำไปทดลองใช้งาน

2.5 การวิเคราะห์และประเมินผลประสิทธิภาพของต้นแบบ เป็นการวิเคราะห์ผลข้อมูล โดยผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ในการสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบต่อไป

2.6 การปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

2.7 นำชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้งาน

3. ขั้นตอนการทดสอบ

3.1 การทดสอบผลการใช้งานของผู้ใช้ เป็นการทดสอบผลการทดลองใช้งานของผู้ใช้ โดยเปรียบเทียบกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดการใช้งานเครื่องจักรกลต้นแบบด้วยวิธีการเดิมร่วมกันกับการศึกษาด้วยตนเองกับกลุ่มผู้รับการถ่ายทอดการใช้งานที่มีการใช้ต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับเครื่องจักร (ต้นแบบ) ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ร่วมในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบเดิม

3.2 ทดสอบผลความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เป็นการรวบรวมผลความพึงพอใจต่อชุดอุปกรณ์ต้นแบบจากแบบสอบถามของผู้เข้ารับการอบรมภายหลังทดลองใช้งาน

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์และประเมินผล

4.1 การวิเคราะห์และประเมินผลการใช้งานของผู้ใช้

4.2 การวิเคราะห์และประเมินผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ผลการวิจัย

การพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีผลการทดสอบ ดังนี้

1. การทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบ โดยใช้แบบประเมินคุณภาพเนื้อหาสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 และแบบประเมินสื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบและประเมินผล เพื่อวัดประสิทธิภาพของทั้ง 2 ด้าน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า พบว่า คุณภาพด้านเนื้อหามีเนื้อหาที่รัดกุม การใช้ถ้อยคำสำนวนถูกต้องและเหมาะสมได้ใจความ โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.53 และ S.D. = 0.51) และคุณภาพด้านสื่อ มีความกระชับ ระยะเวลาวีดิโอการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนไม่นานจนเกินไป เข้าใจได้ง่าย และภาพรวมแอปพลิเคชันที่ออกแบบนั้น มีความสวยงามและน่าสนใจ โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.60 และ S.D. = 0.50) ดังนั้น ผลการตรวจสอบและประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งคุณภาพด้านเนื้อหาและคุณภาพด้านสื่อที่คณะผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นนั้น มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ประกอบ การจัดทำต้นแบบสื่อการเรียนรู้ตามรูปแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้เป็นอย่างดี

ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า การพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ได้ผ่านการทดสอบและประเมินผลการทำงานและประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญสามารถนำไปทดลองใช้งานในการฝึกปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลดังกล่าวได้

2. การทดสอบผลการใช้งานของผู้ใช้ โดยใช้การวิเคราะห์และประเมินผลการทดลองใช้งานชุดอุปกรณ์ สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้ เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างผู้เข้ารับการอบรม โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และวัดประสิทธิภาพของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรม สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และวัดประสิทธิภาพของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติ ระหว่างคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติกับคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผลสัมฤทธิ์ของผู้เข้ารับการอบรมหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง มีประสิทธิภาพดีกว่า หลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ α = 0.05 โดยคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง ($\overline{X}$ = 21.81 และ S.D. = 1.767) สูงกว่า คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ($\overline{X}$ = 18.23 และ S.D. = 1.531)

2.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และวัดประสิทธิภาพของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ระหว่างคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติกับคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผลสัมฤทธิ์ของผู้เข้ารับการอบรมหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพดีกว่าหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ α = 0.05 โดยคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ($\overline{X}$ = 36.08 และ S.D. = 2.497) สูงกว่า คะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมปกติ ($\overline{X}$ = 19.19 และ S.D. = 0.981)

2.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมทั้ง 2 กลุ่ม เพื่อทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองของกลุ่มที่ 1 กับคะแนนสอบหลังเสร็จสิ้นการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองร่วมกับต้นแบบ ชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นของกลุ่มที่ 2 ด้วยค่าสถิติที (t-test) เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ α = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับต้นแบบชุดอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ($\overline{X}$= 36.08 และ S.D. = 2.497) สูงกว่า กลุ่มผู้เข้ารับการอบรมด้วยรูปแบบปกติร่วมกับการศึกษาด้วยตนเอง ($\overline{X}$= 21.81 และ S.D. = 1.767) และมีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนน ($\overline{X}$) เท่ากับ 14.269, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 2.850, สถิติทดสอบ t-test เท่ากับ 25.526 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ α = 0.05 เนื่องมาจากต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทำให้ผู้รับการอบรมที่นำไปศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองสามารถฝึกปฏิบัติงานผ่านทางชุดอุปกรณ์ที่เป็นแท็บเล็ต ในการฝึกขั้นตอนการปฏิบัติงานและการป้อนคำสั่ง โปรแกรมสามารถแสดงผลการทำงานของเครื่องจักรผ่านชุดอุปกรณ์ต้นแบบได้เสมือนฝึกปฏิบัติงานบนเครื่องจักรจริง จึงทำให้เห็นกระบวนการทำงานที่เกิดขึ้นบนเครื่องจักรและสร้างความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า ต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่พัฒนาขึ้น สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เข้ารับการอบรม เมื่อมีการใช้งานต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ร่วมกับการอบรมปกติ

3. การทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยการทดสอบผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้สำหรับ เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับกลุ่มตัวอย่าง จะใช้แบบประเมินความพึงพอใจเพื่อทดสอบสมมติฐาน คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ($\mu > 3.50$) เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ α = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติงานในการเรียนรู้เครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดีถึงดีมาก มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.51 ทั้งนี้เนื่องจากสื่อการเรียนรู้ที่นำรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ ทำให้ผู้เข้ารับการอบรมที่นำต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ไปศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง เกิดความสนใจ มีแรงบันดาลใจและจุดประกายในการศึกษาเรียนรู้เพิ่มเติม เมื่อได้สัมผัสกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ที่สามารถรวมภาพจริงเข้ากับภาพเสมือนที่สร้างขึ้นมาแสดงผลออกมา

เป็นรูปแบบภาพ 3 มิติหรือสื่อประสม จึงทำให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อรูปแบบสื่อการเรียนรู้ดังกล่าวอยู่ในระดับดีถึงดีมาก และสามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาและสร้างสรรค์ในสื่อการเรียนรู้ด้านอื่น ๆ ต่อไปได้

ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า ผู้เข้ารับการอบรมที่มีการใช้งานต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่พัฒนาขึ้น มีความพึงพอใจต่อต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ อยู่ในระดับดีถึงดีมาก

สรุป

จากผลสรุปการวิจัยเชิงทดลองและเชิงปริมาณของงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นนั้น จะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการผลิตยุทโธปกรณ์ สามารถช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้ใช้งานในการฝึกปฏิบัติงานได้อย่างเป็นรูปธรรม ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มทักษะในการฝึกปฏิบัติงานผ่านชุดอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมได้เสมือนการฝึกปฏิบัติงานบนเครื่องจักรในการผลิตจริง อีกทั้งการประยุกต์เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ทำให้การเรียนรู้มีความน่าสนใจ สร้างความเข้าใจให้แก่ผู้ใช้งานได้อย่างชัดเจน

โดยในการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเรียนรู้สำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมนั้น เป็นการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ให้มีความน่าสนใจ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงสื่อการเรียนรู้ได้เสมือนกับการฝึกปฏิบัติกับการใช้งานจริงบนเครื่องจักรต้นแบบในงานผลิตยุทธภัณฑ์ปืนใหญ่และเครื่องยิงลูกระเบิด ซึ่งจากผลการพัฒนาต้นแบบฯ ในงานวิจัยนี้ จะเป็นแนวทางที่จะนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้สำหรับกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศในด้านอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่ล้วนแล้วแต่เป็นเครื่องจักรกลขนาดใหญ่และออกแบบเฉพาะงาน และมีจำนวนน้อยในแต่ละสายการผลิต โดยแนวทางพัฒนานี้จะเป็นการลดข้อจำกัดในการเข้าถึงของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ในด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศได้เป็นอย่างดี

ในการพัฒนาต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการวิจัยพัฒนาในครั้งนี้ มีปัญหาอุปสรรคในขั้นตอนของการทดสอบผลการใช้งานต้นแบบชุดอุปกรณ์ฯ ของกลุ่มตัวอย่างผู้รับการอบรม เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างผู้รับการอบรมจำเป็นต้องมีพื้นฐานการใช้อุปกรณ์แท็ปเล็ต และมีทักษะการใช้โปรแกรมบนแท็ปเล็ตได้เป็นอย่างดี ซึ่งผู้วิจัยได้แก้ปัญหาโดยการจัดการอบรมพื้นฐานการใช้งานอุปกรณ์แท็ปเล็ต รวมถึงวิธีการใช้งานโปรแกรมในขั้นต้นให้กับกลุ่มตัวอย่างผู้รับการอบรมก่อนเป็นจำนวน 16 ชั่วโมง ก่อนเริ่มเข้ากระบวนการทดสอบการใช้งานตามขั้นตอนการทดสอบ นอกจากนี้ในส่วนของโปรแกรมในชุดอุปกรณ์ต้นแบบฯ ผู้วิจัยได้พัฒนาคู่มือการใช้งานแบบดิจิตอลสำหรับประกอบการใช้งานของผู้ใช้ด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1.1 ควรมีการวางแนวทางการประยุกต์เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการพัฒนารูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีในด้านงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อลดข้อจำกัดในการเข้าถึงเทคโนโลยีของผู้รับการถ่ายทอดในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ และช่วยลดอุปสรรคที่เกิดจากวิกฤติการณ์ต่างๆ ที่การถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยการปฏิสัมพันธ์กันไม่สามารถดำเนินการได้ โดยการส่งเสริมการประยุกต์เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เข้ากับสื่อการเรียนรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการถ่ายทอดเทคโนโลยี รวมถึงการนำสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรในการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศต่างๆ ทั้งในทางตรงและทางอ้อม

1.2 ควรมีการวางนโยบายในการกำหนดแนวทางพัฒนากระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในงานด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในภาพรวมในกลุ่มงานอุตสาหกรรมป้องกันประเทศแต่ละประเภท เพื่อขจัดความซ้ำซ้อนในการพัฒนาและการประยุกต์ใช้ สามารถนำสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเข้าไปยังกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ตรงตามกลุ่มงาน และสามารถบริหารจัดการในการพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังสามารถบูรณาการองค์ความรู้สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ในรูปแบบของศูนย์รวบรวมองค์ความรู้ที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมผสมผสานกับอุปกรณ์หรือสถานที่ หรือในรูปแบบของแหล่งรวบรวมองค์ความรู้ในระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ในการนำองค์ความรู้สู่ผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

2. ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

2.1 องค์กรหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบในการถ่ายทอดเทคโนโลยี ควรจะมีการส่งเสริมการใช้สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีอย่างแท้จริง ทั้งในเรื่องของการสนับสนุนอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อผู้รับการถ่ายทอด อาทิ แท็ปเล็ต หรือสมาร์ทโฟน ในกรณีที่ผู้รับการถ่ายทอดไม่มีอุปกรณ์ดังกล่าว ให้สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้ รวมถึงการประเมินและรวบรวมผลตอบรับในการใช้งาน เพื่อนำส่งให้แก่ผู้พัฒนาในการปรับปรุงให้ตรงความต้องการของผู้ถ่ายทอดและผู้รับการถ่ายทอด/ผู้ใช้

2.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป้องกันประเทศนั้น ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ควรมีการปรับสมดุลระหว่างเนื้อหาขององค์ความรู้ที่ต้องการถ่ายทอดเทคโนโลยี และรูปแบบความน่าสนใจของสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนา เนื่องจากเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเป็นสิ่งใหม่ มีจุดเด่นที่ผู้พัฒนาสามารถสร้างความตื่นตาน่าสนใจให้กับผู้ใช้งาน แต่สำหรับการประยุกต์เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมกับสื่อการเรียนรู้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้น ต้องคำนึงถึงเนื้อหาขององค์ความรู้ที่ผู้ถ่ายทอดต้องการร่วมด้วย เพื่อให้ผู้รับการถ่ายทอด ได้รับองค์ความรู้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการถ่ายทอดเทคโนโลยี ฉะนั้นผู้พัฒนาต้องมีการปรับความสมดุลให้สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนามีความน่าสนใจในการใช้งาน และมีเนื้อหาองค์ความรู้ที่สมบูรณ์ครบถ้วนที่ผู้รับถ่ายทอดจะได้รับจากการใช้งาน

3. ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัยต่อไป

3.1 การนำต้นแบบชุดอุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องขัดผิวภายในลำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิด ยี่ห้อ SIG รุ่น HKP-200/7 ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ไปประยุกต์พัฒนาต่อไปนั้น นอกเหนือจากการใช้งานโดยใช้มือสัมผัสผ่านหน้าจอแท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟนโดยตรงแล้ว ในปัจจุบันสามารถนำแว่นตาสำหรับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality Glasses) มาใช้ทดแทน เพื่อให้สามารถใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

3.2 การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ นอกจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) ดังเช่นงานวิจัยฉบับนี้แล้ว ปัจจุบันยังมีการนำเทคโนโลยีโลกเสมือนจริง (Virtual Reality) มาพัฒนาร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งทำให้สื่อการเรียนรู้มีความน่าสนใจและเสมือนจริงมากยิ่งขึ้น