



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
SUKHOTHAI THAMMATHIRAT OPEN UNIVERSITY

ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 ประจำเดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2566





วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

Journal of Science and Technology Sukhothai Thammathirat Open University



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

Journal of Science and Technology Sukhothai Thammathirat Open University

ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูมิ เจือศิริภักดี

ประธานกรรมการประจำ สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกฤต โชติภาววิศ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐากร พงษ์ขันประสูต

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปราการเจริญ

มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เปรมพร เขมาวุฒม์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐรงค์ จตุรัส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี อีธรรมมาร

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ดร.เตชรัฐสินป์ เพี้ยซ้าย

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

รายนามคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ประจำฉบับ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย รัชชโยธิน	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมพล จตุพร	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ แสงสิริ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตยา สามณฑา	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังสิริ ทิพยารมย์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
อาจารย์ ดร.ธนิดา สุนารักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
อาจารย์ ดร.แววบุญ แยมแสงสังข์	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
อาจารย์ ดร.นราวดี สิทธิเดชธำรง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
อาจารย์พัฒนพงษ์ เทพมณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
อาจารย์พรชนก พิเรนทร	สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

ฝ่ายบริหารจัดการประจำฉบับ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

9/9 หมู่ 9 ถ.แจ้งวัฒนะ ต.บางพูด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

โทรศัพท์ : 02-5048191 – 3 โทรสาร : 02-5034932

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ผลงานการวิจัยและผลงานวิชาการให้ทันสมัยและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง
2. เพื่อเป็นสื่อกลางและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการให้เกิดความก้าวหน้าทางวิชาการ
3. เพื่อส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพทางวิชาการของบุคลากรทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

กำหนดการออกวารสาร

ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม – มิถุนายน, กรกฎาคม– ธันวาคม) ของทุกปี

ลักษณะของบทความ

1. ครอบคลุมในหัวเรื่องวิชาการและวิจัย
2. บทความที่นำเสนอต้องมีแนวทางสร้างสรรค์ ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาความเจริญก้าวหน้าของการศึกษา เศรษฐกิจ และสังคมโดยรวม
3. บทความที่นำเสนอต้องไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการอื่นใดมาก่อน
4. ผู้เขียนจะต้องรับผิดชอบในข้อเขียน ข้อคิดเห็นของผู้เขียนต่อข้อกฎหมายใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นต่อบทความนั้น

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ฉบับนี้เป็นปีที่ 3 ฉบับที่ 2 เดือน กรกฎาคม – ธันวาคม 2566 ซึ่งเป็นฉบับที่สองของปีที่ 3 ของสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญคือการเป็นพื้นที่ในการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ รวมถึงเป็นเวทีในการแลกเปลี่ยนแนวคิดให้กับ คณาจารย์และนักวิชาการทั่วไป เพื่อส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพทางวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยฉบับนี้ได้มีการเผยแพร่ผลงานทางวิจัยจำนวนทั้งสิ้น 3 บทความ ซึ่งทุกบทความได้ผ่านการประเมิน คุณภาพ อย่างเข้มข้นจากผู้ทรงคุณวุฒิตามศาสตร์สาขาที่เกี่ยวข้องจากหลากหลายสถาบัน ทำให้มั่นใจได้ว่า ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่นี้มีคุณภาพสามารถนำไปศึกษาค้นคว้า อ้างอิง รวมถึง นำไปใช้ประโยชน์ในทางปฏิบัติได้ต่อไป

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิจากหลากหลายสถาบัน ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการประเมินคุณภาพของบทความเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ ขอขอบคุณนักวิชาการที่ให้ความไว้วางใจส่งผลงานเข้ารับการเผยแพร่ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฉบับนี้จะเป็นเวทีทางวิชาการที่จะกระตุ้นความคิดและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้อันจะนำมาซึ่งกระบวนการทางความคิด รวมถึงให้องค์ความรู้ดังกล่าวทำหน้าที่ในการพัฒนาสังคมและประเทศชาติต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนกฤต โชติภาววิศ

บรรณาธิการ



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

Journal of Science and Technology Sukhothai Thammathirat Open University

Vol.3, No.2, July - December 2023

สารบัญ

หน้า

1. การลดของเสียในกระบวนการผลิตกรณีศึกษา สายการผลิตโครงสร้างของรถแทรกเตอร์
บริษัท CCC จำกัด..... 1
 ณฐาพัชร วรพงศ์พัชร และไตรทิพย์ สีจัน
2. Understanding and Addressing Contractor Churn in the Thai Building Material Industry....12
 กุลธิดา ภูมินา, สิริินดา พลหาญ และสันติพัฒน์ อุณธารี
3. เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการสอนปฏิบัติการด้านการพิมพ์สามมิติ.....20
 ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร, สุชาติ แสนพิช และภูมิ เจือศิริภักดี

**การลดของเสียในกระบวนการผลิต
กรณีศึกษา สายการผลิตโครงสร้างของรถแทรกเตอร์บริษัท CCC จำกัด
DEFECTS REDUCTION IN PRODUCTION PROCESS
Case Study of Tractor Structure Production Line**

ณฐาพัชร วรพงศ์พัชร และไตรทิพย์ สีจัน

Ntapat Worapongpat¹ and Tritip Seejan²

^{1 2} ศูนย์ถ่ายทอดองค์ความรู้ เทคโนโลยี นวัตกรรมชุมชน ผู้ประกอบการ การท่องเที่ยว และการศึกษา
สถาบันเทคโนโลยีภาคตะวันออกแห่งสุวรรณภูมิ และสถาบันนวัตกรรมทางการศึกษา สมาคมส่งเสริมการศึกษาทางเลือก

^{1 2} Center for Knowledge Transfer, Technology, Community Innovation, Entrepreneurship, Tourism and
Education Eastern Institute of Technology Suvarnabhumi (EITS)

and Educational Innovation Institute Association for the Promotion of Alternative Education (EII)

¹Full Address, E-Mail dr.thiwat@gmail.com

²Full Address, E-Mail Ntapat.w@bkkthon.ac.th.

วันที่รับบทความ 21 สิงหาคม 2566

วันแก้ไขบทความ 21 พฤศจิกายน 2566

วันตอบรับบทความ 24 พฤศจิกายน 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาการลดของเสียในกระบวนการผลิต สายการผลิตโครงสร้างของรถแทรกเตอร์ บริษัท CCC จำกัด 2. เพื่อศึกษาแนวทางการลดต้นทุนในการผลิตรถแทรกเตอร์ สายการผลิตโครงสร้างของรถแทรกเตอร์ บริษัท CCC จำกัด เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) มีเครื่องมือในการวิจัยคือ การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นการรวบรวมข้อมูลพร้อมกับการสังเกตการณ์ ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างแน่นอน (Unstructured Interview) โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับสายการผลิต จำนวน 5 คน เลือกจากผู้มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง ไม่น้อยกว่า 5 ปี เลือกแบบเฉพาะเจาะจง ประกอบไปด้วย หัวหน้าสายการผลิตโครงสร้างตัวรถ 1 คน, วิศวกรด้านงานเชื่อม 1 คน, ตัวแทนแผนกควบคุมคุณภาพ 1 คน, ตัวแทนพนักงานเชื่อม 2 คน แล้วนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาวิเคราะห์โดยใช้ สถิติเชิงพรรณนา เพื่อให้ได้ค่าสถิติบรรยายร้อยละ

ผลการวิจัยพบว่า

1) ปัญหาของเสียเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุหลักๆ คือ แผ่นรองใบหินเจียรไม่เหมาะสม ไม่มีการระบุวิธีการปฏิบัติงานที่ชัดเจน พนักงานขาดความเข้าใจการใช้งาน และที่สำคัญที่สุดคือการใช้งานยังไม่เต็มประสิทธิภาพ

2) พบว่าใบหินเจียรที่ใช้งานแล้วสามารถนำมาทำการ Recycle ได้ 70% ของใบหินเจียรที่ใช้งานไปแล้วทั้งหมด หลังจากนำมาบดที่เครื่องตัดขอบแล้ว มีใบหินเจียรที่สามารถนำมาใช้งานเจียรได้อีกประมาณ 60% เมื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวแล้วบริษัทสามารถลดต้นทุนในการสั่งซื้อ ใบหินเจียรถึง 29.57% แสดงให้เห็นว่าแนวทางที่นำเสนอสามารถลดของเสียและลดต้นทุนในกระบวนการผลิต

คำสำคัญ: ของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม, การลดของเสีย, การลดต้นทุนการผลิต, การนำกลับมาใช้ใหม่

ABSTRACT

The objectives of this research are: 1. To study the reduction of waste in the production process. Tractor structure production line, CCC Company Limited 2. To study ways to reduce costs in tractor production. Tractor structure production line of CCC Co., Ltd. is a qualitative research (Qualitative Research). The research tool is interviews (Interview), which collects data along with observations. This is definitely an unstructured interview. (Unstructured Interview) with the sample group being 5 experts related to the production line, selected from those with at least 5 years of relevant experience, selected specifically, consisting of 1 head of the car body structure production line, 1 welding engineer, and a representative of the quality control department. 1 person, 2 representatives of welding employees. Then the data obtained from the questionnaire was analyzed using Descriptive statistics To get percentage statistics.

The research results found that

1) The problem of waste occurs due to the main reason being that the grinding wheel pad is not suitable. There is no clear method of operation specified. Employees lack understanding of usage. And the most important thing is that the use is not yet at full efficiency.

2) It was found that used grinding wheel blades can be recycled for 70% of all used grinding wheel blades. After being stamped at the edge cutting machine There are grinding stone blades that can be reused for grinding approximately 60%. When the problem is solved according to the proposed guidelines, the company can reduce the cost of ordering. The grindstone blades reached 29.57%, showing that the proposed approach can reduce waste and reduce costs in the production process.

Keywords: industrial waste, waste reduction, production cost reduction, reuse

1. บทนำ

บริษัทผู้ผลิตและจัดจำหน่ายรถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ เป็นบริษัทผู้ผลิตและพัฒนาเครื่องจักรและเครื่องยนต์ในหลายอุตสาหกรรม ให้บริการผ่านตัวแทนจำหน่ายครอบคลุมกว่า 193 ประเทศทั่วโลก (สมชาย เปรียงพรมและคณะ, 2565) ซึ่งสามารถแบ่งสินค้าออกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ ด้วยกัน Construction หรือเครื่องจักรที่ใช้ในงานก่อสร้าง เช่น รถขุดดิน รถขนย้ายดิน และรถแบ็กโฮ Resource หรือเครื่องจักรที่ใช้ในการทำเหมืองทั้งบนดินและใต้ดิน และ Energy and Transportation หรือ กลุ่มเครื่องยนต์สำหรับอุตสาหกรรมพลังงานและการขนส่ง โดยได้ดำเนินการก่อสร้างโรงงานแห่งที่สองในประเทศไทย (ณัฐดี มหานิล, ศรีณย์ภัทร สมเทศ, 2565) เพื่อทำการผลิตรถแทรกเตอร์แบบตีนตะขาบ (Track type tractor) ขนาดกลาง ส่งให้กลุ่มลูกค้าทั่วโลก มีสายการผลิตหลักๆ อยู่ 3 แผนก คือ แผนกโครงสร้างตัวรถ แผนกทำสีรถ และแผนกประกอบตัวรถ ซึ่งในปัจจุบันมีการแข่งขันในอุตสาหกรรมค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในสถานะเศรษฐกิจปัจจุบันทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศที่ยังไม่ดีขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการต้องพัฒนาองค์กร (ธีรวัฒน์ เทพชูและคณะ, 2565)อย่างต่อเนื่องในทุกๆ ด้านเพื่อที่จะเพิ่มผลผลิต สร้างความได้เปรียบเหนือคู่แข่งและเพื่อความอยู่รอดโดยปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตในงานอุตสาหกรรมอย่างหนึ่งก็คือ ต้นทุนการผลิต ซึ่งผู้ประกอบการจะต้องควบคุมและหาแนวทางในการลดต้นทุนอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถแข่งขันได้ในระยะยาว สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตนั้น ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตต่างๆ จะถือเป็นความสูญเสีย ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นโดยไม่จำเป็นและจะส่งผลให้ผลผลิตลดลงด้วย (เฉลิมศักดิ์ ถาวรวัชรและคณะ, 2565)

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิตโครงสร้างตัวรถ โดยเข้าไปศึกษาปัจจัยสาเหตุที่มีโอกาสทำให้เกิดของเสียขึ้น ได้แก่ คน วัสดุการผลิต เครื่องจักรอุปกรณ์ วิธีการปฏิบัติงาน และกำหนดแนวทางวิธีการแก้ไขที่สาเหตุดังกล่าว เพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และถือเป็นการเพิ่มผลผลิตและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้กับองค์กร

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการลดของเสียในกระบวนการผลิต สายการผลิตโครงสร้างของรถแทรกเตอร์ บริษัท CCC จำกัด

2. เพื่อศึกษาแนวทางการลดต้นทุนในการผลิตรถแทรกเตอร์ สายการผลิตโครงสร้างของรถแทรกเตอร์ บริษัท CCC จำกัด

3. การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการลดของเสียในกระบวนการผลิตโครงสร้างตัวรถ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลจากเว็บไซต์ ตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. หลักการ 3R กับการจัดการของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม

องค์กรจะประสบความสำเร็จและเติบโตได้อย่างยั่งยืน นอกจากการให้ความสำคัญกับคุณภาพในสินค้าและบริการแล้ว ยังต้องให้ความสนใจต่อการลดความสูญเสียต่างๆ ในกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นความสูญเสียจากวัตถุดิบ จากวิธีการผลิต จากเครื่องจักร หรือจากความผิดพลาดของบุคลากร ความสูญเสียนั้นสามารถสร้างปัญหาได้ อาทิ ปัญหาด้านเวลา ปัญหาด้านต้นทุน ปัญหาด้านประสิทธิภาพการทำงาน และปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การบริหารจัดการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ลดลงและเปิดโอกาสให้ความก้าวหน้าของการทำงานเพิ่มมากขึ้นถ้าองค์กรมีแนวทางการควบคุมที่มีประสิทธิภาพที่ดี ปัญหาต่างๆ จะไม่เกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นน้อยลง

การจัดการ “ของเสีย” ตามหลัก 3R หมายถึง การจัดการของเสียที่ให้ความสำคัญในการลดการเกิดของเสียให้เหลือน้อยที่สุดเป็นลำดับแรก โดยมุ่งเน้นการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเกิดของเสียขึ้นแล้วต้องพยายามหาแนวทางการนำกลับไปใช้ซ้ำหรือใช้ใหม่ให้ได้มากที่สุด เพื่อให้เหลือของเสียที่จะต้องบำบัดหรือกำจัดในปริมาณน้อยที่สุด หลัก 3R ประกอบไปด้วย ประกอบด้วย R1-Reduce คือ การลดหรือใช้น้อยเท่าที่จำเป็น R2-Reuse คือ การ ใช้ซ้ำ และ R3-Recycle คือ การนำกลับมาใช้ใหม่

การลดใช้ (Reduce) เป็นการลดระดับการใช้ปัจจุบัน ควบคุมปริมาณการใช้ให้อยู่ในสัดส่วนที่พอเหมาะ โดยลดการใช้ การบริโภคทรัพยากรที่ไม่จำเป็นลง รวมถึงการปฏิเสธหรือหลีกเลี่ยงสิ่งของหรือ บรรจุภัณฑ์ที่จะสร้างปัญหาขยะและการเลือกใช้สินค้าที่สามารถส่งคืนบรรจุภัณฑ์สู่ผู้ผลิตได้

การใช้ซ้ำ (Reuse) เป็นหนึ่งในแนวทางการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างรู้คุณค่าการใช้ซ้ำเป็นการที่เรา นำสิ่งต่างๆ ที่ใช้งานไปแล้ว และยังสามารถใช้งานได้ กลับมาใช้อีกครั้ง เป็นการลดการใช้ทรัพยากรใหม่ รวมทั้งเป็นการลดปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้นอีกด้วย

การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เป็นการนำวัสดุต่างๆ อย่างเช่น กระดาษ แก้ว พลาสติก เหล็ก อะลูมิเนียม ฯลฯ มาแปรรูปโดยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปริมาณขยะมูลฝอยแล้ว ยังเป็นการลดการใช้พลังงานและลดมลพิษที่เกิดกับสิ่งแวดล้อม

โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการจัดการของเสียที่ดีภายในโรงงานตามหลัก 3R จะต้องมีการดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานทั้งในส่วนของการผลิตและกิจกรรมสนับสนุนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดการเกิดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด และเมื่อเกิดของเสียขึ้นแล้ว ใช้วิธีจัดการกับของเสียแต่ละประเภทตามศักยภาพการใช้ประโยชน์ของเสียเหล่านั้น เพื่อให้มีของเสียที่ต้องถูกส่งไปกำจัดในปริมาณน้อยที่สุด โดยมีการจัดการของเสียเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด ตั้งแต่การจับเก็บของเสีย การนำไปใช้ประโยชน์ภายในโรงงาน และการนำออกไปบำบัดกำจัดภายนอกโรงงาน ปัจจุบันมีการนำแนวคิด 3R ไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง โดยผู้ประกอบการคาดหวังว่า โรงงานของตนจะมีการจัดการของเสียที่ดีและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนโดยรอบ แต่เมื่อได้ดำเนินการอย่างจริงจังแล้วจะพบว่า ยังทำให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ อีกทั้งยังเป็นการสร้างภาพลักษณ์และความรู้สึกที่ดีให้แก่ลูกค้า รวมถึงสร้างทัศนคติที่ดีให้กับพนักงานในองค์กร ผู้ประกอบกิจการ โรงงานส่วนใหญ่ที่มีการจัดการของเสียที่ดีระบุว่า ปัจจัยสำคัญที่ทำให้การจัดการของเสียตามหลัก 3R ดำเนินการอย่างได้ผลและมีประสิทธิภาพ คือ ความตระหนัก ความมุ่งมั่น และการสนับสนุนของผู้บริหาร เนื่องจากเป็นแรงผลักดันที่สำคัญที่สุดที่ทำให้พนักงานปฏิบัติตามและร่วมกันพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถหาแนวทางจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับรูปแบบของโรงงานมากที่สุด (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม, 2555)

2. กราฟ (Graph)

กราฟ เป็นแผนภาพที่อธิบายความแตกต่างของข้อมูลจากการเก็บบันทึก กราฟใช้สำหรับนำเสนอข้อมูลที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจโดยอาศัยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้ สามารถให้รายละเอียดของการเปรียบเทียบได้ดีกว่าการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีอื่น กราฟที่สำคัญได้แก่ กราฟเส้น กราฟแท่ง และกราฟวงกลมโดยรายละเอียดของกราฟแต่ละชนิดมีดังนี้

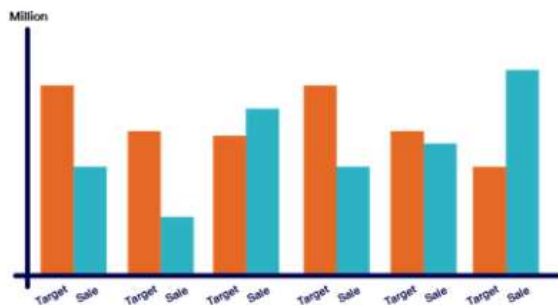
กราฟเส้น เป็นเส้นกราฟที่ใช้แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ลักษณะของกราฟเส้น จะมีแกนตั้งเป็นค่าข้อมูล และแกนนอนเป็นช่วงเวลา กราฟเส้นใช้สำหรับการนำเสนอข้อมูลในกรณีที่ต้องการทราบแนวโน้มของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา หรือใช้สำหรับการดูการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป เช่น ราคาขายปลีกน้ำมันดีเซลระหว่างปี พ.ศ. 2555-2559 เป็นต้น



รูปที่ 1 ตัวอย่างกราฟเส้น

ที่มา : <https://www.9experttraining.com/articles/>

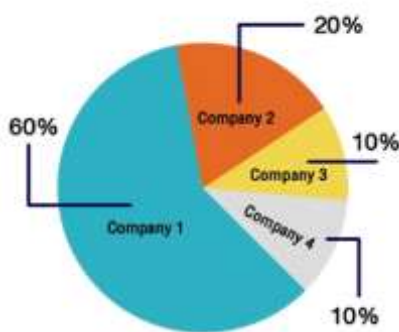
กราฟแท่ง เป็นกราฟรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความกว้างเท่ากัน โดยจะใช้ขนาดความยาวหรือความสูงของแท่งกราฟเปรียบเทียบจำนวนข้อมูล การนำเสนอข้อมูลคล้ายกับกราฟเส้น โดยที่กราฟแท่งสามารถนำเสนอได้ทั้งแนวดิ่งและแนวนอน กราฟแท่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ กราฟแท่งเชิงเดี่ยว กราฟแท่งเชิงซ้อน และกราฟแท่งเชิงประกอบ โดยกราฟแท่งเชิงเดี่ยวใช้แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลชุดเดียว และแสดงลักษณะของข้อมูลที่สนใจเพียงลักษณะเดียว เช่น ปริมาณการจำหน่ายน้ำมันของบริษัทแห่งหนึ่งในแต่ละวันในหนึ่งสัปดาห์ เป็นต้น ส่วนกราฟแท่งเชิงซ้อนใช้แสดงการเปรียบเทียบของข้อมูล 2 ชุดขึ้นไป เช่น จำนวนอุบัติเหตุทางอากาศกับจำนวนอุบัติเหตุทางเรือ ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมในปี พ.ศ. 2558 เป็นต้น และกราฟแท่งเชิงประกอบใช้เปรียบเทียบข้อมูลในช่วงเวลาต่างกัน โดยในแต่ละแท่งจะแสดงรายละเอียดหรือส่วนย่อยของข้อมูลที่เรียงต่อกันในแนวดิ่ง เช่น สินค้าส่งออก 3 ประเภทในปี พ.ศ. 2555 - 2560 เป็นต้น



รูปที่ 2 ตัวอย่างกราฟแท่ง

ที่มา : <https://www.9experttraining.com/articles/>

กราฟวงกลม มีลักษณะเป็นวงกลมที่มีการแบ่งส่วนของข้อมูลจากจุดศูนย์กลางของวงกลมออกเป็นกลุ่ม ๆ ใช้สำหรับเปรียบเทียบสัดส่วนของข้อมูลชนิดเดียวกันในรูปแบบร้อยละ ซึ่งการนำเสนอข้อมูลคล้ายกับกราฟเส้นและกราฟแท่ง เช่น สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 3 ประเภทในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2559 ยอดขายของห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งที่มี 3 สาขา ในปี พ.ศ. 2558 เป็นต้น



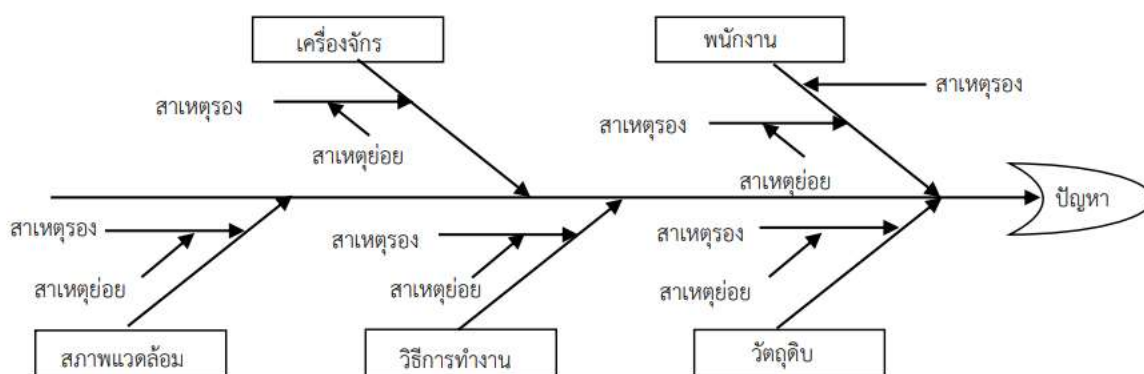
รูปที่ 3 ตัวอย่างกราฟวงกลม

ที่มา : <https://www.9experttraining.com/articles/>

3. แผนผังก้างปลา

ในกระบวนการควบคุมคุณภาพ มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการศึกษาถึงสาเหตุและผลของปัญหา ในกรณีนี้สามารถระดมสมองเพื่อกำหนดสมมุติฐานของสาเหตุในรูปของแผนผังก้างปลาหรือแผนผังเหตุและผล โดยวิธีการสร้างแผนผังก้างปลาตามรูปที่ 1 มีขั้นตอนดังนี้

- 1) เลือกปัญหาที่ต้องการจะแก้ไขและเขียนหัวข้อปัญหาที่เลือกไว้เป็นหัวปลา
- 2) เขียนลูกศรชี้ไปที่หัวปลาแทนกระดูกสันหลังของปลา
- 3) เขียนก้างใหญ่ให้หัวลูกศรวิ่งเข้าสู่กระดูกสันหลัง เพื่อระบุสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งโดยทั่วไปมักระบุเป็นสาเหตุหลักที่เกิดจาก คน เครื่องจักรอุปกรณ์ วัสดุการผลิต วิธีการทำงานและอื่นๆ ซึ่งจะเป็นก้างใหญ่
- 4) ระดมความคิดเพื่อเขียนก้างเล็ก ก้างย่อยและก้างฝอยแสดงสาเหตุย่อยตามลำดับ



รูปที่ 4 ตัวอย่างแผนผังก้างปลา

ที่มา : William, J. Stevenson, Operations Management, 2012: 400

ประโยชน์ของแผนผังก้างปลา

- 1) ช่วยให้สามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้อย่างละเอียดลึกซึ้ง มีเหตุมีผล เจาะลึกถึงสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาได้ง่ายและเป็นระบบทำให้แก้ปัญหาได้อย่างตรงจุด
- 2) ช่วยระดมความคิดเห็นจากสมาชิกหรือผู้เกี่ยวข้อง ทำให้เกิดความคิดที่หลากหลาย
- 3) ช่วยในการเลือกสาเหตุของปัญหาที่สำคัญมากำหนดมาตรการแก้ไขต่อไป

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาการลดของเสียในกระบวนการผลิต สายการผลิตโครงสร้างของรถแทรกเตอร์ บริษัท CCC จำกัด

ขั้นตอนที่ 2 เพื่อศึกษาแนวทางการลดต้นทุนในการผลิตรถแทรกเตอร์ สายการผลิตโครงสร้างของรถแทรกเตอร์ บริษัท CCC จำกัด

1. ขอบเขตของการศึกษา

1.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา: การลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิตโครงสร้างตัวรถ โดยเข้าไปศึกษาปัจจัยสาเหตุที่มีโอกาสทำให้เกิดของเสียขึ้น ได้แก่ คน วัสดุ การผลิต เครื่องจักรอุปกรณ์ วิธีการปฏิบัติงาน และกำหนดแนวทางวิธีการแก้ไขที่สาเหตุดังกล่าว เพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น

1.2 ขอบเขตด้านสถานที่: บริษัทผลิตรถแทรกเตอร์แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง สายการผลิตโครงสร้างตัวรถ (งานเชื่อม)

1.3 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง: กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาการลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิตโครงสร้างตัวรถ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับสายการผลิต จำนวน 5 คน เลือกจากผู้มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี เลือกแบบเฉพาะเจาะจง ประกอบไปด้วย หัวหน้าสายการผลิตโครงสร้างตัวรถ 1 คน, วิศวกรด้านงานเชื่อม 1 คน, ตัวแทนแผนกควบคุมคุณภาพ 1 คน, ตัวแทนพนักงานเชื่อม 2 คน

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้มีทั้งข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ การสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์ และการทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review) เป็นการศึกษาค้นคว้าเอกสาร งานวิจัย ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากข้อมูลทุติยภูมิข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการลดของเสียในกระบวนการผลิต

2.2 การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการและขั้นตอนในสายการผลิตโครงสร้างรถแทรกเตอร์ (งานเชื่อม) ซึ่งเป็นการสังเกตแบบเข้าไปมีส่วนร่วม ผู้วิจัยเลือกศึกษาและสังเกตการณ์เพื่อศึกษาว่าใบหินเจียรซึ่งเป็นวัสดุประเภทหนึ่งในกระบวนการงานเชื่อม สามารถนำกลับมา Recycle ได้หรือไม่

2.3 การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นการรวบรวมข้อมูลพร้อมกับการสังเกตการณ์ โดยประเภทของการสัมภาษณ์เป็นการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างแน่นอน (Unstructured Interview) ที่ไม่ได้กำหนดคำถามและคำตอบไว้ล่วงหน้า ลำดับของคำถามจึงเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม แต่ยังคงสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนดไว้คือ เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิต นอกจากนี้การสัมภาษณ์ยังเป็นแบบไม่จำกัดคำตอบ โดยการเกริ่นนำเพียง 2-3 ประโยค แล้วเปิดโอกาสให้ผู้ถูกสัมภาษณ์นำเสนอข้อมูล และแนวคิดจนกว่าจะครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการ ซึ่งระหว่างการสัมภาษณ์มีการบันทึกข้อมูลโดยกล้องถ่ายภาพ

2.4 การทดลอง (Experiment) เป็นเครื่องมือหลักในการรวบรวมข้อมูลวิจัยนี้ โดยการทดลองนำใบหินเจียรที่ใช้งานแล้ว นำมาตัดขอบออกแล้วนำมาเจียรงานอีกครั้ง พบว่าใบหินเจียรที่ตัดขอบสามารถนำกลับมาใช้งานได้อีก จนนำมาสู่การออกแบบเป็นเครื่องปัดตัดขอบใบหินเจียรที่สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องกดงานเชื่อมได้

3. ขั้นตอนการดำเนินการ

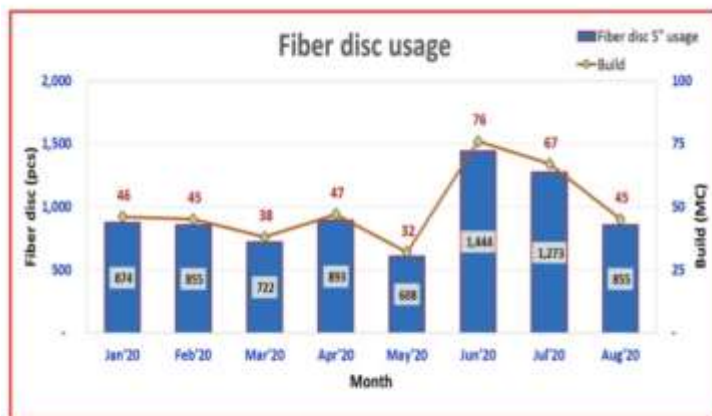
1. ศึกษาสภาพปัญหาของเสียในกระบวนการผลิต
2. วิเคราะห์สภาพปัญหา
3. กำหนดวิธีการในการแก้ไขปัญหา
4. ดำเนินการแก้ไขปัญหา
5. สรุปผลและนำเสนอผู้เกี่ยวข้องของบริษัท

จากการศึกษาพบว่า สายการผลิตโครงสร้างของตัวรถแทรกเตอร์ มีงานเชื่อมเป็นส่วนสำคัญของการผลิตโครงสร้างตัวรถ เมื่อพนักงานทำการเชื่อมชิ้นงานเสร็จแล้ว ต้องทำการเจียรเก็บความเรียบร้อยของงาน โดยในแต่ละวันมียอดการเบิกใช้ใบหินเจียรเป็นจำนวนมาก ซึ่งหลังจากการใช้งานไปแล้วความคมของหน้าสัมผัสใบหินเจียรจะค่อยๆ หายไป และไม่สามารถนำมาใช้งานได้อีก ซึ่งกระบวนการผลิตนี้ทำให้เกิดของเสียขึ้นเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 5 รูปภาพงานเชื่อมที่ทำการเชื่อมแล้วเสร็จ แต่ยังต้องเจียรเพื่อเก็บความเรียบร้อยของชิ้นงาน

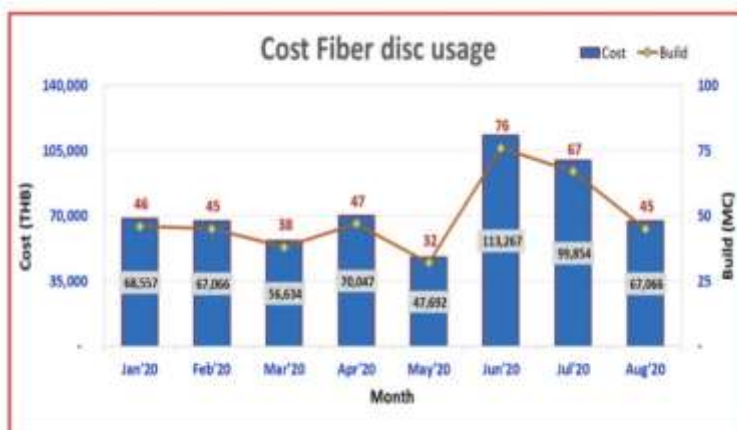
จากการรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนสิงหาคม 2563 พบว่าผลกระทบที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมแล้วเจียรเก็บความเรียบร้อยของชิ้นงาน ทำให้มียอดการเบิกใช้ใบหินเจียรจำนวนมาก และเกิดต้นทุนการผลิตที่สูง



Fiber disc usage
7,524 Pcs

Usage per unit
19 Pcs/Unit

รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงจำนวนการเบิกใบหินเจียรเดือนมกราคม-สิงหาคม 2563

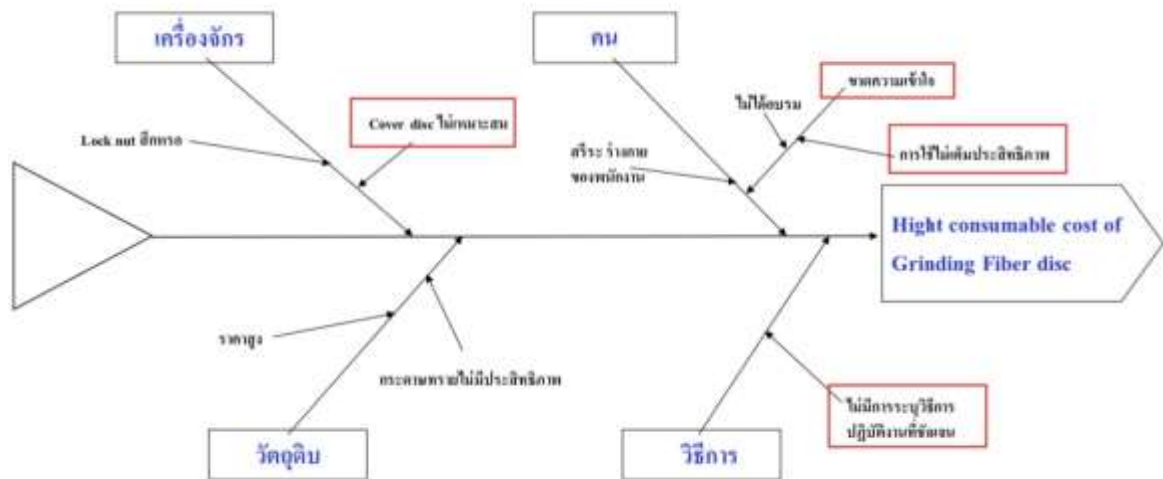


Fiber disc cost
590,183 THB

Cost per unit
1,490 THB/Unit

รูปที่ 7 แผนภูมิแสดงต้นทุนการเบิกใบหินเจียรเดือน มกราคม - สิงหาคม 2563

การนำแผนภูมิแก๊งปลา (Fishbone Diagram) มาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเบิกใช้ใบหินเจียรจนก่อให้เกิดเป็นของเสียในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก

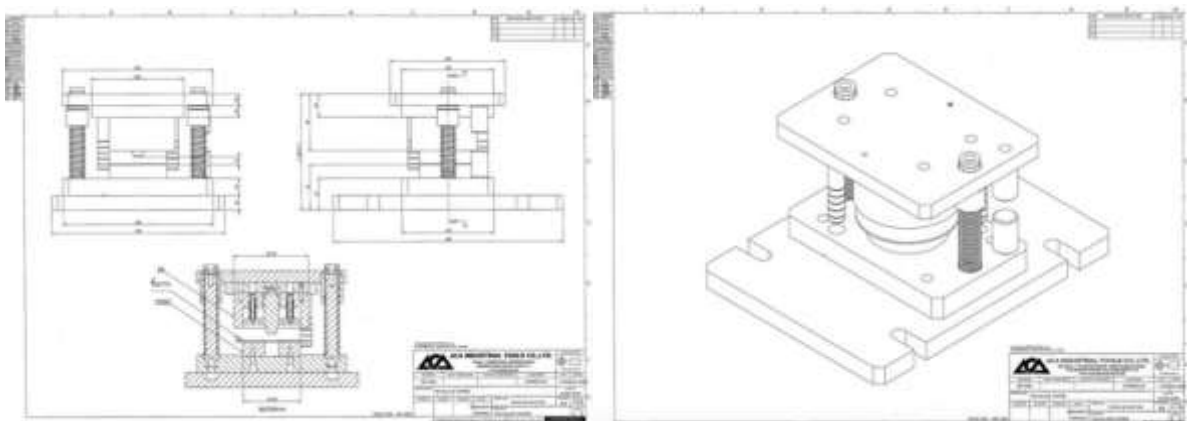


รูปที่ 8 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิแก๊งปลา

ผู้วิจัยได้พิจารณาว่าสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเบิกใช้ใบหินเจียรเป็นจำนวนมากเกิดจากการ ใช้งานไม่เต็มประสิทธิภาพของวัตถุดิบ จึงกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาคือ การทำให้เกิดการใช้งานที่เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการนำใบหินเจียรกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) โดยกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหโดยการทดลองนำใบหินเจียรขนาด 5 นิ้ว ที่ใช้งานแล้ว นำมาวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางให้เหลือ 4 นิ้ว แล้วใช้กรรไกรตัดขอบออก เพื่อนำมาทดลองใช้เจียรชิ้นงาน ผลปรากฏว่าสามารถใช้ได้ จากนั้นทำการออกแบบชุดบีมใบหินเจียรเพื่อลดขนาดใบหินเจียรจาก 5 นิ้ว เป็น 4 นิ้ว โดยให้สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องกดงานเชื่อมได้



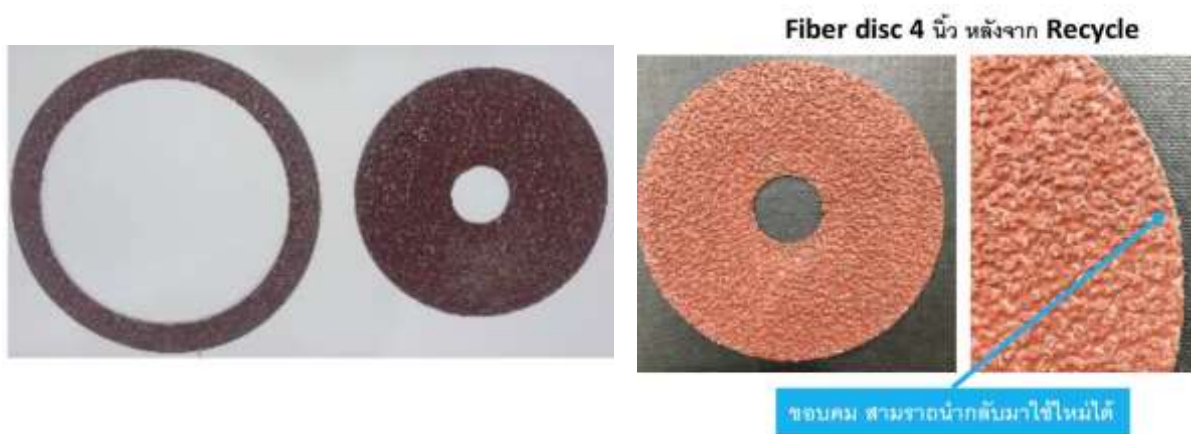
รูปที่ 9 รูปภาพใบหินเจียรขนาด 5 นิ้วที่ผ่านการใช้งานแล้ว แต่ยังมีคุณสมบัตินำไป Recycle ได้



รูปที่ 10 รูปภาพการออกแบบชุดปั๊มใบหินเจียร



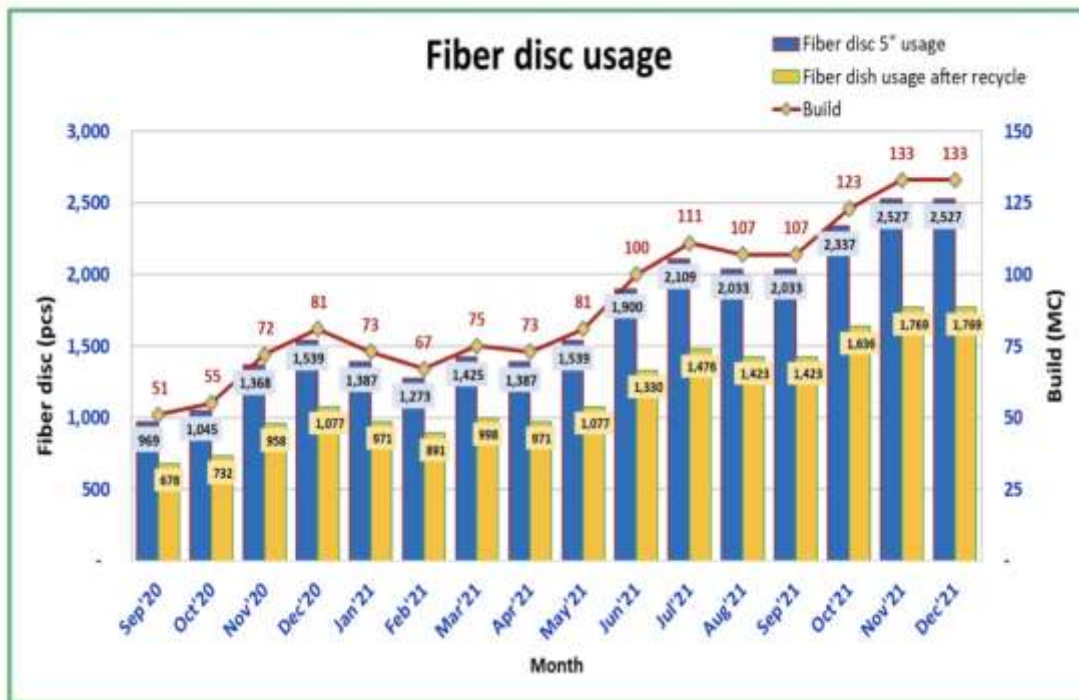
รูปที่ 11 รูปภาพการนำใบหินเจียรที่ใช้งานแล้วมาทำการปั๊มเพื่อ Recycle



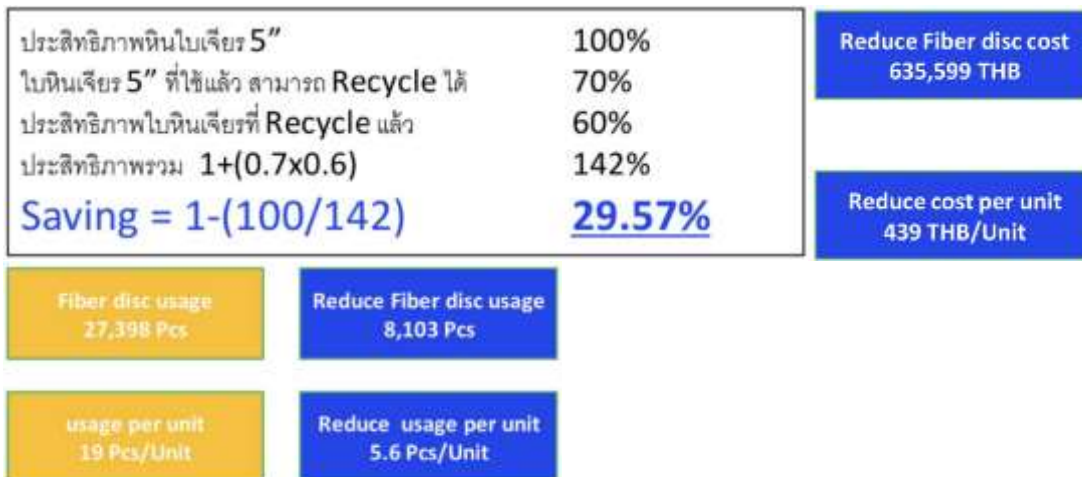
รูปที่ 12 รูปภาพใบหินเจียรที่ทำการปั๊มเสร็จเรียบร้อยแล้ว

5. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขปัญหาด้านแนวทางที่ได้นำเสนอไว้ในรูปที่ 9 ถึงรูปที่ 12 แล้วทำการเก็บข้อมูลในระหว่างเดือนกันยายน 2563 ถึงเดือนธันวาคม 2564 พบว่าใบหินเจียรที่ใช้งานแล้วสามารถนำมาทำการ Recycle ได้ 70% ของใบหินเจียรที่ใช้งานแล้วทั้งหมด ส่วนใบหินเจียรอีก 30% ไม่สามารถนำมา Recycle ได้ เพราะใบหินเจียร ผิก ขาด และชำรุดจากการใช้งาน จากการนำใบหินเจียรที่สามารถ Recycle ได้ 70% โดยการนำมาปั๊มที่เครื่องเพื่อตัดขอบใบหินเจียรออก พบว่ามีใบหินเจียรที่มีประสิทธิภาพการใช้งานซึ่งบริษัทฯ สามารถลดต้นทุนในการผลิตกระบวนการนี้ได้ถึง 29.57%



รูปที่ 13 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้ไบหินเจียร



รูปที่ 14 แสดงการคำนวณการลดต้นทุนตามแนวทางแก้ไขปัญห

6. สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 1 พบว่าเพื่อศึกษาการลดของเสียในกระบวนการผลิต สายการผลิตโครงสร้างของรถแทรกเตอร์บริษัท แนวทางการแก้ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตรถแทรกเตอร์ สายการผลิตโครงสร้างตัวรถ จากการวิเคราะห์ข้อมูลและสาเหตุของปัญหา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ปัญหาของเสีย เกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุหลักๆ คือ แผ่นรองไบหินเจียรไม่เหมาะสม ไม่มีการระบุวิธีการปฏิบัติงานที่ชัดเจน พนักงานขาดความเข้าใจการใช้งาน และที่สำคัญที่สุดคือการใช้งานยังไม่เต็มประสิทธิภาพซึ่งสอดคล้องกับ (วรพจน์ ศิริรักษ์และคณะ, 2566) และสอดคล้องกับ (วินัย หล้าวงษ์และคณะ, 2565)

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 2 พบว่า แนวทางการลดต้นทุนในการผลิตรถแทรกเตอร์สายการผลิตโครงสร้างของรถแทรกเตอร์บริษัท CCC จำกัดโดยการทดลองนำไบหินเจียรที่ใช้งานแล้วมาทำการตัดขอบออก แล้วนำมาลองเจียรงานอีกครั้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไบหินเจียรยังมีคุณสมบัติสามารถใช้งานได้ตติงเดิม จึงทำการออกแบบตัวปั๊ม ตัดขอบไบหินเจียร พบว่าไบ

หินเจียรที่ใช้งานแล้วสามารถนำมาทำการ Recycle ได้ 70% ของใบหินเจียรที่ใช้งานไปแล้วทั้งหมด หลังจากนำมาบดที่เครื่องตัดขอบแล้ว มีใบหินเจียรที่สามารถนำมาใช้งานเจียรได้อีกประมาณ 60% เมื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวตามแนวทางที่นำเสนอแล้วบริษัทสามารถลดต้นทุนในการสั่งซื้อใบหินเจียรถึง 29.57% แสดงให้เห็นว่าแนวทางที่นำเสนอสามารถลดของเสียและลดต้นทุนในกระบวนการผลิตได้ซึ่งสอดคล้องกับ (ณัฐ วดี มหานิลและคณะ, 2565) และสอดคล้องกับ (วรพจน์ ศิริรักษ์ และคณะ, 2566).

7. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 1 พบว่า ของเสียสามารถเกิดได้จากทุกกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ทุกสายการผลิตวิเคราะห์หาสาเหตุและปัญหาของเสียในกระบวนการผลิตของตนเองว่าสามารถนำมา Recycle หรือ Upcycleได้นั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินการ ดังนั้นการผลิตงานที่มีคุณภาพ ไม่ก่อให้เกิดของเสียในอุตสาหกรรมถือเป็นการช่วยลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้กับองค์กร

1.2 ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ที่ 2 พบว่า แนวทางการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ปัจจัยสำคัญที่สุดในกระบวนการผลิตนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินการ ดังนั้นมุ่งเน้นในการวางแผนการควบคุมการทำงาน การผลิตที่มีคุณภาพ

8. เอกสารอ้างอิง

- สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม. 2555. คู่มือ 3Rs กับการจัดการของเสียภายในโรงงาน. สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม. 9EXPERT. 2564. การเลือกรูปแบบ Visualization ให้เหมาะสมกับข้อมูล. ค้นวันที่ 15 เมษายน 2566 จาก <https://www.9experttraining.com/articles/>
- สมชาย เปรียงพรม, ศุภกร เจริญประสิทธิ์, & ธนกฤต บุษพาพันธ์. (2565). การลดของเสียในกระบวนการผลิต มอเตอร์ด้วยการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานกรณีศึกษาสายการประกอบมอเตอร์. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*, 12(1), 15-28.
- ณัฐวดี มหานิล, & ศรัณย์นภัทร สมเทศ. (2565). การลดของเสียการลดของเสียในกระบวนการผลิตแผ่นวงจร พิมพ์กรณีศึกษาผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งในประเทศไทย: บทควมวิจัย. *วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก*, 2(2), 1-11.
- ธีรวัฒน์ เทพชู, ศักดิ์ชาย รักการ, พจนีย์ ศรีวิเชียร, จีรวัฒน์ ปล้องใหม่. (2565). การลดของเสียใน กระบวนการผลิตแชมพูสูตร A ด้วยการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม. *วารสารวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช*, 2(1), 47-55.
- เฉลิมศักดิ์ ถาวรวัตร์, ก้าวหน้า จงวัฒนาภิรักษ์, ระพี กาญจนะ, & ฤทธิชัย สังฆทิพย์. (2565). การลดของเสียใน กระบวนการผลิตกล่องกระดาษด้วยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง. *วารสารวิชาการปทุมวัน Pathumwan Academic Journal*, 12(33), 41-55.
- วรพจน์ ศิริรักษ์, ทศพงศ์ นันทมัจฉา, วรพจน์ แสงบุญเรือง, อมรรัตน์ ปิ่นชัยมูล, ชัชชัย สีดา. (2566). การปรับปรุงกระบวนการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิค ECRS . *วารสารเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ*, 1(1), 246564-246564
- วินัย หล้าวงษ์, โยธิน นามโสธร, อภิวัฒน์ ด่านแก้ว, วีรพงศ์ จุลศรี. (2565). การปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดความสูญเสียเปล่าในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. *วารสารวิจัยมทร. กรุงเทพ*, 16(1), 132-149.
- William J. Stevenson. (2012). Operations Management. New York: McGraw-Hill/Irwin.

Understanding and Addressing Contractor Churn in the Thai Building Material Industry

Kultida Bhumina¹, Sirinda Palahan² and Santipat Arunthari³

¹Computer and Information Technology Program, University of the Thai Chamber of Commerce, Vibhavadi-Rangsit Road, Dindaeng, Bangkok, 10400, E-Mail: kultidabhum@gmail.com

²Computer and Information Technology Program, University of the Thai Chamber of Commerce, Vibhavadi-Rangsit Road, Dindaeng, Bangkok, 10400, E-Mail: sirinda_pal@utcc.ac.th

³Digital Innovation and Technology Management Program, University of the Thai Chamber of Commerce, Vibhavadi-Rangsit Road, Dindaeng, Bangkok, 10400, E-Mail: sarunthari@gmail.com

วันที่รับบทความ 15 พฤศจิกายน 2566

วันแก้ไขบทความ 20 ธันวาคม 2566

วันตอบรับบทความ 25 ธันวาคม 2566

ABSTRACT

The Thai building materials market is vital for the country's growth, but suppliers often struggle with customer churn due to fluctuating prices, evolving standards, and changing customer preferences. In our study, we employed various machine learning models and determined that the XGBoost model demonstrated the highest accuracy in identifying potential contractor churns. Additionally, the model allows for the extraction of critical factors contributing to churn, enabling more customized and effective business interventions. Our results uncovered that while large orders can lead to higher churn, a concern since losing such high-value contracts can have a disproportionately large impact on revenue, regular purchases and active participation in loyalty programs significantly reduce it. To act on these insights, we recommend suppliers focus on building long-term relationships through tailored loyalty programs, exclusive offers, and localized engagement strategies. These practical suggestions, derived from our research, can boost profitability in this competitive market. Future work can adapt our methods to different industries, enhancing our understanding of churn and customer loyalty in diverse markets.

Keywords: Customer Churn, Building Material Industry, Causal Analysis, Prediction Modeling

1. INTRODUCTION

The building material market in Thailand is crucial for the country's development. Recently, it has grown a lot because cities are expanding and there's a big need for good building materials. But this growth brings challenges. Suppliers in this competitive market try to stand out by offering high-quality products and building strong relationships with clients. One major issue they face is 'customer churn,' where contractors often switch suppliers for better deals or services. Losing even one contractor can mean losing a lot of business, as they are involved in big, ongoing projects. So, for suppliers, dealing with churn is not just about keeping good relationships; it's also important for their financial success.

Understanding churn is tricky. Suppliers face many issues trying to keep their contractor customers. Changing prices, new construction standards, the need for novel materials, and shifting contractor tastes

make keeping customers hard. While past research mostly used models to predict churn (Ascarza et al., 2018; Du, Lee, & Ghaffarizadeh, 2019), the reasons behind it remain unclear. Predictive models, while helpful, don't always explain why churn happens, giving suppliers a prediction but not clear next steps.

Our research dives into why contractors churn in the Thai building material market. We want to uncover what drives contractor loyalty and provide a foundation for effective ways to keep them. We have three main goals:

1. Build a model to predict when contractors might leave suppliers.
2. Discover the main reasons contractors churn in this market.
3. Offer practical suggestions and methods for suppliers to reduce contractor churn.

By merging churn prediction with a deep understanding of its underlying reasons, we aim to offer a comprehensive view of the factors causing churn. Our goal is to empower suppliers with the tools they need to retain their customers, thereby increasing profits and helping them thrive in the competitive Thai building material market.

Our study offers substantial benefits to the Thai building material market. By combining churn prediction with a deep understanding of its causes, we equip suppliers with insights to improve contractor loyalty and customer retention. This approach is often more cost-effective than acquiring new clients and leads to increased profitability. Additionally, it helps suppliers gain a competitive edge and adapt to market trends, supporting their long-term success in this competitive industry.

The remainder of this paper is organized as follows: Section 2 reviews related literature, Section 3 outlines the methodology employed in this study, Section 4 presents the results, Section 5 delves into discussions and analysis, and finally, Section 6 provides our conclusions.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Churn predictive models

Many studies have created models to forecast customer churn, helping businesses foresee and address potential customer departures. For example, Wangperawong et al. (2016) and Cenggoro et al. (2021) explored deep learning methods in the telecom sector. Their work showed strong results in predicting churn and stressed the importance of understanding customer actions. Mirkovic et al. (2022) demonstrated how to predict churn in B2B situations using past invoice data, highlighting the value of using past data to improve predictions. But the building material sector has its own set of hurdles, so it's crucial to modify these models for its unique needs. Our research is influenced by these earlier studies, aiming to create a churn prediction model that fits the specific challenges of the building material sector.

2.2 Causal analysis for churn

Predicting churn is essential, but grasping its root causes is equally important for holistic business planning. Prior studies, like those by Du, Lee, & Ghaffarizadeh (2019) and Shah et al. (2019), probed into the reasons for customer churn, using advanced methods to pinpoint its core drivers. In our research, we drew inspiration from Rudd, Huo, & Xu (2022), who used causal analysis in banking with significant precision. Their methodology offers a solid base as we explore the specific causal elements in the building material sector.

3. METHODOLOGY

Our methodology adopts a structured, data-centric approach to discern contractor churn in the building material supplier realm. We hold that data-driven insights empower businesses to make decisions that significantly boost their profitability and longevity. Figure 1 graphically illustrates our method.

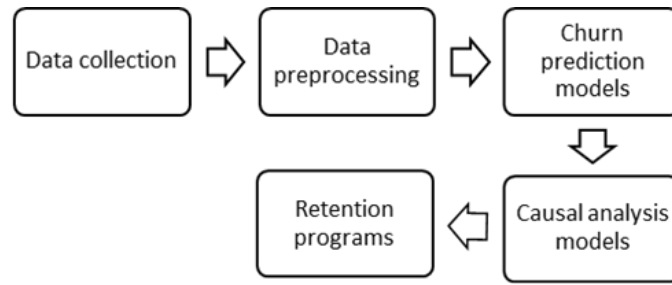


Fig. 1: The Proposed Approach

We initiated by gathering data from contractors associated with a leading Thai building material supplier, underscoring the importance of robust data in strategic decision-making. In the preprocessing stage, we preprocessed this data to closely mirror the industry's landscape. Our specialized predictive model pinpointed key factors driving churn, offering direction for business tactics. Conclusively, our causal analysis delved into churn's underlying causes, equipping businesses to address fundamental challenges and devise potent retention measures.

3.1. Data Collection

For our study, we collected data from a prominent building materials supplier in Thailand over a five-year period, from 2018 to 2022. This supplier is a well-known provider of construction materials in the country, catering to a diverse range of contractors involved in various building projects. To ensure our analysis is closely aligned with the supplier's operations, we conducted a segmentation of the contractors based on the company's internal criteria. This segmentation allowed us to categorize contractors in a manner that is consistent with the supplier's business practices, facilitating a more accurate and relevant interpretation of the data.

3.2. Data Preprocessing

During this stage, we preprocessed the accumulated data, emphasizing its authenticity and applicability. We tackled challenges like missing data and extraneous data points. Furthermore, we addressed the prevalent issue of dataset imbalance, using widely recognized methods. Our objective was to sculpt a balanced dataset, setting the stage for precise and actionable findings pertinent to the building materials domain.

3.3 Analytic Models

3.3.1 Churn Predictive Models

We explored various predictive methodologies, commonly used in different sectors, to understand customer behaviors. Our goal was to identify key factors contributing to churn. With insights into these factors, businesses might be better positioned to devise strategies addressing contractor turnover.

We utilized the F1-score, a harmonic mean of precision and recall, to assess the performance and relevance of our model. The F1-score is a valuable metric in evaluating the accuracy of a model, especially in cases where there is an uneven class distribution or when false positives and false negatives carry different costs. In the context of our study, it helped us quantify the balance between precision (the number of true positive results divided by the number of all positive results) and recall (the number of true positive results divided by the number of positives that should have been retrieved). By achieving a high F1-score, we ensured that our model is reliable and effective in capturing the necessary insights from the data.

3.3.2 Causal Analysis Models

Understanding the reasons behind customer churn in the building material industry is crucial for devising effective retention strategies. Our aim was to gain insights into the primary causes of customer departures. In our causal analysis, we looked at straightforward metrics like purchase frequency and categorized them into groups like 'low frequency' and 'high frequency'. Our categorization was based on two approaches: one that combined data analysis with practical business insights (median-based approach), and another that focused on significant data patterns (machine learning-based approach).

We've illustrated our insights from the churn prediction model in a causal graph (Figure 2), highlighting the relationships between customer behaviors and their propensity to churn. At the heart of the graph is "churn," our dependent variable, surrounded by other primary factors under examination. The connecting lines between these nodes signify influence. For instance, the link between "churn" and "high_tenure" indicates that the "high_tenure" factor has a bearing on churn. From this causal graph, we conducted a causal analysis to evaluate the strength of these connections. Our intent is not just to identify potential churners but to understand their reasons for leaving. Through this, we hope to provide businesses in the building material industry with insights that could help nurture long-term customer relationships and encourage steady growth.

In our causal analysis, we also employed the propensity score weighting method to balance the characteristics between different groups in our study, such as those with high and low purchase frequencies. This method calculates the probability of being in a particular group (e.g., high or low purchase frequency) based on observed characteristics. This approach allowed us to more accurately estimate the true causal effects of various factors, such as the order frequency on churn. The use of propensity score weighting in our analysis enhances the reliability of our findings, providing a more precise understanding of the causal relationships illustrated in our causal graph.

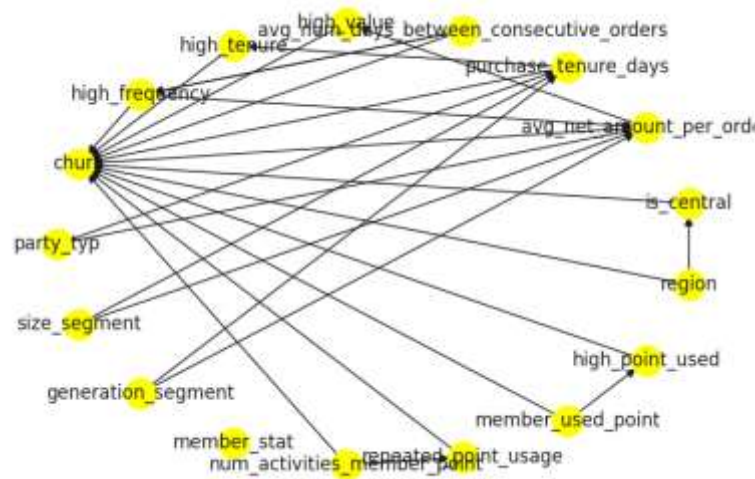


Fig. 2: The Causal Graph

3.4 Research Tools

In our study, we employed a range of tools for data handling and analysis. For data collection and preprocessing, we used a company's data repository, maintained for accuracy by its IT department. Our predictive modeling was conducted using custom Python programs, utilizing libraries like Scipy and Scikit-learn, allowing for tailored and sophisticated analysis. For causal analysis, we utilized the DoWhy library in Python, enabling us to investigate and understand the causal relationships in contractor churn.

To ensure the validity of our research instruments, we took two steps:

- **Content Validity:** We collaborated with Customer Relationship Management (CRM) teams to ensure our data variables accurately represented contractor behaviors. Their insights helped us align our data analysis with real-world scenarios in the building material market.
- **Criterion-related Validity:** We validated our predictive models by partitioning our data into training and testing sets. The testing set was used to assess the accuracy of our churn predictions, ensuring that our models are both reliable and effective for practical application.

4. RESULTS

4.1 Churn predictive models

In the predictive modeling stage, an array of machine learning algorithms was evaluated for their ability to predict customer churn. The performance metrics of each model, specifically the F1 score, were calculated and are presented in Table 1 for comparison. The F1 score is a measure of a model's accuracy, calculated as the harmonic mean of precision and recall. It ranges from 0 to 1, with 1 being perfect precision and recall, and 0 indicating neither precision nor recall. In essence, it provides a balance between the model's ability to correctly identify true positives and its tendency to not label true negatives as false positives.

The XGBoost algorithm proved to be the most effective among those tested, achieving an impressive F1-score of 0.9534, highlighting its reliability in predicting customer churn across different scenarios and parameters.

Table 1: Comparison of F1-scores of different models.

Model	F1-score
XGBoost	0.9534
Random Forest	0.9521
Extra Trees	0.9483
Gradient Boosting	0.9474
Logistic Regression	0.9456
Decision Tree	0.9339
AdaBoost	0.9336
Stack Ensemble	0.8767

4.2 Causal analysis models

In our analysis to uncover the drivers behind customer churn, we examined key business metrics to discern their influence on churn, as presented in Tables 2 and 3. In the causal analysis stage, we applied the propensity score weighting method to the binary features identified in the causal graph. The propensity score represents the probability of treatment assignment based on observed data. By using this method, we can balance the observed characteristics between treated and untreated groups, allowing for a more accurate estimation of the causal effect. These propensity scores, which aid in interpreting the potential causal impacts of the features on churn, are presented in Tables 2 and 3.

Table 2, informed by data insights and industry knowledge, categorizes contractors into 'Large' and

'Small', detailing how each segment responds to specific factors. For instance, large contractors spending over THB 10,000 see a 13% rise in churn, while those engaged over a year are 45% more loyal. For small contractors, high order values slightly increase churn, yet a relationship beyond 1.75 years results in a 51% churn reduction. The central region's influence on churn, despite its operational significance, did not warrant a detailed regional breakdown.

Table 3, utilizing advanced analytics, highlights churn tendencies. Large contractors spending above THB 11,500 face a 14% churn increase. Loyalty aspects, like a relationship over 4 years and active loyalty program engagement, significantly reduce churn. Conversely, small contractors with higher average order values see increased churn. Extended relationships and frequent shopping patterns notably decrease churn likelihood. These findings underscore pivotal strategies to enhance contractor loyalty and mitigate churn.

Our findings from the propensity score weighting causal analysis reveal a consistent direction of influence for key variables in predicting churn, irrespective of the method—median-based or machine learning-based—used for threshold determination. This consistency underscores the reliability of our analysis and the pivotal strategies to enhance contractor loyalty and mitigate churn.

Table 2: Propensity score for the median-based approach

Feature Type	Description	Large Contractors		Small Contractors	
		Threshold	PSW	Threshold	PSW
High Value	Average net amount per order	> THB 10,000	0.13	> THB 6,500	0.03
High Tenure	Days of engagement	> 365 days (~1 year)	-0.45	> 635 days (~1.75 years)	-0.51
High Frequency	Days between orders	<= 30 days	-0.1	<= 15 days	-0.02
High point used	Total points used	> 10,000 points	-0.41	> 7,500 points	-0.36
Repeated point usage	Points are used	> 1 time	-0.31	> 1 time	-0.19
Is central	Region	is 'central'	-0.05	is 'central'	0.02

Table 3: Propensity score for the machine learning-derived approach

Feature Type	Description	Large Contractors		Small Contractors	
		Threshold	PSW	Threshold	PSW
High Value	Average net amount per order	> THB 11,500	0.14	> THB 31,000	0.14
High Tenure	Days of engagement	> 1,477 days (~4 years)	-0.83	> 1,582 days (~4.3 years)	-0.8
High Frequency	Days between orders	<= 1 day	-0.15	<= 1 day	-0.3
High point used	Total points used	> 79,770 points	-0.52	> 5,840 points	-0.31

Feature Type	Description	Large Contractors		Small Contractors	
		Threshold	PSW	Threshold	PSW
Repeated point usage	Points are used	> 1 time	-0.31	> 1 time	-0.19
Is central	Region	is 'central'	-0.06	is 'central'	0.02

Note: PSW = Mean estimate from propensity score weighting model

5. DISCUSSIONS

5.1 Business Implications

Our research delves deeply into the operational nuances of the building materials sector, providing actionable insights for businesses to navigate challenges and opportunities. One notable observation is the correlation between decreased purchase frequency and potential challenges that a business might face. This decline could stem from a myriad of reasons, from operational bottlenecks to changing consumer preferences, disruptions in the supply chain, or an increasingly competitive market landscape.

When analyzing the influence of order value on churn, it becomes evident that businesses need to be adaptive in their pricing strategies. Rigid pricing might deter contractors from making more substantial purchases. Thus, introducing tiered pricing models, loyalty-driven discounts, or incentives for bulk purchases might alleviate this. Integrating these insights and adapting them to daily operations can serve as a crucial foundation to enhance contractor loyalty, reduce churn, and establish a robust rapport with contractors.

Aligning with the findings of Wangperawong et al. (2016) and Cenggoro et al. (2021), our study also underscores the importance of understanding customer actions and adapting strategies accordingly. However, unlike the telecom sector they studied, we observed unique trends in the building materials sector, such as the critical impact of purchase frequency on churn.

5.2 Strategic Retention Initiatives

The nuances of the Thai building materials industry, as brought out by our findings, necessitate specialized retention strategies. It's concerning to note that high order values are seemingly driving churn across both contractor segments. This challenges businesses to reconsider their pricing dynamics. By introducing flexible pricing structures, offering bulk-buying incentives, and other loyalty-driven benefits, contractors might be more inclined towards making substantial purchases.

The value of long-standing relationships with contractors cannot be overstated. Such relationships naturally lower the churn rate, so there's a compelling reason for businesses to invest in strengthening these ties. This can be achieved through loyalty-based discounts, granting contractors exclusive previews to new product launches, or offering them early-bird specials.

Encouraging regular purchasing behaviors is crucial. Businesses could consider innovative loyalty schemes or bonus point systems to incentivize frequent orders. Depending on the purchasing patterns of contractors, specialized deals, discounts, or other exclusive benefits could be extended.

While the central region's influence on churn is subtle, it does present a unique opportunity. Tailored marketing strategies, region-centric promotional events, or exclusive regional offers can effectively address these slight churn variations and bolster regional loyalty.

5.3 Recommendations

Effectively countering contractor churn requires a comprehensive understanding of the customer base and the industry landscape. One strategy to enhance contractor loyalty and reduce churn is to

revamp existing loyalty programs. By offering rewards that are proportional to order frequency or value, contractors might be motivated to increase their spending.

Personalization is another vital strategy. By tailoring marketing campaigns based on contractors' past purchasing behaviors and preferences, businesses can forge a stronger, more personal bond with their customers. Regular engagement initiatives, such as feedback solicitation or hosting exclusive contractor-centric events, can solidify these relationships further.

Broadly, businesses can take a leaf out of global suppliers' books. Many have successfully minimized churn rates by proactively addressing customer feedback and concerns. By localizing such strategies to fit the Thai building materials industry's unique characteristics, businesses can not only reduce churn rates but also pave the way for sustainable growth and expansion.

Our research corroborates the approach by Du, Lee, & Ghaffarizadeh (2019) and Shah et al. (2019) in understanding the reasons for customer churn. However, in contrast to their general findings, our study reveals that personalized loyalty programs and contractor engagement are more critical in the Thai building materials sector.

5.4 Limitations

Despite our efforts to provide a comprehensive analysis, this study has its limitations. The data is sourced from a single building material supplier in Thailand, which might not capture the full spectrum of the industry's dynamics. Moreover, cultural and regional nuances specific to Thailand might not be universally applicable. External factors, such as economic shifts or industry regulations, which could influence churn, were not extensively explored. Future studies might benefit from a broader data set and a more global perspective to address these limitations.

6. CONCLUSIONS

In our study of customer churn in the Thai building materials sector, we delved deep into the metrics and reasons behind customer departures. Through rigorous testing, the XGBoost predictive model stood out, enabling us to forecast potential churn effectively. This model highlighted vital drivers, such as order value, how long customers have been with the business, how often they purchase, and their use of loyalty programs. For businesses, this means that those making larger orders might appreciate better pricing, like bulk discounts. The data also shows that staying engaged with customers through regular purchases and loyalty schemes can significantly reduce their chances of leaving.

Our causal analysis reinforced these findings and provided additional layers of understanding. We found that the size of the contractor played a role in their churn behaviors. Larger contractors, especially those with higher spending, were at a churn risk, emphasizing the need for special attention and strategies for this group. Conversely, both large and small contractors exhibited reduced churn tendencies when they had longer ties with the business.

To capitalize on these insights, businesses should prioritize fostering long-term relationships, perhaps through tailor-made loyalty schemes, exclusive offers, or even region-focused promotions. Though the regional influence on churn was subtle, it suggests an opportunity for more localized engagement strategies.

Looking ahead, the techniques and findings from our study can be adapted for various industries beyond the Thai building materials sector. This research offers a solid foundation in understanding customer churn and loyalty, a continuously evolving area of study. We are hopeful that our work will guide businesses towards more strategic decision-making and inspire further research. To enhance future studies, we recommend a mixed-methods approach, combining qualitative methods such as interviews

and focus groups with our quantitative analysis. This integration will provide a more comprehensive understanding of churn, revealing deeper insights and supporting the creation of more effective customer retention strategies in diverse business environments.

7. REFERENCES

- Ascarza, E., Neslin, S. A., Netzer, O., Anderson, Z., Fader, P. S., Gupta, S., ... & Schrift, R. (2018). In pursuit of enhanced customer retention management: Review, key issues, and future directions. *Customer Needs and Solutions*, 5(1), 65-81.
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016, August). Xgboost: A scalable tree boosting system. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 785-794).
- Cenggoro, T. W., Wirastari, R. A., Rudianto, E., Mohadi, M. I., Ratj, D., & Pardamean, B. (2021). Deep learning as a vector embedding model for customer churn. *Procedia Computer Science*, 179, 624-631.
- Du, S., Lee, J., & Ghaffarizadeh, F. (2019, July). Improve User Retention with Causal Learning. In *The 2019 ACM SIGKDD Workshop on Causal Discovery* (pp. 34-49). PMLR.
- Lemaître, G., Nogueira, F., & Aridas, C. K. (2017). Imbalanced-learn: A python toolbox to tackle the curse of imbalanced datasets in machine learning. *The Journal of Machine Learning Research*, 18(1), 559-563.
- Mirkovic, M., Lolic, T., Stefanovic, D., Anderla, A., & Gracanin, D. (2022). Customer Churn Prediction in B2B Non-Contractual Business Settings Using Invoice Data. *Applied Sciences*, 12(10), 5001.
- Shah, M., Adiga, D., Bhat, S., & Vyeth, V. (2019). Prediction and causality analysis of churn using deep learning. *Comput. Sci. Inf. Technol*, 9(13), 153-165.
- Sharma, A., & Kiciman, E. (2020). DoWhy: An end-to-end library for causal inference. *arXiv preprint arXiv:2011.04216*.
- Wangperawong, A., Brun, C., Laudy, O., & Pavasuthipaisit, R. (2016). Churn analysis using deep convolutional neural networks and autoencoders. *arXiv preprint arXiv:1604.05377*.
- Hason Rudd, D., Huo, H., & Xu, G. (2022). Improved Churn Causal Analysis Through Restrained High-Dimensional Feature Space Effects in Financial Institutions. *Human-Centric Intelligent Systems*, 2(3-4), 70-80.

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการสอนปฏิบัติการด้านการพิมพ์สามมิติ

Virtual reality technology for 3D printing practical training

ศรีสิทธิ์ เจริญบุตร¹ สุชาติ แสนพิช² และภูมิ เจือศิริภักดี³

^{1,3}สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

²สาขาศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

Srisit Chianrabutra¹, Suchart Saenpich² and Poom Juasiripukdee³

¹School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University, srisit.chi@stou.ac.th

²School of Liberal Arts, suchart.sae@stou.ac.th

³School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University, poom.jua@stou.ac.th

วันที่รับบทความ 21 พฤศจิกายน 2566

วันแก้ไขบทความ 24 พฤศจิกายน 2566

วันตอบรับบทความ 24 พฤศจิกายน 2566

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ถูกนำมาสนับสนุนการเรียน และเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการศึกษาในอนาคต การเรียนรู้ในโลกความเป็นจริงเสมือนจะทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงระบบการเรียนรู้ทางไกลในสภาพแวดล้อมที่เสมือนว่าผู้เรียนอยู่ในการเรียนลักษณะเผชิญหน้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนเพื่อการสอนปฏิบัติการการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ การดำเนินการวิจัยเริ่มจากการศึกษากระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติและเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน จากนั้นจึงทำการพัฒนาโปรแกรมความเป็นจริงเสมือนในการเรียนรู้การใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ แล้วทำการประเมินคุณภาพโปรแกรมความเป็นจริงเสมือน พร้อมทั้งทำการทดสอบประสิทธิภาพสื่อการเรียน สุดท้ายทำการปรับปรุงสื่อการเรียนและนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จำนวน 30 คน และวิเคราะห์ผลด้วยสถิติการทดสอบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มประชากรที่ข้อมูล 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน ผลการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน พบว่าผู้เรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ 5.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.83 และมีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ 8.07 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.14 โดยผู้เรียนที่เข้าเรียนสื่อห้องปฏิบัติการความเป็นจริงเสมือนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: ความเป็นจริงเสมือน, เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ, ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง, การสอนปฏิบัติการ

ABSTRACT

Virtual reality technology is one of tools used to support learning and is essential for future education. Virtual learning provides learners with the access to a distance learning system in an environment, where the learners are in a face-to-face learning environment. This research aims to develop virtual reality media for 3D printing practical training. The research commenced with the study of using 3D printers and virtual reality technology, followed by the development of the virtual reality program of 3D printing. Subsequently, the quality of the virtual reality program was evaluated, and the efficiency of these learning materials was tested. Finally, the learning materials were refined and tested with the 30 samples of bachelor students in the School of Science and Technology from Sukhothai Thammathirat Open University, the evaluation utilized a paired sample t-test. The finding of this study revealed that students had a mean score before learning of 5.03 with a standard deviation of 1.83 before learning, and a mean score after learning of 8.07 with a standard deviation of 1.14 after learning. The students who participated in the virtual reality laboratory instructional media had significantly higher post-test scores than pre-test scores at a statistical significance level of 0.01.

KEYWORDS: Virtual Reality, 3D Printing Technology, Virtual Laboratory, Practical Training

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีบทบาทกับทุกภาคส่วน รวมทั้งภาคการศึกษาที่เข้ามาผสมผสานในกระบวนการเรียนรู้ทั้งที่เป็นแบบการเรียนผ่านคอมพิวเตอร์ และการเรียนผ่านอุปกรณ์พกพา เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) บล็อกเชน (Blockchain) ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) แชทบอต (Chatbot) และ ความเป็นจริงเสมือน/ความเป็นจริงเสริม (Virtual Reality/Augmented Reality, VR/AR) จะมีบทบาทต่อการปฏิวัติรูปแบบการเรียนระดับอุดมศึกษา สิ่งเหล่านี้จึงมีความจำเป็นมากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อให้ทันกับพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงและเพื่อกำจัดอุปสรรคต่างๆ ที่ระบบการเรียนแบบดั้งเดิมไม่สามารถทำได้ ซึ่งจะส่งผลส่งเสริมให้คุณภาพการเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Anjarichert et al., 2016)

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality, VR) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ถูกนำมาสนับสนุนการเรียน และเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการศึกษาในอนาคต การเรียนรู้ในโลกความเป็นจริงเสมือนจะทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงระบบการเรียนทางไกลในสภาพแวดล้อมที่เสมือนว่าผู้เรียนอยู่ในการเรียนลักษณะเผชิญหน้า หรือสามารถสร้างสถานการณ์จำลองในแบบที่การเรียนลักษณะเผชิญหน้าก็ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่อง เนื้อหา ระยะเวลา สถานที่ และอุปกรณ์ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนสามารถที่จะออกแบบระบบการเรียนรู้ตามความสนใจรายบุคคล (Individual Learning) ของผู้เรียน ผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สวมใส่ทำให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนเนื้อหาในส่วนปกติ และเนื้อหาในส่วนเพิ่มเติมตามความสนใจ รวมทั้งสามารถที่จะเลือกเนื้อหาที่ต้องการได้ด้วยตนเอง ตามอัตราการเรียนรู้และสามารถจัดสรรเวลาเรียนเองได้ นอกจากนี้ การฝึกปฏิบัติการบางลักษณะยังมีข้อจำกัดเรื่องของอุปกรณ์ที่มีราคาแพงไม่สามารถให้ผู้เรียนสามารถใช้งานในลักษณะหนึ่งคนต่อหนึ่งอุปกรณ์ได้ ซึ่งการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนจะเป็นทางเลือกแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพและให้ผลดีวิธีหนึ่ง

สำหรับเทคโนโลยีด้านการพิมพ์สามมิติ ถือเป็นเทคโนโลยีหนึ่งในปัจจุบันที่จะนำไปสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 เนื่องจากเป็นกรรมวิธีการผลิตที่สามารถลดขั้นตอนในการผลิตอย่างมาก ผู้ใช้งานสามารถที่จะออกแบบและสั่งผลิตได้โดยตรงที่เรียกว่า “การผลิตโดยตรงด้วยดิจิทัล (Direct Digital Manufacturing)” การเรียนรู้และเข้าใจเทคโนโลยีเหล่านี้จึงมีความสำคัญต่อนักศึกษาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงประโยชน์ของการใช้งานและนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป ปัจจุบันทางสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีครุภัณฑ์ด้านเครื่องพิมพ์สามมิติ และนำมาใช้ประกอบการสอนปฏิบัติเสริมทักษะให้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ในชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนนักศึกษาที่มีจำนวนมาก และนักศึกษามีพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่แตกต่างหลากหลาย การออกแบบวิธีการเรียนการสอนในปัจจุบันไม่สามารถให้นักศึกษาทุกคนได้ทดลองปฏิบัติการใช้งานได้ การมีระบบจำลองการปฏิบัติด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนจะทำให้นักศึกษาสามารถที่จะเพิ่มประสบการณ์ของการเรียนรู้พื้นฐานใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติได้ทุกคน และสามารถทดลองตามความสนใจในสถานการณ์ที่แตกต่างกันได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

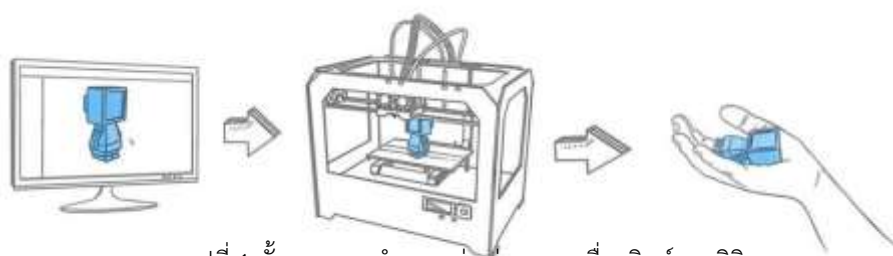
- 2.1 เพื่อพัฒนาระบบสื่อความเป็นจริงเสมือนเพื่อการสอนปฏิบัติวิธีการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ
- 2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของต้นแบบสื่อและเปรียบเทียบคะแนนก่อน-หลังเรียนจากต้นแบบสื่อ

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและวิธีการที่ถูกใช้ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน และแบบจำลองเอ็ดดี้ โดยมีรายละเอียดพอสังเขปดังต่อไปนี้

3.1 เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ

ในปัจจุบันความสามารถในการพัฒนาและการผลิตผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการและตอบสนองต่อความรวดเร็วในการเปลี่ยนแปลงนั้นมีความสำคัญอย่างมาก เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติถูกจัดให้เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่จะเข้ามาในการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 (Fourth Industrial Revolution) เพราะความสามารถในการผลิตโดยตรงด้วยระบบดิจิทัลที่รวดเร็ว สามารถลดค่าใช้จ่ายของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ อย่างมากมาย ที่สำคัญยังมีบทบาทในการช่วยให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นไปได้ง่ายและสะดวก และไม่จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายถึงขั้นจำกัดในการออกแบบที่ส่งผลต่อกรรมวิธีการผลิต เทคโนโลยีนี้จึงถูกนำไปใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น ด้านไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ด้านยานยนต์ ด้านอากาศยาน ด้านการทหาร ด้านการแพทย์ ด้านการศึกษา และด้านศิลปะ เป็นต้น เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ เป็นการผลิตด้วยวิธีเพิ่มเนื้อวัสดุ (Additive Manufacturing) ในลักษณะการเติมเนื้อวัสดุตามรูปร่างของชิ้นงานสามมิติขึ้นทีละชั้น (Layer by Layer) โดยใช้ข้อมูลจากไฟล์สามมิติ (3D Model) ซึ่งสร้างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้วส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์สามมิติเพื่อผลิตเป็นชิ้นงานออกมา โดยกลไกที่สำคัญของเครื่องพิมพ์สามมิติจะประกอบด้วยแกนการเคลื่อนที่ในแนวแกน X Y และ Z ซึ่งทำหน้าที่สร้างรูปร่างชิ้นงานให้เป็นรูปทรงสามมิติ ซึ่งมีกลไกในการปล่อยเนื้อวัสดุตามแต่ละชั้นวัสดุและเทคนิคในการขึ้นรูปทรงที่ถูกนำมาใช้ในเครื่องพิมพ์สามมิติแต่ละประเภท (ศรีสิทธิ์ เจริญบุตร, 2560) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานอย่างง่ายของเครื่องพิมพ์สามมิติ

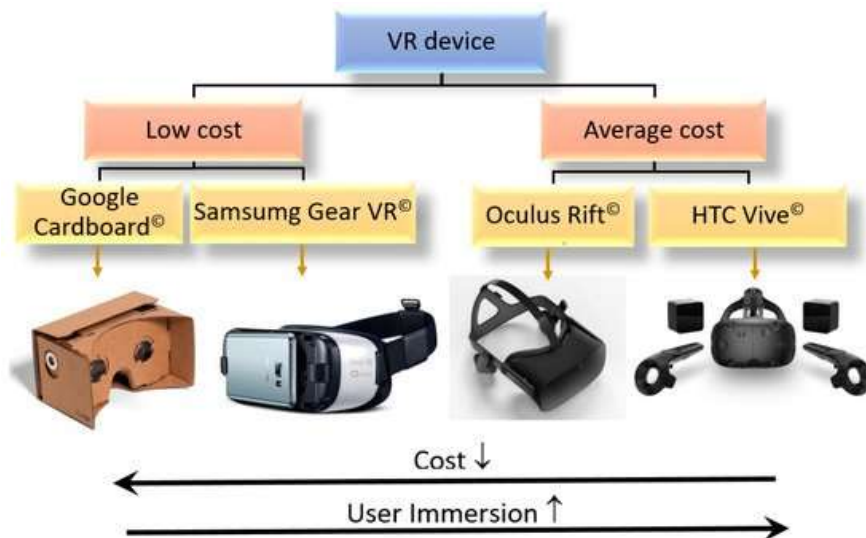
ที่มา: <https://www.technobyte.org/3d-printing-technology-faq-everything-you-must-know/>

3.2 เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

ในด้านการศึกษานั้น คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในการเป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนการสอนตั้งแต่ ช่วง ค.ศ. 1950 และมีบทบาทมากขึ้นจนถึงปัจจุบัน สำหรับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนนั้นถูกนำไปใช้ในการเรียนการสอนในช่วง ค.ศ. 1980 ซึ่งเหตุผลสำคัญ ได้แก่ การที่สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ให้กับผู้เรียนได้แบบหนึ่งต่อหนึ่งและการสร้างประสบการณ์ของการเรียนที่วิธีการเรียนแบบเดิมไม่สามารถทำได้ (Pantelidis, 2010) เช่น การสร้างความเข้าใจได้หลากหลายวิธี สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจและสามารถที่จะเลือกเนื้อหาตามที่ตนเองสนใจ มีความยืดหยุ่นในเรื่องของเวลาและสถานที่ของผู้เรียนที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการ สามารถลดค่าใช้จ่ายของการลงทุนเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์จริงที่มีราคาแพง รวมถึงลดปัญหาจากการเสียหายจากการฝึกอบรมและอุปกรณ์สิ้นเปลืองที่เกิดขึ้นขณะฝึก เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนยังสามารถสร้างการเรียนรู้ตามสถานการณ์ (Situated Learning) ที่ถูกออกแบบไว้ในกระบวนการเรียนการสอนทำให้เกิดการถ่ายทอดความรู้ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะการจำลองสถานการณ์ในโลกความจริง (Dede et al., 2017)

การแบ่งระดับระบบแอปพลิเคชันของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับ (Vergara et al., 2017) ได้แก่ 1) ระดับต่ำ เป็นลักษณะเชิงรับ (Passive) ที่ผู้ใช้งานเป็นผู้สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นรอบตัว โดยไม่สามารถควบคุมเหตุการณ์ต่างๆ ได้ 2) ระดับปานกลาง เป็นลักษณะการสำรวจ (Exploratory) โดยผู้ใช้งานสามารถเคลื่อนที่และสามารถ

เลือกสิ่งที่ต้องการสังเกตเองได้ และ 3) ระดับสูง เป็นลักษณะการปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ระหว่างผู้ใช้กับสภาพแวดล้อมเสมือนที่จำลองขึ้นมาได้หลายรูปแบบ โดยผู้ใช้สามารถสังเกต สำรวจ ควบคุม หรือแม้แต่ปรับแต่งสภาพแวดล้อมเสมือนด้วยตัวเองได้ สำหรับราคาของอุปกรณ์ของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนนั้นอาจจำแนกตามราคาได้เป็นสองประเภท คือ 1) ราคาในระดับล่าง ซึ่งจำเป็นต้องมีสมาร์ตโฟนเข้าไปติดตั้งในอุปกรณ์สวม เช่น แว่นที่ให้มุมมองเสมือนจริงของกูเกิล (Google Cardboard) จะราคาต่ำที่สุดเนื่องจากใช้กล่องกระดาษเป็นวัสดุหลัก หรือ Samsung Gear ที่เป็นวัสดุพลาสติกที่มีความแข็งแรงทนทานและมีสายรัดเพื่อความสะดวกในการใช้งาน และ 2) ราคาในระดับปานกลาง เช่น Oculus Rift หรือ HTC Vive ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์ที่ต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์พ่วงกับอุปกรณ์สวมใส่ โดยอุปกรณ์สวมใส่นั้นจะติดตั้งลำโพง อุปกรณ์ควบคุมระยะไกลผ่านมือซ้าย-ขวา และเซนเซอร์ในการรับรู้ตำแหน่งการเคลื่อนไหวของผู้สวมใส่ ซึ่งประเภทหลังนี้จะให้ประสบการณ์ความรู้สึกละเอียดเสมือนจริงกับผู้ใช้มากขึ้น ซึ่งความรู้สึกเสมือนจริงยิ่งสูง ราคาของอุปกรณ์ก็จะยิ่งสูงตามมากขึ้นไปด้วย ดังรูปที่ 2



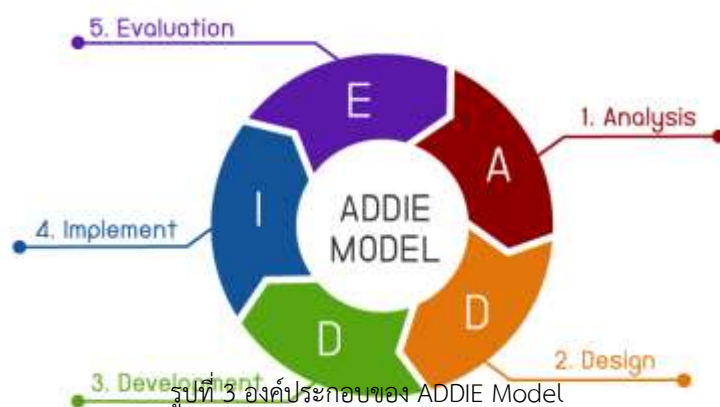
ที่มา : (Anjarichert et al., 2016)

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมาใช้ในหลากหลายกิจกรรมทั้งการเรียน การฝึกอบรม การพัฒนาทักษะ ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาทั้งทางวิศวกรรม (Valdez et al., 2015 and Abulrub et al., 2011) ทางการแพทย์ (Vaughan et al., 2016) หรือในโรงงานอุตสาหกรรม (Carruth, 2017, Im et al., 2017 and Pan et al., 2006) โดยให้ผลลัพธ์ที่ดีและช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะผ่านการปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวเนื้อหา สถานการณ์ และประสบการณ์ของผู้เรียนที่แตกต่างกันได้ จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งกับผู้เรียนที่เป็นผู้ใหญ่ อีกทั้งช่วยส่งเสริมให้การเรียนรู้ตลอดชีวิตเป็นสิ่งที่น่าสนใจ (Mellet-d'Huart, 2009) นอกจากนี้การนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมาใช้งานร่วมกับ Google Cardboard ที่มีค่าใช้จ่ายต่ำและใช้งานได้ง่าย ยังช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนและนักศึกษาได้ใช้อุปกรณ์พกพา (Mobile Device) มาใช้ประโยชน์กับการเรียน ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้และประสบการณ์ที่เพิ่มมากขึ้นกว่าวิธีการเรียนแบบเดิม (Andone and Frydenberg, 2019) รวมไปถึงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถฝึกฝนและทำซ้ำได้อย่างไม่จำกัด (Hodgson et al., 2019) จึงเป็นการเพิ่มพูนประสบการณ์ให้กับผู้เรียนตามความสนใจในลักษณะที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางได้อย่างไม่มีข้อจำกัดทั้งในเรื่องของระยะเวลา ระยะเวลา และค่าใช้จ่าย ดังนั้นการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมาปรับใช้กับการเรียนการสอนในเรื่องของเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญในปัจจุบันและจะมีความต้องการมากขึ้นต่อไปในอนาคต จะเป็นส่วนช่วยเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจ รวมทั้งสร้างประสบการณ์เรียนรู้เสมือนจริงให้กับนักศึกษาได้มากขึ้นกว่าการเรียนรู้เพียงแค่อ่านตำรา หรือการสาธิตให้ดูโดยปราศจากการฝึกฝนและทดลองด้วยตัวของตัวเอง ซึ่งในปัจจุบันการสอนปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิตียังมีข้อจำกัดเนื่องจากวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติมีราคาสูง อีกทั้งมีผู้เรียนจำนวนมากและมีเวลาจำกัด

3.3 แบบจำลองเอ็ดดี้

แบบจำลองเอ็ดดี้ (ADDIE Model) เป็นแบบจำลองสำหรับใช้ในการออกแบบและพัฒนาสื่อการสอนที่ได้รับความนิยมสาเหตุจากมีขั้นตอนการดำเนินการที่เข้าใจได้ง่ายและมีขั้นตอนที่ชัดเจน แบบจำลองนี้มีการพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ.1975 โดย

ทุนสนับสนุนของกองทัพของสหรัฐอเมริกา และถูกนำมาใช้ในสถานศึกษาเพื่อใช้สำหรับออกแบบการเรียนการสอนอย่างกว้างขวาง โดยมีขั้นตอนสำคัญดังรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ (Analysis, A) การออกแบบ (Design, D) การพัฒนา (Development, D) การนำไปใช้ (Implement, I) และการประเมินผล (Evaluation, E) (McGriff and Steven, 2000) โดยรายละเอียดดังนี้



ที่มา: <https://www.peoplevalue.co.th/content/9119/addie-model-คืออะไร>

4. วิธีดำเนินการวิจัย/ระเบียบวิธีวิจัย/Research Methodology

การวิจัยใช้แนวทางตามหลักการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ ADDIE Model โดยมีระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

1. การศึกษากระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติและเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

ดำเนินการการศึกษากระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติและเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนจากเอกสารวรรณกรรม งานวิจัยและสื่อเทคโนโลยีเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือน

2. การวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการเรียนรู้ของการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ

ดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการเรียนรู้ของการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ รวมทั้งแบบฝึกหัดปฏิบัติการ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1) กลุ่มตัวอย่าง: ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการออกแบบการเรียนรู้อุปกรณ์การใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติจำนวน 5 ท่าน (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย 2 ท่าน และคณะผู้สอน 3 ท่าน) โดยผู้เชี่ยวชาญใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยจะต้องเป็นผู้มีประสบการณ์สอนในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในสถาบันอุดมศึกษาอย่างน้อย 3 ปี

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล: จัดประชุมสนทนากลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ และทำการประเมินผลคุณภาพและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence, IOC)

3) การวิเคราะห์ข้อมูล: การสรุปประเด็นการสนทนากลุ่ม และการวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับเนื้อหาและวัตถุประสงค์กับแบบประเมินโดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) หากข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถือว่าใช้ได้ ส่วนข้อที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ให้นำไปปรับปรุง แก้ไขหรือตัดทิ้ง

3. การพัฒนาต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนในการเรียนรู้การใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ

ดำเนินการพัฒนาต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนในการเรียนรู้การใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ และการฝึกปฏิบัติเสมือนจริง ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาการใช้งาน และทางเลือกของสถานการณ์จำลองของกรณีศึกษาตามการเลือกของนักศึกษาเฉพาะราย โดยใช้เวลารวมไม่เกิน 45 นาที เพื่อให้จบเนื้อหาในการเรียนหนึ่งครั้งเทียบเท่าการสาธิตจริงในตอนฝึกปฏิบัติเสริมทักษะ และไม่เกิดอาการเวียนศีรษะเนื่องจากการใช้งาน (motion sickness)

4. การประเมินคุณภาพต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือน

ดำเนินการการประเมินคุณภาพต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือน โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1) กลุ่มตัวอย่าง: ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 3 คนพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของโปรแกรมความเป็นจริงเสมือนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

(Purposive sampling) ซึ่งจะต้องเป็นผู้มีประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีการศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาอย่างน้อย 3 ปี และมีประสบการณ์ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ออนไลน์หรือสื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล: จัดประชุมสนทนากลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ และใช้แบบประเมินคุณภาพโปรแกรม ซึ่งแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย จาก มีคุณภาพน้อยที่สุด ไปจนถึง มีคุณภาพดีมาก

3) การวิเคราะห์ข้อมูล: การสรุปประเด็นการสนทนากลุ่ม การแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. การทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบสื่อการเรียนรู้

ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบสื่อการเรียนรู้ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1) กลุ่มตัวอย่าง: นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชที่ลงทะเบียนเรียนชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม จำนวน 12 คน แบ่งเป็นการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว 3 คน และทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มขนาดเล็ก 9 คน วิธีได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกนักศึกษาที่เคยเข้ารับการฝึกประสบการณ์เสริมทักษะที่มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชในชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม หรือมีลักษณะใกล้เคียงกัน

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล: การทดลองใช้สื่อที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบความรู้ของผู้เรียนในลักษณะปรนัย แบบ 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ การดำเนินการเป็นลักษณะไม่เผชิญหน้า ให้ผู้ทดสอบทำการเรียนรู้สื่อด้วยตนเองโดยใช้เวลาประมาณ 1-3 ชั่วโมง ตามความสนใจของผู้เรียน โดยเริ่มจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน แล้วเข้าเรียนรู้สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนา จากนั้นทำแบบทดสอบหลังเรียน พร้อมประเมินสื่อการเรียนรู้ จากนั้นจะดำเนินการโทรศัพท์เพื่อสัมภาษณ์และขอข้อเสนอแนะ คนละอย่างน้อย 10 นาที

3) การวิเคราะห์ข้อมูล: การทดสอบประสิทธิภาพสื่อ E1/E2

6. การปรับปรุงต้นแบบสื่อการเรียนรู้และการนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

ดำเนินการการปรับปรุงสื่อการเรียนรู้และการนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1) กลุ่มตัวอย่าง: นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ลงทะเบียนเรียนชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2564 (ภาคการศึกษาที่ 2/2564) จำนวน 30 คน วิธีได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบอาสาสมัคร (Voluntary response sampling) โดยรับสมัครนักศึกษาที่สนใจและเคยเข้ารับการฝึกประสบการณ์เสริมทักษะที่มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชในชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม หรือมีลักษณะใกล้เคียงกัน

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล: การทดลองใช้สื่อที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบความรู้ของผู้เรียนในลักษณะปรนัย แบบ 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ การดำเนินการเป็นลักษณะไม่เผชิญหน้า ให้ผู้ทดสอบทำการเรียนรู้สื่อด้วยตนเองโดยใช้เวลาประมาณ 1-3 ชั่วโมง ตามความสนใจของผู้เรียน เริ่มจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน แล้วเข้าเรียนรู้สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนา จากนั้นทำแบบทดสอบหลังเรียน พร้อมประเมินสื่อการเรียนรู้ จากนั้นจะดำเนินการโทรศัพท์เพื่อสัมภาษณ์และขอข้อเสนอแนะ คนละอย่างน้อย 5 นาที

3) การวิเคราะห์ข้อมูล: การแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การคำนวณหาประสิทธิภาพ E1/E2 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ Paired Sample T-test

7. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ดำเนินการโดยนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากงานวิจัยจะถูกนำมาสรุป และอภิปรายเปรียบเทียบ รวมทั้งนำเสนอประเด็นข้อสังเกตและงานที่สามารถศึกษาต่อยอดในอนาคต

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษากระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติและเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

จากการศึกษากระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ ทำให้ได้พัฒนาเนื้อหาของสื่อซึ่งใช้เวลาเรียนรู้และทำแบบทดสอบก่อนหลัง ในเวลาประมาณ 60 นาที โดยนักศึกษาสามารถศึกษาตามหัวข้อที่สนใจในเรื่องของความรู้เบื้องต้น เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ ซึ่งวัตถุประสงค์การเรียนรู้ คือ เพื่อทำความเข้าใจความหมายและความสำคัญของเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ โดยผลลัพธ์ในการเรียนรู้แสดงได้จากการรู้จักเทคนิคที่ถูกใช้ในการพิมพ์สามมิติ การอธิบายแนวทางการนำ

เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติไปประโยชน์ได้ และการอธิบายองค์ประกอบของเครื่องพิมพ์สามมิติ และระบุขั้นตอนการพิมพ์ชิ้นงานที่สำคัญได้



สำหรับเทคโนโลยีความเสมือนที่ถูกนำมาใช้สร้างสื่อการเรียนรู้ นั้น ประกอบด้วย ภาพถ่ายในลักษณะมุมมอง 360 องศา และวีดิทัศน์ในลักษณะมุมมอง 360 องศา โดยจะมีการเพิ่มสื่อที่เป็นภาพถ่าย และวีดิทัศน์ ในลักษณะมุมมองสองมิติในส่วนที่ใช้ในการอธิบายรายละเอียดและแสดงภาพที่มีความละเอียดสูงและง่ายต่อการมองเห็นของผู้เรียน โดยนำเสนอเนื้อหาเรียงลำดับตามตำแหน่งในห้องปฏิบัติการดังรูปที่ 4 โดยมีคำบรรยายประกอบภาพ และมีสัญลักษณ์เคลื่อนไหวเพื่อให้ผู้เรียนสนใจ ซึ่งผู้เรียนสามารถที่จะเลือกเรียนตามความสนใจในแต่ละหัวข้อซึ่งเป็นอิสระต่อกัน สำหรับอุปกรณ์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ประกอบสื่อการสอนนี้ มีใน 2 รูปแบบ คือ การใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และการใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟน โดยในส่วนของโทรศัพท์จะใช้ร่วมกับแว่นตาถ่วงกระดาศ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แว่นตาถ่วงกระดาศสำหรับใช้กับสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนร่วมกับโทรศัพท์สมาร์ทโฟน

2. ผลการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการเรียนรู้ของการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ

จากการนำแบบประเมินดัชนีความสอดคล้องวัตถุประสงค์และเนื้อหาบทเรียนในสื่อความเป็นจริงเสมือน ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้อง โดยกำหนดคะแนน +1 หรือ 0 หรือ -1 ได้ผลการประเมินดังตารางที่ 1 โดยผลประเมินความสอดคล้องวัตถุประสงค์และเนื้อหาบทเรียนที่จะถูกนำไปใช้ในสื่อความเป็นจริงเสมือน มีค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ที่ 0.96 และทุกหัวข้อมีระดับความสอดคล้องที่ใช้ได้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้องวัตถุประสงค์และเนื้อหา

หัวข้อประเมิน		ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม	IOC	สรุปผล
วัตถุประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา	1	2	3	4	5			
1. อธิบายความรู้เบื้องต้นเรื่องเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติได้	1.1 ความหมายของการพิมพ์สามมิติ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	1.2 วิวัฒนาการและความเป็นมาที่เกี่ยวข้อง	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้
	1.3 การประยุกต์ใช้งานของเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	1.4 จุดเด่นของการผลิตด้วยวิธีเพิ่มเนื้อวัสดุ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	1.5 จุดด้อยของการผลิตด้วยวิธีเพิ่มเนื้อวัสดุ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2. ระบุองค์ประกอบสำคัญของเครื่องพิมพ์สามมิติได้	2.1 ส่วนประกอบทั่วไปของเครื่องพิมพ์สามมิติและหน้าที่การทำงาน	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้
	2.2 กลไกที่ทำหน้าที่อัดรีดวัสดุ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2.3 กลไกที่ทำหน้าที่สร้างรูปร่างหน้าตัดของชิ้นงาน	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้
	2.4 กลไกที่ทำหน้าที่ปรับระดับความสูงในแต่ละชั้นของชิ้นงาน	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2.5 ประโยชน์ของตู้ระบบปิดของเครื่องพิมพ์สามมิติ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3. อธิบายขั้นตอนการทำงานที่สำคัญของการพิมพ์สามมิติได้	3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3.2 องค์ประกอบสำคัญของโปรแกรมควบคุมเครื่องพิมพ์สามมิติ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3.3 การกำหนดเงื่อนไขในการพิมพ์ชิ้นงาน	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3.4 การกำหนดส่วนค้ำยันชิ้นงาน	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3.5 การแยกส่วนค้ำยันกับตัวชิ้นงานและกระบวนการหลังพิมพ์	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ผลประเมินเฉลี่ย								0.96	ใช้ได้

ในส่วนการนำแบบประเมินดัชนีความสอดคล้องวัตถุประสงค์และแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้อง โดยกำหนดคะแนน +1 หรือ 0 หรือ -1 ได้ผลการประเมินดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้องวัตถุประสงค์และแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

หัวข้อประเมิน		ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม	IOC	สรุปผล
วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ข้อที่	1	2	3	4	5			
1. อธิบายความรู้เบื้องต้นเรื่องเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติได้	1	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2	1	1	1	0	0	3	0.6	ใช้ได้
	3	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	4	0	1	0	1	1	3	0.6	ใช้ได้
2. ระบุองค์ประกอบสำคัญของเครื่องพิมพ์สามมิติได้	5	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	6	1	1	1	0	0	3	0.6	ใช้ได้
	7	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3. อธิบายขั้นตอนการทำงานที่สำคัญของการพิมพ์สามมิติได้	8	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	9	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	10	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ผลประเมินเฉลี่ย								0.88	ใช้ได้

โดยผลประเมินความสอดคล้องวัตถุประสงค์และแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ที่จะถูกนำไปใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่ใช้สื่อความเป็นจริงเสมือน มีค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ที่ 0.88 และทุกหัวข้อมีระดับความสอดคล้องที่ใช้ได้

3. ผลการพัฒนาต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนในการเรียนรู้การใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ

ในการพัฒนาต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือน ได้ใช้ซอฟต์แวร์ 3DVista ซึ่งเป็นโปรแกรมเฉพาะในการสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน ที่สามารถผสมสื่อต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน ดังรูปที่ 6 เช่น

- ภาพนิ่งสองมิติ
- คลิปวิดีโอทัศน์สองมิติ
- ภาพนิ่งแบบมุมมอง 360 องศา
- คลิปวิดีโอทัศน์แบบมุมมอง 360 องศา
- ไฟล์เสียง
- ลิงค์จาก URL ของเว็บไซต์ภายนอก
- การกำหนดจุดเชื่อมต่อระหว่างเหตุการณ์
- การสร้างแบบทดสอบและการสรุปคะแนน



ก) การนำเข้าสู่บทเรียน



ข) คลิปวิดีโอทัศน์สองมิติ



ค) คลิปวิดีโอทัศน์แบบมุมมอง 360 องศา



ง) ภาพนิ่งแบบมุมมอง 360



จ) แบบทดสอบบทเรียน

รูปที่ 6 แวนตากลองกระดาษสำหรับใช้กับสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

4. ผลการนำต้นแบบสื่อไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

4.1 การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ลงทะเบียนเรียนชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2564 (ภาคการศึกษาที่ 2/2564) จำนวน 30 คน วิธีได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบอาสาสมัคร (voluntary response sampling) โดยรับสมัครนักศึกษาที่สนใจและเคยเข้ารับการฝึกประสบการณ์เสริมทักษะที่มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชในชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม หรือมีลักษณะใกล้เคียงกัน ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงคะแนนสรุปการทดสอบประสิทธิภาพสื่อกลุ่มตัวอย่าง

ลำดับที่	คะแนน		
	ทดสอบก่อนเรียน	กิจกรรม	ทดสอบหลังเรียน
1	5	9	9
2	3	10	9
3	8	8	8
4	5	9	8
5	3	10	7
6	3	8	8
7	4	10	8
8	5	10	9
9	5	9	8
10	2	8	8
11	5	10	9
12	8	9	9
13	4	8	5
14	5	8	6
15	7	8	8
16	3	9	9
17	2	9	9
18	6	9	8
19	6	10	8
20	4	9	6
21	8	9	9
22	4	9	9
23	5	7	7
24	3	7	7
25	4	9	9
26	5	10	6
27	7	10	9
28	7	10	9
29	7	9	9
30	8	10	9
คะแนนเฉลี่ย	5.03	9.00	8.07
ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ $E_1=90$			
ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ $E_2=81$			

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของกระบวนการผลลัพธ์ ด้วยการแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ Paired Sample T-test ผ่านโปรแกรมวิเคราะห์สถิติ Minitab จากตารางที่ 4.7 ได้ผลดังรูปที่ 7

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
หลังเรียน	30	8.067	1.143	0.209
ก่อนเรียน	30	5.033	1.829	0.334

Estimation for Paired Difference

Mean	StDev	SE Mean	99% CI for $\mu_{\text{difference}}$
3.033	1.903	0.347	(2.076, 3.991)

$\mu_{\text{difference}}$: mean of (หลังเรียน - ก่อนเรียน)

Test

Null hypothesis	$H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$
T-Value	P-Value
8.73	0.000

รูปที่ 7 ผลการคำนวณค่าทางสถิติ Paired Sample T-test จากโปรแกรม Minitab

จากผลดังกล่าวสรุปได้ว่าผู้เรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ 5.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.83 และมีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ 8.07 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.14 โดยผู้เรียนที่เข้าเรียนสัปดาห์ที่ 10 ปฏิบัติการความเป็นจริงเสมือนมีคะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ค่า P-value < 0.01, ปฏิเสธ H_0 ที่กล่าวว่าคะแนนทดสอบเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับคะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังเรียน)

สำหรับการคำนวณหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 จากตารางที่ 4.7 ได้ค่า E_1/E_2 คือ 90.00/80.70 สามารถสรุปได้ว่ากิจกรรมระหว่างการจัดการการเรียนรู้ผ่านสื่อมีโอกาสดำเนินการได้มากกว่าผลลัพธ์จากการทดสอบหลังเรียน การได้ $E_1=90$ ซึ่งเกิน 80 ที่ปกติจะมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับ ± 2.5 หรืออยู่ในช่วง 77.50 ถึง 82.50 มีความเป็นไปได้ที่กิจกรรมเก็บคะแนนระหว่างกิจกรรมอาจมีความง่ายเกินไป เนื่องจากเป็นแบบกิจกรรมเก็บคะแนนตามตอบแบบถูกผิดซึ่งมีความน่าจะเป็นในการตอบถูกถึงร้อยละ 50

4.3 ความพึงพอใจในการใช้งานสื่อความเป็นจริงเสมือน

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนได้ทำการประเมินการใช้งานสื่อความเป็นจริงเสมือนผ่าน Microsoft Forms โดยมีข้อสรุปดังนี้

- 1) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้มีเนื้อหาครอบคลุมพื้นฐานความรู้ของเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ ดีมาก ร้อยละ 40 ดี ร้อยละ 60
- 2) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้มีเนื้อหาและการอธิบายที่ชัดเจนเข้าใจง่าย ดีมาก ร้อยละ 40 ดี ร้อยละ 50 ปานกลาง ร้อยละ 10
- 3) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้ให้ความรู้พื้นฐานที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ดีมาก ร้อยละ 50 ดี ร้อยละ 40 ปานกลาง ร้อยละ 10
- 4) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้มีระยะเวลาในแต่ละส่วนของเนื้อหาที่เหมาะสม ดีมาก ร้อยละ 36.7 ดี ร้อยละ 53.3 ปานกลาง ร้อยละ 26.7

- 5) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้ออกแบบการใช้งานที่ง่ายและสะดวกต่อผู้เรียน ตีมาก ร้อยละ 40 ดี ร้อยละ 33.3 ปานกลาง ร้อยละ 26.7
- 6) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้สามารถเลือกเรียนเนื้อหาได้ตามความสนใจของผู้เรียน ตีมาก ร้อยละ 66.7 ดี ร้อยละ 26.7 ปานกลาง ร้อยละ 6.7
- 7) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้มีความน่าสนใจและสร้างประสบการณ์เรียนที่แปลกใหม่ ตีมาก ร้อยละ 70 ดี ร้อยละ 30
- 8) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้สามารถเรียนรู้ด้วยตัวเองได้ ตีมาก ร้อยละ 63.3 ดี ร้อยละ 26.7
- 9) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้ให้ประสบการณ์ใกล้เคียงของจริง ตีมาก ร้อยละ 66.7 ดี ร้อยละ 53.3 ปานกลาง ร้อยละ 10
- 10) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้สามารถทดแทนการเดินทางไปยังห้องปฏิบัติการจริงได้ ตีมาก ร้อยละ 43.3 ดี ร้อยละ 40 ปานกลาง ร้อยละ 13.3 พอใช้ ร้อย 3.3

นอกจากนี้ผู้เรียนทุกคนมีความคิดว่า เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน สามารถช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยี การพิมพ์สามมิติได้ รวมทั้งควรมีการพัฒนาและนำไปขยายผลในชุดวิชาอื่นๆ โดยผู้เรียน ร้อยละ 40 ใช้งานบนหน้าจอ ร้อยละ 53 ใช้งานบนแว่น VR และร้อยละ 7 ใช้ทั้งบนหน้าจอและบนแว่น VR โดยผู้ที่ใช้ทั้งสองแบบให้ความเห็นว่า ชอบแบบบนหน้าจอ ร้อยละ 58 และชอบแบบบนแว่น VR ร้อยละ 42

6. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ของวัตถุประสงค์กับเนื้อหาของสื่อ มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.96 โดยไม่มีข้อใดที่มีดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 จึงสามารถใช้เนื้อหาที่นำเสนอไปใช้ในการสร้างสื่อความเป็นจริงเสมือนได้ต่อไป สำหรับวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.88 โดยไม่มีข้อใดมีดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 ดังนั้นจึงสามารถใช้แบบทดสอบทุกข้อในการนำไปใช้ทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบผลความรู้ก่อนและหลังจากการใช้สื่อความเป็นจริงเสมือน สำหรับการประเมินคุณภาพต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนจากนั้นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา ทำการประเมินคุณภาพต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือน จำนวน 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ที่ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยที่ 0.19 หรือมีระดับคุณภาพของสื่อในภาพรวมที่ดีมาก

ส่วนการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่าผู้เรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ 5.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.83 และมีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ 8.07 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.14 โดยผู้เรียนที่เข้าเรียนสื่อห้องปฏิบัติการความเป็นจริงเสมือนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ค่า P-value < 0.01, ปฏิเสธ H_0) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของงานวิจัยที่ตั้งไว้ ส่วนการคำนวณหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 คือ 90/81 สามารถสรุปได้ว่า กิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้นี้มีโอกาสมากกว่าผลลัพท์จากการทดสอบหลังเรียน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่เกณฑ์ 80/80 แต่มีข้อสังเกตว่าคะแนนกิจกรรมอาจมีความง่ายเกินไปจึงทำให้มีคะแนน E_1 เกินค่าความคลาดเคลื่อนปกติที่ยอมรับได้

สื่อห้องปฏิบัติการความเป็นจริงเสมือนที่ได้จัดทำขึ้นมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ และสามารถทำคะแนนหลังการเข้าเรียนสูงกว่าก่อนการเข้าเรียน นอกจากนี้ยังมีความน่าสนใจ ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตัวเองตั้งแต่ต้นจนจบ ได้พบกับประสบการณ์ที่แปลกใหม่ รวมทั้งผู้เรียนมีความรู้สึกเสมือนว่าอยู่ในห้องปฏิบัติการจริง ทำให้สามารถทดแทนการไปห้องปฏิบัติการจริงได้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าของ Abulrub et al., (2011) และ Valdez et al., (2015) ซึ่งได้พัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนมาใช้ในการเรียนการสอนด้านวิศวกรรม อย่างไรก็ตามการใช้แว่น VR เพื่อสร้างความรู้เสมือนจริงทำให้ผู้เรียนมีอาการเวียนศีรษะ และยังมีความรู้สึกไม่สะดวกสบายในการใช้งาน เนื่องจากภาพที่มองเห็นอาจไม่สัมพันธ์ต่อการรับรู้ของร่างกาย ซึ่งจำเป็นต้องสร้างความคุ้นเคยในเรื่องของการใช้งาน มีการหยุดพักเป็นช่วงๆ รวมไปถึงการใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อไป เนื่องจาก VR Cardboard ที่นำมาใช้ในโครงการนี้เป็นแว่น VR ในระดับพื้นฐานและมีราคาถูก จึงอาจส่งผลต่อภาพที่มีการเคลื่อนไหวที่ไม่ลื่นไหลและอาจเป็นสาเหตุของอาการเวียนศีรษะของผู้เรียนบางกลุ่ม ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kidbanjong et al., (2021) ที่พัฒนาสื่อการเรียนการสอนเกี่ยวกับในรูปแบบความเป็นจริงเสมือน นอกจากนี้ผู้เรียนส่วนใหญ่ให้ข้อเสนอแนะตรงกันในเรื่องของการนำไปขยายผลใน

การผลิตเนื้อหาในเรื่องอื่นๆ เพื่อการเรียนรู้การสอน เพราะมีความน่าสนใจ กับการอ่านหนังสือ สามารถดูซ้ำได้ แตกต่างจากการเรียนแบบเผชิญหน้าที่ไม่สามารถดูซ้ำได้เมื่อไม่เข้าใจหรือตามเนื้อหาไม่ทัน อีกทั้งการเรียนรู้ด้วยตัวเองสามารถที่จะเลือกเวลาเข้าเรียนในเวลาที่คุณเรียนมีความพร้อมอีกด้วย

สำหรับงานวิจัยนี้มีข้อสังเกตสำคัญ คือ การเรียนผ่านสื่อความเป็นจริงเสมือนนี้ จะให้ผลลัพธ์ทางการเรียนที่ไม่ดีหากผู้เรียนไม่มีสมาธิเพียงพอในการเรียน เนื่องจากการเรียนด้วยตัวเองอาจอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับการเรียนเท่าในมหาวิทยาลัยหรือในบริเวณที่เป็นที่ส่วนตัว นอกจากนี้ยังพบปัญหาว่าเมื่อถือของผู้เรียนบางส่วนอาจทำงานได้ไม่สมบูรณ์เท่าการใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ รวมทั้งโปรแกรมที่พัฒนายังไม่สามารถใช้งานบนแว่น VR ได้สมบูรณ์ โดยเฉพาะการทำกิจกรรมเก็บคะแนนเนื่องจากซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาด้านแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนไม่มีฟังก์ชันบางอย่างที่รองรับการทำงาน จึงจำเป็นต้องให้ผู้เรียนสลับการใช้งานแบบบนแว่น กับแบบบนหน้าจอ ซึ่งอาจทำให้ไม่เกิดความสนใจในการใช้งานที่ตีเท่าที่ควร

7. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านสื่อการสอน และนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์มากมายที่ต้องการให้เพิ่มเติมบางส่วน เช่น การสอดแทรกเนื้อหาเรื่องคำสั่ง G-Code ในสื่อ การเพิ่มเนื้อหาเพื่อให้เกิดทักษะเกี่ยวกับการใช้งาน การเพิ่มความน่าสนใจของกิจกรรมโดยนำเกมส์เข้ามาใช้ หรือการใช้อวตารมาเป็นตัวละครในสื่อเพื่อเพิ่มความน่าเ็น เป็นต้น จึงควรที่จะนำข้อเสนอเหล่านี้ไปพัฒนาสื่อห้องปฏิบัติการความเป็นจริงเสมือนนี้ต่อไป และควรนำสื่อนี้เข้าไปอยู่ในระบบการเรียนการสอน Moodle ของชุดวิชาเพื่อให้สามารถติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ละเอียดยิ่งขึ้น

สำหรับสื่อความเป็นจริงเสมือนมีในหลายรูปแบบ แต่การสร้างเนื้อหาโดยความเป็นจริงเสมือนในลักษณะมุมมอง 360 องศา นั้น เป็นวิธีการที่ง่าย รวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างต่ำ เพียงลงทุนแค่อุปกรณ์บันทึกภาพหรือวิดีโอแบบ 360 องศา ก็สามารถสร้างเนื้อหาให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมและความรู้สึกแปลกใหม่ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและติดตามเนื้อหาได้อย่างไม่รู้สึกเบื่อ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วอาจไม่มีความจำเป็นต้องลักษณะ 360 องศา ในเนื้อหา ผู้ออกแบบสื่อจำเป็นต้องคัดเลือกเนื้อหาที่จำเป็น เช่น การนำเข้าไปสู่ห้องเรียน หรือสถานที่ การใช้สื่อ 360 องศาจะสร้างความรู้สึกตื่นตาตื่นใจและทดแทนการสู่สถานที่จริงได้ ส่วนรายละเอียดและเนื้อหาสามารถใช้เป็นภาพนิ่งและวิดีโอปกติได้ เนื่องจากภาพหรือวิดีโอ 360 องศา นั้นหากมากเกินไปอาจทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้เบื่อหรือเกิดความไม่ชอบสื่อเหล่านั้นได้ เพราะการมองหรือการไปยังตำแหน่งที่ผู้เรียนสนใจนั้นอาจไม่ตรงกับเนื้อหาที่ผู้ออกแบบสื่อต้องการทำภาพนิ่งและวิดีโอปกติ

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยการศึกษาทางไกล ภายใต้การดูแลของสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

9. เอกสารอ้างอิง

- พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2565), *เทคนิคการวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. ซีเอ็ดดูเคชั่น
- ศยามาน อินสะอาด (2561), *การออกแบบบทเรียน e-Learning เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง*. ซีเอ็ดดูเคชั่น
- ศรีสิทธิ์ เจริญบุตร (2560), *เอกสารการสอนชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีในการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต (ปรับปรุงครั้งที่ 1), หน่วยที่ 14 เทคโนโลยีการผลิตด้วยวิธีเพิ่มเนื้อวัสดุ*. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- สมนึก ภักดิ์ทิพย์ (2565), *การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 13)*. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Abulrub, A. H. G., Attridge, A. N., & Williams, M. A. (2011, April). *Virtual reality in engineering education: The future of creative learning*. In 2011 IEEE global engineering education conference (EDUCON) (pp. 751-757). IEEE.
- Andone, D., & Frydenberg, M. (2019). *Creating virtual reality in a business and technology educational context*. In *Augmented Reality and Virtual Reality* (pp. 147-159). Springer, Cham.
- Anjarichert, L. P., Gross, KERSTI.N., Schuster, KATHARINA., & Jeschke, SABINA. (2016). *Learning 4.0: Virtual immersive engineering education*. Digit. Univ, 2, 51

- Carruth, D. W. (2017, October). *Virtual reality for education and workforce training*. In 2017 15th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA) (pp. 1-6). IEEE.
- Dede, C. J., Jacobson, J., & Richards, J. (2017). *Introduction: Virtual, augmented, and mixed realities in education*. In *Virtual, augmented, and mixed realities in education* (pp. 1-16). Springer, Singapore.
- Hodgson, P., Lee, V. W., Chan, J. C., Fong, A., Tang, C. S., Chan, L., & Wong, C. (2019). *Immersive virtual reality (IVR) in higher education: Development and implementation*. In *Augmented Reality and Virtual Reality* (pp. 161-173). Springer, Cham.
- Im, T., An, D., Kwon, O. Y., & Kim, S. Y. (2017). *A Virtual Reality based Engine Training System-A Prototype Development & Evaluation*. In *CSEDU* (1) (pp. 262-267).
- Kidbanjong, L., Kotchasarn, S., & Srikulwong, M (2021). *Development and application of virtual reality in e-learning: a case study internet of things course*. *RMUTT Global Business Accounting & Finance Review*.
- Mellet-d'Huart, D. (2009). *Virtual reality for training and lifelong learning*. *Themes in science and technology education*, 2(1-2), 185-224.
- Pan, Z., Cheok, A. D., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006). *Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments*. *Computers & graphics*, 30(1), 20-28.
- Pantelidis, V. S. (2010). *Reasons to use virtual reality in education and training courses and a model to determine when to use virtual reality*. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1-2), 59-70.
- McGriff, S. J. (2000). *Instructional system design (ISD): Using the ADDIE model*. Retrieved June, 10 (2003), 513-553.
- Valdez, M. T., Ferreira, C. M., Martins, M. J. M., & Barbosa, F. M. (2015). *3D virtual reality experiments to promote electrical engineering education*. In 2015 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET) (pp. 1-4). IEEE.
- Vaughan, N., Dubey, V. N., Wainwright, T. W., & Middleton, R. G. (2016). *A review of virtual reality-based training simulators for orthopaedic surgery*. *Medical engineering & physics*, 38(2), 59-71.
- Vergara, D., Rubio, M., & Lorenzo, M. (2017). *On the design of virtual reality learning environments in engineering*. *Multimodal technologies and interaction*, 1(2), (pp. 1-11).

คำแนะนำในการจัดเตรียมต้นฉบับสำหรับผู้เขียน

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

1. ข้อมูลเบื้องต้นของวารสาร

ขอบเขตเนื้อหา ประกอบด้วย

- 1.1 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 1.2 วิศวกรรม
- 1.3 เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
- 1.4 เทคโนโลยีสารสนเทศ
- 1.5 สหวิทยาการ

2. นโยบายการพิจารณาตีพิมพ์ผลงาน

2.1 คำแนะนำทั่วไป

2.1.1 ผลงานที่เสนอตีพิมพ์ต้องไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร เอกสารการประชุม หรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน (ยกเว้นรายงานวิจัย และวิทยานิพนธ์)

2.1.2 ผลงานที่เสนอตีพิมพ์ต้องไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณารอตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ทัศนะและข้อคิดเห็นใดๆ ในบทความถือเป็นทัศนะของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วยกับทัศนะเหล่านั้นและไม่ถือว่าเป็นความรับผิดชอบของกองบรรณาธิการ กรณีมีการฟ้องร้องเรื่องการละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงฝ่ายเดียว

2.1.3 ลิขสิทธิ์บทความเป็นของผู้เขียนและสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับการสงวนสิทธิตามกฎหมาย การตีพิมพ์ซ้ำต้องได้รับอนุญาตโดยตรงจากผู้เขียนและสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เป็นลายลักษณ์อักษร

2.2 ประเภทผลงานที่รับตีพิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช รับพิจารณาตีพิมพ์บทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ดังนี้

- 2.2.1 บทความวิชาการ (Academic Article)
- 2.2.2 บทความวิจัย (Research Article)
- 2.2.3 บทความปริทัศน์ (Review Article)
- 2.2.4 บทวิจารณ์หนังสือ (Book Review)

2.3 การพิจารณากลับกรองบทความ

2.3.1 บทความที่จะได้รับพิจารณาพิมพ์ ต้องเป็นบทความที่แสดงให้เห็นถึงคุณภาพทางวิชาการและมีประโยชน์ทั้งในเชิงทฤษฎีเพื่อให้นักวิจัยสามารถนำไปพัฒนาหรือสร้างองค์ความรู้ใหม่ และประโยชน์ในเชิงปฏิบัติที่นักปฏิบัติสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทั้งในภาคส่วนต่างๆ ทั้งภาครัฐ ภาคธุรกิจ และภาคสังคมและชุมชน

2.3.2 บทความที่จะได้รับการตีพิมพ์ต้องผ่านกระบวนการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง จำนวน 3 ท่านและได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ

2.4 กระบวนการพิจารณากลับกรองบทความ (Peer Review)

2.4.1 กองบรรณาธิการจะแจ้งให้ผู้เขียนทราบเมื่อกองบรรณาธิการได้ว้บทความเรียบร้อยแล้วสมบูรณกองบรรณาธิการจะตรวจสอบบทความว่าอยู่ในขอบเขตเนื้อหาวารสารหรือไม่ รวมถึงคุณภาพทางวิชาการและประโยชน์ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ

2.4.2 ในกรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเห็นควรรับบทความไว้พิจารณาตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะดำเนินการส่งบทความเพื่อกลั่นกรองต่อไป โดยจะส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง จำนวน 3 ท่านประเมินคุณภาพของบทความว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมจะลงตีพิมพ์หรือไม่ โดยกระบวนการกลั่นกรองนี้ทั้งผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เขียนจะไม่ทราบข้อมูลของกันและกัน เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพบทความแล้วกองบรรณาธิการจะตัดสินใจโดยอิงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิว่าบทความนั้น 1 ควรนำลงตีพิมพ์ หรือควรส่งให้ผู้เขียนแก้ไขแล้วส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินอีกครั้งหนึ่ง หรือปฏิเสธ การตีพิมพ์

3. ข้อกำหนดต้นฉบับ

3.1 การจัดพิมพ์ต้นฉบับ

3.1.1 ผลงานที่เสนอพิจารณาตีพิมพ์ควรมีความยาวประมาณ 5 - 15 หน้ากระดาษ A4

3.1.2 บทความภาษาไทย พิมพ์ด้วย TH Sarabun New ขนาดตัวอักษร 14 Point บทความภาษาอังกฤษ พิมพ์ด้วย TH SarabunNew ขนาดตัวอักษร 14 Point

3.1.3 ระยะขอบกระดาษ 1 นิ้ว (เท่ากันทุกด้าน)

3.1.4 ชื่อเรื่องบทความ ขนาดตัวอักษร 18 Point (ตัวหนา) จัดชิดซ้ายของกระดาษ

3.1.5 ชื่อหัวข้อ ขนาดตัวอักษร 16 Point (ตัวหนา) จัดชิดซ้ายของกระดาษ

3.1.6 บทคัดย่อภาษาไทย ความยาว 1 ย่อหน้า (250 คำ) ขนาดตัวอักษร 14 Point พิมพ์ 1 คอลัมน์ และต้องพิมพ์คำสำคัญต่อท้าย

3.1.7 บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ความยาว 1 ย่อหน้า (250 คำ) ขนาดตัวอักษร 14 P
1 คอลัมน์ และต้องพิมพ์คำสำคัญต่อท้าย

3.1.8 เนื้อหาพิมพ์ 1 คอลัมน์ ขนาดตัวอักษร 14 Point

3.1.9 ชื่อและหมายเลขกำกับตาราง ขนาดตัวอักษร 14 Point (ตัวหนา ให้พิมพ์ไว้บนตารางจัดชิดซ้าย ใต้ตารางบอกแหล่งที่มา จัดชิดซ้าย)

3.1.10 ชื่อภาพและหมายเลขกำกับภาพ ชื่อแผนภูมิและหมายเลขกำกับแผนภูมิ ขนาดตัวอักษร 14 Point (ตัวหนา) ให้พิมพ์ไว้ใต้ภาพ (ควรเป็นภาพที่ชัดเจน และควรแนบ File ภาพมาด้วย)

3.1.11 แผนภูมิ จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ ใต้ภาพ แผนภูมิบอกแหล่งที่มา จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

3.1.12 ชื่อบรรณูปกรรรม/เอกสารอ้างอิง ขนาดตัวอักษร 14 Point (ตัวหนา) จัดชิดซ้าย ส่วนเนื้อหา บรรณูปกรรรม/เอกสารอ้างอิง ขนาดตัวอักษร 14 Point พิมพ์ 1 คอลัมน์

3.1.13 พิมพ์ชื่อและนามสกุลของผู้เขียนทุกคน พร้อมระบุคุณวุฒิสูงสุด ตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี) ตำแหน่งงาน และหน่วยงานที่สังกัด หรือสถานศึกษา และแนบ File jP ภาพถ่ายผู้เขียนมาด้วย

3.1.14 ผู้เขียนต้องตรวจสอบความถูกต้องของการพิมพ์ต้นฉบับ เช่น ตัวสะกด วรรคตอน และความ สละสลวยของการใช้ภาษา

3.2 ส่วนประกอบของบทความ

3.2.1 บทความวิชาการ หัวข้อและเนื้อหาควรชี้ประเด็นที่ต้องการนำเสนอให้ชัดเจนและมีลำดับ เนื้อหาที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้ชัดเจน รวมถึงมีการใช้ทฤษฎีวิเคราะห์และเสนอแนะประเด็น อย่างสมบูรณ์ โดยควรมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (สามารถมีหัวข้อหรือองค์ประกอบที่แตกต่างได้)

(1) ชื่อเรื่อง (Title)

(2) บทคัดย่อ (Abstract)

สรุปเนื้อหาของบทความให้ได้ใจความชัดเจน กำหนดให้มีทั้งบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยเขียนเป็นภาษาไทยก่อน ความยาว 1 ย่อหน้า ไม่เกิน 250 คำ

(3) คำสำคัญ (Keyword)

ระบุคำที่เป็นคำสำคัญของเนื้อหาเหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นคำค้นในระบบฐานข้อมูล

(4) บทนำ (Introduction)

เป็นส่วนแนะนำและปูพื้นเรื่องเพื่อให้ผู้อ่านทราบข้อมูลเบื้องต้นของเนื้อหา เป็นการจูงใจให้ผู้อ่านเกิดความ สนใจในเรื่องนั้น ๆ

(5) เนื้อหา (Body of Text)

เป็นส่วนหลักของเนื้อหาบทความ การจัดลำดับเนื้อหา ควรมีการวางแผนจัดโครงสร้างของเนื้อหา ที่นำเสนอให้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหานั้น การนำเสนอเนื้อหาควรมีความต่อเนื่องเพื่อช่วยให้ผู้อ่าน เข้าใจสาระนั้นได้โดยง่าย

(6) สรุป (Conclusion)

เป็นการสรุปเนื้อหาในบทความทั้งหมดออกมาอย่างชัดเจน และกระชับโดยมีการสรุปปิดท้ายเนื้อหาที่เราได้ นำเสนอไปแล้วว่ามีผลดี หรือผลเสียอย่างไร

(6) เอกสารอ้างอิง (Reference)

เขียนบรรณานุกรมในรูปแบบ APA (American Psychological Association)

3.2.2 บทความวิจัย ควรมีการนำเสนอผลการวิจัยที่ได้รับอย่างเป็นระบบ โดยควรมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (สามารถมีหัวข้อหรือองค์ประกอบที่แตกต่างได้)

(1) ชื่อเรื่อง (Title)

ชื่อเรื่องควรมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยพิมพ์ชื่อเรื่องเป็นภาษาไทยและตามด้วยชื่อเรื่องภาษาอังกฤษในบรรทัดต่อมา

(2) บทคัดย่อ (Abstract)

กำหนดให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยเขียนเป็นภาษาไทยก่อน ความยาว 1 ย่อหน้า ไม่เกิน 250 คำ (การเขียนบทคัดย่อ คือ การสรุปสาระสำคัญของเรื่องโดยเฉพาะวัตถุประสงค์ วิธีการ และผลการวิจัย)

(3) คำสำคัญ (Keyword)

ระบุคำที่เป็นคำสำคัญของเนื้อหาเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นคำค้นในระบบฐานข้อมูล

(4) บทนำ (Introduction)

เป็นการอธิบายถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา และเหตุผลที่นำไปสู่การวิจัยมีข้อมูลทางวิชาการสนับสนุนหรือโต้แย้ง รวมถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

(5) วัตถุประสงค์ (Research Objectives)

ระบุถึงวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการวิจัย

(6) วิธีการวิจัย (Research Methodology)

อธิบายถึงกระบวนการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียดและชัดเจน

(7) ผลการวิจัย (Results)

เสนอผลการวิจัยที่ตรงประเด็นตามลำดับขั้นของการวิจัย การใช้ตารางหรือแผนภูมิไม่ควรเกิน 5 ตารางหรือแผนภูมิโดยมีการแปลความหมายและวิเคราะห์ผลที่ค้นพบอย่างชัดเจน

(8) อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

ผสมผสานเปรียบเทียบและตีความผลการวิจัยให้เข้ากับหลักทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเชื่อมโยงผลการวิจัยให้สอดคล้องกับประเด็นปัญหาการวิจัย

(9) สรุป (Conclusion)

สรุปสาระสำคัญของผลการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะที่จะนำผลการวิจัยนั้นไปใช้ประโยชน์

(10) เอกสารอ้างอิง (Reference)

เขียนบรรณานุกรมในรูปแบบของ APA (American Psychological Association)

3.3 การอ้างอิง

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ใช้รูปแบบการอ้างอิงของ APA (American Psychological Association)

3.3.1 การอ้างอิงในเนื้อหาให้ใช้รูปแบบ ดังนี้

(ชื่อ-นามสกุลผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, เลขหน้า)

ตัวอย่าง

(เกียรติศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2546, 64)

3.3.2 บรรณานุกรมท้ายบทให้ใช้รูปแบบ ดังนี้

(1) หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อหนังสือ. สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

Bolinger, Dwight (1977). The Form of Language. London: Longmans

(2) บทความจากวารสาร

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร ปีที่(ฉบับที่), เลขหน้าที่อ้างอิงถึง

ตัวอย่าง

Klimoski, R., & Palmer, S. (1993). The ADA and the hiring process in organizations. Consulting Psychology Journal: Practice and Research, 45(2), 10-36

(3) วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อวิทยานิพนธ์. วิทยานิพนธ์ปริณามหาบัณฑิต, ชื่อมหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง

สรพงษ์ จันทเลิศ (2546) การสร้างเว็บไซต์ท่องเที่ยวของจังหวัดเชียงราย

วิทยานิพนธ์ปริณามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

(4) เว็บไซต์

ชื่อผู้แต่งหรือหน่วยงานเจ้าของเว็บไซต์. (ปีที่จัดทำ). ชื่อเรื่อง. สืบค้นเมื่อจาก URL.

ตัวอย่าง

ชนะ ภาวนันท์. (2548). ธุรกิจสปาไทยนำก้าวไกลไปกว่านี้. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม

2548, จาก <http://www.businessstgai.co.th/content.php?data=407720-Opinion>

4. ข้อพิจารณาทางด้านจริยธรรม

องค์นำหลักจริยธรรมการวิในมนุษย์ เคารพในบุคคล (Respect to person)เช่น ยินยอม ความเป็นส่วนตัว การเก็บรักษาความลับ

5. การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนส่งต้นฉบับพร้อมไฟล์ (Microsoft Word) และแบบฟอร์มเสนอแนะขอบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ไปที่ <https://ph02.tc-thajo.org/index.php/stouscitech> เพื่อทำการลงทะเบียนสมาชิกวารสารและดำเนินการส่งบทความเข้าฐานข้อมูลระบบออนไลน์ของวารสาร จึงสามารถดาวน์โหลดคำแนะนำการได้ที่ <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/stouscitech/about/submissions>