



SCHOOL OF
INDUSTRIAL EDUCATION
AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE
OF TECHNOLOGY LADKRABANG

JOURNAL OF **INDUSTRIAL EDUCATION**

วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ปีที่ 23 ฉบับที่ 1

เดือนมกราคม – เมษายน 2567

ISSN 2985 -1890 (Online)



วารสารศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม

JOURNAL OF INDUSTRIAL EDUCATION

ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – เมษายน 2567

ISSN 2985 -1890 (Online)

1. ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.ปริยาภรณ์ ตั้งคุณานันต์ คณบดีคณะศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

คณะทำงานวารสารศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม

2. กองบรรณาธิการ

2.1 บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เคนพันค้อ คณะศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

2.2 กองบรรณาธิการจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

- | | |
|---|--|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. ศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ท.ดร.พิชัย สดภิบาล | (ข้าราชการเกษียณอายุ) |
| | แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร |
| 4. ศาสตราจารย์ สุชาติ เถาทอง | มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยาณี จิตต์การุณย์ | (ข้าราชการเกษียณอายุ) |
| | แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.คำรณ สิริธนากุล | มหาวิทยาลัยชินวัตร |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.จรัสดาว อินทรทัศน์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 9. รองศาสตราจารย์ ดร.จิราภา วิทยากรักษ์ | (ข้าราชการเกษียณอายุ) |
| | แขวงสะพานสูง เขตสะพานสูง กรุงเทพมหานคร |
| 10. รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวิชิต เขียวชนะ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 11. รองศาสตราจารย์ ดร.เตือนใจ อาชีวะพนิช | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี |
| 12. รองศาสตราจารย์ ดร.นิรัช สุดสังข์ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 13. รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนอมแก้ว | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 14. รองศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ เกียรติโกมล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 15. รองศาสตราจารย์ ดร.อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ |
| 16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศพร แสงสว่าง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรเศรษฐ์ วิชัยพาณิชย์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา พัฒนพงษ์ | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพชรรัตน์ สุริยะไชย | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สืบพงษ์ ปราบใหญ่ | นักวิชาการอิสระ |
| | ต.บางพัง อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ |
| 21. ดร.สมใจ กลิ่นงาม | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร |

2.3 กองบรรณาธิการจากผู้ทรงคุณวุฒิภายใน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นมณี ขวัญเมือง
3. รองศาสตราจารย์ ดร.พัสดราภรณ์ ทิพย์โสธร
4. รองศาสตราจารย์ ดร.รัชดากร พลภักดี
5. รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
6. รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตันตวงค์วานิช
7. รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรวรรณ งามวรรณ
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ภิรมย์การ
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์สินี มะโน
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธาสินี บุรีคำพันธุ์
12. ดร.ราตรี ศิริพันธุ์

3. ฝ่ายศิลป์และการจัดทำรูปเล่ม

พิสูจน์อักษรภาษาไทย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สรียา ทับทัน

พิสูจน์อักษรภาษาอังกฤษ

รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ตันตระกูล

ฝ่ายออกแบบปก

นายธีระพัฒน์ เนือกขุนทด

ฝ่ายระบบสารสนเทศ

นายประยุทธ์ ขุนทอง

นางจันทน์ ทรัพย์แสนดี

4. ฝ่ายรับสมาชิกวารสาร

นางจันทน์ ทรัพย์แสนดี

5. ฝ่ายทะเบียน

นางจันทน์ ทรัพย์แสนดี

6. ฝ่ายผู้ช่วยบรรณาธิการ

นางจันทน์ ทรัพย์แสนดี

กำหนดออก : ปีละ 3 ฉบับ

ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – เมษายน

ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม – สิงหาคม

ฉบับที่ 3 เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม

กำหนดการรับและพิจารณาบทความ : รับพิจารณาบทความอย่างต่อเนื่อง

วัตถุประสงค์ : รับผิดชอบบทความด้านเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรม ด้านการศึกษาและเทคโนโลยี

เว็บไซต์ : <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JIE>

อีเมล : journal.ided@kmitl.ac.th

เจ้าของ : คณะเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

โทรศัพท์ 0 2329 8000 ต่อ 3723

มือถือ 08 6349 6020

โทรสาร 0 2329 8435

“ข้อคิดเห็น เนื้อหา รวมทั้งการใช้ภาษาในบทความถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน”

บทอาศิรวาท

สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา เจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร
มหาวชิราลงกรณวรราชภักดี สิริกิจการิณีพิรยพัฒน์ รัฐสีมาคุณากรปิยชาติ สยามบรมราชกุมารี
เนื่องในวันคล้ายวันพระราชสมภพ วันที่ ๒ เมษายน ๒๕๖๗

๒ เมษายน ปวงประชาพร้อมน้อมจิต	ร่วมสดุดีองค์พระกนิษฐา
กระหม่อมแก้วเทพรัตน์ขวัญรา	มวงสะพรั่งศิลป์มาลาปกาธรี
พระนามาภิไธยย่อ ส.ธ. เด่น	บนผืนธงม่วงเช่นพระชนมวารศรี
ประดับธงสัญลักษณ์ด้วยภักดี	บังคมกราบเหนือชีวีเทิดไท้แทน
ทรงงานหนักเหนือกกลางอีสานใต้	เสด็จเยือนไกลไกลและต่างแคว้น
ตามรอยพ่อสานต่องานทั่วดินแดน	ประจักษ์ชัดความแน่วแน่นสายสัมพันธ์
ทรงทุ่มเทเหน็ดเหนื่อยมิว่างเว้น	ทรงเป็นมิ่งขวัญประชาสันติ
ทรงนำสุขแสงทองส่องอำพัน	ทรงดำริราชกิจสำคัญด้วยเมตตา
ประสาทพรหมงคลประณตน์น้อม	ประนมกรเหนือเกล้าแต่เจ้าฟ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา	เจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร
ทรงพระเกษมสำราญหทัยแกร่ง	พระพลานามัยเข้มแข็งดุจสิงขร
เจริญสุขทั่วสารพวงศัสภาพร	เจริญวัยเทพบวร ทรงพระเจริญ

ด้วยเกล้าด้วยกระหม่อม
ข้าพระพุทธเจ้า วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สรียา ทับทัน ประพันธ์)

บรรณาธิการแถลง

วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรมฉบับนี้ เป็นปีที่ 23 ฉบับที่ 1 เนื้อหาบทความในฉบับนี้ประกอบไปด้วยบทความปริทัศน์เรื่อง “พลาสมาบำบัดบริเวณเส้นศูนย์สูตร (EPB): คุณลักษณะ ตัวบ่งชี้กับวิธีการตรวจจับ EPB และผลการวิจัยล่าสุด” บทวิจารณ์หนังสือเรื่อง “การออกแบบบทเรียน e-Learning เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง” บทความทางวิชาการ และบทความวิจัยที่ผ่านการพิจารณา คัดสรร ผ่านกระบวนการคุณภาพในการพิจารณา ตามข้อเสนอแนะปรับปรุงแก้ไขโดยผู้ทรงคุณวุฒิ และกองบรรณาธิการ พร้อมทั้งดำเนินการแก้ไขจากผู้เขียน

ในนามของกองบรรณาธิการวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความสนใจ สำหรับท่านที่สนใจบทความที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม สามารถเข้าไปอ่านได้ฟรีทางเว็บไซต์ของวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม www.tci-thaijo.org/index.php/JIE/index นอกจากนี้ถ้าท่านสนใจส่งบทความทางเว็บไซต์ของวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรมได้แสดงข้อมูลการสมัครและวิธีการส่งบทความไว้โดยละเอียด โดยทางวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรมไม่มีการเก็บค่าธรรมเนียมใด ๆ ทั้งสิ้น หวังว่าทุกท่านจะได้รับความรู้ และประโยชน์จากผลงานบทความต่าง ๆ ในวารสารฉบับนี้ ขอขอบคุณครับ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เคนพันค้อ)
บรรณาธิการวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม

	สารบัญ	หน้า
01	<u>บทความปริทัศน์</u> พลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตร (EPB): คุณสมบัติ ตัวบ่งชี้กับวิธีการตรวจจับ EPB และผลการวิจัยล่าสุด EQUATORIAL PLASMA BUBBLE (EPB): FEATURES, INDICATORS AND DETECTION METHODS FOR EPB, AND RECENT RESEARCH RESULTS บุญยวีร์ จามจรีกุลกาญจน์ Punyawi Jamjareegulgarn	A1-A16
02	<u>บทวิจารณ์หนังสือ</u> การออกแบบบทเรียน e-Learning เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ผู้เขียน : ผศ.ดร.ศยามน อินสะอาด วิจารณ์โดย นรเสฏฐ์ วิชัยพาณิชย์ Noraset Wichaipanich	B1-B5
03	<u>บทความวิชาการ</u> แนวทางการออกแบบสื่อไมโครเลิร์นนิ่ง DESIGN GUIDANCE OF MICROLEARNING MEDIA ศิริลักษณ์ บุญมาพันธ์ และธนกฤต จันทร์ชิดฟ้า Sirilak Boonmapan and Thanakrit Janchidfha	C1-C10
04	<u>บทความวิจัย</u> การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 IMPROVING ACADEMIC ACHIEVEMENT IN A SCIENCE AND TECHNOLOGY COURSE USING STAD COOPERATIVE LEARNING FOR EIGHTH GRADE STUDENTS ภาณุวัฒน์ คำภู ทิพย์อุบล ทิพเลิศ และวิศรุต พยุงเกียรติคุณ Phanuwat Khamphu, Tipubon Tippalert, and Wisarut Payoungkiattikun	1-10

สารบัญ		หน้า
05	การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างสร้างสรรค์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน DEVELOPMENT PROBLEM-SOLVING ABILITIES OF MATHAYOMSUKSA 4 STUDENTS CREATIVELY THROUGH LEARNING MANAGEMENT BY USING SCIENTIFIC METHODS AND GAMIFICATION เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ และพลวัฒน์ ดำรงกิจภากร Akesit Chanintarapum and Pollawat Dumrongkitpakorn	11-23
06	สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม SUPPLEMENTARY LEARNING MEDIA USING MICROCONTROLLER AND AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY ON SMART FARM จิรายุส แสงไชย สมชาย หมั่นสายญาติ และปิยะ ศุภวาราสุวัฒน์ Jirayus Sangchai, Somchai Maunsaiyat, and Piya Supavarasuwat	24-32
07	การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ เรื่องเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง ระหว่างนักศึกษา ระดับปริญญาตรีที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ COMPARISON OF LEARNING OUTCOMES ON 7 QC TOOLS BETWEEN UNDERGRADUATE STUDENTS STUDYING WITH BLENDED LEARNING AND TRADITIONAL LEARNING สาธิต รุ่งฤดีสมบัติกิจ และวินลี่ รุ่งฤดีสมบัติกิจ Satit Rungrudesombatkit and Winly Rungrudesombatkit	33-42
08	การศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และการพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัด จากเปลือกทุเรียนด้วยการกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด STUDY OF PHYSICAL PROPERTIES MECHANICAL PROPERTIES AND THE DEVELOPMENT OF PARTICLEBOARD FROM DURIAN PEEL USING A COMPRESSION MOLDING PROCESS จุฑาทิพย์ นามวงศ์ เข้มชาติ เขยชม นฤมล เลิศคำฟู และสุรพงษ์ ปัญญาทา Juthathip Namwong, Kemchart Cheychom, Narumon Lertcumfu, and Surapong Panyata	43-53

สารบัญ		หน้า
09	การพัฒนาชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก สำหรับนักศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ THE DEVELOPMENT OF PRECISION MEASUREMENT SKILLS PACKAGES ON OUTSIDE MICROMETERS FOR THE FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION'S STUDENTS, KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK ธนภัทร ศรีรัตน์ะ นำนน้ำ บัวคล้าย และชิตพล มังคลากุล Thanaphat Srirattana, Nannam Buaklay, and Chitpol Mangkhalaku	54-62
10	การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยประยุกต์ใช้แนวคิดเกมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมทักษะ การพูดภาษาฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรปสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย THE DEVELOPMENT OF LEARNING ACTIVITIES BY APPLYING GAMIFICATION TO ENHANCE FRENCH SPEAKING SKILL ACCORDING TO CECRL FOR UPPER SECONDARY STUDENTS สุริพร กันเรือง และผุสดี กลิ่นเกษร Suriporn Kanruang and Phussadee Klinkeso	63-73
11	การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการใช้โปรแกรม GEOGEBRA ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหา ของโพลยา THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICS LEARNING ACHIEVEMENT ON THE TOPIC OF SOLVING QUADRATIC FUNCTION GRAPHS OF MATHAYOM 3 STUDENTS BY USING THE GEOGEBRA PROGRAM TOGETHER WITH POLYA'S PROBLEM SOLVING PROCESS นันทยา สุภาพันธุ์ ประภาพร นทองหารพิทักษ์ และปวีณา ชันซ์ศิลา Nunthiya Suphaphan, Prapaporn Nonghampituk, and Paweena Khansila	74-83

Review article

พลาสมาบับเปิดบริเวณเส้นศูนย์สูตร (EPB): คุณลักษณะ ตัวบ่งชี้กับวิธีการตรวจจับ EPB
และผลการวิจัยล่าสุด

EQUATORIAL PLASMA BUBBLE (EPB): FEATURES, INDICATORS AND DETECTION METHODS
FOR EPB, AND RECENT RESEARCH RESULTS

ปณยวีร์ จามจรีกุลกาญจน์*
Punyawi Jamjareegulgarn*

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160 ประเทศไทย
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus,
Chumphon 86160 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23101>

Received: April 25, 2024, | Revised: April 26, 2024, | Accepted: April 27, 2024

ABSTRACT

This review article is a collection of research works, academic articles, and numerous academic knowledge related to equatorial plasma bubble (EPB). As per the beginning of this writing, the author was inspired by the truth that Thailand's location is close to the geomagnetic Equator with the low plasma density. Hence, Thailand has very high susceptible to occur the ionospheric anomaly during the post-sunset (e.g., EPB) and equatorial ionization anomaly (EIA). These anomalous phenomena affect directly on high-frequency communications and global navigation satellite system (GNSS). Therefore, the EPB details (e.g., EPB features, some indicators and detection methods for EPBs, recent research results, as well as conclusion and future developing trend) are the crucial content for space weather research that can support students and researchers to study and enhance in several GNSS-based applications.

Keywords: Equatorial plasma bubble, Rate of TEC change, Amplitude scintillation, Machine learning

บทคัดย่อ

บทความปริทัศน์ฉบับนี้เป็นการรวบรวมงานวิจัย บทความวิชาการและความรู้ทางวิชาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตร (EPB) โดยจุดเริ่มต้นของการเขียนนี้ ผู้เขียนได้แรงบันดาลใจมาจากการที่ประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตรแม่เหล็กโลกที่มีความหนาแน่นพลาสมาที่ต่ำ จึงทำให้มีโอกาสสูงมากที่จะเกิดความผิดปกติในชั้นไอโอโนสเฟียร์ตอนหลังพระอาทิตย์ตก (เช่น ปรากฏการณ์ EPB) และการแตกตัวที่ผิดปกติบริเวณเส้นศูนย์สูตร (EIA) ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อระบบการสื่อสารความถี่สูงและระบบดาวเทียมนำทางสากลบนโลก (GNSS) ทั้งสิ้น ดังนั้น รายละเอียดต่าง ๆ ของ EPB ได้แก่ คุณลักษณะของ EPB ตัวบ่งชี้และวิธีการที่ใช้ตรวจจับ EPB ผลการวิจัย และบทสรุป แนวโน้มการพัฒนาต่อไป จึงเป็นเนื้อหาที่สำคัญสำหรับงานวิจัยด้านสภาวะอวกาศที่จะช่วยให้นักศึกษาและนักวิจัยสามารถนำไปศึกษาและต่อยอดในการประยุกต์ใช้งานที่อาศัย GNSS มากมาย

คำสำคัญ: พลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตร, อัตราการเปลี่ยนแปลงค่า TEC, ชินทิลเลชันแอมพลิจูด, การเรียนรู้เครื่องจักรกล

1. บทนำ

ปรากฏการณ์ EPB เป็นโครงสร้างแบบคลื่นยักษ์ (Plume) ที่กระเจิงกลับ (หรือ Backscatter plume) ที่เริ่มก่อตัว (Seeding) ที่ด้านล่างของชั้น F แล้วยืดอกออกไปหรือเจาะทะลุ (Penetrate) ไปสู่ชั้นไอโอโนสเฟียร์ด้านบน รวมทั้งขยายตัวไปตามแนวของสนามแม่เหล็กโลกจากเส้นศูนย์สูตรไปยังละติจูดต่ำและละติจูดกลางได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการหายไปของความหนาแน่นพลาสมาเมื่อเทียบกับปริมาณพลาสมาปกติในชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Background ionosphere) โดย EPB มีความเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ Rayleigh-taylor instability (RTI) และปรากฏการณ์ Equatorial spread-F (ESF) โดยตรงและการเติบโต (Development) ของ EPB นำไปสู่ความผิดปกติในชั้นไอโอโนสเฟียร์ในลักษณะต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับขนาดหรือสเกล (Scale) ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อการเลี้ยวเบนของสัญญาณวิทยุ การเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดและเฟสที่รวดเร็ว (Scintillation) ที่เกิดขึ้นจากชั้นไอโอโนสเฟียร์เป็นหลัก (จึงถูกเรียกว่า ชินทิลเลชันชั้นไอโอโนสเฟียร์) รวมทั้งการกระเจิงและการโพลาไรซ์ของสัญญาณดาวเทียม ดังนั้น EPBs จึงเป็นภัยคุกคามที่ร้ายแรงต่อสัญญาณวิทยุที่ส่งผ่านชั้นไอโอโนสเฟียร์ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียหลายอย่างต่อการสื่อสารและการนำทาง (Vankadara et al., 2023, pp. 1-25) ได้แก่

- 1) การขาดการติดต่อย่านความถี่ UHF ระหว่างดาวเทียมกับเฮลิคอปเตอร์ที่อัฟกานิสถาน ในวันที่ 4 มีนาคม 2545 อาจเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ EPBs
- 2) การนำทางและความน่าเชื่อถือของการให้บริการระบบ GNSS ถูกทำลายอย่างหนักเมื่อเกิด EPBs ซึ่งทำให้การระบุตำแหน่งที่ผิดพลาดหลายสิบเมตรหรือมากกว่า
- 3) การเกิดชินทิลเลชันที่รุนแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจาก EPBs ซึ่งแอมพลิจูดของสัญญาณ GNSS มีค่าลดลงได้มากกว่า 25 dB วงจรติดตามคลื่นพาห์ของเครื่องรับ GNSS ถูกก่อกวน จนทำให้เกิดการ Loss-of-lock ของสัญญาณ GNSS ได้ และจำนวนของดาวเทียม GNSS ที่รับสัญญาณได้ลดลง ซึ่งนำไปสู่การระบุตำแหน่งและความล้มเหลวในการสื่อสาร/การนำทาง เนื่องจากสัญญาณ GNSS ได้ถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในงานหลายด้านในยุค Hi-tech

ความจำเป็นในการคาดการณ์ (Forecasting) การเกิดของ EPB, ชินทิลเลชันชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่ส่งผลกระทบต่อความถี่ VHF และ SHF รวมทั้งการลดผลกระทบของ EPB จึงเป็นประเด็นที่สำคัญมากต่องานวิจัยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ถึงแม้ว่าจะมีความพยายามทำนายชินทิลเลชันสัญญาณ GNSS เนื่องจาก EPB บริเวณเส้นศูนย์สูตรและละติจูดต่ำ แต่ก็ยังไม่ได้ข้อสรุปที่ชัดเจน การวิจัยและการพัฒนาเกี่ยวกับ EPB จึงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจและสามารถนำเสนอได้อีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยก็ตั้งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตรแม่เหล็กโลก จึงทำให้ประเทศที่พัฒนาแล้วจำนวนมากต่างให้ความสำคัญที่จะมาติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ในการตรวจจับและทำนายการเกิด EPB ในประเทศไทย ดังนั้น บทความปริทัศน์ฉบับนี้จึงให้ความสำคัญที่จะกล่าวถึงภาพรวมของ EPB ได้แก่ คุณลักษณะของ EPB ตัวบ่งชี้และวิธีการที่ใช้ตรวจจับ EPB (ได้แก่ การใช้ค่า ROTI, ค่า TEC gradient, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $\Delta VTEC$, ค่า S4 index และการใช้วิธี Machine learning ได้แก่ Convolutional neural network (CNN) และ Support vector machine (SVM) ผลการวิจัยล่าสุดของแต่ละวิธีที่ใช้ตรวจจับ EPB รวมไปถึง บทสรุป แนวโน้มที่ควรศึกษาและพัฒนาต่อไปในอนาคต

2. คุณสมบัติของ EPB

ที่ผ่านมา มีการใช้เทคนิคต่าง ๆ ในการสังเกตคุณลักษณะการเกิดขึ้นและการเปลี่ยนแปลงของ EPBs ยกตัวอย่างเช่น การวัดค่าปริมาณอิเล็กตรอนทั้งหมด (Total electron content หรือ TEC) ดัชนีชั้นทิลเลชันจากเครื่องรับ GNSS สัญญาณสะท้อนกลับจากเครื่องไอโอโนซอนด์ การใช้เรดาร์วัดการกระเจิงคลื่นแบบ Coherent/แบบ Non-coherent การถ่ายภาพแอร์โรว์ (Airglow imager) และการวัดค่าแบบอินซิทู (in situ) จากดาวเทียมวงโคจรต่ำ ผลจากการตรวจวัดคุณลักษณะของ EPB ด้วยเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ พอจะสรุปได้ดังนี้

a) จากการสังเกตแผนภาพสองมิติของคลื่นสะท้อนที่กระเจิงกลับของเรดาร์ ALTAIR ร่วมกับดาวเทียมอินซิทูที่วัดค่าความหนาแน่นพลาสมา พบว่า คลื่นยักษ์ (Plumes) ที่กระเจิงกลับที่สังเกตได้นั้นเกี่ยวข้องกับ EPBs ที่มีการหายไป (Bite-out) ของความหนาแน่นพลาสมาที่ลึกและมีขอบที่ชันมาก (Tsunoda, 1981, pp. 139-149)

b) จากการใช้เครื่อง All-sky airglow imager (ASI) ที่สถานี Sata (31.0°N, 130.7°E) และที่สถานีคอนจูเกตกัน Darwin (12.4°S, 131.0°E) ที่ผ่านมา Otsuka et al. (2002, pp. 1-4) ได้พบโครงสร้าง EPBs ที่ตรวจจับได้พร้อมกันที่มีความหนาแน่นพลาสมาหายไปและมีการยึดตัวตามเส้นสนามแม่เหล็กโลกไปยังละติจูดต่ำเหนือ-ใต้ทั้งสองซีกโลก ขณะที่ EPBs ส่วนใหญ่ได้ถูกจำกัดในพื้นที่แถบเส้นศูนย์สูตรและละติจูดต่ำ แต่ก็ยังพบว่า “มีบางเหตุการณ์ของพลาสมาบับเบิลซูปเปอร์และเหตุการณ์ซินทิลเลชันที่รุนแรงก็เกิดขึ้นได้ที่ละติจูดกลาง 40°N หรือสูงกว่าในลองจิจูดบางแห่งในระหว่างที่เกิดพายุแม่เหล็กโลกได้ด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างพลาสมาที่หายไปของ EPB นั้นสามารถขยายไปถึงระดับความสูงที่สูงถึง 3,400 km หรือสูงกว่าเหนือเส้นศูนย์สูตรแม่เหล็กโลกในทิศทางโซนัล (E-W) โดยความกว้างของ EPB อาจจะพบได้หลายสเกลตั้งแต่หลายสิบกิโลเมตรไปจนถึงหลายร้อยกิโลเมตรได้

c) จากการวัดด้วยเครื่อง Ion Velocity Meter (IVM) ที่อยู่บนดาวเทียม Communications/navigation outage forecasting system (C/NOFS) โดย Smith and Heelis (2017, p. 5749) พบว่า ความกว้างของ EPBs อาจจะมีความได้ตั้งแต่ 115 km ไปจนถึง 460 km ด้วยค่าพิคที่เด่นชัดที่เกิดขึ้นประมาณ 200 km โดย EPB ที่มีสเกลเล็กไม่สามารถตรวจจับได้เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องวัด IVM ที่ใช้สังเกต

d) จากการสังเกตด้วย Ground-based airglow imager โดย Liu et al. (2019, pp. 3612-3620) พบว่า ความกว้างของ EPBs ที่เกิดจากการก่อตัวของความผิดปกติสเกลเล็กที่มีระดับหลายสิบกิโลเมตร (เช่น ประมาณ 70 km) ขณะที่ความกว้างโดยทั่วไปของ EPBs มีค่าอยู่ที่หลายร้อยกิโลเมตร โดย EPBs อาจจะผลิตผลกระทบต่อเซกเตอร์ลองจิจูดที่ยาวหลายพันกิโลเมตรอันเนื่องมาจากการลอยเลื่อนในแนวโซนัล ซึ่ง EPBs จะถูกผลักอย่างแรงโดยลมโซนัลชั้นเทอร์โมสเฟียร์ที่มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันออกภายใต้สภาวะที่เสียบทางแม่เหล็กโลกก็ได้ สำหรับสถานีเรดาร์ที่เมือง Kototabang (0.2°S, 100.3°E) ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และที่เมือง Sanya (18.3°N, 109.6°E) ในเอเชียตะวันออกได้แสดงให้เห็นว่า EPBs สามารถลอยเลื่อนในแนวโซนัลออกไปได้ไกลประมาณ 1,000 km จากตำแหน่งลองจิจูดที่ EPBs เกิดขึ้น (Li et al., 2013, p. 6544)

ขณะที่คุณลักษณะทั่วไปของ EPBs และการเปลี่ยนแปลงในระยะกลางของ EPBs สามารถที่จะเข้าใจได้เป็นอย่างดีแต่ปัจจัยต่าง ๆ ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน (Day-to-day) การเปลี่ยนแปลงในระยะสั้นของ EPB และการเกิดซินทิลเลชันยังคงไม่ชัดเจนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ฤดูกาลที่มีโอกาสสูงและต่ำของการเกิดขึ้น EPBs เป็นเดือน Equinox และเดือน Solstice ตามลำดับ แต่การสังเกตเหล่านั้นยังแสดงให้เห็นว่า EPBs อาจจะไม่ปรากฏ (ปรากฏ) ในบางคืนของเดือน Equinox (เดือน Solstice) ก็ได้ ดังนั้น การทำนายการเกิด EPBs และซินทิลเลชันชั้นไอโอโนสเฟียร์จึงเป็นไปได้ยากและจะเกี่ยวข้องกับคำถามต่อไปนี้ที่ยังคงเป็นโจทย์เพื่องานวิจัยและพัฒนา (Li et al., 2021, p. 203) ดังนี้

(1) ปัจจัยใดที่ควบคุมการก่อตัวของ EPB และปัจจัยที่ควบคุมดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันอย่างไร?

(2) ปัจจัยใดที่ควบคุมการพัฒนาและช่วงเวลาการเกิด (Lifetime) ของ EPBs?

(3) เราสามารถหาค่าซินทิลเลชันชั้นไอโอโนสเฟียร์อย่างแม่นยำได้อย่างไรจากการวัด EPB?

การก่อตัวของ EPBs ได้ถูกยอมรับว่าเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากความไม่เสถียรภาพแบบเรย์ลี-เทย์เลอร์ (Generalized rayleigh-taylor instability หรือ RTI) อัตราการเติบโตเชิงเส้นของ RTI (γ) ขึ้นอยู่กับความเร็วลอยเลื่อนพลาสมาแนวตั้งที่พุ่งขึ้นในชั้น F (V), ลมนิวทรัลที่พุ่งขึ้นตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก (U), ความถี่การชนกันของไอออนและนิวทรัล (ν_{in}), ขนาดความยาวที่ไม่เท่ากันของความหนาแน่นพลาสมา (L), อัตราการรวมตัวกันใหม่ (β), ค่าความนำตามเส้นสนามแม่เหล็กรวมในชั้น E กับชั้น F ($\sum_p^E, \sum_p^F$) ซึ่งอยู่ในรูปสมการที่ (1) ดังนี้

$$\gamma = (1/L) \frac{\sum_p^F}{\sum_p^E + \sum_p^F} (V - U + g/v_{in}) - \beta \quad (1)$$

โดยทั่วไป ความไม่เท่ากันของความหนาแน่นพลาสมาที่พุ่งขึ้น (อยู่ในทิศทางขนานแต่ตรงข้ามกับทิศทางแรงโน้มถ่วงของโลก g) อย่างรุนแรงจะปรากฏตัวที่ด้านล่างของชั้น F เหนือเส้นศูนย์สูตรแม่เหล็กโลก ในตอนกลางวัน ค่าความหนาแน่นในชั้น E ที่ละติจูดต่ำจะมีค่าที่สูงมาก (เนื่องจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์) และสามารถตัดสนามไฟฟ้าที่โพลาร์กับชั้น F แล้วนำไปสู่การบีบกดการก่อตัวของปรากฏการณ์ RTI ได้ จึงเป็นการยากที่ EPBs จะถูกสร้างขึ้นในตอนกลางวันยกเว้นเหตุการณ์ผิดปกติในบางครั้ง หลังจากพระอาทิตย์ตก ไม่มี Photoionization ในชั้นไอโอโนสเฟียร์ อนุภาคที่มีประจุที่ระดับความสูงที่ต่ำกว่าจะรวมตัวกันอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ความสูงของชั้น F สูงขึ้นและทำให้ L มีค่าที่ลดลง ค่าความหนาแน่นของชั้น E ก็ลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากพระอาทิตย์ตก ซึ่งทำให้เกิดการไม่เท่ากันของค่าความหนาแน่นในทิศทางซีกโลกกับ Sunset terminator องค์ประกอบโซลของสนามไฟฟ้าชั้น F จะมีค่าที่เพิ่มขึ้นหลายครั้งไปสู่ค่าสนามไฟฟ้าที่มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันออกที่มาก ซึ่งจะถูกเรียกว่า Pre-reversal enhancement (PRE) ของสนามไฟฟ้าที่มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันออก โดย PRE นี้สามารถที่จะผลักดันให้การลอยเลื่อนพลาสมาแนวตั้งที่พุ่งขึ้นมีค่าสูงขึ้นได้ ซึ่งสามารถที่จะยกชั้น F ให้สูงขึ้นได้ด้วยค่า v_{in} และ β ที่ลดลง และนำไปสู่อัตราการก่อตัวของ RTI ที่สูงขึ้นได้

อัตราการก่อตัวเชิงเส้นของ RTI ในเวลากลางคืน ซึ่งถูกควบคุมหลักด้วยความสูงของชั้น F ค่าความหนาแน่นตามแนวเส้นสนามแม่เหล็กโลกที่มีค่าน้อย ซึ่งนำไปสู่การก่อตัวของ EPBs อย่างรวดเร็ว หลังจากพระอาทิตย์ตก ในทางกลับกัน “การลอยเลื่อนพลาสมาที่พุ่งขึ้นปริมาณที่สูงมากจนถึง ~ 1000 m/s ได้สังเกตเห็น แต่ไม่มี EPBs ในช่วงพายุแม่เหล็กโลกในเดือนตุลาคม 2003” ในการจำลองเชิงตัวเลขของ EPBs ก่อนหน้านี้ การก่อตัวของ EPBs ในช่วงเริ่มต้นด้วยการก่อตัวของความหนาแน่นพลาสมาที่ด้านล่างของชั้น F กับอัตราการก่อตัวของ RTI พบว่า การก่อตัวในช่วงเริ่มต้น $\sim 5\%$ ขึ้นไปสามารถที่จะลดเวลาที่ต้องการสำหรับ RTI ในการก่อตัวไปสู่ EPBs ได้คลื่นแรงโน้มถ่วงโลกที่ถูกสร้างขึ้นจากกิจกรรมการนำพาในชั้นบรรยากาศด้านล่างบริเวณ Intertropical convergence zone (ITCZ) ก็เป็นอีกแหล่งกำเนิดหนึ่งที่เป็นไปได้ต่อการสร้าง EPBs เพราะเกิดการก่อตัวของความหนาแน่นพลาสมา แหล่งกำเนิดของ EPB ที่เป็นไปได้อีกหนึ่งแหล่งหนึ่งก็คือ ปรากฏการณ์ Collisional shear flow ที่เกิดขึ้นด้านล่างของชั้น F ซึ่งเป็นลักษณะที่พลาสมาลอยเลื่อนมุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตก แต่ลมนิวทรัลกลับเคลื่อนตัวไปทางทิศตะวันออกในตอนช่วงใกล้เวลาที่พระอาทิตย์ตก

3. ตัวบ่งชี้ระดับความรุนแรงและวิธีที่ใช้ตรวจจับ EPB

3.1 ค่า ROTI, ค่า TEC gradient และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $\Delta VTEC$

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงตัวบ่งชี้ (Proxy) ต่าง ๆ ที่ใช้เพื่อบอกความเป็นไปได้ของการเกิดความผิดปกติของ EPB ได้แก่ ค่า ROT (Rate of TEC change), ค่า ROTI (Rate of TEC change index), ค่า $ROTI_{ave}$ (ค่าเฉลี่ยของ ROTI), ค่า TEC gradient ระหว่างสถานี GNSS (ΔTEC), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $\Delta VTEC$ ($\sigma \Delta VTEC$), ค่าเฉลี่ยของ $\sigma \Delta VTEC$ ($\sigma \Delta VTEC_{ave}$) (Timoçin et al. (2020, p. 342) โดยค่า ROT (Rate of TEC change) และค่า ROTI (Rate of TEC change index) นี้ใช้แทนความผิดปกติชั้นไอโอโนสเฟียร์อันเนื่องมาจากพลาสมาบับเบิล ซึ่งได้ถูกแนะนำโดย Pi et al. (1997, p. 2284) ว่าเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญสำหรับความแปรปรวนชั้นไอโอโนสเฟียร์และสามารถใช้ในการบรรยายคุณลักษณะของความผิดปกติพลาสมาบับเบิลได้ โดยค่า ROT (Rate of TEC change) หาได้จากสมการที่ (2)

$$ROT(t_k^i) = \frac{TEC_k^i - TEC_{k-1}^i}{t_k^i - t_{k-1}^i} \quad (2)$$

โดยที่ TEC แทนค่า Slant TEC, i คือจำนวนดาวเทียมที่มองเห็นได้และ k คือ Epoch time (ช่วงเวลาที่ทำการบันทึกค่า) ในที่นี้ $k = 0.5$ นาที หลังจากนั้น เราจะหาค่า ROTI (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ROT) ทุก ๆ 5 นาที โดยหาค่าได้จากสมการที่ (3)

$$ROTI = \sqrt{\langle ROT^2 \rangle - \langle ROT \rangle^2} \quad (3)$$

โดยที่ $\langle ROT \rangle$ เป็นค่าเฉลี่ยของ ROT ในแต่ละ Epoch time โดยในงานวิจัยนี้ $ROTI \geq 0.5 \text{ TECU.min}^{-1}$ บ่งบอกถึงความผิดปกติของชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่เกี่ยวข้องกับซินทิลเลชัน โดยทั่วไป ระดับของความผิดปกติของชั้นไอโอโนสเฟียร์แบ่งออกเป็น 3 ระดับ: ระดับที่ 1 คือไม่รุนแรง ($0.25 \leq ROTI < 0.5$); ระดับที่ 2 คือปานกลาง ($0.5 \leq ROTI < 1$); และระดับที่ 3 คือรุนแรง ($ROTI \geq 1$) หลังจากนั้น เราก็คำนวณค่าเฉลี่ยของ ROTI ($ROTI_{ave}$) ที่ใช้ในบ่งชี้ความผิดปกติของชั้นไอโอโนสเฟียร์ทุก ๆ 30 นาที ของแต่ละสถานีสำหรับดาวเทียมที่เห็นได้ทุกดวงและดัชนีนี้ถูกใช้เพื่ออธิบายระดับความผิดปกติของชั้นไอโอโนสเฟียร์ในบทความวิจัยก่อนหน้านี้เป็นจำนวนมาก โดยค่า $ROTI_{ave}$ นี้สามารถหาค่าได้จากสมการที่ (4)

$$ROTI_{ave}(0, 5h) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^k \frac{ROTI(n, 0.5h, i)}{k} \quad (4)$$

โดยที่ N คือจำนวนดาวเทียมที่มองเห็นได้, n คือหมายเลขดาวเทียม, ตัวเลข 0.5 หมายถึงระยะเวลาที่ใช้ในการหาค่าทุก ๆ ครึ่งชั่วโมง (0, 0.5, ... 23.5, 24 ชั่วโมง), i คือ Epoch time ที่ใช้หาค่า ROTI ทุก ๆ 5 นาทีภายในช่วงเวลาทั้งหมด 30 นาทีในการหาค่า $ROTI_{ave}$, k เป็นจำนวนของค่า ROTI ที่หาค่าได้ในเวลา 30 นาทีสำหรับดาวเทียมแต่ละดวง ค่าของ $ROTI_{ave}$ แบ่งออกเป็น 3 ระดับเช่นกัน อาทิ ระดับที่ 1 คือไม่มีความผิดปกติของชั้นไอโอโนสเฟียร์ ($ROTI_{ave} \leq 0.4$); ระดับที่ 2 คือมีความผิดปกติของชั้นไอโอโนสเฟียร์เกิดขึ้น ($0.4 < ROTI \leq 0.8$); และระดับที่ 3 คือมีความผิดปกติของชั้นไอโอโนสเฟียร์รุนแรง ($ROTI > 0.8$) หลังจากนั้น ค่า TEC gradient ระหว่างสถานี GNSS ($\Delta VTEC$) ก็ถูกนำเสนอเช่นกันเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบของความผิดปกติของชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงตามแนวละติจูดของค่า Vertical TEC ดังนั้น สถานีต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาจะพยายามเลือกสถานีที่ตั้งอยู่ในแนวลองจิจูดเดียวกันหรือใกล้เคียงกันโดยประมาณ ค่า $\Delta VTEC$ หาค่าได้จากสมการที่ (5)

$$\Delta VTEC(t_i^k) = \frac{VTEC_x(t_i^k) - VTEC_y(t_i^k)}{\Delta latitude} \quad (5)$$

โดยที่ x และ y แทน 2 คู่สถานี ยกตัวอย่างเช่น x แทนคู่ของสถานี IISC และ SGOC (สัญลักษณ์ IISC-SGOC) และ x แทนคู่ของสถานี HYDE และ IISC (สัญลักษณ์ HYDE-IISC), i คือ Epoch time ($i = 1$ ถึง 720), k คือจำนวนดาวเทียมที่มองเห็นได้ และ $\Delta latitude$ คือผลต่างค่าละติจูดระหว่างสองสถานี โดย Epoch time ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.5 นาที ซึ่งเท่ากับเวลาที่ใช้ในการหาค่า ROT ต่อจากนั้น เราจะหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $\Delta VTEC$ ($\sigma \Delta VTEC$) บนช่วงเวลาที่เราพิจารณาเท่ากับ 5 นาทีต่อไป เราจะหาค่าเฉลี่ยของ $\sigma \Delta VTEC$ ($\sigma \Delta VTEC_{ave}$) ภายในช่วงเวลา 30 นาทีสำหรับแต่ละคู่สถานี สุดท้าย เราจะพิจารณาความน่าจะเป็นของการเกิดพลาสมาบับเบิลสำหรับแต่ละชั่วโมง ซึ่งหาค่าได้จากสมการที่ (6)

$$\text{Occurrence Probability } (t_i)\% = \frac{X_i(ROTI_{ave} > 0.4)}{X_{i(total)}} \times 100 \quad (6)$$

โดย i เป็นชั่วโมงของวัน, X คือจำนวนครั้ง (Epoch) ที่ค่า $ROTI_{ave}$ มีค่ามากกว่า 0.4 และ X_{total} คือจำนวน Epoch ทั้งหมด

3.2 วิธีการตรวจจับ EPB โดยใช้ค่า S4 index

นอกจากตัวบ่งชี้ที่กล่าวไปแล้วข้างต้น เราก็สามารถใช้ค่าแอมพลิจูดซินทิลเลชัน (Amplitude scintillation หรือ S₄ index) และค่าสเกลเฟรสนลด์ลำดับที่ 1 (d_F) ในการตรวจจับและอธิบายโครงสร้าง EPBs สเกลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ (Li et al., 2021, p. 205) ซึ่งโดยปกติ ขนาดสเกลของโครงสร้าง EPB มีค่าหลายพันกิโลเมตรตามเส้นสนามแม่เหล็กโลกและมีค่าหลายสิบไปจนถึงหลายร้อยกิโลเมตรในทิศทางที่ตั้งฉากกับเส้นสนามแม่เหล็กโลก โครงสร้าง EPBs สเกลเล็กและปานกลางสามารถที่จะอธิบายได้ด้วยซินทิลเลชันชั้นไอโอโนสเฟียร์และ Backscatter plume echoes จากเรดาร์ได้ แต่ไม่สามารถใช้อธิบายโครงสร้าง EPBs สเกลใหญ่ได้ โดยค่า S₄ index ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางในการศึกษาซินทิลเลชันชั้นไอโอโนสเฟียร์ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการที่ (7)

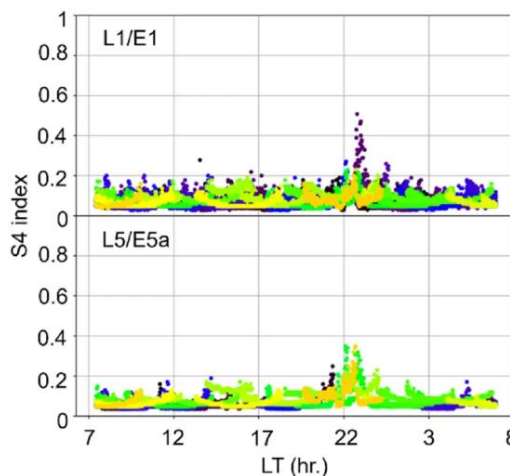
$$S_4 = \sqrt{(\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2) / \langle I \rangle^2} \quad (7)$$

ในที่นี้ I เป็นค่าความเข้มของสัญญาณ และ $\langle \rangle$ หมายถึงค่า Ensemble average โดยความรุนแรงของซินทิลเลชันขึ้นอยู่กับความถี่คลื่นวิทยุ สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดซินทิลเลชันคือความผิดปกติของความหนาแน่นพลาสมาที่มีขนาดสเกลต่ำกว่าค่า d_F โดยค่า d_F นี้จะใช้ในการอธิบายและคำนวณหาค่าโครงสร้าง EPBs สเกลใหญ่ได้โดยใช้สมการที่ (8)

$$d_F = \sqrt{2\lambda z} \quad (8)$$

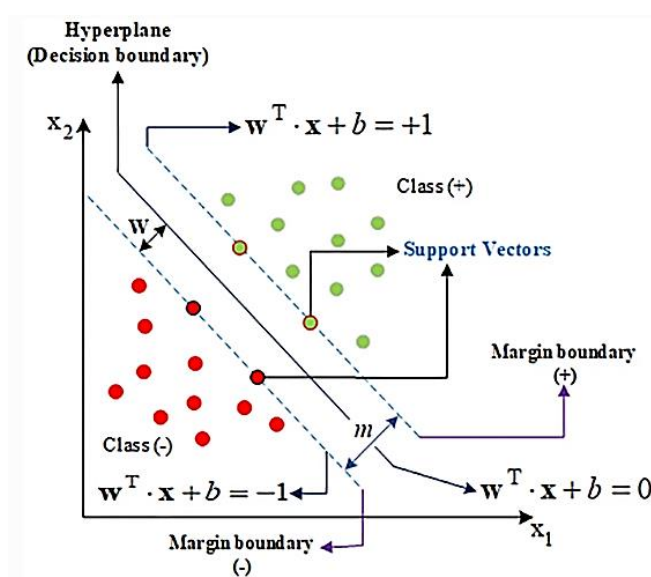
ในที่นี้ z คือความสูงของบริเวณที่เกิดความผิดปกติ (มี EPB เกิดขึ้น) และ λ คือความยาวคลื่นของสัญญาณ GNSS ที่ใช้งาน เช่น สำหรับความถี่ GPS L1 (1,575.42 MHz) และถ้าสมมติว่า z เท่ากับ 400 km ค่า d_F มีค่าประมาณ 390 เมตร

เป็นที่ทราบกันดีว่า ความผิดปกติชั้นไอโอโนสเฟียร์เป็นต้นเหตุผลกระทบที่รุนแรงต่อสัญญาณระบบ GNSS ซึ่งบ่อยครั้งมักจะพบในรูปของการแกว่งที่รวดเร็วทั้งแอมพลิจูดและเฟสเหนือพื้นที่ละติจูดต่ำ EPB มักจะเกิดขึ้นบ่อยหลังพระอาทิตย์ตก ทำให้เกิดซินทิลเลชันสัญญาณ GNSS เนื่องจากสัญญาณพาดผ่านบริเวณที่เกิดความผิดปกติชั้นไอโอโนสเฟียร์ ดังนั้น งานวิจัยของ Bumrunkit et al. (2022, p. 2) จึงได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า S₄ index ที่มีต่อสัญญาณ GNSS และคุณลักษณะเฉพาะของ EPB ความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างสัญญาณ Backscatter echoes ที่เกี่ยวข้องกับ EPB กับซินทิลเลชันหลายระบบ GNSS และหลายความถี่ (MC/MF GNSS scintillation receiver) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัญญาณ L1/E1 และสัญญาณ L5/E5a ของระบบดาวเทียม GPS และ Galileo ในการวิเคราะห์ซินทิลเลชัน GNSS ตามเส้นทางของสัญญาณ GNSS นั้น ตำแหน่ง GNSS lonospheric pierce points (IPPs) จะถูกแมปกับค่า S₄ index ที่ความสูงต่าง ๆ และฉายภาพ (Project) ไปตามเส้นสนามแม่เหล็ก ร่วมกับ Backscatter echoes โดยใช้เครื่องมือวัดจำพวก Equatorial atmosphere radar (EAR) ของสถานี Kototabang (KTTB) เมืองสุมาตราตะวันตก ประเทศอินโดนีเซีย



รูปที่ 1 อนุกรมเวลาของค่าซินทิลเลชันแอมพลิจูดหรือ S₄ index ที่ได้รับทุก ๆ 1 นาที จากดาวเทียมทุกดวงที่รับสัญญาณ L1/E1 และสัญญาณ L5/E5a ในวันที่ 18 มีนาคม 2562 ที่สถานี KTTB ที่มา: Bumrunkit et al. (2022, p. 6)

โดยการศึกษาของ Bumrungrkit et al. (2022, pp. 4-5) นั้นจะพิจารณาเฉพาะเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นที่ระดับปานกลางเท่านั้นเนื่องจากข้อมูลที่ใช้ศึกษามีจำกัดและผลของความสัมพันธ์ระหว่างค่า S4 index กับบริเวณที่รับสัญญาณ Backscatter echoes ของเรดาร์ EAR จะถูกนำเสนอ โดยค่า S4 index จะถูกวัดค่าได้จากเครื่องตรวจจับ MC/MF GNSS scintillation receiver (รุ่น PolarRxS ของบริษัท Septentrio) โดยค่าขึ้นทิลเลชันจะถูกประมาณค่าได้จากเครื่องรับทุก ๆ นาที่และค่ากำลัง Backscatter echo ของเรดาร์ EAR ของสัญญาณย่านความถี่ VHF ก็ถูกวัดค่าออกมาเช่นกันทุก ๆ 2-4 นาที ช่วงเวลาการทำงาน (Scanning) อาจเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากการมีการตรวจวัดค่าอื่น ๆ ในชั้นบรรยากาศที่จะต้องกระทำระหว่าง Scanning รูปที่ 1 แสดงอนุกรมเวลาของค่าขึ้นทิลเลชันแอมพลิจูดหรือ S4 index ที่ได้รับทุก ๆ 1 นาทีจากดาวเทียมทุกดวงที่รับสัญญาณ L1/E1 และสัญญาณ L5/E5a ในวันที่ 18 มีนาคม 2562 ที่สถานี KTTB สีที่ต่างกันบ่งชี้ถึงค่า S4 index จากระบบดาวเทียมที่ต่างกัน โดยค่า S4 index ของสัญญาณ L1/E1 ที่ได้รับจากดาวเทียมทุกดวงจะแสดงไว้ที่รูปบนและค่า S4 index ของสัญญาณ L5/E5a ที่ได้รับจากดาวเทียมทุกดวงจะแสดงไว้ที่รูปล่าง จากรูปที่ 1 พบว่า ค่า S4 index ของทั้งสองความถี่มีค่าที่สูงที่เวลาประมาณ 22LT ถึงแม้ว่าสัญญาณที่ความถี่ L1/E1 จะเกิดขึ้นทิลเลชันที่สูงกว่าสัญญาณ L5/E5a และค่า S4 index ที่สูงขึ้นสามารถที่จะเห็นได้อย่างชัดเจนในช่วงเวลาประมาณ 21:40-00:30 LT



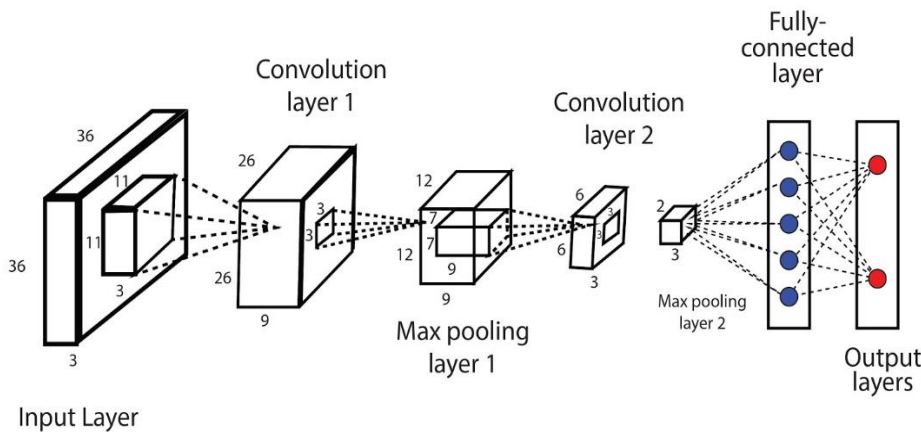
รูปที่ 2 Hyperplane และ Support vectors ของวิธี SVM
ที่มา: Thanakulketsarat et al. (2023, p. 3)

3.3 วิธีการตรวจจับ EPB โดยใช้ machine learning

นอกจากนี้ Thanakulketsarat et al. (2023, p. 3) ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับ EPB โดยใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้เครื่องจักรกล (Machine learning) ได้แก่ วิธี Convolutional neural network (CNN) และวิธี Support vector machine (SVM) โดยแบบจำลองที่ 1 เป็นการผสมวิธี Singular value decomposition (SVD) เข้ากับวิธี SVM ขณะที่ แบบจำลองที่ 2 เป็นการผสมวิธี CNN เข้ากับวิธี SVM ในที่นี้ จะขออธิบายหลักการเบื้องต้นของ SVM และ CNN ดังนี้

Support vector machine (SVM) เป็นแบบจำลองเชิงเส้นสำหรับการจำแนกและการประมาณค่าที่ถูกนำเสนอโดย Vapnik and Lerner (1963, pp. 774-780) ซึ่งมันสามารถที่จะจัดการกับข้อมูลที่สามารถจำแนกแบบเชิงเส้นหรือแบบไม่เชิงเส้นโดยใช้เคอร์เนล (Kernel) อัลกอริทึมของมันจะสร้างขอบเขตการตัดสินใจที่ถูกเรียกว่า Hyperplane ที่แยกได้ทั้งคลาสเชิงบวก และเชิงลบ โดยการทำให้อัฒก (Margin) มีค่ามากที่สุดและค่าความผิดพลาดจากการจำแนกลดลง โดยมาร์จิ้นเป็นค่าระยะห่างระหว่าง Hyperplane กับตำแหน่งค่าข้อมูลที่ใกล้ที่สุดจากแต่ละคลาสที่ถูกเรียกว่า support vectors รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างและวิธีตัดสินใจของวิธี Support vector machine เพื่อที่จะสรุป Hyperplane ใช้จำแนกที่เหมาะสมที่สุดท่ามกลางข้อมูลที่ถูกแยกออกไปได้แบบเชิงเส้น

Convolutional neural network (CNN) เป็นวิธีการคำนวณแบบคอนโวลูชันที่ถูกนำไปใส่เพิ่มเติมในโครงข่ายประสาทเทียม (Neural network) เพื่อที่จะหาคุณลักษณะเด่นของภาพนั้นได้ถูกแนะนำโดย Lecun et al. (1990, p. 37) โดยชั้นที่คำนวณคุณลักษณะเด่นของภาพโดยใช้เทคนิคคอนโวลูชันนั้นจะถูกเรียกว่า ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional layer) Lecun et al. (1998, pp. 2278-2324) ได้นำเสนอวิธี Convolutional neural network (CNN) ที่ถูกเรียกว่า LeNet-5 ซึ่งได้แนะนำหลักการของชั้นที่เชื่อมต่อกันแบบเต็มที่ (Fully connected layer) โดยชั้นนี้ทำตัวเสมือนเป็นชั้นหนึ่งของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีหลายชั้น 1 ชุดที่ส่งผลดีทำให้ CNN สามารถที่จะดึงคุณลักษณะเด่น (Feature extraction) และจำแนกคลาส (Classification) ของข้อมูลทดสอบได้ โดยโครงสร้างของ CNN มีแสดงไว้ในรูปที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วยชั้นที่สำคัญจำนวน 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นคอนโวลูชัน, ชั้นพูลลิง (Pooling layer) และชั้นที่เชื่อมต่อกันแบบเต็มที่



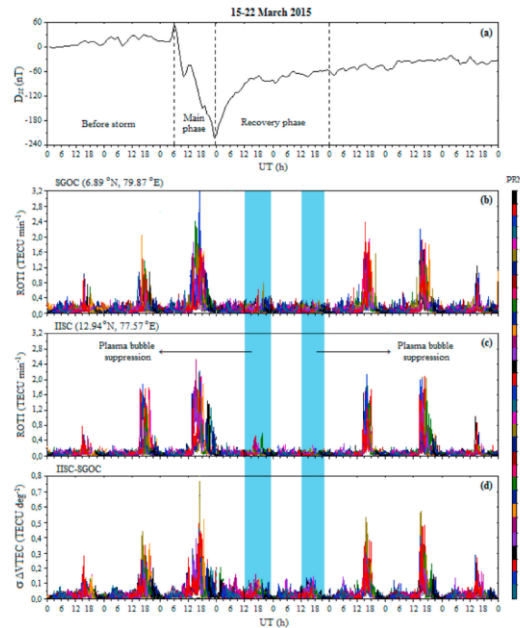
รูปที่ 3 สถาปัตยกรรมของวิธี Convolutional neural network
ที่มา: Rohit Dwivedi (2020, Online)

4. ผลการศึกษาและบทวิจารณ์

4.1 ผลการตรวจจับ EPB โดยใช้ค่า ROTI และค่า $\sigma\Delta V_{TEC}$

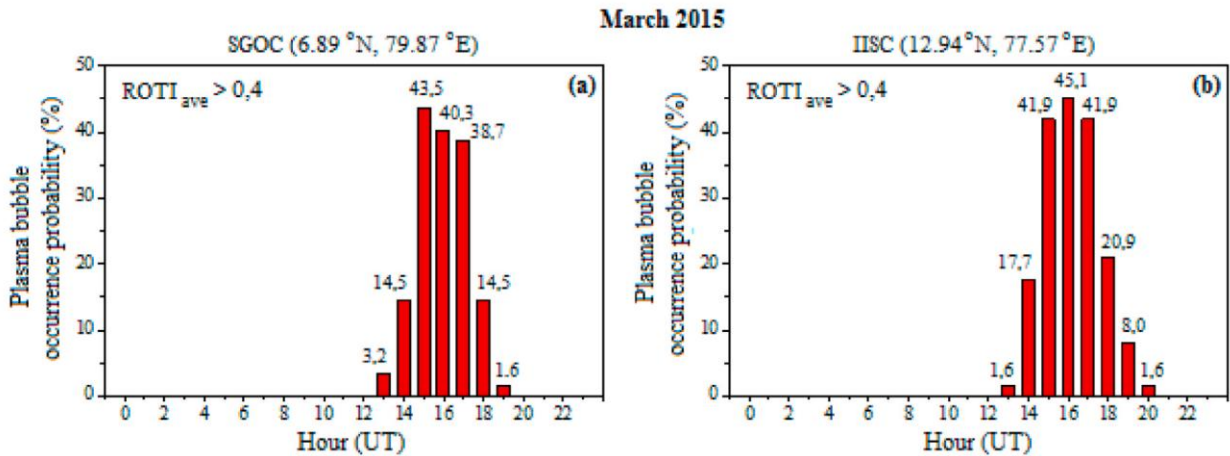
ผลการศึกษาความผิดปกติของ EPBs ที่เกิดขึ้นในช่วงพายุแม่เหล็กโลกและตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ต่างกัน มีดังนี้ จากรูปที่ 4 เป็นการเปลี่ยนแปลงรายวันของดัชนี Dst, ค่า ROTI ของสถานี SGOC, ค่า ROTI ของสถานี IISC และค่า $\sigma\Delta V_{TEC}$ ของคู่สถานี IISC-SGOC ระหว่างวันที่ 15-22 มีนาคม 2558 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เกิดพายุเซนต์แพทริก (Saint Patrick) - พายุที่รุนแรงมากที่สุด ในวัฏจักรโซลาร์ที่ 24 โดยค่า Dst มีค่าต่ำสุดถึง -234 nT ดังในรูปที่ 4(a) การเพิ่มขึ้นที่มากที่สุดในระดับความรุนแรงของ ROTI จะถูกพบได้ตั้งแต่เวลา 13-19 UT (ช่วงเวลาหลังพระอาทิตย์ตก) โดยมีค่ามากกว่า 1 TECU.min⁻¹ ซึ่งแสดงถึงการเกิดความผิดปกติชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่รุนแรง โดยความผิดปกติชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่สังเกตเห็นได้ในช่วงเวลานี้จะถูกเรียกว่าความผิดปกติพลาสมาบับเบิลหลังพระอาทิตย์ตก โดยนักวิจัยได้รายงานไว้ว่า ค่าเกรเดียนต์ความหนาแน่นพลาสมาในแนวตั้งที่สูงอันเนื่องมาจากการรวมตัวกันใหม่ที่สูงที่ด้านล่างของชั้น F บริเวณเส้นศูนย์สูตรหลังพระอาทิตย์ตกนั้นเป็นสาเหตุการก่อตัวของกระบวนการ RTI โดยกระบวนการ RTI นี้เป็นต้นเหตุให้เกิดบริเวณพลาสมาที่หายไปหรือถูกเรียกว่า “ความผิดปกติพลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตร” (EPB) ที่จะเกิดการยกตัวขึ้นไปชั้น F ด้านบนได้ โดยความผิดปกติพลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตรอาจจะถูกสร้างขึ้นเป็นปกติหลังจากที่พระอาทิตย์ตกอันเนื่องมาจากการก่อตัวของกระบวนการ RTI ที่ด้านล่างของชั้น F บริเวณเส้นศูนย์สูตรได้ จากรูปที่ 4(b) และ 1(c) การเพิ่มขึ้นในระดับความรุนแรงของ ROTI เมื่อเทียบกับค่า ROTI ในสภาวะที่ไม่มีพายุจะถูกพบได้ที่ทั้งสองแห่งในช่วงเฟสหลักของพายุแม่เหล็กโลก นักวิจัยได้กล่าวไว้ว่า ระดับความรุนแรงของกิจกรรมแม่เหล็กโลกที่เพิ่มขึ้นนั้น อาจจะเป็นต้นเหตุที่ทำให้อัตราการเกิดพลาสมาบับเบิลเพิ่มสูงขึ้นได้ โดยสนามไฟฟ้าเจาะทะลุแบบทันที (PPEFs) ในช่วงเฟสหลักมีทิศทางมุ่งหน้าไปทางตะวันออกที่ตอนพระอาทิตย์ตก ทำให้ ExB drift ที่ชั้น F บริเวณเส้นศูนย์สูตรมีทิศทางพุ่งขึ้น และวางตัวขนานไปตามเส้นสนามแม่เหล็กโลกไปยัง $\pm 15^\circ$ (EIA crest) ซึ่งสภาวะการณดังกล่าวนี้เป็นสภาวะที่เอื้อต่อการเกิดกระบวนการ RTI เป็นอย่างยิ่ง ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของกระบวนการ RTI ในช่วงเฟสหลักของพายุแม่เหล็กโลกจึงเป็นต้นเหตุการเพิ่มขึ้นในระดับความรุนแรงของความผิดปกติชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่เราเรียกว่า “พลาสมาบับเบิลหลังพระอาทิตย์ตก” นอกจากนี้ จากรูปที่ 4(b) และ 1(c) การลดลงในระดับความรุนแรงของ ROTI ที่ทั้งสองแห่งก็ถูกพบเช่นกันในช่วงเวลา 13-19 UT ระหว่างวันที่ 18-19 มีนาคม 2558 โดยการเกิดพลาสมาบับเบิลในช่วงเวลาหลังพระอาทิตย์ตกดังกล่าวจะถูกยับยั้งอย่างสิ้นเชิงในช่วงเฟสฟื้นตัวของพายุแม่เหล็กโลก

จากการศึกษาพบว่า มีกลไก 2 ประการที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเกิด EPBs ได้ในช่วงเฟสฟื้นตัวของพายุแม่เหล็กโลก กลไกแรกคือสนามไฟฟ้าไดนาโมการรบกวน (DDEF) ที่มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตก โดยพายุแม่เหล็กโลกจะเป็นตัวสร้างลมนิวทรัลที่บริเวณออโรรา หลังจากนั้นการก่อกวนของลมนิวทรัลก็เดินทางมาถึงชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรภายในระยะเวลาไม่นาน (2-3 ชั่วโมง) แล้วทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตกตอนพระอาทิตย์ตก โดย DDEF ที่มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตกนี้เป็นต้นเหตุให้ชั้น F บริเวณเส้นศูนย์สูตรตอนพระอาทิตย์ตกนั้นเคลื่อนตัวต่ำลง (Downward) แล้วนำไปสู่การยับยั้งกระบวนการ RTI กลไกที่ 2 คือสนามไฟฟ้าเจาะทะลุแบบทันที (PPEF) ในช่วงเฟสฟื้นตัวของพายุแม่เหล็กโลกที่มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตกตอนพระอาทิตย์ตก โดย PPEF ที่มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตกนี้เป็นต้นเหตุให้ชั้น F บริเวณเส้นศูนย์สูตรตอนพระอาทิตย์ตกนั้นเคลื่อนตัวต่ำลง ซึ่งเป็นการยับยั้งกระบวนการ RTI ดังนั้น ทั้งสองกลไกนี้นำไปสู่การยับยั้งความผิดปกติ EPB ในช่วงเวลาพระอาทิตย์ตก อีกทั้ง การยับยั้งความผิดปกติ EPB เกิดขึ้นในช่วงเฟสฟื้นตัวมากกว่าในช่วงเฟสหลักของพายุแม่เหล็กโลก



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงรายวันของ (a) ดัชนี Dst (b) ROTI ของสถานี SGOC (c) ROTI ของสถานี IISC และ (d) ค่า $\sigma\Delta VTEC$ ของคู่สถานี IISC-SGOC ระหว่างวันที่ 15-22 มีนาคม 2558
ที่มา: Timoçin et al. (2020, p. 343)

รูปที่ 4(d) แสดงการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันของค่า $\sigma\Delta VTEC$ สำหรับดาวเทียมที่มองเห็นได้ทุกดวง ในระหว่างวันที่ 15-22 มีนาคม 2558 การเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันของค่า $\sigma\Delta VTEC$ จะแสดงพฤติกรรมที่คล้ายกับการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันของค่า ROTI ตามที่สังเกตเห็นได้ที่สถานี SGOC และ IISC แสดงให้เห็นว่า “มีความสัมพันธ์กันอย่างมากระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า VTEC gradient ตามแนวละติจูดกับการเกิดความผิดปกติในชั้นไอโอโนสเฟียร์ แอมพลิจูดของ $\sigma\Delta VTEC$ มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดตอน 13-19 UT (ช่วงเวลาหลังพระอาทิตย์ตก) ตอนที่เกิดพายุแม่เหล็กโลก พฤติกรรมของค่า ROTI และค่า $\sigma\Delta VTEC$ ตอนหลังพระอาทิตย์ตกแสดงแนวโน้มและทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันทั้ง 2 แห่ง จากรูปที่ 4(d) พบว่า แอมพลิจูดของ $\sigma\Delta VTEC$ ที่สังเกตตอนหลังพระอาทิตย์ตกในช่วงเฟสหลักของพายุนั้นจะมีค่าที่สูงกว่าค่าดังกล่าวในช่วงเวลาที่ไม่มีพายุ (เงียบ) การเพิ่มขึ้นของแอมพลิจูดของค่า $\sigma\Delta VTEC$ ที่สังเกตตอนหลังพระอาทิตย์ตกในช่วงเฟสหลักของพายุนั้นบ่งชี้ผลเชิงกระตุ้นการเกิดความผิดปกติชั้นไอโอโนสเฟียร์ อีกทั้ง แอมพลิจูดของ $\sigma\Delta VTEC$ ที่สังเกตได้ตอนหลังพระอาทิตย์ตกในช่วงเฟสฟื้นตัวของพายุ (วันที่ 18-19 มีนาคม 2558) นั้นก็มีค่าที่ต่ำที่สุด การลดลงของแอมพลิจูดของค่า $\sigma\Delta VTEC$ ที่สังเกตตอนหลังพระอาทิตย์ตกในช่วงเฟสฟื้นตัวของพายุนั้นบ่งชี้ผลเชิงยับยั้งการเกิดความผิดปกติชั้นไอโอโนสเฟียร์ กล่าวโดยสรุป “พายุแม่เหล็กโลกมีอิทธิพลอย่างมากต่อระดับแอมพลิจูดของ $\sigma\Delta VTEC$ โดยระดับแอมพลิจูดของ $\sigma\Delta VTEC$ มีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 17 มีนาคม 2558 (ในช่วงเฟสหลักของพายุ) ผลที่ได้รับเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า เฟสหลักของพายุตอนหลังพระอาทิตย์ตกส่งผลเชิงกระตุ้นให้เกิดปรากฏการณ์ EIA ขณะที่เฟสฟื้นตัวของพายุตอนหลังพระอาทิตย์ตกส่งผลเชิงยับยั้งให้เกิดปรากฏการณ์ EIA”



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงรายวันของค่า ROTI เฉลี่ยที่สถานี SGOC และ IISC ในเดือนมีนาคม 2558
ที่มา: Timoçin et al. (2020, p. 345)

การเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันของค่า ROTI เฉลี่ย ($ROTI_{ave}$) ที่สถานี SGOC และ IISC ในเดือนมีนาคม 2558 มีแสดงไว้ในรูปที่ 5(a) และ 2(b) ตามลำดับ จากรูป พบว่า ค่าของ $ROTI_{ave}$ ตอน 13-20 UT นั้นมีค่าที่สูงเกินกว่า 0.4 TECU.min⁻¹ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า “มีความผิดปกติพลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตรเกิดขึ้น” ขณะที่ ค่าของ $ROTI_{ave}$ ในช่วงเวลาอื่นมีค่าที่น้อยกว่า 0.4 TECU.min⁻¹ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า “ไม่มีความผิดปกติพลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตรเกิดขึ้น” นอกจากนี้ ค่าความน่าจะเป็นการเกิดขึ้นของความผิดปกติพลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตรเหนือสถานี SGOC และ IISC ในเดือนมีนาคม 2558 ก็ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6(a) และ 3(b) จากรูป พบว่า ความผิดปกติพลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตรที่ทั้ง 2 แห่ง จะเกิดขึ้นตอน 13-20 UT เท่านั้น ค่าความน่าจะเป็นการเกิดขึ้นของความผิดปกติพลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตรที่สถานี SGOC มีค่าสูงสุด 43.5% ที่เวลา 16 UT และมีค่าต่ำสุด 1.6% ที่เวลา 19 UT ส่วนที่สถานี IISC เราพบว่าค่าดังกล่าวมีค่าสูงสุด 45.1% ที่เวลา 17 UT และมีค่าต่ำสุด 1.6% ที่เวลา 13 UT และ 20 UT อีกทั้ง เราไม่พบความผิดปกติพลาสมาบับเบิลที่เวลาอื่น ๆ ของ 2 สถานีนี้เลย ผลที่ได้รับเหล่านี้บ่งบอกว่า “ความผิดปกติพลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตรอาจจะถูกทำให้เกิดขึ้นเป็นปกติหลังพระอาทิตย์ตก เนื่องจากการก่อตัวของกระบวนการ RTI ทางด้านล่างของชั้น F แถบเส้นศูนย์สูตร” งานวิจัยก่อนหน้านี้จำนวนมากได้ศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของ EIA (Equatorial ionization anomaly) และ ESF (Equatorial spread-F) ที่มีต่อการเกิดความผิดปกติพลาสมาบับเบิลที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรในช่วงเวลาหลังพระอาทิตย์ตก โดย EIA ถูกทำให้เกิดขึ้นโดยส่วนใหญ่เนื่องจากการยกตัวสูงขึ้นของพลาสมาบริเวณรอบ ๆ เส้นศูนย์สูตรด้วยปรากฏการณ์ ExB drift จึงนำไปสู่การเกิดร่อง (Trough) และยอด (Crests) รอบ ๆ ละติจูดแม่เหล็กโลก $\sim \pm 15^\circ$ โดย EIA มีปริมาณ TEC และค่าเกรเดียนต์สูงที่สุดในทั้ง 2 ด้านของดิปอีควาเตอร์ ($\sim \pm 15^\circ$) ทำให้ความผิดปกติชั้นไอโอโนสเฟียร์ก็จะเห็นได้ชัดมากที่สุดที่บริเวณ EIA ดังกล่าวนี้ โดยความรุนแรงของ EIA ที่ตอนพระอาทิตย์ตกมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงผลักของ Eastward PPEF ในช่วงที่เกิดพายุแม่เหล็กโลก ซึ่งมันทำให้เกิดการก่อตัวของความผิดปกติในชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่รุนแรงตอนพระอาทิตย์ตกในชั้นไอโอโนสเฟียร์แถบเส้นศูนย์สูตร อีกทั้ง EIA ตอนพระอาทิตย์ตกก่อให้เกิดเกรเดียนต์ความหนาแน่นพลาสมาที่มีค่าสูงตั้งแต่บริเวณร่องไปจนถึงบริเวณยอด โดยเกรเดียนต์ความหนาแน่นพลาสมาที่สูงนี้เป็นต้นเหตุที่นำไปสู่การเกิดการกระจายตัวความผิดปกติชั้นไอโอโนสเฟียร์ในแนวเหนือ-ใต้ ระดับแอมพลิจูดของ $\sigma\Delta VTEC$ ที่เพิ่มขึ้นหลังพระอาทิตย์ตกบ่งบอกว่า “EIA ตอนพระอาทิตย์ตกมีส่วนอย่างมากที่ทำให้เกิดพลาสมาบับเบิลบริเวณเส้นศูนย์สูตร”

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ก็ได้ศึกษาผลของพายุแม่เหล็กโลกอีกหนึ่งลูกที่เกิดระหว่างวันที่ 6-11 กันยายน 2560 โดยเราพบค่า Dst ที่ต่ำสุดมี 2 ค่า เท่ากับ -142 nT (ที่เวลา 02 UT) และ -122 nT (ที่เวลา 15 UT) ในวันที่ 8 กันยายน 2560 ที่เกิดขึ้นกับพายุลูกนี้ จึงทำให้พายุลูกนี้มีคุณลักษณะพิเศษที่น่าสนใจการเปลี่ยนแปลงชั้นบรรยากาศ กล่าวคือ มี 2 เฟสหลักและมี 2 เฟสพื้นตัว โดยได้ทำการศึกษาค่า $ROTI_{ave}$ ที่เกิดขึ้นที่ 3 สถานี (SGOC, IISC และ HYDE) รวมถึงค่า $\sigma\Delta VTEC$ ที่เกิดขึ้นกับคู่สถานี IISC-SGOC และ HYDE-IISC จากการศึกษา พบว่า ผลการทดลองของพายุลูกพิเศษนี้จะสอดคล้องกับผลการทดลองที่เกิดขึ้นในช่วงพายุเซนต์แพทริก แต่ผลที่น่าสนใจมากที่สุดก็คือ ระดับแอมพลิจูดของ $\sigma\Delta VTEC$ ที่เพิ่มขึ้นของคู่สถานี HYDE-IISC จะสูงกว่าค่าดังกล่าวของคู่สถานี IISC-SGOC อีกทั้ง ระดับแอมพลิจูดของ $\sigma\Delta VTEC$ ที่เพิ่มขึ้นของคู่สถานี IISC-SGOC จะสังเกตเห็นได้

ชัดเจนในช่วงเวลา 14-18 UT ขณะที่ ระดับแอมพลิจูดของ $\sigma\Delta VTEC$ ที่เพิ่มขึ้นของคู่สถานี HYDE-IISC จะสังเกตเห็นได้ตั้งแต่ก่อนพระอาทิตย์ขึ้นไปจนถึงพระอาทิตย์ตก (Dawn-dusk) ระดับแอมพลิจูดของ $\sigma\Delta VTEC$ หลังจากพระอาทิตย์ตกนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดตอนที่เกิดพายุแม่เหล็กโลก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า “พายุแม่เหล็กโลกที่เกิดตอนหลังพระอาทิตย์ตกนั้นจะส่งผลเชิงกระตุ้นให้เกิด EIA หลังจากนั้น EIA ก็ทำให้เกิดเกรเดียนต์ความหนาแน่นพลาสมาที่สูงระหว่างร่องกับยอดของ EIA แล้วเกรเดียนต์ความหนาแน่นพลาสมาที่สูงนี้ก็จะส่งผลให้เกิดความผิดปกติชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่กระจายตัวจากทางทิศเหนือ-ทิศใต้”

รูปที่ 6 แสดงค่าความน่าจะเป็นของการเกิดพลาสมาบับเบิลที่สถานี SGOC, IISC และ HYDE ที่เกิดขึ้นในช่วงของวันที่ต่างกันของเดือนกันยายน 2560 อย่างไรก็ตาม เราจะพบว่า ความผิดปกติ EPBs ที่เกิดขึ้นทั้ง 3 แห่งจะเกิดขึ้นตอน 14-18 UT โดยค่าความน่าจะเป็นของ EPBs มีค่ามากที่สุดตอน 16 UT และมีค่าต่ำที่สุดตอน 18 UT และก็ไม่พบความผิดปกติ EPBs ที่เวลาอื่น ๆ ของ 3 สถานีนี้เลย ผลที่ได้รับนี้บ่งบอกว่า “ความผิดปกติ EPBs อาจจะถูกทำให้เกิดขึ้นเป็นปกติหลังพระอาทิตย์ตกเนื่องจากการก่อตัวของกระบวนการ RTI ทางด้านล่างของชั้น F แถบเส้นศูนย์สูตร” โดยภาพรวมของงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์ความผิดปกติ EPBs ระหว่างการเกิดพายุแม่เหล็กโลกในเดือนมีนาคม 2558 และเดือนกันยายน 2560 โดยอาศัยค่า TEC ที่ได้จากเครื่องรับ GNSS จำนวน 3 สถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณร่องและยอดของ EIA ($\sim \pm 20^\circ$) ผลการศึกษาสามารถสรุปประเด็นใหม่ที่น่าสนใจและมีประโยชน์ต่อการระบุพิสัยแบบ RTK ดังนี้

a) ความผิดปกติ EPBs พบได้ในช่วงเวลาหลังพระอาทิตย์ตกในฤดูอิควินอกซ์ทั้ง 3 สถานี ความผิดปกติ EPB สำหรับสถานีตรวจจับทั้งหมดนั้นถูกสังเกตพบได้ตั้งแต่เวลา 13-20 UT หรือ 18-01 UT (ซึ่งเป็นช่วงเวลาหลังพระอาทิตย์ตกไปจนถึงหลังเที่ยงคืน) ในช่วงฤดูอิควินอกซ์ ระดับความเข้มของ ROTI ในช่วงเวลาหลังพระอาทิตย์ตกนั้นมีค่ามากกว่า 1 TECU.min^{-1} ค่า ROTI เฉลี่ย (ROTI_{ave}) ระหว่างช่วงเวลา 13-20 UT นั้นมีค่าสูงกว่า $0.4 \text{ TECU.min}^{-1}$ ขณะที่ ค่า ROTI_{ave} ที่เวลาอื่นมีค่าที่น้อยกว่า $0.4 \text{ TECU.min}^{-1}$

b) อัตราการเกิดขึ้นของความผิดปกติ EPBs เหนือทุกสถานีเพิ่มขึ้นเมื่อกิจกรรมแม่เหล็กโลกมีค่าเพิ่มขึ้น

c) ผลกระทบเชิงกระตุ้น (Enhancement) ของพายุก่อให้เกิดความผิดปกติ EPBs ตอนหลังพระอาทิตย์ตกถูกพบได้ในช่วงเฟสหลักของพายุแม่เหล็กโลก

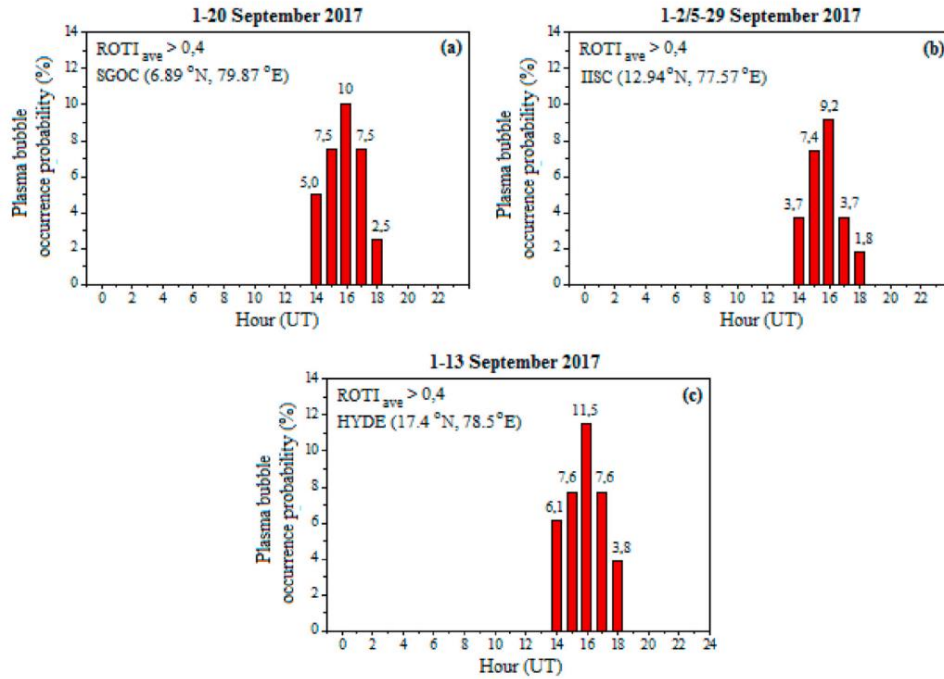
d) ผลกระทบเชิงยับยั้ง (Suppression) ของพายุที่มีต่อ (ก่อให้เกิด) ความผิดปกติ EPBs ตอนหลังพระอาทิตย์ตกถูกพบได้ในช่วงเฟสพื้นตัวของพายุแม่เหล็กโลก

e) ความไม่สมมาตรระหว่าง 2 ฤดูอิควินอกซ์ในแต่ละปีสามารถที่จะสังเกตพบได้ กล่าวคือ อัตราการเกิด EPBs ของทั้ง 2 ฤดูอิควินอกซ์นั้นไม่เท่ากัน

f) อัตราการเกิดขึ้นของความผิดปกติ EPB ใน March equinox มีค่าที่มากกว่าค่าดังกล่าวใน September equinox มาก โดยค่าความน่าจะเป็นการเกิดขึ้นของ EPB ใน March equinox มีค่าสูงสุด 45.1% ที่เวลา 17 UT ขณะที่ค่าดังกล่าวใน September equinox มีค่าสูงสุด 11.5% ที่เวลา 16 UT

g) การเพิ่มขึ้นและการลดลงของค่า VTEC gradients ตามแนวละติจูดแสดงพฤติกรรม (แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง) ที่คล้ายกับการเกิดขึ้นของความผิดปกติ EPBs

h) ค่า VTEC gradients ตามแนวละติจูดมีค่าเพิ่มขึ้นตามแนวลองจิจูดไปยัง EIA crest (ละติจูดแม่เหล็กโลก ($\sim 15^\circ$)) ดังนั้น ผลของ EIA ที่มีต่อการเกิดความผิดปกติ EPBs ก็จะทำให้สถานี HYDE ที่อยู่ใกล้กับ EIA crest จะมีจำนวนของ PBs ที่สูงกว่าสถานี SGOC และสถานี IISC

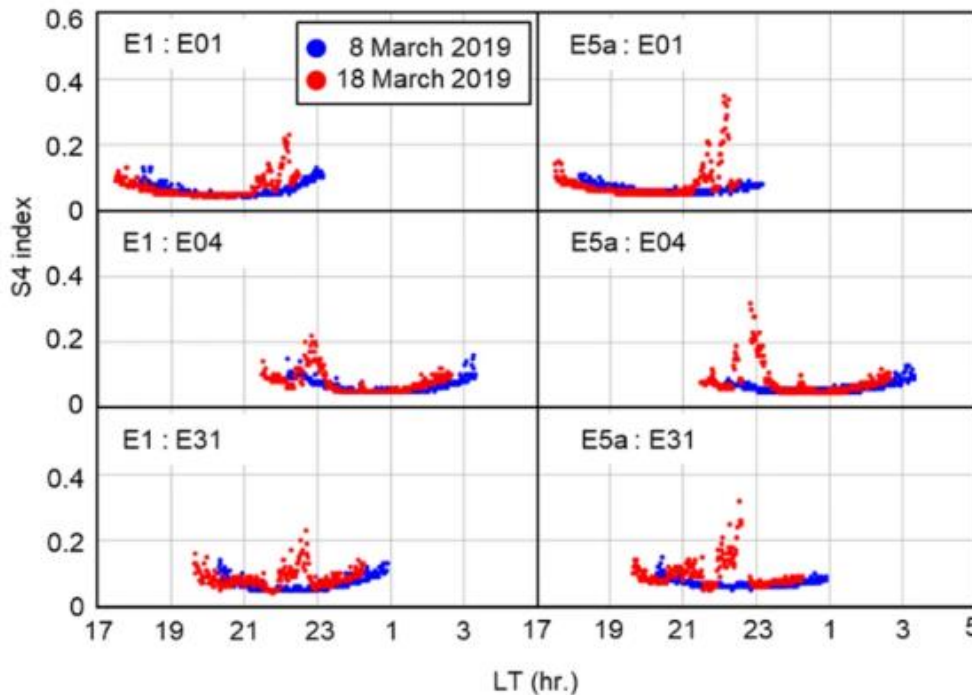


รูปที่ 6 ค่าความน่าจะเป็นของการเกิด EPBs ที่สถานี SGOC, IISC และ HYDE ในเดือนกันยายน 2560
 ที่มา: Timoçin et al. (2020, p. 349)

4.2 ผลการตรวจจับ EPB โดยใช้ค่า S4 index

ซินทิลเลชันแอมพลิจูดหรือค่า S4 index ได้ถูกนำมาศึกษาร่วมกับค่ากำลังของ Backscatter echo ที่รับได้จากเรดาร์ EAR เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดซินทิลเลชันกับการเกิด EPBs ในบริเวณละติจูดต่ำ โดยค่าข้อมูล S4 index นั้นได้รับมาจากเครื่องรับ MC/MF GNSS scintillation receiver (รุ่น Septentrio PolarRxS) ที่สถานีโกโตตะบัง ประเทศอินโดนีเซีย (ตำแหน่งภูมิศาสตร์ 0.20°S, 100.32°E) โดยเราใช้สัญญาณ L1 (ย่านความถี่ 1,575.42 MHz) กับ L5 (ย่านความถี่ 1,176.45 MHz) ของดาวเทียม GPS และสัญญาณ E1 (ย่านความถี่ L1) กับ E5a (ย่านความถี่ L5) ของดาวเทียม Galileo ค่าคัทออฟมมของดาวเทียมมีค่าเท่ากับ 30 องศาเพื่อที่จะหลีกเลี่ยงผลกระทบมลติพาส ค่า S4 index ได้ถูกประมาณค่าที่เครื่องรับ GNSS ที่ทุกๆ ช่วงเวลา 60 วินาที และเรดาร์ EAR ก็ติดตั้งและใช้งานที่บริเวณเดียวกับเครื่องรับ GNSS เช่นกัน โดยเครื่องมือวัด EAR นี้เป็นเรดาร์ที่ใช้หลักการดอปเปลอร์และใช้สายอากาศแบบเฟสอาร์เรย์ (Phased-array pulsed Doppler radar) ที่ทำงานที่ความถี่ 47.0 MHz รายละเอียดเพิ่มเติมของเรดาร์ EAR สามารถศึกษาได้ใน Fukao et al. (2003, pp. 2-8)

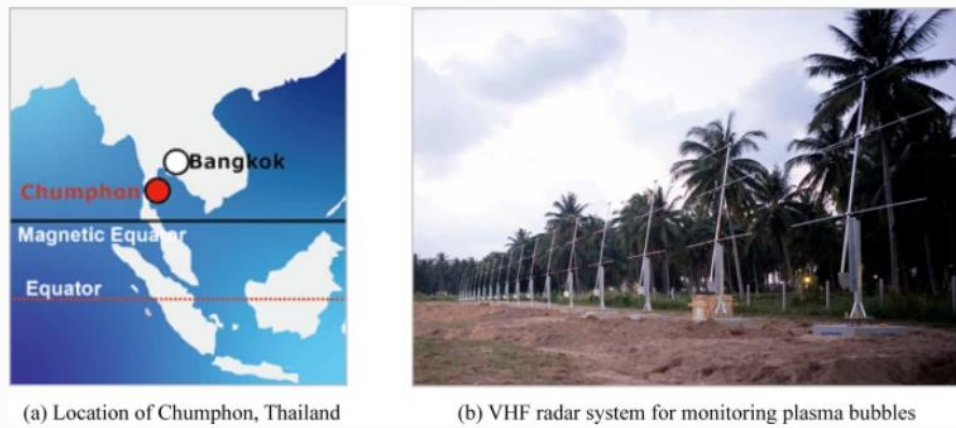
รูปที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบของค่า S4 index ที่เกิดขึ้นที่สถานีโกโตตะบังช่วงวันที่เกิดพายุแม่เหล็กโลก (Disturbed day) ในวันที่ 18 มีนาคม 2562 (สีแดง) และวันที่ไม่มีพายุในวันที่ 8 มีนาคม 2562 (สีน้ำเงิน) ที่เกิดขึ้นกับสัญญาณ E1 และ E5a ของดาวเทียม E01 (รูปบน), ดาวเทียม E04 (รูปกลาง) และดาวเทียม E31 (รูปล่าง) จะเห็นได้ชัดว่า ซินทิลเลชันมักจะเกิดขึ้นบ่อยในวันที่เกิดพายุแม่เหล็กโลกและ EPB มีผลต่อซินทิลเลชันชั้นไอโอโนสเฟียร์อย่างมาก โดยค่า S4 index ที่เกิดขึ้นกับสัญญาณ L5/E5a signal จะเกิดซินทิลเลชันที่มากกว่าค่า S4 index ที่เกิดขึ้นกับสัญญาณ L1/E1 นอกจากนี้ เรายังพบคอร์รีเลชันที่สูงระหว่าง EAR Backscatter echoes กับค่า S4 index ของทั้งสัญญาณ L1/E1 และ L5/E5a ที่ความสูงระหว่าง 250-350 km ซึ่งชี้ให้เห็นว่า EPB เกิดขึ้นที่ชั้นไอโอโนสเฟียร์ด้านล่าง



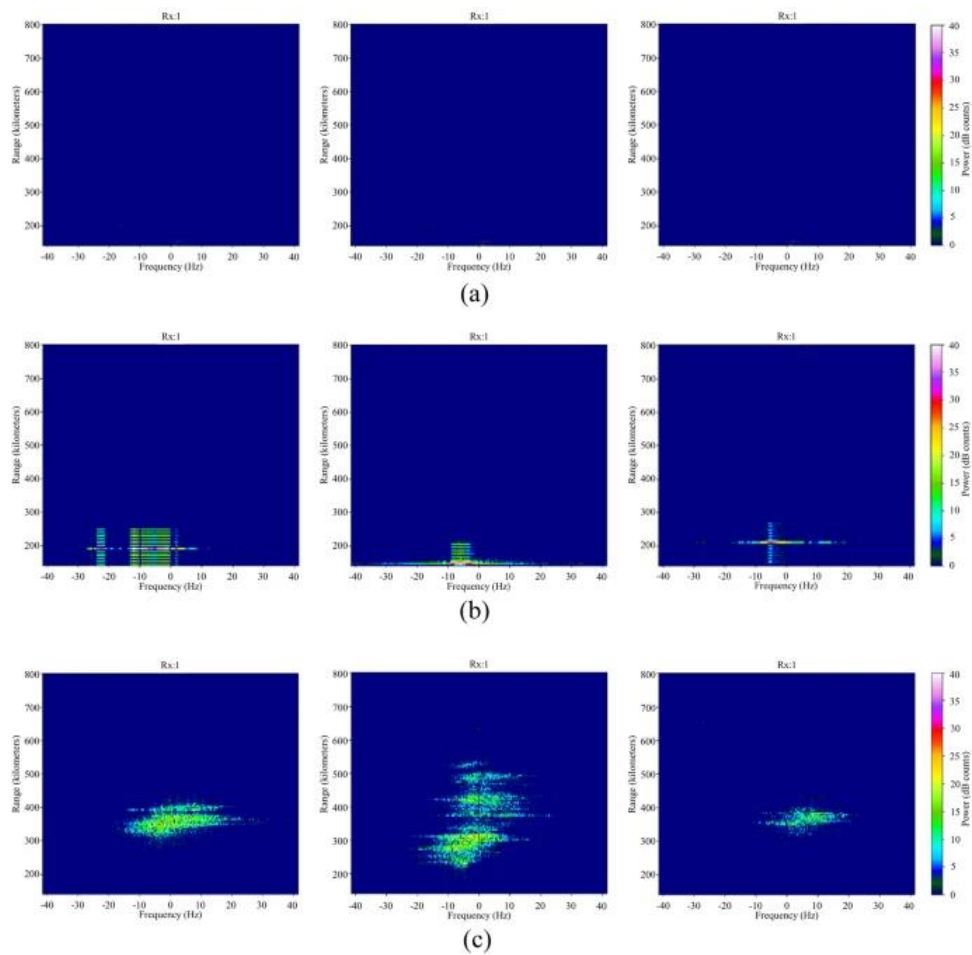
รูปที่ 7 ผลเปรียบเทียบค่า S4 index ที่เกิดขึ้นที่สถานีโกโตะบังช่วงวันที่เกิดพายุแม่เหล็กโลกในวันที่ 18 มีนาคม 2562 – สีแดง และวันที่ไม่มีพายุในวันที่ 8 มีนาคม 2562 – สีน้ำเงิน
ที่มา: Bumrungrkit et al. (2022, p. 7)

4.3 ผลการตรวจจับ EPB โดยใช้ Machine learning

เพื่อที่จะศึกษาเชิงวิเคราะห์ถึง EPB ที่เกิดขึ้นใกล้กับเส้นศูนย์สูตรแม่เหล็กโลก สถาบัน NICT ร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMITL) ได้ร่วมมือกันจัดตั้งสถานีพระจอมเกล้าวิทยุเอพเฟรตารี่ขึ้นที่ KMITL วิทยาเขตชุมพรฯ (ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์: 10.72°N , 99.73°E) ในประเทศไทย โดยสถานี VHF radar นี้ทำหน้าที่เฝ้าสังเกตการณ์หรือตรวจจับ EPBs ในชั้นไอโอโนสเฟียร์ รูปที่ 8 แสดงสายอากาศยาคิ (Yagi antenna) จำนวน 18 ต้นที่วางตัวในแนวเส้นตรงจากตะวันตกไปยังตะวันออกด้วยระยะห่างของสายอากาศโดยประมาณเท่ากับ 5 เมตร โดยระบบเรดาร์จะรับส่งสัญญาณที่มีความถี่ 39.65 MHz มีภาพเรดาร์ 2 ประเภทที่สถานี VHF radar เก็บบันทึกไว้ได้คือ ไฟล์ภาพแบบ Quick look (QL) และ Range–altitude–time intensity (RATI) รูปที่ 9 แสดงไฟล์ภาพ QL ที่บันทึกได้ โดย (a) ภาพที่ไม่เกิด EPB (b) ภาพที่ไม่แน่ใจ (ไม่สามารถที่จะระบุว่าเป็น EPB หรืออาจจะเกิดจากความผิดพลาดของระบบ) และ (c) ภาพที่เกิด EPB ในที่นี้ แกน x แทนค่าความถี่ต่อเพลอร์ (Hz) และแกน y แทนระยะความสูง (km) โดยภาพที่นำมาใช้ในการทดสอบมีทั้งหมด 1,000 ภาพ ประกอบไปด้วย ภาพที่ไม่เกิด EPB จำนวน 350 ภาพ, ภาพที่ไม่แน่ใจ จำนวน 350 ภาพ และ ภาพที่เกิด EPB จำนวน 300 ภาพ ทั้งนี้ภาพต้นฉบับจะถูกตัดที่มีขนาดเป็น $360 \times 360 \times 3$ พิกเซล และมีการนำเสนอ 3 วิธีในการเปรียบเทียบความถูกต้องในการจำแนก EPB ได้แก่ วิธี SVM, วิธี SVD-SVM และวิธี CNN-SVM ผลจากการศึกษาพบว่า วิธี CNN-SVM จะให้ความแม่นยำในการทำนายผลการตรวจจับ EPB ที่ดีกว่าวิธี SVD-SVM และ SVM โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิธี CNN-SVM ที่ใช้เคอร์เนลแบบ RBF สามารถที่จะให้ความแม่นยำได้สูงที่สุดเท่ากับ 93.08% ขณะที่ วิธี CNN-SVM ที่ใช้เคอร์เนลแบบ Polynomial สามารถที่จะให้ความแม่นยำได้สูงที่สุดเท่ากับ 92.14% เท่านั้น ในทางตรงข้าม วิธี SVD-SVM ให้ความแม่นยำในการตรวจจับเพียง 88.37% แต่ใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยที่สุด ดังนั้น วิธีที่นำเสนอของ Thanakulketsarat et al. (2023, p. 14) นี้สามารถที่จะนำไปใช้ในการตรวจจับและจำแนกการเกิด EPBs ได้แบบเรียลไทม์ ซึ่งมีความสำคัญต่อภารกิจทางด้านสภาพอากาศในอวกาศ (Space weather)



รูปที่ 8 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของสถานีพระจอมเกล้าวិไลโอฬารเรดาร์และสายอากาศยักจำนวน 18 ต้น
ที่มา: Thanakulketsarat et al. (2023, p. 6)



รูปที่ 9 ภาพ QL (a) ภาพที่ไม่เกิด EPB (b) ภาพที่ไม่แน่ใจ และ (c) ภาพที่เกิด EPB
ที่มา: Thanakulketsarat et al. (2023, p. 7)

บทสรุป แนวโน้มการพัฒนาต่อไป

พลาสมาบับเปิดแถบเส้นศูนย์สูตร (Equatorial plasma bubbles หรือ EPBs) เป็นบริเวณความหนาแน่นพลาสมาที่หายไป ในชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่เกิดขึ้นในช่วงหลังพระอาทิตย์ตก ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับการจางหายไปและคืนกลับของสัญญาณวิทยุ ที่ส่งข้ามชั้นไอโอโนสเฟียร์ รวมทั้งคืนกลับที่รุนแรงมีผลกระทบต่อสมรรถนะของเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่อาศัยระบบ GNSS ดังนั้น การศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะ (โครงสร้าง) ตัวบ่งชี้และวิธีการตรวจจับ EPB ด้วยวิธีต่าง ๆ ที่นำเสนอในบทความปริทัศน์ ฉบับนี้จึงเป็นแนวทางที่สำคัญสำหรับนักศึกษาและนักวิจัยที่จะนำต่อยอด ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการนำทางอัตโนมัติสำหรับรถยนต์ ไร้คนขับ โดรน และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่อาศัย GNSS ในอนาคต หัวข้องานวิจัยที่สามารถต่อยอดและพัฒนาต่อไป ได้แก่ การจัดทำ เว็บแอปพลิเคชันเพื่อแสดงการปรากฏ/ไม่ปรากฏ EPBs หลังจากการตรวจจับ EPBs และการวิเคราะห์โครงสร้าง และทิศทางการเคลื่อนที่ของ EPB ด้วยปัญญาประดิษฐ์ หลังจากที่ได้ทำการตรวจจับ EPB โดยใช้ CNN-SVM แล้ว

เอกสารอ้างอิง

- Bumrungrkit, A., Supnithi, P., Saito, S., & Myint, L. M. M. (2022). A study of equatorial plasma bubble structure using VHF radar and GNSS scintillations over the low-latitude regions. *GPS Solution*, 26(148), 1-15.
- Dwivedi, R. (2020). 5 Common architectures in Convolution Neural Networks (CNN). Retrieved from <https://www.analyticssteps.com/blogs/common-architectures-convolution-neural-networks>
- Fukao, S., Hashiguchi, H., Yamamoto, M., Tsuda, T., Nakamura, T., Yamamoto, M. K., Sato, T., Hagio, M., & Yabugaki, Y. (2003). Equatorial Atmosphere Radar (EAR): System description and first results. *Radio Science*, 38(3), 1-17.
- Lecun, Y., Matan, O., Boser, B., Denker, J. S., Henderson, D., Howard, R. E., Hubbard, W., Jacket, L.D., & Baird, H. S. (1990, June). Handwritten zip code recognition with multilayer networks. In *Proceedings. 10th International Conference on Pattern Recognition* (Vol. 2, pp. 35-40). IEEE.
- Lecun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. In *Proceedings of the IEEE* (pp. 2278-2324). IEEE.
- Li, G., Ning, B., Abdu, M. A., Otsuka, Y., Yokoyama, T., Yamamoto, M., & Liu, L. (2013). Longitudinal characteristics of spread F backscatter plumes observed with the EAR and Sanya VHF radar in Southeast Asia. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 118(10), 6544-6557.
- Li, G., Ning, B., Otsuka, Y., Abdu, M. A., Abadi, P., Liu, Z., Spogli, L., & Wan, W. (2021). Challenges to equatorial plasma bubble and ionospheric scintillation short-term forecasting and future aspects in east and southeast Asia. *Surveys in Geophysics*, 42, 201-238.
- Liu, K., Li, G., & Ning, B. (2019). Possible evidence for small-scale wave seeding of equatorial plasma bubbles. *Advances in Space Research*, 63(11), 3612-3620.
- Otsuka, Y., Shiokawa, K., Ogawa, T., & Wilkinson, P. (2002). Geomagnetic conjugate observations of equatorial airglow depletions. *Geophysical Research Letters*, 29(15), 1-4.
- Pi, X., Mannucci, A. J., Lindqwister, U. J., & Ho, C. M. (1997). Monitoring of global ionospheric irregularities using the worldwide GPS network. *Geophysical Research Letters*, 24(18), 2283-2286.
- Smith, J., & Heelis, R. A. (2017). Equatorial plasma bubbles: Variations of occurrence and spatial scale in Local time, longitude, season, and solar activity. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 122(5), 5743-5755.
- Thanakulketsarat, T., Supnithi, P., Myint, L. M. M., Hozumi, K., & Nishioka, M. (2023). Classification of the equatorial plasma bubbles using convolutional neural network and support vector machine techniques. *Earth, Planets and Space*, 75(161), 1-15.

- Timoçin, E., Inyurt, S., Temuçin, H., Ansari, K., Jamjareegulgarn, P. (2020). Investigation of equatorial plasma bubble irregularities under different geomagnetic conditions during the equinoxes and the occurrence of plasma bubble suppression. *Acta Astronautica*, 177, 341-350.
- Tsunoda, R. T. (1981). Time evolution and dynamics of equatorial backscatter plumes 1. Growth phase. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 86(A1), 139-149.
- Vankadara, R. K., Jamjareegulgarn, P., Seemala, G. K., Siddiqui, M. I. H., & Panda, S. K. (2023). Trailing Equatorial Plasma Bubble Occurrences at a Low-Latitude Location through Multi-GNSS Slant TEC Depletions during the Strong Geomagnetic Storms in the Ascending Phase of the 25th Solar Cycle. *Remote Sensing*, 15(20), 1-25.
- Vapnik, V. N., & Lerner, A. (1963). Pattern recognition using generalized portrait method. *Automation and Remote Control*, 24(6), 774-780.

Book review

การออกแบบบทเรียน e-Learning เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง

DESIGNING ON E-LEARNING LESSONS FOR DEVELOPING IN HIGHER-ORDER
THINKING SKILLS

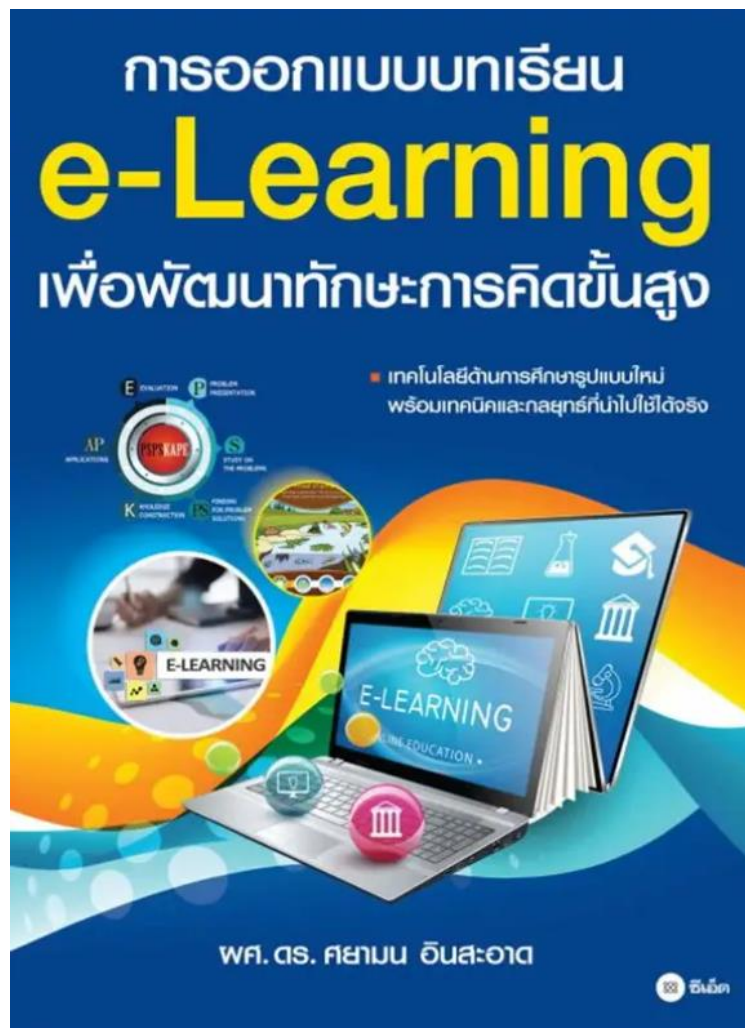
ผู้เขียน : ผศ.ดร.ศยามน อินสะอาด
วิจารณ์โดย นรเศรษฐ์ วิชัยพาณิชย์
Noraset Wichaipanich

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
จังหวัดปทุมธานี 12110 ประเทศไทย

Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12110 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23102>

Received: April 26, 2024 | Revised: April 27, 2024 | Accepted: April 27, 2024



รูปที่ 1 ปกหนังสือการออกแบบบทเรียน e-Learning เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง

“อีเลิร์นนิ่ง จึงไม่มีวันหยุดนิ่ง” วลีหนึ่งในหนังสือเล่มนี้ เป็นคำที่ใช้ได้อย่างเหมาะสมกับการเรียนการสอนในยุคแห่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่บุคคลใด ๆ ก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นผู้เรียนหรือผู้สอนทุกคนสามารถเข้าถึงเนื้อหาการเรียนการสอนหรือความรู้ต่าง ๆ ได้จากทุกหนทุกแห่งโดยอาศัยสื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้ที่ถูกเรียกว่า “อีเลิร์นนิ่ง” การเข้าถึงการเรียนการสอนในรูปแบบอีเลิร์นนิ่งของทุกคนสามารถเข้าถึงได้ทั้งรูปแบบออนไลน์และรูปแบบออฟไลน์ รูปแบบออนไลน์สามารถเข้าถึงการถ่ายทอดเนื้อหาของการเรียนการสอนโดยอาศัยเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ส่วนรูปแบบออฟไลน์สามารถเข้าถึงสื่อการเรียนการสอนได้ผ่านการใช้ซีดีรอม หรือเป็นรูปแบบการเรียนทางไกลผ่านดาวเทียม จะเห็นได้ว่า อีเลิร์นนิ่งทำให้ผู้เรียนและผู้สอนไม่จำเป็นต้องไปยังสถานศึกษาด้วยตนเอง จึงสอดคล้องกับสถานการณ์การระบาดของไวรัสโคโรนา หรือโควิด19 (COVID19) ที่ทุก ๆ คนต้องรักษาระยะห่าง ส่งผลให้มีการทำงานจากบ้าน (Work from home) รวมถึงรูปแบบการเรียนการสอนระหว่างนักเรียนนักศึกษา กับครู-อาจารย์ผู้สอนเปลี่ยนไปเป็นการใช้รูปแบบของอีเลิร์นนิ่งเข้ามาช่วยในการเรียนการสอนในยุคปัจจุบันมากยิ่งขึ้น แม้ว่าหนังสือเล่มนี้ถูกจัดพิมพ์ขึ้นในปี พ.ศ. 2561 ซึ่งไวรัสโควิด19 ยังไม่เกิด แต่เป็นหนังสือที่เขียนได้เข้ากับเหตุการณ์การแพร่ระบาดได้เป็นอย่างดี ทำให้ผู้สอนสามารถพัฒนาสื่อการเรียนการสอนและผู้เรียนเกิดความสนใจจนสามารถนำไปสู่การพัฒนาทักษะทางความคิดขั้นสูงตามความเหมาะสมกับวิวัฒนาการของเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้นกับการเรียนการสอนในปัจจุบัน อีกทั้งในหนังสือเล่มนี้ผู้เขียนนำเสนอกลยุทธ์การสอนต่าง ๆ รวมถึงการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้และตัวอย่างการออกแบบสื่ออีเลิร์นนิ่งเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่งให้แก่ผู้สอนได้นำไปพัฒนาปรับปรุงออกแบบสื่อการเรียนการสอนตามหลักขั้นตอนการสอนที่ถูกต้องเพื่อนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ผู้เขียนได้นำเสนอทิศทางและแนวโน้มในการพัฒนาสื่อบทเรียนอีเลิร์นนิ่งในอนาคตไว้ด้วย

หนังสือเล่มนี้มีทั้งหมด 272 หน้า ประกอบด้วย 12 บท ซึ่งแต่ละบทนำเสนอ “หลักการ การออกแบบ การพัฒนาบทเรียนสื่ออีเลิร์นนิ่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง” ที่สำคัญ โดยใช้กลยุทธ์การสอนต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้และความคิดทางปัญญาอย่างลึกซึ้ง เป็นการกระตุ้นทักษะการเรียนรู้ให้แก่เรียนนักศึกษาทุกระดับชั้น อีกทั้งยังช่วยพัฒนาผู้สอนให้สามารถออกแบบสื่อการเรียนการสอนรูปแบบอีเลิร์นนิ่งให้ทันสมัยและมีประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 สำหรับเนื้อหาต่าง ๆ ในหนังสือเล่มนี้ผู้วิจารณ์จะขอล่าว่าเป็นบท ๆ ดังนี้

บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอีเลิร์นนิ่ง

ผู้เขียนนำเสนอความเป็นมาของการเรียนการสอนอีเลิร์นนิ่งที่เกิดจากการพัฒนาแนวคิดของเทคโนโลยีการศึกษาแห่งชาติ กระทรวงศึกษาธิการของประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ยังนำเสนอความหมายของอีเลิร์นนิ่ง โดยสรุปว่า เป็นสื่อการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในรูปแบบออนไลน์บนเครือข่ายและออฟไลน์ที่ไม่ได้เชื่อมต่อเครือข่าย เป็นสื่อหรือตัวกลางที่ถ่ายทอดองค์ความรู้ไปสู่ผู้เรียนเพื่อเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมี 4 คุณลักษณะของอีเลิร์นนิ่งประกอบด้วย 1) ทุกสถานที่ ทุกเวลา ที่ผู้สอน-ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ตลอดเวลา 2) มัลติมีเดีย นำเสนอเนื้อหาในรูปแบบสื่อประสม ภาพและเสียง 3) เนื้อหาไม่เป็นเส้นตรง นำเสนอการเข้าถึงเนื้อหาได้ตามความสามารถของผู้เรียน และ 4) การมีปฏิสัมพันธ์ คือการมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียน หรือระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน สำหรับองค์ประกอบ มี 4 องค์ประกอบ คือ เนื้อหา ระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ โหมดการติดต่อสื่อสาร และการมีปฏิสัมพันธ์ จากนั้นผู้เขียนนำเสนอประเภท และรูปแบบของอีเลิร์นนิ่ง รวมถึงการนำอีเลิร์นนิ่งไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เช่น การจัดการเรียนการสอนแบบ Massive open online course (MOOCs) คือ หลักสูตรการเรียนการสอนแบบออนไลน์แบบเปิดเสรีที่บุคคลทั่วไปสามารถสมัครเข้าเรียนได้ไม่จำกัดจำนวนโดยใช้อีเลิร์นนิ่งเป็นสื่อหลัก เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้นผู้เขียนนำเสนอประโยชน์ของอีเลิร์นนิ่ง และการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง โดยแบ่งการคิดออกเป็นประเภทต่าง ๆ ประกอบด้วย การคิดวิเคราะห์ การคิดวิพากษ์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงเหตุผล และการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เขียนได้ให้ความเห็นว่าการคิดขั้นสูงด้านต่าง ๆ เหล่านี้ ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ชัดเจนควรพัฒนาไปพร้อม ๆ กันโดยอาศัยการใช้โปรแกรมสื่อการสอนและการสอดแทรกความคิดผ่านเนื้อหาตามหลักสูตรเพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการคิด

บทที่ 2 บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง

เนื้อหาในบทที่ 2 ผู้เขียนอธิบายเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ได้แก่องค์ประกอบบทเรียน ประเภทของบทเรียน ประเภทของเนื้อหา และมาตรฐานอีเลิร์นนิ่ง

องค์ประกอบบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง แบ่งเป็น 5 องค์ประกอบหลัก ๆ ได้แก่

- **ผู้เรียน** ผู้เขียนนำเสนอการออกแบบและพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่งควรเริ่มจากการวิเคราะห์ผู้เรียนเป็นอันดับแรก
 - **โครงสร้างหลักสูตร** ผู้เขียนแนะนำวิธีการจัดระบบโครงสร้างหลักสูตรและโครงสร้างบทเรียน ควรแบ่งเนื้อหาเป็นหน่วย และสร้างให้ง่ายต่อการเรียนรู้ ไม่สร้างเนื้อหาเกิน 10 หน้า และมีกิจกรรมที่ทำร่วมกัน 3 หน้าต่อ 1 บทเรียน โดยนำภาพกราฟิกเข้ามาช่วยในเนื้อหาที่สำคัญ ๆ
 - **การออกแบบหน้าบทเรียน** การออกแบบหน้าบทเรียนได้ดีส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นอย่างยิ่ง ผู้เขียนได้ให้ข้อแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบหน้าบทเรียนไว้เป็นอย่างดีโดยเน้นให้ทำความเข้าใจได้ง่าย ดูสบายตา เกิดการเรียนรู้ได้เร็ว
 - **การมีส่วนร่วมกับเนื้อหา** โดยเน้นการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียนให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ
 - **ความสามารถในการใช้งาน** เป็นการตรวจสอบการทำงานของบทเรียนอีเลิร์นนิ่งว่าทำงานถูกต้องหรือไม่ เนื้อหา มีข้อผิดพลาดหรือไม่ ภาพกราฟิกและภาพเคลื่อนไหวต่าง ๆ ทำงานถูกต้องหรือไม่ เป็นต้น
- ประเภทของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง** ผู้เขียนอธิบายประเภทตามระดับการมีปฏิสัมพันธ์โดยเริ่มตั้งแต่รูปแบบที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ ซึ่งเป็นระดับพื้นฐานของบทเรียน ไปจนถึงรูปแบบที่มีปฏิสัมพันธ์ตั้งแต่ระดับน้อย ปานกลาง ถึงระดับสูง บทเรียนแบบใช้ตัวอักษรนำเสนอหรือแบบจำลองสถานการณ์นอกจากนี้แนะนำการแบ่งประเภทของเนื้อหาเพื่อให้ออกแบบตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของเนื้อหาการเรียนรู้เพื่อออกแบบบทเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มาตรฐานอีเลิร์นนิ่ง หรือที่เรียกว่า SCORM เป็นการพัฒนาระบบอีเลิร์นนิ่งและเนื้อหาการเรียนการสอนให้เป็นมาตรฐานสากลและนำมาตราฐานไปใช้ร่วมกัน โดยเริ่มพัฒนาจากกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา ต่อจาก SCORM ได้ถูกพัฒนาเป็นมาตรฐาน xAPI และ AICC เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนการสอนผ่านอุปกรณ์พกพาต่าง ๆ นอกจากนี้ผู้เขียนนำเสนอมาตรฐานส่วนต่อประสานในอีเลิร์นนิ่งเพื่อให้สามารถแบ่งปันหรือใช้บทเรียนร่วมกันได้ระหว่างหน่วยงาน

บทที่ 3 หลักการทฤษฎีการเรียนรู้ในการออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง

จาก 4 ทฤษฎีการเรียนรู้ ประกอบด้วย ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม ทฤษฎีปัญญานิยม ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ และทฤษฎี เชื่อมต่อ ส่งผลให้การออกแบบบทเรียนมีความแตกต่างกันออกไป ดังนั้นผู้เขียนจึงได้สรุปแนวคิด วิธีการ และการประเมินผลของแต่ละทฤษฎีไว้ในเนื้อหาของบทนี้ รวมถึงได้นำเสนอแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้แบบดั้งเดิมไปสู่ทฤษฎีการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 รวมถึงการยกตัวอย่างบทเรียนอีเลิร์นนิ่งที่สร้างจากทฤษฎีการเรียนรู้ทั้ง 4 โดยผู้เขียนเน้นการสะท้อนแนวคิดในการออกแบบบทเรียนรวมถึงการใช้กลยุทธ์การสอนและการจัดการสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้มาใช้ร่วมกัน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ขั้นสูงได้

บทที่ 4 หลักการออกแบบการสอนสำหรับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง

ในบทนี้ผู้เขียนอธิบายถึงการออกแบบการเรียนการสอนหรือระบบการเรียนการสอน โดยคำนึงถึงเรื่องของ What ต้องการสอนหรือเกิดการเรียนรู้ในเรื่องอะไร และ How คือการดำเนินการสร้างสื่ออย่างไรให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เนื้อหา นอกจากนี้ยังอธิบายการผลิตบทเรียนอีเลิร์นนิ่งอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการออกแบบบทเรียนที่มีความหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบระบบการสอนด้วยแบบจำลอง ADDIE การออกแบบการสอนตามแนวคิดของกาเย่ ทฤษฎีแรงจูงใจ ARCS Model ทฤษฎีการสอนแบบแสดงองค์ประกอบ ทฤษฎีการสอนแบบทรานแซกชัน รวมถึงกระบวนการออกแบบกลยุทธ์การสอนสำหรับอีเลิร์นนิ่ง เพื่อให้การออกแบบบทเรียนมีความเหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 5 บทเรียนอีเลิร์นนิ่งแบบกลยุทธ์การสอน

ผู้เขียนนำเสนอการออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่งควบคู่กับการใช้กลยุทธ์การสอน นอกจากนี้แนะนำตัวอย่างบทเรียนอีเลิร์นนิ่งจำนวน 10 แบบ เช่น แบบสร้างความรู้ แบบซิปปา แบบการเรียนรู้ร่วมกัน เป็นต้น เพื่อให้ผู้เรียนได้มีการเผชิญกับปัญหาที่มีรูปแบบแตกต่างกันไป มีการศึกษาวิเคราะห์ปัญหา ค้นคว้าหาคำตอบ และดำเนินการตามขั้นตอนการสอนอย่างเป็นระบบตั้งแต่ขั้นที่หนึ่งจนถึงขั้นสุดท้าย ในส่วนของกลยุทธ์การสอนถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการคิดของผู้เรียนให้เกิดทักษะการคิด ตั้งแต่ระดับต่ำจนถึงระดับสูง หรือขั้นสูงได้

บทที่ 6 บทเรียนอีเลิร์นนิ่งแบบจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้

ผู้เขียนนำเสนอบทเรียนอีเลิร์นนิ่งแบบจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบเปิด (OLEs) และแบบคอนสตรัคติวิสต์ (CLEs) โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดโครงสร้างทางปัญญา โดยมีกระบวนการเน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้จากการช่วยกันแก้ปัญหาด้วยการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาไปจนถึงหาเหตุผลหรือหลักฐานมาจัดความขัดแย้งทางปัญญาของตนเองและระหว่างบุคคลได้ โดยมีการยกตัวอย่างบทเรียนแบบต่าง ๆ เพื่อให้เห็นขั้นตอนการทำกิจกรรม และเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ตามหลักทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยผู้เขียนสรุปการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบ OLEs และ CLEs สามารถส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดและการสร้างความรู้ในระดับสูงได้

บทที่ 7 อีเลิร์นนิ่งกับการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง

การคิดวิเคราะห์ การคิดวิพากษ์หรือการคิดวิจารณ์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงเหตุผล การคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เหล่านี้เป็นทักษะการคิดขั้นสูง การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงโดยการใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่งส่งผลต่อผู้เรียนโดยตรง ผู้เขียนนำเสนอเทคนิคการออกแบบบทเรียนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงด้วยวิธีต่าง ๆ ประกอบด้วย การคิดด้วยแผนผังการคิด (Thinking maps) การคิดด้วยแผนที่การคิด (Mind map) การคิดด้วยหมวก 6 ใบ การคิดด้วยคำถาม การคิดด้วยภาพและแผนภาพ และอินโฟกราฟิกมาใช้ร่วมกับการนำเสนอบทเรียนอีเลิร์นนิ่งตามแนวคิดทฤษฎีปัญญานิยมเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน

บทที่ 8 หลักการออกแบบหน้าจอบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง

ผู้เขียนนำเสนอหลักการออกแบบสาร หลักการออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่งด้วยแนวคิดกาย่ การออกแบบหน้าจอ เทคนิคการใช้สีในวงจรสี องค์ประกอบหลักของหน้าจอ รวมถึงเทคนิคการออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ข้อเสนอแนะการใช้กราฟิกและหลักการใช้อักษรในบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง นอกจากนี้มีการแสดงตัวอย่างการออกแบบหน้าจอบทเรียนประกอบ เพื่อให้ผู้เรียนหรือผู้ออกแบบสามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว และมีความเป็นสากล โดยผู้เขียนเน้นที่ความครอบคลุมเนื้อหาโดยไม่เน้นกราฟิกมาใช้มากหรือน้อยเกินไป เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและเกิดการรับรู้ได้อย่างรวดเร็วรวมถึงช่วยส่งเสริมให้เกิดทักษะการคิดขั้นสูงได้

บทที่ 9 โปรแกรมสำหรับพัฒนาอีเลิร์นนิ่ง

บทนี้แนะนำโปรแกรมพื้นฐานในการจัดการกราฟิก สำหรับจัดการกับภาพรวมถึงสำหรับจัดการกับภาพและเสียง โปรแกรมพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง โดยมีการเปรียบเทียบซอฟต์แวร์ต่าง ๆ สำหรับพัฒนาอีเลิร์นนิ่งจำนวนหลายซอฟต์แวร์ เช่น Articulate storyline 2, Trivantis Lectora Inspire, Gomo learning, H5P เป็นต้น โดยแนะนำซอฟต์แวร์ Articulate storyline 2 และ Trivantis Lectora Inspire เป็นทางเลือกของเครื่องมือสร้างบทเรียนอีเลิร์นนิ่งที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีราคาไม่สูงและใช้งานง่ายจากการวิเคราะห์ของ PCMag นอกจากนี้แนะนำตัวอย่างผลงานบทเรียนอีเลิร์นนิ่งที่ได้จากการสร้างด้วยโปรแกรมที่ได้รับความนิยมต่าง ๆ อีกทั้งแนะนำโปรแกรมพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่งแบบ Free authoring tools ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์แบบใช้งานได้ฟรีไม่มีค่าใช้จ่าย เช่น What2Learn, Xical เป็นต้น จนไปถึงระบบสร้างสื่อการสอนอัจฉริยะ หรือ SEMC นอกจากนี้ผู้เขียนให้คำแนะนำในการเลือกใช้ซอฟต์แวร์โดยควรพิจารณาจากส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน การสนับสนุนหรือผู้ให้คำแนะนำเมื่อเกิดปัญหา สนับสนุนการใช้งานบนมือถือ การรองรับหลายภาษา การมีธีมและเทมเพลตที่หลากหลาย และมีราคาไม่แพงเกินไป หรือควรเลือกใช้งานในรูปแบบที่ไม่มีค่าใช้จ่ายเป็นอันดับแรก

บทที่ 10 การประเมินบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง

นำเสนอการประเมินด้านคุณภาพ และประสิทธิภาพของบทเรียน รวมไปถึงการประเมินผลการใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง โดยการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเมินทักษะความคิด ประเมินการสร้างความรู้ ประเมินจากชิ้นงาน โดยมีตัวอย่างและเกณฑ์การให้คะแนนต่าง ๆ ประกอบ เพื่อแสดงให้เห็นว่าบทเรียนอีเลิร์นนิ่งนั้นมีความเหมาะสมกับผู้เรียนเป็นอย่างดี อีกทั้งผู้เขียนให้คำแนะนำในเรื่องของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ควรมุ่งเน้นการประเมินผู้เรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบปัญญานิยม

บทที่ 11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่งที่พัฒนาทักษะการคิด

ผู้เขียนนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศไทยและในต่างประเทศเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง โดยพบว่าการออกแบบการเรียนอีเลิร์นนิ่งแบบกลยุทธ์การสอนและแบบจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ส่งผลนำไปสู่การสร้างอีเลิร์นนิ่งอย่างเป็นรูปธรรมและนำไปใช้จริงได้ อีกทั้งผู้เขียนเสนอว่าควรพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่งเพื่อออกแบบสื่อการสอนในมิติใหม่อย่างสร้างสรรค์ โดยการพัฒนากระบวนการออกแบบผลิตสื่ออัจฉริยะที่สามารถออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่งอย่างง่ายตรงตามขั้นตอนของกลยุทธ์การสอน และองค์ประกอบของการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เพื่อช่วยผู้สอนที่ไม่มีความรู้ด้านการผลิตสื่อหรือช่วยผู้ผลิตสื่อที่อาจไม่มีความรู้หรือถนัดในเรื่องการออกแบบการจัดการเรียนการสอนให้ใช้งานได้ เพื่อให้สามารถผลิตสื่อการสอนรูปแบบอีเลิร์นนิ่งให้เกิดทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 12 แนวโน้มการพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่งในอนาคต

ผู้เขียนกล่าวถึงแนวโน้มจากนักวิชาการต่าง ๆ ที่ได้เสนอแนวคิดและคาดการณ์ไว้โดยแบ่งได้เป็น 5 แนวโน้ม ได้แก่

- 1) การใช้วิดีโอเป็นฐานในการนำเสนอบทเรียน แบ่งเป็นวิดีโอบรรยายเนื้อหาโดยอาจารย์ผู้สอนและการสาธิตการแก้ปัญหา
- 2) เทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกจริง การนำ AR มาใช้กับบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง
- 3) เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน คือการใช้ภาพจำลอง 3 มิติมาใช้ในการเรียนการสอน
- 4) เกมมิฟิเคชันหรือการนำเกมมาใช้ในการศึกษา และ
- 5) ไมโครเลิร์นนิ่ง คือการนำส่งความรู้ขนาดเล็กในสภาพแวดล้อมของสื่อดิจิทัล นอกจากนี้ยังเสนอการสร้างบทเรียนอีเลิร์นนิ่งผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ซึ่งผู้เขียนเชื่อว่าบทเรียนอีเลิร์นนิ่งจะมีการพัฒนาเป็นนวัตกรรมที่ทุกคนสามารถเข้าถึงและสร้างสื่อการสอนได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้องเป็นระบบและมีประสิทธิภาพในอนาคตอันใกล้

จากหลักการและเทคนิคต่าง ๆ สำหรับการออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่งเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ที่ผู้เขียนได้นำเสนอ โดยนำหลักการออกแบบการสอนของ David Merrill ชาวอเมริกันผู้ริเริ่มการออกแบบการสอน เพื่อเป็นประโยชน์ในการออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่งโดยมีลำดับขั้นตอนตรงตามกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งผู้วิจารณ์เห็นด้วยอย่างยิ่งกับเนื้อหาทั้ง 12 บทมีส่วนช่วยในการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียนโดยอาศัยหลักการการออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง อีกทั้งหนังสือเล่มนี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้อ่านไม่ว่าจะเป็นทั้งตัวครูอาจารย์ผู้สอน รวมถึงนักเรียนนักศึกษาที่เป็นผู้เรียนในการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงด้วย

เอกสารอ้างอิง

Insaard, S. (2018). *Designing e-Learning lessons to develop higher-order thinking skills*. Se-Education. (in Thai)

Academic article

แนวทางการออกแบบสื่อไมโครเลิร์นนิง

DESIGN GUIDANCE OF MICROLEARNING MEDIA

ศิริลักษณ์ บุญมาพันธ์* และธนกรุต จันทรชิตฟ้า

Sirilak Boonmapan* and Thanakrit Janchidfha

สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลมีเดีย คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี 70150 ประเทศไทย
Department of Digital Media Technology, Faculty of Industrial Technology, Muban Chombueng Rajabhat University,
Ratchaburi 70150 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23103>

Received: October 3, 2023 | Revised: October 31, 2023 | Accepted: November 29, 2023

ABSTRACT

The advanced development of digital technology causes rapid changes in several technologies. Traditional learning models may need to be revised to respond or adapt to these changes. Studying, working, or the career which we do today must be prompted to learn, and know how to adapt to rapidly changing situations. Micro-Learning is a learning model that has specific, clear, concise, and uncomplicated structures. By this learning model, learners spend a brief time attending. Currently, it is found that the microlearning model has been widely applied to learning topics. It facilitates learners to learn and has a continuous effect, so students learn more determinedly by not learning too much content. Moreover, nowadays, computer technology and software are used to convey meaning by combining various types of media such as text, graphics, animation, audio, video, and so on. The aforementioned media have been studied and researched to arouse interest and increase learning efficiency. Varieties of learning resources are available online to provide learning opportunities for all genders and ages. They can learn by themselves and acquire the knowledge easily so that learners can apply it in life or in real work in time. They can manage their own times and channels of learning independently. The key factor of microlearning media is noteworthy to reduce place and time constraints. The design of microlearning media therefore requires consideration of the type of media that is appropriate to the specific situation and needs of the learner. Designers need to know how to micro learn that some lessons cannot be micro learned if the content is large or in-depth. The media should be designed to respond to the content of that topic.

Keywords: Design guidelines, Educational media, Microlearning

บทคัดย่อ

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัลอย่างก้าวกระโดด ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีอย่างฉับพลัน การเรียนรู้แบบดั้งเดิมอาจไม่เพียงพอที่จะตอบโจทย์หรือปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง การปรับตัวในวิถีของการเรียนรู้จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายต่อชีวิตประจำวันมากขึ้นเรื่อย ๆ การเรียนการทำงานหรืออาชีพที่เราทำในวันนี้จึงต้องมีความตื่นตัวในการเรียนรู้และรู้จักปรับตัวให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ไมโครเลิร์นนิง (Microlearning) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่มีเนื้อหาเจาะจง ชัดเจน สั้นกระชับ มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ทำให้ผู้เรียนใช้เวลาในการเรียนรู้ไม่มาก ซึ่งปัจจุบันพบว่า มีการนำรูปแบบไมโครเลิร์นนิงมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างแพร่หลาย ซึ่งช่วยทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายและส่งผลต่อเนื่องทำให้ผู้เรียนมีความมุ่งมั่นในการเรียนเพิ่มขึ้นจากการที่เรียนรู้ในเนื้อหาที่ไม่มากจนเกินไป ประกอบกับในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ในการสื่อความหมายโดยการผสมผสานสื่อหลายชนิดเข้าด้วยกัน เช่น ข้อความ กราฟิก ภาพเคลื่อนไหว เสียง และวีดิทัศน์ ที่ได้รับการศึกษาวิจัยแล้วว่าสามารถสร้างความสนใจและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ให้มากยิ่งขึ้นได้ ทั้งยังมีแพลตฟอร์มออนไลน์ที่สามารถรวบรวมแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลายไว้บนอินเทอร์เน็ตเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนในทุกระดับ ทุกวัยสามารถศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเองแบบง่าย ๆ ให้ผู้เรียนสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตหรือในการทำงานจริงได้ทันเวลา การออกแบบสื่อไมโครเลิร์นนิงจึงจำเป็นต้องพิจารณาเลือกประเภทของสื่อที่เหมาะสมกับสถานการณ์และความต้องการเฉพาะของผู้เรียน ผู้ออกแบบจำเป็นต้องรู้วิธีการเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิงว่าเนื้อหาบางบทเรียนไม่สามารถทำเป็นไมโครเลิร์นนิงได้หากเนื้อหานั้นมีปริมาณมากหรือเป็นเนื้อหาเชิงลึก ควรออกแบบสื่อให้ตอบโจทย์ต่อเนื้อหาในเรื่องนั้น ๆ

คำสำคัญ: แนวทางการออกแบบ, สื่อการศึกษา, ไมโครเลิร์นนิง

1. บทนำ

นวัตกรรมทางเทคโนโลยีปัจจุบันทำให้สังคมของเราเป็นสังคมที่เน้นการแสวงหาความรู้และรูปแบบการเรียนรู้ที่ใหม่ ๆ อยู่เสมอ ไมโครเลิร์นนิงเป็นการเรียนรู้ที่มุ่งสำรวจวิธีการใหม่ ๆ ในการตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิตหรือการเรียนรู้ตามความต้องการของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน

การเรียนแบบเดิมที่เนื้อหาจำนวนมากและจำกัดการเรียนแค่ในห้องเรียนอาจไม่ตอบโจทย์สังคมแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิตอีกต่อไป การเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิงเป็นวิธีการนำเสนอเนื้อหาขนาดเล็กที่เฉพาะเจาะจงแก่ผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนเป็นผู้เลือกว่าจะเรียนรู้อะไรและเมื่อใด ประกอบกับ Khan (2009, pp. 42-51) ได้กล่าวถึง ไมโครเลิร์นนิงว่าเป็นหนึ่งในเทรนด์ (Trends) ล่าสุดในอุตสาหกรรมอีเลิร์นนิง (E-learning) และเป็นหนึ่งในการออกแบบการสอนเชิงสร้างสรรค์ที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (Digital literacy) เกี่ยวข้องกับการสร้างเนื้อหาขนาดเล็กที่สามารถเข้าใจได้ในเวลาอันสั้น เข้าถึงได้ทุกเมื่อที่ต้องการ

Hug and Friesen (2007, pp. 15-31) ได้กล่าวว่า ไมโครเลิร์นนิงไม่ใช่แนวคิดที่มีโครงสร้าง แต่เป็นคำอุปมาอุปไมยที่อ้างถึงชุดของแบบจำลองการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมโดยใช้วัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่เล็กและเนื้อหาเฉพาะเจาะจง ช่วยลดความเหนื่อยล้าทางจิตใจที่เกิดจากบทเรียนที่ยาวนาน ผู้เรียนสามารถจบประสบการณ์สั้น ๆ เข้าใจแนวคิดหลักและพักสมองเพื่อให้เวลาในการประมวลผลความรู้จากหน่วยความจำระยะสั้นส่งต่อไปจนถึงความจำระยะยาวได้

ซึ่งในบทความนี้ได้ศึกษาแนวคิดความหมายของไมโครเลิร์นนิง รูปแบบการเรียนรู้ที่สังคมต้องการในปัจจุบันเพื่อระบุความแตกต่างและความเป็นไปได้ของการเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิงกับแนวทางรูปแบบอื่น ๆ ประกอบกับวิเคราะห์ความต้องการในด้านเทคโนโลยีในแง่ของการสนับสนุนการเข้าถึงทรัพยากรการเรียนรู้ทุกที่ทุกเวลาซึ่งเป็นคุณสมบัติหลักของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิง โดยมุ่งเน้นจากมุมมองและคุณสมบัติการออกแบบสื่อที่หลากหลายรูปแบบ นอกจากนี้ได้ศึกษาวิธีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อเชื่อมโยงกิจกรรมประจำวันที่ไม่เป็นทางการของการได้มาซึ่งความรู้ ที่ก่อให้เกิดการปรับตัวให้เข้ากับการเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิงในยุคปัจจุบัน

2. แนวคิดและความหมายไมโครเลิร์นนิงในปัจจุบัน

ไมโครเลิร์นนิงเป็นการรวมตัว 2 คำ คือ คำว่า “ไมโคร” (Micro) หมายถึง ขนาดเล็ก เกี่ยวข้องกับปริมาณหรือการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และคำว่า “เลิร์นนิง” (Learning) หมายถึง การเรียนรู้ กิจกรรม หรือกระบวนการได้รับความรู้หรือทักษะโดยการศึกษา ฝึกฝน การเรียนรู้ หรือประสบการณ์ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือการปรับเปลี่ยนแนวโน้มทางพฤติกรรมโดยประสบการณ์ เมื่อนำมารวมกันเป็นคำว่า “ไมโครเลิร์นนิง” จึงหมายถึงการเรียนรู้ในระยะเวลายาวสั้น ๆ หรือเล็กน้อย เน้นเนื้อหาที่กระชับ และตรงประเด็น เพื่อช่วยพัฒนาความรู้และทักษะในเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะไมโครเลิร์นนิงเกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ผ่านโมดูล (Module)

ขนาดเล็กที่มีการวางแผนอย่างดีและกิจกรรมการเรียนรู้ระยะสั้น จากการศึกษาของ Hug (2006, pp. 8-11) พบว่า ไมโครเลิร์นนิงมีความเกี่ยวข้องกับข้อจำกัดของสมองด้านความจำในการทำงาน โดยสมองจะต่อต้านการเรียนรู้ที่มีความเบื่อหน่ายของผู้เรียน ส่งผลให้ความจำทำงานได้ไม่ดีพอเนื่องจากภาระทางความคิดมากเกินไปอันเป็นผลมาจากการเรียนรู้ที่ยาวนานมากเกินไปในแบบดั้งเดิม Grevtseva et al. (2017, pp. 131-139) ได้กล่าวถึง ลักษณะพื้นฐานของบทเรียนไมโครเลิร์นนิงว่าโมดูลไมโครเลิร์นนิง (Module microlearning) ได้รับการออกแบบมาเพื่อการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการรักษาระยะเวลาให้สั้น ช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้อย่างรวดเร็วและใช้เวลาว่างเพียงเล็กน้อยให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมุ่งเน้นที่วัตถุประสงค์การเรียนรู้เพียงหนึ่งข้อ จำกัดจำนวนข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้เดียวจะช่วยให้ไมโครเลิร์นนิงส่งต่อเนื้อหาเพียงเรื่องเดียวได้อย่างเหมาะสมที่สุดทำงานแบบไม่ซับซ้อน เป็นการนำเสนอบทเรียนเฉพาะอย่างอิสระและไม่จำเป็นต้องให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาอื่นก่อนแต่สามารถให้ลิงก์ (Link) ภายนอกและข้อมูลอ้างอิงอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องแก่ผู้เรียนได้มีองค์ประกอบแบบโต้ตอบ ไมโครเลิร์นนิงช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในระยะเวลาสั้น ๆ มีองค์ประกอบแบบโต้ตอบจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้สิ่งที่เรียนรู้ส่งข้อมูลไปยังหน่วยความจำระยะยาวได้ แทนที่จะอ่านเนื้อหาหรือดูวิดีโอแบบธรรมดา ออกแบบให้สามารถทำงานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ เนื่องจากระยะเวลาสั้นและลักษณะการมีส่วนร่วมผู้เรียนจึงต้องเข้าถึงไมโครเลิร์นนิงได้จากทุกที่และทุกอุปกรณ์ เมื่อใดก็ตามที่ผู้เรียนมีเวลาว่างเพียงเล็กน้อยก็สามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Smartphone) แท็บเล็ต (Tablet) และแล็ปท็อป (Laptop) หรืออื่น ๆ เพื่อเข้าถึงหลักสูตรโดยไม่ต้องคำนึงถึงสถานที่หรือข้อจำกัดของอุปกรณ์

สรุปได้ว่า ไมโครเลิร์นนิงเป็นสื่อทางเลือกใหม่ที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ในยุคนี้ โดยการเรียนรู้ที่มีเนื้อหาสั้น ๆ ยาว 3-5 นาที หรืออาจสั้นกว่านี้ ที่ออกแบบมาเพื่อตอบสนองผลการเรียนรู้ที่เน้นเฉพาะเรื่อง เป็นสื่อที่เน้นการเรียนการสอนที่มีความยืดหยุ่นให้ผู้เรียนได้ศึกษาด้วยตนเอง สามารถเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง Boonmapan (2021, pp. 65-78) ได้กล่าวว่า ไมโครเลิร์นนิง เหมาะสมกับผู้เรียนที่มีความแตกต่างกัน อีกทั้งสามารถนำไปอยู่ในรูปแบบของโซเชียลมีเดีย (Social media) ที่เรียกว่า “โซเชียลไมโครเลิร์นนิง” (Social microlearning) และสามารถตอบสิ่งที่ต้องการได้ทันทีผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การเรียนรู้รูปแบบไมโครเลิร์นนิง จึงไม่ใช่กระบวนการถ่ายทอดความรู้แต่คือการส่งเสริมทักษะรูปแบบใหม่ ซึ่งเป็นทางเลือกในการส่งเสริมความรู้ที่มีประสิทธิภาพ

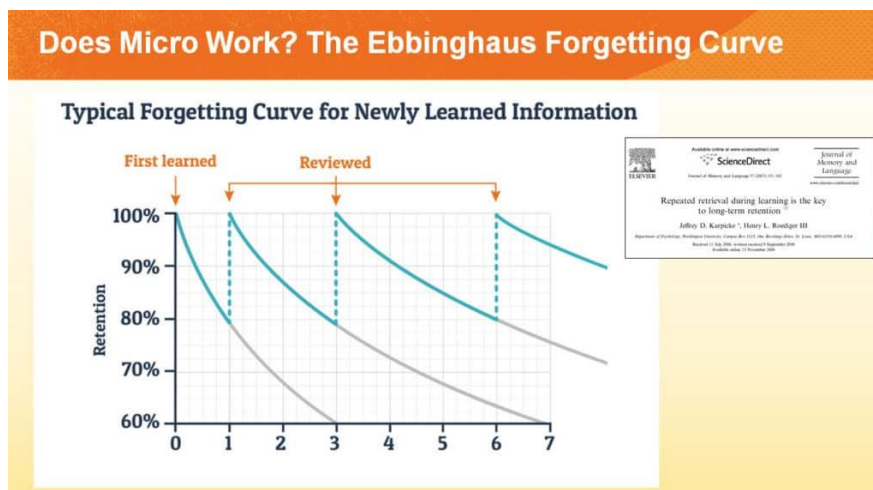
ไมโครเลิร์นนิงกับการเรียนรู้ในปัจจุบัน

ในปัจจุบันมีการแบ่งกลุ่มประชากรแบบใช้ช่วงอายุเป็นเครื่องมือ โดยแบ่งผู้คนตามยุคเป็น 4 ช่วงวัย หรือที่เรียกว่า 4 เจนเนอเรชัน (Generation) ในแต่ละเจนเนอเรชันห่างกันประมาณ 20 กว่าปี การทำความเข้าใจต่อลักษณะพฤติกรรมของคนในเจนเนอเรชันต่าง ๆ ถือเป็นสิ่งสำคัญ สาเหตุที่คนแต่ละช่วงวัยมีความคิดและพฤติกรรมต่างกันเพราะว่าสภาพสังคมในช่วงนั้น ๆ เป็นปัจจัยที่หล่อหลอมความคิดและทำให้เกิดพฤติกรรมเหล่านั้นขึ้นมา พฤติกรรมการรับข่าวสารผ่านสื่อต่าง ๆ ของแต่ละเจนเนอเรชันก็ย่อมมีความแตกต่างกัน การทำความเข้าใจและเรียนรู้ของคนในเจนเนอเรชันนั้น ๆ จะช่วยให้สามารถเลือกใช้สื่อได้ตรงกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการ 4 เจนเนอเรชันที่กล่าวถึง ประกอบด้วย 1) Baby boomer generation หรือ Gen B คือคนที่เกิดในช่วง พ.ศ. 2489-2507 2) Generation X หรือ Gen-X คือคนที่เกิดในช่วง พ.ศ. 2508-2522 สำหรับคน Gen-X นั้นมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า Yuppie (Young urban professionals) 3) Generation Y หรือ Gen-Y เรียกอีกอย่างว่า มิลเลนเนียล (Millennials) คือคนที่เกิดในช่วง พ.ศ. 2523-2540 และ 4) Generation Z หรือ Gen-Z คือคนที่เกิดหลัง พ.ศ. 2540 เกิดจากพ่อแม่รุ่นใหม่อย่าง Gen-X และ Gen-Y เป็นเด็กรุ่นใหม่ที่เกิดมาพร้อมกับสิ่งอำนวยความสะดวกรอบด้าน เรียนรู้รูปแบบการดำเนินชีวิตในสังคมแบบดิจิทัล ดำเนินชีวิตแบบมีการติดต่อสื่อสารไร้สาย (Deloitte, 2014, Online)

Gen-Z คือกลุ่มประชากรที่ได้รับการนิยามว่าเป็นชนพื้นเมืองดิจิทัล (Digital Natives) และเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี (Tech-savvy) เนื่องจากเติบโตมาพร้อมกับความก้าวหน้าของนวัตกรรมดิจิทัล อินเทอร์เน็ต สมาร์ทโฟน และแพลตฟอร์มออนไลน์ที่แพร่หลายบุคคลในกลุ่มนี้ไม่เคยรู้จักโลกที่ไม่มีอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลและเชื่อมต่อกับผู้อื่นได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง อีกทั้งยังถูกเรียกว่า Gen C เนื่องจากมีคุณลักษณะสำคัญ ได้แก่ การสื่อสาร (Communication), การทำงานร่วมกัน (Collaboration), การเชื่อมโยง (Connection) และความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสังคมและเศรษฐกิจในระดับมหภาคทั่วโลก (Digital Economy Promotion Agency [DEPA], 2022, Online) จากรายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยปี 2565 พบว่า กิจกรรมออนไลน์ที่มีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ การติดต่อสื่อสาร การดูหนัง/ฟังเพลง การซื้อขายของ การทำธุรกรรมทางการเงิน และการอ่านข่าว โพสต์ บทความ หนังสือ ส่วนกิจกรรมออนไลน์ที่มีแนวโน้มลดลงและอาจจะหายไปในอนาคต ได้แก่ การค้นหาข้อมูลโดยใช้โปรแกรมที่ช่วยในการสืบค้นหาข้อมูล การรับ-ส่งอีเมล เพราะปัจจุบันผู้ใช้อินเทอร์เน็ตมีทางเลือกในการค้นหาข้อมูลหรือ

ติดต่อสื่อสารมาก (Electronic Transactions Development Agency [ETDA], 2022, Online) ทำให้คนรุ่นใหม่ ๆ สามารถเข้าถึงข้อมูลได้มากขึ้น ดังนั้นจึงต้องการการกลั่นกรองหรือเครื่องมือที่จะช่วยค้นหาสิ่งที่ต้องการในเวลาจำกัด ปัจจัยหลักที่ทำให้การเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิ่งได้รับความนิยมมากขึ้นมาจากการเรียนรู้ผ่านอินเทอร์เน็ต โดยเฉพาะเนื้อหาบนโซเชียลมีเดียที่มีลักษณะสั้น กระชับทำให้เข้าใจเรื่องราวต่าง ๆ ได้ในระยะเวลาสั้น ๆ เช่น คลิปวิดีโอสั้น ๆ บน TikTok หรือโพสต์บน Twitter ที่มี การจำกัดจำนวนตัวอักษร ในยุคที่การอบรมหลายชั่วโมงอาจไม่ตอบโจทย์อีกต่อไป ทั้งคนทำงานและองค์กรจึงควรมองหาไมโครเลิร์น นิ่งเข้ามาปรับใช้ในกระบวนการเรียนรู้ หรือการสร้างทักษะขึ้นมาใหม่ที่จำเป็นต่อการทำงาน (Reskill) ให้กับพนักงานด้วยเพื่อ ประหยัดทรัพยากรเวลา

ในปี 1885 นักจิตวิทยาชาวเยอรมันชื่อ Dr. Hermann Ebbinghaus ได้ทำการทดลองที่เป็นรากฐานความเข้าใจของมนุษย์ใน ความสามารถในการจดจำข้อมูล Ebbinghaus (1949, pp. 225-230) ได้สรุปเป็นกราฟที่มีชื่อว่า Ebbinghaus' forgetting curve หรือที่เรียกว่า เส้นโค้งแห่งการลืม พบว่า มนุษย์โดยทั่วไปแทบจะลืมสิ่งที่เพิ่งเรียนรู้ใหม่ได้ไวมาก จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าจากกราฟ ความจำ (เส้นสีฟ้า) จะค่อย ๆ ลดลงไปเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ผ่านไปแต่ในกราฟมีเส้นประคือ เส้นที่แสดงถึงความจำที่ฟื้นกลับมา โดยการฟื้นคืนนั้นสามารถทำได้ผ่านการทบทวนบทเรียนอย่างสม่ำเสมอ การทบทวนจะทำให้ได้ทวนความเข้าใจอีกครั้ง ส่งผลให้ เส้นความจำ (เส้นสีฟ้า) ย้อนกลับไปเริ่มที่จุดบนสุดอีกครั้ง ถือเป็นกรย้อนกลับไปเริ่มกระบวนการลืมใหม่ตั้งแต่ต้น นั้นหมายความว่า การทบทวนคือเคล็ดลับสำคัญที่ทำให้จดจำได้ดี โดยเฉพาะวิธีที่เรียกว่า Spaced repetition หรือการทวนซ้ำใน เวลาที่ถูกที่ควร การศึกษาของเอบบิงเฮาส์แนะนำให้ทบทวนหลังผ่านไป 18 นาที 1 วัน และ 7 วัน นับจากการจำได้ครั้งแรก แต่ใน ความเป็นจริงแต่ละคนออกแบบช่วงระยะเวลาที่ต้องการได้เองขอเพียงแค่รักษาระยะห่างให้พอดี ไม่ทิ้งระยะนานมากเกินไป นอกจากนี้ยังมีตัวแปรอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อความจำและการลืมในเรื่องที่เรียนได้ ถ้าอยากจดจำเรื่องใดให้ได้ตลอดต้องหมั่นทบทวนสิ่งที่ เรียนรู้ไปแล้วเป็นประจำ และต้องทำอย่างต่อเนื่องไม่ให้ขาดช่วงเพราะการทวนซ้ำช่วยให้จำได้มากขึ้น ตรงกันข้ามหากจดจำได้ ครั้งแรกแต่ละเลยไม่ทบทวนหรือปล่อยทิ้งไปย่อมลืมเลื่อนไปตามกาลเวลา



รูปที่ 1 Ebbinghaus' Forgetting Curve
ที่มา : Karpicke and Roedige (2007, pp. 151-153)

การเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิ่งจะเป็นตัวช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกและทบทวนเนื้อหาที่กระชับและเป็นประเด็นสำคัญเป็นการเรียนรู้ เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับแต่ละบุคคล แทนที่จะกรอกข้อมูลใส่สมองเยอะ ๆ แล้วหวังว่าจะดึงออกมาใช้ได้ตอนที่ต้องการ ควรใช้วิธีการ เรียนรู้แบบองค์รวมซึ่งใช้วิธีการค่อย ๆ ถักทอร้อยเรียงความรู้ใหม่เข้ากับสิ่งเดิมที่เรียนรู้หรือเข้าใจอยู่ก่อนแล้ว

3. แนวทางการออกแบบสื่อการเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิ่ง

ไมโครเลิร์นนิ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่สั้น ๆ และส่งต่อเนื้อหาถึงผู้เรียนผ่านรูปแบบที่หลากหลาย เช่น วิดีโอ เสียง รูปภาพ หรือข้อความ สามารถเข้าถึงได้ทุกที่และใช้ได้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น มือถือ คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต เป็นต้น Kulhanek and Mandato (2022, pp. 11-17) กล่าวถึง การออกแบบสื่อไมโครเลิร์นนิ่งจึงจำเป็นต้องพิจารณาเลือกประเภทของสื่อที่เหมาะสมกับ สถานการณ์และความต้องการเฉพาะของผู้เรียน ตัวอย่างเช่น เมื่อต้องการหาข้อมูลว่าเอกภพก่อตัวอย่างไร ถ้าอ่านหนังสือเกี่ยวกับการกำเนิดจักรวาลอาจจะไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาของข้อมูลได้ในเวลาอันสั้น เพราะปกติแล้วเนื้อหาในหนังสือจะยาวและละเอียด

เกินไปแตกต่างจากการดูวิดีโอที่อธิบายว่าจักรวาลก่อตัวขึ้นอย่างไรอาจเข้าใจได้ง่ายกว่าในเวลาอันสั้น การเรียนรู้ประเภทนี้สามารถช่วยให้ผู้เรียนเก็บรักษาข้อมูลได้ดีขึ้นในระบบความจำ เนื่องจากการเรียนรู้ที่มีส่วนร่วมและท้าทายผู้เรียน ปัจจุบันการออกแบบสื่อไมโครเลิร์นนิ่งมีหลายรูปแบบ ดังต่อไปนี้

1. สื่อประเภทวิดีโอ (Video) เป็นสื่อที่ผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตทั่วโลกนิยมรับชมผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ต่าง ๆ เช่น YouTube, Online streaming และ Netflix เป็นต้น วิดีโอไมโครเลิร์นนิ่งมักจะส่งถึงผู้เรียนเป็นแบบออนไลน์ นำเสนอในรูปแบบวิดีโอที่ใช้การอธิบายให้เข้าใจ (Video explainer) วิดีโอแบบกราฟิกเคลื่อนไหว (Motion graphic) หรือเป็นวิดีโอแบบปฏิสัมพันธ์เชิงโต้ตอบ (Interactive video) วิดีโอไมโครเลิร์นนิ่งเป็นวิดีโอสั้น ๆ มีความยาวประมาณ 2-5 นาที และนำเสนอด้วยภาษาง่าย ๆ บางฉากอาจมีภาพพร้อมคำอธิบาย เนื่องจากผู้เรียนจะมีสมาธิกับการดูวิดีโอสั้น ๆ เข้าใจง่าย วิดีโอถือว่าเป็นรูปแบบยอดนิยมที่สามารถดัดแปลงเพื่อสร้างสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีคุณภาพสูงขึ้นให้ผู้เรียน ดังนั้นการสร้างวิดีโอไมโครเลิร์นนิ่งจึงแตกต่างจากวิดีโอทั่วไป ดังนี้

1.1 มีหนึ่งวัตถุประสงค์การเรียนรู้ต่อหนึ่งวิดีโอเท่านั้น เพราะไมโครเลิร์นนิ่งมีจุดมุ่งหมายทำให้สั้น กระชับ ด้วยเหตุนี้ขอบเขตของเนื้อหาจึงต้องแคบและตรงประเด็น

1.2 หลีกเลี่ยงการสร้างวิดีโอโดยไม่มีการวางแผน ควรมีสคริปต์ (Script) หรือกระดานเรื่องราว (Timeline) เพื่อให้แน่ใจว่าเนื้อหากระชับและอยู่ในหัวข้อ

1.3 ใช้ภาพที่มีความเกี่ยวข้อง สื่ออารมณ์เข้าถึงได้ และน่าสนใจ สิ่งสำคัญคือต้องออกแบบการผสมผสานระหว่างข้อความและภาพอย่างเหมาะสมในลักษณะที่ส่งเสริมวัตถุประสงค์การเรียนรู้

1.4 ใช้เสียงอย่างมีประสิทธิภาพ หลีกเลี่ยงการใช้เสียงและดนตรีประกอบที่ไม่เกี่ยวข้อง เว้นแต่จะใช้เพื่อสนับสนุนการดำเนินการในวิดีโอและไม่รบกวน

1.5 ใช้เครื่องมือการสร้างที่เหมาะสม เครื่องมือสำหรับการสร้างสื่อรูปแบบวิดีโอมีหลากหลาย ในทางปฏิบัติการเลือกใช้เครื่องมือต้องตรงกับความต้องการและสอดคล้องกับทักษะของผู้พัฒนา เครื่องมือที่ใช้สร้างวิดีโอ ตัวอย่างเช่น Camtasia Studio, Adobe Premiere Elements, Articulate, Adobe Captivate เป็นต้น

2. สื่อประเภทแอนิเมชัน (Animation) เป็นสื่อที่สามารถผสมผสานคำอธิบายและการอธิบายในบริบทเชิงบรรยายเพื่อแสดงภาพเปลี่ยนแปลงไปแบบไม่หยุดนิ่ง (Dynamic) ที่ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น Betrancourt and Chassot (2008, pp. 141-164) กล่าวว่า แอนิเมชันเป็นสื่อที่มีความน่าสนใจ เข้าถึงง่าย ช่วยอธิบายหรือแสดงความคิดเห็นที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ เพราะคุณสมบัติของแอนิเมชันที่สามารถพรรณนาหรือบรรยายกระบวนการที่ซับซ้อนให้เห็นได้อย่างเข้าใจง่าย อีกทั้งยังเน้นส่วนที่สำคัญโดยสีหรือเสียงและใช้จินตนาการอย่างไม่มีขอบเขต จึงส่งเสริมจินตนาการ และการตีความหมายที่เป็นนามธรรมสร้างความประหลาดใจและสนุกสนานให้ผู้เรียน สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการสร้างสื่อไมโครเลิร์นนิ่งแบบแอนิเมชัน ได้แก่

2.1 เขียนสคริปต์สั้น ๆ ละเว้นรายละเอียดที่ไม่สำคัญซึ่งอาจทำให้ผู้เรียนเสียสมาธิได้

2.2 บอกเล่าเรื่องราว กำหนดเนื้อเรื่องและจุดประสงค์การเรียนรู้หลักของแอนิเมชัน สำคัญที่ผู้พัฒนาสื่อต้องคำนึงถึงเสมอว่าผู้เรียนเรียนแล้วได้อะไรจากสื่อที่พัฒนาขึ้น

2.3 ใช้เสียงที่เหมาะสม การสร้างสื่อแอนิเมชันไม่จำเป็นต้องเป็นการทุนเสมอไป อาจเป็นภาพเคลื่อนไหวที่เคลื่อนไหวเพื่อถ่ายทอดเรื่องราวก็ได้ และหากเนื้อเรื่องเกี่ยวข้องกับเรื่องราวที่จริงจังให้หลีกเลี่ยงการใช้เสียงที่เบาสบาย ควรเลือกใช้น้ำเสียงที่มีอำนาจเด่นชัดและน่าฟัง หลีกเลี่ยงรายละเอียดเพิ่มเติมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เช่น การใช้เอฟเฟกต์ (Effect) จำนวนมากจนเกินไป หรือฉากที่ดูยากที่ดูน่าเวียนหัวจะทำให้ผู้เรียนเสียสมาธิจากเนื้อหาหลักได้

2.4 การผสมผสานของรูปแบบสื่อต่าง ๆ เช่น ดนตรี เสียงเอฟเฟกต์ (Sound effect) ภาพเคลื่อนไหวของตัวละคร และรูปภาพ ทำให้มีความหลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนมีความสนใจมากขึ้น



รูปที่ 2 ตัวอย่างสื่อประเภทวิดีโอการเล่าเรื่อง
ที่มา : PacRim Group (2021, Online)

เครื่องมือที่ใช้กันทั่วไปสำหรับการสร้างแอนิเมชัน ตัวอย่างเช่น Powtoon, Moovly Moovly และ Go Animate เป็นต้น

3. สื่อประเภท Interaction PDFs (Portable Document Format: PDF) ที่เรียกกันทั่วไปว่า iPDF เป็นรูปแบบไฟล์เพื่อนำเสนอเอกสารในลักษณะที่ไม่ขึ้นกับซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ และระบบปฏิบัติการใด เป็นมาตรฐานสำหรับการแบ่งปันเอกสารทางอินเทอร์เน็ตและระหว่างระบบคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ มีลักษณะแบบโต้ตอบคือไฟล์ PDF ที่มีลิงก์ คลิกปุ่มได้ ช่องแบบฟอร์ม เสียงวิดีโอ และองค์ประกอบอื่น ๆ ซึ่งแตกต่างจาก PDF ทั่วไป PDF แบบโต้ตอบสามารถดึงดูดผู้เรียนได้โดยมีคุณสมบัติการมีส่วนร่วมกับเนื้อหา เช่น ไฮเปอร์ลิงก์ (Hyperlink) ที่สามารถนำผู้เรียนไปยังหน้าอื่นภายใน PDF หรือไปยังเว็บไซต์ภายนอกได้ แนวทางในการสร้างสื่อไมโครเลิร์นนิ่งแบบโต้ตอบควรคำนึงถึงการมีส่วนร่วมของผู้เรียน สามารถอ่านได้บนอุปกรณ์ทุกชนิด มีความยืดหยุ่นสูงและสามารถปรับแต่งให้ตรงกับความต้องการของผู้เรียนและช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ที่ส่งผลให้จดจำเนื้อหาที่เรียนได้ดีขึ้น ตัวอย่างลักษณะการออกแบบสื่อแบบ Interaction PDFs มีลักษณะดังนี้

The image shows a screenshot of a PDF form titled "QUESTIONNAIRE". The form includes several interactive elements: text input fields for "First Name", "Last Name", "Author", and "Title"; a dropdown menu for "Format" with options "EPUB", "PDF", "HTML", and "other, please specify"; and a "Signature" field. A green arrow points from a "Next" button to a sidebar menu on the right. The sidebar menu contains options like "Print", "Email / SMS", "Fax", "Save As", "Share", "SendToSign", "LinkToFill", and "Go to MY DC". The top of the form has a toolbar with icons for various PDF functions like "Cross", "Check", "Circle", "Sign", "Date", "Picture", "Erase", "Highlight", "Blackout", "More (5)", "Spelling", "Search", "100%", and "Help".

รูปที่ 3 ตัวอย่างสื่อประเภท Interaction PDFs
ที่มา : PdfFilter.com (n.d., Online)

3.1 หนังสืออิเล็กทรอนิกส์เชิงโต้ตอบ (Interaction eBooks) เป็นวิธีการนำเสนอหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่น่าสนใจ เป็นการมอบประสบการณ์การอ่านที่ดื่มด่ำแก่ผู้เรียน สามารถรวมคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ลิงก์ที่คลิกได้ ป๊อปอัพ (Pop-up) และแบบทดสอบเชิงโต้ตอบช่วยให้ดึงดูดผู้อ่านและทำให้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์มีความโดดเด่นกว่าหนังสือทั่วไป

3.2 แคตตาล็อกเชิงโต้ตอบ (Interaction catalogs) เป็นการดึงดูดสายตาและกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากมีส่วนร่วม เมื่อใช้ลักษณะต่าง ๆ เช่น ลิงก์ที่คลิกได้ ปุ่ม และป๊อปอัพ สามารถแสดงข้อมูลเนื้อหา รูปภาพ และวิดีโอโดยละเอียด

3.3 รายงานเชิงโต้ตอบ (Interaction report) เป็นวิธีที่การนำเสนอข้อมูลที่ซับซ้อนในรูปแบบที่เข้าใจง่าย เป็นรายงานที่น่าสนใจและโต้ตอบได้ จะช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจเนื้อหาได้ดีเนื่องจากสามารถแนบภาพหรือวิดีโอประกอบการรายงานได้

3.4 เรซูเม่เชิงโต้ตอบ (Interaction resumes) เป็นวิธีที่ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแสดงข้อมูลประวัติส่วนตัว ทักษะ ประสบการณ์ และความสำเร็จด้วยการคลิกปุ่มแล้วแสดงข้อมูล รูปภาพ หรือวิดีโอกิจกรรมต่าง ๆ เป็นต้น

เครื่องมือที่ใช้กันทั่วไปสำหรับการสร้าง PDF เชิงโต้ตอบ ตัวอย่างเช่น Adobe Acrobat, Adobe InDesign, Adobe Presenter และ Adobe Captivate ซึ่งอาจต้องใช้เวลาการเรียนรู้เครื่องมือพอสมควร แต่ก็มีเครื่องมืออื่น ๆ ที่ช่วยสร้างองค์ประกอบมัลติมีเดียต่าง ๆ ที่รวมเข้ากับ PDF ที่สามารถใช้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันได้ เช่น FlipHTML5 เป็นต้น

4. สื่อประเภทอินโฟกราฟิก (Infographics) เป็นการนำข้อมูลหรือความรู้มาสรุปเป็นสารสนเทศในลักษณะของข้อมูลและกราฟิกที่อาจเป็นลายเส้น สัญลักษณ์ กราฟ แผนภูมิ ไดอะแกรม แผนที่ ฯลฯ ที่ออกแบบเป็นภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหว ดูแล้วเข้าใจง่ายในเวลารวดเร็วและชัดเจน สามารถสื่อให้ผู้ชมเข้าใจความหมายของข้อมูลทั้งหมดได้โดยไม่ต้องมีผู้นำเสนอมาช่วยขยายความเข้าใจ เป็นการนำข้อมูลที่เข้าใจยากหรือข้อมูลที่เป็นตัวหนังสือจำนวนมากมานำเสนอในรูปแบบที่สร้างสรรค์ ให้สามารถเล่าเรื่องได้ด้วยตัวเอง การสร้างสื่อไมโครเลิร์นนิ่งแบบอินโฟกราฟิกให้มีประสิทธิภาพ ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

4.1 เน้นที่หัวข้อหลักหัวข้อเดียว สิ่งแรกที่ต้องพิจารณาคือหัวข้อหลักในการสร้างอินโฟกราฟิก พยายามมุ่งเน้นที่เรื่องเดียวเมื่อกำหนดหัวข้อที่ต้องการนำเสนอแล้ว ควรจัดทำข้อมูลหัวข้อย่อยให้ชัดเจน ไม่ควรแตกประเด็นหัวข้อหลักเพราะผู้อ่านจะสับสน

4.2 ออกแบบให้เข้าใจง่าย การวางองค์ประกอบข้อมูลภายใน การเล่าเรื่องต้องเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน หรืออัดแน่นจนเกินไป เพราะอาจทำให้เกิดการตีความที่ผิดพลาดได้ และข้อมูลต้องถูกต้องเพราะถ้าหากข้อมูลผิดพลาดก็จะลดความน่าเชื่อถือของอินโฟกราฟิก

4.3 ให้อินโฟกราฟิกเล่าเรื่อง อินโฟกราฟิกที่มีประสิทธิภาพจะสามารถเล่าเรื่องได้ด้วยตัวของมันเอง สามารถถ่ายทอดข้อมูลได้ ใช้คำพูดกระชับตรงจุดหมายจะทำให้เรื่องราวมีความน่าสนใจ

4.4 ออกแบบโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ การเลือกใช้ ภาพ กราฟิก สีชนิด แบบ ช่องว่าง ทั้งหมดนี้มีความสำคัญในการออกแบบ ใช้สิ่งที่ดึงดูดความสนใจ ควรศึกษาทฤษฎีการใช้สีเพื่อให้เหมาะสมกับหัวข้อที่ออกแบบ ไม่จำเป็นต้องมีสีส้มมาก

4.5 ทำไฟล์อินโฟกราฟิกให้เล็กเพื่อให้ผู้เรียนเข้าถึงและดาวน์โหลดข้อมูลได้ง่าย ใช้เวลาน้อยในการถ่ายโอนข้อมูล สามารถแนบไฟล์ ส่งอีเมลไปให้ผู้อื่น แต่ไม่ควรลดคุณภาพของรูปภาพควรใช้ไฟล์ที่มีคุณภาพสูงเพื่อที่จะดึงดูดผู้ชม

เครื่องมือในการสร้างสื่อไมโครเลิร์นนิ่งประเภทอินโฟกราฟิก เช่น Adobe Illustrator ซึ่งเหมาะสำหรับการสร้างอินโฟกราฟิกที่สวยงามแต่ต้องใช้ทักษะการออกแบบกราฟิกแบบผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้กับบุคคลที่ไม่คุ้นเคยกับเครื่องมือ เครื่องมืออื่นที่ไม่ต้องใช้ทักษะเฉพาะทาง ตัวอย่างเช่น BeFunky, Visme, Snappa, Canva, Venngage, Vizualize, Google Charts เป็นต้น

5. สื่อประเภทสื่อสังคม (Social media) ตามพจนานุกรมของ Oxford คำว่า "โซเชียลมีเดีย" สามารถนิยามได้ว่าเป็นเว็บไซต์ (Website) และแอปพลิเคชัน (Application) ที่ช่วยให้ผู้ใช้สร้างและแบ่งปันเนื้อหาหรือมีส่วนร่วมในเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยการเข้าถึงเนื้อหาได้ง่ายและแชร์ (Share) ผ่านอุปกรณ์โดยใช้ฟีเจอร์ (Feature) ต่าง ๆ เช่น การส่งข้อความสนทนา (Chat) การแสดงความคิดเห็น (Comment) การแสดงความชื่นชอบ (Like) หรือการแบ่งปันไปยังเพื่อนคนอื่น ๆ ให้ทำงานร่วมกัน และสื่อสาร จากระยะไกลได้ในเวลาเดียวกันหรือคนละเวลา ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ทางสังคม การสื่อสารขนาดพอดีคำที่เกิดขึ้นบนแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดียที่โดดเด่นด้วยการเลือกข้อมูลขนาดเล็ก มีความสอดคล้องกับไมโครเลิร์นนิ่งเป็นอย่างมาก เพื่อให้การสร้างสื่อไมโครเลิร์นนิ่งบนสังคมออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ควรออกแบบดังต่อไปนี้



รูปที่ 4 ตัวอย่างสื่อประเภทสื่อสังคม
ที่มา: TikTok (n.d., Online)

5.1 กระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น แสดงปฏิกิริยา ชอบ แชร์ หรือให้คะแนนการเรียนรู้ ซึ่งบางแพลตฟอร์ม เช่น Facebook ได้อนุญาตให้สร้างแบบสำรวจซึ่งสามารถสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนได้

5.2 กระตุ้นให้ผู้เรียนพูดคุย ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังเรียนรู้ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และมีส่วนร่วมการอภิปรายที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้

5.3 ส่งเสริมการดูแลและให้คำแนะนำอยู่เสมอหากผู้เรียนมีข้อสงสัยจากการเรียนรู้และจำกัดเวลาในการใช้งานหน้าจอที่เหมาะสม สื่อโซเชียลมีเดียที่กล่าวถึง เช่น Facebook, Twitter, Instagram และ TikTok เป็นต้น สามารถเป็นทางเลือกในการเรียนรู้ได้ ไมโครเลิร์นนิ่งไม่ได้เชื่อมโยงกับแพลตฟอร์มแต่เชื่อมโยงกับเนื้อหาที่น่าสนใจในสื่อเหล่านั้น โซเชียลมีเดียแต่ละแบบมีลักษณะเฉพาะของตัวเอง ดังนั้นเนื้อหาที่เป็นไมโครเลิร์นนิ่งที่น่าสนใจจะต้องสั้น ๆ เป็นไปตามลักษณะของแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดียเหล่านั้น เช่น Instagram มีความน่าเชื่อถือมากในด้านเนื้อหารูปภาพ ดังนั้นเนื้อหาสั้น ๆ ที่เหมาะสมคือการจัดวางตัวอักษร (Typography) และอินโฟกราฟิก หรือ TikTok เป็นวิดีโอที่มีระยะเวลาสั้น ดังนั้นแพลตฟอร์มนี้จึงเหมาะสำหรับเนื้อหาที่เป็นวิดีโอสั้น ๆ เป็นต้น

6. สื่อประเภทพอดแคสต์ (Podcasts) พอดแคสต์เป็นไฟล์เสียงที่มีเนื้อหาที่น่าสนใจเพื่อให้ผู้ฟังมีส่วนร่วม การเรียนรู้สามารถเกิดขึ้นได้ผ่านพอดแคสต์และด้วยวิธีที่สะดวกมาก เช่น ผู้เรียนสามารถฟังพอดแคสต์ได้ในขณะเดินทางและเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น เมื่อต้องการเรียนรู้วิธีตีกีตาร์ ก็ได้รับความช่วยเหลือมากมายจากหลักสูตรการเรียนรู้ด้วยภาพขนาดเล็ก



รูปที่ 5 ตัวอย่างสื่อประเภทพอดแคสต์
ที่มา Digmandarin. (n.d., Online)

การฟังพอดแคสต์เพียง 5 นาทีต่อวันก็ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ เพราะเนื้อหาที่เรียนรู้จะเข้าถึงความจำโดยใช้ระยะเวลาไม่นาน การฟังเสียงในขณะที่เดินทางไปทำงาน ออกกำลังกาย หรือในเวลาใดก็ได้ของวันเป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่งในการเรียนรู้โดยไม่พลาดกิจกรรมประจำวัน

4. ข้อดีและข้อเสียของไมโครเลิร์นนิ่ง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า การเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิ่งมีประโยชน์อย่างมากแต่ก็มีข้อเสียอยู่เช่นกัน การทำความเข้าใจในข้อดีและข้อเสียสามารถช่วยให้ตัดสินใจได้ว่าการเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิ่งเหมาะสมกับเนื้อหา หรือบทเรียนที่จะออกแบบหรือไม่

ข้อดีของไมโครเลิร์นนิ่ง

1. มีความยืดหยุ่นช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงเนื้อหาได้ทุกที่ทุกเวลาที่ต้องการ
2. สามารถให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมโดยการเรียนรู้จากสื่อในรูปแบบที่น่าสนใจต่าง ๆ เช่น วิดีโอ พอดแคสต์ อินโฟกราฟิก และแบบทดสอบในเชิงโต้ตอบได้
3. ใช้ทรัพยากรน้อยในการพัฒนาและการส่งมอบเนื้อหาให้แก่ผู้เรียน
4. ใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการเรียนรู้แบบดั้งเดิม
5. ช่วยในการจดจำ เนื่องจากการนำเสนอเนื้อหาเป็นกลุ่มย่อย ๆ ช่วยให้ผู้เรียนจดจำและนำข้อมูลไปใช้ได้มากขึ้น

ข้อเสียของไมโครเลิร์นนิ่ง

1. การเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิ่งอาจให้ความลึกหรือรายละเอียดของเนื้อหาไม่เพียงพอสำหรับผู้เรียน ไม่เหมาะกับเนื้อหาหรือทักษะที่ซับซ้อนมาก
2. ขาดบริบทในการสื่อสาร อาจจะเป็นเรื่องยากสำหรับผู้เรียนที่จะเข้าใจว่าความรู้ที่กำลังศึกษานั้นเหมาะสมหรือไม่ หรือขาดความเข้าใจในการนำความรู้ไปใช้ต่ออย่างถูกต้อง
3. เป็นการสื่อสารผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลทำให้การปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอนน้อยลง
4. ไมโครเลิร์นนิ่งได้รับการออกแบบให้เรียนในเวลาสั้น ๆ ซึ่งผู้เรียนต้องมีความอดทนที่จะเรียนรู้ในบทเรียนนั้นอย่างตั้งใจ
5. การเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิ่งมุ่งเน้นที่การส่งข้อมูลอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจจำกัดความสามารถในการประเมินความเข้าใจของผู้เรียน เนื่องจากบทเรียนเน้นไปที่การให้ความรู้ในเวลาเพียงสั้น ๆ เท่านั้น

ความท้าทายสำหรับการออกแบบและพัฒนาสื่อไมโครเลิร์นนิ่งคือ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องรู้วิธีการเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิ่งว่าเนื้อหาบางบทเรียนไม่สามารถทำเป็นไมโครเลิร์นนิ่งได้หากเนื้อหานั้นมีปริมาณมากหรือเป็นเนื้อหาเชิงลึก ควรคำนึงไว้เสมอว่าการเรียนรู้ไปทีละขั้นอาจจะช้าแต่เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหาที่เป็นรากฐาน ก็ควรออกแบบสื่อให้ตอบโต้ตอบเนื้อหาเรื่องนั้น ๆ การออกแบบสื่อไมโครเลิร์นนิ่งต้องปรับขนาดเนื้อหาของบทเรียนใหม่ซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลาในการออกแบบอย่างมากกว่าจะได้เนื้อหาที่ตรงประเด็น ถูกต้อง กระชับ และต้องมีการปรับปรุงเนื้อหาอยู่เสมอเพื่อให้ผู้เรียนเข้าถึงเนื้อหาที่ทันสมัยและเกี่ยวข้องอย่างรวดเร็ว การปรับวิธีการเข้าถึงบทเรียนก็สำคัญการเรียนรู้แบบออนไลน์ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของไมโครเลิร์นนิ่ง เนื่องจากโอกาสการเรียนรู้ในชีวิตประจำวันผู้คนจำเป็นต้องเข้าถึงการเรียนรู้ตลอดเวลาและรู้วิธีการใช้ดิจิทัลข้อมูลและช่องทางการสื่อสารเมื่อไมโครเลิร์นนิ่งสามารถเข้าถึงได้ด้วยอุปกรณ์ที่สะดวกทุกเวลา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจำกัดการใช้งานให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด อย่าใช้งานหน้าจอจนมากเกินไปหรือใช้ในทางที่ผิด และในการเรียนแบบไมโครเลิร์นนิ่งต้องมีเครื่องมือเข้าถึงที่รวดเร็วและมีความเสถียร เวลาเป็นส่วนหนึ่งของความท้าทาย เนื่องด้วยผู้เรียนรู้สึกถูกจำกัดการเรียนรู้เพราะขาดเวลาในการเรียนรู้ แม้ว่าไมโครเลิร์นนิ่งของไมโครเลิร์นนิ่งจะสั้นแต่ผู้เรียนก็ยังไม่มีเวลาเพียงพอสำหรับการเรียนรู้เพียงไม่กี่นาทีต่อวัน นอกจากนี้ยังอาจบ่งชี้ว่าผู้คนไม่มีเวลาดำเนินการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นการสร้างวัฒนธรรมแห่งการเรียนรู้ หรือการสร้างแรงจูงใจในบุคคลที่มีแรงบันดาลใจต่างกันนั้นไม่ใช่เรื่องง่าย สอดคล้องกับการศึกษาของ Insaard (2021, pp. 16-31) ได้อธิบายว่า

ไมโคร เลิร์นนิ่งเป็นการนำส่งความรู้ขนาดเล็กเน้นกิจกรรมการเรียนรู้แบบ “ไมโคร” หรือการเรียนรู้ที่ละเล็กละน้อยในสภาพแวดล้อมของสื่อดิจิทัล สามารถเสริมไปกับกิจกรรมประจำวันของผู้เรียนได้เป็นอย่างดีโดยใช้เทคโนโลยีแบบ “Push” ซึ่งเป็นเทคโนโลยีในการส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์มือถือแบบอัตโนมัติ เช่น การรับเมลได้ทันทีที่มีเมลเข้ามาแบบฉับไวและทันเหตุการณ์

5. สรุป

สังคมการเรียนรู้ในยุคปัจจุบันมีความแตกต่างจากในอดีตมาก การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างบุคคลจะต้องมีความรวดเร็วและเข้าใจง่าย สามารถอ่านได้รู้เรื่องภายในระยะเวลาไม่ก่นานที่ ดังนั้นไมโครเลิร์นนิ่งจึงเป็นสื่อที่ผู้เรียน พนักงาน หรือบุคลากรสายงานต่าง ๆ ภายในองค์กรควรร่วมกันใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ไมโครเลิร์นนิ่งมีข้อจำกัดคือไม่เหมาะกับเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและต้องการคำอธิบายโดยละเอียด วิธีการเรียนรู้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การเรียนรู้ หากเนื้อหาเป็นส่วนน้อยอาจทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาในเชิงลึกได้ แนวทางในการออกแบบและพัฒนาสื่อไมโครเลิร์นนิ่งคือการนำเทคโนโลยีที่ยืดหยุ่นซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงเนื้อหาได้ง่ายขึ้นในช่วงเวลาและเงื่อนไขเฉพาะของวัน ดังนั้นการเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิ่งจึงไม่ใช่กระบวนการถ่ายทอดความรู้โดยตรงแต่เป็นการเรียนรู้แบบปรับตัว (Adaptive) หมายถึง การปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป อนาคตของไมโครเลิร์นนิ่งจะถูกขับเคลื่อนไปสู่การค้นคว้าวิจัยเพื่อตอบสนองผู้เรียนในเวลาที่ต้องการด้วยความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องของการเรียนรู้แบบปรับตัวและวิธีการปรับปรุงการเรียนรู้เพิ่มเติม อาจส่งมอบการเรียนรู้ได้ก่อนที่บุคคลนั้นจะรู้ตัวว่าต้องการในอนาคต ผู้เรียนจะพยายามเรียนรู้เพื่อทำงานให้สำเร็จและแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยเทคโนโลยีเกิดใหม่อยู่เสมอและไมโครเลิร์นนิ่งไม่ได้ถูกจำกัดอยู่แต่ในห้องเรียนอีกต่อไป เนื่องจากการเข้ามาของเทคโนโลยีในอนาคตการเรียนรู้แบบไมโครเลิร์นนิ่งจะเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันโดยไม่คำนึงถึงเวลาและสถานที่ และจะเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้จากเดิมไปโดยสิ้นเชิง ทำให้การเรียนรู้ไม่ใช่สิ่งที่ต้องใช้เวลาแต่เป็นส่วนหนึ่งของชีวิต

เอกสารอ้างอิง

- Betrancourt, M., & Chassot, A. (2008). Making sense of animation: How do children explore multimedia instruction. In R. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 141-164). Cambridge University Press.
- Boonmapan, S. (2021). The development of microlearning lessons on social networks based on the constructivist approach to promote the analytical thinking of Matthayom Sueksa 6 Students. *ECT Journal (Education and Communication Technology Journal)*, 16(21), 65-78. (in Thai)
- Deloitte. (2014). *Big demands and high expectations: The Deloitte Millennial Survey*.
<http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/About-Deloitte/gx-dttl-2014-millennial-survey-report.pdf>.
- Digital Economy Promotion Agency. (2022). *The biggest opportunities and challenges in driving the digital Economy of gen Z*. <https://www.depa.or.th/th/article-view/article4-2563>
- Digmandarin. (n.d.). *Your guide to the Chinese learning jungle*. <https://www.digmandarin.com/>
- Ebbinghaus, H. (1949). Experiments in memory. In W. Dennis (Ed.), *Readings in general psychology* (pp. 225-230). Prentice Hall.
- Electronic Transactions Development Agency. (2022). *Thailand internet user behavior 2022*.
<https://www.etda.or.th/getattachment/78750426-4a58-4c36-85d3-d1c11c3db1f3/IUB-65-Final.pdf.aspx>
- Grevtseva, Y., Willems, J., & Adachi, C. (2017). Social media as a tool for microlearning in the context of higher education). In A. Skarzauskiene, & N. Gudeliene (Eds.), *Proceedings of the 4th European Conference on social media (ECSM 2017)* (pp. 131-139). Academic Conferences and Publishing International.
- Hug, T. (2006). Microlearning: A new pedagogical challenge (Introductory Note). In T. Hug, M. Lindner, & P. A. Bruck (Eds.), *Microlearning: Emerging concepts, Practices and Technologies After E-Learning: proceedings of Microlearning: Learning & Working in New Media* (pp. 8-11). Innsbruck University Press.
- Hug, T., & Friesen, N. (2007). Outline of a microlearning agenda. In T. Hug (Ed.), *Didactics of microlearning: Concepts, discourses and examples* (pp. 15-31). Waxmann Verlag.

- Insaard, S. (2021). Microlearning design of the digital age. *ECT Journal (Education and Communication Technology Journal)*, 16(20), 16-31. (in Thai)
- Karpicke, J. D., & Roedige, H. L., III. (2007). Repeated retrieval during learning is the key to long-term retention. *Journal of memory and language*, 57(2), 151-162.
- Khan, B. H. (2009). The global e-Learning framework. In S. Mishra (Ed.), *Stride HandbooiK 08: E-Learning* (Chapter 5; pp. 42-51). Indira Gandhi National Open University.
- Kulhanek, B., & Mandato, K.. (Eds.). (2022). *Healthcare technology training: An evidence-based guide for improved quality*. Springer Nature.
- PacRim Group. (2021). *PacRim micro learning*. <https://www.youtube.com/watch?v=Zvo1qmplpgM>
- PdfFilter. (n.d.). *PdfFilter and functionality*. <https://www.pdfFiller.com/en/functionality/>
- TikTok. (n.d.). *Technic for put your Fonts*. https://www.tiktok.com/@snname_199

Research article

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ
ร่วมมือตามเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

IMPROVING ACADEMIC ACHIEVEMENT IN A SCIENCE AND TECHNOLOGY COURSE USING
STAD COOPERATIVE LEARNING FOR EIGHTH GRADE STUDENTS

ภาณุวัฒน์ คำภู ทิพย์อุบล ทิพลเลิศ และวิศรุต พยุงเกียรติคุณ*

Phanuwat Khamphu, Tipubon Tippalert, and Wisarut Payoungkiattikun*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46230 ประเทศไทย
Department General Science, Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University,
Kalasin 46230 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23104>

Received: October 2, 2023, | Revised: October 24, 2023, | Accepted: December 19, 2023

ABSTRACT

This classroom action research demonstrates that the performance of eighth-grade students in science and technology courses using the STAD technique-based cooperative learning management was enhance to achieve a minimum of 70% and this technique yielded highest students' satisfaction. The sample group consists of 37 eighth-grade students from a school in Sakon Nakhon Province during the first semester of the academic year 2022, selected using purposive sampling. The research tools include a learning management plan, a 20-item multiple-choice achievement test on the topic of fluid, and a learning satisfaction form. The data analysis was based on averages, standard deviations, and percentages. The results show that students who were taught using the STAD technique-based cooperative learning management achieved an average score of 15.35 with a standard deviation of 2.07, exceeding the 70% success rate. The students expressed high levels of satisfaction with the STAD technique-based cooperative learning management, with an average overall satisfaction score of 4.42, and the highest satisfaction was reported for "teaching and learning activities" with an average score of 4.43.

Keywords: Achievement, Cooperative learning management, Proactive learning management,
Classroom action research

บทคัดย่อ

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD อยู่ในเกณฑ์สูงสุด โดยมี กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสกลนคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 37 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องแรงพยุ่ง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องแรงพยุ่งของของเหลว แบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ และ แบบวัดความพึงพอใจในการจัดการจัดการเรียนรู้ สถิติที่ใช้เปรียบเทียบ คะแนนก่อนและหลังเรียนด้วย การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ งานวิจัยชิ้นนี้แสดงให้เห็นว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD เรื่อง แรงพยุ่งของของเหลว มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เฉลี่ยเท่ากับ 15.35 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.07 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 2) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ “ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน” มีค่าเฉลี่ย 4.43 รองลงมา คือ “ด้านการวัดและประเมินผล” มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD, การจัดการเรียนรู้เชิงรุก, การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

1. บทนำ

การพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีจุดเริ่มต้นตั้งแต่การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสถานศึกษา ด้วยการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เข้าถึงแหล่งการเรียนรู้ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่หลากหลาย อย่างเสมอภาคและเท่าเทียมกัน อีกทั้งมีการพัฒนา หลักสูตรและกระบวนการเรียนรู้ให้ได้มาตรฐาน และทันต่อความก้าวหน้าของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จุดเน้นที่สำคัญยิ่งประการหนึ่ง คือ การพัฒนาให้มีความเป็นสากลที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของสังคมไทย ยึดหยุ่นตามบริบทของชุมชนในท้องถิ่น (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2003, pp. 1-2) วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์สากลที่สัมพันธ์กับศาสตร์อื่น ๆ ประกอบด้วยเนื้อหาสาระและกระบวนการที่มนุษย์ ใช้ศึกษาปรากฏการณ์ในธรรมชาติ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้ในการตรวจสอบสาระความรู้ และแสวงหาสาระความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีวิธีการที่หลากหลายในการแสวงหาความรู้ การสร้างองค์ความรู้ พัฒนาการทดลอง และสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ ผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้ตลอดเวลา และทุกสถานที่ไม่จำกัดเฉพาะแค่ในห้องเรียน (Tepsuribun et al., 2019, pp. 169-170)

วิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาวิธีการคิด ผ่านกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ และนำความรู้ที่พัฒนามาพัฒนาต่อยอดเพื่อแก้ปัญหา สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่สำคัญของโลกในสมัยปัจจุบันและอนาคต ซึ่งเป็นโลกแห่งความรู้ (Knowledge-based society) ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้มีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for all) เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในโลกธรรมชาติ และเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผลสร้างสรรค์อย่างมีคุณธรรม ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถ นำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้นทั้งทางตรงและทางอ้อม และที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาชาติประเทศ และสามารถดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข (IPST, 2004, p. 1)

วิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดไว้ว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นเป็นการพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับทั้งความรู้ ทั้งกระบวนการและเจตคติ ผู้เรียนทุกคนควรได้รับการกระตุ้น ส่งเสริมให้สนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้ความสงสัย เกิดคำถามในสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโลกธรรมชาติรอบตัว มีความมุ่งมั่นและมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล นำไปสู่คำตอบของคำถาม สามารถตัดสินใจ ด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สามารถสื่อสารคำถาม คำตอบ ข้อมูลและสิ่งที่ค้นพบ จากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต เนื่องจากความรู้ วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ (Natural world) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทุกคนจึงต้องเรียนรู้ เพื่อที่จะได้นำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิต

และการประกอบอาชีพ การจัดการเรียนการสอนที่ยังไม่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สอนโดยยึดเนื้อหาวิชาและการท่องจำมากกว่า การพัฒนาความสามารถของการคิดวิเคราะห์และให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนขาดโอกาสพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และขาดความสนใจในการเรียน ทำให้ประสบปัญหานักเรียนมีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียน ได้เรียนจากประสบการณ์จริง ฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดได้ ทำเป็น จะทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

จากการเรียนการสอนของครูวิทยาศาสตร์ที่ทำให้ประสบปัญหานักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ตกต่ำ สิ่งตามมาคือทำให้ระดับความพึงพอใจในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตกต่ำไปด้วย จากปัญหาที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มาใช้ในการวิจัย เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทั้งในระดับบุคคลและระดับกลุ่ม โดยเน้นความร่วมมือและการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ภายในกลุ่มซึ่งสมาชิกในกลุ่มมีความหลากหลายทางด้านความสามารถทางการเรียน โดยทุกคนจะต้องมีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการเรียนรู้ เพื่อให้ทั้งกลุ่มบรรลุถึงความสำเร็จร่วมกัน งานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 70/70 และเพื่อศึกษาความพึงพอใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้น ม. 2 ที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

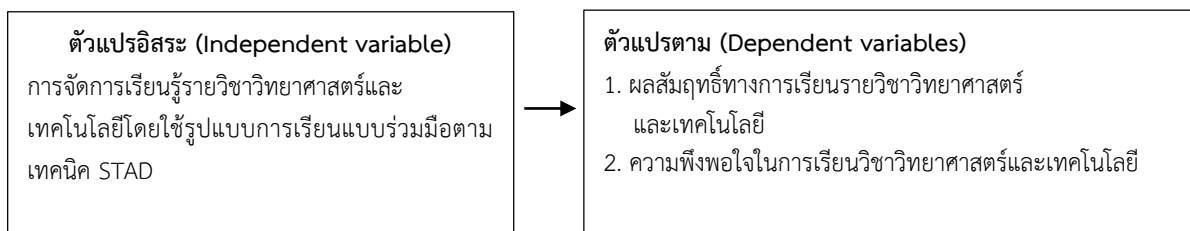
Sukhawong (1994, pp. 96-97) กล่าวว่า นักเรียนที่ได้เรียนวิชาสังคมศึกษาด้วยการสอนแบบโครงการโดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือและการสอนตามคู่มือการสอนของหน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และพฤติกรรมการทำงานกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนนักเรียนที่เรียนวิชาสังคมศึกษา ด้วยการสอนแบบโครงการโดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือและการสอนตามคู่มือการสอนของหน่วยศึกษานิเทศก์กรมสามัญศึกษา มีความคงทนในการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน Srimukda et al. (2015, pp. 31-39) พบว่า ได้ทำการพัฒนาผลการเรียน วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ ด้วยเทคนิค STAD ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับ มอบหมายการร่วมมือกันในกลุ่มเป็นไปด้วยความสามัคคีกระตือรือร้น ด้วยเทคนิคนี้ เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนจะมีอิสระในการคิด ผลจากการเรียนแบบร่วมมือ ส่งผลให้นักเรียนมีการช่วยเหลือภายในกลุ่ม มีความรับผิดชอบตระหนักถึงคุณค่าของตนเอง ร่วมกันแก้ปัญหาเพื่อเป้าหมาย คือความสำเร็จของกลุ่ม จึงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น จากการศึกษาของ Photipalakorn (2002, pp. 131-132) พบว่าการพัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบร่วมมือ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนและความคิดเห็นต่อชุดการเรียน สูงกว่าก่อนได้รับการสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 lam-Chaengpham (2004, pp. 145-147) ได้ทำการศึกษาผลการจัดกิจกรรม การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD นักเรียนจะมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ด้านสังคม ด้านกระบวนการกลุ่ม ด้านความรับผิดชอบดีขึ้นและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ รูปแบบการเรียนรู้ตามคู่มือครูของ สสวท. สอดคล้องกับ Chatsupakul (2007, pp. 86-87) ที่ได้ศึกษาผลการเปรียบเทียบ ผลการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD กับการเรียนตามแบบปกติ ที่มีต่อการคิดขั้นสูงและทักษะการสื่อสาร พบว่านักเรียนที่เรียนโดยได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีทักษะการคิดขั้นสูงมากกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ นอกจากนั้น Mamonto et al. (2021, pp. 54-55) ได้พัฒนาชุดการสอนวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ STAD สำหรับนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษ ผลการวิจัยระบุว่าวิธีการจัดการเรียนรู้แบบ STAD สามารถช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจ ของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำหรับนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษ นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมการทำงานเป็นทีมและการมีส่วนร่วมของนักเรียน ทุกคนในกระบวนการเรียนรู้

สมมติฐานการวิจัย นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมากขึ้นไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยนี้มีกรอบการวิจัยแสดงดังรูปที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 จะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 จำนวน 37 คน แบ่งออกเป็นนักเรียนชาย จำนวน 18 คน และนักเรียนหญิงจำนวน 19 คน ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive sampling)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การเคลื่อนที่และแรง เรื่อง แรงพยุ้งของของเหลว มาตราฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด ว 2.2 ม.2/3 ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อความดันของของเหลว

ว 2.2 ม.2/4 วิเคราะห์แรงพยุ้งและการจม การลอยของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ว 2.2 ม.2/5 เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุในของเหลว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่องแรงพยุ้งของของเหลว จำนวน 2 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวม 4 ชั่วโมง ได้แก่ 1) แรงพยุ้ง 2) ปัจจัยที่มีผลต่อแรงพยุ้งของของเหลว ในการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ไว้ที่ 70/70 ตามสูตร E_1/E_2 ทั้งนี้ E_1 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทั้งหมดที่ได้จากการทำกิจกรรมระหว่างเรียน ได้แก่ การทดสอบย่อย ใบงานและใบกิจกรรมระหว่างเรียนทุกกิจกรรมโดยคิดเป็นร้อยละไม่ต่ำกว่า 70.00 ส่วน E_2 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียนโดยคิดเป็นร้อยละไม่ต่ำกว่า 70.00

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง แรงพยุ้งของของเหลว โดยเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มีการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (IOC อยู่ในช่วง 0.80-1.00) ค่าความยากง่าย (p อยู่ในช่วง 0.60-0.80) ค่าอำนาจจำแนก (r มีค่า 0.20 ขึ้นไป)

3. แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลังได้รับการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD จำนวน 30 ข้อ การตรวจความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (IOC อยู่ในช่วง 0.67-1.00)

ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) ตามแนวคิดของ Kemmis et al. (2014, pp. 1-2) ซึ่งมีขั้นตอนปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) วางแผน (Plan) 2) ปฏิบัติ (Action) 3) สังเกตการณ์ (Observe) 4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) มีสาระสำคัญ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วางแผน (Plan) ศึกษาบริบทของโรงเรียนร่วมกับครูพี่เลี้ยง และศึกษาปัญหาทางด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนโดยศึกษาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงพุงของของเหลว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อเป็นการระบุปัญหาข้างต้นนำมาสู่การออกแบบเครื่องมือเพื่อใช้ในการออกแบบ เครื่องมือทำวิจัย โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD จำนวน 2 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวมเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ พร้อมนำเครื่องมือตรวจสอบหาความเหมาะสมและหาข้อดีข้อเสียความสอดคล้อง จากนั้นปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วจัดพิมพ์เครื่องมือเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 ปฏิบัติ (Action) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงในขั้นที่ 1 ไปดำเนินการจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มเป้าหมาย โดยแบ่ง เป็น 2 วงจรปฏิบัติการ โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วงจรปฏิบัติการที่ 2 จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ที่ได้พัฒนาปรับปรุงจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยข้อมูลที่ใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการของวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยวงจรปฏิบัติการที่ 2 ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ขั้นตอนที่ 3 สังเกตการณ์ (Observe) ศึกษาพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมาย ในขณะที่ทำการจัดการเรียนการสอน คือพฤติกรรมการร่วมมือกันทำงานหรือทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย หลังจาก สิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนตามวงจรปฏิบัติการ จึงนำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) หลังจากดำเนินการจัดการเรียนการสอนจบแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวม ข้อมูลจากการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบและข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวิเคราะห์ และสรุปข้อมูลเพื่อนำผลไปปรับปรุงการสอนในวงจรปฏิบัติการต่อไป เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่สอง ผู้วิจัยได้วัดความพึงพอใจของนักเรียนโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจไปให้นักเรียนตอบแบบสอบถาม หลังเสร็จสิ้นการเรียนการสอนตามวงจรปฏิบัติการทุกวงจร

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) 5) ขั้นประเมิน (Evaluation) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนเน้นลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง นั้น จะส่งผลให้ผู้เรียน เรียนร่วมกันทุกคนเก่ง ปานกลาง อ่อน อยู่ด้วยกัน เพื่อช่วยกันเรียนรู้ เพื่อให้การเรียนรู้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ดังรูปที่ 2-7



รูปที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ



รูปที่ 3 จัดกลุ่มย่อยกลุ่มละ 4-5 คน



รูปที่ 4 สำรวจและค้นหาข้อมูล



รูปที่ 5 สร้างแบบจำลองหลังจากที่นักเรียนได้ออกแบบร่วมกัน



รูปที่ 6 ครูและนักเรียนร่วมกันขยายความรู้เพิ่มเติม



รูปที่ 7 ทำแบบทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง แรงพยุ่งของของเหลวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD แสดงผลข้อมูลตามจุดประสงค์ ดังนี้

ตารางที่ 1 การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง แรงพยุ่งของของเหลว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

คนที่	วงจรปฏิบัติการที่ 1		วงจรปฏิบัติการที่ 2		ผลต่างของคะแนน
	คะแนน (เต็ม 20 คะแนน)	ร้อยละ	คะแนน (เต็ม 20 คะแนน)	ร้อยละ	
ค่าเฉลี่ย	13.78	68.92	16.29	81.49	1.86
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.60		1.54		

จากตารางที่ 1 วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 13.78 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.60 คิดเป็นร้อยละ 68.92 มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 59.45 ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 40.54 วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 16.29 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.54 คิดเป็นร้อยละ 81.49 มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ การประเมินร้อยละ 70 จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 100 และทำให้ทราบผลต่างของคะแนนสอบ มีช่วงระหว่าง 1-7 คะแนน

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD

รายการความคิดเห็น	$\bar{X}$	SD	ระดับคุณภาพ
ด้านเนื้อหา			
1. เนื้อหาเป็นเรื่องที่แปลกใหม่น่าสนใจ	4.41	0.64	พึงพอใจมาก
2. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.38	0.59	พึงพอใจมาก
3. นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องที่เรียนตามที่ต้องการ	4.27	0.73	พึงพอใจมาก
4. นักเรียนได้รับเนื้อหาครบถ้วนตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	4.30	0.74	พึงพอใจมาก
5. เนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.68	0.47	พึงพอใจมากที่สุด

ตารางที่ 2 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD

รายการความคิดเห็น	$\bar{X}$	SD	ระดับคุณภาพ
ด้านเนื้อหา			
6. นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนได้ง่าย	4.35	0.59	พึงพอใจมาก
7. นักเรียนเรียนเนื้อหาจากง่ายไปยากอย่างเหมาะสม	4.30	0.78	พึงพอใจมาก
8. นักเรียนชอบเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน	4.43	0.55	พึงพอใจมาก
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน			
9. นักเรียนมีความสุขในการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน	4.43	0.65	พึงพอใจมาก
10. นักเรียนมีความสนุกสนานในกิจกรรมการเรียนการสอน	4.43	0.65	พึงพอใจมาก
11. นักเรียนมีโอกาสได้อภิปรายแสดงความคิดเห็นในกิจกรรมการเรียนการสอน	4.38	0.64	พึงพอใจมาก
12. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนทำให้กล้าคิดกล้าแสดงออก	4.30	0.57	พึงพอใจมาก
13. นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกลุ่มก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในการเรียน	4.24	0.55	พึงพอใจมาก
14. กิจกรรมการเรียนการสอนกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเรียน	4.46	0.65	พึงพอใจมาก
15. นักเรียนได้มีส่วนร่วมรับผิดชอบในกิจกรรมการเรียนตามความสามารถ	4.41	0.60	พึงพอใจมาก
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน			
16. กิจกรรมการเรียนการสอนทำให้นักเรียนได้ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง	4.54	0.56	พึงพอใจมากที่สุด
17. กิจกรรมกลุ่มทำให้นักเรียนมีส่วนออกความคิดเห็นและตัดสินใจ	4.62	0.55	พึงพอใจมากที่สุด
18. กิจกรรมการเรียนทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน	4.43	0.73	พึงพอใจมาก
19. กิจกรรมการเรียนทำให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่หลากหลาย	4.32	0.67	พึงพอใจมาก
20. กิจกรรมการซักถามระหว่างกลุ่มทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันเป็นอย่างดี	4.57	0.55	พึงพอใจมากที่สุด
ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนการสอน			
21. เอกสาร สื่อที่ใช้ในการเรียนทำให้เข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น	4.30	0.62	พึงพอใจมาก
22. สื่อประกอบในการเรียนน่าสนใจ	4.41	0.55	พึงพอใจมาก
23. สื่อ เอกสารประกอบการเรียนเหมาะสมกับนักเรียน	4.46	0.56	พึงพอใจมาก
24. สื่อการเรียนการสอนก่อให้เกิดการเรียนรู้มากขึ้น	4.19	0.46	พึงพอใจมาก
25. โสตทัศนูปกรณ์ที่ใช้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่เรียน	4.35	0.54	พึงพอใจมาก
26. นักเรียนพอใจที่ได้รับการประเมินผลอย่างหลากหลาย	4.38	0.55	พึงพอใจมาก
27. นักเรียนมีโอกาสได้ทราบคะแนนของผลงานของตนเอง	4.35	0.54	พึงพอใจมาก
28. นักเรียนพอใจกับคะแนนสอบย่อยแต่ละครั้ง	4.49	0.51	พึงพอใจมาก
29. นักเรียนพอใจต่อคะแนนแบบฝึกหัดและการทำงานแต่ละครั้ง	4.46	0.51	พึงพอใจมาก
30. นักเรียนสามารถนำความรู้ไปพัฒนาตนเองได้	4.43	0.55	พึงพอใจมาก
เฉลี่ยรวม	4.43	0.53	พึงพอใจมาก

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.43 และมีค่า SD เท่ากับ 0.53 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (ตารางที่ 2)

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยพบว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 59.45 ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 40.54 ขณะที่วงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70 จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 100 เมื่อสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD นั้นพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับมากสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้ นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีคะแนนเฉลี่ย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำงานหรือทำกิจกรรมในห้องเรียนทำให้กลุ่มได้รับความสำเร็จเนื่องจากผู้เรียนต้องการให้กลุ่มของตนเองมีคะแนนมากกว่ากลุ่มตรงข้าม จึงทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจที่จะช่วยเหลือสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่ม

ให้เรียนรู้ได้ เหมือนตนเองเพื่อให้คะแนนของกลุ่มเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้คนที่เรียนเก่งได้ช่วยเหลือเพื่อนที่เรียนไม่เก่งในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้นเพราะนักเรียนช่วยกันเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ lam-Chaengpham (2004, pp. 145-147) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกัน เรื่องสมการและอสมการ อัตราส่วนและร้อยละ ที่มีต่อคุณลักษณะที่พึงประสงค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านนาเลิง อำเภอเมืองหนองบัวลำภู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาหนองบัวลำภูเขต 1 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ด้านสังคม ด้านกระบวนการกลุ่ม ด้านความรับผิดชอบ ดีขึ้น และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chatsupakul (2007, pp. 86-87) ได้ศึกษาผลการเปรียบเทียบผลการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD กับการเรียนตามแบบปกติ ที่มีต่อการคิดขั้นสูง และทักษะการสื่อสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยรวม คะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดขั้นสูง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 39.11 คิดเป็นร้อยละ 65.20 ของคะแนนเต็ม เมื่อพิจารณาทักษะย่อยของกลุ่มทักษะการคิดขั้นสูง พบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงสุด คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.46 คิดเป็นร้อยละ 69.76 รองลงมาคือ การคิดเชิงเหตุผล การคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และการคิดวิเคราะห์ ตามลำดับ คะแนนทักษะการสื่อสาร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 49.34 คิดเป็นร้อยละ 82.23 ของคะแนนเต็ม ไม่เพียงเท่านั้น ยังมีรายงานพบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีทักษะการคิดขั้นสูงมากกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีทักษะการสื่อสารมากกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ขณะที่ Rachapakdee (2007, p. 91) ได้ศึกษาผลการเรียนด้วยโปรแกรมบทเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD เรื่องเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ช่างไม้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีเพศต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวมนักเรียนชายและนักเรียนหญิง ที่เรียนด้วยโปรแกรมบทเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์หลังเรียนโดยรวม และรายด้าน 5 ด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เนื่องจากนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khamsingnok (2007, pp. 121-122) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้เรื่องการคำนวณเกี่ยวกับปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนโดยใช้เทคนิค TGT และเทคนิค STAD ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้เทคนิค TGT และเทคนิค STAD มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 70.65 และ 71.4 ตามลำดับ และนักเรียนที่เรียนโดยใช้เทคนิค TGT และเทคนิค STAD มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน ($p>.05$) และนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มมีความพึงพอใจต่อการเรียนโดยรวมและเป็นรายด้าน 2 ด้าน คือ ด้านการจัดการเรียนรู้และด้านคุณค่าต่อการเรียน อยู่ในระดับมาก และมีความพึงพอใจใน ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับปานกลาง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nath et al. (1996, pp. 117-136) ได้ศึกษาการใช้โปรแกรมการเรียนรู้แบบร่วมมือในโรงเรียนที่อยู่ในตัวเมืองขนาดใหญ่ ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ยุทธศาสตร์การเรียนแบบร่วมมือของครูภายใต้เงื่อนไขโรงเรียนต้นแบบโดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ ผลการวิจัยพบว่าครูส่วนมากเกิดความชำนาญมากขึ้นในการใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ (STAD) แต่การวางแผนและดำเนินการอย่างพิถีพิถันเป็นสิ่งจำเป็นมากที่จะทำให้มั่นใจว่าพวกเขาประสบความสำเร็จตลอดเวลาครูมีความพอใจที่จะใช้ STAD ผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กันที่เกิดขึ้นคือ การร่วมมือของนักเรียนและการพึ่งพาซึ่งกันและกัน ระหว่างการเรียนรู้แบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงขึ้นแต่ครูจำนวนมากมีความพยายามตลอด 1 ปีที่จะเข้าใจและใช้ยุทธศาสตร์นี้ที่กำหนดโดยรูปแบบ STAD และสิ่งที่เกิดขึ้นจากความพยายามนั้นคือการฝึกฝนการสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร และการกระตุ้นเพื่อนร่วมงานซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการใช้ STAD ในห้องเรียนให้ประสบผลสำเร็จ

6. ข้อเสนอแนะ

ครูผู้สอนควรมีการวางแผนเป็นขั้นตอนและอธิบายขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ให้นักเรียนเข้าใจก่อนที่จะเริ่มการเรียนการสอน และสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนในการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน พบว่าช่วงแรกสมาชิกในกลุ่มมักไม่ทำงานร่วมกัน เนื่องจากสมาชิกมีความสามารถที่แตกต่างกันอีกทั้งการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคดังกล่าวใช้กระบวนการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ดังนั้นผู้สอนควรสอดแทรกกิจกรรมที่กระตุ้นการเข้าอกเข้าใจกันอย่างลึกซึ้ง (Empathy) ภายในกลุ่ม เพื่อสร้างการร่วมมือ และความสามัคคีระหว่างผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนสูง และผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนที่ต่ำกว่า สำหรับการทบทวนครั้งถัดไปควรมีการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD และการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นและนำการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือตามเทคนิค STAD ไปประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนและพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านอื่น ๆ เช่น ทักษะความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร และ ทักษะการคิดวิเคราะห์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- Chatsupakul, S. (2007). *Comparisons of effects of STAD collaborative learning approach and conventional learning approach to higher-ordered thinking and communication skills of Matthayomsuksa 1 students* [Master's thesis]. Mahasarakham University. (in Thai)
- lam-Chaengpham, A. (2004). *The effects of oraganization of learning-teaching activities by using the cooperative learning model entitled "equations and inequalities, ration and percentages" on desirable characteristics and learning achievement of Matthayomsuksa 2 students at Ban Na Loeng School Amphoe Muang Nong Bua Lamphu under the Office of Nong Bua Lamphu education at zone 1* [Master's thesis]. Mahasarakham University. (in Thai)
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2003). *Basic Learning Teacher's Guide Substances and their properties*. Author. (in Thai)
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2004). *Basic learning teacher's guide force and motion energy*. Author. (in Thai)
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research*. Springer.
- Khamsingnok, P. (2007). *A comparision of learning outcomes entitled calculation for substance quantities in chemical reactions of the science content group of Matthayomsuksa 4 between instruction using TGT technique and STAD technique* [Master's thesis]. Mahasarakham University. (in Thai)
- Mamonto, F., Umar, M. K., & Paramata, D. D. (2021). Pengembangan perangkat pembelajaran ipa smp menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe Student Teams Achievement Divisions (STAD) bagi siswa berkebutuhan khusus. *Jambura Physics Journal*, 3(1), 54-63.
- Nath, L. R., Ross, S., & Smith, L. (1996). A case study of implementing a cooperative learning program in an inner-city school. *The Journal of Experimental Education*, 64(2), 117-136.
- Photipalakorn, A. (2002). *The development of mathematics learning packages emphasizing mathematical problem solving skills by cooperative learning for Mathayom Suksa III* [Master's thesis]. Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Rachapakdee, S. (2007). *Effects of studying by using computer courseware with two co-operative learning techniques: STAD technique and TGT technique* [Master's thesis]. Mahasarakham University. (in Thai)

- Srimukda, J., Klangprapan, M., & Phrajit, S. (2015). Effects of the learning application using project-base approach in conjunction with thestad cooperative learning ofmathematical affecting learning achievements, problem solving abilities andlearning satisfaction of Prathomsuksa 6 students. *Graduate Studies Journal*, 12(59), 31-40. (in Thai)
- Sukhawong, S. (1994). *Comparison of learning achievement. group work behavior and persistence in learning of Mathayomsuksa 1 students learning social studies with project-based teaching using cooperative learning* [Master's thesis]. Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Tepsuribun, P., Nuankaew, J., & Liumthong, S. (2019). Development of science creative thinking in the topic of biodiversity of Mathayom Suksa 3 students learning under the 5E inquiry cycle learning management together with the 4 MAT technique. *STOU Education Journal*, 12(1), 168-177. (in Thai)

Research article

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างสร้างสรรค์
ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

DEVELOPMENT PROBLEM-SOLVING ABILITIES OF MATHAYOMSUKSA 4 STUDENTS
CREATIVELY THROUGH LEARNING MANAGEMENT BY USING SCIENTIFIC METHODS
AND GAMIFICATION

เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ* และพลวัฒน์ ดำรงกิจภากร

Akesit Chanintarapum* and Pollawat Dumrongkitpakorn

โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา), คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม 73000 ประเทศไทย
The demonstration school of Silpakorn University, Faculty of Education Silpakorn University,
Nakhon Pathom 73000 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23105>

Received: November 7, 2023, | Revised: December 6, 2023, | Accepted: January 19, 2024

ABSTRACT

This research is to develop the problem-solving abilities of mathayomsuksa 4 students creatively through learning management by using scientific methods and gamification, resulting in increased student interest learning, enjoyment, learning participation, and better understanding of the lessons. The research was experimental research with a pre-experimental research approach and a one-shot case study design. The target group in this research was 38 students in mathayomsuksa 4/1 at the Demonstration School of Silpakorn University (Secondary) and they were selected by using purposive sampling, the study was conducted in the second semester of the 2018 academic year using unit 2 Spaghetti Tower. The research tools consisted of 1) the problem-solving ability assessment form 2) the creative work assessment form and 3) the students' satisfaction questionnaire and assess the quality assessment by experts. The data collected was analyzed by using descriptive statistics used in this research including percentage, mean ($\bar{x}$), and standard deviation (SD). The results were as follows. Firstly, the instruction via scientific methods and gamification consists of five steps that are 1.1) identifying the problem 1.2) formulating hypotheses 1.3) designing tests for the hypotheses 1.4) collecting data and 1.5) drawing conclusions. Secondly, the improvements of problem-solving ability and creative work among mathayomsuksa 4 students are that 2.1) the problem-solving ability of the students were at excellent level 2.2) the creative work of the students were mostly excellent and 2.3) the satisfaction level of the students on the improvement of their problem-solving ability when being instructed via scientific methods and gamification was at the highest level.

Keywords: Learning methods, Gamification, Scientific methods, Problem-solving

บทคัดย่อ

การวิจัยการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เป็นการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน มีความสนุกสนาน มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เข้าใจในบทเรียนมากยิ่งขึ้น วิธิตำเนินการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ประเภทการทดลองขั้นพื้นฐาน (Pre-experimental research) แบบรายกรณี (One shot case study) กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) และเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2565 รวมจำนวน 38 คน ใช้หน่วยที่ 2 Spaghetti Tower เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา 2) แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน ประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน มีขั้นตอน 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1.1) การระบุปัญหา 1.2) การตั้งสมมติฐาน 1.3) การออกแบบการทดสอบสมมติฐาน 1.4) การเก็บรวบรวมข้อมูล และ 1.5) การสรุปผล ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียนอยู่ในระดับดีเยี่ยม 2) ผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก 3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชันอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: วิธีการเรียนรู้, เกมมิฟิเคชัน, วิธีการทางวิทยาศาสตร์, การแก้ปัญหา

1. บทนำ

อนาคตของประเทศไทยขึ้นอยู่กับคุณภาพการศึกษาของประเทศ โดยเฉพาะความสามารถพื้นฐานที่สำคัญมากด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นจุดเชื่อมต่อสำหรับแนวทางการเรียน ที่เน้นการค้นหาค้นหาและการคิดเชิงวิพากษ์ ได้พัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผล การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกันและทำงานผ่านกระบวนการความคิดสร้างสรรค์ เป็นผู้นำและเป็นผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ส่วนนโยบายของประเทศไทย Thailand 4.0 ส่งเสริมการปลูกฝังให้เด็กนักเรียนรัก เข้าใจ และเก่งคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เปรียบเสมือนเป็นการเปิดโลกทัศน์ เปิดโอกาสทางเลือกอาชีพของเด็กนักเรียนอย่างไม่มีขีดจำกัด โดยเฉพาะการเร่งส่งเสริมให้เกิดสังคมนวัตกรรม ผลักดันงานวิจัยสู่การใช้ประโยชน์และพัฒนาสถานะแวดล้อมของการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรมในประเทศไทย ส่วนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 พบว่าในหลักสูตรได้กำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นการเตรียมพื้นฐานเพื่อการศึกษาในระดับอุดมศึกษา มีลักษณะบูรณาการความรู้ ร่วมกับการสนับสนุนให้มีการสร้างนวัตกรรม ดังนั้นการเตรียมความพร้อมสำหรับศักยภาพสถานการณ์ของโลกในอนาคต ถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารการเปลี่ยนแปลง (Change) ในโลกยุคเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (Creative economy) โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เกิดการสร้างมูลค่า (Value creation) จากการนำความรู้และเทคโนโลยีไปใช้เป็นต้นทุนสำคัญที่นำไปสู่การเกิดทรัพย์สินทางปัญญาและเทคโนโลยีในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้ในการบริหารจัดการร่วมกับการสร้างผลผลิตอันจะนำมาซึ่งการเกิดธุรกิจใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่ม ส่งผลให้เกิดความเจริญก้าวหน้าทั้งภาคเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ พัฒนาและส่งเสริมการศึกษาให้เด็กมีทักษะที่พร้อมต่อโลกอนาคต มีกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยตนเองเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการคิด การตัดสินใจและการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและรู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีความรับผิดชอบต่อตนเองและส่วนรวม (Sutthira, 2015, p. 68) การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จึงเป็นกระบวนการเรียนรู้โดยการลงมือทำด้วยตนเอง (Active learning) เริ่มต้นกิจกรรมการคิดที่ซับซ้อนเพื่อเป็นการตอบคำถามที่ตั้งขึ้น การเรียนเป็นการฝึกเพื่อให้ได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อให้เกิดกระบวนการฝึกคิด และร่วมกันทำงานเป็นทีมกับเพื่อนโดยมีครูเป็นผู้ช่วยเหลือแนะนำและให้กำลังใจ (Panich, 2014, p. 16)

การเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) เป็นแนวคิดตั้งอยู่บนพื้นฐานความเชื่อมั่นในศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) จากประสบการณ์เน้นการค้นพบความรู้ (Discovery) ค้นพบความจริงด้วยวิธีสืบสอบ (Inquiry method) และแก้ปัญหายังมีระบบและขั้นตอน โดยเริ่มจากการสังเกตสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว แล้วรวบรวมเป็นข้อมูลมาระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน และตรวจสอบสมมติฐานนั้น เพื่อสรุปเป็น

ข้อค้นพบใหม่หรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยแนวทางการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้และทักษะประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง เน้นความรู้ ความเข้าใจในความคิดรวบยอด ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ แลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่นสัมพันธ์กับชีวิตจริง ตามความถนัดและความสามารถของตัวอย่างกลุ่มเล็กในการศึกษาหาคำตอบในเรื่องนั้น ๆ ได้ใช้ความรู้ทักษะและประสบการณ์ของตนเองในการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ทำให้เกิดแรงจูงใจใฝ่รู้ใฝ่เรียน การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ยังฝึกให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการตัดสินใจในเรื่องของตนเอง (Carey, 2004, p. 3; Karsai & Kampis, 2010, p. 634) เป็นวิธีการที่ใช้ในการสืบเสาะค้นคว้าหาความรู้แบบวิทยาศาสตร์ หรือเป็นแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน มีระบบแบบแผน เพื่อให้การแก้ปัญหาเป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสม เป็นที่ยอมรับ มีความน่าเชื่อถือ อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ผู้เรียนได้เรียนรู้และดำเนินกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง ทำให้เกิดความสนใจ ความเข้าใจ และจดจำได้นาน ให้ได้ข้อสรุปแล้วนำไปพัฒนาทักษะในการคิดและสามารถเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางความคิดจะถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยการรวมตัวกันของความรู้ซึ่งมาจากหลากหลายทันที (Sutthira, 2015, p. 82) เมื่อศึกษาเนื้อหาจบลงแล้วลงมือทำ คือ “สร้าง Constructed” เพื่อเข้าใจความต้องการของกลุ่ม ให้ทันสมัยอยู่เสมอ ไม่ตกยุค โดย Dewey (1977, p. 19) กล่าวว่ามนุษย์เป็นสัตว์สังคมและเรียนรู้จากการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกับผู้อื่น การเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อบุคคลได้รับเสรีภาพในการเข้าไปร่วมทำกิจกรรมที่มีความหมายต่อตนเอง การจัดการศึกษาจึงควรมุ่งเน้นการให้ความสำคัญกับ “กระบวนการเรียนรู้” ของนักเรียนมากกว่าความรู้หรือความสามารถที่ครูมี นักเรียนจะต้องได้รับการสนับสนุนหรือส่งเสริมให้ใช้กระบวนการสร้างประสบการณ์จากการได้ลงมือปฏิบัติโดยครูมีบทบาทในการจัดการเรียนการสอนหรือเตรียมประสบการณ์ที่มีความหมายแก่นักเรียน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ (Learn by doing) และจากแนวคิดนี้เองจึงเป็นที่มาของการเรียนรู้โดยมีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Child center) วิธีที่น่าสนใจคือการนำแนวคิดเกมมิฟิเคชันมาประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการสอน ซึ่งแนวคิดดังกล่าวนี้คือการนำหลักทฤษฎีของ เกม เทคนิคการออกแบบเกมต่าง ๆ เช่น การสะสมแต้ม การเลื่อนระดับชั้น การบ่งบอกระดับ หรือการได้รับของรางวัลมาผสมผสานในกิจกรรมการสอน (Kapp, 2012, pp. 25-50) มีการกำหนดให้นักเรียนได้รับแต้มสะสมเมื่อร่วมทำกิจกรรมในชั้นเรียน และเมื่อแต้มสะสมของนักเรียนถึงเกณฑ์ที่กำหนดจะได้รับเหรียญ รางวัล และผู้สอนจัดทำตารางแสดงรายชื่อผู้นำที่มียอดสะสมสูงสุด โดยประยุกต์รูปแบบของเกมเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้กิจกรรมนั้นมีรูปแบบเหมือนเกม ความสนุกสนาน หรือความท้าทายที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมนั้นจะช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจให้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่อไป การนำแนวคิดเกมมิฟิเคชันมาใช้ในการเรียนรู้คือการนำเกมเข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันโดยอาศัยหลักการของเกม การเล่นที่มีความสนุกสนาน ทำทายและนำติดตามผสมผสานกันไป (Meesook, 2015, p. 26) ซึ่งวิธีการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกมมิฟิเคชันจะทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างสนุกสนาน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้และเกิดการพัฒนาดตนเอง เกิดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ร่วมกัน และมีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด โดยการจัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนาน ทำทาย จะช่วยกระตุ้นใจให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ความท้าทายนั้นจะทำให้เกิดความอยากเอาชนะ (Eager to win) โดยเฉพาะการเล่นเกมที่มีการแข่งขัน (Poondej & Lerdpornkulrat, 2016, p. 332)

ความสามารถในการแก้ปัญหา (Problem-solving abilities) เป็นกระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหาที่สืบเนื่องมาจากความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ซึ่งผู้แก้ปัญหาต้องใช้ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ที่มีอยู่ในการค้นหาคำตอบ ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่สองประเภทขึ้นไป และใช้หลักการนั้นผสมผสานกันจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ที่เรียกว่าความสามารถด้านการแก้ปัญหาต้องอาศัยความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมกันของสิ่งเร้าทั้งหมด (Gagné, 1970, p. 63) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นหนึ่งในกลุ่มสาระแกนกลาง ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหาการให้เหตุผล การสื่อสาร สื่อความหมายทางวิทยาศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์และการเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยกำหนดทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นมาตรฐานการเรียนรู้ที่โรงเรียนต้องพัฒนาให้เกิดขึ้น (Office of the Secretariat of the Council of Education, 2017, p. 3) มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น เป็นการค้นหาคำตอบที่เกี่ยวกับสิ่งที่เกิดในธรรมชาติ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เหตุผล (Logic) ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical evidence) จินตนาการและการคิดสร้างสรรค์ จากความรู้หรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เชื่อมโยงความรู้ ก่อให้เกิดกระบวนการประดิษฐ์คิดค้น (Invention) เป็นการเรียนรู้เกิดจากการสร้างพลังความรู้

ในตนเองด้วยตนเองของนักเรียน หากนักเรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงาน นวัตกรรม หรือ สร้างความหมายให้กับสิ่งที่ตนสนใจ สอดคล้องกับ Yolsuriyan (2020, p. 66) ได้ให้ความหมายของผลงาน สร้างสรรค์ ว่าเป็นชิ้นงานที่ประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่ มีการคิดริเริ่มในสิ่งที่แปลกใหม่ เพื่อสนองความต้องการของตนเองและสังคม โดยมี 3 ลักษณะ คือ 1) มีความริเริ่ม เป็นผลงานที่สร้างสรรค์ มีความแปลกใหม่ สวยงาม ไม่ซ้ำใคร 2) ความสามารถในการใช้งาน สามารถใช้งานได้ดีและใช้ได้จริง ช่วยแก้ปัญหาที่ต้องการได้ และ 3) ขั้นตอนการสร้างสรรค์ผลงาน เป็นการสร้างผลงานตาม ขั้นตอนกระบวนการตามที่กำหนดไว้อย่างเป็นระบบ มีการทดลองเพื่อความสมบูรณ์แบบของผลงานเป็นผลรวมของ ภาวะสร้างสรรค์ (Creativity)

โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือจากการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) แล้วศึกษาผลความสามารถในการแก้ปัญหา ผลงาน สร้างสรรค์ของนักเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการสอนที่สนุกสนาน ทำทายและผู้เล่นได้เรียนรู้ ดำเนินกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง ทำให้เกิดความสนใจ ความเข้าใจ สร้างพลังความรู้ในตนเองด้วยตนเอง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดที่เกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหา ซึ่งผู้แก้ปัญหาต้องใช้ความรู้ ทักษะและประสบการณ์ที่มีอยู่ในการค้นหาคำตอบ การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ควรจะถูกฝึก ให้นักเรียนควรจะเรียนรู้และพัฒนาให้เกิดเป็นทักษะ เพื่อใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาตรงตามวัตถุประสงค์สามารถนำไปใช้ ประโยชน์ในชีวิตประจำวันเพื่อให้สามารถปรับตัวให้เข้ากับสังคมได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้ 1) การระบุปัญหา เป็นการตั้ง คำถามจากสถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้น โดยอ่านสถานการณ์เพื่อระบุสิ่งไม่ทราบค่า ข้อมูล และเงื่อนไขของปัญหา ด้วยการแปลงปัญหาจากตัวอักษรเป็นตัวแทนภายในความคิดเพื่อทำความเข้าใจปัญหาซึ่งต้องมีการค้นคว้าข้อมูล อาจใช้การ วาดภาพตัวแทน (Visual or pictorial representation) เพื่อช่วยแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาออกมาให้เห็นอย่างชัดเจน 2) การวางแผนแก้ปัญหา เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลที่มีและตัวไม่ทราบค่าเพื่อค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา บอกแนวทาง ขั้นตอนวางแผนแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และวางแผนตรวจสอบ อาจเริ่มจากการนำวิธีแก้ปัญหาของสถานการณ์เดียวกันหรือ คล้ายคลึงที่เคยพบเจอมาปรับใช้กับปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ รวบรวมทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนอาจใช้กลวิธีในการ แก้ปัญหาเพื่อช่วยในการวางแผนการแก้ปัญหาจากประสบการณ์เดิมตามข้อมูลที่ปัญหาสร้างความสัมพันธ์ไว้ 3) การดำเนิน แก้ปัญหา เป็นการหารูปแบบวิธีหรือเลือกแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่ตรงกับสาเหตุ โดยการวิเคราะห์ ข้อมูลรวบรวมข้อเท็จจริงต่าง ๆ รวมทั้งการพิจารณาแหล่งข้อมูล โดยพิจารณาความถูกต้องและความสมเหตุสมผล ของหลักการหรือวิธีการที่ใช้ในขณะลงมือแก้ปัญหาใช้การคิดวิเคราะห์เพื่อตั้งสมมุติฐาน และกำหนดวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด และลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหา และ 4) การตรวจสอบผลที่ได้จากการแก้ปัญหาตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผล ของคำตอบประเมินประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนใช้ ว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดมีจุดเด่นหรือจุดด้อย อย่างไรบ้าง นอกจากนี้นักเรียนอาจคิดเพิ่มเติมด้วยการจินตนาการถึงการนำขั้นตอนและผลลัพธ์ของปัญหาที่ได้ จากกระบวนการแก้ปัญหานี้ไปใช้กับปัญหาอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกันมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ หรือปัญหาที่มี ลักษณะเดียวกันให้เหมาะสมกับสถานการณ์ (Charoenchim, 2009, p. 16; Dittapanya & Haemaprasith, 2020, p. 30; Intanon, 2008, p. 7; Sasang, 2019, p. 38) และผลงานสร้างสรรค์ เป็นผลงานที่สืบเนื่องมาจากความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ผลงานที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องเป็นประโยชน์ มีความสวยงาม แปลกใหม่หรือมีการพัฒนาจากของเดิมที่มีอยู่ให้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น การสร้างสรรค์ผลงานเพื่อให้ได้ชิ้นงานออกมานั้นขึ้นอยู่กับระดับความสามารถที่ผู้เรียนจะถ่ายทอดออกมา การประเมินผลงานสร้างสรรค์ เป็นการเชื่อมโยงและสัมพันธ์เป็นระบบสมเหตุสมผล มีจุดเน้นของผลงานที่พัฒนา มีความคิด รวบรวมและความถูกต้องของความรู้ที่นำเสนอ ที่นำสู่ผลปฏิบัติที่สำเร็จ เป็นผลงานที่นำไปสู่การพัฒนาในด้านต่าง ๆ ทำให้เกิดผล กับผู้เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) ความริเริ่ม สร้างสรรค์ เป็นผลงานที่สร้างสรรค์มีความแปลกใหม่สวยงามไม่ซ้ำ กับความคิดของคนอื่นที่มีการเรียนรู้ สื่อความหมาย (Expressive) ความคิดริเริ่ม (Original) เป็นผลงานที่ผู้ใช้หรือผู้พบเห็น เข้าใจง่ายมีความชัดเจน (Understanding) 2) ความสามารถในการใช้งาน ผลงานสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เป็น ปัญหาได้ ผลงานสร้างด้วยวิธีการที่สมเหตุสมผลและมีความเหมาะสม (Appropriate) ผลงานมีกระบวนการแก้ปัญหาถูกต้อง

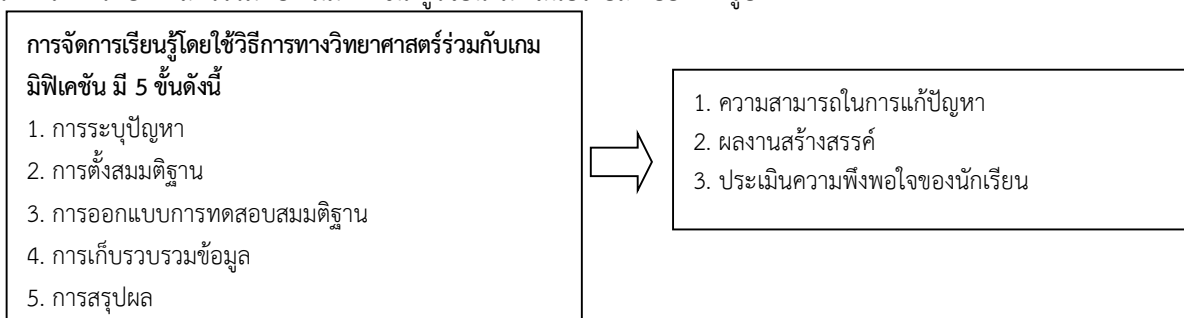
(Useful) สามารถนำผลงานนั้นมาใช้ประโยชน์ได้คุณค่า (Valuable) ผลงานนั้นมีคุณค่าต่อสังคม สามารถใช้งานได้ดี และใช้ได้จริง 3) ขั้นตอนการสร้างสรรคผลงาน เป็นการสร้างผลงานตามขั้นตอนกระบวนการตามที่กำหนดไว้อย่างเป็นระบบ มีการทดลองเพื่อความสมบูรณ์แบบของผลงาน ความประณีต (Elegant) และผลงานสร้างขึ้นมาด้วยความตั้งใจทำ (Well-crafted) (Anthony, 2012, p. 37; Harvard Business School, 2012, p. 52; Phengnoi, 2020, p. 63; Yolsuriyan, 2020, p. 66)

แนวคิดเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน (Scientific methods and gamification) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างมีระบบและขั้นตอนนำมาใช้ในกระบวนการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ใช้เป็นแนวทางหรือขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน โดยให้ผู้เรียนเลือกทำงานตามความสนใจของตนเอง โดยใช้กลไกของเกมมาประยุกต์ใช้ทำให้เกิดการเฝ้าความสนใจ สนุกสนาน ส่งเสริมการเรียนรู้ การแก้ปัญหาและทำให้เกิดความผูกพันกับการทำกิจกรรม เฝ้าความสนใจและการแก้ปัญหา สามารถแข่งขันกับตนเองและผู้อื่นได้ มีการแบ่งปันข้อมูลระหว่างกัน ในการจัดกิจกรรมมีเป้าหมาย กฎ กติกา แรงจูงใจ รางวัล ผลตอบกลับให้นักเรียน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นระบุปัญหา เป็นขั้นที่ฝึกให้ผู้เรียนใช้ทักษะการสังเกต สังเกตสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเพื่อนำไปสู่การเกิดปัญหาและตั้งปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดขอบเขตและทำความเข้าใจกับปัญหาที่ผู้เรียนได้ตั้งขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ ผู้สอนอาจใช้วิธีเล่าเรื่องสร้างสถานการณ์ อภิปราย แล้วใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้อยากเห็น อยากค้นคว้าหาคำตอบ เป็นการเฝ้าความสนใจของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นถึงปัญหานั้น ๆ 2) ขั้นตั้งสมมติฐาน เป็นขั้นที่ผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องสำรวจค้นหาในสิ่งที่ยังไม่เคยรู้มาก่อน ท้าทายให้เกิดความสงสัยเพื่อนำไปสู่การตั้งสมมติฐานหรือคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าของปัญหาก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียน รวมทั้งร่วมกันวางแผนว่าจะใช้วิธีการใดในการหาคำตอบของสมมติฐานอันจะนำไปสู่คำตอบของปัญหานั้น 3) ขั้นการออกแบบการทดสอบสมมติฐาน เป็นขั้นที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามแผนที่ได้วางไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเป็นหลักฐานยืนยันหรือหักล้างสมมติฐาน แล้วจัดรายละเอียดของข้อมูลไว้ โดยผู้สอนจะมีบทบาทในการให้คำแนะนำ ถามคำถามเกี่ยวกับการทดลอง เพื่อให้การทดลองของผู้เรียนไปในแนวทางเดียวกัน และอำนวยความสะดวกด้านวัสดุอุปกรณ์และสิ่งจำเป็นต่าง ๆ ที่ผู้เรียนต้องการใช้ในการทดลอง 4) ขั้นรวบรวมข้อมูล ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมไว้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ อภิปรายร่วมกันและมีการลงความคิดเห็นโดยผู้สอนกำหนดประเด็นการอภิปรายผลการทดลอง โดยใช้รูปแบบของคำถาม เพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่การสรุปผล โดยผู้สอนจะช่วยขยายเพิ่มเติมในส่วนที่ขาดและคลุมเครือให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และ 5) ขั้นสรุปผล ผู้สอนตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายและพิจารณาว่าจากผลการศึกษาดทดลองนั้น ได้ผลสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ล่วงหน้าหรือไม่อย่างไร หรือเป็นการให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้มาสรุปเพื่อตอบปัญหาที่ทำการศึกษาแล้วนำความรู้ที่นำมาสรุปเรียบเรียงให้เป็นระเบียบ ผู้สอนช่วยเสริมและสรุปประเด็นสำคัญของการเรียนการสอนในครั้งนี้ อีกทั้งเป็นขั้นที่ผู้สอนประเมินผลการทำกิจกรรมของผู้เรียนแล้วแจ้งให้ผู้เรียนทราบข้อดีและข้อบกพร่องจากการทำกิจกรรมเพื่อปรับปรุงแก้ไข (Carey, 2004, pp. 3-5; Kapp et al., 2014, pp. 26-49; Laohapaiboon, 1994, p. 10; Meesook, 2015, p. 37; Mulkham & Mulkham, 2010, pp. 44-46; Phinyoyang, 2013, p. 166; Teodorescu, 2018, Online; Weeravaidya & Noppakhun, 2001, pp. 33-35)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ผู้วิจัยนำมาเสนอรายละเอียด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การจัดเตรียมโครงการวิจัย เป็นการจัดเตรียมโครงการวิจัยเพื่อให้เกิดระบบดำเนินการตามโครงการเป็นขั้นตอนนิยามปัญหา โดยการศึกษาจากเอกสาร ตำรา ข้อมูลสารสนเทศ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การพัฒนาปรับปรุงข้อบกพร่องของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 Spaghetti Tower จำนวนทั้งสิ้น 3 แผนการเรียนรู้ ประกอบด้วย 1) แผนการเรียนรู้ที่ 3 สมดุลและสภาพยืดหยุ่น 2) แผนการเรียนรู้ที่ 4 การสร้างแบบจำลอง และ 3) แผนการเรียนรู้ที่ 5 การพัฒนาชิ้นงาน โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน การเรียนรู้โดยใช้กิจกรรม Spaghetti Tower มีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเพื่อฝึกฝน การคิดเพื่อสร้างต้นแบบ (Prototype) กิจกรรมนี้ส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์ โดยให้ผู้เรียนสังเคราะห์สิ่งที่เรียนรู้อย่างรวดเร็วเพื่อสร้างการออกแบบใหม่ เผชิญกับความท้าทาย ผู้เรียนทุกคนในกลุ่มได้เกิดการร่วมแรงร่วมใจทำกิจกรรม และเกิดความสามัคคีกัน ฝึกการคิดวางแผน และหาผลลัพธ์ฝึกแบ่งปันประสบการณ์ สร้างวิธีสื่อสารภายในกลุ่ม และเข้าใจความสำคัญของการทำต้นแบบและทักษะในการส่งเสริมกระบวนการทำงาน (Facilitation skill) เป็นการเรียนรู้ผ่านการทดลองปฏิบัติ และพิจารณาผลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงาน โดยบูรณาการระหว่างวิชาการออกแบบเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) โดยมีข้อกำหนด ดังนี้ 1) การออกแบบโครงสร้าง Spaghetti Tower ที่ใช้หลักการทางฟิสิกส์ โดยให้มีระยะห่างระหว่างริมในของเสาถึงเสา (Clear span) ไม่เกิน 20 เซนติเมตร ความกว้าง Spaghetti Tower วัดระยะภายในไม่เกิน 20 เซนติเมตร โดยช่องความกว้างต้องมีลักษณะเป็นช่องเปิดโล่งทะลุตลอดแนวซึ่งจะต้องเตรียม Spaghetti Tower ให้สามารถวางน้ำหนักได้ที่จุดกึ่งกลาง Spaghetti Tower โดย Spaghetti Tower ต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร 2) ให้การวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้สมมติฐาน และการประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันในด้านฟิสิกส์เรื่องแรง 3) ให้ความสามารถในการประกอบ Spaghetti Tower โดยใช้กาวร้อนและเส้นสปาเก็ตตี้ไม่อนุญาตให้ใช้อุปกรณ์หรือวัสดุอื่นเพื่อเสริมความแข็งแรงโดยเด็ดขาด และ 4) หลังจากประกอบโครงสร้างเสร็จจะนำมาประลองกำลังประสิทธิภาพของโครงสร้าง สามารถหาได้จากสูตร (ความสูงของโครงสร้าง $\times$ จำนวนก้อนอิฐ) ทีมที่มีค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดจะเป็นฝ่ายชนะ วัสดุที่ใช้ในการแข่งขัน เส้นสปาเก็ตตี้ เบอร์ 6 จำนวน 30 เส้น กาวร้อน จำนวน 1 หลอด มิกติกทำให้ผู้เรียนทุกคนมีการสะสมแต้มโดยจะได้รับแต้มเพิ่มขึ้นจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ คือ 1) จัดทำ Spaghetti Tower ตามข้อกำหนดได้รับ 10 แต้ม 2) ทดสอบความสูง Spaghetti Tower ความสูงไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตรได้รับเพิ่ม 10 แต้ม ความสูงไม่น้อยกว่า 70 เซนติเมตรได้รับเพิ่ม 10 แต้ม ความสูงไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตรได้รับเพิ่ม 10 แต้ม 3) ทดสอบการรับน้ำหนักด้วยดินน้ำมัน ไม่น้อยกว่า 3 ก้อนได้รับเพิ่ม 5 แต้ม ไม่น้อยกว่า 6 ก้อนได้รับเพิ่ม 5 แต้ม ไม่น้อยกว่า 9 ก้อนได้รับเพิ่ม 5 แต้ม ไม่น้อยกว่า 12 ก้อนได้รับเพิ่ม 5 แต้ม ไม่น้อยกว่า 15 ก้อนได้รับเพิ่ม 5 แต้ม ไม่น้อยกว่า 18 ก้อนได้รับเพิ่ม 5 แต้ม 4) เข้าชั้นเรียน ได้รับ 10 แต้ม และ 5) แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนได้รับเพิ่ม 10 แต้ม

ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินงานตามการวิจัย ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการทดลองโดยเก็บข้อมูลจากเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาจากขั้นตอนที่ 1 ไปทดลองจัดการเรียนรู้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 38 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) และเป็นนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ว 30201 การออกแบบเทคโนโลยีและการคำนวณเพิ่มเติม 1 และวิชา ว 31201 ฟิสิกส์ 1 ตามหลักสูตรของโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) แบ่งกลุ่มละความสามารถจำนวน 12 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มประกอบด้วย นักเรียนที่เรียนดี เรียนปานกลาง และเรียนอ่อน จำนวน 3 คน โดยใช้เวลาทดลอง 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 10 ชั่วโมง ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2565 ถึง 20 มกราคม 2566 เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาตรวจสอบความถูกต้อง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และแปลผลวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 3 การรายงานผลการวิจัย ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการจัดทำรายงานผลการวิจัยและรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ผลการวิจัย ได้แก่ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหา 2) ผลงานสร้างสรรค์ และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์เนื้อหา

ประชากร และตัวอย่างวิจัย

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 80 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 38 คน โดยการใช้แบบเจาะจง (Purposive sampling)

เครื่องมือวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้หน่วยที่ 2 Spaghetti Tower วิชา ว 31103 การออกแบบเทคโนโลยีและวิทยาการคำนวณ 1 และ วิชา ว 31202 ฟิสิกส์ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 3 แผน รวมทั้งหมด 10 ชั่วโมง ประกอบด้วย 1) แผนการเรียนรู้ที่ 3 สมดุลและสภาพยืดหยุ่น (วิชา ว 31202 ฟิสิกส์ 2) แผนการเรียนรู้ที่ 4 การสร้างแบบจำลอง (วิชา ว 30201 การออกแบบเทคโนโลยีและวิทยาการคำนวณ 1) และ 3) แผนการเรียนรู้ที่ 5 การพัฒนาชิ้นงาน (วิชา ว 30201 การออกแบบเทคโนโลยีและวิทยาการคำนวณ 1)
2. แบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบประเมินที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นใช้ประเมินในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชันทุกแผน และเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค โดยประเมินเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ดีเยี่ยม (5) ดีมาก (4) ดี (3) พอใช้ (2) และควรปรับปรุง (1)
3. แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ เป็นแบบประเมินที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นใช้ประเมินในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษา ทุกแผน และเกณฑ์การให้คะแนนแบบการประเมินเป็น มี และ ไม่มี
4. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน จำนวน 13 ข้อ โดยสอบถามความคิดเห็นใน 3 ด้าน คือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล เป็นแบบสอบถามมาตราส่วน โดยแยกความคิดเห็น 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยมากที่สุด (5) เห็นด้วยมาก (4) เห็นด้วยปานกลาง (3) เห็นด้วยน้อย (2) และเห็นด้วยน้อยที่สุด (1)

4. ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา

n = 38

รายการ	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
1. การระบุปัญหา			
1. ระบุเป้าหมายหรือปัญหา	4.68	0.53	ดีเยี่ยม
2. ค้นหาสิ่งที่มาสนับสนุนแนวคิดและแสดงความสัมพันธ์	4.76	0.49	ดีเยี่ยม
เฉลี่ย	4.71	0.51	ดีเยี่ยม (1)
2. การวางแผนแก้ปัญหา			
1. การเชื่อมโยงข้อมูล	4.59	0.72	ดีเยี่ยม
2. ระบุแนวทางขั้นตอนวางแผนแก้ปัญหาที่เป็นไปได้	4.70	0.57	ดีเยี่ยม
3. การวางแผนตรวจสอบแผนการแก้ปัญหา	4.57	0.69	ดีเยี่ยม
เฉลี่ย	4.62	0.66	ดีเยี่ยม (3)
3. การแก้ปัญหา			
1. หารูปแบบวิธีหรือเลือกแนวทางปฏิบัติ	4.65	0.68	ดีเยี่ยม
2. กำหนดวิธีการแก้ปัญหา	4.62	0.68	ดีเยี่ยม
3. ลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหา	4.65	0.54	ดีเยี่ยม
เฉลี่ย	4.63	0.63	ดีเยี่ยม (2)
4. การตรวจสอบผลที่ได้จากการแก้ปัญหา			
1. ความถูกต้องและความสมเหตุสมผล	4.70	0.52	ดีเยี่ยม
2. ประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา	4.62	0.64	ดีเยี่ยม
3. ประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่	4.54	0.77	ดีเยี่ยม
เฉลี่ย	4.62	0.64	ดีเยี่ยม (3)
ค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ด้าน	4.64	0.62	ดีเยี่ยม

จากตารางที่ 1 พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับดีเยี่ยม ($\bar{X} = 4.64$, $SD = 0.62$) ด้านการระบุปัญหามีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยรวมอยู่ในระดับดีเยี่ยม ($\bar{X} = 4.71$, $SD = 0.51$) และด้านการแก้ปัญหาน้อยที่สุด โดยรวมอยู่ในระดับดีเยี่ยม ($\bar{X} = 4.63$, $SD = 0.63$)

ผลงานสร้างสรรค์ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลงานสร้างสรรค์

n = 38

คะแนนการประเมินที่ได้	จำนวน	ร้อยละ	ระดับคุณภาพ
13-15	35	92	ดีมาก (1)
10-12	3	8	ดี (2)
8-9	-	-	-
น้อยกว่า 8	-	-	-
รวม	38	100	

จากตารางที่ 2 พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับดีมากมีคะแนนอยู่ระหว่าง 13-15 จากคะแนนเต็ม 15 จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 92 รองลงมาอันดับ 2 ได้คะแนนอยู่ระหว่าง 10-12 จำนวน 3 คน อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 8 และมีผลงานสร้างสรรค์อยู่ในระดับดีตามลำดับ

แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

n = 38

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
1. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความท้าทาย ทำให้นักเรียนอยากลงมือปฏิบัติ ค้นคว้า ทดลอง	4.73	0.45	มากที่สุด
1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนได้การกระทำที่มีลักษณะเป็นขั้นตอน	4.70	0.52	มากที่สุด
1.3 กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้เกิดการทำงานเป็นกลุ่ม ส่งเสริมได้แลกเปลี่ยนการเรียนรู้กับครูและเพื่อน	4.68	0.58	มากที่สุด
1.4 กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นตามความสามารถ ศักยภาพของตนเอง	4.68	0.47	มากที่สุด
1.5 กิจกรรมการเรียนรู้เชื่อมโยงเข้ากับชีวิตประจำวัน	4.57	0.65	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.67	0.53	มากที่สุด (2)
2. ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้			
2.1 การจัดการเรียนรู้ช่วยให้เกิดบรรยากาศกระตือรือร้นใคร่รู้	4.57	0.80	มากที่สุด
2.2 การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีอิสระในการเรียน	4.68	0.58	มากที่สุด
2.3 การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเรียนอย่างมีความสุข	4.59	0.64	มากที่สุด
2.4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนอยากเข้าร่วมกิจกรรม	4.54	0.80	มากที่สุด
2.5 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ตามต้องการ	4.57	0.73	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.59	0.71	มากที่สุด (3)
3. ด้านการวัดและประเมินผล			
3.1 นักเรียนมีความพึงพอใจกับวิธีการวัดและประเมินผล	4.65	0.63	มากที่สุด
3.2 นักเรียนมีความพึงพอใจในการนำเสนอผลงาน	4.76	0.49	มากที่สุด
3.3 นักเรียนมีความพึงพอใจกับเกณฑ์การประเมินผลที่เที่ยงธรรมและโปร่งใส	4.70	0.52	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.70	0.55	มากที่สุด (1)
ค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน	4.65	0.61	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.65$, $SD = 0.61$) ด้านการวัดและประเมินผลมีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.70$, $SD = 0.55$) ส่วนลำดับสุดท้ายด้านบรรยากาศในการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, $SD = 0.71$)

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน 1) การระบุปัญหา 2) การตั้งสมมติฐาน 3) การออกแบบการทดสอบสมมติฐาน 4) การเก็บรวบรวมข้อมูล และ 5) การสรุปผล โดยมีรูปแบบวิธีดำเนินการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ประเภทการทดลองขั้นพื้นฐาน (Pre-experimental research) แบบรายกรณี (One shot case study) ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนอยู่ในระดับดีเยี่ยม 2) ผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยรวม

อยู่ในระดับดีมาก 3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชันอยู่ในระดับมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนอยู่ในระดับดีเยี่ยม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ที่ประสบการณ์เน้นจากเหตุการณ์หรือเรื่องราวในอดีตที่ผ่านมาว่าเป็นอย่างไร เคยพบเจอประสบการณ์ ความถี่ของการเจอปัญหาแค่ไหน คิดอย่างไร รู้สึกอย่างไร ทำไมถึงเป็นอย่างนั้น ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหาของผู้ใช้งานอย่างถ่องแท้ มีการค้นหาปัญหาใหม่ ๆ นักเรียนสามารถค้นหาความต้องการที่นักเรียนต้องการได้ทำให้เจอกับปัญหาหรือข้อมูลเดิม ๆ ที่นักเรียนเคยเจอ ค้นหาลิงก์ที่มาสืบค้นแนวคิดและแสดงความสัมพันธ์ โดยเฉพาะขั้นตอนการระบุปัญหาของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน นักเรียนได้ร่วมมือกันปฏิบัติงานเป็นกลุ่มมีการวางแผนการทำงาน ใช้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม และมีครูผู้สอนคอยเป็นผู้ฝึกสอนและดูแลนักเรียนอย่างดี ทำให้ประสิทธิภาพสร้างสรรคออกมามีความแข็งแรงและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง นักเรียนจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งที่ตนสนใจนั้นด้วยตนเองอยู่ในบริบทที่แท้จริงของนักเรียน จากนั้นนักเรียนได้มีโอกาสนำความรู้ที่สร้างสรรค์ขึ้นมานั้นไปสร้างสรรค์ชิ้นงานขึ้นมา เป็นการทำให้เห็นความคิดเห็นที่เป็นรูปธรรม ด้วยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Work piece construction) ที่เป็นผลผลิตจากองค์ความรู้สอดคล้องกับ Santipaiboon (2018, p. 5) ได้กล่าวว่า การสร้างผลงาน ถือเป็นการกระทำให้เกิดผลที่สืบเนื่องมาจากความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์ซึ่งเป็นได้ทั้งกระบวนการ วิธีการ รวมถึงลักษณะทางผลิตผลหรือผลงาน กระบวนการสร้างสรรค์หรือการผลิตนั้น เป็นการดัดแปลงหรือประยุกต์หลักการหรือวิธีการอย่างหนึ่งไปใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อสร้างให้เกิดผลผลิตต่าง ๆ หากพิจารณาคุณภาพของงาน รวมถึงในขั้นที่ 2 การวางแผนแก้ปัญหาขั้นต้นวางแผนแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ นักเรียนอาจใช้กลวิธีในการแก้ปัญหาเพื่อช่วยในการวางแผนการแก้ปัญหาจากประสบการณ์เดิมหรือมีการค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมจากเพื่อนหรือสื่อต่าง ๆ ร่วมกัน เพื่อหาข้อมูลที่เป็นปัญหา นำมาสร้างความสัมพันธ์ร่วมกับการใช้เกมมิฟิเคชัน ทำให้นักเรียนมีความสนใจมากขึ้น สอดคล้องกับ Lertbumroongchai (2017, Online) กล่าวว่า การทำเกมมิฟิเคชัน (หรือเรียกว่า Gamify) คือ การบูรณาการของกลศาสตร์เกมเข้าไปในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้รางวัลเพื่อจูงใจให้กับผู้เล่นที่ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ อาจจะเป็นแต้ม (Point) เข็ม หรือตรารับรอง (Badge) หรือการได้เลื่อนระดับขั้น (Level) เปิดรับของบุคคลเกี่ยวกับข้อมูลใหม่ความรู้ใหม่และประสบการณ์ใหม่ โดยเฉพาะการระบุปัญหามันดับสูงสุดอยู่ในระดับดีเยี่ยม อาจเนื่องมาจากการออกแบบเป็นการพัฒนาต้นแบบ ได้มีการส่งเสริมให้มีการนำเทคโนโลยีการออกแบบเข้ามาประยุกต์ใช้ให้เห็นภาพก่อนลงมือทำงานจริง โดยสามารถแสดงเป็นภาพ 3 มิติ ให้นักเรียนเห็นก่อนและร่วมกันทำงานแสดงความคิดเห็นต่อแบบที่จะนำไปใช้ ได้มีการลองผิดลองถูกที่ศึกษาปัญหาและทางแก้ไขในงานของตน ได้ปรึกษาระดมความคิดเห็นภายในกลุ่ม มีเป้าหมายที่แน่ชัด ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการเตรียมความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง เพื่อให้กระบวนการพัฒนาด้านแบบนวัตกรรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นการขับเคลื่อนกระบวนการคิด สอดคล้องกับ Mulkham and Mulkham (2010, p. 44) ที่ว่าขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเสนอปัญหาให้กับผู้เรียนได้คิดหาคำตอบ ซึ่งปัญหาจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ อยากรู้อยากเรียน เกิดความกระตือรือร้นที่จะแก้ปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้นั้น ควรเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Intanon (2008, p. 66) ได้ให้ความหมายความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการระบุปัญหา หมายถึง ความสนใจในสิ่งที่พบเห็นซึ่งเกิดจากความอยากรู้อยากเห็นและทักษะการสังเกต ส่วนผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยได้ใช้การเรียนรู้และลงมือปฏิบัติงานจริงด้วยตนเองจริงโดยค้นคว้าหาข้อมูลต่าง ๆ มีการบูรณาการความรู้ทำให้เกิดความคิด วิเคราะห์ สร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง สนุกสนาน ทำงานอย่างมีความหมาย ผสมผสานทักษะต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ จินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ความร่วมมือ ซึ่งทำให้เกิดชิ้นงานที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ คิดในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนที่ชัดเจนตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ โดยเฉพาะในขั้นที่ 5 ขั้นรวบรวมข้อมูล นักเรียนมีการรวบรวมข้อมูล และจดบันทึก มีการเรียนรู้ร่วมกันเกิดการแข่งขันกันสูงทำให้นักเรียนเก่งจะช่วยเหลือเพื่อนและมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับนักเรียนคนอื่น ๆ ในกลุ่ม มีการทดสอบความคิด หาหนทางที่ดีที่สุด ลุ้นไปกับการทดลอง พยายามหาคำตอบที่ดีที่สุด รวมถึงมีการปรึกษาการวางแผนการแข่งขัน แบ่งหน้าที่การทำงาน สอดคล้องกับ Niyomtra (1988, p. 160) กล่าวว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีสืบเสาะหาความรู้หรือรูปแบบในการแก้ปัญหาของนักวิทยาศาสตร์ อย่างมีขั้นตอน ซึ่งเชื่อว่านักวิทยาศาสตร์จะมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่คล้ายกัน คือ มีการเริ่มต้นที่จุด ๆ หนึ่งและดำเนินการแก้ปัญหาต่อไปจนครบวงจร และยังสอดคล้องกับ Phadungphon and Tangdhanakanond (2017, p. 383) ที่ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างมีระบบ

และขั้นตอน เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เกิดการเรียนรู้ตามกระบวนการการแก้ปัญหาแบบวิทยาศาสตร์ มีการเตรียมเนื้อหา แหล่งค้นคว้าข้อมูล วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลอง เพื่อให้สามารถจัดการเรียนรู้ได้ทันเวลาที่กำหนด โดยเริ่มจากการสังเกตสิ่งต่าง ๆ แล้วรวบรวมเป็นข้อมูลมาระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน และตรวจสอบสมมติฐานนั้น เพื่อสรุปเป็นข้อค้นพบใหม่หรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chanintarapum (2020, p. 223) ที่ว่าด้านการนำแนวทางที่ได้พัฒนาไปสู่การปฏิบัติจริง ผลสำเร็จที่เป็นนวัตกรรมของนักเรียนเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาจำเป็นต้องใช้เวลาและองค์ความรู้หลายด้านเข้าใจในปัญหาต่าง ๆ การทำความเข้าใจในปัญหาต่าง ๆ อย่างลึกซึ้งโดยผู้ใช้เป็นศูนย์กลางและนำความคิดสร้างสรรค์และมุมมองจากคนหลาย ๆ สายมาสร้างแนวทางการแก้ไขแนวทางต่าง ๆ นั้น มาทดสอบและพัฒนาเพื่อให้ได้แนวทางหรือนวัตกรรมที่ตอบโจทย์กับผู้ใช้และสถานการณ์นั้น ๆ และนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้มีครูผู้สอนคอยแนะนำช่วยเหลืออยู่ตลอดเวลา มีการใช้เกมมิฟิเคชันเข้ามาประกอบการสอนทำให้ผู้เรียนมีความสนุกสนานได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้แสดงความสามารถของตนเองในการคิดค้นออกแบบชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกัน มีกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมอย่างหลากหลาย ใช้การวัดและประเมินเป็นการวัดจากทักษะปฏิบัติและวัดจากชิ้นงานทำให้การวัดประเมินผลเป็นรูปธรรม มีการนำเสนอการเรียนรู้และการประเมินตนเองอย่างเป็นขั้นตอน ในการจัดการเรียนรู้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา ขั้นที่ 2 การตั้งสมมติฐาน ขั้นที่ 3 การออกแบบการทดสอบสมมติฐาน ขั้นที่ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูล และ ขั้นที่ 5 การสรุปผล มีการเริ่มต้นปัญหาจากชีวิตจริง ใช้การระดมความคิด ทำให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ตามศักยภาพของแต่ละคน สอดคล้องกับ OECD (2013, Online) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ในโครงการ PISA 2012 ว่าเป็นความสามารถของแต่ละบุคคลในการกระตุ้นกระบวนการทางปัญญาในการเข้าใจ และแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยวิธีการแก้ปัญหาไม่จำเป็นต้องประสบความสำเร็จอย่างทันทีทันใดแต่สามารถแสดงให้เห็นถึงความตั้งใจในการบรรลุศักยภาพในการเป็นพลเมืองที่สร้างสรรค์และรู้จักการสะท้อนคิด อีกทั้ง D'zurilla et al. (2004, p. 18) ได้เสนอเกี่ยวกับการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่าต้องทำการประเมินด้านด้วยกันคือ 1) กระบวนการ และ 2) ผลลัพธ์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jonassen (2003, pp. 145-181) ได้เสนอเกี่ยวกับการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาว่าไม่สามารถทำได้โดยการใช้แบบสอบหรือแบบวัดเพียงฉบับเดียว โดยการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหานั้นควรทำการประเมินโดยใช้แบบประเมินที่หลากหลายซึ่งแบบประเมินที่ใช้้นั้นควรประกอบไปด้วย 1) การประเมินการปฏิบัติการแก้ปัญหา (Assessing problem-solving performance) 2) การประเมินทักษะทางปัญญาที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Assessing the component, cognitive skills required to solve problems) และ 3) การประเมินความสามารถของนักเรียนในการโต้แย้ง อภิปราย เพื่อสนับสนุนแนวทางการแก้ปัญหาของตน (Assessing students' ability to construct arguments in support of their solutions to problems) ทั้งนี้ Jonassen ได้เสนอว่าในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหานั้น ควรเลือกใช้แบบประเมินบางแบบ หรือใช้แบบประเมินทั้ง 3 แบบในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียนก็ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยด้านการวัดและประเมินผล อยู่ในอันดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากครูผู้สอนทำให้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับนักเรียนและนักเรียนมีความพึงพอใจ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ กล้าคิด กล้าแสดงออก ใช้สื่อการเรียนรู้ที่ประยุกต์ความรู้และประสบการณ์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้กลไกของเกมมาช่วยในการเรียนการสอน ครูมีการวางแผนการสอนได้กำหนดจุดมุ่งหมายปลายทางไว้อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับ Karsai and Kampis (2010, p. 638) กล่าวว่า Inquiry-based ได้รับการเผยแพร่อย่างกว้างขวางว่าเป็นพื้นฐานของการสอนวิทยาศาสตร์ โดยการวางแผนสำหรับขั้นตอนต่อไปของการสอบสวน วิเคราะห์สาเหตุที่เป็นไปได้สำหรับความแตกต่างที่สำคัญ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Teodorescu (2018, Online) ระบุว่าสรุปองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชัน การสร้างสรรค์ระบบให้ประสบความสำเร็จ โดยเฉพาะเป้าหมาย (Goals) การกำหนดเป้าหมายของการเล่นเกม จะช่วยให้ผู้เล่นรับรู้ถึงจุดประสงค์ของการเล่น อันจะเป็นการทำให้รู้สึกพึงพอใจเมื่อประสบความสำเร็จ ช่วยให้ผู้เล่นได้รับความรู้สึกของความสำเร็จเมื่อบรรลุเป้าหมายของระบบที่ตั้งไว้ ถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สร้างให้เกิดความสนุก

6. ข้อเสนอแนะ

การเลือกใช้เนื้อหาและกำหนดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของปัญหา เกิดความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้และมุ่งคิดหาแนวทางแก้ปัญหาและนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนที่หลากหลาย มาช่วยในทุกขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนระหว่างครูกับนักเรียน ก่อนดำเนินการเรียนการสอนควรเตรียมการจัดกิจกรรมเป็นอย่างดี ยกตัวอย่าง รวมถึงการนำไปใช้ทั้งนี้ เพื่อกิจกรรมจะได้ราบรื่นและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ครูควรมีกระบวนการส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่เป็นระบบ ควรให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อย ๆ เพื่อให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ครูควรให้ความรู้ เสนอแนะ ขยายความรู้เกี่ยวกับแนวคิด หรือยกตัวอย่างที่นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีโอกาสสอบถามครูเมื่อเกิดข้อสงสัยหรือต้องการความรู้เพิ่มเติม โดยครูเป็นผู้ส่งเสริมสนับสนุนเสริมแรงเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพยายามค้นหาคำตอบด้วยตนเอง

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ได้รับการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากสำนักงานบริหารการวิจัย นวัตกรรมและการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เลขที่โครงการ REC 65.1130-204-9636

เอกสารอ้างอิง

- Anthony, S. D. (2012). *The little black book of innovation: How it works, how to do it*. Harvard Business Review Press.
- Carey, S. S. (2004). *A Beginner's guide to scientific method*. Wadsworth.
- Chanintarapum, A. (2020). *The development of instructional model base on STEAM to enhance technological innovation creativity skills of secondary students* [Doctoral dissertation]. Silpakorn University. (in Thai)
- Charoenchim, S. (2009). *Development of an instructional model that enhances conceptual understanding and problem solving in upper secondary physics* [Doctoral dissertation]. Silpakorn University. (in Thai)
- D'zurilla, T. J., Nezu, A. M., & Maydeu-olivares, A. (2004). Social problem solving: Theory and assessment. In E. C. Chang, T. J. D'Zurilla, & L. J. Sanna (Eds.), *Social problem solving: Theory, research, and training* (pp. 11-27). American Psychological Association.
- Dewey, J. (1977). *Experience and education*. Simon & Schuster.
- Dittapanya, P., & Haemaprasith, S. (2020). Effects of problem based learning with think pair share technique to develop scientific problem solving ability and self-confidence of Fifth Grade students. *Journal of Industrial Education*, 14(2), 24-41. (in Thai)
- Gagné, R. M. (1970). *Conditions of learning* (2nd ed.). Rinehart & Winston.
- Harvard Business School. (2012). *The innovator's toolkit*. Expernet Books. (in Thai)
- Intanon, B. (2008). *A study on science learning achievement and ability in solving science problems through problem-based learning and inquiry process of Matthayomsuksa 3 students at Yotinbumruny school* [Master's thesis]. Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Jonassen, D. H. (2003). *Learning to solve problems: An instructional design guide*. Pfeiffer.

- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and Instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer.
- Kapp, K. M., Blair, L., & Mesch, R. (2014). *The gamification of learning and instruction fieldbook: Ideas into practice*. Wiley & Sons.
- Karsai, I., & Kampis, G. (2010). The crossroads between biology and mathematics: The scientific method as the basics of scientific literacy. *BioScience*, 60(8), 632-638.
- Laohapaiboon, P. (1994). *Teaching science*. Thai Watana Panich. (in Thai)
- Lertbumroongchai, K. (2017). *Gamification development process*.
<https://touchpoint.in.th/gamification/> (in Thai)
- Meesook, C. (2015). *The learning activities to enhance student engagement by applying gamification technique on information and communication technology course for enrichment science class student Mathayomsueksa 4 Anukoolnaree School* [Master's thesis]. Rajabhat Maha Sarakham. (in Thai)
- Mulkham, S., & Mulkham, O. (2010). *How to manage learning: To develop the thinking process*. Parbpim. (in Thai)
- Niyomtra, S. (1988). *Theory and practice in inquiry-based science teaching* (2th ed.). General Books Center. (in Thai)
- OECD. (2013). *Education at glance 2013: OECD Indicators*.
[https://www.oecd.org/education/eag2013%20\(eng\)-FINAL%2020%20June%202013.pdf](https://www.oecd.org/education/eag2013%20(eng)-FINAL%2020%20June%202013.pdf) (in Thai)
- Office of the Secretariat of the Council of Education. (2017). *Indicators and core curriculum. learning science subject (revised 2017) according to the basic education core curriculum in 2008*. Ministry of Education. (in Thai)
- Panich, W. (2014). *Initializing learning into the 21st century*. S. Charoen printing. (in Thai)
- Phadunphon, S., & Tangdhanakanond, K. (2017). Comparison of reliability of modified essay question test for measuring the abilities in using scientific method in physic under different numbers of event and rater: An application of generalizability theory. *An Online Journal of Education*, 12(4), 381-393. (in Thai)
- Phengnoi, D. (2020). *The development of creative problem solving and scientific working creation's abilities in Fifth Grade students by learning activities manage educationment based on the concept of STEAM education* [Master's thesis]. Silpakorn University. (in Thai)
- Phinyoyang, W. (2013). *Marketing idea*. Bangkok Business. (in Thai)
- Poondej, C., & Lerdpornkulrat, T. (2016). Learning management with the gamification concept. *Journal of Education Naresuan University*, 18(3), 331-339. (in Thai)
- Santipaiboon, J. (2018). *Learner's development activities by STEAM and productivity based learning to enhance the process skills and creative ability in Third Grade students* [Master's thesis]. Silpakorn University. (in Thai)
- Sasang, S. (2019). *Effects of STEM-education using engineering design process on problem solving ability of elementary students* [Master's thesis]. Silpakorn University. (in Thai)
- Sutthira, C. (2015). *80 Innovative learning management that focuses on learners* (6th ed.). P balance Design and printing. (in Thai)

- Teodorescu, D. (2018). *Gamification: A guide for designers to a misunderstood concept*.
<https://uxdesign.cc/gamification-a-guide-for-designers-to-a-misunderstood-concept-4de5bef0c5d9> (in Thai)
- Weeravaidya, Y., & Noppakhun, P. (2001). *Teach science like professional*. Sodsri-Saritwong Foundation.
(in Thai)
- Yolsuriyan, N. (2020). *Project-based learning management with STEM education concepts to promote innovator and creative work of grade 5 student* [Master's thesis]. Silpakorn University. (in Thai)

Research article

สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

SUPPLEMENTARY LEARNING MEDIA USING MICROCONTROLLER AND AUGMENTED REALITY
TECHNOLOGY ON SMART FARM

จिरายุส แสงไชย* สมชาย หมั่นสายญาติ และปิยะ ศุภวารสุวัฒน์

Jirayus Sangchai*, Somchai Maunsaiyat, and Piya Supavarasuwat

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 ประเทศไทย

Department of Engineering Education, School of industrial education and technology,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23106>

Received: November 27, 2023, | Revised: December 18, 2023, | Accepted: January 25, 2024

ABSTRACT

This research developed the supplementary learning media using Microcontroller and Augmented Reality technology on Smart Farm. The sample consisted of forty tenth Grade students who studied Home Economics 1 (D.31101) using cluster random sampling from the five hundred two of tenth Grade students at Wachirathamsatit School during the first semester of 2023 academic year. The tools used in study were the supplementary learning media using Microcontroller and Augmented Reality technology on Smart Farm, quality assessment validated by the experts, an achievement test, an evaluative questionnaire on student satisfaction. The statistics utilized for data analysis were the Index of consistency, $\bar{x}$, SD, the efficiency of the supplementary learning media or E1/E2, and t-test (Paired-sample t-test). The research findings were as follows: 1) the quality of learning media evaluated by three content experts was at a very good level ($\bar{x}$ = 4.60, SD = 0.45) and the quality of media production evaluated by three content experts was at a good level ($\bar{x}$ = 4.17, SD = 0.29), 2) the efficiency of supplementary learning media using Microcontroller and Augmented Reality technology on Smart Farm or E1/E2 was 80.17/84.33, in accordance with the specified hypothesis 80/80, 3) the learning achievement of learner after learning ($\bar{x}$ = 12.65, SD = 2.75) was higher than before ($\bar{x}$ = 6.63, SD = 2.80) with the supplementary learning media using Microcontroller and Augmented Reality technology on Smart Farm at the 0.05 level of statistics significant, and 4) student's satisfaction after learning with the supplementary learning media using Microcontroller and Augmented Reality technology on Smart Farm was at the more level ($\bar{x}$ = 4.25, SD = 0.74).

Keywords: Supplementary learning media, Microcontroller, Augmented reality technology

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จำนวน 40 คน ที่เรียนวิชาการงานอาชีพ 1 (ง31101) ภาคเรียนที่ 1/2566 โดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม จากประชากรนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จำนวน 502 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ 1) สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม 2) แบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนรู้ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน และ 4) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของสื่อการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ดัชนีความสอดคล้อง ความเชื่อถือได้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ประสิทธิภาพ E1/E2 และการทดสอบหา t-test (Paired-sample t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพของสื่อการเรียนรู้ คุณภาพด้านเนื้อหาประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.60, SD = 0.45) และคุณภาพด้านการผลิตสื่อประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.17, SD = 0.29) 2) สื่อการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.17/84.33 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ ($\bar{X}$ = 12.65, SD = 2.75) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 6.63, SD = 2.80) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 4) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.25, SD = 0.74).

คำสำคัญ: สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม, ไมโครคอนโทรลเลอร์, เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

1. บทนำ

การศึกษาเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาประเทศ ในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 มีการกล่าวถึงจุดอ่อนของระบบการศึกษาหลาย ๆ ด้านในช่วงเวลาที่ผ่านมา ยกตัวอย่างเช่น ความเหลื่อมล้ำด้านโอกาส และความเสมอภาคทางการศึกษา ปัญหาด้านคุณธรรม จริยธรรม ความมีวินัย และความซื่อสัตย์สุจริต เป็นต้น ส่งผลให้ในปัจจุบันประเทศไทยได้กำหนดแผนการศึกษาแห่งชาติ ปีพุทธศักราช 2560 - 2579 โดยมีวิสัยทัศน์ “คนไทยทุกคนได้รับการศึกษาและเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ ดำรงชีวิตอย่างเป็นสุข สอดคล้องกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และการเปลี่ยนแปลงของโลกศตวรรษที่ 21” เพื่อให้สามารถนำพาประเทศไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืนในอีก 20 ปีข้างหน้า (Ministry of Education, 2017, Online)

จากการสอบถามครูผู้สอนโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ทำให้ทราบว่า การเรียนการสอนในห้องเรียนยุคปัจจุบัน แม้จะมีเทคโนโลยีเข้ามามีส่วนช่วยด้านการศึกษา แต่หนังสือยังคงเป็นเครื่องมือหลักของการเรียนการสอน ยกตัวอย่างในรายวิชาการงานอาชีพ 1 (ง31101) ในส่วนเนื้อหาของการทำเกษตรยุคใหม่ หนังสือไม่มีเนื้อหาของรูปแบบการทำเกษตรที่พัฒนาขึ้นในปัจจุบัน หรือก็คือเกษตรอัจฉริยะ (Smart farm) ครูผู้สอนจึงต้องสอดแทรกเนื้อหาเข้าไปเองเพื่อให้นักเรียนจะได้รู้ และเข้าใจถึงแนวทางการเกษตรยุคใหม่ที่มีการใช้งานจริง แต่เนื้อหาที่ครูได้สอดแทรกเข้าไปนั้นอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหา บทเรียน รวมถึงขั้นตอน วิธีการนำไปปฏิบัติใช้จริงในชีวิตประจำวันอย่างแตกฉานได้ ดังนั้นเครื่องมือสื่อการเรียนการสอนควรมีการพัฒนาให้มีความน่าสนใจ สามารถเข้าใจได้ง่าย และนำไปใช้ได้จริง โดยยึดตามยุทธศาสตร์ที่ 3 เป้าหมายที่ 4 ซึ่งมีใจความว่า “แหล่งเรียนรู้ สื่อตำราเรียน นวัตกรรม และสื่อการเรียนรู้ มีคุณภาพมาตรฐาน และประชาชนสามารถเข้าถึงได้โดยไม่จำกัดเวลา และสถานที่” (Ministry of Education, 2017, Online)

เมื่อกล่าวถึงเทคโนโลยีที่นิยมใช้ในการออกแบบสื่อการเรียนการสอน พบว่ามีหลายงานวิจัยที่ประสบผลสำเร็จในการออกแบบพัฒนาสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม หรือออกเมนต์ดี้ เรียลลิตี้ (Augmented reality) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานความเป็นจริง และเสมือนจริงที่สร้างขึ้นมาเข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชัน โดยรับข้อมูลผ่านเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งภาพเสมือนจริงจะปรากฏบนจอโทรศัพท์มือถือ จอคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์แสดงผลอื่น ๆ (Kaewcharoen, 2016, pp. 68-81) ยกตัวอย่างการวิจัยเรื่อง สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง สูงกว่าการเรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 (Siklom, 2016, pp. 43-47) งานวิจัยเรื่อง สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผงทดลอง ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (Khunsombut, 2018, pp. 66-69) และงานวิจัยเรื่อง สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สัญลักษณ์และการเขียนไดอะแกรมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

ที่ใช้สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (Amompun, 2018, pp. 46-50) แต่สืบเนื่องจากเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) นั้นถูกพัฒนา และใช้เป็นสื่อการเรียนรู้มาเป็นเวลานานแล้ว จึงอาจส่งผลต่อความน่าสนใจ และแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียน การพัฒนาสื่อในปัจจุบันควรประยุกต์เทคโนโลยีอื่นมาพัฒนาเพิ่มให้เกิดความแปลกใหม่มีความน่าสนใจ และช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนให้มากขึ้น โดยผู้วิจัยมีความสนใจในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีแนวคิดการพัฒนาแบบเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ ที่ถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย และสามารถดัดแปลงต่อยอดได้ในหลายด้าน (Tongsawai, 2017, pp. 191-201) มาใช้ในการพัฒนาสื่อการสอนให้มีความน่าสนใจ และเกิดประโยชน์ต่อนักเรียนมากที่สุด

จากที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยเห็นความสำคัญของปัญหา และมีความตั้งใจที่จะพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม เพื่อใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาการงานอาชีพ โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ให้ได้สื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และง่ายต่อการนำไปใช้ในการเรียนการสอน และมีความคาดหวังว่าสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม จะมีประสิทธิภาพ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และนักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนการสอนด้วยสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ที่มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ และเพื่อหาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์มในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ งานวิจัยของ Siklom (2016, pp. 43-47) ได้ทำวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินสื่อการเรียนรู้โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคอยู่ในระดับดีมาก สื่อการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้สูงกว่าการเรียนจากการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 งานวิจัยของ Amompun (2018, pp. 46-50) ได้ทำวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สัญลักษณ์และการเขียนโค๊ดแอมบิเกรตอโรนิกส์ จากการวิจัยพบว่าผลการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้พบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ใช้สื่อการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ อยู่ในระดับมากที่สุด งานวิจัยของ Buaprasert (2018, pp. 41-45) ได้ทำวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ผลการวิจัยพบว่าสื่อการเรียนรู้มีคุณภาพด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก สื่อการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ นักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้มีความพึงพอใจจัดอยู่ในระดับมากที่สุด นอกจากนี้งานวิจัยของ Khunsombut (2018, pp. 66-69) ได้ทำวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผงทดลอง คุณภาพของสื่อการเรียนรู้ ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี สื่อการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อการเรียนรู้ในระดับมาก และงานวิจัยของ Musaarong et al. (2018, pp. 50-55) ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความจริงเสมือน เรื่องดนตรีบานอโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง ผลการวิจัยพบว่าสื่อการเรียนรู้มีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นักเรียนมีผลการเรียนรู้หลังใช้สื่อการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการใช้สื่อการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นผู้วิจัยมีความตั้งใจที่จะพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์มโดยมีสมมติฐานของการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ คุณภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม อยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{x} \geq 3.5$) ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ได้มาตรฐานตามเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนด E1/E2 ไม่ต่ำกว่า 80/80 นักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ในระดับมากขึ้นไป ($\bar{x} \geq 3.5$)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิด

ในการวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยได้แบ่งกรอบแนวคิดของงานวิจัยเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบ ADDIE Model 5 (Boonkwang, 2018, pp. 19-22)
2. การหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยได้ใช้การหาประสิทธิภาพสื่อโดยใช้สูตร E1/E2 (Brahmawong, 2013, pp. 7-20)
3. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดของบลูม และคณะฉบับปรับปรุงในด้านพุทธิพิสัย โดยประยุกต์ใช้จาก 3 ลำดับแรก ประกอบด้วย 1) ความรู้ ความจำ (Knowledge) 2) ความเข้าใจ (Comprehension) 3) การนำไปใช้ (Application) (Tuntavanitch, 2014, pp. 13-25)
4. การหาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามรูปแบบมาตรวัดของลิเคิร์ท (Donjdee, 2018, pp. 10-17)

3.2 ขอบเขตของการวิจัย

ด้านประชากร และกลุ่มตัวอย่าง ประชากรได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จำนวน 13 ห้อง 502 คน กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จำนวน 40 คน ที่เรียนวิชาการงานอาชีพ 1 (ง31101) ภาคเรียนที่ 1/2566 โดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรต้นคือ สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ตัวแปรตามคือ คุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต

ขอบเขตด้านคุณภาพของสื่อประกอบด้วย

1. การผลิตสื่อได้แก่ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม และแสดงสถานะ เซนเซอร์สำหรับการจัดการอุณหภูมิอัตโนมัติ เซนเซอร์สำหรับการจัดการน้ำอัตโนมัติ และเซนเซอร์สำหรับการจัดการแสงอัตโนมัติ
2. เนื้อหาได้แก่ ที่มา ความสำคัญและความหมายของสมาร์ทฟาร์ม การจัดการอุณหภูมิในการเพาะปลูก การจัดการน้ำและความชื้นในการเพาะปลูก การจัดการแสงในการเพาะปลูก และชนิดของเซนเซอร์ที่ใช้ในการจัดการสมาร์ทฟาร์ม

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลทางสถิติและข้อมูลในการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งได้จากการใช้โดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ของนักเรียนโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ที่เรียนวิชาการงานอาชีพ 1 (ง31101) ภาคการศึกษาที่ 1 ประจำปีการศึกษาที่ 2566 เพื่อเรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม และใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของผลลัพธ์ตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 80/80 และความพึงพอใจของนักเรียน โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ทำหนังสืออนุญาต และขอความอนุเคราะห์ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต
2. กำหนดห้องที่ทำการทดลอง พร้อมแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง

3. ผู้วิจัยแนะนำขั้นตอนการเรียนรู้พร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์ของการใช้สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม
4. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย
5. ให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ในระหว่างการเรียนจะมีแบบทดสอบให้นักเรียนทำ
6. เมื่อนักเรียนเรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์มเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
7. วิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม หรือ E1/E2
8. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม โดยใช้สถิติ t-test (Paired-sample t-test)

4. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ และเพื่อหาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนรู้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการหาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

รายการ	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย	5.00	0.00	ดีมาก
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
3. ความเหมาะสมในการจัดลำดับเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
4. ความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์	4.67	0.58	ดีมาก
5. ความครบถ้วน ครอบคลุมเนื้อหาการสอน เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม	4.33	0.58	ดี
6. ความเหมาะสมของแบบทดสอบ	4.00	1.00	ดี
7. ความถูกต้องของผลการจำลอง	4.67	0.58	ดีมาก
8. ความเหมาะสมของวิธีทัศน์	4.67	0.58	ดีมาก
9. ความเหมาะสมของคำบรรยายเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
10. สามารถประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้	4.33	0.58	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.60	0.45	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า คุณภาพด้านเนื้อหาของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการ รายการที่มีคุณภาพระดับดีมาก 3 ลำดับสูงสุดได้แก่ เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 ความถูกต้องของเนื้อหา ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 และความเหมาะสมในการจัดลำดับเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพด้านการผลิตสื่อของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

รายการ	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. เหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายชั้นปีที่ 4	5.00	0.00	ดีมาก
2. สอดคล้องกับเนื้อหาการสอน เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม	5.00	0.00	ดีมาก
3. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
4. ความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์	4.67	0.58	ดีมาก
5. ความชัดเจนของวิธีทัศน์	4.33	0.58	ดี

ตารางที่ 2 (ต่อ) ผลการประเมินคุณภาพด้านการผลิตสื่อของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

รายการ	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
6. ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.00	1.00	ดี
7. ความสะดวกในการจัดการเรียนรู้	4.67	0.58	ดีมาก
8. ความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง	4.67	0.58	ดีมาก
9. ความเหมาะสมของเนื้อหาที่นำมาใช้	4.67	0.58	ดีมาก
10. ต้นทุนการผลิตมีความคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ	4.00	0.00	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.17	0.29	ดี

จากตารางที่ 2 พบว่า คุณภาพด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.29 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการพบว่า รายการที่มีคุณภาพระดับดีมาก 3 ลำดับสูงสุดได้แก่ เหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายชั้นปีที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 สอดคล้องกับเนื้อหาการสอน เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00

ดังนั้นคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในระดับดี คือคุณภาพด้านเนื้อหาที่มีค่าเฉลี่ย 4.60 อยู่ในระดับดีมาก และคุณภาพด้านการผลิตสื่อ มีค่าเฉลี่ย 4.17 อยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

ผลการทดลอง	จำนวนนักเรียน(คน)	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	เกณฑ์ประสิทธิภาพ
ระหว่างเรียน	40	15	12.03	80.17	80
หลังเรียน	40	15	12.65	84.33	80

จากตารางที่ 3 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลการหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้มีประสิทธิภาพของสื่อ (E1/E2) เท่ากับ 80.17/84.33 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน คือ ไม่ต่ำกว่า 80/80

4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

รายการ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	SD	t	Sig
ก่อนเรียน	40	15	6.63	2.80	16.79*	.00
หลังเรียน	40	15	12.65	2.75		

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม พบว่าหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสูงกว่า ($\bar{x}$ = 12.65, SD = 2.75) วิธีการเรียนแบบปกติ ($\bar{x}$ = 6.63, SD = 2.80) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

รายการ	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. การจัดวางรูปแบบมีความเหมาะสมกับสื่อการเรียนรู้	3.95	0.85	มาก
2. รูปแบบตัวอักษร อ่านเข้าใจง่าย	4.25	0.81	มากที่สุด
3. ภาพประกอบสื่อการเรียนรู้ชัดเจน	4.45	0.55	มากที่สุด
4. เนื้อหาสื่อการเรียนรู้ตรงกับความต้องการของนักเรียน	3.98	0.86	มาก
5. เนื้อหาในสื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	4.38	0.74	มากที่สุด
6. เนื้อหาในสื่อการเรียนรู้มีความน่าสนใจ	4.25	0.81	มากที่สุด
7. รายละเอียดเนื้อหาในสื่อการเรียนรู้ต่อการเรียนรู้	4.00	0.85	มาก
8. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับนักเรียน	4.38	0.70	มากที่สุด
9. เมื่อดูสื่อการเรียนรู้แล้วเกิดความเข้าใจได้ง่าย	4.43	0.50	มากที่สุด
10. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.43	0.71	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.25	0.74	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม อยู่ในระดับมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการพบว่า รายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด 3 ลำดับ ได้แก่ ภาพประกอบสื่อการเรียนรู้ชัดเจน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 เมื่อดูสื่อการเรียนรู้แล้วเกิดความเข้าใจได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71

ดังนั้น ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 4.25 อยู่ในระดับมากที่สุด คือ ซึ่งปฏิบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม มีผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amornpun (2018, pp. 46-50) ทั้งนี้จากการนำสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง เมื่อนักเรียนได้ศึกษาเนื้อหาเรื่อง สมาร์ทฟาร์ม และทำแบบทดสอบหลังเรียนเป็นจำนวน 15 ข้อพบว่าสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์มที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลที่ได้พบว่านักเรียนมีคะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน เฉลี่ยร้อยละ 80.17 และมีคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 84.33 ซึ่งไม่ต่ำกว่า 80/80 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยประสิทธิภาพของกระบวนการมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เนื่องจากนักเรียนใช้สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนั้นเมื่อนำสื่อการเรียนรู้มาใช้จึงทำให้บทเรียนมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Buaprasert (2018, pp. 41-45) จากการนำสื่อการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ผลการทดลองพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแสดงให้เห็นว่าสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น อันเป็นผลสืบเนื่องมาจาก สื่อการเรียนรู้ได้ออกแบบมาสำหรับให้นักเรียนได้เรียนตามความแตกต่างระหว่างบุคคล เปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างเป็นอิสระ นักเรียนสามารถเรียนได้ตามความสามารถ และนักเรียนสามารถเลือกเนื้อหาก่อนหลังได้ตามความต้องการ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khunsombut (2018, pp. 66-69) และพบว่าสื่อการเรียนรู้ และเนื้อหามีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน มีความเหมาะสม ชัดเจน และเข้าใจง่ายทั้งในด้านเนื้อหา และสื่อประกอบ ทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.25$, $SD = 0.74$) เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Musaarong et al. (2018, pp. 50-55)

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้โมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้คือ นำสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้โมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ไปใช้ร่วมกับวิชาการงานอาชีพ 1 (ง31101) ในหน่วยการเรียนรู้เกษตรยุคใหม่ และเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) ร่วมกับเทคโนโลยีโมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปคือ พัฒนาเนื้อหาของสื่อการเรียนรู้ให้ครอบคลุมทั้งหน่วยการเรียนรู้ และพัฒนาการทดลอง และแบบฝึกหัดให้มีความหลากหลาย เพื่อสะท้อนความรู้ที่นักเรียนได้รับ

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้โมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง ทั้งในขั้นตอนการนำเสนอหัวข้อการวิจัยตลอดจนขั้นตอนสุดท้าย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือในการวิจัย และปรับปรุงให้มีคุณภาพ มีความเหมาะสมต่อการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้อำนวยการ คณะผู้บริหาร และครูตลอดจนนักเรียนโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ที่ซึ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มตัวอย่างที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลจนการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รับประกาศนียบัตรรับรองการเข้าอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ที่จัดอบรมออนไลน์ขึ้นโดยสำนักบริหารงานวิจัยและนวัตกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเมื่อวันที่ 27 มกราคม 2566 คุณค่า และประโยชน์ใด ๆ อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่ บิดา มารดา และครูอาจารย์ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Amornpun, S. (2018). *Supplementary learning media by augmented reality on symbols and electronic diagram drawing* [Master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Boonkwang, K. (2018). *Supplementary learning media by augmented reality on extending the meter range* [Master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Brahmawong, C. (2013). Developmental testing of media and instructional package. *Silpakorn Educational Research Journal*, 5(1), 7-20. (in Thai)
- Buaprasert, N. (2018). *Supplementary learning media by augmented reality on checking basic electronic devices* [Master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Donjdee, K. (2018). The study of the development of an evaluation of satisfaction skill training program for non-academic personnel of Mahidol University. *Journal of Professional Routine to Research*, 5(2), 10-17. (in Thai)
- Kaewcharoen, P. (2016). The development of augmented reality technology in leaflet media on computer technology. *Academic Journal Bangkokthonburi University*, 5(1), 68-81. (in Thai)
- Khunsombut, P. (2018). *Supplementary learning media by augmented reality for the connection of circuits and electronic devices on protoboards* [Master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Ministry of Education. (2017). *The national education plan B.E. 2560-2579*. <https://backoffice.onec.go.th/uploads/Book/1540-file.pdf> (in Thai)

- Musaarong, H., Thepnarong, K., & Dumrongrit, D. (2018). *The development of augmented reality media learning on local music using the augmented reality technology*. Cultural Center Yala Rajabhat. <http://wb.yru.ac.th/xmlui/handle/yrui/6489> (in Thai)
- Siklom, S. (2016). *Learning media by augmented reality on microcontroller* [Master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Tongsawai, S. (2017). Finding efficiency the application using microcontroller boards of the controller robots in microprocessor and interfacing. *RMUTSB Academic Journal (Humanities and Social Sciences)*, 2(2), 191-201. (in Thai)
- Tuntavanitch, P. (2014). Taxonomy of educational objectives, cognitive domain based on the concept of Benjamin S. Bloom (revision edition). *Lampang Rajabhat University Journal*, 3(2), 13-25. (in Thai)

Research article

การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ เรื่องเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง ระหว่างนักศึกษา
ระดับปริญญาตรีที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

COMPARISON OF LEARNING OUTCOMES ON 7 QC TOOLS BETWEEN UNDERGRADUATE
STUDENTS STUDYING WITH BLENDED LEARNING AND TRADITIONAL LEARNING

สาธิต รุ่งฤดีสมบัติกิจ^{1*} และวินลี่ รุ่งฤดีสมบัติกิจ²
Satit Rungrudesombatkit^{1*} and Winly Rungrudesombatkit²

^{1*}สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพมหานคร 10510 ประเทศไทย
Department of Industrial Engineering Technology, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University,
Bangkok 10510 Thailand

²สาขาวิชานวัตกรรมการสื่อสารองค์กรและแบรนด์ คณะนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพมหานคร 10510 ประเทศไทย
Department of Innovative Organizational Communication and Brand, Faculty of Communication Arts,
Kasem Bundit University, Bangkok 10510 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23107>

Received: November 13, 2023, | Revised: December 6, 2023, | Accepted: February 9, 2024

ABSTRACT

This research is to compare learning outcomes in the areas of numerical analysis skills, communication skills, and information technology skills between undergraduate students studying with blended learning and traditional learning in the context of the course "Quality Control Tools" (Course code: IET.343). The focus is on the seven quality control tools, examining the effectiveness of blended learning in enhancing students' proficiency in these areas. The population is second-year student in the Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering Technology, a total of 125 students. The sample group consisted of 40 second-year students in the Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering Technology, who were enrolled in the course IET. 343 Quality Control, Semester 2/2020, which were obtained through purposive sampling. The sample group was divided into two groups: an experimental group and a control group. Then, 20 people were randomly assigned to the experimental group and 20 people to the control group by simple lottery method. Each learning is evaluated based on numerical analytic thinking skills, communication skills, and the use of information technology skills test. The statistics employed in this research were mean ($\bar{X}$), standard deviation (SD), and F-test (One-Way MANOVA). The findings indicated that the blended learning group, which includes the average scores for numerical analysis skills (16.70), communication skills (10.65), and information technology usage skills (9.40), performed better scores than the traditional learning group. The traditional learning group had average scores for numerical analysis skills, communication skills, and information technology usage skills at 13.40, 9.10, and 8.20, respectively. These differences are statistically significant at the .01 level.

Keywords: Blended learning, Numerical analytic thinking skills, Communication skills,
Use of information technology skills, 7 QC tools

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ ได้แก่ ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศระหว่างนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่องเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง รายวิชา ทอ.343 การควบคุมคุณภาพ ประชากรคือนักศึกษาชั้นปีที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 125 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ทอ.343 การควบคุมคุณภาพ ภาคเรียนที่ 2/2563 ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 40 คน กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลอง 20 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบทดสอบทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงตัวเลข แบบทดสอบทักษะการสื่อสารและแบบทดสอบทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบ F-test (One-Way MANOVA) ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานมีผลการเรียนรู้ คือค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขเท่ากับ 16.70 ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบทักษะการสื่อสาร 10.65 และค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 9.40 สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งมีผลการเรียนรู้คือค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขเท่ากับ 13.40 ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบทักษะการสื่อสารเท่ากับ 9.10 และค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเท่ากับ 8.20 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน, ทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงตัวเลข, ทักษะการสื่อสาร, ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง

1. บทนำ

การพัฒนาด้านดิจิทัลเทคโนโลยีทำให้เกิดสถาบันการศึกษารูปแบบใหม่ ได้แก่ มหาวิทยาลัยไซเบอร์ (Cyber University) มหาวิทยาลัยเสมือน (Virtual University) หรือมหาวิทยาลัยออนไลน์ (Online University) ดังนั้นสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา จึงส่งเสริมให้มีการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวิวัฒนาการของดิจิทัลเทคโนโลยี ส่งเสริมการพัฒนาหลักสูตรออนไลน์ (Office of the Higher Education Commission, 2004, p. 75) อย่างไรก็ตาม การเรียนออนไลน์ยังดูเหมือนเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้และไม่มีใครคาดคิดว่าวันหนึ่ง การเรียนการสอนผ่านช่องทางออนไลน์ จะกลายเป็นช่องทางการศึกษาภาคบังคับที่ถูกเร่งจากสถานการณ์โรคโควิด-19 (Bangkokbiznews, 2020, Online) ดังนั้นรัฐมนตรีว่าการกระทรวงการอุดมศึกษาฯ จึงได้ปรับวิกฤตให้เป็นโอกาส โดยมอบนโยบายให้คณะกรรมการการอุดมศึกษาดำเนินการเพิ่มศักยภาพและยกระดับสถาบันอุดมศึกษาด้วยการปรับการเรียนการสอนผ่านช่องทางออนไลน์ (Thaipost, 2020, Online) ในส่วนของมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ได้ปฏิบัติตามนโยบายของรัฐบาลในการลดอัตราการแพร่ระบาดของเชื้อ COVID-19 โดยประกาศ เรื่องการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ เนื่องจากการระบาดของเชื้อ COVID-19 มีคำสั่งให้ผู้สอนจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์หรือแบบผสมผสาน และนอกจากความจำเป็นที่ต้องปรับปรุงการเรียนการสอนให้ทันต่อการพัฒนาด้านดิจิทัลเทคโนโลยีและปัญหาการแพร่ระบาดของเชื้อ COVID-19 แล้วยังพบว่าบัณฑิตของสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการประสบปัญหาทางด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ โดยผลการประเมินคุณภาพจากผู้ใช้บัณฑิตพบว่าแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องติดต่อกัน 3 ปี (2560-2562) (Curriculum Committee Department of Industrial Engineering Technology [IET], 2020, p. 7) ซึ่งในท้นี้ ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาเรื่องเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง มาทำการศึกษาวิจัยเพราะเครื่องมือดังกล่าวสามารถแสดงถึงตัวอย่างที่ชัดเจนในการฝึกฝนให้นักศึกษาเลือกและประยุกต์เทคนิคทางสถิติในการเก็บข้อมูล นำเสนอข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและสื่อความหมายได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับการฝึกฝนทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

การเรียนการสอนแบบผสมผสาน (Blended learning) เป็นการผสมการเรียนการสอนในชั้นเรียนแบบเผชิญหน้ากับการเรียนออนไลน์ที่ใช้การสื่อสารระหว่างนักศึกษาและผู้สอนในรูปแบบต่าง ๆ (Capone et al., 2017, pp. 10478-10482) มีเนื้อหาส่วนใหญ่ส่งผ่านระบบออนไลน์ ใช้การอภิปรายออนไลน์และมีการพบปะกันในห้องเรียนบ้าง การอภิปรายออนไลน์ถือเป็นการส่งผ่านเนื้อหาออนไลน์เช่นกัน แต่การเรียนในรูปแบบปกติจะไม่มีการส่งผ่านเนื้อหาออนไลน์ (Allen et al., 2007, p. 5) การเรียนการสอนแบบผสมผสานจะเน้นการเรียนการสอนนักศึกษาในชั้นเรียนร่วมกับการสื่อสารผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่และการสื่อสารออนไลน์ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ประหยัด มีประสิทธิภาพ สามารถเพิ่มความรู้อและพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ได้

โดยที่ผู้สอนสามารถทำการสอนได้ทุกที่ทุกเวลา (Sinaga, 2020, pp. 13-19) โดยเฉพาะในช่วงการระบาดของเชื้อ COVID-19 ซึ่งผู้สอนต้องเปลี่ยนการเรียนการสอนรูปแบบเดิมให้เป็นการเรียนการสอนที่ดำเนินการแบบออนไลน์ได้จากที่บ้าน (Almarzooq et al., 2020, pp. 2635-2638)

การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานมีสื่อการสอนวิดีโอบนช่อง YouTube ที่พัฒนาด้วย ADDIE model สามารถส่งวิดีโอลิงก์ไปยัง Google Classroom ได้ (Irawan et al., 2020, pp. 2469-2478) ทำให้นักศึกษามีอิสระที่จะเรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถเข้าถึงสื่อการสอน แชร์และดาวน์โหลดผ่านสื่อสังคม (Social media) ได้ทุกที่ทุกเวลา เช่น Facebook, YouTube, Blog และ Wikis (Ljubojevic et al., 2014, pp. 275-291) เพื่อศึกษาได้ในภายหลังกรณีนักศึกษาไม่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต (Offline studied) ผู้สอนมีความยืดหยุ่นด้านเวลาในการสอน นักศึกษาและผู้สอนสามารถปฏิสัมพันธ์กันได้อย่างต่อเนื่องนอกชั้นเรียนผ่านสื่อสังคม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของการสื่อสารและการปฏิสัมพันธ์ ผู้สอนสามารถพัฒนาการเรียนรู้อย่างบุคคลได้

เพื่อตอบสนองนโยบายของกระทรวงการอุดมศึกษา นโยบายของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และผู้ใช้บัณฑิต ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ เรื่องเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง ที่มีต่อทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศระหว่างนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับแบบปกติ โดยมีสมมติฐานการวิจัยว่าทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของนักศึกษาที่สอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาระดับอุดมศึกษาเป็นการศึกษาขั้นสูงซึ่งจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักศึกษาเป็นสำคัญ และสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้ที่มุ่งหมายให้เกิดขึ้นแก่นักศึกษาตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา 5 ด้าน คือ คุณธรรม จริยธรรม ความรู้ ทักษะทางปัญญา ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ สอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาระดับอุดมศึกษา ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ซึ่งมีนโยบายสร้างบัณฑิตที่มีคุณภาพ ส่งเสริมนักศึกษาให้เกิดทักษะการเรียนรู้ โดยคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ในศตวรรษที่ 21 ควรมีทักษะพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่ เทคโนโลยีสารสนเทศ การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม และการสื่อสาร (Hiangrat et al., 2018, pp. 33-47) การคิดวิเคราะห์ (Analytic thinking) เป็นการย่อยข้อมูลที่ได้รับในรูปแบบของการตรวจสอบ และประเมินเป็นลำดับขั้นจนนำไปสู่ข้อสรุป ส่วนการคิดวิพากษ์ (Critical thinking) เป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 หมายถึง การหาความรู้เพิ่มจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อประเมินข้อมูล ตรวจสอบ ติความข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับ เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจแบบองค์รวม (Holistic judgment) ที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า การคิดวิเคราะห์เป็นส่วนหนึ่งของการคิดวิพากษ์ (The Peak Performance Center, 2020, Online) การวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ หมายถึง การวิเคราะห์ข้อมูลข่าวสารทั้งที่เป็นตัวเลขเชิงสถิติหรือคณิตศาสตร์ภาพพูดและภาษาเขียน อันมีผลให้สามารถเข้าใจองค์ความรู้หรือประเด็นปัญหาได้อย่างรวดเร็ว มีความสามารถในการใช้ดุลยพินิจที่ดีในการประมวลผลแปลความหมายและเลือกใช้ข้อมูลสารสนเทศโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่อง สามารถสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งการพูด การเขียนและการนำเสนอด้วยรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับบุคคล และกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน (Ittichinnapat et al., 2016, pp. 142-153) ทั้งนี้ Chaisomtrakul and Wilakul (2019, pp. 87-100) ได้กล่าวว่า ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นทักษะการใช้วิธีวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์ในการแปลความหมาย เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา สามารถสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งการพูดและการเขียน รู้จักเลือกและใช้รูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสมกับปัญหาและกลุ่มผู้ฟังที่แตกต่างกัน สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและเทคนิคการสื่อสารที่เหมาะสมในการเก็บข้อมูล แปลความหมาย และสื่อสารสารสนเทศ ส่วนเทคโนโลยีสารสนเทศ หมายถึง ความรู้ในผลิตภัณฑ์หรือในกระบวนการใด ๆ ที่อาศัยเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ การติดต่อสื่อสาร การรวบรวมและการนำข้อมูลมาใช้อย่างทันการณ์ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพทั้งด้านการผลิต การบริการ การบริหาร และการดำเนินงาน รวมทั้งเพื่อการศึกษาและการเรียนรู้ ซึ่งจะส่งผลต่อความได้เปรียบทางเศรษฐกิจ การค้า การพัฒนาด้านคุณภาพชีวิตของประชาชนในสังคม (National Electronics and Computer Technology Center, 2002, p. 10) ซึ่ง Tantranont et al. (2018, pp.100-109) ได้นำเสนอการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานในกระบวนวิชาวิทยาการระบาด ผู้เรียนคือนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะพยาบาลศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 ที่ลงทะเบียนเรียนกระบวนวิชาวิทยาการระบาด ตอนที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 43 คน จากผลการประเมินพบว่าหลังเรียนนักศึกษามีผลลัพธ์ในการเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐาน TQF ทุกด้านเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน ได้แก่ ด้านคุณธรรมจริยธรรม ($p < 0.01$) ด้านทักษะทางปัญญา ($p < 0.05$)

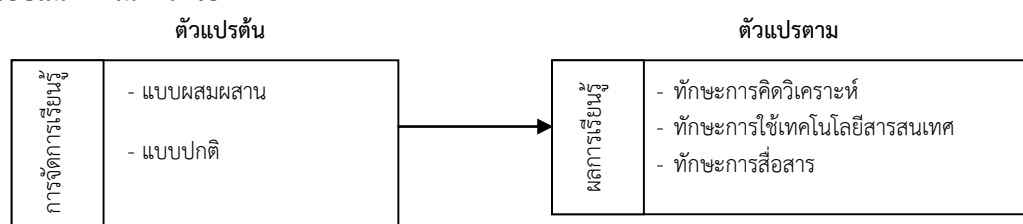
ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ($p < 0.01$) และด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ($p < 0.01$) ร้อยละ 61.9 ของนักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานในระดับมากที่สุด

จากงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระดับปริญญาตรี เรื่องเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง ที่มีต่อทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับแบบปกติ โดยมีสมมติฐานการวิจัยว่า นักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสานมีทักษะด้านการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศต่อการเรียนเรื่องเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง รายวิชา ทอ.343 การควบคุมคุณภาพสูงกว่านักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้แผนการทดลองจริง (True-experiment design) แบบ Posttest only control group design เพื่อทดสอบสมมติฐานว่า ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของนักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยการจัดการสอนแบบผสมผสานสูงกว่าการจัดการสอนแบบปกติ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว (One-way MANOVA) ประชากรคือนักศึกษาชั้นปีที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ทอ.343 การควบคุมคุณภาพ ภาคเรียนที่ 2/2563 จำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม 810 และกลุ่ม 820 มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 125 คน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ทอ.343 การควบคุมคุณภาพ ภาคเรียนที่ 2/2563 คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง กลุ่มตัวอย่างจะถูกสุ่มเข้ากลุ่มทดลองจำนวน 20 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข แบบทดสอบทักษะการสื่อสาร และแบบทดสอบทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ F-test (One-Way MANOVA)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อที่จะเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักศึกษาระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยของ Tantranont et al. (2018, pp.100-109) ที่เสนอแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนนักศึกษามีผลการเรียนรู้ด้านการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน และผลการวิจัยของ Phakakat and Sovajassatakul (2020, pp. 814-819) ที่กล่าวว่ากลุ่มทดลองที่จัดการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยการบริการสังคม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิพากษ์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่จัดการเรียนรู้แบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ศึกษางานวิจัยของ Sinaga (2020, pp. 13-19) ที่ประยุกต์การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์ โดยผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์ได้ดีกว่าการจัดการเรียนรู้แบบเดิม มาเป็นแนวทางในการกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังรูปที่ 1

3.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.2 ขอบเขตการวิจัย

ระยะเวลาในการวิจัยอยู่ระหว่างภาคเรียนที่ 2/2563 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยคือ เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง ซึ่งประกอบไปด้วย 1. ใบตรวจสอบ (Check sheet) 2. พารโต (Pareto) 3. ฮิสโทแกรม (Histogram) 4. แผนภูมิควบคุม (Control chart) 5. ผังก้างปลา (Fishbone diagram) 6. แผนภาพการกระจาย (Scatter diagram) 7. กราฟอื่น ๆ (Graphs) รายวิชา ทอ.343 การควบคุมคุณภาพ ตัวแปรที่ใช้ศึกษาจำแนกตามสมมติฐานการวิจัยคือ นักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานมีผลการเรียนรู้สูงกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ 1. การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน และ 2.การจัดการเรียนรู้แบบปกติ ตัวแปรตาม ได้แก่ ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ประชากรคือนักศึกษาชั้นปีที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์

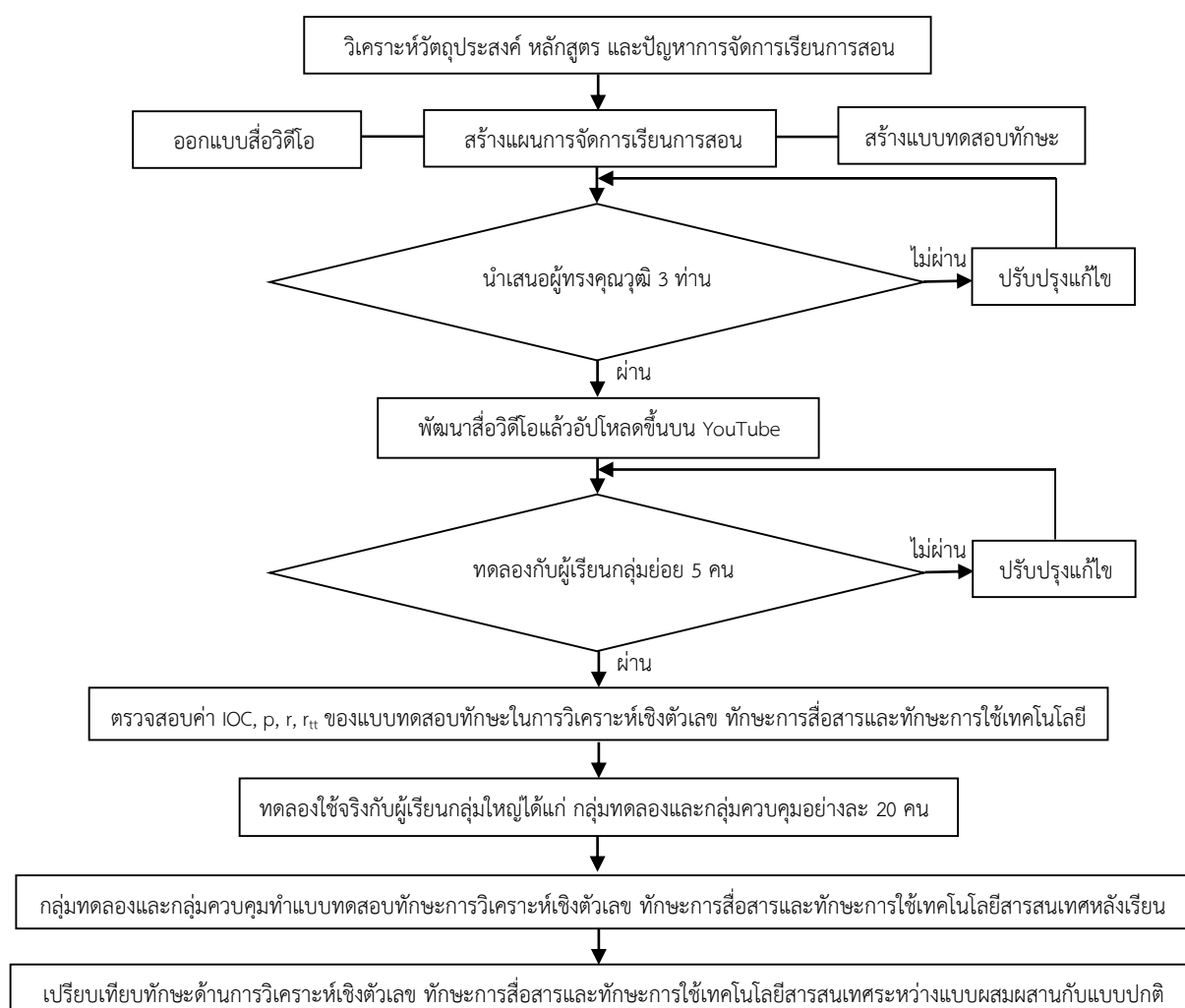
สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ ภาคเรียนที่ 2/2563 มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 125 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ทอ.343 การควบคุมคุณภาพ ภาคเรียนที่ 2/2563 ได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจงจำนวน 40 คน กลุ่มตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม จากนั้นจึงทำการสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลอง 20 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก ทั้งนี้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเป็นไปตามข้อเสนอแนะของ Hair et al. (2006, p. 75) ที่กล่าวว่า ในทางปฏิบัติขนาดกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มควรมีอย่างน้อย 20 คน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 1.00 ค่าความยาก 0.65-0.80 ค่าอำนาจจำแนก 0.58-0.84 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 เท่ากับ 0.80 แบบทดสอบทักษะการสื่อสาร แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 1.00 มีค่าความยาก 0.50-0.80 ค่าอำนาจจำแนก 0.53-0.84 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 เท่ากับ 0.71 แบบทดสอบทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 1.00 มีค่าความยาก 0.40-0.80 ค่าอำนาจจำแนก 0.42-0.84 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 เท่ากับ 0.72

3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

จากรูปที่ 2 ทำการพัฒนาสื่อวีดีโอโดยอ้างอิงแนวคิด ADDIE model เริ่มจากการวิเคราะห์วัตถุประสงค์ของรายวิชา หลักสูตร ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนตามการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ออกแบบเนื้อหาสื่อการสอนวีดีโอ คัดเลือกซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาสื่อวีดีโอ สร้างแบบทดสอบทักษะด้านการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านพิจารณาตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ออกแบบและพัฒนาสื่อวีดีโอโดยใช้โปรแกรม PowerPoint (Tuaycharoen, 2021, pp. 38-51) บันทึกการสอนและใช้โปรแกรม Davinci resolve ตัดต่อวีดีโอคลิปแล้วอัปโหลดขึ้นบนช่อง YouTube เพื่อนำไปทดลองใช้กับ นักศึกษากลุ่มย่อยจำนวน 5 คน หาข้อบกพร่องและทำการแก้ไขตามความคิดเห็นของนักศึกษา ตรวจสอบค่าความเที่ยงตรง (IOC), ค่าความยาก (p), ค่าอำนาจจำแนก (r), และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (rtt) ด้วยสูตร KR-20 นำเข้าสื่อการสอน (วีดีโอและเอกสารประกอบการสอน) และเชิญนักศึกษาเข้าห้องเรียนผ่านโปรแกรม Google Classroom เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน จากนั้นจึงทำการทดสอบทักษะด้านการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศหลังเรียนกับนักศึกษาจำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 20 คน เพื่อเปรียบเทียบทักษะด้านการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศต่อการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับแบบปกติ

4. ผลการวิจัย

คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านโดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ สมศ. มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับคุณภาพ
1	ความครบถ้วนและสอดคล้องสัมพันธ์กันขององค์ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้	4.33	0.39	ดี
2	ความถูกต้องของวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.50	0.58	ดี
3	ความถูกต้องของเนื้อหาสาระ	5.00	0	ดีมาก
4	ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้	4.28	0.41	ดี
5	ความเหมาะสมของสื่อการสอน (สื่อวีดีโอ)	4.56	0.58	ดีมาก
6	ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล	4.83	0.15	ดีมาก
รวม		4.58	0.35	ดีมาก

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าผู้ทรงคุณวุฒิได้ประเมินระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยรวมมีค่า $\bar{X} = 4.58$ และ $SD = 0.35$ พบว่าคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก

เพื่อที่จะเปรียบเทียบทักษะด้านการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับการจัดการเรียนรู้ปกติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว (One-Way MANOVA) นั้น โดยก่อนที่จะเริ่มทำการวิเคราะห์คะแนนทดสอบทักษะในด้านการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทดสอบระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จะต้องตรวจสอบเสียก่อนว่าข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณหรือไม่ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ

ทักษะ	การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล		ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน		การทดสอบด้วย Box's M	การทดสอบด้วย Levene's test
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	การสื่อสาร	การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ		
การวิเคราะห์เชิงตัวเลข	>0.10 [*]	>0.10 [*]	0.45	0.48	0.06 [*]	0.11 ^{**}
การสื่อสาร	>0.10 [*]	>0.10 [*]	-	0.46		0.05 ^{**}
การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	>0.10 [*]	>0.10 [*]	-	-		0.13 ^{**}
ผลการทดสอบ	ปกติ	ปกติ	<0.80	<0.80	ไม่มีนัยสำคัญ	ไม่มีนัยสำคัญ

^{*}ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

^{**}ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01

จากตารางที่ 2 เมื่อทำการทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วย Shapiro-Wilk พบว่าการกระจายเป็นแบบปกติทุกกลุ่มที่ระดับนัยสำคัญ .05 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันของตัวแปรตามได้แก่ ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมีค่าน้อยกว่า 0.80 เมื่อทำการทดสอบด้วย Box's M จะได้ว่าเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และเมื่อทดสอบด้วย Levene's test จะเห็นได้ว่าความแปรปรวนของตัวแปรตามแต่ละตัวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ดังนั้นจึงสามารถทำการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของนักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มด้วยการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันได้โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว (One-way MANOVA) ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Wilk's Lamda = 0.52, F = 10.16, df = 3, p-value <0.001)

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นซึ่งพบว่า การจัดการการเรียนรู้แบบผสมผสานและการจัดการการเรียนรู้แบบปกติมีคะแนนทดสอบทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของนักศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงได้ทำการทดสอบต่อไปว่าตัวแปรตามของการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีความแตกต่างกันที่ตัวแปรใดบ้างโดยการทดสอบตัวแปรตามแต่ละตัว (Univariate tests) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคะแนนทดสอบทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศต่อการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติด้วยการทดสอบตัวแปรตามแต่ละตัว (Univariate tests)

ตัวแปรตาม	ตัวแปรอิสระ	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	SD	F	p-value
ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข	กลุ่มทดลอง	20	16.70	2.15	29.77**	< 0.01
	กลุ่มควบคุม	20	13.40	1.63		
ทักษะการสื่อสาร	กลุ่มทดลอง	15	10.65	1.98	9.10**	<0.01
	กลุ่มควบคุม	15	9.10	1.16		
ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	กลุ่มทดลอง	15	9.40	1.54	7.82**	<0.01
	กลุ่มควบคุม	15	8.20	1.15		

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่านักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยการจัดการการเรียนรู้แบบปกติมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเท่ากับ 13.40, 9.10 และ 8.20 ตามลำดับ ส่วนนักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยการจัดการการเรียนรู้แบบผสมผสานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบเท่ากับ 16.70, 10.65 และ 9.40 ตามลำดับ ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า การเรียนรู้ด้วยการจัดการการเรียนรู้แบบผสมผสานกับการจัดการการเรียนรู้แบบปกติมีคะแนนทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยผลการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานมีคะแนนทดสอบทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศสูงกว่าผลการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้แบบปกติทั้ง 3 ตัวแปร

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของนักศึกษาระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนด้วยการจัดการการเรียนรู้แบบผสมผสาน กับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยพบว่า การสอนด้วยการจัดการการเรียนรู้แบบผสมผสานมีคะแนนทดสอบทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศสูงกว่าการสอนด้วยการจัดการการเรียนรู้แบบปกติทั้ง 3 ตัวแปร

จากผลการศึกษาข้างต้นสามารถอธิบายได้ว่า การที่การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานมีคะแนนทดสอบทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศสูงกว่าการจัดการการเรียนรู้แบบปกติ นั้น อาจเป็นเพราะนักศึกษาและผู้สอนสามารถบริหารเวลาได้ดีกว่าการจัดการการเรียนรู้แบบปกติ ด้วยการแบ่งเวลาบางส่วนที่ได้จากการจัดสรรเวลาในชั้นเรียน (Jeyaraj, 2017, pp. 1-9) ให้นักศึกษาได้ศึกษาด้วยตนเองโดยใช้เอกสารประกอบการสอนและวิดีโอลิงก์บนช่อง YouTube เป็นสื่อเสริมผ่านโปรแกรม Google Classroom ซึ่งทำให้ผู้สอนต้องเปลี่ยนบทบาทไปเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ผู้สอนมีปฏิสัมพันธ์กับนักศึกษามากกว่าการบรรยายหน้าชั้นเรียนเพียงอย่างเดียว และยังสามารถอำนวยความสะดวก

ความสะดวกแก่นักศึกษาที่ขาดเรียนแล้วต้องติดตามการเรียนให้ทันหรือนักศึกษาที่เรียนรู้ช้าที่ต้องการทบทวน ฟังซ้ำในหัวข้อที่ยากแก่การทำความเข้าใจ (Giannakos et al., 2014, Online) และผลการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีคะแนนทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศต่อการจัดการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานมีคะแนนทดสอบทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสารและทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศสูงกว่าการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ปกติ ทั้ง 3 ตัวแปร อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานมีสื่อการสอนวิดีโอบนช่อง YouTube ที่พัฒนาด้วย ADDIE model สามารถส่งวิดีโอลิงก์ไปยัง Google Classroom ได้ (Irawan et al., 2020, pp. 2469-2478) ทำให้นักศึกษามีอิสระที่จะเรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถเข้าถึงสื่อการสอนได้ทุกที่ทุกเวลา สามารถแชร์และดาวน์โหลดผ่านสื่อสังคม (Social media) ได้ เช่น Facebook, YouTube, blog และ Wikis (Ljubojevic et al., 2014, pp.275-291) เพื่อศึกษาได้ในภายหลังกรณีนักศึกษาไม่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต (Offline studied) ผู้สอนมีความยืดหยุ่นด้านเวลาในการจัดการเรียนรู้ นักศึกษาและผู้สอนสามารถปฏิสัมพันธ์กันได้อย่างต่อเนื่องนอกชั้นเรียนผ่านสื่อสังคม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของการสื่อสารและการปฏิสัมพันธ์ ทำให้ผู้สอนสามารถให้ความรู้เพื่อการพัฒนาบุคคล (Istenič, 2021, pp. 117-121) ส่งเสริมให้นักศึกษาเกิดความสนใจและมีส่วนร่วมในการเรียนมากยิ่งขึ้น (Majid et al., 2011, pp.143-151) โดยเฉพาะในช่วงการแพร่ระบาดของเชื้อ COVID-19 การจัดการเรียนรู้นี้ช่วยให้ผู้สอนตอบกลับคำถามของนักศึกษานอกชั้นเรียนได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึง ซึ่งหากเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ก่อนการแพร่ระบาด ผู้สอนมักจะละเลยการตอบคำถามของนักศึกษาให้เป็นไปอย่างทั่วถึง ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tantranont et al. (2018, pp.100-109) ที่เสนอแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานในกระบวนวิชาวิทยาการระบาดของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะพยาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 2 ซึ่งผลการวิจัยพบว่าหลังเรียน นักศึกษามีผลการเรียนรู้ด้านทฤษฎีการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Phakakat and Sovajassatakul (2020, pp. 814-819) ที่กล่าวว่า กลุ่มทดลองที่จัดการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยการบริการสังคม (Blended service learning) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิพากษ์ (Critical thinking skills) สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่จัดการเรียนรู้แบบเดิม (Typical learning) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sinaga (2020, pp. 13-19) ที่ประยุกต์การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์ โดยผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์ได้ดีกว่าการจัดการเรียนรู้แบบเดิม (Conventional learning) และยังสอดคล้องกับผลสำรวจผู้ใช้บัณฑิตที่พบว่า บัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการมีทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ทักษะการสื่อสาร และทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพิ่มขึ้นในปีการศึกษา 2565 (Curriculum Committee Department of IET, 2023, p. 9)

6. ข้อเสนอแนะ

ควรนำการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน เรื่องเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง ไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนระดับปริญญาตรีในสาขาวิชาอื่น ๆ ที่ต้องการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ โดยเริ่มจากการชี้แจงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ นโยบายการจัดการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัยในช่วงการแพร่ระบาดของเชื้อ COVID-19 วัตถุประสงค์ในการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศผ่านโปรแกรม Google Meet จากนั้นจึงนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการแนะนำแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน บทบาทของนักศึกษาและผู้สอน วิธีการเข้าถึงสื่อการสอน (วิดีโอและเอกสารประกอบการสอนออนไลน์) เรื่องเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง ผ่านโปรแกรม Google Meet หรือ Line Meeting แล้วดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักศึกษาศึกษาวิดีโอหัวข้อเรื่องเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง โดยใช้เอกสารประกอบการสอน (ไฟล์ pdf) ผ่านโปรแกรม Google Classroom นักศึกษาที่ได้รับมอบหมายงานนำเสนอผ่านโปรแกรม Google Meet หรือ Line Meeting และทำแบบฝึกหัดในเอกสารประกอบการสอน ส่งเข้า Google Classroom ภายในระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์ ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะด้านความถูกต้องของเนื้อหาและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพูดสื่อสาร การเขียน การฟัง และในขั้นตอนสุดท้ายคือ การประเมินผล โดยผู้สอนประเมินพฤติกรรมการเรียน การพูดสื่อสาร การฟัง การเขียนจากการนำเสนอของนักศึกษาผ่านโปรแกรม Google Meet หรือ Line Meeting ผู้สอนตรวจติดตามความก้าวหน้าในการทำแบบฝึกหัด ปรับปรุงแก้ไข ให้ข้อเสนอแนะนักศึกษาเป็นรายบุคคล (Coaching) ผ่าน Line chat และสอบข้อเขียนหลังเรียนในชั้นเรียนทั้งด้านเนื้อหาสาระ และด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และควรมีการศึกษาตัวแปรอื่นเพิ่มเติมที่จะส่งผลต่อผลการเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิอุดมศึกษาในด้านอื่น เช่น ทักษะ

ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ความรู้ คุณธรรมจริยธรรม และทางปัญญา ทั้งนี้เพราะมาตรฐานการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถวัดผลได้จากรูปแบบการสอนแบบผสมผสานที่อาศัยการมีปฏิสัมพันธ์กับนักศึกษาผ่านสื่อสังคม การตรวจผลงาน และให้ข้อเสนอแนะเป็นรายบุคคลผ่านโปรแกรม Line ซึ่งจะทำให้ผู้สอนสามารถติดตามความก้าวหน้าในการเรียนของนักศึกษาแต่ละคนได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึงทั้งในห้องเรียนและที่บ้าน ในขณะที่นักศึกษาที่ตามไม่ทันก็สามารถกลับไปทบทวน ฟังเนื้อหาซ้ำผ่านช่อง YouTube และสามารถประเมินผลการเรียนรู้จากแบบฝึกหัด พฤติกรรมการเรียน และการทำงานเป็นทีมจากวิดีโอการนำเสนอของนักศึกษาผ่านโปรแกรม Line Meeting

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะนิเทศศาสตร์ สาขาวิชานวัตกรรมการสื่อสารองค์กรและแบรนด์ และผู้รับผิดชอบหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตที่ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในการตรวจสอบแก้ไขแบบทดสอบด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ตลอดจนนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรมที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ทอ.343 การควบคุมคุณภาพที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทำแบบทดสอบดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

- Allen, I. E., Seaman, J., & Garrett, R. (2007). *Blending in: The extent and promise of blended education in the United States*. Sloan Consortium.
- Almarzooq, Z. I., Lopes, M., & Kochar, A. (2020). Virtual learning during the COVID-19 pandemic: A disruptive technology in graduate medical education. *Journal of the American College of Cardiology*, 75(20), 2635-2638.
- Bangkokbiznews. (2020, June 19). *COVID-19 accelerate study for Thailand, it's time to change?* <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/885550>. (in Thai)
- Capone, R., De Caterina, P., & Mazza, G. A. G. (2017, July 3). Blended learning, flipped classroom and virtual environment: Challenges and opportunities for the 21st century students. In L. G. Chova, A. L. Martinez, & I. C. Torres (Eds.), *Edulearn17 Proceedings 2017: 9th International Conference on Education and New Learning Technologies* (pp. 10478-10482). IATED.
- Chaisomtrakul, P., & Wilaikul, S. (2019). A comparative study of learning outcomes bachelor's degree standard in accounting with international education standard for professional accountant. *Academic Journal of North Bangkok*, 6(3), 87-100. (in Thai)
- Curriculum Committee Department of Industrial Engineering Technology. (2020). *Course performance report: Bachelor of Industrial Technology Department of Industrial Engineering Technology academic year 2019*. Kasem Bundit University. (in Thai)
- Industrial Engineering Technology. (2023). *Course performance report: Bachelor of industrial technology department of industrial engineering technology academic year 2022*. Kasem Bundit University. (in Thai)
- Giannakos, M., Chorianopoulos, K., Ronchetti, M., Szegedi, P., & Teasley, S. (2014). Video-based learning and open online courses. *International Journal: Emerging Technologies in Learning*, 9(1), 4-7.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed). Pearson Prentice-Hall.
- Hiangrat, P., Sacchanand, C., & Choempayong, S. (2018). Information literacy of undergraduate students of Rajabhat Universities. *TLA Research Journal*, 11(1), 33-47. (in Thai)

- Irawan, E., Ahmadi, A., Prianggono, A., Saputro, A. D., & Rachmadhani, M. S. (2020). YouTube channel development on education: Virtual learning solutions during the Covid. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(4), 2469-2478.
- Istenič, A. (2021). Online learning under COVID-19: Re-examining the prominence of video-based and text-based feedback. *Educational Technology Research and Development*, 69, 117-121.
- Ittichinnapat, J., Piromjitpong, S., & Sawadthaisong, N. (2016). The research-based learning model into development preferable numerical analysis skills, communication and information technology skills faculty of bachelor's degree for Rajabhat Institute instructors. *NRRU Community Research Journal*, 10(3), 142-153. (in Thai)
- Ljubojevic, M., Vaskovic, V., Stankovic, S., & Vaskovic, J. (2014). Using supplementary video in multimedia instruction as a teaching tool to increase efficiency of learning and quality of experience. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 15(3), 275-291.
- Majid, S., Khine, W. K. K., Oo, M. Z. C., & Lwin, Z. M. (2012). An analysis of YouTube videos for teaching information literacy skills. *Advanced Information Technology in Education*, 126, 143-151.
- National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC). (2002). *Thailand Information and Communication Technology (ICT) master plan (2002-2006)*. Author. (in Thai)
- Office of the Higher Education Commission. (2004). *Long-term higher education plan 20 Years (2018-2037)*. Bureau of Higher Education Policy and Planning. (in Thai)
- Phakakat, S., & Sovajassatakul, T. (2020). Effects of copper model in blended service learning for the enhancement of undergraduate academic achievements and critical thinking. *TEM Journal*, 9(2), 814-819.
- Jeyaraj, J. S. (2017). *Blended learning VS. flipped classroom: Strength and weaknesses*. In K. H. S. Zuhri (Ed.), *Conference English Language Teaching: A Blended Approach* (pp. 1-9). SVA Government Degree College, Sri Kalahasti, Andra Pradesh, India.
- Sinaga, J. T. (2020). *The effect of blended learning model to critical thinking and creative thinking skill students in senior high school* [Doctoral dissertation]. Universitas Negeri Medan (UNIMED).
- Tantranont, K., Tuanrat, W., & Kaewthummanukul, T. (2018). The application of blended learning approach to a epidemiology course. *Nursing Journal*, 45(1), 100-109. (in Thai)
- Thaipost. (2020). *Handing 5 new policies of the commissioner for education "Mor Udom" to take action*. <https://www.thaipost.net/main/detail/63124>. (in Thai)
- The Peak Performance Center. (2020). *Analytic thinking and critical thinking*. <https://thepeakperformancecenter.com/educational-learning/thinking/critical-thinking/analytical-thinking-critical-thinking>.
- Tuaycharoen, N. (2021). University-wide online learning during COVID-19: From policy to practice. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 15(2), 38-54.

Research article

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และการพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน
ด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด

STUDY OF PHYSICAL PROPERTIES MECHANICAL PROPERTIES AND THE DEVELOPMENT OF
PARTICLEBOARD FROM DURIAN PEEL USING A COMPRESSION MOLDING PROCESS

จุฑาทิพย์ นามวงศ์¹ เข็มชาติ เขยชม^{1*} นฤมล เลิศคำฟู² และสุรพงษ์ ปัญญาทา²

Juthathip Namwong¹, Kemchart Cheychom^{1*}, Narumon Lertcumfu², and Surapong Panyata²

¹สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000 ประเทศไทย

Department of Industrial Art, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University,
Chanthaburi 22000 Thailand

²สาขาเทคโนโลยีอัญมณีและเครื่องประดับ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จังหวัดจันทบุรี 22000 ประเทศไทย

Department of Gems and Jewelry Technology, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat
University, Chanthaburi 22000 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23108>

Received: November 13, 2023, | Revised: December 14, 2023, | Accepted: February 11, 2024

ABSTRACT

This research is the process study of producing particleboard from durian peel using the compression molding process. These studies are the physical and mechanical properties of particleboard from durian peel. The results found that the flexural test and the tensile test of furniture material sheets from durian peels at a ratio of durian pulp to glue water were 1:0.2, 1:0.4, 1:0.6, 1:0.8, 1:1, and 1:1.5, respectively. A specimen with dimensions of width 50 x length 200 x thickness 10 millimeters was tested with a machine. The universal testing machine of six samples in each ratio. It shows that the mechanical strength values increased when the ratio of water mixed with glue increased. The durian pulp has a better adhesion. This results are in a higher density as the ratio increases and at the ratio of 1:1.5, it has the highest strength and an average flexural strength of 5.74 MPa but it has not yet passed the criteria set by TISI 876-2004 with a flexural strength of not less than 14 MPa for plywood sheets with a thickness exceeding 6.0-13.0 millimeters. It has an average tensile strength value perpendicular to the surface of 0.49 MPa, which passes the criteria set by TISI standard, with the tensile strength value perpendicular to the surface not less MPa. than 0.40 for plywood with a thickness of more than 6.0-13.0 millimeters. For the testing of the burning rate of particleboard made from durian peels, it was found that the burning rate decreased when the ratio of water mixed with glue increased due to the increasing density of the workpiece at a ratio of 1:1.5 and it can stop the combustion by itself.

Keywords: Particleboard, Durian peel, Mechanical strength, Flexural strength

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากรรมวิธีการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด ศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน ผลการวิจัย พบว่า การทดสอบการดัดงอ และการทดสอบการดึงของแผ่นวัสดุสำหรับเฟอร์นิเจอร์จากเปลือกทุเรียนที่อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาก เท่ากับ 1:0.2, 1:0.4, 1:0.6, 1:0.8, 1:1, และ 1:1.5 ตามลำดับ ทดสอบชิ้นงานที่มีขนาด กว้าง 50 × ยาว 200 × หนา 10 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ จำนวน 6 ชิ้นงานตัวอย่าง ในแต่ละอัตราส่วน พบว่า ค่าความแข็งแรงเชิงกลมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราส่วนของน้ำผสมกาวมีค่าที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเยื่อเปลือกทุเรียนมีการเกาะตัวได้ดีขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นสูงขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้น และที่อัตราส่วน 1:1.5 มีค่าความแข็งแรงที่สูงที่สุด มีค่าความต้านทานเชิงดัดเฉลี่ย 5.74 เมกะปาสคาล แต่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 โดยค่าความต้านทานแรงดัด เมกะปาสคาล ไม่น้อยกว่า 14 สำหรับแผ่นขึ้นไม้อัดที่ขนาดความหนาเกิน 6.0-13.0 มิลลิเมตร และมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.49 เมกะปาสคาล ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 โดยค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะปาสคาล ไม่น้อยกว่า 0.40 สำหรับแผ่นขึ้นไม้อัดที่ขนาดความหนาเกิน 6.0-13.0 มิลลิเมตร และการทดสอบอัตราการเผาไหม้ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน พบว่า อัตราการเผาไหม้มีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนของน้ำผสมกาวที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากชิ้นงานมีความหนาแน่นที่เพิ่มมากขึ้น และในอัตราส่วน 1:1.5 สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตนเอง

คำสำคัญ: แผ่นขึ้นไม้อัด, เปลือกทุเรียน, ความแข็งแรงทางกล, ความแข็งแรงดัด

1. บทนำ

ภาคตะวันออกของไทยอันได้แก่บริเวณพื้นที่ 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี สระแก้ว และตราด เป็นอีกหนึ่งภูมิภาคของประเทศที่มีความสวยงามด้านภูมิศาสตร์ และอุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรธรรมชาติ เหมาะสมในการเป็นแหล่งท่องเที่ยวคุณภาพ เพราะมีความหลากหลายทางชีวภาพ รวมถึงการเป็นแหล่งเกษตรกรรมที่สามารถทำการเพาะปลูกพืชผักผลไม้ในเขตร้อนชื้นได้หลากหลายชนิด เช่น เงาะ มังคุด ทุเรียน สละ ลองกอง เป็นต้น ในแต่ละปีมีการส่งออกผลไม้จากภาคตะวันออกไปยังต่างประเทศนับเป็นมูลค่าหลายล้านบาท โดยผลไม้ที่นิยมปลูกกันมากที่สุดในเขตภาคตะวันออก คือ ทุเรียน เนื่องจากได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งใน และนอกประเทศ โดยปัจจุบันภาคตะวันออกมีการปลูกทุเรียนมากที่สุดในประเทศไทย และจังหวัดที่มีการปลูกทุเรียนเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี (Trade Policy and Strategy Office, 2020, Online)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตทุเรียนเพื่อการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลกโดยในปี 2563 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกทุเรียน 791,165 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 1,111,928 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,405 กิโลกรัม/ไร่ ประมาณการส่งออกทุเรียนสด และผลิตภัณฑ์ มีปริมาณ 784,699 ตัน คิดเป็นมูลค่า 50,776 ล้านบาท เพิ่มจากปี 2562 คิดเป็นร้อยละ 14.62 โดยแบ่งเป็นทุเรียนสด 756,046 ตัน ทุเรียนแช่แข็ง 27,144 ตัน ทุเรียนอบแห้ง 213 ตัน และทุเรียนกวน 1,296 ตัน ตลาดส่งออกหลักของประเทศไทย คือ ประเทศจีน โดยส่งออกในรูปแบบทุเรียนสดมากกว่าร้อยละ 90 ของการส่งออกทั้งหมด ความต้องการบริโภคทุเรียนสด และผลิตภัณฑ์ ภายในประเทศมีปริมาณ 339,900 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2562 คิดเป็นร้อยละ 5.63 เนื่องจากความต้องการของตลาดต่างประเทศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งทุเรียนสด และผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะตลาดในประเทศจีนยังมีความต้องการบริโภคทุเรียนสดจากประเทศไทย ประกอบกับการพัฒนาระบบการขนส่ง และโลจิสติกส์ของประเทศจีนช่วยให้กระจายผลผลิตไปยังผู้บริโภคในมณฑลต่าง ๆ ของประเทศจีนได้ง่าย และสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีการขยายการส่งออกทุเรียนสด และทุเรียนแช่แข็งไปยังตลาดประเทศอื่น ๆ เช่น สหรัฐอเมริกา เกาหลีใต้ และไต้หวัน เป็นต้น (Office of Agricultural Economics, 2020, Online) ส่วนการค้าปลีกทุเรียนสดภายในประเทศนั้น ก็ยังคงได้รับความนิยมมากเช่นกัน โดยการจำหน่ายทุเรียนเพื่อการค้าปลีกโดยทั่วไป ผู้ขายมักใช้วิธีแกะเนื้อทุเรียนสดจำหน่ายให้ลูกค้า จึงก่อให้เกิดขยะเปลือกทุเรียนจำนวนมาก มักเกิดปัญหาในการกำจัดทิ้ง โดยเฉพาะฤดูกาลผลไม้ในช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายน ของทุกปี และนอกจากนี้การทำธุรกิจแปรรูปทุเรียน เช่น การนำผลทุเรียนสุกหามาทำเป็นทุเรียนทอด หรือผลทุเรียนที่สุกงอมนำไปกวนเป็นทุเรียนกวนเป็นสินค้าของฝากที่ขึ้นชื่อของภูมิภาคนี้ ทำให้เกิดปัญหาขยะจากเปลือกทุเรียน โดยปริมาณเปลือกทุเรียนในแต่ละวันค้าปลีกมีสูงถึงวันละ 3-4 ข่งใส่ผลไม้แต่ละข่งจะมีน้ำหนักประมาณ 50-80 กิโลกรัม และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดประมาณราคาข่งละ 15-20 บาท โดยวิธีการกำจัดจะนำไปทิ้งในพื้นที่ส่วนบุคคล หรือจำหน่ายให้ผู้ประกอบการเพื่อนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ รวมถึงสภาวะการณ์ที่เกิดอุบัติเหตุที่กระทบต่อสวน

ทุเรียน เช่น ภาวะภัยแล้ง หรือมีลมพายุทำให้ผลทุเรียนหล่น หรือเกิดการโคนล้มของต้นทุเรียนจะมีการคัดเลือกผลทุเรียนที่สุกห่ามนำไปแปรรูปเป็นทุเรียนทอด ส่วนผลทุเรียนดิบเกษตรกรจะดำเนินการฝักกลบ หรือนำไปผลิตปุ๋ย

จากการศึกษา พบว่า ในช่วงฤดูกาลผลไม้ออกสู่ตลาดจะมีปริมาณขยะจากเปลือกผลไม้เป็นจำนวนมาก สร้างปัญหาในการจัดเก็บของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากจำเป็นต้องใช้วิธีการฝักกลบ และการทำปุ๋ยหมักชีวภาพ เพื่อไม่ให้สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ปัญหาจากเปลือกทุเรียนจำนวนมากนั้นส่งผลกระทบต่อการจัดเก็บของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพราะเปลือกทุเรียน มีลักษณะแข็งย่อยสลายได้ช้าทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่การจัดเก็บ โดยจากการศึกษาข้อมูลการนำเปลือกทุเรียนไปใช้ประโยชน์จากเอกสาร งานวิจัย สื่อวิดีโอ สื่อสังคมออนไลน์ พบว่า มีการนำเปลือกทุเรียนไปใช้ประโยชน์ในหลากหลายลักษณะ เช่น รองเท้าจากเปลือกทุเรียน กระดาษจากเปลือกทุเรียน ถ่านจากเปลือกทุเรียน แผ่นฟิล์มจากเปลือกทุเรียน และปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียน โดยมีงานวิจัยที่มีการศึกษาส่วนประกอบภายในของเปลือกทุเรียน พบว่า นอกเหนือจากส่วนที่เป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ซึ่งเป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมาเรียงต่อกันมากกว่า 2 โมเลกุลขึ้นไป เช่น แป้ง โกลโคเจน แล้วยังประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเยื่อเซลล์สูงถึงร้อยละ 30 ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในการเตรียมสารซีเอ็มซี CMC (Carboxymethylcellulose) นำไปใช้ในอุตสาหกรรมสารชักฟอก สี กาว สิ่งทอ กระดาษ เซรามิก อาหาร และยา เป็นต้น โดยทุเรียนพันธุ์ที่มีปริมาณเซลลูโลสมากที่สุด ได้แก่ พันธุ์หมอนทอง มีปริมาณเซลลูโลสมากถึงร้อยละ 53 ที่สามารถนำไปใช้ทำพลาสติกชีวภาพได้ (Tengrang, 2014, Online)

จากปัญหายุ่งยากเปลือกทุเรียนในพื้นที่ ส่งผลกระทบต่อหน่วยงานที่มีหน้าที่จัดเก็บผู้จำหน่ายทุเรียนสุก และผู้ประกอบการแปรรูปผลผลิตจากทุเรียน รวมถึงแนวคิดในการใช้ประโยชน์เปลือกทุเรียนดังกล่าว ทำให้คณะผู้วิจัยเกิดความสนใจในการแก้ปัญหาขยะจากเปลือกทุเรียนโดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย (1) ศึกษากรรมวิธีการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด (2) ศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Phonieu (2016, p. 3) ได้ทำการวิจัยผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากต้นธูปฤๅษี และการประยุกต์สำหรับงานประดิษฐ์ ดำเนินการวิจัยทดลองสูตรการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากต้นธูปฤๅษี 12 สูตร โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นวัสดุประสานตามอัตราส่วนต้นธูปฤๅษี : กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ : พาราฟินอิมัลชัน โดยใช้กล่องเตรียมอัดขนาด 20 x 20 เซนติเมตร อัดด้วยเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำแผ่นขึ้นไม้อัดออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 7 วัน แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด ความต้านทานแรงดึง และความชื้น เลือกแผ่นขึ้นไม้อัดจากต้นธูปฤๅษีที่ดีที่สุด นำมาประดิษฐ์เป็นผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ต้นแบบ นำไปสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นขึ้นไม้อัดจาก ต้นธูปฤๅษี จำนวน 120 คน ในเขตพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ผลการวิจัย พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดในอัตราส่วน ต้นธูปฤๅษี : กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ : พาราฟินอิมัลชัน 50 : 75 : 10 มีความต้านทานแรงดัด 15 เมกะปาสคาล ความต้านทานแรงดึง 5.75 เมกะปาสคาล และความชื้นร้อยละ 4.97 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ เหมาะสมที่จะนำมาทำผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ และความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์จากแผ่นขึ้นไม้อัดอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.95 ขณะที่ Samakkitam (2015, p. 4) ได้ทำการวิจัยพัฒนาวัสดุกันเสียง และดูดซับเสียงจากเส้นใยเปลือกทุเรียน โดยทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของวัสดุ และความหนาแน่นของวัสดุที่มีต่อคุณสมบัติในการกันเสียง และดูดซับเสียง ในการศึกษาได้มีการจัดทำแผ่นวัสดุเพื่อใช้ในการตรวจสอบทั้งหมด 6 ตัวอย่าง โดยผสมใยทุเรียนเข้ากับซีล้อยในอัตราส่วน 70 : 30 และใช้กาวยูเรียในปริมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนักวัสดุ เป็นสารประสานระหว่างใยทุเรียนเข้ากับซีล้อย ตัวอย่างชิ้นงานแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตัวแปร คือ ตัวแปรด้านความหนาแน่นของวัสดุ 320±18 กิโลกรัม/ตารางเมตร และ 620±20 กิโลกรัม/ตารางเมตร และตัวแปรด้านความหนาแน่นของวัสดุ 25±2 มิลลิเมตร, 50±2 มิลลิเมตร และ 75±2 มิลลิเมตร จากผลการศึกษาพบว่าชิ้นงานวัสดุที่มีความหนาแน่น 620±20 กิโลกรัม/ตารางเมตร ที่ความหนา 75±2 มิลลิเมตร มีคุณสมบัติในการกันเสียงดีที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างทดสอบ ทั้ง 6 ตัวอย่าง เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับวัสดุประกอบอาคารตามท้องตลาด พบว่า แผ่นวัสดุผสมใยทุเรียนมีคุณสมบัติในการกันเสียงได้เทียบเท่าแผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 12 มิลลิเมตร แต่ในช่วงย่านความถี่ต่ำที่ 125 เฮิรตซ์ และย่านความถี่สูงที่ 4,000 เฮิรตซ์ แผ่นวัสดุมีคุณสมบัติในการกันเสียงได้เทียบเท่าผนังก่ออิฐหนา 100 มิลลิเมตร สำหรับคุณสมบัติในการดูดซับเสียง พบว่า วัสดุเส้นใยเปลือกทุเรียนที่มีความหนาแน่น 320±18 กิโลกรัม/ตารางเมตร ที่ความหนา 75±2 มิลลิเมตร สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างทดสอบทั้ง 6 ตัวอย่าง และจากการเปรียบเทียบกับวัสดุประกอบอาคารตามท้องตลาด พบว่า วัสดุเส้นใยเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงเทียบเท่าวัสดุประกอบอาคารจำพวกฉนวนใยแก้วที่มีความหนา 25 มิลลิเมตร และดูดซับเสียง

ได้ด้อยกว่าแผ่นฟองน้ำซับเสียง (Acoustic Foam) ที่ความหนา 25 มิลลิเมตร เพียงร้อยละ 7 และจากการประเมินประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงภายในห้องตัวอย่างกรณีศึกษา โดยเปรียบเทียบวัสดุเส้นใยเปลือกทุเรียนกับฉนวนดูดซับเสียง พอลิเอทิลีนหนา 1 นิ้ว และฉนวนใยแก้วหนา 1 นิ้ว ที่ติดตั้งตามแบบภายในห้อง พบว่า วัสดุเส้นใยเปลือกทุเรียนความหนาแน่น 320 ± 18 กิโลกรัม/ตารางเมตร ที่ความหนา 25 ± 2 มิลลิเมตร มาเปรียบเทียบ พบว่า มีค่าเวลาในการสะท้อนกลับของเสียงมากกว่าวัสดุซับเสียงที่ติดตั้งภายในห้องตัวอย่างกรณีศึกษา 0.054 วินาที แต่มีต้นทุนค่าวัสดุต่ำกว่าร้อยละ 74.68 การนำเส้นใยเปลือกทุเรียนมาใช้ทำเป็นวัสดุดูดซับเสียงจะมีความคุ้มค่าเหมาะสมกว่าการใช้เพื่อกันเสียง Sukeetham et al. (2019, p. 193) ได้ทำการวิจัยแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษเหลือไม้จากโรงงานทำตะเกียบ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 (Thai Industrial Standards Institute [TISI], 2004, pp. 1-22) ศึกษาชนิด และปริมาณของกาวที่เหมาะสมต่อการผลิตไม้อัดจากเศษไม้มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) โดยเปรียบเทียบกาว 2 ชนิด คือ กาวไอโซไซยาเนต ชนิด Polymeric diphenylmethane diisocyanate (PMDI) ปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) ปริมาณร้อยละ 8, 10, และ 12 ของไม้แห้งตามลำดับ เป็นตัวประสาน ทำการทดลองจำนวน 5 ครั้ง ทำการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's new multiple range test จากการเปรียบเทียบกับค่าตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 (TISI, 2004, pp. 1-22) พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดที่ผ่านมาตรฐานที่กำหนดทุกค่า คือ แผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนต ชนิด Polymeric diphenylmethane diisocyanate (PMDI) ในปริมาณร้อยละ 7 และแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ในปริมาณร้อยละ 12 ผลการศึกษา พบว่า กาวไอโซไซยาเนต ชนิด Polymeric diphenylmethane diisocyanate (PMDI) ปริมาณร้อยละ 7 ให้คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ดีที่สุด มีค่าคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่นค่าความชื้น และค่าการพองตัวตามความหนาให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 659.53 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ร้อยละ 9.62 และร้อยละ 3.55 ตามลำดับ ส่วนค่าคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่าความต้านแรงดัด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 15.98, 2,661.97 และ 1.12 เมกะปาสคาล ตามลำดับ Weeranukul et al. (2011, p. 1) ได้ทำการวิจัยการใช้กากมะพร้าว ต้นข้าวโพด และเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ในแผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง โดยใช้อัตราส่วนเส้นใย : กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ : กาวไอโซไซยาเนต ชนิด Polymeric diphenylmethane diisocyanate (PMDI) เท่ากับ 1 : 0.13 : 0.003 สำหรับเส้นใยนำมาจากกากมะพร้าวต้นข้าวโพด และเปลือกทุเรียน โดยนำมาผสมเป็นอัตราส่วนต่าง ๆ รวม 7 อัตราส่วน การผลิตแผ่นใยชีวภาพอัดทำได้โดยวิธีอัดร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ด้วยความดันในการอัด 20-50 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 8 นาที มีความหนาแน่นระหว่าง 603-856 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทำการทดสอบมาตรฐาน มอก. 876-2547 (TISI, 2004, pp. 1-22) จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน MM33 (เส้นใยมะพร้าว : เส้นใยต้นข้าวโพด : เส้นใยเปลือกทุเรียน เท่ากับ 0.33 : 0.33 : 0.33) และอัตราส่วน CC50 (เส้นใยมะพร้าว : เส้นใย ต้นข้าวโพด : เส้นใยเปลือกทุเรียน เท่ากับ 0.50 : 0.25 : 0.25) มีคุณสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด นอกจากนี้แผ่นใยชีวภาพอัดยังมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี Yenjai et al. (2016, p. 131) ได้ทำการวิจัยผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษเหลือทิ้งของไม้เสม็ดขาว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิด และปริมาณของกาว ที่เหมาะสม ในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด ตลอดจนทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลตาม มอก. 876-2547 (TISI, 2004, pp. 1-22) มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เปรียบเทียบกาว 2 ชนิด คือ กาวไอโซไซยาเนต ชนิด Polymeric diphenylmethane diisocyanate (PMDI) ปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12 ของน้ำหนักรุ่นขึ้นไม้อบแห้ง ตามลำดับ ผลการศึกษา พบว่า ชนิด และปริมาณของกาวที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด คือ การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนต ชนิด Polymeric diphenylmethane diisocyanate (PMDI) ในปริมาณร้อยละ 7 ของน้ำหนักรุ่นขึ้นไม้อบแห้ง โดยให้ค่าคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่ามอดูลัสแตกหัก ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มีค่าสูงสุด เท่ากับ 17.14, 1880.89 และ 0.86 เมกะปาสคาล ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเป็นค่าที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 876-2547 (TISI, 2004, pp. 1-22)

สมมุติฐานการวิจัย แผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน มีคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลที่เพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราส่วนของน้ำผสมกาวมีค่าที่เพิ่มขึ้น โดยใช้กระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด (Compression molding) ใช้ส่วนผสมกาวลาเท็กซ์ PVAc (Polyvinyl acetate) เป็นวัสดุประสาน และแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547 (TISI, 2004, pp. 1-22)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษากรรมวิธีการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด (Compression molding) คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองแปรรูปเยื่อจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองซึ่งมีกรรมวิธีการผลิต และขั้นตอนในการเตรียมเยื่อจากเปลือกทุเรียน ดังต่อไปนี้

1) คัดเลือกเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่ไม่มีรอยเน่าหรือเชื้อรา นำมาล้างทำความสะอาด



รูปที่ 1 เปลือกทุเรียนที่นำมาล้างทำความสะอาดแล้ว

2) หั่นเปลือกทุเรียนให้เป็นชิ้นเล็กประมาณ 2-3 นิ้ว



รูปที่ 2 การหั่นเปลือกทุเรียนเพื่อนำไปต้ม

3) นำเปลือกทุเรียนไปต้มผสมโซดาไฟ หรือน้ำด่างซี้ได้ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (น้ำ 1,000 มิลลิลิตร/โซดาไฟ 100 กรัม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง



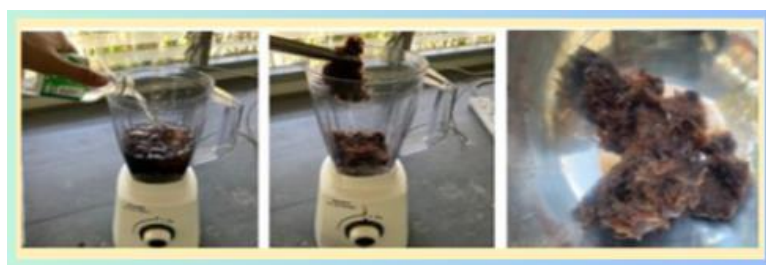
รูปที่ 3 การต้มเปลือกทุเรียนผสมโซดาไฟหรือน้ำด่างซี้

4) กรองแยกเอาเฉพาะเยื่อออกจากน้ำโซดาไฟ



รูปที่ 4 การกรองแยกเยื่อจากน้ำโซดาไฟ

5) นำเยื่อไปปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า เพื่อลดขนาดของเยื่อในอัตราส่วน เปลือกทุเรียน : น้ำ อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาณจนได้เยื่อที่มีขนาดละเอียดตามต้องการ



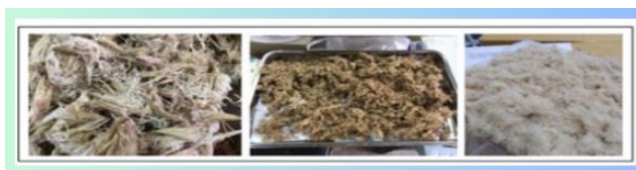
รูปที่ 5 การปั่นลดขนาดเยื่อของเส้นใย

6) จากนั้นนำเยื่อที่ได้มาล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดไขมัน และลดความเป็นด่าง



รูปที่ 6 การล้างทำความสะอาดเยื่อจากเปลือกทุเรียนด้วยน้ำสะอาด

7) นำเยื่อไปอบด้วยเครื่องอบไล่ความชื้น หรือผึ่งแดดให้แห้งน้ำสนิท จากนั้นนำเยื่อแห้งมาทุบ ต่ำ หรือ ยีให้ฟูละเอียด และบรรจุใส่ถุงซิปล็อกเพื่อเก็บไว้ใช้งานต่อไป



รูปที่ 7 ลักษณะเยื่อแห้งจากเปลือกทุเรียนขนาดต่าง ๆ ที่พร้อมสำหรับการเก็บไว้ใช้งานต่อไป

8) กรรมวิธีการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนโดยการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

- 8.1) แม่พิมพ์บล็อกไม้ขนาด กว้าง 20 x ยาว 20 x หนา 10 เซนติเมตร
- 8.2) ปากกาจับชิ้นงานตัวซี (C-clamp)
- 8.3) เยื่อเปลือกทุเรียนแห้ง
- 8.4) กาวผสมน้ำในอัตราส่วนกาวลาเท็กซ์ PVAc (Polyvinyl acetate) : น้ำ อัตราส่วน 4 : 1
- 8.5) แผ่นพลาสติกใสสำหรับรองเยื่อกันติดแม่พิมพ์บล็อกไม้
- 8.6) กระบอกฉีดยาน้ำฟ็อกกี้สำหรับฉีดน้ำกาวลาเท็กซ์ PVAc (Polyvinyl acetate)



รูปที่ 8 ผู้ช่วยนักวิจัยเตรียมวัสดุอุปกรณ์การอัดขึ้นรูปแผ่นวัสดุเฟอร์นิเจอร์

9) กรรมวิธีการอัดแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด (Compression molding) มีดังนี้

- 9.1) นำน้ำผสมกาวลาเท็กซ์ PVAc (Polyvinyl acetate) อัตราส่วน 4 : 1 ฉีดผสมกับเยื่อเปลือกทุเรียนแห้งที่อัตราส่วนของเยื่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 0.2, 1 : 0.4, 1 : 0.6, 1 : 0.8, 1 : 1.0, และ 1 : 1.5 ตามลำดับ
- 9.2) จากนั้นอัดลงในแม่พิมพ์บล็อกไม้ให้แน่นด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด (Compression molding)
- 9.3) ใช้ปากกาจับชิ้นงานตัวซี (C-clamp) จับยึดชิ้นงานให้แน่น ทิ้งไว้ให้แห้งในอุณหภูมิห้องปกติ
- 9.4) แกะแผ่นขึ้นไม้อัดออกจากแม่พิมพ์บล็อกไม้ แล้วนำไปอบด้วยเครื่องอบไล่ความชื้น
- 9.5) ทำการตัดแผ่นขึ้นไม้อัดเป็นชิ้นขนาด กว้าง 50 × ยาว 20 × หนา 10 มิลลิเมตร เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876 - 2547 (TISI, 2004, pp. 1-22)



รูปที่ 9 การทดลองขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน

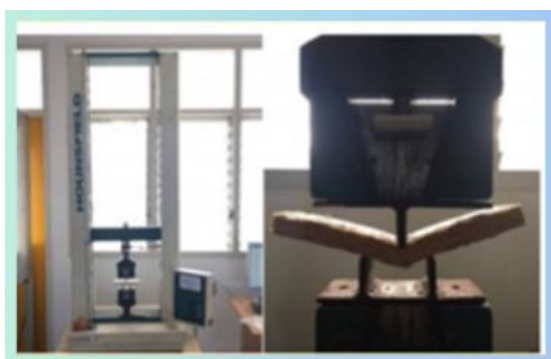


รูปที่ 10 แผ่นวัสดุจากกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด (Mold compressing)

3.2 ศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน

1) การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของผิวหน้า (Surface microstructure) ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนที่อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 0.2, 1 : 0.4, 1 : 0.6, 1 : 0.8, 1 : 1.0, และ 1 : 1.5 ตามลำดับ จำนวน 6 ตัวอย่างขึ้นงาน ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

2) การทดสอบการดัดงอ (Flexural test) และการทดสอบการดึง (Tensile test) ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนที่อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 0.2, 1 : 0.4, 1 : 0.6, 1 : 0.8, 1 : 1.0, และ 1 : 1.5 ตามลำดับ ซึ่งทดสอบขึ้นงานที่มีขนาด กว้าง 50 × ยาว 200 × หนา 10 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องทดสอบเนกประสงค์ (Universal testing machine) จำนวน 6 ตัวอย่างขึ้นงานในแต่ละอัตราส่วน



รูปที่ 11 ภาพการทดสอบการดัดงอ (Flexural test) ด้วยเครื่องทดสอบเนกประสงค์ (Universal testing machine)



รูปที่ 12 ภาพการทดสอบการดึง (Tensile test)

3) การทดสอบอัตราการเผาไหม้ของแผ่นวัสดุสำหรับเฟอร์นิเจอร์จากเปลือกทุเรียน

การทดสอบอัตราการเผาไหม้ (Rate of burning) ทำโดยการนำชิ้นงานขนาด กว้าง 13 × ยาว 125 × หนา 10 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น ต่อ 1 ตัวอย่าง วัดความยาวจากส่วนปลายของชิ้นงานด้านใดด้านหนึ่งให้ได้ความยาว 25 มิลลิเมตร ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่ 1 จากนั้นวัดต่อไปอีก 75 มิลลิเมตร ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่ 2 จับชิ้นงานขนานราบกับพื้น นำตะเกียงวางไว้บริเวณด้านล่างของชิ้นงาน และเลื่อนตะเกียงเข้าหาชิ้นงานเป็นเวลา 30 วินาที และดึงตะเกียงออก บันทึกเวลาตั้งแต่ตั้งตะเกียงออกจนกระทั่งไฟดับ โดยสามารถคำนวณอัตราการเผาไหม้ได้จากสมการ

อัตราการเผาไหม้

$$\frac{\text{ความยาวชิ้นงานตรงกลาง (70 มิลลิเมตร)}}{\text{เวลาการเผาไหม้ตั้งแต่เริ่มถึงขีดที่สอง-เวลาการเผาไหม้ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขีดแรก}}$$



รูปที่ 13 ภาพการทดสอบอัตราการเผาไหม้แผ่นชั้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน

4. ผลการวิจัย

จากการวิจัย ผู้วิจัยได้ผลการวิจัยการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของผิวหน้า (Surface microstructure) การทดสอบการดัดงอ (Flexural test) และการทดสอบการดึง (Tensile test) ของแผ่นชั้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนที่อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาวตามอัตราส่วนต่าง ๆ รวมถึงการทดสอบอัตราการเผาไหม้ของแผ่นชั้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน แสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของผิวหน้า (Surface microstructure) ของแผ่นชั้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน

แผ่นชั้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน	โครงสร้างจุลภาคผิวหน้าของแผ่นวัสดุ
อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 0.2	
อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 0.4	
อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 0.6	
อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 0.8	
อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 1.0	
อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 1.5	

ตารางที่ 1 พบว่า การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของผิวหน้า (Surface microstructure) ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนที่อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 0.2, 1 : 0.4, 1 : 0.6, 1 : 0.8, 1 : 1.0, และ 1 : 1.5 ตามลำดับ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่า อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว ในอัตราส่วน 1 : 1.5 มีโครงสร้างจุลภาคของผิวหน้าที่หนาแน่นและมีความเกาะตัวกันดีของเยื่อจากเปลือกทุเรียนมากกว่าในอัตราส่วนอื่น

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการดัดงอ (Flexural test) และการทดสอบการดึง (Tensile test) ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน

อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว	ความแข็งแรงเชิงดัด (MPa)	ความแข็งแรงเชิงดึง (MPa)
1 : 0.2	0.20	0.03
1 : 0.4	1.21	0.10
1 : 0.6	1.73	0.14
1 : 0.8	2.85	0.21
1 : 1.0	4.43	0.30
1 : 1.5	5.74	0.49

หมายเหตุ* แผ่นขึ้นไม้อัดขนาด กว้าง 50 × ยาว 200 × หนา 10 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2 พบว่า การทดสอบการดัดงอ (Flexural test) และการทดสอบการดึง (Tensile test) ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนที่อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 0.2, 1 : 0.4, 1 : 0.6, 1 : 0.8, 1 : 1.0, และ 1 : 1.5 ตามลำดับทดสอบชิ้นงานที่มีขนาด กว้าง 50 × ยาว 200 × หนา 10 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องทดสอบเนกประสงค์ (Universal Testing Machine) จำนวน 6 ชิ้นงาน ในแต่ละอัตราส่วน ผลการทดสอบ พบว่า ค่าความแข็งแรงเชิงดัดมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราส่วนของน้ำกาวมีค่าที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกาะตัวได้ดีขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นสูงขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้น และที่อัตราส่วน 1 : 1.5 มีค่าความแข็งแรงที่สูงที่สุด มีค่าความต้านทานเชิงดัดเฉลี่ย 5.74 เมกะปาสคาล (MPa) ทางคณะผู้วิจัยจึงได้เลือกอัตราส่วนนี้ไปพัฒนาเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนต่อไป แต่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 โดยค่าความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.49 เมกะปาสคาล (MPa) ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 Thai Industrial Standard (TISI, 2004, pp. 1-22) โดยค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะปาสคาล (MPa) ไม่น้อยกว่า 0.40 ที่ขนาดความหนา 6.0 ถึง 13.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบอัตราการเผาไหม้ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน

อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว	อัตราการเผาไหม้ (mm/นาที)
1 : 0.2	1.78
1 : 0.4	1.64
1 : 0.6	1.51
1 : 0.8	1.43
1 : 1.0	1.27
1 : 1.5	หยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตนเอง

หมายเหตุ* แผ่นขึ้นไม้อัดขนาด กว้าง 50 × ยาว 200 × หนา 10 มิลลิเมตร หยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตนเองโดยติดไฟเพียงครั้งทางแล้วดับ

ตารางที่ 3 พบว่า การทดสอบอัตราการเผาไหม้ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนมีค่าที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนของน้ำกาวที่เพิ่มมากขึ้นเป็นผลมาจากแผ่นขึ้นไม้อัดมีความหนาแน่นที่เพิ่มมากขึ้น และที่อัตราส่วน 1 : 1.5 แผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนสามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตนเอง

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่า การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของผิวหน้า (Surface microstructure) ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนที่อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 0.2, 1 : 0.4, 1 : 0.6, 1 : 0.8, 1 : 1.0, และ 1 : 1.5 ตามลำดับ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่า อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว ในอัตราส่วน 1 : 1.5 มีโครงสร้างจุลภาคของผิวหน้าที่หนาแน่นและมีความเกาะตัวกันดีของเยื่อจากเปลือกทุเรียนมากกว่าในอัตราส่วนอื่น

การทดสอบการดัดงอ (Flexural test) และการทดสอบการดึง (Tensile test) ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนที่อัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว เท่ากับ 1 : 0.2, 1 : 0.4, 1 : 0.6, 1 : 0.8, 1 : 1.0, และ 1 : 1.5 ตามลำดับ ซึ่งทดสอบชิ้นงานที่มีขนาดกว้าง 50 × ยาว 200 × หนา 10 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal testing machine) จำนวน 6 ชิ้นงาน ในแต่ละอัตราส่วน พบว่า ค่าความแข็งแรงเชิงกลมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราส่วนของน้ำกาวมีค่าที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเส้นใยมีการเกาะตัวได้ดี ส่งผลให้ความหนาแน่นสูงขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้น และที่อัตราส่วน 1 : 1.5 มีค่าความแข็งแรงที่สูงที่สุด มีค่าความต้านทานเชิงดัดเฉลี่ย 5.74 เมกะปาสกาล (MPa) ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกอัตราส่วนนี้ไปพัฒนาเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนต่อไป แต่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน มอก. 876 - 2547 (TISI, 2004, pp. 1-22) โดยค่าความต้านทานแรงดัด เมกะปาสกาล (MPa) ไม่น้อยกว่า 14 ที่ขนาดความหนาเกิน 6.0 ถึง 13.0 มิลลิเมตร และมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.49 เมกะปาสกาล (MPa) ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 (TISI, 2004, pp. 1-22) โดยค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะปาสกาล (MPa) ไม่น้อยกว่า 0.40 ที่ขนาดความหนาเกิน 6.0 ถึง 13.0 มิลลิเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Weeranukul et al. (2011, p. 1) การใช้กากมะพร้าว ต้นข้าวโพด และเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ในแผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง โดยใช้อัตราส่วนเส้นใย : กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ : กาวไอโซไซยานาตชนิด Polymeric diphenylmethane diisocyanate (PMDI) ด้วยวิธีอัตราส่วนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จากผลการทดสอบพบว่า อัตราส่วน MM33 (เส้นใยมะพร้าว : เส้นใยต้นข้าวโพด : เส้นใยเปลือกทุเรียน เท่ากับ 0.33 : 0.33 : 0.33) และอัตราส่วน CC50 (เส้นใยมะพร้าว : เส้นใยต้นข้าวโพด : เส้นใยเปลือกทุเรียน เท่ากับ 0.50 : 0.25 : 0.25) มีคุณสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด มอก. 876-2547 (TISI, 2004, pp. 1-22) มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี การทดสอบอัตราการเผาไหม้ (Rate of burning) ทำโดยการนำชิ้นงานขนาด กว้าง 13 × ยาว 125 × หนา 10 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น ต่อ 1 ตัวอย่าง วัดความยาวจากส่วนปลายของชิ้นงานด้านใดด้านหนึ่งให้ได้ความยาว 25 มิลลิเมตร ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่ 1 จากนั้นวัดต่อไปอีก 75 มิลลิเมตร ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่ 2 จับชิ้นงานขนานราบกับพื้น นำตะเกียงวางไว้บริเวณด้านล่างของชิ้นงาน และเลื่อนตะเกียงเข้าหาชิ้นงานเป็นเวลา 30 วินาที และดึงตะเกียงออก บันทึกเวลาตั้งแต่ตั้งตะเกียงออกจนกระทั่งไฟดับ พบว่า อัตราการเผาไหม้มีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนของน้ำกาวที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากชิ้นงานมีความหนาแน่นที่เพิ่มมากขึ้น และที่อัตราส่วน 1 : 1.5 สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตนเองในเวลาที่ยาวกว่าอัตราส่วนของเยื่อทุเรียนต่อน้ำกาว 1 : 0.2, 1 : 0.4, 1 : 0.6, 1 : 0.8, 1 : 1.0 ซึ่งจากการทดสอบเบื้องต้น สามารถนำแผ่นขึ้นไม้อัดนี้ไปพัฒนาเป็นฉนวนป้องกันความร้อน หรือวัสดุดูดซับเสียงได้ โดยใช้กระบวนการกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ซับซ้อน ไม่ต้องลงทุนใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ และมีราคาแพง เกษตรกร หรือผู้สนใจสามารถผลิตได้โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้โดยทั่วไป

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ควรพัฒนา และปรับปรุงกรรมวิธีการอัดแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนให้ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 876-2547 (TISI, 2004, pp. 1-22) แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัตรา 1 เพื่อให้อุตสาหกรรมได้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์การใช้งานในอนาคต เช่น การนำไปผลิตเฟอร์นิเจอร์ แผ่นวัสดุสำหรับงานตกแต่งภายในที่อยู่อาศัย หรือตกแต่งในงานสถาปัตยกรรม ทำการศึกษารูปแบบกระบวนการอัดแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนแบบอัดร้อน โดยการใช้วัสดุประสานที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตไม้อัดชนิดอัตรา 1 และพัฒนาการอัดแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ ทำการศึกษาค้นคว้าแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนให้เป็นวัสดุทดแทนในการก่อสร้าง ตลอดจนให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องส่งเสริมให้เกษตรกร และผู้สนใจโดยทั่วไป เข้าใจ และรู้คุณค่าการใช้ประโยชน์จากเปลือกทุเรียนอย่างครบวงจร รวมถึงการส่งเสริมสนับสนุนในการวิจัย และพัฒนาเพื่อต่อยอดในเชิงพาณิชย์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัย และนวัตกรรม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัย และนวัตกรรม (สกว.) ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิผู้เชี่ยวชาญ ผู้ประกอบการ ที่มีได้เอื้อนามทุกท่านในที่นี้ที่กรุณาเสียสละเวลาให้ข้อมูล และข้อเสนอแนะการวิจัยจนบรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอขอบคุณตัวแทนเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน ผู้จำหน่ายทุเรียนในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ที่กรุณาเสียสละเวลา ให้ข้อมูล และสนับสนุนในการจัดหาวัสดุแก่คณะผู้วิจัย รวมถึงผู้เกี่ยวข้องอีกหลายท่านที่มีได้เอื้อนาม ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- Office of Agricultural Economics. (2020). *Durian*. [http:// www.oae.go.th/view/1/TH-TH](http://www.oae.go.th/view/1/TH-TH). (in Thai)
- Phonieum, T. (2016). *Production of particle board from cattail and application for craft* [Master's thesis]. Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)
- Samakkitam, H. (2015). *The development of acoustic board from durian peel fibers* [Master's thesis]. Chulalongkorn University. (in Thai)
- Sukeetham, S., Jarusombuti, S., & Veenin, T. (2019). Particleboard products from bamboo wastes of chopstick factory. *Thai Journal of Forestry*, 38(2), 192-201. (in Thai)
- Tengrang, S. (2014, October 9). Plastic from durian peel. *Thairath*. <https://www.thairath.co.th/content/455352>. (in Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. (2004). *Flatpressed Particleboards (TIS. 876-2004)*. TISI. (in Thai)
- Trade Policy and Strategy Office. (2020). *Durian, the king of Thai fruits*. <http://www.tpsso.go.th/home>. (in Thai)
- Weeranukul, P., Ruengrangskul, J., Pradmali, S., & Khamput, P. (2011). *The application of coconut meal, corncobs and durian peel as wood-substituted biocomposites in medium density fibreboard* [Research Report]. Faculty of Industry Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)
- Yenjai, P., Jarusombuti, S., & Veenin, T. (2016). Particleboard manufacturing from waste of cajuput (*Melaleuca cajuputi* Powell). *VRU Research and Development Journal Science and Technology*, 11(2), 131-140. (in Thai)

Research article

การพัฒนาชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก สำหรับนักศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

THE DEVELOPMENT OF PRECISION MEASUREMENT SKILLS PACKAGES ON OUTSIDE MICROMETERS FOR THE FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION'S STUDENT, KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK

ธนภัทร ศรีรัตนะ นำนน้ำ บัวคล้าย และชิตพล มังคลากุล*

Thanaphat Srirattana, Nannam Buaklay, and Chitpol Mangkhalakun*

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800 ประเทศไทย

Department of Teacher Training in Mechanical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23109>

Received: September 1, 2023, | Revised: September 12, 2023, | Accepted: March 18, 2024

ABSTRACT

This research was to create Precision Measurement Skills Packages. The samples used in this research consisted of 29 undergraduate students from the Manufacturing and Industrial Engineering Program, Department of Mechanical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. The design of this research is an experiment with one experimental group (One shot case study). The researchers created a skill package of precision measurement on outside micrometers. The researchers used a cluster sampling method, instruments consisted of 1) Precision measurements on outside micrometers and 2) Quality assessment form of skills packages of precision measurements on outside micrometers. The learners achievement was compared to the standard by using a t-test. The results of the research showed that: Appropriateness of precision measurements on outside micrometers Overall, it is appropriate at a very good level ($\bar{x} = 4.66$, $SD = 0.48$). The results of finding the effectiveness of the of precision measurements on outside micrometer were found that the efficiency of (E1) is 87.01 and the efficiency of (E2) is 88.16. It was found that the effectiveness of precision measurements on outside micrometers that the researchers created has higher efficiency than the criteria set, namely 80/80. Comparison of learning achievement with skills packages of precision measurements on outside micrometers against criterialt was found that the students had overall academic achievement with an average of 26.45 with a standard deviation of 0.41, which was higher than the predetermined standard with a significant level of .05.

Keywords: Micrometers, Skills packages, Precision measurements

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมการผลิตและอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 29 คน ใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster sampling) รูปแบบการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการทดลองกับกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม (One shot case study) โดยผู้วิจัยได้สร้างชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 1) ชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก 2) แบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอกเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สถิติ t-test เทียบกับเกณฑ์ ผลการวิจัยพบว่าความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.66$, $SD = 0.48$) ผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก พบว่า ประสิทธิภาพของ (E1) มีค่าเท่ากับ 87.01 และประสิทธิภาพของ (E2) มีค่าเท่ากับ 88.16 พบว่าประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก เทียบกับเกณฑ์ พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 26.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.41 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ไมโครมิเตอร์, ชุดฝึกทักษะ, งานวัดละเอียด

1. บทนำ

แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ได้ระบุถึงสาเหตุที่ทำให้ประเทศไทยต้องมีการปรับตัวให้พร้อมสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมและบริการของประเทศให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลง และสามารถแข่งขันกับนานาประเทศได้โดยการเตรียมความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐาน เครื่องจักร เทคโนโลยี และกำลังคนให้มีความรู้ความสามารถ และทักษะ เพื่อเข้าสู่สังคมงานและอาชีพได้อย่างสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี โดยเฉพาะการผลิตกำลังคนให้ตรงตามความต้องการในภาคอุตสาหกรรมและการบริการ เนื่องจากระบบเศรษฐกิจโลกกำลังเปลี่ยนแปลงไปสู่อุตสาหกรรมสมัยใหม่ ปัจจุบันนวัตกรรมและเทคโนโลยี มีการพัฒนาไปอย่างไม่หยุดยั้ง ส่งผลให้เกิดอุตสาหกรรมและผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ขึ้นมาเป็นจำนวนมากเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด ยุทธศาสตร์การผลิตกำลังคนอาชีวศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ประเภทอุตสาหกรรมรองรับนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจฐานนวัตกรรม (Pandam, 2020, pp. 22-28) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาเป็นหน่วยงานหลักในการจัดการศึกษาอาชีวศึกษาของประเทศ โดยที่รูปแบบของการจัดการศึกษาอาจสามารถทำได้หลายรูปแบบเพื่อเป็นการสร้างโอกาสในการเข้าถึงการศึกษาที่กว้างขวางขึ้น สำหรับประชาชนทุกกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มประชาชนวัยแรงงาน ซึ่งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ประเทศไทยจะมีศักยภาพและสมรรถนะสูงในการแข่งขัน กลยุทธ์ที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การผลิตและพัฒนากำลังคนที่มีคุณภาพ และสมรรถนะสูง เพื่อเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อน การศึกษาด้านอาชีวและเทคนิคศึกษา (Vocational and technical education) จึงนับว่ามีบทบาทสำคัญเพราะเป็นกลไกหลักในการพัฒนาตามทิศทางดังกล่าว แต่ในอดีตที่ผ่านมาการพัฒนากำลังคนด้านอาชีวศึกษาและเทคนิคศึกษาของประเทศ ยังมีปัญหาอยู่หลายด้าน ส่งผลให้ขาดทิศทางและเป้าหมายการผลิต และพัฒนาโดยรวม ทำให้การจัดการอาชีวศึกษาเป็นไปตามความพร้อมของสถานศึกษาซึ่งไม่สอดคล้องกับความต้องการของประเทศชาติ ก่อให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพ และสมรรถนะของกำลังคนที่ผลิตได้ยังไม่สามารถสนองตอบต่อความต้องการของผู้ใช้งานหรือสถานประกอบการได้อย่างที่ควรจะเป็น

งานวัดละเอียดเป็นรายวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในงานวัดละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการผลิตทุกชนิด เพื่อที่จะควบคุมการดำเนินงานให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างและขนาดตามที่กำหนด ซึ่งการวัดในวงการอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นงาน เป็นวิชาที่มีความสำคัญอีกทั้งยังเป็นวิชาปฏิบัติ โดยเฉพาะในหน่วยหัวข้อหน่วยไมโครมิเตอร์ (Micrometer) เป็นวิชาทฤษฎีและปฏิบัติ ซึ่งต้องใช้ทั้งความรู้และทักษะ และฝึกฝนประสบการณ์ รวมถึงพื้นฐานของการเรียนแต่ละบุคคล การปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องมีทักษะพื้นฐานทางด้านทฤษฎีและการปฏิบัติงานที่ถูกต้องในการใช้เครื่องมือชนิดต่าง ๆ เช่น เครื่องมือวัดละเอียด วัดขนาดงานเพื่อให้งานได้ขนาดตามแบบที่กำหนด เครื่องมือวัดขนาดมีหลายประเภท เช่น เวอร์เนียสคาลิเปอร์ ไมโครมิเตอร์ การเลือกใช้งานเครื่องมือวัดขนาดจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน

และค่าความละเอียดที่ต้องการวัดขนาด ไมโครมิเตอร์ ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ผู้ปฏิบัติงานช่างต้องรู้วิธีการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องมือให้พร้อมใช้งาน และต้องเข้าใจระบบและขั้นตอนการอ่านค่าที่ถูกต้องเป็นอย่างดี (Kanthawee, 2013, p. 130) ไมโครมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดละเอียดที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลาย เป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการวัดหน่วยที่มีความละเอียดสูง เช่น 10 μm , 1 μm เป็นต้น โดยใช้หลักการเปรียบเทียบระหว่างการเคลื่อนที่ของสกรูกับการหมุนของมุม ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะพิทช์ของเกลียวและเส้นผ่านศูนย์กลางของกลไกภายในทำให้อุปกรณ์มีความแม่นยำสูง ความละเอียดของพิทช์ (Pitch) เกลียวมากเท่าไร ก็จะวัดขนาดความยาวเทียบกับการเคลื่อนที่ของสกรูได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น และถ้าพิทช์เกลียวมีเส้นศูนย์กลางขนาดใหญ่ ก็จะสามารถกำหนดตำแหน่งการหมุนได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น (อ่านขนาดที่วัดได้ละเอียดขึ้น)

จากสภาพปัจจุบันพบว่าวิชางานวัดละเอียด เป็นวิชาที่มีความสำคัญอีกทั้งยังเป็นวิชาปฏิบัติ โดยเฉพาะในหน่วยหัวข้อหน่วย ไมโครมิเตอร์เป็นวิชาทฤษฎีและปฏิบัติ ซึ่งต้องใช้ทั้งความรู้และทักษะ และฝึกฝนประสบการณ์ รวมถึงพื้นฐานของการเรียนแต่ละบุคคลส่วนใหญ่มักได้รับความรู้โดยวิธีการสอนแบบบรรยาย ทำให้สถานการณ์การเรียนการสอนของผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย และขั้นตอนในการปฏิบัติงานค่อนข้างยาก รวมทั้งผู้เรียนไม่เข้าใจ และเกิดความสงสัยในขั้นตอนการปฏิบัติงานก็ไม่กล้าสอบถามครูผู้สอน จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับพอใช้ Pudtum (2008, p. 1) ได้กล่าวไว้ดังนี้ วิชางานวัดละเอียด เป็นรายวิชาที่ผู้เรียนขาดทักษะแต่หากเป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นและต้องการความแม่นยำมากพอ ๆ กับเครื่องมือชนิดอื่น ๆ ดังนั้นชุดฝึกทักษะ จึงเป็นสิ่งที่จัดทำขึ้นอย่างเป็นระบบ เป็นเครื่องมือที่เสริมการเรียนการสอนได้ จัดเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนประเภทหนึ่ง Tuamklang and Tuamklang (2012, pp. 75-76) สอดคล้องกับที่ Soonthomprasert (2004, pp. 10-11) ได้กล่าวว่าชุดฝึกหรือแบบฝึกเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยเสริมทักษะให้แก่ผู้เรียน การสร้างแบบฝึกให้มีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบและลักษณะของแบบฝึกเพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน โดยลักษณะของแบบฝึกที่ดีจะต้องคำนึงถึงหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้มีงานวิจัยที่ให้ข้อมูลสนับสนุนว่าการใช้ชุดฝึกทักษะหรือแบบฝึกทักษะสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนให้สูงขึ้น ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ที่ดีขึ้นรวมทั้งยังสามารถพัฒนาทักษะการคิด การแก้ปัญหาของผู้เรียนได้ดีขึ้น

จากสภาพปัญหาข้างต้นสรุปได้ว่า ผู้เรียนขาดทักษะในการอ่านค่าไมโครมิเตอร์อาจเกิดจากผู้เรียนไม่เข้าใจในบทเรียนขาดสื่อการสอนที่เหมาะสม ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คิดชุดฝึกทักษะ วิชางานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์ เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยชุดฝึกทักษะ รายวิชางานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์ วัดนอก สำหรับนักศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เป็นการช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น เหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ ผู้วิจัยหวังว่าเมื่อนักเรียนนักศึกษาได้เรียนรู้จากชุดฝึกทักษะที่สร้างขึ้นแล้ว ผู้เรียนจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการอ่านค่าไมโครมิเตอร์ที่ดีขึ้น

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Phromsuwan et al. (2017, pp. 118-123) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดฝึกทักษะปฏิบัติ เครื่องยนต์แก๊สโซลีนควบคู่ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยสรุป ทั้งด้านการออกแบบและด้านการนำชุดฝึกไปใช้สอนมีค่าเฉลี่ย 4.63 อยู่ในเกณฑ์ 4.51-5.00 ระดับคุณภาพดีมาก Chueasa (2016, pp. 281-283) ได้ทำวิจัยเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการให้เหตุผล วิชาหลักการตลาดของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงที่ใช้การสอนแบบ MIAP พบว่า นักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ใช้การสอนแบบ MIAP มีความสามารถในการให้เหตุผลทางการเรียน วิชาหลักการตลาด หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน Kanoknitanan (2015, pp. 1-5) ได้ทำวิจัยเรื่องการสร้างชุดฝึกอบรมแบบ MIAP ร่วมกับเทคโนโลยีผสมผสานความจริง เรื่องการใช้ห้องปฏิบัติการสำหรับนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยี และการสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมของผู้เข้าอบรมมี คะแนนก่อนฝึกอบรม เฉลี่ยเท่ากับ 9.68 คะแนน มีคะแนนหลังฝึกอบรมเฉลี่ย 25.30 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนสอบ พบว่าผลคะแนนทดสอบหลังฝึกอบรมสูงกว่าก่อนฝึกอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

จากที่กล่าวมาทั้งหมดผู้วิจัยเห็นว่าการสร้างชุดฝึกทักษะการใช้ไมโครมิเตอร์ซึ่งเป็นชุดการสอนประเภทหนึ่ง เพื่อใช้ในการเรียนการสอนนั้นจะต้องมีความหลากหลายครบถ้วนครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ครบทุกประเภทของไมโครมิเตอร์และปรัษาหาหรือผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการสอนเพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะและแนะนำในการจัดทำให้มีคุณภาพตามหลักวิชาการ เพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมั่นและศรัทธาในตัวครูผู้สอนอันจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนและเกิดประโยชน์สูงสุดกับผู้เรียนคุ้มค่ากับเวลาที่ผู้ซึ่งชุดฝึกที่สร้างและพัฒนาขึ้นนี้จะสื่อความหมายได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้เกิดทักษะได้

ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นภายในเวลาที่กำหนด สามารถแก้ปัญหาการขาดสื่อการเรียนการสอนและเป็นแนวทางในการผลิตสื่อที่มีคุณภาพใช้เองได้ในสถานศึกษาและเพิ่มทักษะการใช้ไมโครมิเตอร์วัดละเอียดยานยนต์ได้เป็นอย่างดี ทั้งยังเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาชุดฝึกเพื่อใช้ในรายวิชาอื่น ๆ ต่อไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 384 คน และกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิศวกรรมการผลิตและอุตสาหกรรม ภาควิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 29 คน โดยผู้วิจัยได้ใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ประกอบด้วย แผนบทเรียน ใบเนื้อหา ใบประกอบ/ใบเฉลยงานประกอบ สื่อการสอนวิชางานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

ขั้นตอนการสร้างชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ผู้วิจัยมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้ ศึกษาหลักสูตรงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก สร้างใบเนื้อหา งานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ออกแบบชิ้นงานเพื่อสร้างชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ออกแบบใบงาน รายวิชางานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ออกแบบใบเฉลย วิชางานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ศึกษาหลักสูตร งานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (Test blueprint) เพื่อให้สามารถสร้างข้อสอบได้ครอบคลุมกับเนื้อหา และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence : IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เป็นผู้ประเมิน จากนั้นนำผลวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง ผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง คือ 1.0 ทุกข้อ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 29 คน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก พบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ IOC = 0.245-0.427 มีค่าความยากง่าย 0.425-0.636 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีของ คูเดอร์ ริชาร์ดสัน (KR-20)

จากนั้นจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ พบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.884 แบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกทักษะ ผู้วิจัยได้มีการออกแบบ และสร้างแบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก โดยมีการแบ่งแบบประเมินเป็น 4 ส่วน คือ ด้านเนื้อหา และการดำเนินเรื่องด้านการใช้ประโยชน์จากสื่อและความสะดวกการเข้าถึง ด้านแบบทดสอบ ด้านใบเฉลยแบบทดสอบ และด้านใบประกอบ/ใบเฉลยงานประกอบ โดยมีลำดับการดำเนินการ ดังนี้ กำหนดหัวข้อประเมินให้สอดคล้องทั้งด้านเนื้อหา ด้านแบบทดสอบ ด้านใบเฉลยแบบทดสอบ และด้านใบประกอบ/ใบเฉลยงานประกอบ จากนั้นออกแบบชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียดย สร้างและนำเสนอ แบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก แก่อาจารย์ที่ปรึกษาปรับปรุงแก้ไข แบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก นำแบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาจำนวน 2 คนและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 1 คน เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.0 ทุกข้อ จัดเป็นแบบประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียดย เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอกเรื่องไมโครมิเตอร์วัดนอกฉบับสมบูรณ์

3.3 การทดลองและรวบรวมข้อมูล

รูปแบบการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการทดลองกับกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม (One shot case study) โดยผู้วิจัยได้สร้างชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก และทำการเก็บข้อมูลหลังการทดลอง ซึ่งมีแผนการทดลองและขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์คุณภาพของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอกเรื่อง ได้แก่ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอกกับเกณฑ์โดยใช้สถิติ One sample t-test

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอกสำหรับนักศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

4.1.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ในภาพรวม

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับความเหมาะสม
	$\bar{X}$	SD	
1. ด้านใบเนื้อหา	4.50	0.51	ดีมาก
2. ด้านแบบทดสอบ	4.73	0.46	ดีมาก
3. ด้านสื่อการสอนงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก	4.73	0.46	ดีมาก
4. ด้านใบประกอบ	4.67	0.49	ดีมาก
ภาพรวม	4.66	0.48	ดีมาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.66$, $SD = 0.48$) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าความเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านแบบทดสอบและด้านสื่อการสอนงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.73$, $SD = 0.46$) รองลงมา คือ ด้านใบประกอบ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.67$, $SD = 0.49$) รองลงมา คือ ด้านใบเนื้อหา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.50$, $SD = 0.51$)

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ด้านใบเนื้อหา

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับความเหมาะสม
	$\bar{X}$	SD	
1. ด้านใบเนื้อหา			
1.1 ความถูกต้องของใบเนื้อหา	4.80	0.45	ดีมาก
1.2 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.60	0.55	ดีมาก
1.3 เนื้อหามีความครอบคลุม	4.20	0.45	ดี
1.4 การจัดลำดับเนื้อหาเหมาะสมกับขั้นตอนการเรียนรู้	4.40	0.55	ดี
ภาพรวม	4.50	0.50	ดีมาก

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ด้านใบเนื้อหาพบว่า ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.50$, $SD = 0.50$) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละข้อ พบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือความถูกต้องของใบเนื้อหา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.80$, $SD = 0.45$) รองลงมาคือ เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.60$, $SD = 0.55$) รองลงมา คือการจัดลำดับเนื้อหาเหมาะสมกับขั้นตอนการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.40$, $SD = 0.55$) รองลงมาคือเนื้อหา มีความครอบคลุม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.20$, $SD = 0.45$)

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ด้านแบบทดสอบ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับความเหมาะสม
	$\bar{x}$	SD	
2. ด้านแบบทดสอบ			
2.1 แบบทดสอบครอบคลุมเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
2.2 แบบทดสอบมีการอธิบายคำชี้แจงชัดเจน	4.40	0.55	ดี
2.3 แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	4.80	0.45	ดีมาก
ภาพรวม	4.73	0.33	ดีมาก

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ด้านแบบทดสอบพบว่า ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.73$, $SD = 0.33$) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ แบบทดสอบครอบคลุมเนื้อหา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 5.00$, $SD = 0.00$) รองลงมาคือ แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.80$, $SD = 0.45$) รองลงมาคือ แบบทดสอบมีการอธิบายคำชี้แจงชัดเจน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.40$, $SD = 0.55$)

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ด้านสื่อการสอน

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับความเหมาะสม
	$\bar{x}$	SD	
3. ด้านสื่อการสอนงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก			
3.1 มีความเหมาะสม สอดคล้องกับเนื้อหา	4.80	0.45	ดีมาก
3.2 สื่อที่ใช้สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้จริง	4.60	0.55	ดีมาก
3.3 ลักษณะชิ้นงานมีความเหมาะสม	4.80	0.45	ดีมาก
ภาพรวม	4.73	0.48	ดีมาก

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ด้านสื่อการสอนพบว่า ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.73$, $SD = 0.48$) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ มีความเหมาะสม สอดคล้องกับเนื้อหาและลักษณะชิ้นงานมีความเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.80$, $SD = 0.45$) รองลงมาคือ สื่อที่ใช้สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้จริง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.60$, $SD = 0.55$)

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ด้านใบประกอบ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับความเหมาะสม
	$\bar{x}$	SD	
4. ด้านใบประกอบ			
4.1 ใบประกอบช่วยพัฒนาทักษะในการใช้ไมโครมิเตอร์วัดนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.60	0.55	ดีมาก
4.2 แบบชิ้นงานมีความชัดเจน	4.60	0.55	ดีมาก
4.3 ใบประกอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.80	0.45	ดีมาก
ภาพรวม	4.67	0.51	ดีมาก

จากตารางที่ 5 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ด้านใบประกอบพบว่า ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.67$, $SD = 0.51$) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ใบประกอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.80$, $SD = 0.45$) รองลงมาคือใบประกอบช่วยพัฒนาทักษะในการใช้ไมโครมิเตอร์วัดนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแบบชิ้นงานมีความชัดเจน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.60$, $SD = 0.55$)

ตารางที่ 6 ผลการหาประสิทธิภาพผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก

คะแนน	n	คะแนน		%	เกณฑ์
		คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย		
กระบวนการ (E1)	29	30	26.10	87.01	80
ผลลัพธ์ (E2)	29	30	26.45	88.16	80

จากตารางที่ 6 ผลการหาประสิทธิภาพผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก พบว่า ประสิทธิภาพของ (E1) มีค่าเท่ากับ 87.01 และ ประสิทธิภาพของ (E2) มีค่าเท่ากับ 88.16 พบว่าประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอกกับเกณฑ์

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์และการแปลความของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา	n	$\bar{X}$	SD	t	df	P-Value
	29	26.45	0.41	14.49	28	0.00

จากตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการสอนด้วยชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอกกับเกณฑ์ พบว่านักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 29 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 26.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.41 เมื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย พบว่านักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 14.49$, $df = 28$, $p = 0.00$)

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก สำหรับนักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สามารถอภิปรายได้ดังนี้ ผลการศึกษาความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก แบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกทักษะ ในภาพรวมความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละด้านพบว่า 1) ด้านแบบทดสอบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4$, $SD = 0.51$) 2) ด้านสื่อการสอนงานวัดละเอียดเรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอกดำเนินเรื่อง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.73$, $SD = 0.46$) 3) ด้านใบประกอบ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.73$, $SD = 0.46$) 4) ด้านใบเนื้อหา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.66$, $SD = 0.48$) แสดงว่าชุดฝึกทักษะที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นมีความเหมาะสมน่าสนใจ มีเนื้อหาบทเรียนสอดคล้องกับใบประกอบและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chaimongkhon et al. (2020, pp. 80-89) ผลการประเมินคุณภาพของสื่อการสอนด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม 2 มิติ เรื่อง การตั้งศูนย์ชิ้นงานในงานกัดด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ ผลการประเมินในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาออกเป็นรายด้านคือ ด้านเนื้อหากับการดำเนินเรื่อง ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ด้านการใช้ประโยชน์จากสื่อและความสะดวกการเข้าถึง ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และด้านออกแบบสื่อการสอน ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดี อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยศึกษาลำดับขั้นตอนเนื้อหาบทเรียน วิธีการออกแบบสื่อการสอนในรูปแบบต่าง ๆ ข้อดีและข้อเสียของสื่อแต่ละชนิดความเหมาะสมและแปลกใหม่ในการเรียนการสอน อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้สำหรับผลิตสื่อการสอนมีความทันสมัยส่งผลให้รูปแบบการเรียนแปลกใหม่ ตื่นตาตื่นใจ เพิ่มความสนใจแก่ผู้เรียน

ผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก พบว่า ประสิทธิภาพของ (E1) มีค่าเท่ากับ 87.01 และประสิทธิภาพของ (E2) มีค่าเท่ากับ 88.16 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 จากผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ การที่ชุดฝึกทักษะมีประสิทธิภาพนั้นทั้งนี้อาจเนื่องจากชุดฝึกทักษะที่สร้างขึ้น ได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนการสร้างชุดฝึกทักษะ โดยได้ศึกษาหลักสูตร วิเคราะห์และศึกษาวิธีการสร้างตามขั้นตอน ทั้งยังนำชุดฝึกทักษะที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาให้คำแนะนำ

ปรับปรุงและแก้ไขก่อนนำไปทดลองใช้เพื่อหาคุณภาพ ทั้งนี้เพื่อให้ชุดฝึกทักษะที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพก่อนที่จะนำไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับ Ardwichai (1997, p. 170) ได้ทำการพัฒนาแบบฝึกภาษาไทย เรื่อง การเขียน สะกดคำไม่ตรงมาตราตัวสะกด แม่กน แม่กด แม่กบ ชั้นประถมศึกษา ปีที่ 3 ผลการทดลองพบว่า แบบฝึกทักษะภาษาไทยมีประสิทธิภาพ 84.02/80.26 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอกเรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยชุดฝึกทักษะของนักศึกษาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80 มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 อาจเนื่องมาจากชุดฝึกทักษะรายวิชาการงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก ได้มีการผ่านกระบวนการวิธีการขั้นตอนการพัฒนาการอย่างมีระบบ โดยเริ่มตั้งแต่การหาข้อปัญหาในการวิจัย ศึกษาเนื้อหาและทฤษฎี หลักการทำงาน การสร้างสื่อรวบรวมข้อมูล ศึกษาวิธีการออกแบบสื่อการสอน นำเนื้อหาปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ ออกแบบสื่อให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Weeraphan and Balthaisong (2015, pp. 40-48) การพัฒนาแอนิเมชัน เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์สำหรับเยาวชน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนด้วยแอนิเมชันเรื่อง ความรู้เกี่ยวกับการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับ Hiranyakpap (2010, p. 10) การพัฒนาการตูนแอนิเมชันเสริมสร้างคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 8 ประการสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการตูนแอนิเมชันเสริมสร้างคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 8 ประการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอกนั้น ผู้สอนสามารถประยุกต์นำเอาวิธีการที่ผู้ดำเนินการวิจัยไปใช้กับการเรียนการสอนนักศึกษาสาขาอื่น ๆ โดยอ้างอิงจากปัญหาสู่การพัฒนา โดยวัดผลและประมวลผลตามสภาพจริง ซึ่งจะช่วยพัฒนาชุดฝึกในงานอื่น ๆ ได้มีประสิทธิภาพต่อการเรียนการสอนได้มากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ในการพัฒนาชุดฝึกทักษะงานวัดละเอียด เรื่อง ไมโครมิเตอร์วัดนอก สำหรับนักศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือในครั้งนี้ ขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1-2 สาขาวิศวกรรมการผลิตและอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ผ่านโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่องการท้าววิจัยในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน ระหว่างวันที่ 16-17 กรกฎาคม และ 30-31 กรกฎาคม 2565 ตามข้อตกลงการพัฒนางาน (ว.ปา) รับรองโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวิทย์ ยะนิล หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารอ้างอิง

- Ardwichai, M. (1997). *The development of the spelling skill exercise on the skill in spelling different ending consonants together with collaborative learning by using STAD technique for elementary 3 students* [Master's thesis]. Mahasarakham University. (in Thai)
- Chaimongkhon, N., Ungthong, M., & Sripadit, A. (2020). 2-Dimensional augmented reality technology: Milling workpiece alignment using automated machine. *Journal of Industrial Education*, 19(2), 80-89. (in Thai)
- Chueasa, T. (2016). *Learning achievement and ability to reason on marketings principles of high vocational certificate students taught by MIAP and heuristics thinking* [Master's thesis]. Dhonburi Rajabhat University. (in Thai)

- Hiranyakpao, P. (2010). *The development of animated cartoons enhances desirable characteristics 8 things for students in Grade 1* [Master's thesis]. Naresuan University. (in Thai)
- Kanoknitnanan, P. (2015). *A construct of the MIAP training toolkit for using laboratory via augmented reality Technology for Educational Communications and Technology Department, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi* [Master' thesis]. King Mongkut's University of Technology Thonburi. (in Thai)
- Kanthawee, C. (2013). *Skill training 1* (10th ed.). Emphan.
- Pandam, S. (2020). Strategies on manpower production of vocational education for technology and innovation in industrial field to support innovation-based economic development. *Journal of Technical Education Development King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 33(116), 22-28. (in Thai)
- Phromsuwan, P., Thongwichian, T., & Promsalee, P. (2017). In P. Sattayaporn (Ed.), *10th National Conference on Technical Education: Engineering & technical Education for Sufficiency Economy*. Development of practical training set for gasoline engine electronic control (pp. 118-123). NCTechEd10. (in Thai)
- Pudtum, P. (2008). *The improvement of students lacking with vernier caliper reading skill*. Thatum Industrial And Community Education College. (in Thai)
- Soonthornprasert, S. (2004). *Production of teaching kits*. Thammarak. (in Thai)
- Tuamklang, K., and Tuamklang, J. (2012). *Media development/innovation in education*. Yellow. (in Thai)
- Weeraphan, D., & Balthaisong, C. (2015). The animation development of "knowledge of computer crimes for the youth. *VRU Research and Development Journal Humanities and Social Science*, 10(1), 40-48. (in Thai)

Research article

การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยประยุกต์ใช้แนวคิดเกมฟิเคชันเพื่อส่งเสริมทักษะ
การพูดภาษาฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรปสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

THE DEVELOPMENT OF LEARNING ACTIVITIES BY APPLYING GAMIFICATION TO ENHANCE
FRENCH SPEAKING SKILL ACCORDING TO CECRL FOR UPPER SECONDARY STUDENTS

สุริพร กันเรือง* และผุสดี กลิ่นเกษร

Suriporn Kanruang* and Phussadee Klinkesorn

สาขาวิชาวัตกรรมการเรียนรู้และการสอน วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาด้านการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
กรุงเทพมหานคร 10900 ประเทศไทย

Department of Education Program in Innovations in Learning and Teaching, Faculty of Graduate College of
Management, Sripatum University, Bangkok 10900 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23110>

Received: November 22, 2023, | Revised: January 25, 2024, | Accepted: March 21, 2024

ABSTRACT

This research was designed concerning about French learning activities based on gamification concepts in order to enhance students' French speaking skills according to the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR). The samples used in the research were 32 students who were studying in grade 12 at Triamudomsuksa Nomklaokunnatee School in the academic year 2023 using purposive sampling. Data collection methodologies were used in this research regarding four lesson plans of French-speaking activities. Moreover, pretest and post-test assessments of the students' French-speaking skills were employed to find out the results of the research. The data. The collection was gathered from 18 periods of French language learning activities. The tests were done before and after learning the four lessons. The data were analyzed using mean score, standard deviation, one-sample t-test, and dependent sample t-test. According to the learning French speaking activities which were divided into 4 topics: Describing personalities, My activities, Asking questions, and Trading conversation as well as using the concept of gamification by allowing students to participate in collecting points and having Leaderboard, the results were shown that students' French speaking skill was significantly higher before they were employed the method at a level of .05, with the influence of the independent variable affecting the dependent variable at a large level. Additionally, it can be seen that students' French speaking skill was significantly higher than DELF A1 at a level of .05, with the influence size of the independent variable affecting the dependent variable at a high level.

Keywords: Gamification, French speaking skill, CECRL

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศสตามแนวคิดเกมิฟิเคชันสำหรับส่งเสริมทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรป กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้าฯ กรุงเทพมหานคร จำนวน 32 คน ปีการศึกษา 2566 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาภาษาฝรั่งเศส จำนวน 4 แผน และแบบวัดทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสก่อนเรียนและหลังเรียน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยทดสอบก่อนเรียน ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศสทั้งหมด 18 คาบ ทดสอบหลังเรียน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน One-sample t-test และ Dependent sample t-test ผลการวิจัยพบว่าผลการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ แบ่งสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 เรื่อง ได้แก่ การบรรยายลักษณะบุคคล กิจกรรมของดิน การตั้งคำถาม และการพูดซื้อขาย พร้อมทั้งประยุกต์ใช้แนวคิดเกมิฟิเคชันโดยให้นักเรียนได้ร่วมกิจกรรมสะสมแต้มและมีตาราง Leaderboard นักเรียนมีทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในระดับมาก และนักเรียนมีทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศส สูงกว่าเกณฑ์ DELF A1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในระดับมาก

คำสำคัญ: แนวคิดเกมิฟิเคชัน, ทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศส, กรอบมาตรฐานยุโรป

1. บทนำ

ในสังคมโลกปัจจุบัน ยุคศตวรรษที่ 21 โลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วทักษะการสื่อสารภาษาต่างประเทศจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมากในการติดต่อสื่อสารกับต่างประเทศหรือกับประเทศในอาเซียนเองก็ตาม หากเรามีทักษะการสื่อสารภาษาต่างประเทศที่ดีสามารถสื่อสารโต้ตอบได้ จะส่งผลให้การสื่อสารครั้งนั้นมีความชัดเจน สามารถบอกถึงความต้องการของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุม (Rujichom, 2018, pp. 199-210) การเรียนรู้ภาษาต่างประเทศมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน เนื่องจากเป็นเครื่องมือสำคัญในการติดต่อสื่อสาร ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีความเข้าใจตนเองและผู้อื่นดีขึ้น เรียนรู้และเข้าใจความแตกต่างของภาษาและวัฒนธรรม ขนบธรรมเนียมประเพณี การคิด สังคม เศรษฐกิจ การเมือง การปกครอง มีเจตคติที่ดีต่อการใช้ภาษาต่างประเทศและใช้ภาษาต่างประเทศเพื่อการสื่อสารได้ โดยภาษาต่างประเทศที่เป็นสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ซึ่งกำหนดให้เรียนตลอดหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน คือ ภาษาอังกฤษ ส่วนภาษาต่างประเทศอื่น เช่น ภาษาฝรั่งเศส เยอรมัน จีน ญี่ปุ่น อาหรับ บาลี และภาษากลุ่มประเทศเพื่อนบ้าน หรือภาษาอื่น ๆ ให้อยู่ในดุลยพินิจของสถานศึกษาที่จะจัดทำรายวิชาและจัดการเรียนรู้ตามความเหมาะสม (Ministry of Education, 2008, pp. 1-8)

สำหรับการเรียนการสอนภาษาฝรั่งเศสในระดับมัธยมศึกษามีมากกว่า 50 ปีแล้ว โดยภาษาฝรั่งเศสจัดได้ว่าเป็นภาษาที่ได้รับความนิยมภาษาหนึ่งในบรรดาภาษาต่างประเทศที่เปิดสอนในระดับมัธยมศึกษาในประเทศไทย ถึงแม้ว่าปัจจุบันนี้จำนวนผู้เรียนจะลดน้อยลง อย่างไรก็ตาม สถานศึกษาได้ปรับการจัดการเรียนการสอนภาษาฝรั่งเศสให้มีมาตรฐานคุณภาพระดับมาตรฐานยุโรป (Le Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues : CECRL) โดยหน่วยงานระดับชาติของประเทศฝรั่งเศสที่ชื่อ Centre International de l'Études Pédagogiques : CIEP มีผลให้ปัจจุบันกระทรวงศึกษาธิการของประเทศฝรั่งเศสกำหนดหลักสูตรภาษาฝรั่งเศสระดับเบื้องต้นสำหรับนักเรียนชาวต่างชาติแบ่งออกเป็นอีก 2 ระดับ ได้แก่ ประกาศนียบัตรภาษาฝรั่งเศสระดับพื้นฐานชื่อ DELF (Diplôme d'Élémentaire de Langue Française) และประกาศนียบัตรภาษาฝรั่งเศสระดับสูงชื่อ DALF (Diplôme Approfondi de la Langue Française) ซึ่งในแต่ละระดับกำหนดให้มีการสอบเพื่อรับประกาศนียบัตร และจะประเมินความสามารถในการฟัง พูด อ่าน และเขียน ซึ่งตรงกับการจัดการเรียนการสอนภาษาต่างประเทศของไทยที่เน้นทักษะทางภาษา 4 ทักษะด้วยกัน อันประกอบไปด้วยทักษะฟัง พูด อ่าน และเขียน เช่นเดียวกัน (Alliance Française, 2023, Online)

การจัดการเรียนการสอนภาษาฝรั่งเศสในสถานศึกษานั้น พบว่ายังเกิดปัญหาในการเรียนการสอน โดยด้านการจัดการเรียนการสอน ระยะเวลาในการฝึกปฏิบัติหลังจากเรียนรู้ในส่วนของเนื้อหาบางส่วนยังไม่เพียงพอที่จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะด้านภาษา เพราะส่วนใหญ่มักจะเน้นการสอนไวยากรณ์และการท่องจำคำศัพท์ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีปัญหาในการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสาร รวมไปถึงปัญหาการขาดครูผู้สอนชาวต่างชาติ สำหรับโรงเรียนที่ไม่มีความสามารถในการจ้าง เพราะค่าใช้จ่ายและการแข่งขันสูง ทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสในการเข้าถึงเจ้าของภาษา ทำให้นักเรียนบางคนไม่กล้าซักถามในประเด็นที่ตนเองสงสัย แม้จะตั้งใจฟังแล้วก็ตาม หรือบางครั้งเมื่อไม่เข้าใจบทเรียนมักจะเลิกจดจ่อกับบทเรียนที่ครูกำลังถ่ายทอด อันเป็นปัญหาในการจัดการชั้นเรียนต่อครูผู้สอนตามมา นอกจากนี้ยังรวมถึงนักเรียนที่มีทักษะความสามารถด้านอื่น ๆ ต้องไปฝึกซ้อมทำไม่ได้เข้าเรียนในชั้นเรียน (Sudrung & Thanompongchad, 2018, pp. 387-393) และการที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่กล้าพูดหรือกล้าแสดงออกในกิจกรรม

การเรียนการสอน ซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนไม่เห็นความสำคัญของภาษาฝรั่งเศสเพราะคิดว่าไม่มีความจำเป็นต้องใช้ นักเรียนต้องเรียนหลายวิชาในวันเดียวทำให้ฝึกทักษะในการใช้ภาษาน้อย จำนวนนักเรียนในแต่ละห้องมีมากเกินไปทำให้ไม่ได้ฝึกทักษะได้อย่างทั่วถึงภายในระยะเวลาที่จำกัด นักเรียนคิดว่าภาษาฝรั่งเศสเป็นวิชาที่ยาก และไม่ได้มีโอกาสสื่อสารกับเจ้าของภาษา (Sangkanpan et al., 2015, pp. 270-284) ดังนั้น การประยุกต์ใช้แนวคิดเกมิฟิเคชัน (Gamification) ในห้องเรียนอาจเป็นหนึ่งในความเป็นไปได้ ที่จะนำมาซึ่งความสำเร็จในการเรียนรู้วิชาภาษาต่างประเทศในปัจจุบันโดยใช้กิจกรรมตามแนวคิดเกมิฟิเคชันนั้น จะช่วยให้นักเรียนไม่รู้สึกรำคาญตนเองกำลังเรียนรู้ตามวิธีแบบเดิมคือนั่งฟังสิ่งที่ครูผู้สอนได้ถ่ายทอด และบรรยายออกมา แต่จะเป็นการสร้าง ความสนใจต่อสิ่งเร้าที่จะช่วยกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียน การใช้เกมในการจัดการเรียนการสอนยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดความท้าทาย มีเป้าหมายที่จะบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อีกด้วย (Prathyusha, 2020, pp. 577-583) รวมไปถึงการสอนภาษาฝรั่งเศส ในโรงเรียนในปัจจุบันใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพ.ศ. 2551 ดังที่ Suppavej (2013, pp. 1-2) กล่าวว่า ในประเทศไทยมีการจัดการเรียนการสอนภาษาฝรั่งเศสโดยยึดหลัก L'approche actionnelle หรือ Les démarches actionnelles ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการสอนภาษาเพื่อการสื่อสารระบบปฏิบัติการทางภาษาเป็นการสอนตามที่สภายุโรปกำหนด โดยวางพื้นฐานการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างมีวิจารณญาณ รู้จักการสืบค้นหาข้อมูล รู้จักการแก้ปัญหา ค้นพบวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเอง จนสามารถพัฒนาทักษะเฉพาะตัวและทักษะที่เชื่อมโยงหรือการบูรณาการภาษาฝรั่งเศสกับวิชาอื่น ๆ ได้และสร้างชิ้นงาน (Des tâches) หลังการเรียนรู้ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้แนวคิด PPP โมเดลซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการนำเสนอเนื้อหา (Presentation) ขั้นตอนการฝึกปฏิบัติ (Practice) และขั้นตอนการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสาร (Production) และแนวทางในการจัดกิจกรรมการใช้ภาษาให้แก่ผู้เรียนที่ครูสามารถนำไปปฏิบัติในการจัดการเรียนการสอนได้ (Namwong, 2011, pp. 1-9)

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศสตามแนวคิด เกมิฟิเคชันสำหรับส่งเสริมทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรป เพื่อส่งเสริมทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมุ่งเน้นให้นักเรียนเข้าใจและสามารถสื่อสารโดยใช้ภาษาพูดทั่ว ๆ ไป ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน รวมถึงใช้ข้อความง่าย ๆ เพื่อแสดงความต้องการที่เป็นรูปธรรม วิธีการแนะนำตัวเอง และแนะนำผู้อื่น สามารถถามคำถาม เกี่ยวกับบุคคล และสามารถตอบคำถามชนิดเดียวกันได้ รวมไปถึงการสื่อสารด้วยวิธีง่าย ๆ เมื่อคู่สนทนาพูดช้า ๆ และชัดเจน และแสดงความร่วมมือ อีกทั้งผู้เรียนสามารถพูดเพื่อขอเรื่องให้ทำในสิ่งที่ประสงค์ได้ ผู้เรียนสามารถตั้งคำถามง่าย ๆ ในเรื่องที่ ค้นเคยหรือเรื่องที่ใกล้ตัวเพื่อตอบคำถามในลักษณะเดียวกัน วัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศส ตามแนวคิดเกมิฟิเคชันสำหรับส่งเสริมทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรป เพื่อเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษา ฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรปของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมิฟิเคชันก่อน และหลังเรียน และเพื่อเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็น ฐานตามแนวคิดเกมิฟิเคชันกับเกณฑ์ DELF A1

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ Sangpanich (2017, pp. 41-54) ได้กล่าวถึงการใช้เทคนิคการแสดงบทบาทสมมติเพื่อพัฒนาทักษะการพูด ภาษาฝรั่งเศสสำหรับนักศึกษาวิชาเอกการจัดการการท่องเที่ยวในคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพในการสื่อสารภาษาฝรั่งเศส แนวทางนี้สามารถนำไปใช้พัฒนาทักษะการพูด ภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนในสาขาวิชาการจัดการการท่องเที่ยวและสาขาอื่น ๆ ในอนาคต Bergström (2017, pp. 7-9) กล่าวว่า วิธีการสอนของครูมีผลต่อการพัฒนาทักษะการพูดของนักเรียน และเน้นการปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน ผ่านการใช้เทคนิค ต่าง ๆ เช่น การถามคำถาม อ่านออกเสียง ฝึกพูดซ้ำ ๆ และกิจกรรมกระตุ้นที่เน้นการปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน ผลการวิจัยชี้ให้เห็น ถึงความสำคัญของการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เปิดกว้างและเพิ่มโอกาสให้นักเรียนมีโอกาสฝึกพูดภาษาต่างประเทศอย่าง อิสระ โดยให้ความสำคัญกับการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกันเองในรูปแบบของกิจกรรมเล็ก ๆ ในห้องเรียน ซึ่งสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบนี้ส่งผลดีในการพัฒนาทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียน การจัดการเรียนการสอนแบบสื่อกลางมีผลใน การพัฒนาทักษะการพูด L2 และเพิ่มความสามารถในการสื่อสารภาษาต่างประเทศ การศึกษานี้ยังถึงความสำคัญของการเตรียม ความพร้อมในการสอนที่สนับสนุนการพัฒนาทักษะการพูดอย่างมีประสิทธิภาพ ผ่านการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบกว้างขวาง และการเสนอโครงงาน ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้ภาษาต่างประเทศในการสื่อสารอย่างมีคุณภาพและหลากหลาย ซึ่งสอดคล้องกับ Pitura (2022, pp. 118-143) โดยเฉพาะการนำแนวคิดของเกมิฟิเคชันมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนภาษา ฝรั่งเศสในฐานะภาษาต่างประเทศ ที่ Cruaud (2018, pp. 330-343) กล่าวถึง การใช้เกมิฟิเคชันเป็นนวัตกรรมการฝึกหัดที่มีความ

นำเสนอในการจัดการศึกษาและการฝึกอบรม ผ่านการนำกลไกของเกมมาใช้เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในกระบวนการเรียนรู้และควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนอื่น ๆ แนวโน้มในการนำแนวคิดเกมพีเคชั่นมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศแสดงให้เห็นถึงการเติมเต็มและพัฒนาการเรียนการสอนในรูปแบบที่มีความสนุกและน่าสนใจ นอกจากนี้ Saengprasert (2020, pp. 85-94) กล่าวว่า การใช้เกมพีเคชั่นในการสอนการอ่านภาษาอังกฤษส่งผลให้นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมีความเข้าใจและมีเจตคติที่ดีต่อการสอนอ่านที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ไม่ใช้เกมพีเคชั่น ผลสรุปชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของเกมพีเคชั่นในการส่งเสริมทักษะการอ่านและสร้างเจตคติที่สนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนในสถานการณ์การศึกษาทางภาษาอังกฤษ ผลการวิจัยเชื่อถือได้และช่วยเสริมแนวคิดในการนำเกมพีเคชั่นมาประยุกต์ใช้ในการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการอ่านในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นที่น่าสนใจในการพัฒนาการศึกษาทางภาษาอังกฤษในอนาคต อีกทั้ง Chimpanit and Jantakoon (2022, pp. 18-32) แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ภาษาอังกฤษแบบผสมผสานตามแนวคิดเกมพีเคชั่น เพื่อส่งเสริมทักษะการพูดและความเข้าใจวัฒนธรรมของเจ้าของภาษาให้แก่ นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ผ่านกิจกรรมที่สร้างขึ้น การเรียนรู้ที่ใช้เกมพีเคชั่นมีผลในการเพิ่มทักษะการพูดและความเข้าใจวัฒนธรรมของเจ้าของภาษาที่ได้นำแนวคิดเกมพีเคชั่นมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการเรียนรู้

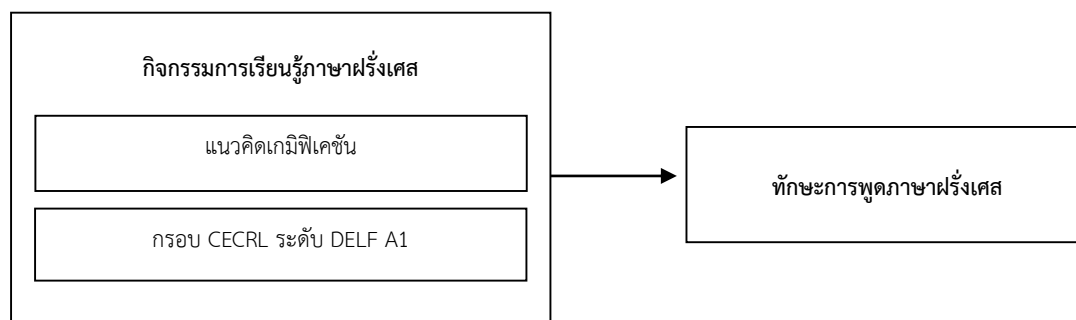
สมมติฐานการวิจัย ประกอบด้วย ทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรปของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดเกมพีเคชั่นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ระดับ DELF A1

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยก่อนการทดลอง (Pre-experimental design) มีแบบแผนการวิจัยแบบ One-group pretest-posttest design

3.1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภาษาเพื่อการสื่อสาร การใช้ภาษาต่างประเทศในการฟัง-พูด-อ่าน-เขียน แลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร แสดงความรู้สึกและความคิดเห็น ตีความ นำเสนอข้อมูล ความคิดรวบยอด และความคิดเห็นในเรื่องต่าง ๆ และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลอย่างเหมาะสม ภาษาและวัฒนธรรม การใช้ภาษาต่างประเทศตามวัฒนธรรมของเจ้าของภาษา ความสัมพันธ์ ความเหมือนและความแตกต่างระหว่างภาษาและวัฒนธรรมของเจ้าของภาษา กับ ภาษาและวัฒนธรรมไทยและนำไปใช้อย่างเหมาะสม รวมถึง ภาษากับความสัมพันธ์กับชุมชนและโลก การใช้ภาษาต่างประเทศในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน ชุมชน และสังคมโลก (Ministry of Education, 2008, pp. 2-3) ประกอบกับการศึกษาแนวคิดเกมพีเคชั่น โดยศึกษาจากงานวิจัยของ O'Donovan et al. (2013, pp. 242-251) คือ การนำแนวคิดและกลไกในการออกแบบเกมมาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการสอน โดยผู้สอนสามารถนำแนวทางของเกมมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ได้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.2 ขอบเขตการวิจัย

3.2.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนภาษาฝรั่งเศสเป็นวิชาแผนการเรียนภาษาฝรั่งเศสและวิชาเลือกเพิ่มเติม โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้าฯ กทม. จำนวน 169 คน ปีการศึกษา 2566

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้าฯ กทม. ปีการศึกษา 2566 จำนวน 32 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection) มีเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง (Faul et al., 2009, pp. 1149-1160) ได้แก่ เป็นนักเรียนที่ผ่านการเรียนในรายวิชา ภาษาฝรั่งเศสพื้นฐาน 1 (ผ31205) ภาษาฝรั่งเศสพื้นฐาน 2 (ผ31206) ภาษาฝรั่งเศสพื้นฐาน 3 (ผ32205) และ ภาษาฝรั่งเศสพื้นฐาน 4 (ผ32206) มาแล้ว เป็นนักเรียนที่มีชั่วโมงเรียนวิชาภาษาฝรั่งเศสไม่น้อยกว่า 2 คาบต่อสัปดาห์ และเป็นนักเรียนที่ลงทะเบียนการเรียนโดยมาจากแผนการเรียนโดยไม่ใช่นักเรียนกลุ่มที่เลือกเรียนแผนการเรียนภาษาอังกฤษ-ภาษาฝรั่งเศส

3.2.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม ภาษาฝรั่งเศสของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้าฯ กทม. ที่ ซึ่งมีการจัดการเรียนการสอนภาษาฝรั่งเศสที่มุ่งเน้นการฝึกทักษะการสื่อสารภาษาฝรั่งเศส ทั้งการฟัง พูด อ่าน และเขียน เกณฑ์ DELF A1-A2 ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับมาตรฐานยุโรป (Le Cadre Européen Commun De Référence pour les Langues : CECRL) ซึ่งคือมาตรฐานที่ใช้วัดระดับความสามารถในภาษาต่างประเทศ และภาษาฝรั่งเศสก็ใช้มาตรฐานนี้ในการวัดระดับภาษาเช่นกัน โดยเนื้อหาที่ใช้ คือ สารการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาฝรั่งเศส) ตามหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาฝรั่งเศส) กับกรอบเนื้อหาทางภาษาฝรั่งเศสตามมาตรฐานยุโรประดับ DELF A1 เกี่ยวกับทักษะการพูด ซึ่งเป็นเนื้อหาวิชาภาษาฝรั่งเศส (ผ33205) ประกอบด้วย

- 1) Description physique การบรรยายลักษณะบุคคล เป็นการแนะนำตนเองและผู้อื่น โดยบอกลักษณะทางกายภาพทั่วไป
- 2) Mes activités กิจกรรมของฉัน เป็นการบอกกิจวัตรประจำวัน รสนิยมความชอบ กิจกรรมยามว่าง กีฬา ดนตรี
- 3) L'interrogation การตั้งคำถาม เป็นการตั้งคำถาม โดยใช้คำถาม รวมถึงการฝึกตอบคำถามเหล่านี้ด้วยเช่นกัน
- 4) Faire des achats การพูดซื้อขาย เป็นการฝึกพูดซื้อขาย การบอกความต้องการ

3.2.3 ขอบเขตด้านระยะเวลาการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วางแผนทำการทดลองโดยผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอน ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ใช้ระยะเวลาในการทดลองรวม 18 คาบเรียน และใช้เวลาทดสอบ 4 คาบเรียน คือ ทดสอบก่อนและหลังการทดลองอย่างละ 2 คาบเรียน รวมระยะเวลาในการวิจัยทั้งหมด 22 คาบเรียน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบไปด้วย

1. แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยประยุกต์ใช้แนวคิดเกมพีเคชั่น วิชาภาษาฝรั่งเศส จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน ภาษาฝรั่งเศส จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่านและผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล การศึกษาจำนวน 1 ท่าน โดยมีผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 3.75$, $SD = 0.14$) ตามเกณฑ์การให้คะแนนมาตรฐานค่า 4 ระดับ (Srisa-ard, 2017, p. 121)

2. แบบวัดทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อประเมินทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบวัดทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสมีค่าดัชนี IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 แสดงว่ามีความเหมาะสมด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และวิเคราะห์หาความยากง่าย (Difficulty) ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นรายข้อ โดยใช้เกณฑ์ คือ มีค่าความยากระหว่าง 0.20-0.80 และอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป พบว่าแบบวัดทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสมีค่าความยากระหว่าง 0.23-0.48 แสดงว่ามีความยากในระดับค่อนข้างยากถึงระดับยากปานกลาง และมีค่าอำนาจจำแนก 0.41-0.66 แสดงว่าจำแนกได้ดีมาก จากนั้นคัดเลือกข้อสอบตามโครงสร้างของแบบวัดทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสที่กำหนดไว้ที่ผ่านเกณฑ์ และหาค่าดัชนีความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.809 ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดในระดับสูง (Lawthong, 2016, pp. 57-60)

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. ก่อนดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศสโดยประยุกต์ใช้แนวคิดเกมพีเคชันสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 ผู้วิจัยทำการชี้แจงให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทราบถึงข้อกำหนดและกติกาของการดำเนินกิจกรรมเพื่อให้ นักเรียนได้ปฏิบัติตามอย่างถูกต้อง

2. ผู้วิจัยทำการประเมินทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มทดลอง ใช้เวลา 1 คาบ และ บันทึกคะแนนของกลุ่มตัวอย่างที่ได้เป็นคะแนนก่อนเรียน (Pre-test)

3. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศสโดยประยุกต์ใช้แนวคิดเกมพีเคชันสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อส่งเสริมทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศส โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 9 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที รวมเวลาทดลองทั้งหมด 18 คาบเรียน

4. เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศสโดยประยุกต์ใช้แนวคิดเกมพีเคชันสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 ตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว จึงทำการประเมินทักษะโดยใช้แบบวัดทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศส ใช้เวลา 2 คาบ แล้วบันทึกคะแนนเป็นคะแนนหลังเรียน (Posttest)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้ เปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรปของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมพีเคชันก่อนและหลังเรียน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
2. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน โดยเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรปของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมพีเคชันก่อนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ Dependent sample t-test และวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียน และเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรปของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมพีเคชันเทียบกับเกณฑ์ DELF A1 ที่ระดับ 18 คะแนนจากคะแนนเต็ม 25 คะแนน โดยใช้สถิติ One sample t-test

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศสตามแนวคิดเกมพีเคชันสำหรับส่งเสริมทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรป

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร งานวิจัย แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้การสอนภาษาฝรั่งเศส โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมพีเคชันซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ เกิดแรงกระตุ้นต่อการร่วมกิจกรรมที่ครูผู้สอนออกแบบ มีส่วนร่วมในปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนทั้งระหว่างครูกับนักเรียนและนักเรียนกับเพื่อน ๆ โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด PPP โมเดล (Faohapol, 2020, pp. 3-9) ได้แก่ ขั้นนำเสนอ (Presentation) ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Practice) และขั้นสรุป (Production) มีรายละเอียดของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน โดยแบ่งออกเป็น 1) ขั้นนำเสนอ (Presentation) เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนจะแนะนำตัว ทักทายโต้ตอบกับนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการพูด รวมถึงทบทวนคำศัพท์ ประโยคสนทนาอย่างง่ายที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ทบทวนการใช้ V.être และ V.avoir โดยให้นักเรียนพูดแต่งประโยคโดยใช้ V.être และ V.avoir คนละ 1 ประโยค 2) ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Practice) เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอน ที่มีกิจกรรม เกมที่มุ่งเน้นให้เกิดการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาฝรั่งเศส การเน้นการฝึกทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศส โดยมีการออกแบบกิจกรรมตามแนวคิดเกมพีเคชันเพื่อกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนด้วย และ 3) ขั้นสรุป (Production) เป็นขั้นตอนที่ประยุกต์ใช้แนวคิดเกมพีเคชันในการออกแบบกิจกรรมเพื่อสรุปสาระสำคัญและประเมินทักษะการพูดผ่านการสะสมแต้มในการจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้ง โดยการกำหนดรายละเอียดของโครงสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนที่	เรื่อง	ผลการเรียนรู้	เนื้อหา	จำนวน (คาบ)
1	Description physique การบรรยายลักษณะบุคคล	1. จับใจความประโยค ข้อความ ประกาศ ข้อมูลสั้น ๆ จากการอ่านและฟัง 2. สนทนาโต้ตอบเกี่ยวกับตนเองเรื่องต่าง ๆ ใกล้เคียงตัว	การแนะนำตนเองและผู้อื่น โดยบอกลักษณะทางกายภาพทั่วไป เช่น ชื่อ นามสกุล อายุ ที่อยู่ ครอบครัว สถานภาพ ความสูง สัดส่วน หน้าตา ผิว ผม ลักษณะเด่นเฉพาะ เป็นต้น	4
2	Mes activités กิจกรรมของฉัน	1. จับใจความประโยค ข้อความ ประกาศ ข้อมูลสั้น ๆ จากการอ่านและฟัง 2. สนทนาโต้ตอบเกี่ยวกับตนเองเรื่องต่าง ๆ ใกล้เคียงตัว	การบอกกิจวัตรประจำวัน รสนิยมความชอบ กิจกรรมยามว่าง กีฬา ดนตรี การเดินทางท่องเที่ยว เป็นต้น	6
3	L'interrogation การตั้งคำถาม	1. จับใจความประโยค ข้อความ ประกาศ ข้อมูลสั้น ๆ จากการอ่านและฟัง 2. สนทนาโต้ตอบเกี่ยวกับตนเองเรื่องต่าง ๆ ใกล้เคียงตัว	การตั้งคำถาม โดยใช้คำถามที่ตอบใช่ ไม่ใช่ (Est-ce que?) รวมถึงคำถามที่ต้องการคำตอบ เช่น ใคร (Qui?) ที่ไหน (Où ?) เมื่อไหร่ (Quand?) อย่างไร (Comment?) กับใคร (Avec qui?) อะไร (Que?) เท่าไหร่ (Combien?) ทำไม (Pourquoi ?) รวมถึงการฝึกตอบคำถามเหล่านี้ด้วยเช่นกัน	4
4	Faire des achats การพูดซื้อขาย	1. จับใจความประโยค ข้อความ ประกาศ ข้อมูลสั้น ๆ จากการอ่านและฟัง 2. สนทนาโต้ตอบเกี่ยวกับตนเองเรื่องต่าง ๆ ใกล้เคียงตัว	การฝึกพูดซื้อขาย การบอกความต้องการ การถามถึงสิ่งที่ต้องการ การถามราคา การชำระเงิน	4

ซึ่งผู้วิจัยได้มีการประยุกต์ใช้แนวคิดเกมพีเคชันในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการให้นักเรียนได้ร่วมกิจกรรมสะสมแต้มจำนวน 18 กิจกรรมย่อย โดยมีตาราง Leaderboard และการเก็บแต้มที่นักเรียนรวบรวมได้ เพื่อสร้างแรงกระตุ้น แรงจูงใจให้นักเรียนต้องการมีส่วนร่วมและมีของรางวัลให้นักเรียนเก็บแต้มสะสมเพื่อแลกในระหว่างเรียนและเมื่อสิ้นสุดการเรียน ในการประเมินทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างนั้น ผู้วิจัยได้ทำการประเมินด้วยแบบวัดทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสก่อนเรียนและหลังเรียน รวมถึงมีการประเมินทักษะการพูดเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ DELF A1

4.2 ผลการเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมพีเคชันก่อนและหลังเรียน

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนก่อนและหลังเรียน

การประเมิน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	df	t	p	Cohen's d
ก่อนเรียน	25	7.81	2.54	31	45.4	<.001	8.02
หลังเรียน		20.80	2.33	31			

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนก่อนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสหลังเรียน ($\bar{X} = 20.80$, $SD = 2.33$) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X} = 7.81$, $SD = 2.54$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(31) = 45.4$, $p < .001$) โดยมีขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในระดับมาก ($d = 8.02$)

4.3 ผลการเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมพีเคชันกับเกณฑ์ DELF A1

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนกับเกณฑ์ DELF A1

การประเมิน	คะแนนเต็ม	M	SD	เกณฑ์ DELF A1	df	t	p	Cohen's d
ทักษะการพูด	25	20.80	2.33	18	31	6.80	<.001	1.20

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนกับเกณฑ์ DELF A1 พบว่า นักเรียนมีทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศส ($\bar{X} = 20.80$, $SD = 2.33$) สูงกว่าเกณฑ์ DELF A1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(31) = 6.80$, $p < .001$) โดยมีขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในระดับมาก ($d = 1.20$)

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศสตามแนวคิดเกมพีเคชันสำหรับส่งเสริมทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสตามกรอบมาตรฐานยุโรป ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยประยุกต์ใช้แนวคิดเกมพีเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณภาพอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด เมื่อดำเนินการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศสโดยประยุกต์ใช้แนวคิดเกมพีเคชันสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว จึงทำการประเมินทักษะโดยใช้แบบวัดทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศส พบว่า ก่อนเรียนนั้นนักเรียนมีค่าเฉลี่ยทักษะการพูดเฉลี่ยเพียง 7.81 และเมื่อได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แล้วมีค่าเฉลี่ยทักษะการพูดหลังเรียนเพิ่มขึ้นมาถึง 12.98 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.80 คิดเป็นร้อยละของพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยถึงร้อยละ 76.79 ซึ่งเป็นการเกิดพัฒนาการในระดับสูงมาก และผู้วิจัยได้มีการเปรียบเทียบทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนที่ได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมพีเคชันก่อนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที ผลการเปรียบเทียบทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนที่ได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมพีเคชันก่อนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสหลังเรียน ($\bar{X} = 20.80$, $SD = 2.33$) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X} = 7.81$, $SD = 2.54$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(31) = 45.4$, $p < .001$) โดยมีขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในระดับมาก ($d = 8.02$) และทำการเปรียบเทียบผลการประเมินกับเกณฑ์ DELF A1 ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานในการกำหนดเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนภาษาฝรั่งเศสสำหรับผู้เรียนภาษาฝรั่งเศสเป็นภาษาที่สอง พบว่า นักเรียนทั้งหมดมีคะแนนผลการทดสอบทักษะการพูดผ่านเกณฑ์เมื่อเทียบกับเกณฑ์ DELF A1 และเมื่อเปรียบเทียบทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนที่ได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมพีเคชันกับเกณฑ์ DELF A1 พบว่า นักเรียนมีทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศส ($\bar{X} = 20.80$, $SD = 2.33$) สูงกว่าเกณฑ์ DELF A1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(31) = 6.80$, $p < .001$) โดยมีขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในระดับมาก ($d = 1.20$)

ผลการออกแบบการจัดการเรียนรู้การสอนภาษาฝรั่งเศสโดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมพีเคชันโดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด PPP โมเดล ได้แก่ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Presentation) ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Practice) และขั้นสรุป (Production) โดยมีรายละเอียดของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน ซึ่งเป็นไปตามที่ Gomaratut (2016, pp. 60-61) ได้กล่าวไว้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศเพื่อให้การเรียนการสอนนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น ครูผู้สอนต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ กระบวนการ มีความสามารถ และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามที่กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ ครูต้องมีเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม โดยแบ่งออกเป็น 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Presentation) เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนจะแนะนำตัว ทักทายโต้ตอบกับนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการพูด รวมถึงทบทวนคำศัพท์ ประโยคสนทนาอย่างง่ายที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ทบทวนการใช้ V.être และ V.avoir โดยให้นักเรียนพูดแต่งประโยคโดยใช้ V.être และ V.avoir คนละ 1 ประโยค 2) ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Practice) เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอน ที่มีกิจกรรม เกมที่มุ่งเน้นให้เกิดการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาฝรั่งเศส การเน้นการฝึกทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศส โดยมีการออกแบบกิจกรรมตามแนวคิดเกมพีเคชันเพื่อกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนด้วย และ 3) ขั้นสรุป (Production) เป็นขั้นตอนที่ประยุกต์ใช้แนวคิดเกมพีเคชันในการออกแบบกิจกรรมเพื่อสรุปสาระสำคัญและประเมินทักษะการพูดเบื้องต้นผ่านการสะสมแต้มในการจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้ง ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด PPP โมเดลนั้นจะช่วยให้ นักเรียนสามารถเข้าใจและใช้คำศัพท์ ภาษาสำนวนที่แสดงความคุ้นเคย ผ่านการใช้ภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ประโยคง่าย ๆ เพื่อขอร้องให้ทำในสิ่งที่ประสงค์ได้ สามารถแนะนำตนเอง แนะนำผู้อื่น สอบถามเกี่ยวกับที่อยู่อาศัย ความสัมพันธ์ต่อกัน บอกความเป็นเจ้าของ ฯลฯ และสามารถตอบโต้คำถามในเรื่องที่เกี่ยวกับตนเอง สามารถเข้าใจความหมายและโต้ตอบคู่สนทนาที่พูดซ้ำ ๆ ชัดเจนได้ (Suppavej, 2013, pp. 1-2) การกำหนดโครงสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน แบ่งสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 เรื่องหลัก ได้แก่ การบรรยายลักษณะบุคคลเป็นการแนะนำตนเองและผู้อื่น กิจกรรมของฉันทนาการ

บอกกล่าวกิจกรรมที่ทำในชีวิตประจำวัน การตั้งคำถามโดยเป็นการถามตอบทั้งแบบสั้นและแบบยาว และการพูดซื้อขาย การบอกความต้องการ การถามถึงสิ่งที่ต้องการ การถามราคา การชำระเงิน ซึ่งใช้ระยะเวลาในการทดลองจำนวน 18 คาบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ นักเรียนสามารถจับใจความประโยค ข้อความ ประกาศ ข้อมูลสั้น ๆ จากการอ่าน ฟังและสนทนา ได้ตอบเกี่ยวกับตนเองเรื่องต่าง ๆ ใกล้ตัว สอดคล้องกับเกณฑ์ความสามารถในการสนทนา DELF A1 ที่ได้กำหนดไว้ว่าผู้เรียนสามารถสื่อสารโดยใช้ประโยคง่าย ๆ สามารถเข้าใจความหมายและได้ตอบคู่สนทนาที่พูดซ้ำ ๆ ซ้ำ ๆ ชัดเจนได้ เพื่อขอร้องให้ทำในสิ่งที่ประสงค์ได้ ผู้เรียนสามารถตั้งคำถามง่าย ๆ ในเรื่องที่คุ้นเคยหรือเรื่องที่ใกล้ตัวเพื่อตอบคำถามในลักษณะเดียวกัน (Conseil de l'Europe, 2022, pp. 136-139) ซึ่งผู้วิจัยได้มีการประยุกต์ใช้แนวคิดเกมิฟิเคชันในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการให้นักเรียนได้ร่วมกิจกรรมสะสมแต้มจำนวน 18 กิจกรรมย่อย โดยมีตาราง Leaderboard และการเก็บแต้มที่นักเรียนรวบรวมได้เพื่อสร้างแรงกระตุ้น แรงจูงใจให้นักเรียนต้องการมีส่วนร่วมและมีของรางวัลให้นักเรียนเก็บแต้มสะสมเพื่อแลกของรางวัลในระหว่างเรียนและเมื่อสิ้นสุดการเรียน ในการประเมินทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างนั้น ผู้วิจัยได้ทำการประเมินด้วยแบบวัดทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสก่อนเรียนและหลังเรียน รวมถึงมีการประเมินทักษะการพูดเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ DELF A1 สอดคล้องกับผลการพัฒนาทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสด้วยการแสดงบทบาทสมมติสำหรับนักศึกษาวิชาเอกการจัดการการท่องเที่ยว คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมของ Sangpanich (2017, pp. 41-54) ที่ได้จัดกิจกรรมการสนทนาภาษาฝรั่งเศส ในชีวิตประจำวันด้วยการแสดงบทบาทสมมติ จำนวน 5 สถานการณ์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบก่อนเรียน และทดลองพัฒนาทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสด้วยการแสดงบทบาทสมมติ ทั้ง 5 สถานการณ์ ส่วนผลการเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมิฟิเคชันก่อนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที ผลการเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมิฟิเคชันก่อนและหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในระดับมาก ซึ่งอาจเป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดเกมิฟิเคชันนั้นช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสได้ในระดับมาก เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้และส่งเสริมให้เกิดการฝึกซ้ำอย่างต่อเนื่องจนเกิดเป็นทักษะที่เพิ่มสูงขึ้น รวมไปถึงบรรยากาศในชั้นเรียนที่มีความสนุกสนาน แรงเสริมทางบวกที่ครูผู้สอนได้มอบให้แก่ นักเรียนและการสะสมแต้มที่มีรางวัลในการดึงดูดนักเรียนให้มีส่วนร่วมต่อกิจกรรมต่าง ๆ ที่ครูผู้สอนจัดขึ้นทำให้ทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับ Sangpanich (2017, pp. 41-54) ที่พบว่านักศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นหลังจากได้รับการพัฒนาทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสด้วยการแสดงบทบาทสมมติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และการจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายต่อการทดสอบการสอบปากเปล่าในการเรียนภาษาฝรั่งเศสในฐานะภาษาต่างประเทศ ซึ่งให้นักเรียนอ่านออกเสียง ให้นักเรียนฝึกพูดซ้ำ ๆ ให้นักเรียนอ่านการนำเสนอที่เตรียมไว้ และกระตุ้นให้นักเรียนได้ทำกิจกรรม ซึ่งในการสอนของครูจะเน้นการปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียนด้วยตนเอง โดยนักเรียนได้เคลื่อนไหวในห้องเรียนได้อย่างอิสระ การทำงานในกลุ่มเล็ก ๆ รวมถึงการพูดถึงหัวข้อต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมการฝึกพูดของนักเรียนให้เกิดทักษะการพูดที่สูงมากยิ่งขึ้น (Bergström, 2017, pp. 8-9) อีกทั้งมีข้อเสนอว่าการจัดการเรียนรู้โดยองค์รวม มีการสอดแทรกการเรียนรู้ผ่านการฝึกปฏิบัติทักษะทางภาษาจะช่วยให้ นักเรียน นักศึกษามีสมรรถนะทางภาษาที่สูงมากยิ่งขึ้น (Pitura et al., 2022, pp. 136-137) และมีคะแนนผลการทดสอบทักษะการพูดผ่านเกณฑ์เมื่อเทียบกับเกณฑ์ DELF A1 (18 คะแนน) และเมื่อเปรียบเทียบทักษะในการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานตามแนวคิดเกมิฟิเคชันกับเกณฑ์ DELF A1 พบว่า นักเรียนมีทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสสูงกว่าเกณฑ์ DELF A1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในระดับมาก ซึ่งการที่ทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ DELF A1 นั้น อาจเกิดจากความสนุกที่ได้รับเมื่อจัดกิจกรรมผ่านแนวคิดเกมิฟิเคชัน รวมไปถึงการฝึกปฏิบัติทักษะการพูดอยู่เสมอ การสร้างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันก็ช่วยให้นักเรียนสามารถกล้าที่จะพูดและมีเจตคติที่ดีต่อการพูดภาษาฝรั่งเศส สอดคล้องกับการวิจัยของ Saengprasert (2020, pp. 85-94) ที่พบว่าความเข้าใจในการอ่านภาษาอังกฤษของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ทักษะการอ่านโดยใช้เกมิฟิเคชัน (Gamifications) หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเจตคติต่อการสอนอ่านภาษาอังกฤษโดยใช้เกมิฟิเคชัน (Gamifications) โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด รวมไปถึงการศึกษากิจกรรมการเรียนรู้ภาษาอังกฤษแบบผสมผสานตามแนวคิดเกมิฟิเคชัน เพื่อส่งเสริมทักษะการพูดและความเข้าใจวัฒนธรรมของเจ้าของภาษาพบว่า ระดับทักษะการพูดภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาอังกฤษแบบผสมผสานตามแนวคิดเกมิฟิเคชัน มีทักษะการพูดภาษาอังกฤษหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Chimpanit & Jantakoon, 2022, pp. 18-32)

6. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสนั้น ควรมุ่งเน้นการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติการพูด เพื่อให้เกิดการสร้างและพัฒนาทักษะได้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยพิจารณาจากสถานการณ์ใกล้ตัวของนักเรียน คำที่เลือกมาใช้ควรมีการพิจารณาระดับความยากให้สอดคล้องกับประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ผลการประเมินทักษะการพูดภาษาฝรั่งเศสสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนั้นเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน DELF A1 ซึ่งเป็นระดับพื้นฐานที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาได้กำหนดไว้ และการจัดกิจกรรมโดยใช้แนวคิดเกมพีเคชั่น ควรมีการกำหนดการสะสมแต้ม ตารางคะแนนรวมถึงรางวัลที่สอดคล้องกับบริบทวิชาภาษาฝรั่งเศส โดยมีการกระตุ้นแรงจูงใจผ่านตาราง Dashboard ให้นักเรียนได้รับรู้ถึงแต้มสะสมของตนเอง สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการพัฒนาสื่อหรือกิจกรรมการสอนโดยใช้แนวคิดเกมพีเคชั่นในการสอนเพื่อพัฒนาทักษะภาษาฝรั่งเศสด้านอื่น ๆ รวมถึงกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ ควรมีการทดลองขยายผลโดยนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ในนักเรียนกลุ่มเป้าหมายต่างโรงเรียน หรือทดลองใช้โดยศึกษาแนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับการใช้แนวคิดเกมพีเคชั่น ในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาในเชิงคุณภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลและผลการวิจัยที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอด ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบเครื่องมือวิจัยเพื่อให้เครื่องมือมีประสิทธิภาพ ขอขอบคุณกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รับประกาศนียบัตรรับรองการเข้าอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์เบื้องต้น ซึ่งผ่านการอบรมแบบออนไลน์ โดยกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ได้มอบประกาศนียบัตรให้เมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2567 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Alliance Française. (2023). *DELFL-DALFL! What is it?* Retrieved from <https://afthailande.org/en/delf-dalfl-en/#/>
- Bergström, S. (2017). *L'influence des méthodes didactiques sur la production orale en FLE*. Stockholm University.
- Chimpanit, P., & Jantakoon, J. (2022). The development of blended English learning activities based on the gamification concept to promote speaking skills and cultural understanding of native speakers for 6th Grade students. *Journal of Humanities and Social Sciences Mahamakut Buddhist University Isan Campus*, 3(2), 18-32. (in Thai)
- Conseil de L'Europe. (2022). *L'approche actionnelle*. Didier Fle.
- Cruaud, C. (2018). The playful frame: Gamification in a French-as-a foreign-language class. *Innovation in Language Learning and Teaching*, 12(4), 330-343.
- Faohapol, R. (2020). *English teaching through Alc Books using PPP teaching method*. Defense Language Institute English Language Center. (in Thai)
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149-1160.
- Gomaratut, S. (2016). Foreign language learning strategies of the 21st century students. *Suthiparitath*, 33(105), 187-197. (in Thai)
- Lawthong, N. (2016). *Creation of educational research instruments*. CU Press. (in Thai)
- Ministry of Education. (2008). *Foreign language basic education core curriculum B.E. 2551*. Office of the Basic Education Commission. (in Thai)

- Namwong, A. (2011). Active 3Ps: The role of learning management that teachers should change. *Journal of Education Khon Kaen University*, 34(3), 1-9. (in Thai)
- O'Donovan, S., Gain, J., & Marais, P. (2013). A case study in the gamification of a university-level games development course. In J. McNeill, K. Bradshaw, P. Machanick, & M. Tsietsi (Eds.), *SAICSIT'13: The Proceedings of the South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conference* (pp. 242-251). Amazon, Rhodes University, and IBM.
- Pitura, J. (2022). Developing L2 speaking skills in English-medium EFL higher education. *Innovation in Language Learning and Teaching*, 16(2), 118-143.
- Prathyusha, N. (2020). Role of gamification in language learning. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 7(2), 577-583.
- Rujichom, K. (2018). English communication life skills of Thailand people in the 21th Century. *Journal of Arts Management*, 2(3), 199-210. (in Thai)
- Saengprasert, W. (2020). Effects of gamifications toward learning achievement on reading for comprehension and attitude on reading teaching of upper secondary students. In *the 10th STOU National Research Conference* (pp. 85-94). Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Sangkapan, J., Boonprakan, K., & Krairiksh, W. (2015). Situations and problems in learning english at secondary schools affiliated with municipalities in the three southern border provinces. In *Proceeding of the 6th Hat Yai National Proceeding in 26th June 2015* (pp. 270-284). Hat Yai University. (in Thai)
- Sangpanich, P. (2017). The development of French speaking skills through role-playing for students major in Tourism Management, Faculty of Management Sciences, Chandrakasem Rajabhat University. *The Bulletin de l'ATPF*, 40(2), 41-54. (in Thai)
- Srisa-ard, B. (2017). *Basic research*. Suweeriyasan. (in Thai)
- Sudrung, J., & Thanompongchad, P. (2018). Think out of the box. *Journal of Educational Studies*, 46(2), 387-393. (in Thai)
- Suppavej, C. (2013). *Adosphere 1 handbook*. Association Thaïlandaise des Professeurs de Français. (in Thai)

Research article

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง
ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้โปรแกรม GEOGEBRA ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICS LEARNING ACHIEVEMENT ON THE TOPIC OF
SOLVING QUADRATIC FUNCTION GRAPHS OF MATHAYOM 3 STUDENTS BY USING THE
GEOGEBRA PROGRAM TOGETHER WITH POLYA'S PROBLEM SOLVING PROCESS

นันทยา สุภาพันท์ ประภาพร นงนหารพิทักษ์* และปวีณา ชันธิ์ศิลา

Nunthiya Suphaphan, Prapaporn Nongharnpituk*, and Paweena Khansila

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46230 ประเทศไทย

Department of Mathematics, Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University, Kalasin 46230 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23111>

Received: February 21, 2024, | Revised: March 3, 2024, | Accepted: April 11, 2024

ABSTRACT

This research used GeoGebra program and organized learning management activities in accordance with Polya's problem-solving process to develop mathematical learning achievement by solving problems in quadratic function graphs. With the help of GeoGebra program and step-by-step practice of problem-solving techniques using Polya's problem-solving process, the aforementioned learning management system increases students' enthusiasm and interest in learning about graphs. Consequently, it encourages students to comprehend the knowledge of quadratic function graphs in mathematics efficiently, gain a more thorough comprehension of them, and develop their skills in solving problems. The target group used in the research is 14 Mathayom 3 students studying in the first semester of the academic year 2023 at Chumchonyodkaengsongkhro School, Namon District, Kalasin Province, which obtained purposive random sampling. The tools used in the research were lesson plans using GeoGebra with Polya's problem-solving process, learning achievement tests, and a satisfaction questionnaire. The statistics used in the data analysis include mean ($\bar{x}$), standard deviation (SD), percentage, and t-test statistics. The results of the research found that: 1) the results of the efficiency of the lesson plans using GeoGebra program with Polya's problem solving process are equal to 73.75/74.64, which is higher than with the specified criteria, 2) The post-test scores' learning achievement using GeoGebra with Polya's problem-solving process was higher than the pre-test scores using GeoGebra with Polya's problem-solving process, with statistical significance at the .05 level, and 3) the satisfaction of students with learning management using GeoGebra program with Polya's problem-solving process is at a high level with an average of 4.31 and a standard deviation of 0.81.

Keywords: Quadratic function graphs, Polya's method, GeoGebra program

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้านการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง กราฟฟังก์ชันกำลังสอง การจัดการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนเรื่องการแก้โจทย์ปัญหามากขึ้น เนื่องจากได้ฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและมีการใช้โปรแกรม GeoGebra เข้ามาช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพของกราฟได้มากขึ้น จึงกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดีและเข้าใจเนื้อหามากขึ้น รวมถึงสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ดีขึ้น กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนชุมชนยอดแก่งสงคราม จำนวน 14 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ร้อยละ และค่าสถิติ t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 73.75/74.64 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.81

คำสำคัญ: กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง, การแก้ปัญหของโพลยา, โปรแกรม GeoGebra

1. บทนำ

คณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาสถานการณ์ และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และมีคุณภาพ ซึ่งการเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะด้านการคิดอย่างเป็นระบบ การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร ผู้สอนจะต้องเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ดังนั้นสถานศึกษาควรจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมตามศักยภาพของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ขึ้น ความเจริญก้าวหน้าของมนุษย์ในสังคม ได้มีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตมากขึ้น รวมทั้งการจัดการเรียนการสอนได้นำเทคโนโลยีเข้ามาบูรณาการเข้าด้วยกัน (Ministry of Education, 2017, p. 1)

การศึกษาจาก Kanachan et al. (2020, p. 73) เกี่ยวกับการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทำให้ผลการเรียนก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็น 8.63 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็น 15.53 จะเห็นว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน Sriha et al. (2023, p. 1) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทำให้ผลการเรียนก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็น 8.75 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเป็น 24.65 คะแนน ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 Samang et al. (2017, p. 52) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของโพลยา ซึ่งความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของโพลยาสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของโพลยาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาและสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการเรียนการสอนหรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อาทิ เรขาคณิต การวาดกราฟ สถิติและแคลคูลัส ซึ่งการนำโปรแกรม GeoGebra เข้ามาช่วยอธิบายในการสอนจะทำให้ผู้เรียนมองเห็นภาพมากขึ้นจากนามธรรมเป็นรูปธรรม Khongpinit et al. (2021, p. 217) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการของโพลยา เป็นแนวคิดที่เกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาหรือหาคำตอบได้อย่างเป็นระบบ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สรุปความเห็นในระดับกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ ซึ่งโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มีความซับซ้อน และคาดเดาได้ยาก มีเนื้อหาบางส่วนที่ประยุกต์เข้ามาเพิ่มทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ด้วยตนเอง แต่หากผู้เรียนได้รับการฝึกฝนตามรูปแบบกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาจะช่วยให้สามารถแก้ปัญหาย่างมีระบบและเป็นขั้นตอน จะทำให้นักเรียนทำงานได้อย่างเป็นระบบและมองเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างโจทย์ปัญหากับคำตอบที่ได้มา Khamplare et al. (2020, p. 81) จากการศึกษาพบว่า การใช้โปรแกรม GeoGebra

มาร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้ เนื่องจากนักเรียนเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ และมีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยอธิบายเป็นการทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาได้อย่างถูกต้องและชัดเจน ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกและสนับสนุนให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน เรื่อง การแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียน โดยการใช้ GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาและศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษา Phusrion (2023, pp. 219-222) กล่าวว่า ปัญหาของนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงการแก้สมการกับการเขียนกราฟ และนักเรียนไม่สามารถแปลความหมาย จากกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง นักเรียนไม่สามารถนำความรู้เรื่องฟังก์ชันกำลังสองไปประยุกต์ในการแก้ปัญหา จึงได้ศึกษา การพัฒนาแบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ด้วยวิธีสอน GPAS5 Steps ร่วมกับเทคนิค KWDL ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเมืองพลพิทยาคม พบว่า คุณภาพ ของแบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก มีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.33/76.40 เป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ ผลการทดลองใช้แบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.5428 แสดงว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 54.28 และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ผ่าน เกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป เท่ากับ ร้อยละ 90.19 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยแบบฝึกทักษะ คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/4 เรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้ Worasarn et al. (2019, p. 36) กล่าวว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์ สามารถเรียนรู้ เกี่ยวกับเรขาคณิต พีชคณิต แคลคูลัส วงกลม ส่วนตัดของวงกลม มีคำสั่งในการสร้างที่หลากหลาย ดังนั้นโปรแกรม GeoGebra จึงออกแบบมาเพื่อใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ Sriha et al. (2023, pp. 1-2) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ โปรแกรม GeoGebra เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 และ มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรอยู่ระดับมาก โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.45 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.07 Sichiangha et al. (2021, p. 31) ได้ศึกษา การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาการแก้ปัญหาวงคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจ ต่อกิจกรรมการเรียนรู้ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด อีกทั้งการแก้ปัญหามตามกระบวนการของโพลยา เป็นแนวคิดในการ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ Polya (1973, pp. 16-17) กล่าวว่า แนวคิดกระบวนการของโพลยา มี 4 ขั้นตอนประกอบด้วย 1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นตอนแรกในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาว่าต้องการหาอะไร 2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนต้อง ระดมความคิดกันภายในกลุ่ม ว่าต้องมีวิธีการแก้ปัญหาก็กำหนดให้ได้อย่างไร 3. ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนในการลงมือ ปฏิบัติหลังจากที่ได้วางแผน 4. ขั้นตรวจสอบ เป็นขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบกับโจทย์ปัญหาว่าถูกต้องหรือไม่ Samang et al. (2017, p. 52) ได้ศึกษา การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการ จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของโพลยา นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิด ของโพลยาสูงกว่าก่อน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของโพลยาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 Wattanarat and Panawong (2023, pp. 103-104) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามแบบโสเครติส เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ กระบวนการแก้ปัญหาแบบโพลยาร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามแบบโสเครติส เรื่องร้อยละ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ดังนั้นการใช้

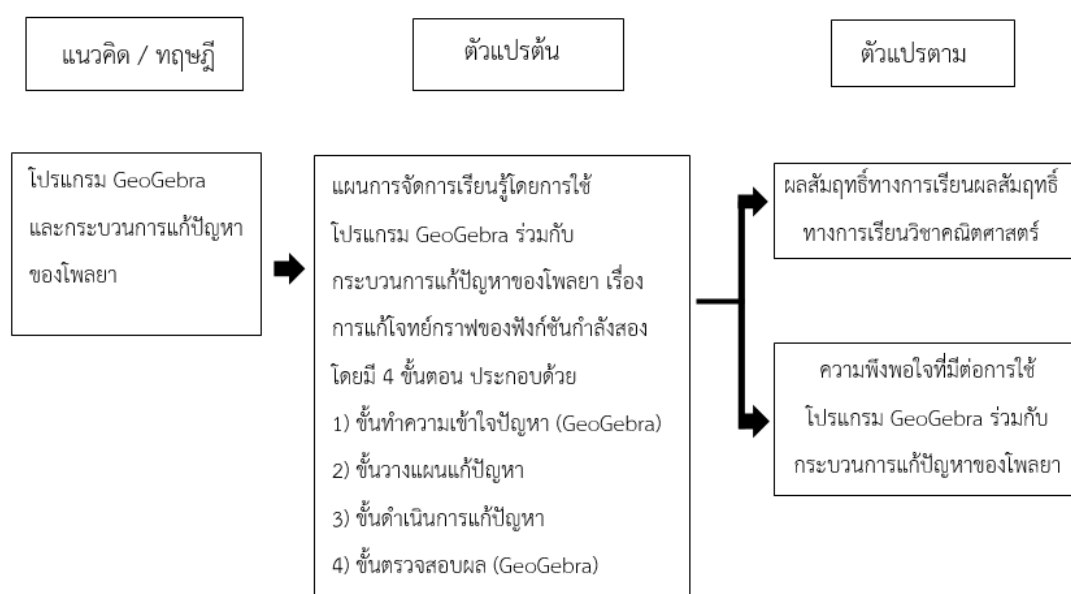
โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง เพราะนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงการแก้โจทย์ปัญหากับการเขียนกราฟได้ จึงใช้เทคนิคของโพลยาเข้ามาช่วยแก้ปัญหาให้เป็นขั้นตอน และใช้โปรแกรม GeoGebra ในการเชื่อมโยงให้นักเรียนมองเห็นภาพ เพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สมมติฐานการวิจัยประกอบด้วย การเรียนรู้โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง การแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาและความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา อยู่ในระดับมาก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยดังรูปที่ 1



3.2 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนชุมชนยอดแก่งสระทราย จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 14 คน นักเรียนคละความสามารถ เก่ง 7 คน ปานกลาง 4 คน อ่อน 3 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง เป็นกลุ่มนักเรียนที่ผู้วิจัยพบปัญหาการวิจัยและเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

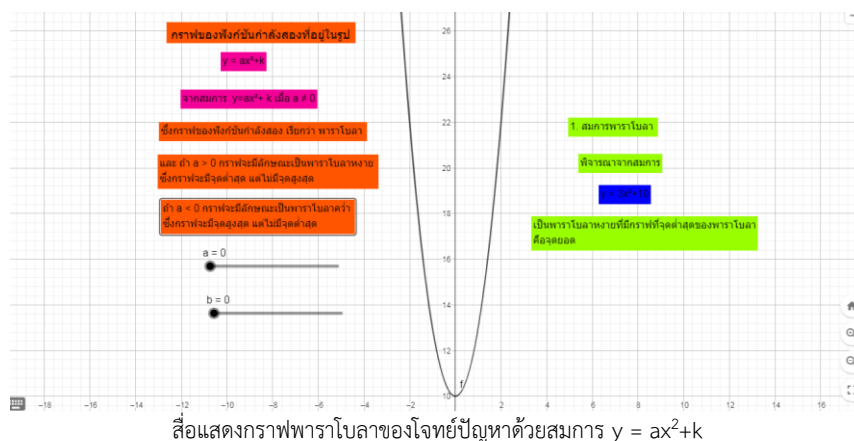
ขอบเขตด้านตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ตัวแปรต้น ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยการใช้ GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ขอบเขตด้านเนื้อหา รายวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง จำนวน 8 ชั่วโมง ประกอบด้วย เนื้อหาโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพาราโบลาด้วยสมการ $y = ax^2$ จำนวน 1 ชั่วโมง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพาราโบลาด้วยสมการ $y = ax^2 + k$ จำนวน 1 ชั่วโมง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพาราโบลาด้วยสมการ $y = a(x - h)^2$ จำนวน 2 ชั่วโมง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพาราโบลาด้วยสมการ $y = a(x - h)^2 + k$ จำนวน 2 ชั่วโมงและโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพาราโบลาด้วยสมการ $y = ax^2 + bx + c$ จำนวน 2 ชั่วโมง

3.3 เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา จำนวน 8 แผน ใช้เวลา 8 ชั่วโมง ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ผลการวิเคราะห์ของแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า โดยภาพรวมอยู่ในระดับคุณภาพเหมาะสมมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72



รูปที่ 1 สื่อการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีการหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม สอดคล้องระหว่างข้อคำถามวัดคุณประสค์ (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เท่ากับ 0.67-1.00 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.54-0.71 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25-0.33 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.72

3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ผลการวิเคราะห์ของแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามกับตัวชี้วัดด้านความพึงพอใจ จำนวน 10 ข้อ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้ค่า เท่ากับ 1.00 และมีค่าความเชื่อมั่น 0.84

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ชี้แจงแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนทราบว่าเราจะเรียนอย่างไร นักเรียนจะต้องปฏิบัติตนในขณะที่สอนอย่างไร และมีการวัดและประเมินผลอย่างไรในการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้

2. ผู้วิจัยจัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

3. ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน เรื่อง การแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ มาทำการทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เวลา 60 นาที

4. ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจัดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง การแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง จำนวน 8 แผน แผนละ 60 นาที โดยสอนสัปดาห์ละ 3 แผน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

5. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่โดยใช้ GeoGebra ร่วมกับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ครบทั้ง 8 แผนแล้ว ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีผลต่อการเรียนและทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง การแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ มาทำการทดสอบหลังเรียน โดยใช้เวลา 60 นาที

6. นำผลการทดสอบก่อนและหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง มาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าของการเรียน

3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ประมวลผลได้ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
2. การวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองก่อนและหลังใช้ GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าร้อยละ และใช้สถิติ t-test แบบ Dependent sample
3. การวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาความพึงพอใจต่อการเรียน เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยใช้ GeoGebra ร่วมกับตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

4. ผลการวิจัย

จากการวิจัยผู้วิจัยได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียด

4.1 ผลการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย จากนั้นนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพ โดยใช้สูตรการหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) มีรายละเอียด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามเกณฑ์ 70 / 70

คะแนน	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	ร้อยละ	ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2)
ระหว่างเรียน E_1	14	80	59.00	73.75	73.75/74.64
หลังเรียน E_2	14	20	14.93	74.64	

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่า ผลการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งหมด 8 แผน คะแนนเต็ม 80 คะแนน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.00 และคะแนนทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.93 จากคะแนนเต็ม 20 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 73.75/74.64 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์

4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางการเรียนก่อนและหลังเรียน นำคะแนนมาเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยการทดสอบค่าที (t-test) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีรายละเอียด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน

กลุ่มเป้าหมาย	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	t	p
ก่อนเรียน	14	20	6.21	2.36	13.24*	.03
หลังเรียน	14	20	14.93	1.69		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 14.93 คะแนนและคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 6.21 คะแนน จากคะแนน 20 คะแนน คะแนนพิจารณาที่ค่าระดับนัยสำคัญ ซึ่งมีค่าเท่ากับ .03 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 นั้นหมายความว่า การทดสอบนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

4.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านครูผู้สอน	4.19	0.91	มาก
2. ด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	4.20	0.86	มาก
3. ด้านการวัดและประเมินผล	4.57	0.60	มากที่สุด
	4.31	0.81	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการวิเคราะห์คุณภาพความพึงพอใจที่มีต่อการเรียน เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยการใช้ GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีทั้งหมด 3 ด้าน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.31$, $SD = 0.81$) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า อันดับแรก คือนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการวัดและประเมินผลมากที่สุด ($\bar{X} = 4.57$, $SD = 0.60$) อันดับที่สอง คือด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$, $SD = 0.86$) และอันดับที่สาม คือด้านครูผู้สอนมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.19$, $SD = 0.91$) ตามลำดับ

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการใช้ GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา พบว่า ผลการศึกษาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการใช้ GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 73.75/74.64 มีประสิทธิภาพเป็นไปสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่ตั้งไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากผู้เชี่ยวชาญประเมินทั้ง 3 ด้าน พบว่าค่าเฉลี่ยรวม 4.72 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 73.75/74.64 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนานักเรียนของโรงเรียนชุมชนยอดแก่งสะเทาะ ผู้วิจัยได้ใช้แผนการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการและวิธีการเรียนของผู้เรียน โดยที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ได้ด้วยตัวเองและได้ลงมือปฏิบัติ ทำให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ งานวิจัยของ Khongpinit et al. (2021, p. 216) ได้ทำการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ โดยวิธีการของโพลยาร่วมกับโปรแกรม เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องสี่เหลี่ยมมุมฉาก ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการของโพลยาร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่องสี่เหลี่ยมมุมฉาก ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.80/78.67 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ซึ่งเป็นไปตามที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khaokunchon et al. (2020, p. 116) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาอนุพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบชิปปาที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 73.65/74.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับงานวิจัย Insiri et al. (2022, p. 14) ได้ศึกษา การพัฒนาแผนการจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบเปิด 9 Open Approach เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติด้วยโปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนย้อยวิทยา พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การสอนแบบเปิด 9 Open Approach เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติด้วยโปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนย้อยวิทยามีประสิทธิภาพ 70.65/70.74 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ทางกรเรียนก่อนและหลังเรียน เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยการใช้ GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าผู้เรียนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการวิจัยพบว่านักเรียนคะแนนเฉลี่ยหลังใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาเรียนเท่ากับ 14.93 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 6.21 คะแนน ผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยากับการใช้โปรแกรม GeoGebra ทำให้ผู้เรียนมีความสนใจในการหาคำตอบของปัญหา เพราะผู้เรียนสามารถสร้างภาพด้วยจินตนาการด้วยตนเองจากนามธรรมเป็นรูปธรรม ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติอยู่ตลอด ทำให้เกิดความมั่นใจในเนื้อหาและขั้นตอนอย่างเป็นระบบ จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Sichianga et al. (2021, p. 31) การพัฒนากิจกรรม การเรียนรู้

วิชาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่พบว่า นักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัย Worasarn et al. (2019, p. 34) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญที่ .05 สอดคล้องกับงานวิจัย Sriha et al. (2023, p. 1) ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้โจทย์กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.31 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.81 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า อันดับแรก คือนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการวัดและประเมินผลมากที่สุด ($\bar{X} = 4.57$, $SD = 0.60$) อันดับที่สอง คือด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$, $SD = 0.86$) และอันดับที่สาม คือด้านครูผู้สอนมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.19$, $SD = 0.91$) ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผู้เรียนมีส่วนร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการใช้โปรแกรม GeoGebra โดยนักเรียนได้ฝึกทำโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ต่อการแก้ปัญหาของโพลยาร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ทำให้นักเรียนเข้าใจพาราโบลามากขึ้นและกระตุ้นให้ผู้เรียนได้โต้ตอบภายในห้องเรียนได้อย่างดี มีความเข้าใจในบทเรียนมากขึ้นและมีขั้นตอนที่ชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจที่ดีต่อการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Wattanarat and Panawong (2023, pp. 103-104) การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามแบบโสเครติส เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาแบบโพลยาร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามแบบโสเครติส เรื่องร้อยละ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับ Worasan and Tunaphan (2018, p. 60) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนาม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra มีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับ Suranna et al. (2023, p. 270) การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาการบวกและการลบ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาร่วมกับบาร์โมเดล พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาร่วมกับบาร์โมเดล อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.50$, $SD = 0.45$) ดังนั้นการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ยากและต้องใช้จินตนาการตาม ส่งผลให้เกิดความเบื่อหน่าย ไม่สนใจการเรียน ดังนั้นครูผู้สอนควรจะนำเทคโนโลยีหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อให้เห็นเนื้อหาที่เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น ตลอดจนผู้เรียนสามารถเรียนรู้ ฝึกวิเคราะห์และแก้ปัญหาโจทย์ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ในเรื่องดังกล่าวที่สูงขึ้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้

6. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งต่อไปควรศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และศึกษาขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยาหรือศึกษาแนวคิดและทฤษฎีช่วยในการจัดการเรียนการสอน ครูมีหน้าที่คอยชี้แนะ ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ สามารถแก้ปัญหาและเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับคำตอบที่ได้มาอย่างถูกต้องและชัดเจน ควรมีการอบรมหรือพัฒนาครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ในการใช้เทคโนโลยีหรือคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ ได้ด้วยความอนุเคราะห์และความเมตตากรุณาเป็นอย่างสูงจาก นางหอมจันทร์ ตาสาโรจน์ นางทิดิกา โคกลือชา และนางพิมพ์รัตน์ ม่วงกล้า ที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง ให้ความช่วยเหลือ และเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจแก้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและขอใบอนุญาตนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประจำปีการศึกษา 2566 โรงเรียนชุมชนยอดแก่ง สงเคราะห์ ตำบลยอดแก่ง อำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รับ ประกาศนียบัตรรับรองการเข้าอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์เบื้องต้น ซึ่งผ่านการอบรมแบบออนไลน์ โดยกระทรวง การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ได้มอบประกาศนียบัตรให้เมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2566 ผู้วิจัยใคร่ขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Insiri, S., Tannin, S., Thongsomnuk, I., & Neammalai, P. (2022). The development of the open approach learning management plan to improve the mathematical achievement learning on the topic of two-dimensional and three-dimensional geometry shapes using GeoGebra program for the First Grade students of Khoa Yoi Wittaya School. *Suan Sunandha Rajabhat University*, 6(2), 14-24. (in Thai)
- Kanachan, J., Kaewkhamson, K., Nongharnpituk, P., & Khansila, P. (2020). A study of learning achievement in the applications of derivative topic for Grade-12 students taught by incorporating GeoGebra program into mathematics problem-solving based on Polya's method. *Journal of Science & Science Education*, 3(1), 73-83. (in Thai)
- Khamplare, P., Kamplar, E., Jansangkrajang, K., Suwansri, J., & Prasatpinyo, K. (2020). Apply the GeoGebra program to supplement learning activities by Polya method on applications of integrals. *Academic Journal of Management Technology*, 1(1), 80-89. (in Thai)
- Khaokunchon, R., Saensri, O., Khansila, P., & Nongharnpituk, P. (2020). Development of the mathematics learning achievement in solving of derivative problems topic for Grade-12 students base on CIPPA model emphasizing Polya's problem solving processes. *Journal of Science & Science Education*, 3(2), 116-124. (in Thai)
- Khongpinit, R., Phattarachaleekul, M., & Chiangpradit, M. (2021). Development of mathematics learning activities base on Polya's method with GeoGebra program to enhance mathematical problem solving on rectangles for Prathomsuksa 4 students. *Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University*, 18(3), 215-226. (in Thai)
- Ministry of Education. (2017). *Indicators and core learning content for the mathematics learning group*. Author. (in Thai)
- Polya. (1973). *How to solve it*. Princeton University.
- Phursion, S. (2023). The development of math skills exercise on graphs of quadratic functions using GPAS 5 steps with techniques KWDL promoting mathematics communication abilities for the Ninth Grade students of Muangphonpittayakom School. *Journal of Buddhist Philosophy Evolved*, 7(2), 219-230. (in Thai)
- Samang, W., Thongjua, P., & Jitgaroon, P. (2017). The development of mathematics ability in word problems solving by learning management based on Polya method of Prathomsuka 6 students. *Humanities and Social Sciences Journal of Graduate School, Pibulsongkram Rajabhat University*, 11(1), 52-61. (in Thai)

-
- Sichiangha, A., Soijit, P., & Chansaengkrachang, K. (2021). Development of learning activities for mathematical problem-solving through GeoGebra program with problem-based learning activities. *Journal of MCU Nakhondhat*, 8(8), 31-42. (in Thai)
- Sriha, W., Khansila, P., & Thienyutthakul, S. (2023). The effect of using GeoGebra program in process learning on Surface Area and volume of Eighth-Grade students. *Journal of Academic Surindra Rajabhat*, 1(4), 1-13. (in Thai)
- Suranna, M., Khansila, P., & Nongharnpituk, P. (2023). The development of problem-solving ability on addition and subtraction of Grade-4 students using Polya's problem solving process with Bar model. *Journal of Science & Science Education*, 6(2), 269-279. (in Thai)
- Wattananat, N., & Panawong, C. (2023). The development of learning activities by Polya's with socratic questioning techniques to enhance mathematical problem solving skills on the topic of percentage for Grade 7 students. *Journal of Modern Learning Development*, 8(12), 103-120. (in Thai)
- Worasan, P., & Tunaphan, M. (2018). Development of mathematics learning activities by using GeoGebra program on polynomial factorization for Mathayomsuksa three students. *Journal of Education*, 29(1), 60-71. (in Thai)
- Worasarn, J., Nongharnpituk, P., & Khansila, P. (2019). Development of learning activities emphasizing mathematical processes using GeoGebra program on system of linear equations with two variables topic for Grade-9 students. *Journal of Science and Science Education*, 2(1), 34-42. (in Thai)



แบบฟอร์มใบนำเสนอบทความวารสารศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. ชื่อ-สกุลเจ้าของบทความ หรือผู้แทนส่งบทความ.....

☐ บุคคลภายในสถาบัน บุคลากรภายใน สจล.

หน่วยงาน.....คณะ.....

☐ บุคคลภายนอกสถาบัน

บุคลากรภายนอก (บุคคลทั่วไป)

สังกัดหน่วยงาน.....ตำแหน่ง.....

☐ นักศึกษาระดับ ☐ ป.ตรี / ☐ ป.โท / ☐ ป.เอก (ที่เป็นนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

ชื่อหลักสูตร.....ภาควิชา.....

☐ นักศึกษาระดับ ☐ ป.ตรี / ☐ ป.โท / ☐ ป.เอก (ที่ไม่ใช่นักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

สาขาวิชา.....ภาควิชา.....ชื่อสถานศึกษา.....

2. ประเภทบทความถูกห้หน้าข้อสี่เหลี่ยม ☐ บทความวิจัย ☐ บทความวิชาการ

3. ชื่อบทความ ☐ ภาษาไทย.....

ชื่อบทความ ☐ ภาษาอังกฤษ.....

4. ลายมือชื่อ/สกุล ผู้เขียนบทความ และผู้เขียนร่วม ยินยอนำส่งบทความ (ใส่ชื่อผู้เขียนได้ตามจำนวนต้องการ) เพิ่มช่องผู้เขียนร่วมได้ไม่กำหนด

(กรุณาลายมือชื่อและลายเซ็นของผู้เขียนร่วมครบทุกท่าน กรณีเป็นนักศึกษาให้เขียนดังนี้ (หมายเลข ๑ ผู้เขียนบทความหรือชื่อนักศึกษา) (หมายเลข ๒ ๓ ๔ ๕ ลงนามผู้เขียนร่วมทุกท่าน)

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย ตัวบรรจง)	ลายเซ็น	โทรศัพท์	ชื่อย่อหน่วยงาน	E-mail
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

5. การรับรองบทความ (รับรองโดยผู้เชี่ยวชาญภาษาอังกฤษ / เจ้าของภาษา / อาจารย์ที่สอนภาษาอังกฤษ) (ไม่ใช่อาจารย์ที่ปรึกษา)

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง (ภาษาอังกฤษ)
ทั้งนี้ได้ลงนามไว้เป็นหลักฐาน (เจ้าของภาษาหรืออาจารย์ที่สอนภาษาเป็นผู้ลงนาม)
(ชื่อ-สกุล).....(เขียนหรือพิมพ์ให้ชัดเจน)
(คุณวุฒิที่จบการศึกษา).....(เขียนตัวบรรจงให้ชัดเจน)
(หน่วยงานที่สังกัด/อาชีพ).....
.....
(เบอร์โทร).....
(วัน / เดือน / ปี) ที่ตรวจบทความ.....
☒ ยืนยันให้ตรวจสอบผู้รับรองความถูกต้องภาษาอังกฤษ

ผู้เขียนบทความได้ตรวจสอบความถูกต้องการเขียนแล้วดังนี้ (ภาษาไทย)

☐ การสะกดคำตามหลักไวยากรณ์
☐ การเขียนอ้างอิงถูกต้อง (ตามแบบฟอร์มการเขียนของวารสารศาสตร์)
ข้าพเจ้าขอรับรองว่าได้ตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยแล้ว
ทั้งนี้ได้ลงนามไว้เป็นหลักฐาน
(ชื่อ-สกุล).....(เขียนหรือพิมพ์ให้ชัดเจน)
ผู้ส่งบทความ

6. กรณีเป็นบทความวิจัย ท่านได้รับทุนวิจัยจากหน่วยงานใด.....

7. การรับรองบทความ

☐ ขอรับรองว่าบทความต้นฉบับนี้ยังมิเคยได้รับการเผยแพร่และตีพิมพ์ที่ไหนมาก่อน

☐ ขอรับรองว่าบทความต้นฉบับนี้เคยได้รับการเผยแพร่และตีพิมพ์ที่อื่นแล้วคิดเป็น.....

ชื่อสิ่งตีพิมพ์.....ปีที่.....ฉบับที่.....เล่มที่.....เดือน.....ปี.....

8. แบบฟอร์มนำเสนอฉบับนี้ ข้าพเจ้าได้แนบเอกสารและได้ส่งบทความตามรายการต่อไปนี้ครบถ้วนแล้ว

☐ บทความฉบับสมบูรณ์ ส่งเข้าทางระบบ เว็บไซต์ : <http://www.tci-thaijo.org/index.php/JIE>

ขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....เจ้าของบทความหรือผู้แทนส่งบทความ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

หมายเหตุ 1. กรอกแบบฟอร์มนำเสนอบทความวารสารศาสตร์อุตสาหกรรมให้ถูกต้องสมบูรณ์ตามที่กำหนด

2. ในกรณีผู้ส่งบทความปลอมแปลงเอกสารใด ๆ และทำการคัดลอกผลงานวิชาการ กองบรรณาธิการจะแจ้งหนังสือเรียนถึงต้นสังกัดสถานศึกษาปฏิเสธการตีพิมพ์บทความของผู้ส่งบทความตลอดไป

ในกรณีไม่ดำเนินการให้ถูกต้อง กองบรรณาธิการวารสารศาสตร์อุตสาหกรรม จะไม่รับพิจารณาบทความและไม่ดำเนินการใด ๆ ทั้งสิ้น

(ข้อมูลใบนำเสนอ ใช้ 1 ใบเท่านั้น)

ระบุประเภทบทความ (ภาษาอังกฤษ)

ชื่อเรื่องภาษาไทย (ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 ตัวหนา) ตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ (ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 15 ตัวหนา) ตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 15

ชื่อผู้เขียน* ชื่อผู้เขียนร่วม ขนาดตัวอักษร 13 ตัวหนา (ภาษาไทย)

ชื่อผู้เขียน* ชื่อผู้เขียนร่วม ขนาดตัวอักษร 13 ตัวหนา (ภาษาอังกฤษ)

E-mail: (ระบุทุกคน)

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 15

หน่วยงานที่สังกัด (ภาษาไทย)

หน่วยงานที่สังกัด (ภาษาอังกฤษ)

Journal of Industrial Education. 2024, Vol.....(No.....) DOI: 10.55003/JIE.....(กองบรรณาธิการจะดำเนินการใส่ให้เมื่อตีพิมพ์)

Received: | Revised: | Accepted: (กองบรรณาธิการจะดำเนินการใส่ให้เมื่อตีพิมพ์)

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 15 ตัวปกติ

ABSTRACT (ขนาดตัวอักษร 16)

เนื้อหาบทคัดย่อภาษาอังกฤษ (เนื้อหา ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ)

Keywords (ให้ใช้เครื่องหมายคอมม่าคั่นระหว่างคำ ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ คั่นด้วยเครื่องหมาย ,)

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 10 ตัวปกติ

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 15 ตัวปกติ

บทคัดย่อ (ขนาดตัวอักษร 16)

เนื้อหาบทคัดย่อภาษาไทย (เนื้อหา ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ)

คำสำคัญ: (ให้ใช้เครื่องหมายคอมม่าคั่นระหว่างคำ ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ คั่นด้วยเครื่องหมาย , แต่ละคำเคาะวรรค 2 ครั้ง)

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 15 ตัวปกติ

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ

เคาะ 1 (เคาะ ตัวอักษร).....(เนื้อหา ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ)

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย สรุปและอภิปรายผลการวิจัย (ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา)

(เคาะ 5 ตัวอักษร).....(เนื้อหา ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ)

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ

*Corresponding author E-mail:

ISSN: 2985-1890 (Online)

3. รูปแบบการจัดตารางและรูปภาพ (ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา)

- 3.1 ตาราง (คำบรรยาย รายละเอียดในตาราง ใช้ตัวอักษรขนาด 12 ตัวหนา)
(หัวข้อในตารางตัวหนา) (ให้สร้างตารางในคอลัมน์เท่านั้น) (ตารางแบบเปิด)

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 5 ตัวปกติ

ตารางที่ 1 (ชื่อตาราง ขนาดตัวอักษร 12 ตัวอักษร)

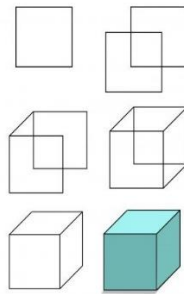
หัวข้อ (ใช้ตัวอักษรขนาด 12 ตัวหนา)	หัวข้อ	หัวข้อ	หัวข้อ	หัวข้อ
เนื้อหา (ขนาดตัวอักษร 12 ตัวปกติ)	เนื้อหา	เนื้อหา	เนื้อหา	เนื้อหา
เนื้อหา	เนื้อหา	เนื้อหา	เนื้อหา	เนื้อหา

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 3 ตัวปกติ

คำอธิบายจากตาราง.....(ขนาดตัวอักษร 14)

3.2 รูปภาพ (ขนาดตัวอักษร 14 ตัวหนา)

คำว่า “รูปที่” ใช้ตัวหนา ขนาดอักษร 13 ถ้ามีตัวอักษรในรูปใช้ขนาดอักษร 12 และต้องชัดเจน



รูปที่ 1 (ตัวอักษร ขนาด 13 ตัวปกติ จัดกึ่งกลางหน้า)

4. หัวข้อใหญ่ ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา

4.1 หัวข้อย่อย (ขนาดตัวอักษร 14 ตัวหนา)

(เคาะ 6 ตัวอักษร).....(เนื้อหา ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ)

4.2 หัวข้อย่อย (ขนาดตัวอักษร 14 ตัวหนา)

(เคาะ 6 ตัวอักษร).....(เนื้อหา ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ)

(ระหว่างหัวข้อไม่ต้องเว้นวรรค)

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ

5. ข้อเสนอแนะ (ถ้ามี)

กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) (ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา)

(เคาะ 6 ตัวอักษร).....(เนื้อหา ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ)

เว้น 1 บรรทัด ขนาดตัวอักษร 14 ตัวปกติ

เอกสารอ้างอิง (ขนาดอักษร 16 ตัวหนา)

คู่มือการเขียนอ้างอิงวารสารศาสตร์อุตสาหกรรมที่หน้าเว็บไซต์

คำแนะนำในการเตรียมบทความเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. หัวข้อหลักบทความวิจัย

ส่วนที่ 1 ประกอบด้วย

1. ชื่อบทความ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

สั้นกะทัดรัดให้แสดงชี้ถึงเป้าหมายหลักของการวิจัย

2. ชื่อผู้เขียนบทความ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

ชื่อผู้เขียนหลักและผู้เขียนร่วม ระบุชื่อและนามสกุลโดยไม่ต้องมีคำนำหน้านาม ทำตัวเลขไว้หลังชื่อ
กรณีอยู่คนละสังกัดหน่วยงาน (เขียนข้อมูลอีเมลของผู้รับผิดชอบบทความหลัก และหน่วยงานใส่ข้างล่างหน้าแรก)

3. ABSTRACT บทคัดย่อ ภาษาอังกฤษและภาษาไทย

เขียนแบบย่อหน้าเดียว สั้นตรงประเด็น (ไม่นำเสนอวัตถุประสงค์)ให้นำเสนอสิ่งที่ค้นพบวิธีการวิจัยที่ปรับปรุง/ใหม่
ผลการวิจัยโดยสรุป เพื่อให้ผู้อ่านเห็นข้อมูลสำคัญของการวิจัย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ และภาษาไทยต้องมีคำตั้งแต่ 250 คำ และไม่เกิน 300 คำ

4. Keywords คำสำคัญ ภาษาอังกฤษและภาษาไทย

เลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความอย่างน้อย 3 คำขึ้นไป ไม่เกิน 5 คำ

แต่ละคำคั่นด้วยเครื่องหมาย , เว้นวรรค 2 เคาะ

ส่วนที่ 2 เนื้อหาประกอบด้วย

1. บทนำ ประกอบด้วย 4 ย่อหน้า

ย่อหน้าที่ 1 ความสำคัญและมูลเหตุที่นำไปสู่การวิจัยผู้นำเสนอผลงาน ควรสั้นตรงประเด็น

ย่อหน้าที่ 2 วิธีการวิจัยเก่า/ปัจจุบัน ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ควรสั้นตรงประเด็น

ย่อหน้าที่ 3 วิธีการวิจัย เก่า/ปัจจุบัน/ใหม่ ที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ควรสั้นตรงประเด็น

ย่อหน้าที่ 4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อให้เห็นภาพรวมทั้งฉบับ (ไม่เขียนเป็นข้อ ๆ) ให้เขียนแบบบรรยาย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประกอบด้วย 2 ย่อหน้า

ย่อหน้าที่ 1 ข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่ผ่านมามาจนถึงปัจจุบัน และใช้ในการอ้างอิงในการวิจัยครั้งนี้

ย่อหน้าที่ 2 ข้อมูลงานวิจัย สมมุติฐานการวิจัย ที่นำมาใช้หรือพัฒนาในการวิจัยครั้งนี้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

แนวความคิดในการวิจัย ขอบเขตการวิจัย ขั้นตอนการวิจัย ควรสั้นตรงประเด็นเนื้อหา ประกอบไปด้วยรูป และ
หรือตาราง ที่เกี่ยวข้อง

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนและการเตรียมบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม

4. ผลการวิจัย

แสดงผลการวิจัยที่พบอย่างชัดเจนสมบูรณ์ แสดงผลการวิจัยในรูปแบบตารางเป็นหลัก ทั้งนี้อาจประกอบด้วยรูปภาพ และมีข้อมูลรายละเอียดครบถ้วน

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย *ทำเป็นสองย่อหน้าเท่านั้น*

ย่อหน้าที่ 1 คือ สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยที่ได้จากผลการวิจัย โดยไม่ต้องมีหัวข้อย่อย หรือเขียนเป็นข้อ ๆ

ย่อหน้าที่ 2 คือ อภิปรายผลการวิจัย

อธิบายผลการวิจัยที่เกิดขึ้นตามข้อสังเกต และการเปรียบเทียบพร้อมอ้างอิงจากงานวิจัยอื่น ๆ

โดยไม่ต้องมีหัวข้อย่อย หรือเขียนเป็นข้อ ๆ

6. ข้อเสนอแนะ (ถ้ามี)

เสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับผลการวิจัย ควรสั้นตรงประเด็น

เขียนเป็นหนึ่งย่อหน้าเท่านั้น และไม่ต้องมีหัวข้อย่อยหรือเขียนเป็นข้อ ๆ

กิตติกรรมประกาศ

ไม่ต้องใส่หมายเลขกำกับหน้าหัวข้อ ใช้ตัวอักษรขนาดเดียวกัน

วิธีการเขียน (เรียงความแบบย่อหน้าเดียว)

- ในกรณีบทความที่มีการวิจัยในมนุษย์ ใส่ข้อมูลการรับรอง หรือการผ่านการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง **พร้อมระบุวันที่** (ไม่เกิน 2 ปี) ใบรับรองการเข้าอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
- ไม่กล่าวขอบคุณบุคคลที่เป็นผู้มีส่วนช่วยร่วมเขียนในบทความ และไม่ควรจะกล่าวถึงอาจารย์ที่ปรึกษา การกล่าวคำขอบคุณต้องเป็นบุคคลอื่นที่ไม่มีในรายชื่อผู้เขียนเท่านั้น

ส่วนที่ 3 อ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

ไม่ต้องใส่หมายเลขกำกับหน้าหัวข้อ ใช้รูปแบบการอ้างอิงแบบ **APA 7th** (ดูในหน้าเว็บไซต์เท่านั้น) ตามแบบที่วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรมกำหนดอย่างเคร่งครัด ควรใช้รายการเอกสารอ้างอิงไม่น้อยกว่า 7 รายการ (ยกเว้นเป็นเรื่องใหม่ ๆ เท่านั้น) และเขียนรายการเอกสารอ้างอิงท้ายบทความให้เขียนเฉพาะเอกสารที่นำมาอ้างอิงในเนื้อหาเท่านั้น

****ทั้งนี้ผู้เขียนบทความต้องรับผิดชอบความถูกต้องของเอกสารที่นำมาอ้างอิงทั้งหมด****

2. รูปแบบการพิมพ์

1. รูปแบบการพิมพ์

การตั้งค่าหน้ากระดาษ จำนวนหน้าทั้งหมด 6 - 15 หน้า (ไม่เกิน 15 หน้า)

- รูปแบบตัวอักษร แบบตัวอักษรใช้ Th SarabunPSK เท่านั้น
- ระยะขอบ

ด้านบน (Top) และด้านล่าง (Bottom)	1 นิ้ว
ด้านซ้าย (Left) และด้านขวา (Right)	1 นิ้ว
หัวกระดาษและท้ายกระดาษ	1 นิ้ว
ระยะห่างระหว่างบรรทัด (Line spacing)	0.8 นิ้ว

2. ชื่อเรื่องบทความ

ชื่อภาษาอังกฤษใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด (ขนาด 16 ตัวหนา)

3. ชื่อผู้เขียนหลักและผู้เขียนร่วม

ชื่อผู้แต่งขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ และตามด้วยตัวพิมพ์เล็ก

ใส่ชื่อครบทุกชื่อ ระบุผู้รับผิดชอบบทความ พร้อมอีเมล (ขนาด 13 ตัวหนา)

4. บทคัดย่อ (ABSTRACT)

บทคัดย่อ (ABSTRACT) ใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวหนา จัดตรงกลางบทความ คำว่า **ABSTRACT**

ให้ใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ตัวหนา และเนื้อความใช้อักษร ขนาด 14 ตัวปกติ จัดพิมพ์ 1 คอลัมน์ เขียนย่อหน้าเดียว

5. คำสำคัญ (Keywords): ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ คั่นด้วยเครื่องหมาย , แต่ละคำเคาะวรรค 2 ครั้ง

ตัวอย่างเช่น

คำสำคัญ: ภูมิปัญญาพื้นบ้าน, หัตถกรรมไม้ตาล, ภูมิปัญญาพื้นบ้านด้านการผลิต, การพัฒนาเชิงพาณิชย์

(Keywords): Folk wisdom, Tan wood handicrafts, Folk wisdom of production, Commercial development

6. ส่วนของเนื้อหา

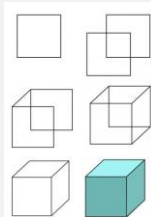
ส่วนของเนื้อหาให้จัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ หัวข้อใหญ่ใช้ตัวอักษร 16 ตัวหนา หัวข้อย่อย

ขนาดอักษร 14 ตัวหนา เนื้อความใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ โดยเคาะ 5 ครั้ง

7. รูปภาพ และตาราง

ภาพประกอบต้องเป็นภาพที่มีความคมชัด ความสูงของภาพต้องไม่น้อยกว่า 6 ซม.

7.1 ไม่ใส่กรอบ คำว่า “รูปที่” ใช้ตัวหนา ขนาดอักษร 13 ถ้ามีตัวอักษรในรูปใช้ขนาดอักษร 12 และต้องชัดเจน



รูปที่ 1(ตัวอักษร ขนาด 13 ตัวปกติ จัดกึ่งกลางหน้า)

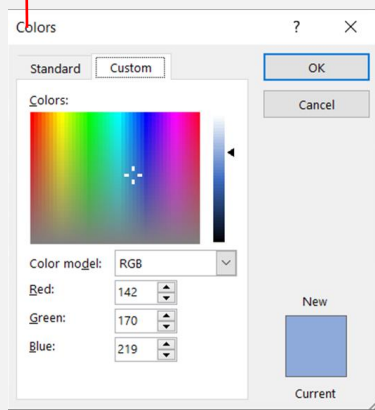
หมายเหตุ ต้องมีการอ้างอิงแหล่งที่มาของรูปภาพ ถ้ารูปภาพนั้นมีลิขสิทธิ์

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนและการเตรียมบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรม

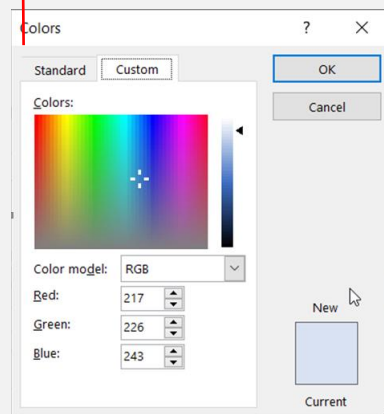
- 7.2 ก่อนแทรกข้อมูลตารางให้เว้น 1 บรรทัด และหลังจากแทรกตารางให้เว้น 1 บรรทัดก่อนพิมพ์คำบรรยายท้ายตาราง
- 7.3 คำว่า “ตารางที่ ...” ตัวหนา ให้พิมพ์ชิดขอบกระดาษด้านซ้ายสุด โดยใช้ตัวอักษรขนาด 12 ตัวหนา
- 7.4 ชื่อตาราง ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 12 ปกติ และถ้าหากคำบรรยายยาวเกินกว่า 1 บรรทัด ให้พิมพ์ตัวอักษรตัวแรกของบรรทัดที่สอง หรือบรรทัดถัดไป ให้ตรงกับตัวอักษรตัวแรกของชื่อตารางในบรรทัดที่หนึ่ง
- 7.5 ให้สร้างตารางในตัวอย่างบทความนั้น ไม่สามารถสำเนาเป็นรูปภาพหรือตารางจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ
- 7.6 ให้ใช้รูปแบบตารางแบบเปิดซ้าย-ขวา และใช้สีพื้นตามรหัสสีที่กำหนดให้เท่านั้น

ตารางที่ 1 (ชื่อตาราง ขนาดตัวอักษร 12 ตัวอักษร)

หัวข้อ ขนาดตัวอักษร 12	หัวข้อ	หัวข้อ	หัวข้อ	หัวข้อ
เนื้อหา	เนื้อหา	เนื้อหา	เนื้อหา	เนื้อหา
เนื้อหา	เนื้อหา	เนื้อหา	เนื้อหา	เนื้อหา



ตัวเลขระบุสีหัวข้อตาราง บรรทัดที่ 1



ตัวเลขระบุสีในส่วนของตาราง เริ่มบรรทัดที่ 2

8. ผลการวิจัย ตัวหนา หัวข้อขนาดตัวอักษร 16

จัดชิดซ้ายคอลัมน์ เนื้อความ โดยให้บรรทัดแรกของย่อหน้าเยื้อง 4 ตัวอักษร (เนื้อหาขนาดอักษร 14 ตัวปกติ)

9. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย ตัวหนา หัวข้อขนาดตัวอักษร 16

จัดชิดซ้ายคอลัมน์ เนื้อความ โดยให้บรรทัดแรกของย่อหน้าเยื้อง 4 ตัวอักษร (ขนาดตัวอักษรเนื้อหา 14 ตัวปกติ)

10. ข้อเสนอแนะ ตัวหนา หัวข้อขนาดตัวอักษร 16

ไม่ต้องใส่หมายเลขกำกับหน้าหัวข้อ (ขนาดตัวอักษรเนื้อหา 14 ตัวปกติ)

11. กิตติกรรมประกาศ ตัวหนา หัวข้อขนาดตัวอักษร 16

ไม่ต้องใส่หมายเลขกำกับหน้าหัวข้อ (ขนาดตัวอักษรเนื้อหา 14 ตัวปกติ)

12. การเขียนรายการเอกสารอ้างอิงท้ายบทความ (เอกสารอ้างอิง) ตัวหนา ไม่ต้องมีเลขกำกับหน้าคำว่า

เอกสารอ้างอิง หัวข้อขนาดตัวอักษร 16 (ขนาดตัวอักษรเนื้อหา 14 ตัวปกติ)

13. การพิมพ์ตัวเอ็กบาร์

- กำหนดใช้เอ็กบาร์ที่กำหนดเท่านั้น $\bar{X}$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น SD
- การเขียน เว้นวรรค ตามตัวอย่าง ($\bar{X} = 4.14$, SD = 0.73)

14. การพิมพ์ตาราง (กรณีขึ้นตารางใหม่ ในหน้าถัดไป) ดังตัวอย่าง

ตารางที่ 1 พฤติกรรม สติการเรียนรู้ และกลวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมของแต่ละบุคลิกภาพ

กระบวนการคิด	กลุ่มรับรู้สิ่งเร้าภายนอก (Extraversion)	กลุ่มรับรู้สิ่งเร้าภายใน (Introversion)
1. การรับรู้ด้วย รายละเอียด (Sensing)	Extraverted sensing (Se) พฤติกรรม : รับรู้สิ่งเร้าภายนอกด้วยรายละเอียด สติการเรียนรู้ : เรียนรู้ผ่านชุดประสบการณ์ เช่น การสังเกต การลงมือ ทำที่มีรายละเอียดและแปลกใหม่	Introverted sensing (Si) พฤติกรรม : รับรู้สิ่งเร้าภายใน เช่น ความทรงจำ ประสบการณ์ ซึ่งมีรายละเอียดเสมือนจริง สติการเรียนรู้ : เรียนรู้ผ่านข้อมูลที่มีรายละเอียด เปรียบเทียบกับประสบการณ์ในอดีต เชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับ ความรู้ใหม่ได้ดี

ตารางที่ 1 (ต่อ) พฤติกรรม สติการเรียนรู้ และกลวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมของแต่ละบุคลิกภาพ

กระบวนการคิด	กลุ่มรับรู้สิ่งเร้าภายนอก (Extraversion)	กลุ่มรับรู้สิ่งเร้าภายใน (Introversion)

15. หลักการเขียนภาษาอังกฤษในบทความ เขียนแบบ APA

1. การเขียนคำทั่วไป หรือ ชื่อเฉพาะ เช่น Google Sheets, Microsoft Teams, และ PowerPoint เป็นต้น
ขึ้นต้นอักษรแรกด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ หลังจากนั้นใช้ตัวพิมพ์เล็กทั้งหมด

ตัวอย่าง (Concept generation and selection), Computer assisted instruction

ยกเว้น คำที่มีคำย่อต่อท้าย เช่น (Computer Assisted Instruction: CAI),

Computer Assisted Instruction (CAI)

หมายเหตุ ในตัวเนื้อหาบทความ หลังจากใช้คำย่อ CAI แล้ว ห้ามใช้คำเต็ม Computer Assisted Instruction
อีก ให้ใช้เฉพาะคำย่อ CAI เท่านั้น

การเตรียมต้นฉบับ / การส่งต้นฉบับบทความ การส่งต้นฉบับบทความ เพื่อให้กระบวนการพิจารณาบทความ และการดำเนินการจัดพิมพ์วารสารเป็นไปอย่างเรียบร้อย รวดเร็ว และถูกต้อง จึงจำเป็นต้องให้ผู้เขียนบทความปฏิบัติตามข้อกำหนดอย่างเคร่งครัดดังนี้	
1.	กำหนดให้พิมพ์ผลงานทางวิชาการด้วยกระดาษ A4 พิมพ์หน้าเดียว จำนวน 6-15 หน้า แบบคอลัมน์เดียว โดยจัดพิมพ์ด้วย ** Microsoft Word (.doc หรือ .docx) ** โดยใช้ชนิดและขนาดของตัวอักษรตามที่กำหนดเพื่อให้การดำเนินการจัดพิมพ์บทความเป็นไปอย่างเรียบร้อยรวดเร็ว และถูกต้อง จึงจำเป็นต้องให้ผู้เขียนบทความปฏิบัติตามรายละเอียดที่กำหนดให้อย่างเคร่งครัด
2.	โดยมีรายละเอียดเอกสารและไฟล์บทความส่งเข้าระบบมีดังนี้ (https://www.tci-thaijo.org/index.php/JIE/index) การเตรียมเอกสาร/การส่งต้นฉบับบทความวารสารศาสตร์อุตสาหกรรม เอกสารที่ 1 ใบบนส่งบทความ พิมพ์และลงนามชื่อผู้เขียนร่วมให้ละเอียด ส่งในรูปแบบไฟล์ PDF 1 ไฟล์ เอกสารที่ 2 ไฟล์บทความ (ฉบับมีชื่อ และต้นสังกัด ตามแบบฟอร์ม) ส่งในรูปแบบไฟล์ WORD 1 ไฟล์ เลือกเป็น Article Text เอกสารที่ 3 ในกรณีบทความที่มีการวิจัยในมนุษย์ให้จัดส่งใบผ่านการอบรมจริยธรรม หรือ เอกสารรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (ผู้ใดผู้หนึ่งที่ร่วมงานวิจัย) ส่งในรูปแบบไฟล์ PDF หรือไฟล์รูปภาพ
3.	บทความต้องมีความชัดเจนทั้งเนื้อหาและรูปภาพประกอบบทความ
4.	บทความที่ตีพิมพ์ต้องไม่เคยตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
5.	ต้นฉบับบทความที่ส่งมาให้ผู้เขียนบทความตรวจสอบความถูกต้องของตัวสะกด และรูปแบบการจัดพิมพ์บทความให้ถูกต้องตามที่กำหนด
6.	กรอกแบบฟอร์มนำส่งบทความวารสารศาสตร์อุตสาหกรรมให้ครบถ้วนตามที่กำหนด พร้อมทั้งลงนามผู้เขียนทุกคน
7.	ต้นฉบับบทความจะต้องเป็นบทความที่จัดรูปแบบได้ถูกต้องตามที่กำหนดเท่านั้น หากบทความที่ส่งมาไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด กองบรรณาธิการจะไม่ดำเนินการใด ๆ ในขั้นตอนต่อไป
8.	การจัดส่งบทความต้นฉบับให้ส่งทางเว็บไซต์วารสารศาสตร์อุตสาหกรรมเท่านั้น โดยเข้าสู่ URL http://www.tci-thaijo.org/index.php/JIE (มีคู่มือวิธีใช้ทางเว็บไซต์)
9.	การเขียนชื่อและสังกัดผู้เขียนเป็นภาษาอังกฤษและภาษาไทย ขนาดตัวอักษร 13 (หน้าที่ 1 ของบทความเท่านั้น)

ตัวอย่างการเขียน

ต้นสังกัด 1 ท่าน

Book review

การออกแบบบทเรียน e-Learning เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง

DESIGNING ON E-LEARNING LESSONS FOR DEVELOPING IN HIGHER-ORDER
THINKING SKILLS

ผู้เขียน : ผศ.ดร.ศยามน อินสอาด

วิจารณ์โดย นรเสฏฐ์ วิชัยพาณิชย์

Noraset Wichaipanich

E-mail: noraset_w@rmutt.ac.th

*Corresponding author E-mail: noraset_w@rmutt.ac.th

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

จังหวัดปทุมธานี 12110 ประเทศไทย

Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12110 Thailand

ตัวอย่างการเขียนคนละต้นสังกัด

Research article

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และการพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียน

ด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด

STUDY OF PHYSICAL PROPERTIES MECHANICAL PROPERTIES AND THE DEVELOPMENT OF
PARTICLEBOARD FROM DURIAN PEEL USING A COMPRESSION MOLDING PROCESS

จุฑาทิพย์ นามวงษ์¹ เข็มชาติ เขยชม^{1*} นฤมล เลิศคำฟู² และสุรพงษ์ ปัญญาหา²

Juthathip Namwong¹, Kemchart Cheycom^{2*}, Narumon Lertcumfu³, and Surapong Panyata⁴

E-mail: juthathip.n@rbru.ac.th, kemchart.c@rbru.ac.th, narumon.l@rbru.ac.th, and surapong.p@rbru.ac.th

*Corresponding author E-mail: kemchart.c@rbru.ac.th

¹สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000 ประเทศไทย

Department of Industrial Art, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University,
Chanthaburi 22000 Thailand

²สาขาเทคโนโลยีอัญมณีและเครื่องประดับ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จังหวัดจันทบุรี 22000 ประเทศไทย

Department of Gems and Jewelry Technology, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat
University, Chanthaburi 22000 Thailand

ติดต่อสอบถามโดยตรงที่

นางจันทน์ ทรัพย์แสนดี ผู้ช่วยบรรณาธิการวารสารศาสตร์อุตสาหกรรม

โทรศัพท์มือถือ 08 6349 6020

โทรสาร 0 2329 8435

ที่อยู่

งานวารสารวิชาการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 ประเทศไทย

เว็บไซต์: <https://www.tci-thaijo.org/index.php/JIE/index>

E-mail: Journal.ided@kmitl.ac.th

QR code: วารสารศาสตร์อุตสาหกรรม



JIE

JOURNAL OF INDUSTRIAL EDUCATION

— วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม —



🌐 www.siet.kmitl.ac.th | www.tci-thaijo.org/index.php/JIE

✉ journal.ided@kmitl.ac.th ☎ 02 329 8000 ext. 3723

1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520