วารสารวิชาการ ISSN: 3027-8090 (Online)

นวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

Academic Journal of Industrial Technology Innovation

ปีที่ 3 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2568 Vol. 3 No. 3 September - December 2025

วารสารวิชาการกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
Doctor of Philosophy Program in Innovation of Industrial Technology and Faculty of Industrial Technology
Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

วารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
Academic Journal of Industrial Technology Innovation, Doctor of Philosophy Program in Innovation of Industrial Technology and Faculty of Industrial Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

ปีที่ 3 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2568, Vol. 3 No. 3 September - December 2025, ISSN: 2822-1125 (Print), ISSN: 3027-8090 (Online)

เจ้าของ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

บรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิศันย์ ศิริพันธ์

วัตถุประสงค์

วารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เป็นวารสารวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเป็นสื่อกลางเผยแพร่ผลงานวิชาการ ผลงานวิจัยของบุคลากร วิทยานิพนธ์ ดุษฎีนิพนธ์ ของนักศึกษา คณาจารย์ บุคลากร นักวิชาการ ตลอดจนผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอก โดยมุ่งเน้นเผยแพร่บทความวิชาการทางด้านนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

คณะที่ปรึกษา

นายกสภามหาวิทยาลัย	ที่ปรึกษา
อธิการบดีมหาวิทยาลัย	ที่ปรึกษา
รองอธิการบดี (ฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการศึกษา)	ที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย แก้วดี	ที่ปรึกษา

นโยบาย

1. สนับสนุนการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการของสถาบันการศึกษา บุคลากรในมหาวิทยาลัย นักศึกษา นักวิจัย และบุคคลทั่วไป
2. สนับสนุนการสร้างความรู้และองค์ความรู้ที่ถูกต้อง การพัฒนานวัตกรรมทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม การศึกษาทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อุตสาหกรรม เทคนิคและอาชีวศึกษา อุตสาหกรรมจากภูมิปัญญาชุมชน การจัดการและบริหารภูมิปัญญาด้านการผลิตเชิงอุตสาหกรรมชุมชนเพื่อก้าวสู่สากล
3. ส่งเสริมธรรมาภิบาลในการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ เช่น การไม่คัดลอกผลงาน การตีพิมพ์ซ้ำซ้อน การปลอมแปลงหรือสร้างข้อมูลอันเป็นเท็จเพื่อประโยชน์ของตนเองและองค์กร

ขอบเขตบทความ

เป็นวารสารที่ครอบคลุมสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บทความมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาทางด้านนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อาทิ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมศึกษา เทคนิคและอาชีวศึกษา อุตสาหกรรมศิลป์ สถาปัตยกรรมและการออกแบบ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยนำเสนอในรูปแบบบทความวิจัย บทความวิชาการ บทความวิจารณ์/บทความปริทัศน์

กระบวนการพิจารณาบทความ

บทความจะผ่านขั้นตอนการประเมินเบื้องต้นถึงคุณภาพและขอบเขตของเนื้อหา ความถูกต้องของรูปแบบการเตรียมบทความ ความซ้ำซ้อน และการคัดลอกวรรณกรรม (Duplication and Plagiarism) โดยกองบรรณาธิการวารสารฯ จากนั้นบทความจะได้รับการประเมินคุณภาพทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิทางสาขาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 3 ท่านซึ่งผู้นิพนธ์ (Author) และผู้ประเมิน (Reviewer) จะไม่ทราบข้อมูลของกันและกัน (Double-Blinded Peer Reviews) โดยบทความที่ผ่านการปรับปรุงตามผลการประเมินจะได้รับพิจารณาอนุมัติให้ตีพิมพ์บทความขั้นตอนสุดท้าย กองบรรณาธิการจะดำเนินการตรวจสอบบทความและพิสูจน์อักษรก่อนที่จะเผยแพร่บทความแบบออนไลน์ และจัดพิมพ์บทความทั้งหมดรวมเล่มเพื่อดำเนินการเผยแพร่ต่อไป

อนึ่งผลงานวิจัยและผลงานทางวิชาการที่ปรากฏเผยแพร่ในวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เป็นความคิดเห็นอิสระของผู้แต่ง โดยผู้แต่งเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความเผยแพร่นั้น ซึ่งกองบรรณาธิการและคณะผู้จัดทำวารสาร ฯ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

ภาษาที่รับตีพิมพ์ : ภาษาไทย หรือ ภาษาอังกฤษ

กำหนดเผยแพร่ : เผยแพร่ปีละ 3 ฉบับ ของทุกปี ดังนี้

ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – เมษายน

ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน พฤษภาคม - สิงหาคม

ฉบับที่ 3 ระหว่างเดือน กันยายน – ธันวาคม

กองบรรณาธิการ ประกอบด้วย

ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันทน์ นิลสุข	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ศาสตราจารย์เกียรติคุณเสริมศักดิ์ นาคบัว	ศิลปินแห่งชาติ สาขาออกแบบอุตสาหกรรม
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ อัครเอกฒาลิน	ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข	สำนักวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล	ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.อัคครัตน์ พูลกระจ่าง	ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.สราวุธ จริตงาม	ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์	ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.กนกทิพย์ บุญเกิด	ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์เรวัต สุขสิกาญจน์	สำนักวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ปณิตา วรรณพิรุณ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ฝ่ายประสานงานและเผยแพร่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระยุทธ สุดสมบูรณ์	สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรรมสันต์ สุวรรณ์โรจน์	สาขาวิชานวัตกรรมคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรมดิจิทัล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนทร ปลื้มสง	สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวัณย์ จินวรรณ	สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและโลจีสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์เทพ วีระพงศ์	สาขาวิชาอุตสาหการและการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตยากร ไทยพันธ์	สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ฝ่ายจัดการ

อาจารย์วัสสา รวยรวย	สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
อาจารย์วิศรุต ช่วยจันทร์	สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ดร.วรากรณ์ สาริขา	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
อาจารย์อัจฉรสิริ อนุมณี	สาขาวิชานวัตกรรมการออกแบบ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
อาจารย์เปมิกา แซ่เตียว	สาขาวิชาอุตสาหการและการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
อาจารย์ชัญญาภัค ไชยพรรณ	สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและจีสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรพรรณ อำนวยศิลป์	สาขาวิชานวัตกรรมคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรมดิจิทัล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
อาจารย์ประภัสสร กุลทอง	สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมอุตสาหกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพล ปานศรีนวล	สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

คณะผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบภาษาอังกฤษ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ใยฟ้า ตระกูลสันติ	สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและจีสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ดร.ธานี จินตสุทธ์ศักดิ์	สาขาวิชานวัตกรรมคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรมดิจิทัล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ดร.ปิสุตา สังข์ศรี	สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมอุตสาหกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ดร.จิราพร สุขกรง	สาขาวิชาภาษาอังกฤษธุรกิจ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณาพร แก้วแกมจันทร์	สาขาวิชาภาษาอังกฤษธุรกิจ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
Asst.Dr. Mohammed Yassin Mohammed Aba Sha’ar	สำนักวิทยบริการ และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ผู้จัดการวารสาร

นางเกวลิน เกื้อสุข	นักวิชาการศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
นายโพธิเศรษฐ์ โพธิ์ปลอด	นักวิชาการโสตทัศนศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
นางสาวชาลิสา พรหมณ์ชู	นักวิเคราะห์นโยบายและแผน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
นางสาวพัชญ์สินี แก้วคงจันทร์	นักวิชาการเงินและบัญชี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
นายศวีระ วิเศษโชค	นักวิชาการโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ปก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย แก้วดี

สำนักงาน 1812 อาคาร 18 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280
โทรศัพท์: 075-377-439 e-mail: technstru.editorjournal@gmail.com

เวปไซด์วารสาร https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/AJITI

พิมพ์ที่ สำนักงานหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 1812 อาคาร 18
เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280
โทรศัพท์บรรณาธิการ: 089-729-2549 e-mail editor: technstru.editorjournal@gmail.com

ข้อกำหนดเฉพาะของวารสาร

1. บทความที่ลงตีพิมพ์ทุกเรื่องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการ โดยผู้ประเมินอิสระหรือพิชญพิจารณ์ (Peer review) ที่มีความเชี่ยวชาญจำนวนบทความละ 3 ท่าน
2. ข้อคิดเห็นใด ๆ ของบทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารวิชชาฉบับนี้เป็นของผู้เขียน คณะผู้จัดทำวารสารไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
3. กองบรรณาธิการวารสารวิชชาไม่ได้สงวนสิทธิ์การคัดลอกแต่ให้อ้างอิงแสดงที่มา

ค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความ :

ไม่มีการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความ ฉบับที่ 1-12 และเก็บค่าธรรมเนียมตั้งแต่ ฉบับที่ 13 เป็นต้นไป บทความละ 3,000 บาท สำหรับบุคลากร/นักศึกษา ในสังกัดมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และ 4,000 บาท สำหรับบุคคลทั่วไป

บทบรรณาธิการ

"วารสารวิชาการนวัตกรรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี" ปัจจุบันเป็นฉบับที่ 3 ของปีที่ 3 โดยเป็นวารสารของหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ซึ่งจัดทำขึ้นเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้นักศึกษา คณาจารย์ บุคลากร นักวิชาการ ตลอดจนผู้สนใจทั้งภายในและภายนอกในการพัฒนางานวิจัย บทความวิชาการ บทความวิจารณ์ และบทความปริทัศน์ ได้มีช่องทางในการนำเสนอความคิด และผลผลิตจากการพัฒนางานวิจัยในระดับสูง สื่อสารผลงานวิชาการสู่ภายนอกอย่างเป็นระบบในช่องทางวิชาการ โดยการจัดทำวารสารมีเป้าหมายสู่การรับรองในกลุ่มภายในประเทศและวางกรอบสูงระดับนานาชาติในอนาคต

ขอบเขตของผลงานในวารสาร "วารสารวิชาการนวัตกรรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี" เน้นเผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการ บทความวิจารณ์ และบทความปริทัศน์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บทความมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องอาทิเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมศึกษา เทคนิคและอาชีวศึกษา อุตสาหกรรมศิลป์ สถาปัตยกรรมและการออกแบบ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เพื่อในกรอบความคิดและการนำเสนอเป็นศาสตร์เดียวกัน โดยมีการจัดพิมพ์ฉบับนี้เป็นบทความวิจัยจำนวน 6 เรื่อง โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความเรื่องละ 3 ท่าน ในศาสตร์ทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมศิลป์ ออกแบบผลิตภัณฑ์ เทคโนโลยีการผลิต และเทคโนโลยีสารสนเทศ

ขอขอบคุณความร่วมมือในการเผยแพร่ผลงานในรูปแบบของวาสารทางวิชาการในครั้งนี้ จากผู้เกี่ยวข้องหลากหลายฝ่าย ผู้สนใจตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการ กองบรรณาธิการ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจประเมินบทความ (Peer reviewers) ทีมงานจัดทำสารสารทุกท่าน บรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นช่องทางใหม่ให้กับทุกคนที่สนใจและเป็นแหล่งสืบค้น เรียนรู้และอ้างอิงให้กับนักศึกษา คณาจารย์ บุคลากร นักวิชาการ ตลอดจนผู้สนใจทั้งภายในและภายนอก เพื่อประโยชน์แก่การพัฒนางานทางวิชาการให้มีคุณภาพต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิศันย์ ศิริพันธ์

บรรณาธิการ

สารบัญ

หน้า

วัตถุประสงค์ (Objectives) A

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
(Editorial Board of The Journal of Industrial Technology) B

บทบรรณาธิการ F

บทความวิจัย

การพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD
DEVELOPMENT OF MOTION GRAPHICS ON PTSD 1-12
จิรฐา อ้วงปิ้น, อรพรรณ อำนวยศิลป์, อรวรรณ แซ่อึ่ง, ธนานันต์ อารีย์พงศ์, ศศิธร อิสโร

การประเมินประสิทธิผลของการบูรณาการ Project-Based Learning ข้ามรายวิชา ภายใต้กรอบ I-MAP ต่อผลการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของนักศึกษา
EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF CROSS-CURRICULAR PROJECT-BASED LEARNING INTEGRATED WITHIN THE I-MAP FRAMEWORK ON STUDENTS' LEARNING OUTCOMES AND ENGAGEMENT 13-27
พงศ์เทพ วีระพงศ์, นราพงศ์ ช่วยชัย, ฉัตรชัย แก้วดี, วีรพล ปานศรีนวล

ความสัมพันธ์ระหว่างความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อโครงร่างกับความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ของการทำงานกับคอมพิวเตอร์ของบุคลากรสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งหนึ่ง
THE RELATIONSHIP BETWEEN MUSCULOSKELETAL DISORDERS AND COMPUTER-RELATED ERGONOMIC RISKS AMONG PERSONNEL AT A PRIVATE HIGHER EDUCATION INSTITUTION 28-37
ภัทรภณ นิลสิงห์, กล้าณรงค์ อินต๊ะวงค์

การพัฒนาเครื่องมือที่มีน้ำหนักเบาสำหรับการห่อและสอยผลไม้
DEVELOPMENT OF LIGHTWEIGHT TOOLS FOR FRUIT WRAPPING AND HARVESTING 38-49
กอบกิจ ชูเมฆ, ภูริณัฐ รัตนไพบูลย์, ทัศนีย์ ทองก้านเหลือง, สายนที จากถิ่น, ภัทราวรรณ คหะวงค์

การศึกษาความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินเพื่อออกแบบระบบประปาตำบล กรณีศึกษาเทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง
THE SUITABILITY STUDY OF SURFACE WATER SOURCES FOR DESIGNING SUB-DISTRICT WATER SUPPLY SYSTEMS: A CASE STUDY OF NONG PHO SUB-DISTRICT MUNICIPALITY, KHUAN KHANUN DISTRICT, PHATTHALUNG PROVINCE 50-64
พันธุ์ทิพย์ ทองเดช, ฉัตรชัย แก้วดี, วีรพล ปานศรีนวล, วีระยุทธ สุดสมบูรณ์

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานโดยบูรณาการหลักอริยสัจ 4 และการออกแบบเชิงกลยุทธ์ (DSNM-PBL) เพื่อเสริมสร้างทักษะการงานอาชีพและเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

DEVELOPMENT OF PROJECT-BASED LEARNING MODEL INTEGRATING THE FOUR NOBLE TRUTHS AND STRATEGIC DESIGN (DSNM-PBL) TO ENHANCE CAREER AND TECHNOLOGY SKILLS FOR LOWER SECONDARY STUDENTS 65-75

วิมลลักษณ์ ศรีกระจ่าง, วัสสา รวยรวย

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ 76-83

จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสาร (Publication Ehtics) 84-85

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและพิจารณาบทความวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและพิจารณาภาษาอังกฤษวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ปีที่ 3 เล่มที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม 2568) 86

แบบประเมินคุณภาพตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับการตีพิมพ์บทความวิจัย/บทความวิชาการวารสารนวัตกรรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิตและคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 87

แบบสรุปผลการประเมินบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารนวัตกรรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิตและคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 88

บทความวิจัย : Research article

การพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD

DEVELOPMENT OF MOTION GRAPHICS ON PTSD

จิรฐา อ้วงปิ้น[1], อรพรรณ อำนวยศิลป์[1*], อรวรรณ แซ่อึ่ง[1], ธนานันต์ อารีย์พงศ์[1], ศศิธร อิสโร[1]

Jiratha Awngpin[1], Oraphan Amnuaysin[1*], Orawan Saeung[1], Thananan Areepong[1], Sasitorn Issaro[1]

[1] สาขาวิชานวัตกรรมคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรมดิจิทัล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[1] Department of Computer Innovation and Digital Industry, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: Orapan_amn@nstru.ac.th

วันที่รับบทความ: 11 กันยายน 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 14 ตุลาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 13 ธันวาคม 2568;
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 29 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD (Post-Traumatic Stress Disorder) และ 2) ประเมินผลความรู้และความเข้าใจของผู้ชมโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD การพัฒนาสื่อใช้เทคนิคการสร้างภาพกราฟิกเคลื่อนไหวร่วมกับเสียงประกอบ โดยพัฒนาด้วยโปรแกรม Adobe After Effects, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop และ Adobe Audition เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย สื่อโมชันกราฟิก และแบบประเมินความรู้ความเข้าใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า 1) โมชันกราฟิกที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.00) โดยครอบคลุมความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโรค ลักษณะอาการ และวิธีการรักษา ส่วนคุณภาพด้านการผลิตสื่อ ทั้งภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียงประกอบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67) 2) ผู้ชมมีความรู้และความเข้าใจหลังรับชมโมชันกราฟิกสูงกว่าก่อนรับชมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของผู้ชมที่มีต่อโมชันกราฟิก อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.79) ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสื่อโมชันกราฟิกที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างความตระหนักรู้ เข้าใจอาการ และแนวทางการรักษาโรค PTSD ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำรูปแบบการพัฒนานี้ไปประยุกต์ใช้ในการให้ความรู้เกี่ยวกับโรคอื่น ๆ ต่อไป

คำสำคัญ: ภาพกราฟิกเคลื่อนไหว, โรคเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรง, โรคเครียดเฉียบพลัน

Abstract: The objectives of this research were to: 1) design and develop motion graphics on the topic of "Knowing and Understanding PTSD" (Post-Traumatic Stress Disorder); and 2) evaluate the viewers' knowledge and understanding regarding PTSD. The development techniques involved creating motion graphics and sound effects. The research tools included Adobe After Effects, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Adobe Audition, and an assessment form for knowledge and understanding. Data were analyzed using mean, percentage, and standard deviation. The results showed that: 1) The quality of the motion graphics content, covering PTSD knowledge, symptoms, and treatment, was at a high level

($\bar{X}$ = 4.00). The media production quality, comprising still images, animation, and sound effects, was at the highest level ($\bar{X}$ = 4.67). 2) Viewers' knowledge and understanding after watching the motion graphics were significantly higher than before watching at the .05 level. 3) Viewers' satisfaction with the motion graphics was at the highest level ($\bar{X}$ = 4.79). The benefits of this research include helping viewers recognize and understand PTSD and its treatment for prevention, as well as utilizing this motion graphic media model to educate on other disorders.

Key words: Motion Graphics, Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD), Acute Stress Disorder (ASD)

1. บทนำ

ในสังคมปัจจุบันที่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีเหตุการณ์ไม่คาดฝันเกิดขึ้นบ่อยครั้ง เช่น อุบัติเหตุจราจร จากการศึกษาผู้ป่วยที่นอนโรงพยาบาลจากอุบัติเหตุจราจร พบว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเครียดหลังเหตุการณ์ร้อยละ 8.00 [1] จากผลสำรวจเหตุการณ์ความไม่สงบในจังหวัดชายแดนภาคใต้ มีอัตราการเกิดโรคเครียดหลังเหตุการณ์สูงถึงร้อยละ 2.60 [2] นอกจากนี้การสูญเสียบุคคลสำคัญในชีวิต ภัยพิบัติ แผ่นดินไหว น้ำท่วม ความรุนแรงภายในครอบครัว เหตุจลาจล ฆาตกรรม กราดยิง ก่อการร้าย ฯลฯ ที่ก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินแล้วปัญหาสุขภาพจิตหลังเหตุการณ์เป็นสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาจำเป็นต้องช่วยเหลือเพื่อบรรเทาอาการหากไม่ได้รับการช่วยเหลือหรือดูแลรักษาจะมีผลต่อคุณภาพชีวิตของบุคคลนั้นต่อไป โรคและอาการที่พึงเฝ้าระวังเกี่ยวกับความเครียดหลังได้รับบาดแผลทางจิตใจ (Post-Traumatic Stress Disorder: PTSD) เป็นโรคที่พบว่ามีความสัมพันธ์และมีสาเหตุมาจากการประสบเหตุการณ์ภัยพิบัติ โดยทั่วไปอาการจะเกิดขึ้นหลังจากเกิดเหตุการณ์ 3-6 เดือน [3] การรักษาช่วยเหลือถือเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญเพราะถ้าเพิกเฉย ทอดทิ้ง ไม่รักษา หรือให้การช่วยเหลือช้าก็จะทำให้กลายเป็นผู้ป่วยที่มีอาการเรื้อรังไปนาน [4] ปัจจัยทางด้านจิตใจที่เกิดจากความขัดแย้งภายในจิตใจโดยไม่ได้รับการแก้ไขหรือได้รับการรักษาเยียวยา มีผลให้เกิดความผิดปกติในการรับรู้และมีมุมมองต่อเหตุการณ์ในลักษณะมองโลกในแง่ร้ายซึ่งไม่ส่งผลดีต่อสุขภาพจิต [5] นอกจากนี้สามารถส่งผลกระทบต่อชีวิตประจำวันการทำงาน และคุณภาพชีวิตของชุมชน ทั้งนี้ผู้ที่ประสบเหตุการณ์ร้ายแรงจนได้รับความสะเทือนใจจะมีอาการ 2 ระยะ คือระยะที่ 1 เกิดขึ้นภายใน 1 เดือน หลังเหตุการณ์ เรียกว่า Acute Stress Disorder (ASD) หรือ โรคเครียดฉับพลัน ผู้ป่วยที่อยู่ในระยะนี้สามารถหายเองได้เองในเดือนแรก แต่หลังเกิดเหตุการณ์มาแล้ว 1 เดือนอาการนี้ยังไม่หายไปจะเข้าสู่ระยะที่ 2 เรียกว่า โรคเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรง (PTSD) ครอบครัวของผู้ที่เป็น PTSD อาจต้องเผชิญกับความยากลำบากในการปรับตัวและการดูแลผู้ป่วย สามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานและการผลิตของบุคคลและองค์กร ซึ่งอาจส่งผลต่อเศรษฐกิจของประเทศได้

ในสังคมปัจจุบันมีเหตุการณ์ต่าง ๆ มากมายที่อาจเป็นตัวกระตุ้นให้เกิด PTSD เช่น ภัยพิบัติทางธรรมชาติ การแพร่ระบาดของโรค การก่อการร้าย หรืออุบัติเหตุต่าง ๆ อีก ทั้งการเข้าถึงการรักษา PTSD ในประเทศไทยยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง ทำให้ผู้ป่วย PTSD หลายรายไม่กล้าที่จะเปิดเผยอาการหรือขอความช่วยเหลือ ทำให้ผู้ป่วยบางรายไม่ได้รับการวินิจฉัยและรักษาอย่างทันท่วงที การให้ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับ PTSD ในสังคมจะช่วยลดอคติและส่งเสริมให้ผู้ที่เป็น PTSD กล้าที่จะเปิดเผยอาการและขอความช่วยเหลือได้การป้องกันความเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรงจึงเป็นภูมิคุ้มกันที่จำเป็นในสังคมปัจจุบัน

สื่อโมชันกราฟิกเป็นการสร้างให้ภาพกราฟิกมีการเคลื่อนไหวได้หลากหลายมิติ โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การเด้ง (Bounce) การกลับพลิกกลับด้านแบบ 3 มิติ (3D Flip) การเลื่อนตัวอักษร (Fade Up Characters) การพิมพ์ข้อความ(Typewriter) การเคลื่อนไหวข้อความ (Animated

Text) การย่อหรือขยายภาพ (Size) การเปลี่ยนตำแหน่ง (Position) การหมุน (Rotation) การปรับขนาดภาพบนหน้าจอด้วยการเลื่อนภาพเข้าออก (Zoom in, Zoom out) เป็นต้น ดังนั้นโมชันกราฟิก จึงประกอบด้วยกราฟิก (Graphic) ซึ่งเป็นศิลปะแขนงหนึ่งที่สื่อความหมายด้วยการใช้ เส้น สี รูปภาพ แผนภาพ มาสร้างให้เกิดโมชัน (Motion) ที่แสดงให้เห็นการขยับ การเลื่อน การเคลื่อนไหว ร่วมกับการพากย์เสียงบรรยายภาพประกอบในปัจจุบันโมชันกราฟิกนิยมนำมาเล่าเรื่องราวที่มีข้อมูลจำนวนมากเข้าใจยากในรูปแบบภาพเคลื่อนไหวที่สื่อความหมายได้ชัดเจนและเข้าใจง่ายด้วยรูปภาพ ภาพวาด ภาพเคลื่อนไหว และสื่อผสม [6] การใช้โมชันกราฟิกในการสื่อสารสุขภาพเพื่อส่งเสริมความฉลาดทางสุขภาวะมีผลต่อการรับรู้ในระดับมาก [7] แสดงให้เห็นว่าการใช้โมชันกราฟิกเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการสื่อสารเรื่องราว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคดิจิทัลที่ผู้คนมีความสนใจในเนื้อหาที่สั้น กระชับ และมีภาพกราฟิกเคลื่อนไหว การใช้โมชันกราฟิกช่วยทำให้ข้อมูลซับซ้อนเกี่ยวกับโรคเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรงเข้าถึงได้ง่ายขึ้น ทั้งยังสามารถดึงดูดความสนใจของผู้ชมได้มากกว่าการนำเสนอด้วยข้อความหรือภาพนิ่งเพียงอย่างเดียว สามารถนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่น่าสนใจและเข้าใจง่าย ช่วยให้คนทั่วไปและผู้ที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับโรคนี้สามารถเข้าใจอาการและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยได้อย่างรวดเร็ว

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะรวบรวมข้อมูลและนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับโรค PTSD ให้เป็นที่รู้จักและมีความเข้าใจมากขึ้น เนื่องจากในสังคมปัจจุบันมีเหตุการณ์ต่าง ๆ มากมายที่อาจเป็นตัวกระตุ้นให้เกิด PTSD และการเข้าถึงการรักษา PTSD ในประเทศไทยยังมีข้อจำกัดอยู่โดยออกแบบและพัฒนาเนื้อหานำเสนอข้อมูลในรูปแบบโมชันกราฟิกที่น่าสนใจและเข้าใจง่ายในการแนะนำให้รู้จัก ตระหนักถึงความสำคัญ เข้าใจลักษณะอาการ และแนะนำวิธีการดูแลรักษาโรค PTSD ป้องกันความเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรงในสังคม

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD

2.2 เพื่อประเมินผลความพึงพอใจของผู้ชมโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

3.1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโรค PTSD อธิบายชื่อโรค PTSD คืออะไร สาเหตุของโรค และความสำคัญที่ต้องรักษา

3.1.2 อาการของโรค PTSD อธิบายลักษณะอาการ การแบ่งระยะของโรค PTSD ความแตกต่างระหว่างโรคเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรง และโรคเครียดฉับพลัน

3.1.3 ประเภทของความเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรง อาการเห็นเหตุการณ์ซ้ำหรือฝันร้ายถึงเหตุการณ์นั้น อาการตื่นตัวมากเกินไปแม้ว่าเหตุการณ์จะผ่านไปแล้ว และการหลีกเลี่ยงสถานที่หรือสิ่งที่ทำให้นึกถึงเหตุการณ์นั้น

3.1.4 โรค PTSD ในเด็กและผู้ใหญ่ อธิบายความแตกต่างของการตอบสนองต่อเหตุการณ์ อารมณ์และพฤติกรรมของโรค PTSD เด็กและผู้ใหญ่

3.1.5 วิธีดูแลรักษาเบื้องต้น การรักษา การฟื้นฟู แนะนำหน่วยงานขอคำปรึกษา

3.2 ขอบเขตด้านเทคนิค

3.2.1 การออกแบบโครงเรื่อง เขียนบทโดยใช้ตัวละครนำเสนอเนื้อหาของโรค PTSD ผ่านภาพนิ่งภาพเคลื่อนไหว ข้อความประกอบ และเสียงประกอบ

3.2.2 การออกแบบภาพกราฟิกและภาพเคลื่อนไหว ออกแบบสตอรี่บอร์ด แบ่งเนื้อหาออกเป็นฉาก ออกแบบภาพตัวละครและองค์ประกอบในแต่ละฉาก

3.2.3 การออกแบบฉาก วาดภาพประกอบเนื้อหา และสร้างภาพเคลื่อนไหวของแต่ละฉากตามที่ออกแบบไว้

3.2.4 บันทึกเสียงตามบทบรรยาย และใส่เสียงประกอบเนื้อหาแต่ละฉากให้สื่อความหมายได้ชัดเจน

3.2.5 การสร้างภาพกราฟิกเคลื่อนไหวให้สอดคล้องกับเนื้อหา เสียงประกอบ และตัดต่อประกอบเรื่องราว

3.3 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

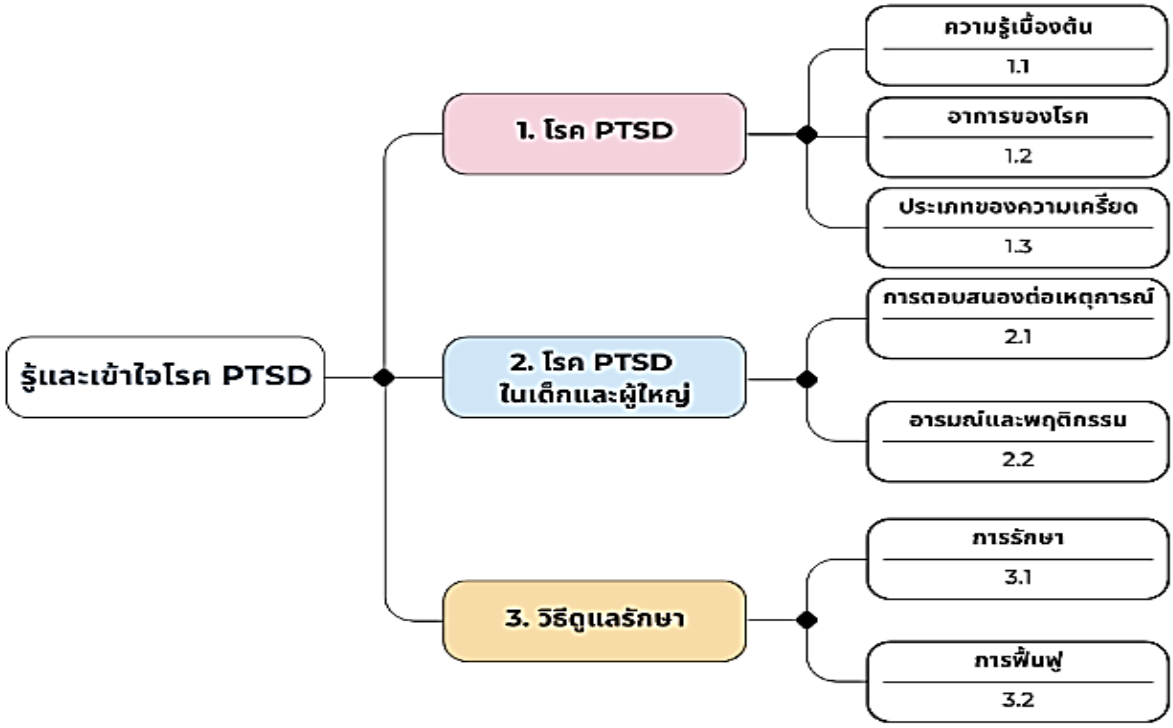
ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรมดิจิทัล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษา 1/2568 ที่ยังไม่ได้เรียนรายวิชาโครงงานวิจัย จำนวน 85 คน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การออกแบบและพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่องรู้และเข้าใจโรค PTSD การออกแบบและพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่องรู้และเข้าใจโรค PTSD ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างโมชันกราฟิก 3 ขั้นตอน ดังนี้

4.1.1 ขั้นตอนก่อนผลิต (Pre-Production) เป็นขั้นตอนสำหรับการเตรียมการนำเสนอข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ เริ่มศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณะสุข และแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ วิเคราะห์เนื้อหา คิดหัวเรื่อง วางโครงเรื่องและลำดับเนื้อหา โดยจัดทำแผนผังการวิเคราะห์เนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กันตามความเหมาะสม ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพแผนผังการวิเคราะห์เนื้อหา

การเขียนบทต้องมีความต่อเนื่องและเข้าใจง่ายสามารถสื่อถึงข้อมูลอย่างมีความละเอียดอ่อนตามเนื้อหาที่วิเคราะห์ประกอบด้วย ความรู้เบื้องต้นของโรค PTSD คือ ความผิดปกติที่เกิดหลังความเครียดที่สะเทือนใจเป็นภาวะความผิดปกติทางอารมณ์ที่เกิดขึ้นภายหลังพบเหตุการณ์ความรุนแรง อาการของโรคแบ่งเป็น 2 ระยะ ระยะที่ 1 เกิดขึ้นภายใน 1 เดือนหลังเหตุการณ์ เรียกว่า ASD สามารถหายเองได้หรือไม่เป็นอะไรเลยในเดือนแรก ระยะที่ 2 คือหลังเกิดเหตุการณ์มาแล้ว 1 เดือน หากอาการเครียดฉับพลันของผู้ป่วยยังไม่หายไปจะเรียกว่า PTSD จะแสดงอาการออกมาได้ 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ 1) เห็นเหตุการณ์ซ้ำหรือฝันร้ายถึงเหตุการณ์นั้น รู้สึกเหมือนอยู่ในเหตุการณ์นั้นขึ้นมาเองและตกใจกลัว 2) อาการตื่นตัวมากเกินไปและเครียดง่ายกับเรื่องธรรมดา โดยเฉพาะเมื่อมีอะไรมาสะกิดให้

นึกถึงเหตุการณ์นั้น และ 3) หลีกเลี่ยงสถานที่หรือสิ่งที่ทำให้นึกถึงเหตุการณ์นั้น โรค PTSD ในเด็กมักจะไม่สามารถอธิบายหรือแสดงออกถึงความรู้สึกได้อย่างชัดเจน การแสดงอารมณ์และพฤติกรรมของเด็กจะแสดงออกผ่านการเปลี่ยนแปลงในพฤติกรรม การรักษาและการฟื้นฟูจะเน้นที่การบำบัดทางจิตวิทยา แต่ผู้ใหญ่ส่วนใหญ่จะมีอาการที่ชัดเจน เช่น ภาวะซึมเศร้า หรือการหลีกเลี่ยงสิ่งที่กระตุ้นให้ระลึกถึงเหตุการณ์ที่เจ็บปวด ทำให้พวกเขามักเผชิญกับอารมณ์ที่ซับซ้อน เช่น ความโกรธ ความรู้สึกผิด ความอึดอัดใจ อาจประสบปัญหาการสร้างความสัมพันธ์ที่ดี และรู้สึกแยกตัวจากคนรอบข้าง การรักษาและการฟื้นฟูจะเน้นที่การบำบัดทางจิตวิทยาที่มีพื้นฐานจากการบำบัดพฤติกรรมและการรับรู้ รวมทั้งอาจใช้ยาใน การบรรเทาอาการ เช่น ยาต้านภาวะซึมเศร้า เป็นต้น

การออกแบบสตอรี่บอร์ดเพื่อกำหนดลำดับฉาก การออกแบบแต่ละฉากประกอบด้วยภาพประกอบ คำบรรยายที่ใช้บันทึกเสียงประกอบ เทคนิคที่ใช้ในแต่ละฉาก เช่น การแสดงข้อความ การแสดงภาพ การเคลื่อนไหวภาพ แอนิเมชัน การเปลี่ยนฉาก และเวลาที่ใช้ของแต่ละฉากมีหน่วยเป็นวินาที ประกอบด้วยฉากจำนวน 17 ฉาก ดังนี้ 1) ฉากแนะนำ 2) ฉากชื่อเรื่อง 3) ชื่อภาษาอังกฤษ 4) ฉากอธิบายความหมายของโรค 5) ฉากการแบ่งระยะของโรค 6) ฉากระยะที่หนึ่ง 7) ฉากระยะที่สอง 8) ฉากแสดงอาการ 9) ฉากการแสดงอาการกลุ่มที่หนึ่ง 10) ฉากการแสดงอาการกลุ่มที่สอง 11) ฉากการแสดงอาการกลุ่มที่สาม 12) ฉากความแตกต่างของโรคเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรงในเด็กและผู้ใหญ่ 13) ฉากโรคเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรง ในเด็ก 14) ฉากโรคเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรงในผู้ใหญ่ 15) ความแตกต่างระหว่างเด็กและผู้ใหญ่ 16) ฉากการดูแลรักษาและการฟื้นฟู และ 17) ฉากสรุป

การออกแบบสไตล์และโทนสีสื่อถึงอารมณ์ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อ เช่น ฉากแนะนำโรค PTSD วาดภาพประกอบตัวละครหญิงสาวยืนตัวสั่นทามกลางฝูงผีที่เปรียบเสมือนภาวะต่าง ๆ ที่มีความเครียด ซึ่งผู้ได้รับบาดแผลทางจิตใจเหล่านี้จำเป็นต้องได้รับการรักษา ใช้สีทึบหรือสีมืดที่สื่อถึงความทุกข์ และมีการใช้สีสดใสแสดงถึงการมีความหวังเพื่อสื่อถึงการก้าวผ่านหรือการฟื้นตัว การใช้เสียงประกอบที่สอดคล้องกับบรรยากาศของเนื้อหา เช่น เสียงเบาและสลัว สื่อถึงความโดดเดี่ยวหรือความเครียด เสียงเอฟเฟกต์ประกอบการอธิบายตัวอย่าง เสียงดนตรีที่เป็นแรงบันดาลใจเพื่อแสดงถึงการฟื้นตัว

4.1.2 ขั้นตอนการผลิต (Production) เป็นการวาดและออกแบบตัวละคร สร้างองค์ประกอบโมชันกราฟิก การบันทึกเสียง และใช้โปรแกรมทำภาพเคลื่อนไหว การสร้างภาพจำลอง นำภาพจากสตอรี่บอร์ดมาทำเป็นชิ้นงาน สร้างรูปร่างของตัวละครและฉากตามแบบที่วางไว้ในสตอรีบอร์ด ตกแต่งสี และจัดตกแต่งฉาก ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และการกำหนดหลักการเคลื่อนไหวของตัวละครในฉากรวมถึงภาพประกอบที่ออกแบบไว้ เมื่อได้ฉากที่ต้องการแล้วบันทึกภาพฉากที่ได้นำไปใช้ในโปรแกรม Adobe After Effects ต่อไป ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 การสร้างรูปร่าง ตกแต่งสี และจัดตกแต่งฉาก
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

การสร้างการเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรม Adobe After Effects โดยนำเข้าไฟล์ภาพฉาก ทำการตั้งค่าเลือกฉากที่ต้องการที่การตั้งค่า Import As ให้เปลี่ยนเป็น Composition-Retain Layer แล้วคลิกเปิด กำหนดการเคลื่อนไหวของตัวละครในฉากนั้น ๆ ตั้งค่าการเคลื่อนไหวของตัวละครในฉากตามที่ต้องการบันทึกเสียง ใส่เสียงพากย์และเอฟเฟกต์ หลังจากเคลื่อนไหวตัวละครในฉากที่ได้ตั้งค่า

การเคลื่อนไหวแล้วนำไฟล์เสียงพากย์เข้ามาโดยไปที่ Import > File เลือกไฟล์เสียงที่ต้องการ ลากไฟล์เสียงพากย์ลงมาใส่ในฉาก ปรับฉากให้การเคลื่อนไหวตรงกับไฟล์เสียงพากย์ และเพิ่มเอฟเฟกต์เสียงลงไปในฉากนั้น ๆ

4.1.3 ขั้นตอนหลังการผลิต (Post-production) เป็นการตัดต่อและปรับแต่งชิ้นงาน ขั้นตอนนี้จะมีการการตรวจสอบชิ้นงาน ปรับใส่เอฟเฟกต์ภาพ สี ใส่เอฟเฟ็กต์เสียง วัดคุณภาพเสียง การปรับแต่งเพิ่มเติม เสร็จแล้วให้นำฉากแต่ละฉากมาต่อกันแล้วใส่เสียงดนตรี ตัดต่อเป็นชิ้นงานนำเสนอในรูปแบบไฟล์วีดิโอที่เสร็จสมบูรณ์ทั้งภาพและเสียง พร้อมจะนำไปใช้งานจริง

4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.2.1 ประชากร ที่ใช้ในการศึกษา ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรมดิจิทัล ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ประกอบด้วย นักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 26 คน นักศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวน 29 คน นักศึกษาชั้นปีที่ 3 จำนวน 30 คน นักศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 27 คน รวมจำนวนประชากร 112 คน

4.2.2 กลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยผู้วิจัยได้คัดเลือกเฉพาะนักศึกษาชั้นปีที่ 1–3 จำนวน 85 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ยังไม่ได้เรียนรายวิชาโครงงานวิจัย และยังไม่ได้มีส่วนร่วมในการจัดทำโครงงานวิจัยชั้นปีสุดท้าย

4.3 เครื่องมือในการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 สื่อโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD ประกอบด้วยเนื้อหาการให้ความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับโรค PTSD นำเสนอในรูปแบบภาพกราฟิกเคลื่อนไหว ประกอบด้วยภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียงพูดบรรยาย ดนตรีบรรเลง เสียงเอฟเฟ็กต์ ตลอดเรื่อง สื่อโมชันกราฟิกมีความยาว 6.15 นาที

4.3.2 แบบประเมินคุณภาพของสื่อโมชันกราฟิกทางด้านเนื้อหาและการผลิตสื่อ เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD สำหรับผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดรูปแบบเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งออกเป็น 5 ระดับคะแนนให้เลือกตอบ

4.3.3 แบบทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจก่อนชมและหลังชมโมชันกราฟิกเรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD ของนักศึกษา โดยกำหนดรูปแบบเป็นแบบข้อสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ

4.3.4 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ชมที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD โดยกำหนดรูปแบบเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งออกเป็น 5 ระดับคะแนนให้เลือกตอบ

4.4 วิธีการสร้างแบบประเมินคุณภาพของสื่อสำหรับผู้เชี่ยวชาญ มีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 การสร้างแบบประเมินคุณภาพของสื่อโมชันกราฟิกทางด้านเนื้อหาและด้านการผลิตสื่อ เป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามแนวทางลิเคิร์ท (Likert's Scale) สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.4.2 แบบทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจก่อนชมและหลังชมโมชันกราฟิกเรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD โดยกำหนดรูปแบบของข้อสอบเป็นแบบข้อสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ นำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการกำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาค่า IOC ที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป พร้อมกับทำการปรับปรุง แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของแบบสอบถามและดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

4.4.3 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ชมที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD เป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งออกเป็น 5 ระดับคะแนน

4.5 การดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล

4.5.1 เตรียมสถานที่ในการทดลอง โดยสถานที่ที่ใช้ในการทดลอง คือ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 1828 โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 85 คน และจัดให้กลุ่มตัวอย่างใช้โทรศัพท์มือถือ 1 คนต่อ 1 เครื่อง

4.5.2 เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

1) สื่อโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD

2) แบบทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจ โมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD รูปแบบออนไลน์

3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ชมที่มีโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD รูปแบบออนไลน์

4.5.3 ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจก่อนรับชมโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD ทำแบบทดสอบโดยใช้โทรศัพท์มือถือสแกน QR Code เพื่อเข้าถึงและทำแบบทดสอบก่อนรับชมโมชันกราฟิก โดยใช้เวลาในการทำ 20 นาที

4.5.4 ให้กลุ่มตัวอย่างรับชมโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD โดยการรับชมพร้อมกันด้วยการเปิดสื่อโมชันกราฟิก ผ่านกระดานอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ

4.5.5 ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจหลังรับชมโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD ทำแบบทดสอบโดยใช้โทรศัพท์มือถือสแกน QR Code เพื่อเข้าถึงและทำแบบทดสอบหลังจากรับชมโมชันกราฟิก โดยใช้เวลาในการทำ 20 นาที

4.5.6 จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ชมที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD โดยใช้โทรศัพท์มือถือสแกน QR Code เพื่อเข้าถึงและทำแบบประเมินความพึงพอใจ โดยใช้เวลาในการทำ 15 นาที

จากนั้นตรวจสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องของข้อมูลจากแบบสอบถามที่เก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบออนไลน์ รวบรวมคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจก่อนและหลังชมโมชันกราฟิก รวมทั้งแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ชมโมชันกราฟิก รวมทั้งแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ชมที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังนี้

1) แบบประเมินคุณภาพของสื่อโมชันกราฟิกทางด้านเนื้อหาและด้านการผลิตสื่อ ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ ตามแนวทางลิเคิร์ท (Likert’s Scale) สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) แบบทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจก่อนชมและหลังชมโมชันกราฟิก ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ ตามแนวทางลิเคิร์ท (Likert’s Scale) สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ชมที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิก ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ ตามแนวทางลิเคิร์ท (Likert’s Scale) สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการประเมินคุณภาพของโมชันกราฟิกทางด้านเนื้อหาและด้านการผลิตสื่อ

ผลการประเมินคุณภาพของสื่อโมชันกราฟิกทางด้านเนื้อหาและด้านการผลิตสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านผลิตสื่อ 3 ท่าน มีดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของโมชันกราฟิกจากผู้เชี่ยวชาญ (n = 3)

ข้อ	รายการประเมิน	ความพึงพอใจ (คน)		
		$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1	**ด้านเนื้อหา**			
	เนื้อหาที่นำเสนอคลอบคลุมข้อมูลของโรค PTSD	3.66	0.58	มาก
2	การเรียงลำดับเนื้อหามีความเหมาะสม	4.00	1.00	มาก
3	โครงสร้างของเนื้อหาชัดเจนมีความสัมพันธ์ต่อเนื่อง	4.33	0.58	มาก
	ค่าเฉลี่ยรวม	**4.00**	**0.71**	**มาก**
	ด้านการผลิตสื่อ			
1	ตัวอักษรและภาพมีรูปแบบขนาด และสีสวยงาม	4.67	0.58	มากที่สุด
2	การสร้างภาพเคลื่อนไหวและเทคนิคพิเศษมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
3	เสียงบรรยายและเสียงประกอบเหมาะสมกับภาพตลอดเรื่อง	4.33	0.58	มาก
	ค่าเฉลี่ยรวม	**4.67**	**0.39**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านเนื้อหาของโมชันกราฟิกเรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.71) โดยมีรายการประเมินสูงที่สุด คือ โครงสร้างของเนื้อหาชัดเจน มีความสัมพันธ์ต่อเนื่อง ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) และรายการประเมินที่น้อยที่สุด คือ เนื้อหาที่นำเสนอคลอบคลุมข้อมูลของโรค PTSD ($\bar{X}$ = 3.66, S.D. = 0.58)

ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านการผลิตสื่อของโมชันกราฟิกเรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.39 โดยมีรายการประเมินสูงที่สุด คือ การสร้างภาพเคลื่อนไหวและเทคนิคพิเศษมีความเหมาะสม ($\bar{X}$ = 5.00, S.D. = 0.58) และรายการประเมินที่น้อยที่สุด คือ เสียงบรรยายและเสียงประกอบเหมาะสมกับภาพตลอดเรื่อง ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58)

5.2 แบบทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจก่อนชมและหลังชมโมชันกราฟิก มีรายละเอียดดังนี้

ผลการทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจก่อนชมและหลังชมโมชันกราฟิกจำนวน 50 คน ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคะแนนทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจก่อนรับชมและหลังรับชมโมชันกราฟิก

คะแนนความรู้	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D	t	p
ก่อนรับชม	10	7.20	1.79	13.23	0.00*
หลังรับชม	10	9.20	1.95		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

จากตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคะแนนทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจก่อนรับชมและหลังรับชมโมชันกราฟิก มีค่าเฉลี่ยก่อนรับชมโมชันกราฟิกเท่ากับ 7.20 ($\bar{X}$ = 7.20) และค่าเฉลี่ยหลังรับชมโมชันกราฟิกเท่ากับ 9.20 ($\bar{X}$ = 9.20) พบว่านักศึกษามีความรู้และความเข้าใจเพิ่มขึ้นจากคะแนนหลังรับชมที่สูงกว่าคะแนนก่อนรับชม

ตารางที่ 3 ผลการประเมินแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ชมที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิก (n = 50)

ข้อ	รายการประเมิน	ความพึงพอใจ (คน)		
		$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1	สามารถเข้าใจเนื้อหาและรายละเอียดของโรค PTSD	4.80	0.33	มากที่สุด
2	โมชันกราฟิกมีภาพประกอบพร้อมเสียงบรรยายที่ชัดเจน	4.84	0.24	มากท่สุด
3	ผู้ชมมีความเข้าใจประเภทของโรค PTSD ในเด็กและผู้ใหญ่เป็นอย่างดี	4.88	0.14	มากที่สุด

ข้อ	รายการประเมิน	ความพึงพอใจ (คน)		
		$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
4	ผู้ชมมีความเข้าใจเกี่ยวกับการรักษาและฟื้นฟู	4.68	0.42	มากที่สุด
5	ผู้ชมรู้จักและตระหนักถึงความสำคัญของโรค PTSD มากขึ้น	4.76	0.35	มากที่สุด
	รวม	**4.79**	**0.30**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ชมโมชันกราฟิก พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.79, S.D. = 0.30) โดยมีรายการประเมินสูงที่สุด คือ ผู้ชมมีความเข้าใจประเภทของโรค PTSD ในเด็กและผู้ใหญ่เป็นอย่างดี ($\bar{X}$ = 4.88, S.D. = 0.14) และรายการประเมินที่น้อยที่สุด คือ ผู้ชมมีความเข้าใจเกี่ยวกับการรักษาและฟื้นฟู ($\bar{X}$ = 4.68, S.D. = 0.42)

6. สรุปและอภิปรายผล

6.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาออกแบบและพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Adobe After Effects, Adobe illustrator, Adobe Photoshop และ Adobe Audition ได้ใช้หลักการ 3 Production ในการดำเนินงาน ซึ่งมีกระบวนการ 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนก่อนการผลิต ได้ออกแบบโครงเรื่อง ออกแบบฉาก 2) ขั้นตอนการผลิต วาดภาพกราฟิกและภาพเคลื่อนไหว บันทึกเสียงบรรยาย ประกอบด้วย การแนะนำชื่อเรื่อง อธิบายความหมายของโรค ตัวอย่างอาการของโรคที่เข้าใจง่ายพร้อมภาพประกอบ การแบ่งระยะของโรค บรรยายอาการและพฤติกรรมของผู้เป็นโรค PTSD ความแตกต่างของโรคเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรงในเด็กและผู้ใหญ่ การรักษาและการฟื้นฟู สรุปและเสนอช่องทางในการตรวจสอบอาการและการรับการรักษา และ 3) ขั้นตอนหลังการผลิต การใส่เพลงประกอบ เสียง เอฟเฟกต์และตัดต่อ โมชันกราฟิกมีความยาว 6.15 นาที ประกอบด้วยเนื้อหา ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโรค PTSD อาการของโรค PTSD ประเภทของความเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรง โรค PTSD ในเด็กและผู้ใหญ่ วิธีดูแลรักษาเบื้องต้น ด้านเทคนิคโมชันกราฟิก ประกอบด้วยตัวละคร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ข้อความ เอฟเฟกต์ข้อความ เอฟเฟกต์เปลี่ยนฉากการสร้างภาพเคลื่อนไหว เสียงประกอบ และเสียงบรรยาย

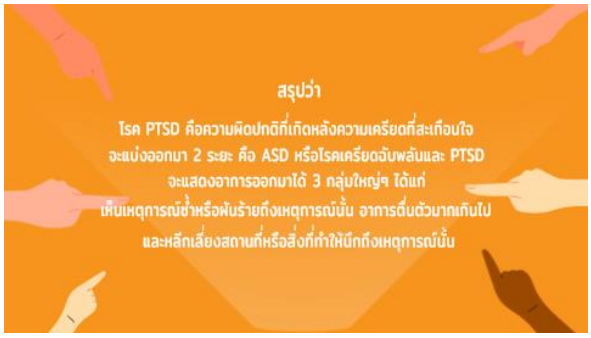
ภาพที่ 3 แนะนำโรค PTSD
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

ภาพที่ 4 ภาพนายแพทย์ 3 คนและยา
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

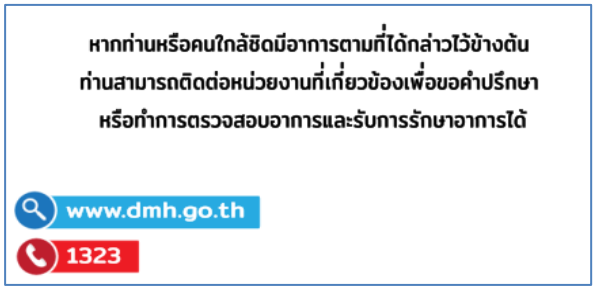
ภาพที่ 5 คนกำลังคิดเกี่ยวปัญหาชีวิต
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

ภาพที่ 6 อธิบายการแสดงพฤติกรรมของผู้ใหญ่
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

ภาพที่ 7 อธิบายเกี่ยวการแสดงพฤติกรรมของเด็ก
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น



ภาพที่ 8 บทสรุป
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น



ภาพที่ 9 ติดต่อหน่วยงานและขอคำปรึกษา
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านเนื้อหาของโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.71) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านการผลิตสื่อของโมชันกราฟิกเรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็น ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) ผลการเปรียบเทียบคะแนนทดสอบ วัดความรู้และความเข้าใจก่อนรับชมและหลังรับชมโมชันกราฟิก พบว่า นักศึกษามีความรู้และความเข้าใจเพิ่มขึ้นจากคะแนนหลังรับชมที่สูงกว่าคะแนนก่อนรับชม ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ชมโมชันกราฟิก พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความ พึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.79, S.D. = 0.30)

6.2 อภิปรายผล

งานวิจัยการพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับอันตรายจากควันบุหรี่ที่มีประโยชน์ช่วยให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายจกควันบุหรี่ที่ถูกต้อง [8] และงานวิจัยเรื่องระยะเวลาการเข้าถึงบริการของผู้ที่มีอาการทางจิตเวชในประเทศไทยจากการสำรวจระบาดวิทยาสุขภาพจิตแห่งชาติ พบว่าระยะเวลาก่อนเข้าสู่การรักษาในผู้ที่มีโรคจิตเวชที่พบบ่อยของประเทศไทยค่อนข้างนาน ควรคำนึงถึงการลดระยะเวลาก่อนการได้รับการรักษาโรค [9] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิกแนวทางการแก้ปัญหาสำหรับผู้ที่เสี่ยงต่อการตกเป็นเหยื่อการรังแกบนโลกไซเบอร์ [10] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิกแนวทางการแก้ปัญหาสำหรับผู้ที่เสี่ยงต่อการตกเป็นเหยื่อการรังแกบนโลกไซเบอร์ 2) ศึกษาระดับความรู้และความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบดินทรเดชา ถึงแนวทางการแก้ปัญหาสำหรับผู้ที่เสี่ยงต่อการตกเป็นเหยื่อการรังแกบนโลกไซเบอร์ และ 3) ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบดินทรเดชาที่มีต่อสื่อโมชันอินโฟกราฟิก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) สื่อโมชั่นอินโฟกราฟิก 2) แบบ

ประเมินคุณภาพของสื่อสำหรับผู้เชี่ยวชาญ 3) แบบทดสอบวัดความรู้ และความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน 4) แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสื่อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและ z-test ผลการวิจัย พบว่าสื่อโมชันอินโฟกราฟิกมีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีที่ค่าเฉลี่ย 4.29 และมีคุณภาพด้านการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.57 2) คะแนนทดสอบ ความรู้และความเข้าใจของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสื่อมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.72 ประโยชน์ของการวิจัยเรื่องรู้และเข้าใจโรค PTSD ครั้งนี้คือ ช่วยให้เกิดความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับโรค PTSD ซึ่งเป็นโรคเครียดหลังผ่านเหตุการณ์ร้ายแรง แสดงให้เห็นว่าโมชันกราฟิกมีความน่าสนใจและเข้าถึงง่ายมากกว่าการนำเสนอด้วยข้อความหรือภาพนิ่งทำให้ผู้ชมสามารถเข้าใจอาการของโรคและตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยได้ จากการค้นพบองค์ความรู้นี้สามารถนำรูปแบบการสร้างสื่อโมชันกราฟิกเป็นสื่อให้ความรู้ในการรักษาโรค เข้าใจโรคและการรักษาสุขภาพด้านอื่น ๆ ต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

โมชันกราฟิก เรื่อง รู้และเข้าใจโรค PTSD เริ่มต้นจากการสังเกตุปัญหาสังคมในปัจจุบันทำให้ความสนใจและตระหนักถึงความสำคัญของโรค PTSD แต่เนื่องจากเป็นข้อมูลทางการแพทย์ที่มีความซับซ้อน ข้อมูลที่ได้มามีปริมาณมากและล้วนมีประโยชน์ ทำให้สคริปต์มีความยาวเกินไป การสรุปเนื้อหาให้กระชับและเข้าใจง่ายสำหรับการนำเสนอในรูปแบบโมชันกราฟิกจึงทำได้ยาก

7.2 ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาเพื่อขยายผลต่อไป

การทำวิจัยทางการแพทย์ ควรมีบุคลากรทางการแพทย์ให้ข้อมูล สามารถใช้โมชันกราฟิกเป็นเครื่องมือในการแนะนำเพื่อป้องกันการเกิดโรค PTSD และเพิ่มเนื้อหาของโรค PTSD ประเภทต่าง ๆ และการเก็บข้อมูลจากผู้ป่วยทั้งนี้ต้องได้รับความยินยอมด้วย

8. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เป็นอย่างสูงที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อพัฒนาการทำงานและการบริการของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมให้ดีขึ้นต่อไป

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Kriengtuntiwong, T. and et al. 2024. "Incidence and related factors of post-traumatic stress disorder in patients hospitalized due to road traffic injuries," *Journal of Mental Health of Thailand*, 32(4): pp. 296-308. (in Thai)

[2] Department of Mental Health. 2024. Performance report of Mental Health Center No. 12, fiscal year 2024 [Online]. Available: http://www.mhc12.dmh.go.th. Accessed [Day Month Year]. (in Thai)

[3] Department of Mental Health. 2005. *Handbook for Mental Care and Assistance for Disaster Victims: Recovery Period*. Bangkok: Ministry of Public Health. (in Thai)

[4] Kanchanachaiphum, W. 2020. Posttraumatic Stress Disorder (PTSD) Care for Children [Online]. Available: https://www.samitivejhospitals.com/th/article/detail/post-traumatic-stress-disorder-ptsd. Accessed [Day Month Year]. (in Thai)

[5] Saiphanit, R. and Phutthisri, S. 2005. *Ramathibodi Psychiatry*, 2nd ed. Bangkok: Department of Psychiatry, Faculty of Medicine, Ramathibodi Hospital. (in Thai)

[6] Thongdaeng, N. and Supahuang, R. 2023. "The development of motion graphic media in conjunction with creative teaching as a foundation (Creativity Based Learning: CBL) on technology that changes the world for students in grade 3, Kaenakhon Wittayalai School," *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(1): pp. 40–51. (in Thai)

[7] Potisarn, N. 2020. "Results of Developing Motion Graphics for Enhancing Health Literacy of Diabetes Mellitus for Village Health Volunteers," Master's thesis, Rajabhat Maha Sarakham Univ., Maha Sarakham, Thailand. (in Thai)

[8] Kaewking, S. 2024. "Development of Motion Graphic Media for Raising Awareness about the Dangers of Smoking," *Rom Yoong Thong Journal*, 2(1): pp. 16–29. (in Thai)

[9] Vanichrudee, N. 2020. "Duration of untreated period of psychiatric conditions in Thailand: Results from the Thai National Mental Health Survey," *Journal of Mental Health of Thailand*, 28(4): pp. 312-323. (in Thai)

[10] Sakprakhon, P., Diteeyont, W. and Kanperm, J. 2022. "The Development of Motion infographics Media in Topic of Solution for Troubled Victims of Cyberbullying," *Journal of Industrial Education*, 21(1): pp. 1-9. (in Thai)

บทความวิจัย : Research article

การประเมินประสิทธิผลของการบูรณาการ Project-Based Learning ข้ามรายวิชา ภายใต้กรอบ I-MAP ต่อผลการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของนักศึกษา

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF CROSS-CURRICULAR PROJECT-BASED LEARNING INTEGRATED WITHIN THE I-MAP FRAMEWORK ON STUDENTS' LEARNING OUTCOMES AND ENGAGEMENT

พงศ์เทพ วีระพงศ์[1], นราพงศ์ ช่วยชัย[1], ฉัตรชัย แก้วดี[1], วีรพล ปานศรีนวล[1*]

Pongtep Weerapong[1], Narapong Chuaychai[1], Chatchai Kaewdee[1] Weeraphol Pansrinual[1*]

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช

[1] Department of Computer Innovation and Digital Industry, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: Orapan_amn@nstru.ac.th

วันที่รับบทความ: 17 กันยายน 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 8 ธันวาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 13 ธันวาคม 2568;
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 29 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ: บทความวิจัยนี้ประเมินรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่บูรณาการรายวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมกับโครงงานพิเศษ ภายใต้กรอบ I-MAP และหลักการออกแบบย้อนกลับ ผู้เข้าร่วมคือ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 32 คน ทำโครงงานต่อเนื่องตลอดภาคการศึกษา เก็บข้อมูลด้วยแบบทดสอบก่อน–หลัง รูบริก แบบสังเกต และการสนทนากลุ่ม พร้อมวิเคราะห์ด้วย ANCOVA และแบบจำลองเชิงผสม ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางความรู้และคุณภาพชิ้นงานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเชิงการศึกษา แม้ว่าบางการเปรียบเทียบระหว่างทีมยังไม่ปรากฏความแตกต่างเชิงสถิติชัดเจน แต่ ขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง สะท้อนว่ารูปแบบการเรียนรู้มีผลต่อการพัฒนาทักษะอย่างเด่นชัดในชั้นเรียนขนาดใหญ่ ทั้งยังสอดคล้องกับแนวโน้มที่ตรวจพบจากแบบจำลองเชิงผสม ซึ่งชี้ว่าปัจจัยด้านบริบททีมช่วยอธิบายความแปรปรวนด้านพฤติกรรมผู้เรียนได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลเชิงคุณภาพยืนยันผลเชิงปริมาณ โดยพบว่าผู้เรียนมีแรงจูงใจภายในสูงขึ้น เห็นถึงความสามารถในการถ่ายโอนความรู้สู่การปฏิบัติจริง และพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีม ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางผลลัพธ์เชิงพฤติกรรมและเชิงปัญญาที่เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด

คำสำคัญ: การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน, แบบจำลองเชิงผสม

Abstract: This paper evaluated a project-based learning (PBL) model that integrates the "Technology and Innovation" course with a capstone-style project within the I-MAP framework and Backward Design principles. Participants were 32 fourth-year Industrial Technology students who worked in teams to complete a semester-long project. Data were collected through pretest–posttest, analytic rubrics, observational checklists, and focus-group interviews, and analyzed using ANCOVA and linear mixed models. The findings indicate substantial educational gains in theoretical knowledge and project quality. Although some between-

team comparisons did not yield statistically significant differences, the effect sizes were large, demonstrating meaningful impacts of the learning model—particularly in large-class PBL contexts. Mixed-model analysis further revealed that team-level contextual factors significantly enhanced the explained variance in students' behavioral outcomes. Qualitative evidence corroborated the quantitative results, showing that students developed greater intrinsic motivation, demonstrated improved ability to transfer knowledge into real-world practice, and strengthened teamwork skills—all of which align with the observed improvements in cognitive and behavioral learning outcomes.

Key words: Project-based Learning, Hybrid Model

1. บทนำ

การศึกษาในศตวรรษที่ 21 กำลังเปลี่ยนผ่านจากการถ่ายทอดความรู้เชิงบรรยายไปสู่การเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการสร้างความหมายและแก้ปัญหาที่ตรวจสอบได้ [1, 2] หนึ่งในแนวทางสำคัญคือการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (PBL) ซึ่งได้รับการยอมรับว่าช่วยพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ได้แก่ การคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกัน และการสื่อสาร [3–5] อีกทั้งยังมีจุดแข็งในการเชื่อมโยงโจทย์จริงกับการบูรณาการข้ามศาสตร์เพื่อสร้างการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง [6–8] กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาไทย (TQF) กำหนดให้บัณฑิตพัฒนาสมรรถนะครบทุกด้าน ทั้งคุณธรรม ความรู้ ทักษะทางปัญญา ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ความรับผิดชอบ และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ [9] อย่างไรก็ตาม ในสาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในชั้นเรียนขนาดใหญ่ การจัดการเรียนรู้แบบ PBL มักถูกจำกัดอยู่ในรายวิชาแยกส่วน ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติได้อย่างเป็นระบบ นอกจากนี้งานวิจัยก่อนหน้ายังขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ที่วิเคราะห์อย่างเฉพาะเจาะจงว่า "วิธีการจัดกลุ่มผู้เรียน" (เช่น การสุ่ม การจัดตามความสามารถ หรือความสนใจ) ส่งผลต่อการมีส่วนร่วม (engagement) และคุณภาพโครงงานอย่างไร โดยเฉพาะในบริบทชั้นเรียนขนาดใหญ่ด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งทำให้ช่องว่างทางองค์ความรู้ในมิตินี้ยังไม่ชัดเจนเท่าที่ควร ตัวอย่างเชิงปฏิบัติ เช่น กรณีศึกษาที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ซึ่งนำเสนอ "โมเดลโครงงานพัฒนาของเล่นเพื่อฟื้นฟูเด็กสมองพิการ" โดยผสาน PBL เข้ากับโจทย์สังคมจริงผ่านความร่วมมือกับชุมชนและหน่วยงานบริการวิชาการ ผลงานดังกล่าวสะท้อนศักยภาพของ PBL ในการบูรณาการความรู้ด้านวิศวกรรมสู่การสร้างนวัตกรรมที่มีคุณค่าทางสังคม [10,11] อย่างไรก็ดี งานที่มีอยู่ส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นรายวิชาเดี่ยวหรือกรณีศึกษาเฉพาะกลุ่มเป็นหลัก และยังไม่ได้นำเสนอการทดลองเปรียบเทียบเชิงระบบเกี่ยวกับ "รูปแบบการจัดกลุ่มผู้เรียนและโครงสร้างการสนับสนุน" ในชั้นเรียนขนาดใหญ่ที่มีข้อจำกัดด้านเวลา ทรัพยากร และการดูแลอย่างใกล้ชิดของผู้สอน

แม้ PBL จะได้รับการยืนยันถึงประสิทธิผลในระดับสากล แต่บริบทการศึกษาไทยยังเผชิญข้อจำกัดสำคัญ ได้แก่ การสอนที่แยกส่วนตามรายวิชา การขาดการจัดแนวระหว่างผลการเรียนรู้รายวิชา (CLO) กิจกรรม และการประเมินอย่างเป็นระบบ ตลอดจนการขาดรายงานผลในระดับทีมที่เหมาะสมกับห้องเรียนขนาดใหญ่ นอกจากนี้ ยังขาดหลักฐานเชิงเปรียบเทียบวิธีการจัดกลุ่มผู้เรียน (สุ่ม ตามความสามารถ หรือความสนใจ) ต่อผลลัพธ์ด้านพฤติกรรม ปัญญา และอารมณ์ อีกทั้งการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ยังไม่ครอบคลุมการใช้ดัชนีขนาดอิทธิพล เช่น Cohen's d และ partial η^2 [12, 13] รวมถึงการพิจารณาค่าการอธิบายบริบทเชิงสถิติ R^2m และ R^2c [14] ช่องว่างดังกล่าวสะท้อนว่าพื้นที่วิจัยเกี่ยวกับ "การออกแบบ PBL ในชั้นเรียนขนาดใหญ่ที่ผนวกทั้งโครงสร้างการจัดกลุ่ม และการจัดแนวจุดมุ่งหมาย–กิจกรรม–การประเมินอย่างเป็นระบบ" ยังต้องการหลักฐานเชิงทดลองเพิ่มเติม

เพื่อแก้ปัญหาเชิงโครงสร้างของการเรียนการสอนในชั้นเรียนขนาดใหญ่ งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลอง I-MAP (Image–Management–Apprenticeship–Project) ได้ซึ่งพัฒนาโดยมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เพื่อบูรณาการรายวิชาทฤษฎีและปฏิบัติภายใต้แนว Backward Design โดยผู้เรียนดำเนินโครงงานจริงตลอดภาคการศึกษา ตั้งแต่การนิยามปัญหาร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การสร้างต้นแบบจนถึงการทดสอบกับผู้ใช้ในชุมชน I-MAP ประกอบด้วย 4 มิติ ได้แก่ 1) Image การสร้างสรรค์และมองภาพรวมของปัญหา 2) Management การจัดการทรัพยากรและทีมงาน 3) Apprenticeship การเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงภายใต้การโค้ช และ 4) Project การดำเนินโครงงานข้ามศาสตร์ที่มุ่งแก้โจทย์จริง [15] โดย I-MAP แตกต่างจาก PBL แบบดั้งเดิมตรงที่ผสาน “วงจรโค้ช–จุดหมายย่อย (milestones)” เข้ากับ “การจัดแนวข้ามรายวิชา (cross-course alignment)” อย่างชัดเจน โดยกำหนด CLO ร่วมของรายวิชาทฤษฎีและปฏิบัติ แล้วออกแบบกิจกรรมและการประเมินให้สอดรับกันตลอดทั้งภาคการศึกษา มิติด้านการโค้ชและการติดตามความก้าวหน้าเป็นระยะ รวมทั้งการประเมินหลายมิติที่ผูกโยงกับมาตรฐานวิชาชีพ ยังเป็นกลไกที่ยังไม่ปรากฏชัดในงาน PBL ก่อนหน้าในบริบทชั้นเรียนขนาดใหญ่ด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม [8, 9, 16] กลไกทั้งสี่ของ I-MAP จึงทำงานเป็นวงจรเรียนรู้ที่เชื่อมโยงทฤษฎีและปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ สมรรถนะวิชาชีพ และคุณลักษณะพลเมืองที่รับผิดชอบ [8, 16]

นอกจากนี้ I-MAP ยังสอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัค-ติวิสม์และทฤษฎีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ซึ่งเน้นว่าผู้เรียนเกิดแรงขับภายในสูงสุดเมื่อได้ลงมือทำ มีอิสระในการเลือก พัฒนาความสามารถ และได้รับการสนับสนุนทางสังคมอย่างเหมาะสม [17] ด้วยแนวทางดังกล่าว บทความวิจัยนี้มุ่งตรวจสอบว่าโมเดล I-MAP สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้เชิงทฤษฎี คุณภาพโครงงาน และการมีส่วนร่วมของผู้เรียนทั้งสามมิติ ได้แก่ พฤติกรรม อารมณ์ และความคิด โดยเปรียบเทียบวิธีการจัดกลุ่มที่แตกต่างกัน ได้แก่ การสุ่มผสม การจัดตามความสามารถ และการจัดตามความสนใจ การวิเคราะห์ใช้สถิติอนุมาน ค่าขนาดอิทธิพล และแบบจำลองเชิงบริบท เพื่อสะท้อนนัยสำคัญทางการศึกษาอย่างรอบด้าน ผลลัพธ์ที่ได้มีเป้าหมายเพื่อสร้างแนวทางที่ประยุกต์ใช้ได้จริงในระดับหลักสูตรและขยายผลในระดับสถาบัน เพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนรู้เชิงอุตสาหกรรมให้ทันต่อความเปลี่ยนแปลงของโลกยุคใหม่อย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อประเมินประสิทธิผลของการบูรณาการการเรียนรู้แบบโครงงานข้ามรายวิชา ระหว่างรายวิชา “เทคโนโลยีและนวัตกรรม” และ “โครงงานพิเศษในงานอุตสาหกรรม” ภายใต้กรอบ I-MAP

2.2 วัตถุประสงค์เฉพาะและการเชื่อมโยงเชิงระบบ

2.2.1 เพื่อประเมินการพัฒนาความรู้เชิงทฤษฎีก่อน–หลัง และค่าขนาดอิทธิพล

2.2.2 เพื่อประเมินคุณภาพโครงงานด้วยรูบริกหลายมิติ และเปรียบเทียบการจัดกลุ่ม

2.2.3 เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการมีส่วนร่วมของผู้เรียนทั้ง 3 มิติ ระหว่างวิธีการจัดกลุ่ม

2.2.4 เพื่อประเมินบทบาทของบริบทและกลไกสนับสนุนในชั้นเรียน

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดวัตถุประสงค์เฉพาะและการเชื่อมโยงเชิงระบบ

วัตถุประสงค์	เครื่องมือ / ตัวแปรที่ใช้	วิธีวิเคราะห์ข้อมูล	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
1. เพื่อประเมินการพัฒนาความรู้เชิงทฤษฎีก่อน–หลัง และค่าขนาดอิทธิพล	แบบทดสอบก่อน–หลังเรียน (ค่า KR-20 = 0.84)	ANCOVA, Cohen’s d, ช่วงความเชื่อมั่น 95%	ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว ระดับการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น ค่าขนาดอิทธิพล d และ η^2_p

วัตถุประสงค์	เครื่องมือ / ตัวแปรที่ใช้	วิธีวิเคราะห์ข้อมูล	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
2. เพื่อประเมินคุณภาพโครงงานด้วยรูบริกหลายมิติและเปรียบเทียบการจัดกลุ่ม	คะแนนรูบริก 5 ด้าน; วิธีการจัดกลุ่ม (สุ่ม/ตามความสามารถ/ตามความสนใจ)	ANCOVA / LMM; ค่าสัมประสิทธิ์แปรผัน (CV); สัมประสิทธิ์ความตรงกันของผู้ประเมิน	ความแตกต่างคุณภาพโครงงาน ความเสถียรของคะแนน และ inter-rater reliability
3. เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการมีส่วนร่วมของผู้เรียนทั้ง 3 มิติ ระหว่างวิธีการจัดกลุ่ม	แบบสอบถามการมีส่วนร่วม แบบสังเกตพฤติกรรม (มาตร 5 ระดับ)	ANCOVA โดยควบคุมคะแนนก่อนเรียน	คะแนนการมีส่วนร่วมที่ปรับแล้วสะท้อนความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยมีขนาดอิทธิพลสูง และแยกแจกแจงได้ชัดเจนตามมิติพฤติกรรม อารมณ์ และปัญญา
4. เพื่อประเมินบทบาทของบริบทและกลไกสนับสนุนในชั้นเรียน	ระบบโค้ช จุดตรวจความก้าวหน้า การจัดแนว CLO–กิจกรรม-การประเมิน; โครงสร้างกลุ่ม	แบบจำลองเชิงผสม; ค่า ICC, DEFF, LMM, R^2_m, R^2_c	อธิบายอิทธิพลของบริบทและโครงสร้างกลุ่มต่อผลลัพธ์รวมถึงประสิทธิภาพของระบบสนับสนุนการเรียนรู้แบบทีม

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มเป้าหมายคือนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 32 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Stratified Purposive Sampling) และแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มย่อย

3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การวิจัยมุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (PBL) ที่บูรณาการข้ามรายวิชา ระหว่างรายวิชา “เทคโนโลยีและนวัตกรรมในงานอุตสาหกรรม” (ทฤษฎี) และรายวิชา “โครงงานพิเศษในงานอุตสาหกรรม” (ปฏิบัติ) ภายใต้กรอบแนวคิด I-MAP (Image–Management–Apprenticeship–Project) และหลักการออกแบบย้อนกลับ (Backward Design)

3.3 ขอบเขตด้านตัวแปร

3.3.1 ตัวแปรต้น (Independent Variable) วิธีการจัดกลุ่มผู้เรียน 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) การสุ่มผสม (Random Mixed) 2) การจัดตามความสามารถ (Ability-based) และ 3) การจัดตามความสนใจ (Interest-based)

3.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ประกอบด้วย 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ (ความรู้เชิงทฤษฎี) 2) คุณภาพของผลงานโครงงาน และ 3) การมีส่วนร่วมของผู้เรียนใน 3 มิติ (พฤติกรรม, อารมณ์, ปัญญา)

3.4 ขอบเขตด้านระยะเวลา ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำกิจกรรมการเรียนรู้ตลอด 1 ภาคการศึกษา (Semester-Long Project)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยในชั้นเรียนที่ดำเนินการในหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช โดยผนวกรวมรายวิชา “เทคโนโลยีและนวัตกรรมในงานอุตสาหกรรม” (วิชาทฤษฎีด้านแนวโน้มเทคโนโลยีและนวัตกรรม) และ “โครงงานพิเศษในงานอุตสาหกรรม” (วิชาปฏิบัติ/โครงงาน) ภายใต้กรอบ I-MAP [11] อาจารย์ผู้สอนทั้งสองรายวิชาได้ออกแบบการสอนร่วมกัน โดยกำหนดโครงงานหลักหนึ่งหัวข้อให้นักศึกษาดำเนินการตลอดภาคการศึกษา เนื้อหาโครงงานเน้นโจทย์จริงที่ท้าทายในภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้นักศึกษาค้นคว้าและประยุกต์ใช้นวัตกรรมหรือเทคโนโลยีใหม่ สู่การสร้างต้นแบบหรือข้อเสนอเชิงระบบที่สอดคล้องกับ CLO

ของรายวิชา [4, 16] ตัวอย่างหัวข้อคือ “การพัฒนาอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพสำหรับเด็กสมองพิการ” ที่บูรณาการองค์ความรู้ด้านการผลิต การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ และหลักการยศาสตร์สู่การสร้างต้นแบบจริง [11, 15]

4.1 รูปแบบการวิจัย งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลองแบบหลายกลุ่ม (Quasi-experimental, Clustered) โดยบูรณาการสองรายวิชาภายใต้กรอบ I-MAP และเปรียบเทียบผลลัพธ์จากสามวิธีการจัดกลุ่มผู้เรียน ได้แก่ การสุ่มผสม การจัดตามความสามารถ และการจัดตามความสนใจ การวิเคราะห์ข้อมูลควบคุมคะแนนก่อนเรียนด้วย ANCOVA และตรวจสอบอิทธิพลเชิงบริบทด้วยแบบจำลองเชิงเส้นผสม (LMM) ที่คำนึงถึงโครงสร้างคลัสเตอร์ [12–14]

4.2 การออกแบบการสอนและกิจกรรม PBL รูปแบบการสอนภายใต้ I-MAP มุ่งเชื่อมโยงเนื้อหาเชิงทฤษฎีกับการทำโครงงานปฏิบัติอย่างกลมกลืน [3, 4] ผู้สอนร่วมกันวางแผนหัวข้อและผลลัพธ์การเรียนรู้ เพื่อให้นักศึกษาประยุกต์ความรู้สู่การสร้างผลงานจริง [3] แม้โครงงานหลักมีเพียงหนึ่งหัวข้อ แต่ถูกแบ่งออกเป็นหลายขั้นตอนย่อย (Iterative Projects) เพื่อรักษาระดับการมีส่วนร่วมและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการลองผิดลองถูกอย่างต่อเนื่อง [6, 7]

4.3 กระบวนการวิจัยแบบบูรณาการ การดำเนินการวิจัยอ้างอิงแนวคิด Backward Design เพื่อสร้างความสอดคล้องระหว่าง CLO กิจกรรมการสอน และการประเมินอย่างเป็นระบบ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

4.3.1 ขั้นตอนที่ 1 การคัดเลือกและการจัดกลุ่มนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จำนวน 32 คน แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มย่อย โดยใช้ 3 วิธี ได้แก่ 1) สุ่มผสม (Random Mixed) 2) ตามความสามารถ (Ability-based) และ 3) ตามความสนใจ (Interest-based) โดยแต่ละวิธีมี 2 กลุ่มย่อย การคัดเลือกใช้ Stratified Purposive Sampling โดยพิจารณาจากคะแนนวิชาพื้นฐานและความสนใจเชิงอาชีพ การตรวจสอบความเพียงพอของกลุ่มตัวอย่างอ้างอิงเกณฑ์ทางสถิติ ($d = 0.50$, $\alpha = 0.05$, $1-\beta = 0.80$) ตามแนวทางของ Cohen [12] และ Lakens [13] ผลการคำนวณด้วย G*Power ระบุว่าต้องการผู้เข้าร่วมอย่างน้อย 27 คน ดังนั้นจำนวนจริง 32 คน จึงมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำและเพียงพอสำหรับการตรวจจับผลขนาดปานกลางที่มีความหมายเชิงการศึกษา

อย่างไรก็ตาม เมื่อดำเนินการทดลองจริงต้องแบ่งผู้เข้าร่วมออกเป็น 6 กลุ่มย่อย ทำให้จำนวนในแต่ละทีมเฉลี่ยเพียง ≈ 5 คน และเมื่อนำไปวิเคราะห์ในระดับปัจจัยหลัก (3 วิธีการจัดกลุ่ม) จำนวนเฉลี่ยต่อกลุ่มเหลือเพียง ≈ 10–11 คน ซึ่งมีความเสี่ยงต่อ p-value ไม่ถึงระดับนัยสำคัญ แม้ Effect Size จะสูง เนื่องจากพลังจำแนกอาจไม่เพียงพอ (Underpowered) จึงจำเป็นต้องตีความผลลัพธ์เชิงสถิติควบคู่กับ ค่า Effect Size และช่วงความเชื่อมั่นเพื่อหลีกเลี่ยงอคติในการสรุปผล

ด้วยลักษณะข้อมูลแบบทีม จึงประเมินการพึ่งพาภายในคลัสเตอร์ด้วยค่า Intraclass Correlation Coefficient (ICC) และ Design Effect (DEFF) โดยกำหนดทีมเป็นตัวแปรสุ่มในแบบจำลองเชิงผสม (Linear Mixed-Effects Model: LMM) สมการการคำนวณ ICC แสดงดังสมการ (1)

$$ICC = \tau^2/(\tau^2+\sigma^2) \quad \text{.....(1)}$$

โดย τ^2 แทน ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

σ^2 แทน ความแปรปรวนภายในบุคคล

ในการศึกษานี้ ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบความพึ่งพิงกันภายในทีมพบว่าค่า ICC = 0.129 ซึ่งสะท้อนว่าประมาณ ร้อยละ 12.9 ของความแปรปรวนรวมเกิดจากความแตกต่างระหว่างทีม ค่าดังกล่าวจัดอยู่ในระดับ ปานกลาง และบ่งชี้ว่าข้อมูลมีความพึ่งพิงภายในคลัสเตอร์ในระดับที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกโมเดลวิเคราะห์ เพื่อประเมินผลกระทบของโครงสร้างข้อมูลแบบทีม ผู้วิจัยคำนวณค่า DEFF ตามสมการ (2)

$$DEFF = 1+(m-1) \times ICC \quad \text{.....(2)}$$

โดย m แทน ขนาดกลุ่มเฉลี่ย

ICC แทน ค่าสหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม

เมื่อค่า DEFF > 1

สะท้อนว่าการจัดกลุ่มส่งผลให้ค่าประมาณจากโมเดลทั่วไปมีความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น จึงมีเหตุผลรองรับการใช้ LMM เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการประมาณค่าสถิติ อย่างไรก็ดี เนื่องจากจำนวนคลัสเตอร์มีเพียง 6 ทีม ช่วงความเชื่อมั่นของค่า ICC อาจมีความไม่แน่นอน ผู้วิจัยจึงตีความผลร่วมกับตัวชี้วัดอื่น เพื่อให้การสรุปผลมีความรอบคอบและสอดคล้องกับข้อจำกัดเชิงโครงสร้างของข้อมูล จึงมีเหตุผลรองรับแบบจำลองเชิงเส้นผสมถูกนำมาใช้เพื่อตอบ วัตถุประสงค์ข้อที่ 4 ซึ่งมุ่งตรวจสอบ บทบาทของบริบททีมและกลไกสนับสนุนต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ LMM สามารถจำแนกอิทธิพลระดับบุคคล และอิทธิพลระดับทีมได้อย่างเหมาะสมตามโครงสร้างข้อมูลแบบคลัสเตอร์ ทำให้การวิเคราะห์สะท้อนความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างกลยุทธ์การจัดชั้นเรียนและผลลัพธ์เชิงพฤติกรรม/ผลสัมฤทธิ์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

4.3.2 ขั้นตอนที่ 2 กรอบการจัดการเรียนรู้การออกแบบการสอนยึดกรอบ I-MAP ผสานกับหลักการ Backward Design เพื่อสร้างการเรียนรู้ที่มีเป้าหมายชัดเจนและตรวจสอบได้ โดย I-MAP ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) Image การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และมองภาพรวมของปัญหา 2) Management การจัดการทรัพยากร กระบวนการ และทีมงาน 3) Apprenticeship การเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงภายใต้การโค้ชและป้อนกลับ และ Project การดำเนินโครงงานที่บูรณาการโจทย์จริงและมีคุณค่าทางสังคม ในการปฏิบัติกรอบ I-MAP ถูกเชื่อมโยงกับ Backward Design โดยผูกผลลัพธ์การเรียนรู้ของทั้งสองรายวิชาเข้ากับกิจกรรมและการประเมินผ่านรูบริกโปร่งใส เพื่อให้เกิดความสอดคล้องระหว่างเป้าหมาย ผลลัพธ์ และการวัดผล ตลอดภาคการศึกษามีการกำหนดวงจรการโค้ชและจุดตรวจความก้าวหน้า (milestones) อย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมการสะท้อนผลและการปรับปรุงอย่างเป็นระบบ บทบาทผู้สอนจึงเปลี่ยนจาก “ผู้ถ่ายทอดความรู้” เป็น “ผู้อำนวยความสะดวก” (facilitator) ที่สนับสนุนการคิดเชิงลึกและการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน

4.3.3 ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการเรียนรู้ PBL การดำเนินการเรียนรู้ถูกออกแบบภายใต้กรอบ PBL ผสานเข้ากับ I-MAP และ Backward Design เพื่อสร้างกิจกรรมที่ต่อเนื่อง เชื่อมโยงทฤษฎีสู่การปฏิบัติจริง กระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดเป้าหมายการออกแบบ โดยบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ากับหลักวิศวกรรมและกายภาพบำบัดเพื่อสร้างอุปกรณ์ต้นแบบที่มีต้นทุนต่ำและเหมาะสมกับผู้ใช้จริง

2) วิเคราะห์ผู้ใช้และบริบทชีวิตจริงจากข้อมูลเด็กสมองพิการอายุ 3–5 ปี (GMFCS ระดับ 4) รวมทั้งข้อจำกัดด้านพื้นที่และรายได้ของครอบครัว

3) วิเคราะห์วัสดุและอุปกรณ์ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติทางกายภาพ ความเหมาะสมกับท้องถิ่น ความคุ้มค่าและความยั่งยืน

4.) คัดเลือกองค์ประกอบที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ร่วมกับการพิจารณาสัมพันธภาพทางประสาทสัมผัส

5) พัฒนาแนวคิดด้านคุณลักษณะและฟังก์ชันของอุปกรณ์ เช่น ที่นั่งฝึกนั่ง รอกคู่ คานฝึกเดิน และพนักพิงฝึกยืน โดยผสานความรู้วิศวกรรมกับภูมิปัญญาท้องถิ่น

6) ประเมินต้นแบบครั้งแรกด้วย Usability Scale for Assistive Technology (USAT) ครอบคลุม 4 มิติ โดยผู้เชี่ยวชาญ 30 คน เพื่อสะท้อนข้อบกพร่องด้านโครงสร้างและการใช้งาน

7) วิเคราะห์ข้อบกพร่องของต้นแบบแรกทั้งด้านความปลอดภัย ความคงทน และความเหมาะสมกับบริบทจริง

8) ปรับแก้ด้วยหลักการ TRIZ และคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพัฒนาต้นแบบที่สองให้มีความยืดหยุ่นปรับระดับได้ และตอบสนองต่อการใช้งานจริงมากขึ้น

9) ประเมินประสิทธิผลของต้นแบบที่สองด้วย GMFM-88 ตลอด 24 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบความ

เหมาะสม ความครอบคลุม และศักยภาพในการส่งเสริมพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดใหญ่ของผู้ใช้

กระบวนการทั้ง 9 ขั้นไม่เพียงเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติ แต่ยังสร้างพื้นที่การเรียนรู้ที่เสริมทักษะการทำงานร่วมกัน การคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พร้อมเปิดโอกาสให้เกิดการถ่ายโอนองค์ความรู้สู่การใช้จริงในชุมชน

4.3.4 ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและการวิเคราะห์ทางสถิติ การประเมินผลลัพธ์ครอบคลุมสี่มิติหลักเพื่อสะท้อนทั้งด้านความรู้เชิงทฤษฎีและทักษะเชิงปฏิบัติ ได้แก่

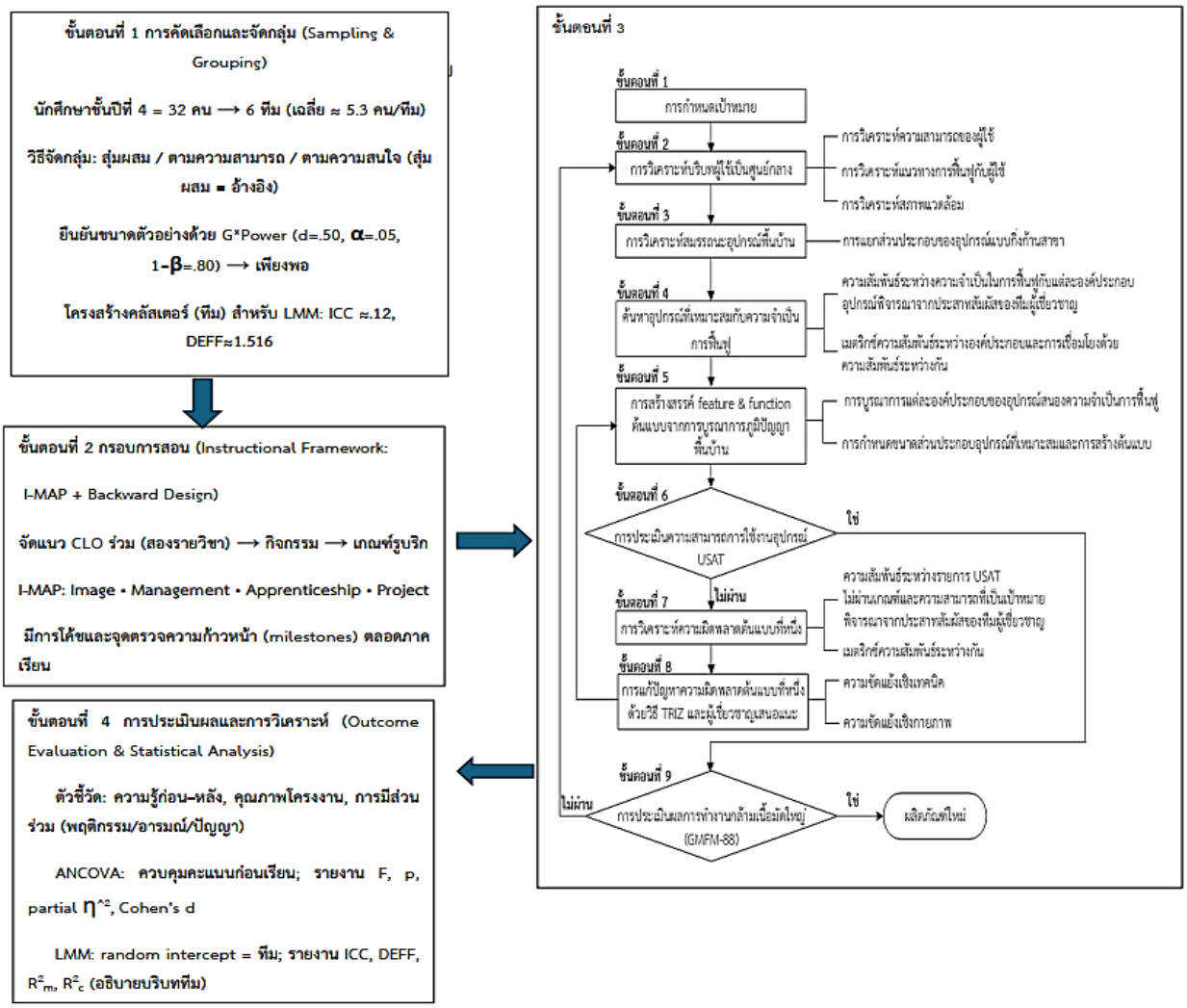
1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อน–หลังเรียน ใช้แบบทดสอบความรู้เชิงทฤษฎีเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงหลังการจัดกิจกรรม

2) คุณภาพโครงงาน ประเมินด้วยเกณฑ์รูบริกหลายมิติที่เน้นความถูกต้องเชิงวิชาการ ความคิดสร้างสรรค์ และความเชื่อมโยงกับโจทย์จริง

3) การมีส่วนร่วมของผู้เรียน ครอบคลุมมิติพฤติกรรม อารมณ์ และปัญญา เพื่อสะท้อนความกระตือรือร้นและคุณภาพการเรียนรู้เชิงลึก

4) ผลลัพธ์เชิงการทำงานของต้นแบบ พิจารณาความสามารถในการตอบสนองผู้ใช้จริงและความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สองแนวทาง ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) เพื่อควบคุมคะแนนก่อนเรียนและเปรียบเทียบผลหลังเรียนอย่างเป็นธรรม และแบบจำลองเชิงเส้นผสม (LMM) เพื่อตรวจสอบผลในบริบทข้อมูลแบบทีม/คลัสเตอร์และสะท้อนอิทธิพลทั้งระดับบุคคลและทีม ผลลัพธ์รายงานทั้งเชิงสถิติและเชิงการศึกษาโดยอ้างอิงตัวชี้วัดหลากหลาย ได้แก่ ค่า F ค่า p partial ηp^2 Cohen's d พร้อมช่วงความเชื่อมั่น 95% รวมถึงค่า R^2m R^2c ICC และ DEFF เพื่อสะท้อนทั้งนัยสำคัญทางสถิติและความหมายเชิงการศึกษา อันบ่งชี้ถึงคุณค่าที่แท้จริงของรูปแบบการเรียนรู้ต่อการพัฒนาผู้เรียนอย่างรอบด้าน



ภาพที่ 1 กระบวนการวิธีวิจัย I-MAP บูรณาการ PBL และการวิเคราะห์เชิงสถิติ

4.4 เครื่องมือวิจัยและคุณภาพเครื่องมือ

4.4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ประกอบด้วยแบบทดสอบก่อน–หลังจำนวน 30 ข้อ ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) ≥ .80 ทุกข้อ และตรวจสอบความเชื่อมั่นภายในด้วยค่า KR-20 = 0.84 ซึ่งอยู่ในระดับความเที่ยงสูง

4.4.2 การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ วัดด้วยแบบสอบถาม Engagement ตามแนวทาง [18] ร่วมกับแบบสังเกตพฤติกรรม ซึ่งผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิเช่นเดียวกัน เพื่อให้ครอบคลุมองค์ประกอบด้านการมีส่วนร่วมทั้งพฤติกรรม ความคิด และแรงจูงใจ

4.4.3 คุณภาพโครงงาน ประเมินด้วยรูบริก 5 มิติ ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน และตรวจสอบความสอดคล้องของผู้ประเมิน โดยใช้ค่าสถิติ Cohen's Kappa = 0.86 ซึ่งอยู่ในระดับสอดคล้องสูง

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 ตัวแปรและสัญลักษณ์ ประกอบด้วย

1) กำหนดให้ $i = 1, \ldots, n$ แทน ดัชนีผู้เรียน โดย n = 32 และ $j = 1, \ldots, k$ แทน ดัชนีกลุ่ม โดย k = 6 และ ขนาดเฉลี่ยต่อกลุ่ม $m \approx 5.3$ กำหนดให้ y_{ij} แทน ค่าผลลัพธ์ของผู้เรียนคนที่ i ในกลุ่ม j ซึ่งวิเคราะห์แยกตามตัวชี้วัด ได้แก่ (1) คะแนนความรู้เชิงทฤษฎี (2) คุณภาพโครงงาน และ (3) มิติ 3 การมีส่วนร่วม (พฤติกรรม อารมณ์ ปัญญา)

2) กำหนด PRE_{ij} เป็นคะแนนก่อนเรียนที่ใช้เป็นตัวแปรควบคุมใน ANCOVA กำหนดตัวแปรจำลองสำหรับวิธีจัดกลุ่มสองตัวคือ

A_{ij} แทน ตัวแปรจำลองของกลุ่มต"ามความสามารถโดย ใช่ = 1, ไม่ใช่ = 0

I_{ij} แทน ตัวแปรจำลองของ กลุ่มต"ามความสนใจโดย ใช่ = 1, ไม่ใช่ = 0

กลุ่มอ้างอิง แทน "กลุ่มสุ่มผสม"จึงมี $A_{ij} = 0, I_{ij} = 0$

3) กำหนดสัญลักษณ์สัมประสิทธิ์ $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ แทน สัมประสิทธิ์ในสมการ ANCOVA ก่อนวิเคราะห์ ได้ตรวจสอบสมมติฐานความชันของเส้นถดถอยเท่ากันระหว่างกลุ่ม (Hhomogeneity of Regression Slopes) และ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ช่วยให้การใช้ ANCOVA มีความถูกต้องตามข้อกำหนดของโมเดล และ $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ แทน สัมประสิทธิ์ในสมการ สำหรับแบบจำลองเชิงเส้นผสม (LMM)

4) กำหนดส่วนเบี่ยงเบนระดับกลุ่ม

$b_{0j} \sim N(0, \tau^2)$ แทน random intercept ของกลุ่ม j

โดย τ^2 แทน ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ แทน ค่าความเคลื่อนระดับบุคคล

โดย σ^2 แทน ความแปรปรวนภายในบุคคล

R^2_m, R^2_c แทน สัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้โดยปัจจัย fixed เท่านั้น และรวมทั้งปัจจัยของ fixed และ random [16]

ตัวชี้วัดขนาดอิทธิพลและความไม่แน่นอนประกอบด้วย n^2_p , Cohen's d, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยประมาณ ของ d และช่วงความเชื่อมั่น 95% [12,13]

4.5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

การควบคุมคะแนนก่อนเรียนด้วย PRE_{ij} และทดสอบความแตกต่างระหว่างวิธีจัดกลุ่ม โดยรายงาน F(2,28) ค่า n^2_p และขนาดอิทธิพลแบบจับคู่ด้วย d พร้อมช่วงความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแบบจำลองมีดังนี้

$$y_{ij} = \alpha_0 + \alpha_1 PRE_{ij} + \alpha_2 A_{ij} + \alpha_3 I_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad .....(3)$$

นิยามตัวแปรตรงตามข้อ 3.5.1 กลุ่มอ้างอิงคือ "สุ่มผสม" และ $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

โดย y_{ij} แทน ค่าผลลัพธ์ของผู้เรียนคนที่ i ในกลุ่ม j (วิเคราะห์แยกตามตัวชี้วัด)

PRE_{ij} แทน คะแนนก่อนเรียนของคนที่ i ในกลุ่ม j

$A_{ij} = 1$ ถ้าอยู่ "กลุ่มตามความสามารถ" มิฉะนั้น = 0

$I_{ij} = 1$ ถ้าอยู่ "กลุ่มตามความสนใจ" มิฉะนั้น = 0

กลุ่มอ้างอิง คือ "สุ่มผสม" $A_{ij} = 0, I_{ij} = 0$

$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

ขนาดอิทธิพล (Effect Size)

$$\eta^2_p = \frac{SS_{effct}}{SS_{effct} + SS_{error}} \quad ..... (4)$$

สำหรับการเปรียบเทียบเป็นคู่

$$d = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{s_{pooled}} \quad .....(5)$$

$$s_{pooled} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}} \quad .....(6)$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยประมาณของ *d:*

$$SE(d) \approx \sqrt{\frac{n_1+n_2}{n_1 n_2} + \frac{d^2}{2(n_1+n_2-2}} \quad .....(7)$$

ช่วงเชื่อมั่น 95%

$$d \pm 1.9\ SE(d) \quad ..... (8)$$

แนวทางการตีความค่า d ยึดตาม Cohen เล็ก 0.20 ปานกลาง 0.50 และใหญ่ 0.80 [12] และแนวทางการรายงานเพื่อเอื้อต่อการสะสม [13]

4.5.3 แบบจำลองเชิงผสม (Linear Mixed Model: LMM) มีดังนี้

$$y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 A_{ij} + \beta_2 I_{ij} + b_{oj} + \varepsilon_{ij}\ , \quad .....(9)$$

โดย $b_{0j} \sim N(0, \tau^2)$ และ $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

ในงานวิจัยนี้มีการใช้ *LMM* เพื่อสะท้อนทั้งความแปรปรวนจากตัวแปรเชิงตรึง (Fixed Effects) และตัวแปรสุ่ม (Random Effects) เสนอสูตรการคำนวณ R^2 สองค่า R^2m (marginal R^2) วัดสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้จากตัวแปร fixed เพียงอย่างเดียว และ R^2_c (conditional R^2) วัดสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ทั้งจากตัวแปร fixed และ random รวมกัน เขียนสมการได้ว่า

$$R_m^2 = \frac{V_{fixed}}{V_{fixed} + V_{rand} + V_\varepsilon} \quad \text{.....(10)}$$

$$R_c^2 = \frac{V_{fixed} + V_{rand}}{V_{fixed} + V_{rand} + V_\varepsilon} \quad \text{.....(11)}$$

โดย V_{fixed} แทน ความแปรปรวนที่อธิบายด้วยตัวแปร fixed

V_{rand} แทน ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

V_ε แทน ความแปรปรวนระดับบุคคล

คุณสมบัติทั่วไป $0 \leq R_m^2 \leq R_c^2 \leq 1$

R^2c สูงกว่า R^2m อย่างชัดเจน หมายถึงโครงสร้างกลุ่มหรือบริบทมีบทบาทสำคัญต่อผลลัพธ์การเรียนรู้

5. ผลการวิจัย

ผลการทดลองเชิงสถิติจากการวิจัยการเรียนรู้แบบ PBL ภายใต้กรอบ I-MAP แสดงไว้ดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเชิงสถิติจากการวิจัยการเรียนรู้แบบ PBL ภายใต้กรอบ I-MAP

ตัวชี้วัด (Outcome)	กลุ่มสุ่ม (Mean±SD)	กลุ่มตามความสามารถ (Mean±SD)	กลุ่มตามความสนใจ (Mean±SD)	F(2,28)	p	η_p^2	R^2m	R^2c	Cohen's d [95% CI]
คะแนนทดสอบความรู้ (หลังเรียน)	76.5 ± 6.2	80.1 ± 5.5	83.9 ± 5.0	2.45	0.105	0.149	0.08	0.15	1.32 [0.38, 2.27]
คะแนนคุณภาพโครงงาน	82.3 ± 5.1	85.6 ± 4.8	88.4 ± 4.2	2.65	0.085	0.159	0.1	0.25	1.31 [0.37, 2.26]
การมีส่วนร่วมเชิงพฤติกรรม (1–5)	3.8 ± 0.4	4.1 ± 0.3	4.3 ± 0.3	4.5	0.020*	0.243	0.25	0.5	1.42 [0.47, 2.38]
การมีส่วนร่วมเชิงอารมณ์ (1–5)	3.7 ± 0.5	4.0 ± 0.4	4.2 ± 0.3	0.5	0.611	0.034	0.03	0.06	1.23 [0.30, 2.16]
การมีส่วนร่วมเชิงปัญญา (1–5)	3.6 ± 0.4	3.9 ± 0.4	4.1 ± 0.3	3.52	0.043*	0.201	0.15	0.4	1.42 [0.47, 2.38]

จากตารางที่ 2 การวิเคราะห์ผลการทดลองครอบคลุมห้าด้าน ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ คุณภาพโครงงาน การมีส่วนร่วมเชิงพฤติกรรม อารมณ์ และปัญญาโดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มสุ่ม กลุ่มตามความสามารถ และกลุ่มตามความสนใจ

5.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามรูปแบบการจัดกลุ่ม โดยกลุ่มสุ่มผสมมีค่าเฉลี่ย 76.5 (±6.2) กลุ่มตามความสามารถ 80.1 (±5.5) และกลุ่มตามความสนใจสูงที่สุดที่ 83.9 (±5.0) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มสุ่มผสม กลุ่มตามความสามารถสูงกว่าร้อยละ 4.71 และกลุ่มตามความสนใจสูงกว่าร้อยละ 9.67 ขณะที่ความแตกต่างระหว่างกลุ่มตามความสนใจกับกลุ่มตามความสามารถอยู่ที่ร้อยละ 4.74 ความเสถียรของผลลัพธ์สะท้อนผ่านค่า CV ที่ลดลงอย่างชัดเจน ได้แก่ ร้อยละ 8.10 ในกลุ่มสุ่มผสม ร้อยละ 6.86 ในกลุ่มตามความสามารถ และลดลงเหลือเพียงร้อยละ 5.96 ในกลุ่มตามความสนใจ ซึ่งบ่งชี้ว่าองค์ประกอบด้านแรงจูงใจและการเลือกงานตามความสนใจช่วยลดความแปรปรวนภายในกลุ่มได้อย่างมีนัยสำคัญในเชิงปฏิบัติ ผลการวิเคราะห์ ANCOVA แสดงค่า $F(2, 28) = 2.45$, $p = 0.105$ แม้ค่า p จะไม่ถึงระดับนัยสำคัญ แต่ค่า Effect Size กลับอยู่ในระดับค่อนข้างใหญ่ แต่ค่า $\eta_p^2 = 0.149$

จัดอยู่ในระดับค่อนข้างใหญ่ และค่า Cohen's d ระหว่างกลุ่มตามความสนใจกับกลุ่มสุ่มมีค่า 1.32 (95% CI: 0.38–2.27) จัดเป็นผลกระทบเชิงปฏิบัติ "ขนาดใหญ่มาก" ความไม่สอดคล้องระหว่าง p-value และ Effect Size สอดคล้องกับข้อจำกัดเชิงสถิติที่เกิดจาก (1) ขนาดตัวอย่างต่อกลุ่มน้อย (≈10–11 คน), (2) ความแปรปรวนภายในสูง และ (3) โครงสร้างข้อมูลแบบคลัสเตอร์ ซึ่งส่งผลให้พลังจำแนกของ ANCOVA ลดลง แม้ผลลัพธ์มีความหมายเชิงการศึกษาอย่างเด่นชัด

5.2 ผลคุณภาพโครงงาน คะแนนคุณภาพโครงงานมีแนวโน้มสูงขึ้นต่อเนื่อง โดยกลุ่มสุ่มได้ 82.3 (±5.1) กลุ่มตามความสามารถได้ 85.6 (±4.8) และกลุ่มตามความสนใจสูงสุด 88.4 (±4.2) เมื่อเทียบกับกลุ่มสุ่ม กลุ่มตามความสามารถสูงกว่าร้อยละ 4.01 และกลุ่มตามความสนใจสูงกว่าร้อยละ 7.41 ความสม่ำเสมอของผลงานดีขึ้นชัดเจน ค่า CV ลดจากร้อยละ 6.20 ในกลุ่มสุ่ม เหลือร้อยละ 5.61 ในกลุ่มตามความสามารถ และร้อยละ 4.75 ในกลุ่มตามความสนใจ ผลการทดสอบด้วย ANCOVA ให้ค่า $F(2,28) = 2.65$, $p = 0.085$ แม้ไม่ผ่านเกณฑ์นัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มที่ชัด โดยค่า $\eta p^2 = 0.159$ อยู่ในระดับกลางค่อนไปทางสูง และค่า Cohen's d ระหว่างกลุ่มสนใจกับสุ่มมีค่า 1.31 (95% CI: 0.37–2.26) สะท้อนอิทธิพลเชิงปฏิบัติที่ใหญ่มาก การวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงผสมพบว่า ค่า $R^2m = 0.10$ อธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 10 และเมื่อรวมปัจจัยเสริม เช่น ผู้สอนร่วม การติดตามความก้าวหน้า และการเข้าถึงผู้ใช้จริง ค่า R^2c เพิ่มเป็น 0.25 หรือร้อยละ 25

5.3 ผลการมีส่วนร่วมเชิงพฤติกรรม ค่าเฉลี่ยการมีส่วนร่วมเชิงพฤติกรรมเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง โดยกลุ่มสุ่มได้ 3.8 (±0.4) กลุ่มตามความสามารถได้ 4.1 (±0.3) และกลุ่มตามความสนใจสูงสุด 4.3 (±0.3) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มสุ่ม กลุ่มตามความสามารถสูงกว่าร้อยละ 7.89 และกลุ่มตามความสนใจสูงกว่าร้อยละ 13.16 การทดสอบด้วย ANCOVA ให้ค่า $F(2,28) = 4.50$, $p = 0.020$ พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ โดยค่า $\eta p^2 = 0.243$ อยู่ในระดับใหญ่ และค่า Cohen's d ระหว่างกลุ่มสนใจกับกลุ่มสุ่มเท่ากับ 1.42 (95% CI: 0.47–2.38) สะท้อนผลเชิงปฏิบัติที่มีอิทธิพลสูงมาก ผลจากโมเดลเชิงผสมให้ค่า $R^2_m = 0.25$ และ $R^2_c = 0.50$

5.4 ผลการมีส่วนร่วมเชิงอารมณ์ ค่าเฉลี่ยการมีส่วนร่วมเชิงอารมณ์เพิ่มจาก 3.7 (±0.5) ในกลุ่มสุ่มเป็น 4.0 (±0.4) ในกลุ่มตามความสามารถ และ 4.2 (±0.3) ในกลุ่มตามความสนใจ การทดสอบด้วย ANCOVA ให้ค่า $F(2,28) = 0.50$, $p = 0.611$ ไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ โดยค่า $\eta p^2 = 0.034$ อยู่ในระดับเล็ก ขณะที่ค่า Cohen's d ระหว่างกลุ่มสนใจกับกลุ่มสุ่มมีค่า 1.23 (95% CI: 0.30–2.16) สะท้อนแนวโน้มอิทธิพลเชิงปฏิบัติที่ค่อนข้างใหญ่ แม้ช่วงความเชื่อมั่นกว้าง ผลการวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงผสมให้ค่า $R^2m = 0.03$ และ $R^2c = 0.06$

5.5 ผลการมีส่วนร่วมเชิงปัญญา ค่าเฉลี่ยการมีส่วนร่วมเชิงปัญญาเพิ่มจาก 3.6 (±0.4) ในกลุ่มสุ่ม เป็น 3.9 (±0.4) ในกลุ่มตามความสามารถ และสูงสุดที่ 4.1 (±0.3) ในกลุ่มตามความสนใจ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มสุ่ม กลุ่มตามความสามารถสูงกว่าร้อยละ 8.33 และกลุ่มตามความสนใจสูงกว่าร้อยละ 13.89 การทดสอบด้วย ANCOVA ให้ค่า $F(2,28) = 3.52$, $p = 0.043$ พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ โดยค่า $\eta p^2 = 0.201$ จัดอยู่ในระดับใหญ่ และค่า Cohen's d ระหว่างกลุ่มสนใจกับกลุ่มสุ่มเท่ากับ 1.42 (95% CI: 0.47–2.38) สะท้อนผลเชิงปฏิบัติที่มีอิทธิพลสูงมาก

การวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงผสมให้ค่า $R^2_m = 0.15$ และ $R^2_c = 0.40$ ซึ่งสะท้อนว่าตัวแปรการจัดกลุ่มเพียงอย่างเดียวสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 15 ขณะที่เมื่อรวมทั้งอิทธิพลของตัวแปรสุ่มและปัจจัยบริบททีมเข้าด้วยกัน ความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 40 แสดงถึงบทบาทเชิงบริบทที่สำคัญของโครงสร้างทีมต่อการมีส่วนร่วมเชิงปัญญา

5.6 ผลการวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นผสม การวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นผสม ซึ่งพิจารณาความพึ่งพิงภายในกลุ่มและความแปรปรวนระหว่างทีม พบว่า ค่า $R^2m = 0.08$ สามารถ

อธิบายความแปรปรวนของผลลัพธ์ได้ ร้อยละ 8 จากปัจจัยเชิงตรึง ได้แก่ วิธีการจัดทีมและคะแนนก่อนเรียน

เมื่อเพิ่มปัจจัยระดับบริบท และตัวแปรสุ่มแบบ team-level ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า R^2c เพิ่มขึ้นเป็น 0.15 หรือ ร้อยละ 15 ของความแปรปรวนรวม ซึ่งหมายความว่าความผันแปรที่ไม่สามารถอธิบายได้จากปัจจัยรายบุคคลเพียงอย่างเดียว ได้รับการอธิบายเพิ่มเติมจาก คุณลักษณะของทีมและกลไกสนับสนุนในการเรียนรู้

ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ระดับทีม (team-level mechanism) มีบทบาทสำคัญต่อผลลัพธ์ของผู้เรียน ประกอบด้วยประเด็นสำคัญดังนี้

1) ผลของโครงสร้างทีมต่อความก้าวหน้าของผู้เรียน ทีมที่จัดตามความสนใจและตามความสามารถมีแนวโน้มแบ่งบทบาท ทำงานอย่างเป็นระบบ และแลกเปลี่ยนข้อมูลอย่างมีคุณภาพมากกว่ากลุ่มสุ่ม ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันสูงขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่ LMM จับสัญญาณได้ แต่ ANCOVA แบบดั้งเดิมไม่สามารถตรวจพบได้อย่างชัดเจน

2) บทบาทของ Coaching Loop และ Milestone Review การโค้ชรายทีม และการตรวจความคืบหน้าเป็นช่วงทำให้ผู้เรียนได้รับ feedback เชิงลึกต่อกระบวนการออกแบบและการตัดสินใจ ซึ่งเป็นกลไกที่เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้เชิงระบบและสะท้อนผ่านค่า R^2_c ที่สูงขึ้น

3) Team Cohesion และแรงจูงใจร่วม ลักษณะทีมที่เกิดจากความสนใจร่วม หรือความสามารถใกล้เคียงกัน ส่งผลให้เกิดแรงจูงใจภายในสูงขึ้น ลดความขัดแย้งด้านบทบาท และช่วยเพิ่มคุณภาพของการสร้างสรรค์งาน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สอดคล้องกับแนวคิด Apprenticeship และ Project ในกรอบ I-MAP 4) การสะท้อนภาพรวมของระบบการเรียนรู้แบบ I-MAP ผลของ LMM สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ไม่ได้ขึ้นอยู่เฉพาะระดับบุคคล แต่ผูกพันอยู่กับกลไกระดับทีมซึ่งเป็นหัวใจของ I-MAP ได้แก่1) I (Image): การมีภาพเป้าหมายร่วมช่วยให้ทีมทำงานได้มีทิศทาง 2) M (Management): การวางแผน แบ่งบทบาท และกำกับกระบวนการร่วมกัน 3) A (Apprenticeship): การเรียนรู้ผ่านการลงมือทำและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ภายในทีม 4) P (Project): การสร้างชิ้นงานร่วมที่ต้องอาศัยความรับผิดชอบร่วมกัน

5. การอภิปรายผลและสรุป

5.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการผู้เรียนที่จัดกลุ่มตามความสนใจ

มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงที่สุด 83.9 (±5.0) รองลงมาคือกลุ่มตามความสามารถ 80.1 (±5.5) และกลุ่มสุ่ม 76.5 (±6.2) ลำดับดังกล่าวสะท้อนว่า “วิธีการจัดกลุ่ม” มิใช่เพียงโครงสร้างการแบ่งกลุ่มเชิงบริหาร แต่เป็น “กลไกการเรียนรู้เชิงเหตุผล” ที่มีผลจริงต่อคุณภาพผลลัพธ์ โดยคะแนนของกลุ่มตามความสนใจสูงกว่ากลุ่มสุ่มถึงร้อยละ 9.67 แสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าความสอดคล้องกับความสนใจเป็นตัวเร่งแรงจูงใจภายใน (intrinsic motivation) ซึ่งมีผลต่อผลลัพธ์อย่างเด่นชัด แม้ผลทางสถิติ $F(2,28) = 2.45$, $p = 0.105$ ยังไม่ผ่านเกณฑ์นัยสำคัญ แต่ค่า partial $\eta p^2 = 0.149$ จัดอยู่ในระดับค่อนข้างใหญ่ และค่า Cohen’s d = 1.32 (95% CI: 0.38–2.27) จัดอยู่ในระดับ “สูงมาก” [12,13] ซึ่งแสดงความสำคัญของการตีความแบบสหวิธี คือ ต้องอาศัยทั้ง p-value และ effect size เพื่อให้สะท้อนคุณค่าทางการศึกษาอย่างครบมิติ [14] ความไม่สอดคล้องระหว่างค่า p กับ Effect Size ในงานวิจัยนี้ยังอาจสะท้อนข้อจำกัดด้านขนาดตัวอย่างเมื่อแบ่งเป็นหลายคลัสเตอร์ (underpowered) ตามที่ Mills & Treagust [5] และ Lakens [13] ระบุว่ากลุ่มย่อยขนาดเล็กอาจทำให้ผลแบบดั้งเดิมไม่ชัดแม้ผลเชิงปฏิบัติสูง กลไกเชิงเหตุผลที่อธิบายผลนี้ คือ องค์ประกอบของกรอบ I-MAP โดยเฉพาะ Image (การมีภาพเป้าหมายร่วม) และ Apprenticeship (การเรียนรู้ผ่านปฏิบัติจริง) ในการออกแบบโครงงานที่สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน ทำให้เกิดแรงขับภายในตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสม์[8,16] และ Self-Determination Theory [17] ซึ่งส่งผลให้เกิดผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นอย่างมีระบบ ผลนี้ยังสอดคล้องกับงานของ Strobel & van Barneveld [7] และ Freeman et al. [2] ที่ยืนยันว่า PBL สร้างผลลัพธ์ที่มีความหมายแม้ผลสถิติแบบดั้งเดิมไม่เด่นชัด และสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ที่ใช้บริบทจริงของ Prince & Felder [6]

5.2 ผลคุณภาพของโครงงาน ผลของคุณภาพโครงงานพบแนวโน้มสอดคล้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยกลุ่มตามความสนใจมีคะแนนสูงสุด 88.4 (±4.2) รองลงมาคือกลุ่มตามความสามารถ 85.6 (±4.8) และกลุ่มสุ่ม 82.3 (±5.1) ความแตกต่างนี้แสดงให้เห็นว่า "ความสอดคล้องกับความสนใจ" ไม่เพียงเพิ่มคะแนนบทเรียน แต่ส่งผลต่อ "คุณภาพของผลงาน" ที่ต้องใช้ทักษะการคิดวิเคราะห์และการออกแบบร่วมด้วย แม้ค่า $F(2,28) = 2.65$, $p = 0.085$ ไม่ถึงระดับนัยสำคัญ แต่ค่า partial $\eta p^2 = 0.159$ และค่า Cohen's d = 1.31 (95% CI: 0.37–2.26) แสดงระดับอิทธิพลที่สูงมาก [12,13] ซึ่งสะท้อนว่าประโยชน์เชิงการศึกษามีความสำคัญ แม้ผลสถิติแบบดั้งเดิมยังไม่ชัดเจน กลไกที่อธิบายผลนี้คือการทำงานร่วมกันขององค์ประกอบ Management และ Project ใน I-MAP ซึ่งเสริมความรับผิดชอบร่วม (collective ownership) การแบ่งบทบาทที่ชัดเจน (role distribution) และการปรับแก้ชิ้นงานตาม feedback ใน Coaching Loop ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับ SDT [17], Bell [3], Kokotsaki et al. [4] และกรอบ CDIO ของ Prince & Felder [6] ที่ชี้ว่าการปฏิบัติจริงช่วยสร้างความเข้าใจลึกและผลงานคุณภาพสูง

5.3 ผลการมีส่วนร่วมเชิงพฤติกรรม ผลการมีส่วนร่วมเชิงพฤติกรรมพบว่ากลุ่มตามความสนใจสูงที่สุด 4.3 (±0.3) รองลงมาคือกลุ่มตามความสามารถ 4.1 (±0.3) และกลุ่มสุ่ม 3.8 (±0.4) ค่า $F(2,28) = 4.50$, $p = 0.020$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่า partial $\eta p^2 = 0.243$ และ Cohen's d = 1.42 (95% CI: 0.47–2.38) จัดอยู่ในระดับอิทธิพลสูงมาก [12, 13] ผลนี้อธิบายผ่านกลไกของ SDT [17] ว่า "autonomy ร่วมกับ relatedness" เป็นตัวผลักดันการมีส่วนร่วม และสอดคล้องกับงานวิจัยด้าน active learning ของ Freeman et al. [2] ที่ยืนยันว่า PBL เพิ่มการมีส่วนร่วมจริงจังและลดการไม่เข้าเรียน องค์ประกอบของ I-MAP ที่สัมพันธ์โดยตรงคือ Management และ Coaching Loop ซึ่งทำให้ผู้เรียนรับ feedback ต่อเนื่อง เกิด sense of progress และความรับผิดชอบร่วม

5.4 ผลการมีส่วนร่วมเชิงอารมณ์ กลุ่มตามความสนใจมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด 4.2 (±0.3) รองลงมาคือกลุ่มตามความสามารถ 4.0 (±0.4) และกลุ่มสุ่ม 3.7 (±0.5) แต่ค่า $F(2,28) = 0.50$, $p = 0.611$ ยังไม่พบความแตกต่าง โดยค่า partial $\eta p^2 = 0.034$ แม้อยู่น้อย แต่ค่า Cohen's d = 1.23 (95% CI: 0.30–2.16) แสดงแนวโน้มอิทธิพลเชิงปฏิบัติที่ใหญ่ [12, 13] ความไม่สอดคล้องระหว่างค่า p และ Effect Size อาจเกิดจาก Ceiling Effect ซึ่งสอดคล้องกับ Skinner et al. [18] ที่ชี้ว่า Emotional Engagement มักสูงอยู่แล้วใน PBL และดัชนีเฉลี่ยรวมอาจไม่ไวพอ การตีความจึงต้องอาศัย Effect Size ร่วมกับคุณภาพข้อมูลเชิงคุณภาพ สูตรการตีความแบบสหวิธีช่วยลดอคติจาก Underpowered ANCOVA

5.5 ผลการมีส่วนร่วมเชิงปัญญา กลุ่มตามความสนใจ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด 4.1 (±0.3) รองลงมาคือกลุ่มตามความสามารถ 3.9 (±0.4) และกลุ่มสุ่ม 3.6 (±0.4) ค่า $F(2,28) = 3.52$, $p = 0.043$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ค่า Partial $\eta p^2 = 0.201$ และค่า Cohen's d = 1.42 (95% CI: 0.47–2.38) อยู่ในระดับสูงมาก [12, 13]

กลไกสำคัญคือการที่ผู้เรียนทำโครงงานที่ตรงกับความสนใจ ทำให้เกิด "Deep Cognitive Engagement" เช่น การคิดวิเคราะห์ ตั้งคำถาม และเชื่อมโยงความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับคอนสตรัคติวิสม์ของ Piaget [19] และ Vygotsky [20] องค์ประกอบใน I-MAP ที่อธิบายผลนี้ได้ดีที่สุดคือ Image และ Apprenticeship ซึ่งมุ่งให้ผู้เรียนสร้างความหมายผ่านโจทย์จริงและปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

5.6 การสนับสนุนของโมเดลเชิงผสม (LMM) และกลไกระดับทีม ผล LMM แสดงค่า $R^2m = 0.08$ แต่ R^2c เพิ่มขึ้นเป็น 0.15 ซึ่งชี้ชัดว่าปัจจัยระดับทีมมีบทบาทสำคัญต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ การเพิ่มขึ้นของ R^2c แสดงให้เห็นว่าปัจจัย เช่น Peer Feedback, Shared Goal, Role distribution, interaction quality และ Coaching Loop ของ I-MAP ส่งผลต่อการพัฒนาผู้เรียนอย่างมีระบบ ผลเชิงคุณภาพสนับสนุนกลไกเหล่านี้ เช่น ผู้เรียนระบุว่า"ได้แรงจูงใจมากขึ้นเพราะงานช่วยเด็กจริง"

"การแบ่งหน้าที่ชัดเจนทำให้งานเสร็จเร็วและคุณภาพดีขึ้น" "feedback จากเพื่อนช่วยให้แก้แบบได้ตรงจุด" หลักฐานคุณภาพเหล่านี้สอดคล้องกับ Variance ที่ LMM จับได้ และช่วยเปิดเผย "Mechanism of Change" ตามกรอบ I-MAP อย่างชัดเจน

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Deslauriers, L. and et al. 2019. "Measuring actual learning vs. feeling of learning in response to active learning," *PNAS*, 116(39): pp. 19251–19257.

[2] Freeman, S. and et al. 2014. "Active learning increases student performance in STEM," *PNAS*, 111(23): pp. 8410–8415.

[3] Bell, S. 2010. "Project-based learning for the 21st century: Skills for the future," *The Clearing House*, 83(2): pp. 39–43.

[4] Kokotsaki, D., Menzies, V. and Wiggins, A. 2016. "Project-based learning: A review of the literature," *Improving Schools*, 19(3): pp. 267–277.

[5] World Economic Forum. 2020. *The Future of Jobs Report 2020*. Geneva: WEF.

[6] Prince, M. J. and Felder, R. M. 2006. "Inductive teaching and learning: Definitions, comparisons, and research bases," *Journal of Engineering Education*, 95(2): pp. 123–138.

[7] Strobel, J. and van Barneveld, A. 2009. "When is PBL more effective? A meta-synthesis of meta-analyses," *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 3(1).

[8] Hmelo-Silver, C. E. 2004. "Problem-based learning: What and how do students learn?" *Educational Psychology Review*, 16(3): pp. 235–266.

[9] Wannarit, L. O. and Ritudom, K. 2024. "Psychometric properties of the Thai Qualifications Framework for Higher Education instrument among Royal Thai Air Force nurse stakeholders," *Belitung Nursing Journal*, 10(2): pp. 176–187.

[10] Coyle, E. J., Jamieson, L. H. and Oakes, W. C. 2005. "EPICS: Engineering Projects in Community Service," *International Journal of Engineering Education*, 21(1): pp. 139–150.

[11] Weerapong, P. and Numnaphol, U. 2018. "Upgrading Thai folk-designed rehabilitative devices for children with cerebral palsy: A systematic approach," *Engineering Journal*, 22(6): pp. 207–228.

[12] Cohen, J. 1988. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

[13] Lakens, D. 2013. "Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs," *Frontiers in Psychology*, 4: pp. 863.

[14] Nakagawa, S. and Schielzeth, H. 2013. "A general and simple method for obtaining R^2 from generalized linear mixed-effects models," *Methods in Ecology and Evolution*, 4(2): pp. 133–142.

[15] Kamnamung, M. 1999. *Fundamental technology practice*. Phuket: Department of Industrial Arts, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat Institute. (in Thai)

[16] Savery, J. R. 2006. "Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions," *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1): pp. 9–20.

[17] Ryan, R. M. and Deci, E. L. 2000. "Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being," *American Psychologist*, 55(1): pp. 68–78.

[18] Skinner, E. A. and et al. 2008. "Engagement and disaffection in the classroom," *Journal of Educational Psychology*, 100(4): pp. 765–781.

[19] Piaget, J. 1970. *Science of education and the psychology of the child*. New York: Orion Press.

[20] Vygotsky, L. S. 1978. *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

บทความวิจัย : Research article

ความสัมพันธ์ระหว่างความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อโครงร่างกับความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ของการทำงานกับคอมพิวเตอร์ของบุคลากรสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งหนึ่ง

THE RELATIONSHIP BETWEEN MUSCULOSKELETAL DISORDERS AND COMPUTER-RELATED ERGONOMIC RISKS AMONG PERSONNEL AT A PRIVATE HIGHER EDUCATION INSTITUTION

ภัทรภณ นิลสิงห์[1*], กล้าณรงค์ อินต๊ะวงค์[1]

Pattarapon Nilsing[1*], Klanarong Intawong[1]

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

[1] Bachelor of Science program in Occupational Health and Safety, Northern College

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: t.pattara22@gmail.com

วันที่รับบทความ: 11 กันยายน 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 14 ตุลาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 13 ธันวาคม 2568;
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 29 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ: การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงภาคตัดขวาง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ และหาความสัมพันธ์ระหว่างความผิดปกติของระบบกระดูกและโครงร่างกับความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ของการทำงานกับคอมพิวเตอร์ของบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ในสถาบันอุดมศึกษาเอกชน จำนวน 77 คน จากการศึกษาพบว่าบุคลากรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 63.63) มีอายุระหว่าง 31-35 ปี (ร้อยละ 41.55) ($\bar{x}$ = 34.18, S.D.= 6.25) ส่วนใหญ่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 61-70 กิโลกรัม (ร้อยละ 37.66) ($\bar{x}$ = 65.12, S.D.= 13.69) มีส่วนสูงน้อยกว่า 160 เซนติเมตร (ร้อยละ 41.56) ($\bar{x}$ = 164.38, S.D.= 6.50) มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) มากกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ร้อยละ 45.45) และ 18.50-22.90 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ร้อยละ 41.56) ($\bar{x}$ = 24.03, S.D.= 1.06) ตามลำดับ มีอายุงาน 1-2 ปี (ร้อยละ 25.97) ($\bar{x}$ = 2.68, S.D.= 1.23) ทำงาน 5 วันต่อสัปดาห์ (ร้อยละ 66.23) จากการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี Rapid Office Strain Assessment (ROSA) พบว่าเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุนส่วนใหญ่มีผลคะแนนความเสี่ยงทางการยศาสตร์ระหว่าง 5-7 คะแนน จำนวน 62 คน (ร้อยละ 80.52) ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์มีความเสี่ยงสูง และควรมีการวิเคราะห์สถานีงานเพิ่มเติมเพื่อทำการปรับปรุง รองลงมาคือค่าคะแนน 8-10 จำนวน 15 คน (ร้อยละ 19.48) สำหรับอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ พบว่าในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมามีอาการผิดปกติมากที่สุดคือ บริเวณข้อมือ/มือ (ร้อยละ 80.52) รองลงมาคือ บริเวณคอ (ร้อยละ 77.92) และหลังส่วนล่าง (ร้อยละ 71.42) ตามลำดับ อีกทั้งความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ยังมีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อโครงร่างบริเวณข้อมือและมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.001) ดังนั้นควรมีการวิเคราะห์สถานีงานเพิ่มเติมและทำการปรับปรุงโดยเร่งด่วน จากการศึกษาพบว่าบุคลากรมักเผชิญกับความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในการทำงาน เนื่องจากระดับคะแนนจากการประเมินส่วนใหญ่เกินกว่า 4 คะแนน ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ความเสี่ยงต่ำจึงจำเป็นต้องมีการติดตามผลอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: การยศาสตร์, การประเมินความเสี่ยง, การทำงานกับคอมพิวเตอร์

Abstract: This cross-sectional study aimed to assess ergonomic risks and determine the relationship between ergonomic risks and musculoskeletal disorders (MSDs) among 77 computer-using personnel at a private higher education institution. The results showed that the majority of participants were male (63.63%) and aged between 31-35 years (41.55%) ($\bar{x}$ = 34.18, S.D. = 6.25). Most participants had a body weight between 61-70 kg (37.66%) ($\bar{x}$ = 65.12, S.D. = 13.69) and a height of less than 160 cm (41.56%) ($\bar{x}$ = 164.38, S.D. = 6.50). Regarding Body Mass Index (BMI), 45.45% had a BMI greater than 30 kg/m^2 followed by 41.56% in the 18.50-22.90 kg/m2 range ($\bar{x}$ = 24.03, S.D. = 1.06). Most had 1-2 years of work experience (25.97%) ($\bar{x}$ = 2.68, S.D. = 1.23) and worked 5 days per week (66.23%). The ergonomic risk assessment using the Rapid Office Strain Assessment (ROSA) indicated that the majority of support staff (62 persons, 80.52%) had scores between 5 and 7, classified as high risk, requiring further workstation analysis for improvement. This was followed by 15 persons (19.48%) with scores between 8 and 10. Regarding MSDs over the past 12 months, the most frequently reported symptoms were in the wrist/hand (80.52%), followed by the neck (77.92%) and lower back (71.42%), respectively. Furthermore, a statistically significant association was found between ergonomic risks and MSDs in the wrist and hand regions (p-value < 0.001). Therefore, urgent workstation analysis and improvements are recommended. The study concludes that personnel are frequently exposed to ergonomic risks, as assessment scores consistently exceeded the low-risk threshold (scores > 4), necessitating ongoing monitoring.

Key words: Ergonomics, Risk Assessment, Working with Computer

1. บทนำ

ในยุคปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้ถูกนำมาใช้ในการทำงานอย่างแพร่หลายทุกประเทศทั่วโลกหลาย องค์กรได้นำการใช้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ เข้ามามีบทบาทสำคัญในการทำงานหลาย ๆ แผนก โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะการทำงานแบบสำนักงาน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่สามารถประยุกต์ใช้กับงาน ต่าง ๆ ได้สะดวก มีประสิทธิภาพ และรวดเร็ว มีประโยชน์ในด้านการสื่อสารการเก็บข้อมูลลดการใช้กระดาษ และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน [1]

ปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC/ Desktop) คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook/ Laptop Netbook) และคอมพิวเตอร์พกพาขนาดกลาง (Tablet) เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ช่วยให้การปฏิบัติงานหลาย ประเภทเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และได้ผลสำเร็จโดยใช้เวลาที่สั้นลง จากการสำรวจข้อมูลพบว่าในปี พ.ศ. 2566 ประเทศไทย มีจำนวนผู้ใช้คอมพิวเตอร์ จากผลการสำรวจประชาชนที่มีอายุ 6 ปีขึ้นไป ในปี พ.ศ. 2566 ประมาณ 65.8 ล้านคน พบว่ามีผู้ใช้อินเทอร์เน็ต 58.1 ล้านคน (ร้อยละ 88.4) [2]

อาชีพที่ได้รับผลกระทบจากการใช้คอมพิวเตอร์ของเจ้าหน้าที่ฯ ที่ทำงานเกี่ยวกับเอกสารและงาน วิชาการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นอุปกรณ์หลักในการปฏิบัติงานต่าง ๆ ลักษณะเป็นการนั่งทำงานกับ คอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่องมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน และสถานีงานคอมพิวเตอร์มีลักษณะไม่เหมาะสม เช่น เก้าอี้ไม่สามารถปรับระดับความสูงได้ ตำแหน่งของแป้นพิมพ์อยู่สูงกว่าระดับข้อศอก นั่งก้มตัวโดยไม่พิง พนักเก้าอี้ เป็นต้น [3] จึงทำให้ร่างกายรู้สึกไม่สบาย และยังมีปัญหาทางสุขภาพอื่นตามมา ได้แก่ ปวดหลัง ปวดคอ ปวดขา เมื่อยล้าตา การเคลื่อนไหว

ผิดปกติ ท่าทางการนั่ง และการจัดสถานีงานที่เหมาะสมตาม หลักการยศาสตร์ (Ergonomic) จะสามารถลดอาการล้า และความไม่สบาย ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ เจ้าหน้าที่ฯ ที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ โดยใช้แบบแบบสอบถามไปประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ Rapid Office Strain Assessment (ROSA) เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงอุปกรณ์ และท่าทางการนั่งทำงานให้เหมาะสม กับการปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์ และทราบระดับความเสี่ยงที่สามารถเป็นแนวทาง ในการเฝ้าระวัง และป้องกันการเกิดปัญหาสุขภาพเกี่ยวกับระบบโครงร่าง และกล้ามเนื้อหรือกลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรมต่อไป [9]

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ของเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุน ที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์

2.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความผิดปกติของระบบกระดูกและโครงร่างกับความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ของการทำงานกับคอมพิวเตอร์ ของบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

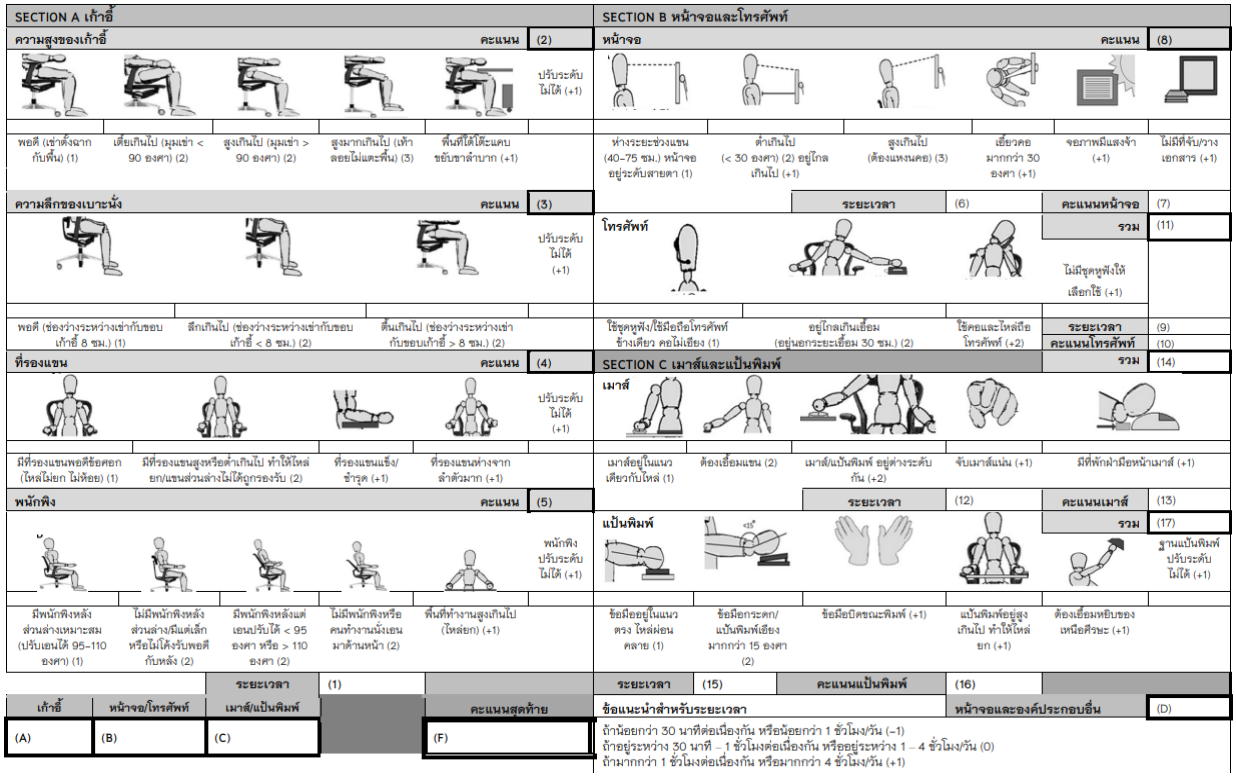
การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงภาคตัดขวางนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในเจ้าหน้าที่ที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ และปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์เฉลี่ยมากกว่า 4 ชั่วโมง ต่อวัน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามทั้งหมด 3 ส่วน ประกอบด้วยส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 ประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยเทคนิค Rapid Office Strain Assessment (ROSA) และส่วนที่ 3 Standard Nordic Questionnaire ใช้สำหรับประเมินอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของร่างกายในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ บุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ จำนวน 77 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยแบบเจาะจง โดยใช้บุคลากรที่มีการทำงานกับคอมพิวเตอร์ทั้งหมด ซึ่งคือกลุ่มเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุนที่มีการนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์ทุกคน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามข้อมูล โดยประกอบด้วยเนื้อหา 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่

3.2.1 ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปคำถามในส่วนนี้ ประกอบด้วย เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง อายุงาน โรคประจำตัวระยะเวลาในการใช้งานคอมพิวเตอร์ในแต่ละวัน และประวัติการบาดเจ็บ และการเจ็บป่วยของเจ้าหน้าที่ที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์

3.2.2 ส่วนที่ 2 การประเมินความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ด้วยวิธี Rapid Office Strain Assessment (ROSA) การประเมิน ROSA ใช้บ่งชี้ปัจจัยเสี่ยงของเจ้าหน้าที่ฯ ROSA เป็นเครื่องมือที่ออกมาหลัง RULA และ REBA แต่ใช้หลักการประเมินโดยรูปภาพ เช่นเดียวกัน วัตถุประสงค์ของการประเมินโดย ROSA คือ การใช้เป็นเครื่องมือในการบ่งชี้จุดที่มีปัจจัยเสี่ยงในการทำงานในวิทยาลัยเป็นหลักโดยพิจารณาจากอุปกรณ์ที่ใช้งาน เช่น เก้าอี้หน้าจอคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ เมาส์ แป้นพิมพ์ นอกจากนั้นยังพิจารณาถึงระยะเวลาในการใช้งานอุปกรณ์นั้น ๆ ด้วย ผลคะแนนของ การประเมินจะมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 คะแนน ROSA ที่มากกว่า 5 แปลว่าเป็นจุดที่มีความเสี่ยงสูง และควร จะมีการวิเคราะห์สถานีงานเพิ่มเติมเพื่อการปรับปรุง และลดภาวะเสี่ยงที่เกิดขึ้น [7] การประเมิน ROSA ใช้หลักการประเมินจากรูปภาพโดยพิจารณาจากอุปกรณ์ที่ใช้งาน เช่น เก้าอี้ หน้าจอคอมพิวเตอร์ เมาส์ แป้นพิมพ์ และพิจารณาระยะเวลาในการใช้งานอุปกรณ์นั้น ๆ ประกอบด้วยขั้นตอน ดังต่อไปนี้ [9]



ภาพที่ 1 แบบประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในสำนักงาน

ที่มา: MICHAEL SONNE, MHK, CK. (2012) แปลโดย วันเพ็ญ ทรงคำ (2563)

วิธีการคำนวนหาค่าความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ด้วยวิธี Rapid Office Strain Assessment (ROSA) การประเมิน ROSA ดังตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1 ตาราง Matrix 1

โทรศัพท์ (11)	หน้าจอ (8)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	1	1	1	2	3	4	5	6
1	1	1	2	2	3	4	5	6
2	1	2	2	3	3	4	6	7
3	2	2	3	3	4	5	6	8
4	3	3	4	4	5	6	7	8
5	4	4	5	5	6	7	8	9
6	5	5	6	7	8	8	9	9

3.2.2.1 วิธีคิดคะแนน ROSA (section A)

ดำเนินการดังนี้ 1) ใส่คะแนนระยะเวลาของการนั่งเก้าอี้ (1) 2) นำคะแนนความสูงและความลึกของเบาะนั่งมาบวกกัน (2+3) 3) นำคะแนนที่รองแขนและพนักพิงมาบวกกัน (4+5) 4) นำมาเข้าตาราง matrix 1 5) ได้ตัวเลขในตาราง matrix 1 เท่าไร ให้นำไปบวกกับระยะเวลา (1) และ 6) จะได้คะแนน section A หรือ “เก้าอี้” เท่ากับ (A)

ตารางที่ 2 ตาราง Matrix 2

ความสูง/ความลึกของเบาะนั่ง (2+3)	ที่รองแขน/พนักพิง (4+5)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
2	1	2	3	4	5	6	7	8
3	2	2	3	4	5	6	7	8
4	3	3	3	4	5	7	7	8
5	4	4	4	4	5	7	7	8
6	5	5	5	5	5	8	8	9
7	6	6	6	7	7	8	9	9
8	7	7	7	8	8	9	9	9

3.2.2.2 วิธีคิดคะแนน ROSA (section B)

ดำเนินการดังนี้ 1) ใส่คะแนนระยะเวลาของหน้าจอ (6) 2) นำคะแนนหน้าจอ (7) บวกระยะเวลา (6) ได้เท่าไร เอาคะแนนรวมไปใส่ที่ (8) 3) ใส่คะแนนระยะเวลาของโทรศัพท์ (9) 4) นำคะแนนโทรศัพท์ (10) บวกระยะเวลา (9) ได้เท่าไร เอาคะแนนรวมไปใส่ที่ (11) 5) นำคะแนนหน้าจอ (8) และคะแนนโทรศัพท์ (11) มาเข้าตาราง matrix 2 และ 6) จะได้

คะแนน section B หรือ “หน้าจอและโทรศัพท์” เท่ากับ (B)

ตารางที่ 3 ตาราง Matrix 3

เม้าส์ (14)	แป้นพิมพ์ (17)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	1	1	1	2	3	4	5	6
1	1	1	2	3	4	5	6	7
2	1	2	2	3	4	5	6	7
3	2	3	3	3	5	6	7	8
4	3	4	4	5	5	6	7	8
5	4	5	5	6	6	7	8	9
6	5	6	6	7	7	8	8	9
7	6	7	7	8	8	9	9	9

3.2.2.3 วิธีคิดคะแนน ROSA (section C)

ดำเนินการดังนี้ 1) ใส่คะแนนระยะเวลาของเม้าส์ (12) 2) นำคะแนนเม้าส์ (13) บวกระยะเวลา (12) ได้เท่าไร เอาคะแนนรวมไปใส่ที่ (14) 3) ใส่คะแนนระยะเวลาของแป้นพิมพ์ (15) 4) นำคะแนนแป้นพิมพ์ (16) บวกระยะเวลา (15) ได้เท่าไร เอาคะแนนรวมไปใส่ที่ (17) 5) นำคะแนนเม้าส์ (14) และคะแนนแป้นพิมพ์ (17) มาเข้าตาราง matrix 3 และ 6) จะได้คะแนน section C หรือ “เม้าส์และแป้นพิมพ์” เท่ากับ (C)

ตารางที่ 4 ตาราง Matrix 4

หน้าจอและโทรศัพท์ (B)	เม้าส์และแป้นพิมพ์ (C)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	2	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3	3	3	4	5	6	7	8	9
4	4	4	4	4	5	6	7	8	9
5	5	5	5	5	5	6	7	8	9
6	6	6	6	6	6	6	7	8	9
7	7	7	7	7	7	7	7	8	9
8	8	8	8	8	8	8	8	8	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

3.2.2.4 วิธีคิดคะแนน ROSA (section D)

ดำเนินการดังนี้ 1) นำคะแนน “หน้าจอและโทรศัพท์” (B) และ “เม้าส์และแป้นพิมพ์” (C) มาเข้าตาราง matrix 4 2) จะได้คะแนน section D หรือ “หน้าจอและองค์ประกอบอื่น” เท่ากับ (D)

ตารางที่ 5 ตาราง Matrix 5

เก้าอี้ (A)	หน้าจอและองค์ประกอบอื่น (D)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	3	3	3	4	5	6	7	8	9	10
4	4	4	4	4	5	6	7	8	9	10
5	5	5	5	5	5	6	7	8	9	10
6	6	6	6	6	6	6	7	8	9	10
7	7	7	7	7	7	7	7	8	9	10
8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	10
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

3.2.2.5 วิธีคิดคะแนน Final Score

ดำเนินการดังนี้ 1) นำคะแนน “เก้าอี้” (A) และ “หน้าจอและองค์ประกอบอื่น” (D) มาเข้าตาราง matrix 5 2) จะได้คะแนนสุดท้าย (F) และ 3) ผลสรุปคือ ถ้าคะแนนสุดท้ายของ ROSA มีค่า ≥ 5 จะถือว่ามีความเสี่ยงสูง (high risk) ควรมีการดำเนินการประเมินทางการยศาสตร์โดยละเอียด รวมทั้งปรับปรุง สถานที่ทำงานอย่างเร่งด่วน

3.2.3 ส่วนที่3 แบบประเมิน Standard Nordic Questionnaire ใช้สำหรับประเมินอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและ กล้ามเนื้อของร่างกายในช่วง 12 เดือน ก่อนทำการวิจัย โดยแบบสอบถามนี้ใช้สำรวจการเจ็บปวดตามร่างกายส่วนต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ คอ หัวไหล่ ข้อศอก ข้อมือ/มือ หลังส่วนบน หลังส่วนล่าง ต้นขา เข่าและขา/เท้า โดยการสอบถามกลุ่มตัวอย่างว่ามีอาการเจ็บปวดบริเวณดังกล่าวว่ามีอาการหรือไม่ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา หากมีอาการบันทึกผลโดยการทำเครื่องหมายถูกหน้าคำว่า ใช่ และระบุว่าเป็นเพียงข้างใดข้างหนึ่ง หรือ ทั้ง 2 ข้าง ทั่วทั้งร่างกาย หากพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีอาการเจ็บปวดบริเวณจุดต่าง ๆ ของร่างกายตามที่ระบุในแบบสอบถาม ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง หรือ มากกว่า 1 ตำแหน่งขึ้นไปขึ้นไป ให้ถือว่าผู้นั้นมีความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อโครงร่างเกิดขึ้น [8]

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Chi-Square โดยพิจารณาค่า P-value ที่มีค่าน้อยกว่า 0.05 หรือมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.4 จริยธรรมการวิจัย งานวิจัยนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการวิจัยเกี่ยวกับมนุษย์ของวิทยาลัยนอร์ทเทิร์น จังหวัดตาก ใบรับรองเลขที่NTC888-0097 วันที่ 1 มิถุนายน 2568

4. ผลการศึกษาวิจัย

บุคลากรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (63.63%) มีอายุระหว่าง 31-35 ปี (41.55%) ($\bar{x}$ = 34.18, S.D.= 6.25) ส่วนใหญ่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 61-70 กิโลกรัม (37.66%) ($\bar{x}$ = 65.12, S.D.= 13.69) มีส่วนสูงน้อยกว่า 160 เซนติเมตร (41.56%) ($\bar{x}$ = 164.38, S.D.= 6.50) มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) มากกว่า 30 (45.45%) และ 18.50-22.90 (41.56%) ($\bar{x}$ = 24.03, S.D.=1.06) ตามลำดับ มีอายุงาน 1-2 ปี (25.97%) ($\bar{x}$ = 3.23, S.D.= 1.38) ทำงาน 5 วันต่อสัปดาห์ (66.23%) แสดงดังตารางที่ 6-8

ตารางที่ 6 ตารางสรุปผลการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี Rapid Office Strain Assessment (ROSA)

สรุปผลการประเมิน			
คะแนน	**จำนวนคน**	**ร้อยละ**	**เกณฑ์การสรุปผล**
1-4 คะแนน	-	-	ยังไม่มีความเสี่ยง แต่ต้องมีติดตามผล
5-7 คะแนน	62	80.52	มีความเสี่ยงสูงและควรมีการวิเคราะห์สถานีงานเพิ่มเติม เพื่อทำการปรับปรุง
8-10 คะแนน	15	19.48	มีความเสี่ยงสูงมาก ต้องปรับปรุงโดยเร่งด่วน

จากตารางที่ 6 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี Rapid Office Strain Assessment (ROSA) ผลคะแนนการประเมินเจ้าหน้าที่ฯ ไม่อยู่ในเกณฑ์คะแนน 1–4 ที่ยังไม่มีความเสี่ยง แต่ต้องมีติดตามผล และพบว่าเจ้าหน้าที่ฯ มีผลคะแนนการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ระหว่าง 5-7 คะแนน จำนวน 62 คน (ร้อยละ 80.52) ซึ่งมีความเสี่ยงสูง และควรมีการวิเคราะห์สถานีงานเพิ่มเติมเพื่อทำการปรับปรุง และค่าคะแนน 8 -10 จำนวน 15 คน (ร้อยละ 19.48) ซึ่งมีความเสี่ยงสูงมาก ควรมีการวิเคราะห์สถานีงานเพิ่มเติม เพื่อทำการปรับปรุงโดยเร่งด่วน

ตารางที่ 7 ตำแหน่งของร่างกายที่มีอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของร่างกายในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมาของบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์

ตำแหน่งของร่างกายที่มีอาการผิดปกติ	จำนวน	ร้อยละ
คอ		
- มีอาการ	60	77.92
- ไม่มีอาการ	17	22.07
ไหล่		
- มีอาการ (ข้างซ้าย, ข้างขวา)	65	84.41
- ไม่มีอาการ	12	15.58
หลังส่วนบน		
- มีอาการ	51	66.23
- ไม่มีอาการ	26	33.77
ต้นแขน/ข้อศอก		
- มีอาการ (ข้างซ้าย, ข้างขวา)	58	75.32
- ไม่มีอาการ	19	24.68
ข้อมือ/มือ		
- มีอาการ (ข้างซ้าย, ข้างขวา)	62	80.52
- ไม่มีอาการ	15	19.48
หลังส่วนล่าง		
- มีอาการ	55	71.42
- ไม่มีอาการ	22	28.58
สะโพก/ต้นขา		
- มีอาการ (ข้างซ้าย, ข้างขวา)	47	61.04
- ไม่มีอาการ	30	38.96
เข่า		
- มีอาการ (ข้างซ้าย, ข้างขวา)	21	27.27
- ไม่มีอาการ	56	72.73
ข้อเท้า/เท้า		
- มีอาการ (ข้างซ้าย, ข้างขวา)	5	6.49
- ไม่มีอาการ	72	93.51

จากตารางที่ 7 อาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ พบว่าในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมามีอาการผิดปกติมากที่สุดคือบริเวณข้อมือ/มือ (80.52%) รองลงมาคือ มีอาการผิดปกติที่บริเวณคอ (77.92%) และหลังส่วนล่าง (71.42%) ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างแบบประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี Rapid Office Strain Assessment (ROSA) กับตำแหน่งของร่างกายที่มีอาการผิดปกติในช่วง 12 เดือน ที่ผ่านมา

ความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์	อาการผิดปกติในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา				Chi-Square (x^2)	p-value
	มีอาการ		ไม่มีอาการ			
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ		
คอ						
- ยังไม่มีความเสี่ยง	27	75.00%	9	25.00%	1.31	0.119
- มีความเสี่ยงสูง	29	85.29%	5	14.71%		
- มีความเสี่ยงสูงมาก	6	85.71%	1	14.29%		
ไหล่						
- ยังไม่มีความเสี่ยง	34	94.44%	2	5.56%	1.58	0.019
- มีความเสี่ยงสูง	30	88.24%	4	11.76%		
- มีความเสี่ยงสูงมาก	7	100.00%	0	0.00%		
หลังส่วนบน						
- ยังไม่มีความเสี่ยง	28	77.78%	8	22.22%	2.26	0.167
- มีความเสี่ยงสูง	29	85.29%	5	14.71%		
- มีความเสี่ยงสูงมาก	7	100.00%	0	0.00%		
แขน/ข้อศอก						
- ยังไม่มีความเสี่ยง	34	94.44%	2	5.56%	0.63	0.090
- มีความเสี่ยงสูง	33	97.06%	1	2.94%		
- มีความเสี่ยงสูงมาก	7	100.00%	0	0.00%		
ข้อมือ/มือ						
- ยังไม่มีความเสี่ยง	30	83.33%	6	16.67%	0.78	0.001
- มีความเสี่ยงสูง	26	78.79%	7	21.21%		
- มีความเสี่ยงสูงมาก	6	85.71%	1	14.29%		
หลังส่วนล่าง						
- ยังไม่มีความเสี่ยง	32	88.89%	4	11.11%	0.89	0.095
- มีความเสี่ยงสูง	31	91.18%	3	8.82%		
- มีความเสี่ยงสูงมาก	7	100.00%	0	0.00%		
สะโพก/ต้นขา						
- ยังไม่มีความเสี่ยง	28	77.78%	8	22.22%	1.37	0.791
- มีความเสี่ยงสูง	25	73.53%	9	26.47%		
- มีความเสี่ยงสูงมาก	6	85.71%	1	14.29%		
เข่า						
- ยังไม่มีความเสี่ยง	33	91.67%	3	8.33%	1.45	0.739

ความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์	อาการผิดปกติในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา				Chi-Square (x^2)	p-value
	มีอาการ		ไม่มีอาการ			
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ		
- มีความเสี่ยงสูง	33	97.06%	1	2.94%		
- มีความเสี่ยงสูงมาก	7	100.00%	0	0.00%		
ข้อเท้า/เท้า						
- ยังไม่มีความเสี่ยง	36	100.00%	0	0.00%	1.28	0.532
- มีความเสี่ยงสูง	33	97.06%	1	2.94%		
- มีความเสี่ยงสูงมาก	7	100.00%	0	0.00%		

จากตารางที่ 8 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างแบบประเมินส่วนของร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็ว (ROSA) กับตำแหน่งของร่างกายที่มีอาการผิดปกติในช่วง 12 เดือน ที่ผ่านมา พบว่า ท่าทางการทำงานมีความสัมพันธ์กับอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ บริเวณข้อมือ และมือ (x^2 = 0.78, p-value < 0.001)

5. สรุปผล

จากการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี Rapid Office Strain Assessment (ROSA) ผลคะแนนการประเมินเจ้าหน้าที่ฯ ไม่อยู่ในเกณฑ์คะแนน 1 – 4 ที่ยังไม่มีความเสี่ยง แต่ต้องมีติดตามผล และพบว่าเจ้าหน้าที่ฯ มีผลคะแนนการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ระหว่าง 5-7 คะแนน จำนวน 62 คน (ร้อยละ 80.52) ซึ่งมีความเสี่ยงสูงและควรมีการวิเคราะห์สถานีงานเพิ่มเติม เพื่อทำการปรับปรุง และค่าคะแนน 8 -10 จำนวน 15 คน (ร้อยละ 19.48) ซึ่งมีความเสี่ยงสูงมาก ควรมีการวิเคราะห์สถานีงานเพิ่มเติม เพื่อทำการปรับปรุงโดยเร่งด่วน

อาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ พบว่า ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมามีอาการผิดปกติมากที่สุดคือ บริเวณข้อมือ/มือ (80.52%) และความสัมพันธ์ระหว่างแบบประเมินส่วนของร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็ว (ROSA) กับตำแหน่งของร่างกายที่มีอาการผิดปกติในช่วง 12 เดือน ที่ผ่านมา พบว่า ท่าทางการทำงานมีความสัมพันธ์กับอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงร่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ บริเวณข้อมือ และมือ (x^2 = 0.78, p-value < 0.001

6. อภิปรายผล

การทำงานกับคอมพิวเตอร์ของพนักงานมีความสัมพันธ์กับอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง บริเวณข้อมือ และมือ (p-value<0.001) พบว่า พนักงานที่มีความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ที่อยู่ในระดับสูง (78.79%) และความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ระดับสูงมาก (85.71%) ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อโครงร่างบริเวณข้อมือ และมือของพนักงานได้ เนื่องจากการทำงานกับคอมพิวเตอร์ต้องมีการใช้ข้อมือ และมือ เช่น ใช้มือและข้อมือในการใช้เมาส์ขณะทำงานส่งผลให้เกิดความผิดปกติบริเวณข้อมือ และมือ ของพนักงานได้ เนื่องจากในส่วนอื่นๆ ของร่างกายมีสถานีการทำงานที่เป็นปกติและไม่มีความเสี่ยงที่อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สามารถยอมรับได้ แต่ในบริเวณข้อมือและมือ นั้นบุคลากรส่วนใหญ่มีการใช้เม้าส์เกือบตลอดระยะเวลาการทำงาน รวมถึงบุคลากรส่วนใหญ่ไม่มีแผ่นรองเม้าส์ที่สามารถที่จะรองรับข้อมือขณะปฏิบัติงานได้ จึงทำให้เกิดความผิดปกติกับในอวัยวะส่วนดังกล่าวได้

ในส่วนของอวัยวะส่วนอื่น ๆ ไม่พบความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของสุคนธ์ ขาวกริบ (2567) [4] ที่ศึกษาความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ในสำนักงานของวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร การศึกษาในครั้งนี้ พบว่ามีการใช้อุปกรณ์ในสถานีงานคอมพิวเตอร์ที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ได้แก่ เก้าอี้ที่ไม่สามารถปรับระดับความสูง

ของ เบาะนั่ง และพนักพิงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับสรีระของแต่ละบุคคลได้ แป้นพิมพ์ที่อยู่ระดับสูงเกินไปและที่พักแขน อยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมไม่สามารถปรับระดับได้ รวมถึงหน้าจอที่อยู่ระดับต่ำ ทำให้ผู้ใช้มีลักษณะไหล่ยก ต้องก้มหน้ามองจอ ทำให้การเกร็งกล้ามเนื้อ เป็นลักษณะท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมโดยมีมากกว่า 1 ท่าทางในหนึ่งรายทั้งมีระยะเวลาการนั่งทำงานกับอุปกรณ์ต่อเนื่องมากกว่า 1 ชั่วโมง ส่งเสริมให้เกิดความเสี่ยงทางการยศาสตร์มากขึ้น [5] โดยผลการประเมินความเสี่ยงทางการย์ศาสตร์ตามวิธี ROSA ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่ากลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (ROSA 5 – 7 คะแนน) คิดเป็นร้อยละ 80.52 และมีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูงมาก (ROSA 8 – 10 คะแนน) คิดเป็น 19.48 ซึ่งสอดคล้องกับผลการ ศึกษาของ สุคนธ์ ขาวกริบ (2567) ที่ผลการประเมินความเสี่ยงทางการย์ศาสตร์ตามวิธี ROSA ใน การศึกษาครั้งนี้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างร้อยละ 50.00 มีความเสี่ยงอยู่"ในระดับสูง (ROSA 5 – 7 คะแนน) และร้อยละ 46.67 มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูงมาก (ROSA 8 – 10 คะแนน) [4] จึงสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sonne & Andrews (2012) ที่พบว่าค่าคะแนน ROSA ที่ประเมินได้มีความสัมพันธ์กับอาการผิดปกติทางกล้ามเนื้อซึ่งต้องได้รับการปรับปรุงอย่างเร่งด่วน [10]

อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พนักงานสายสนับสนุนที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงานส่วนใหญ่ มีระดับความเสี่ยงด้านการยศาสตร์อยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ซึ่งในแบบประเมินความเสี่ยง ROSA ได้เสนอวิธีการแก้ไข คือ ควรมีการ ดำเนินการปรับปรุงและประเมินทางการยศาสตร์เชิงลึกต่อไป [6]

7. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

7.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

7.1.1 เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเมินความเสี่ยงสถานีงาน ROSA ในงานวิจัยครั้งนี้ ยังมีความซับซ้อน ใช้งานค่อนข้างยาก ในอนาคตจึงควรทำการปรับปรุงโปรแกรมให้ผู้ใช้งานสามารถศึกษาการใช้งานได้ด้วยตนเอง โดยใช้ระยะเวลาไม่นาน รวมถึงปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถทำความเข้าใจ และใช้งานได้ง่ายขึ้น เพื่อความสะดวกรวดเร็วและขยายผลสู่การนำมาใช้งานได้จริงในชีวิตประจำวัน

7.1.2 ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการยศาสตร์ทุก ๆ 6 เดือน – 1 ปี และวัดผลการประเมินความเสี่ยงอย่างต่อเนื่องควรทำการศึกษาความเสี่ยงของอวัยวะส่วนอื่นของร่างกายเพิ่มเติม

7.2 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

7.2.1ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการยศาสตร์เป็นประจำ และวัดผลการประเมินความเสี่ยงอย่างต่อเนื่อง

7.2.2 ควรแจ้งให้เจ้าหน้าที่ทราบถึงเกณฑ์ความเสี่ยงทางการยศาสตร์แต่ละระดับ ว่ามีความเสี่ยงมากหรือน้อย และถ้าเสี่ยงมากควรปรับปรุงแก้ไขเบื้องต้นอย่างไร

7.2.3 ควรจัดให้มีการอบรมให้เจ้าหน้าที่ หรือบุคลากรเกี่ยวกับทางการยศาสตร์ เพื่อจะได้รับความรู้เกี่ยวกับความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในการทำงานกับคอมพิวเตอร์

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Sukphatthikun, S. and Pinsawat, K. 2025. "Analysis of the necessity of a computer management system for solving computer problems under the epidemic situation," *Journal of P.K.M.T.*, 14(2): pp. e2025-e2025. (in Thai)

[2] Department of Disease Control. 2019. "NCDs Situation Report," [Online]. Available: https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor2/dncd/files/KM6PPT.pdf. Accessed [Day Month Year]. (in Thai)

[3] Thai Ergonomic Assessment. 2014. "ROSA (Rapid Office Strain Assessment)," [Online]. Available: https://thai-ergonomic-assessment.blogspot.com/2014/07/rosa.html. Accessed [Day Month Year]. (in Thai)

[4] Khawkrib, S. and et al. 2024. "Ergonomic risks among computer workers in the office of a private college in Bangkok," *Journal of Industrial Technology, Surin Rajabhat University*, 9(1): pp. 166-178. (in Thai)

[5] Fukuma, K. and et al. 2022. "Ergonomic risk assessment among employees in a vehicle wheel manufacturing plant," *Northern Science and Technology Journal*, 3(2): pp. 79-87. (in Thai)

[6] Kraisritum, K. 2019. "Ergonomic risk assessment and factors associated with work-related musculoskeletal disorders among computer-using support staff at Naresuan University," *Safety & Environment Review*, 4(2): pp. 35-42. (in Thai)

[7] Chairunisa, R., Susilowati, I. H. and Pujiriani, I. 2024. "Hubungan Postur Kerja Pengguna Komputer Dengan Keluhan Muskuloskeletal Pada Staf Logistik Jakarta Timur," *Jurnal Kesehatan Holistic*, 8(1): pp. 69-82.

[8] Kuorinka, I. and et al. 1987. "Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms," *Applied Ergonomics*, 18(3): pp. 233-237.

[9] Nainet, A. 2020. "Factors influencing neck and shoulder pain in computer users at Charoenkrung Pracharak Hospital," *Charoenkrung Pracharak Hospital Journal*, 16(2): pp. 61-74. (in Thai)

[10] Sonne, M., Villalta, D. L. and Andrews, D. M. 2012. "Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: ROSA–Rapid office strain assessment," *Applied Ergonomics*, 43(1): pp. 98-108.

บทความวิจัย : Research article

การพัฒนาเครื่องมือที่มีน้ำหนักเบาสำหรับการห่อและสอยผลไม้

DEVELOPMENT OF LIGHTWEIGHT TOOLS FOR FRUIT WRAPPING AND HARVESTING

กอบกิจ ชูเมฆ[1], ภูริณัฐ รัตนไพบูลย์[1], ทัศนีย์ ทองก้านเหลือง[1], สายนที จากถิ่น[1], ภัทราวรรณ คหะวงศ์[1*]

Kobkit Chumek[1], Purinutt Rattanapaiboon[1], Thadsanee Thongkanluang[1], Sainatee Chakthin[1], Patarawan Kahawong[1*]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

[1] Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: patarawan.kah@sru.ac.th

วันที่รับบทความ: 11 กันยายน 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 10 ธันวาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 16 ธันวาคม 2568;
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 29 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ที่มีน้ำหนักเบา ใช้งานได้สะดวก สำหรับไม้ผลทรงพุ่มที่ไม่สูงมากนัก ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาไม้ห่อและสอยผลไม้โดยใช้ท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว น้ำหนัก 400 กรัม และสามารถเลื่อนออกให้ยาวได้สูงสุด 3 เมตร ในการใช้งานห่อผลไม้ เครื่องมือห่อจะถูกติดตั้งที่ปลายไม้ ซึ่งจะสวมถุงพลาสติกรอบผลไม้ เมื่อบีบที่ด้ามมือจับซึ่งต่ออยู่กับเส้นลวดภายในท่อ เส้นลวดจะไปปลดยางและดีดไปที่ตำแหน่งขั้วผลไม้เพื่อรัดปากถุงพลาสติกทำให้ถุงห่อหุ้มผลไม้เพื่อป้องกันแมลงได้ สำหรับเครื่องมือสอยได้ออกแบบให้มีใบมีดคว่ำเป็นมุมแหลมเพื่อตัดขั้วผลไม้ และมีตาข่ายเพื่อรองรับผลไม้ไว้ จากการทดสอบห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวยและกระท้อน 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย พบว่าสำหรับผลมะม่วงขนาดเส้นรอบวงประมาณ 20-21 เซนติเมตร ความยาวผล 10-11 เซนติเมตร ใช้เวลาห่อโดยเฉลี่ย 20.26 วินาที/ผล และสอย 30.37 วินาที/รอบ ตามลำดับ ในการห่อและสอยมะม่วง 1 รอบ โดยสอยไม่เกิน 2-3 ผลในแต่ละครั้ง มีน้ำหนักรวมไม่เกิน 1,800 กรัม สำหรับผลกระท้อนขนาดเส้นรอบ วงประมาณ 28-30 เซนติเมตร การห่อและสอยกระท้อน 1 ครั้ง ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 11.64 วินาที/ผล และ 5.31 วินาที/รอบ ตามลำดับ โดยสอยไม่เกิน 3 ผลต่อรอบ น้ำหนักรวมประมาณ 1,000 กรัม การห่อและสอยผลไม้ที่มีรูปร่างกลมใช้เวลาน้อยกว่าผลไม้ที่มีรูปร่างยาว การทดสอบสมรรถนะของเครื่องมือในงานวิจัยนี้ให้ผลเชิงปฏิบัติที่ชัดเจนว่าเวลาเฉลี่ยในการห่อและสอยมะม่วงและกระท้อนต่ำกว่าเกณฑ์เปรียบเทียบจากชาวสวนทุกค่า และผลการทดสอบด้วยสถิติ t-test พบว่า เครื่องมือห่อและสอยผลไม้ที่พัฒนาขึ้นใช้เวลาในการห่อและสอยมะม่วงและกระท้อน น้อยกว่าค่ามาตรฐานเปรียบเทียบจากชาวสวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: เครื่องมือห่อและสอยผลไม้

Abstract: This research presents the development of a lightweight and user-friendly fruit wrapping and harvesting tool suitable for fruit trees with low-to-medium height canopies. The developed tool utilizes a 1 inch diameter aluminum tube weighing 400 g, extendable up to 3 m in length, featuring an internal wire mechanism connected to a grip handle. For fruit wrapping, the mechanism releases a rubber band to secure a plastic bag around the fruit stem, thereby protecting it from insects. For fruit harvesting, the device is

equipped with a downward-facing acute-angled blade to cut the fruit stem and a net to collect the fruit. Performance tests were conducted with three trials on mangoes (Khieo Sawoei variety) and santols, and the average operation times were recorded. For mangoes with a circumference of approximately 20–21 cm and a length of 10–11 cm, the average times for wrapping and harvesting were 20.26 s/fruit and 30.37 s/cycle, respectively. In each harvesting cycle, no more than 2–3 fruits were collected, with a total weight not exceeding 1,800 g. For santols with a circumference of about 28–30 cm, wrapping and harvesting took an average of 11.64 s/fruit and 5.31 s/cycle, respectively, with a capacity of up to three fruits per cycle and a total weight of approximately 1,000 g. The results indicated that round fruits required less operation time than elongated fruits. The performance evaluation demonstrated that the average time for fruit wrapping and harvesting of mango and santol was consistently lower than the benchmark values obtained from farmers. The t-test results further confirmed that the developed wrapping and harvesting tool significantly reduced the time required for mango and santol compared with the standard reference values, with significance at the 0.01 level.

Key word: Wrapping and Harvesting Tool

1. บทนำ

ผลไม้เป็นสินค้าเกษตรที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคการส่งออก ซึ่งช่วยสร้างรายได้มหาศาลให้กับประเทศในแต่ละปี ข้อมูลจากปี 2566 ระบุว่าประเทศไทยมีผลผลิตมะม่วงเชิงพาณิชย์รวมกว่า 1.34 ล้านตัน แบ่งเป็นการผลิตในภาคเหนือ 50%, ภาคกลาง 35% และภาคตะวันออก 15% สำหรับการส่งออกมะม่วงสดและมะม่วงแปรรูป พบว่ามียอดส่งออกทั่วโลกถึง 112,047 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 3,236.16 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี 2565 ถึง 219.92 ล้านบาท [1] มะม่วงเป็นหนึ่งในผลไม้ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะในสหภาพยุโรป (EU) ซึ่งเป็นตลาดหลักสำหรับมะม่วงไทย ในปี 2566 มียอดส่งออกมะม่วงสดไปยัง EU จำนวน 129 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 22.52 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี 2565 ถึง 10.96 ล้านบาท ส่วนมะม่วงกระป๋องมียอดส่งออก 2,693 ตัน คิดเป็นมูลค่า 185.96 ล้านบาท [1] แม้ยอดขายจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปีก่อน แต่ยังคงเป็นสินค้าที่ได้รับความสนใจในตลาดต่างประเทศ สำหรับในประเทศไทย เทรนด์การบริโภคผลไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพและความปลอดภัยของอาหาร ผู้บริโภคชาวไทยโดยเฉพาะในเขตเมืองและคนรุ่นใหม่มีความตระหนักถึงประโยชน์ของผลไม้มากขึ้น ทั้งในแง่ของสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และบทบาทในการป้องกันโรคเรื้อรังต่าง ๆ นอกจากนี้ การขยายตัวของช่องทางการจำหน่าย เช่น แพลตฟอร์มออนไลน์ ซูเปอร์มาร์เก็ตสมัยใหม่ และตลาดเฉพาะทางที่เน้นผลไม้คุณภาพสูง ก็มีส่วนกระตุ้นให้การบริโภคผลไม้ภายในประเทศเติบโตขึ้น ขณะเดียวกัน ความนิยมในการบริโภค “ผลไม้อินทรีย์” และ “ผลไม้ตามฤดูกาล” ก็เพิ่มมากขึ้นตามกระแสความใส่ใจสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในอาหาร [1–3]

การศึกษาค้นคว้าพัฒนาด้านเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการเก็บเกี่ยวอย่างมีประสิทธิภาพเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น งานวิจัยถ่ายทอดองค์ความรู้การทำอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการเก็บผลไม้ให้แก่เกษตรกรชาวสวนผลไม้ จังหวัดระยอง [4] การพัฒนาและประยุกต์ใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวมังคุด [5] การทดสอบและพัฒนาอุปกรณ์เก็บเกี่ยวผลผลิตมะพร้าวต้นสูง [6] การพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลไม้ [7] จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่าไม่มีการพัฒนาเรื่องไม้ห่อผลไม้ สำหรับไม้สอยผลไม้จากงานวิจัยพบว่ามีต้นทุนสูง [4]

และมีน้ำหนักมาก [5, 6, 7] ซึ่งการใช้งานในท่าทางที่ยกสูงและต้องถือเป็นเวลานาน หากมีน้ำหนักมากเกินไป จะส่งผลเสียต่อร่างกายของผู้ปฏิบัติงานอย่างมาก ทำให้เกิดความเมื่อยล้าเร็วขึ้น ลดประสิทธิภาพการทำงาน และเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูกโดยเฉพาะบริเวณไหล่ คอ แขน และหลัง ถือเป็นท่าทางที่มีความเสี่ยงสูง (ตามมาตรฐาน RULA, Rapid Upper Limb Assessment เป็นเครื่องมือประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์) ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของสุขภาพเกษตรกรสวนผลไม้ จึงได้ศึกษาค้นคว้าออกแบบเครื่องมือเพื่อแก้ไขปัญหาด้านน้ำหนักของไม้ห่อและสอยผลไม้ ซึ่งจะช่วยลดการบาดเจ็บและความเมื่อยล้า นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสียหายของผลผลิต และทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้นอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้

2.2 เพื่อทดสอบการใช้งานเครื่องมือห่อและสอยผลไม้

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบเครื่องมือห่อและสอยผลไม้เน้นความเบา จึงเลือกวัสดุที่เป็นอลูมิเนียม

3.2 ในขั้นตอนการทดสอบการใช้เครื่องมือห่อและสอยผลไม้ แก้ไขตามคำแนะนำของชาวสวนผู้ใช้เครื่องมือห่อและสอยผลไม้ที่ออกแบบในการศึกษานี้เท่านั้น

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ที่มีน้ำหนักเบาสามารถใช้งานได้สะดวก ห่อได้รวดเร็ว ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการพัฒนาตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เพื่อแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยการวิจัยนี้ได้พบปัญหาจากชาวสานผลไม้ที่มีเครื่องมือห่อและสอยผลไม้มีน้ำหนักมาก ทำให้แขนและไหล่เมื่อยล้า ทางผู้วิจัยจึงได้ระดมความคิด ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การออกแบบเครื่องมือห่อและสอยผลไม้

4.1.1 ออกแบบเครื่องมือห่อและสอยผลไม้

กระบวนการออกแบบเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่เป็นระบบ เพื่อให้ได้เครื่องมือที่สามารถใช้งานได้จริงในสภาพแวดล้อมการเกษตร โดยอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม การสัมภาษณ์ผู้ใช้งานและการวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) กำหนดวัตถุประสงค์หลักของการออกแบบ วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ คือ การพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการหุ้มผลไม้ด้วยถุงกันแมลง และเก็บเกี่ยวผลไม้จากต้นไม้ที่มีความสูงเพิ่มประสิทธิภาพในการห่อและสอยผลไม้ในพื้นที่เกษตรรองรับการใช้งานกับผลไม้ชนิดต่าง ๆ ที่มีขนาดและลักษณะของกิ่งแตกต่างกัน

2) กำหนดคุณสมบัติทางเทคนิคของเครื่องมือ คุณสมบัติทางเทคนิคของเครื่องมือถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทการใช้งานจริง คุณสมบัติที่กำหนด ได้แก่ ความยาวของไม้จับ น้ำหนักของเครื่องมือ วัสดุที่ใช้ในการผลิต ความสามารถในการห่อผลไม้ ความสามารถในการสอย

3) ออกแบบรูปแบบเบื้องต้น ในขั้นตอนนี้ มีการจัดทำรูปแบบเบื้องต้นของเครื่องมือ จากคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนดไว้ รูปแบบเบื้องต้นประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ ด้ามจับแบบยืดหดได้ เพื่อปรับความยาวตามความสูงของต้นไม้ หัวเครื่องมือที่แบ่งเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนห่อผลไม้และส่วนสอยผลไม้ ซึ่งถอดเปลี่ยนได้

4) ออกแบบระบบการห่อ โดยหลักการส่งแรงผ่านเส้นลวดอะลูมิเนียมที่ต่อกับมือบีบตรงด้าม ซึ่งจะไปดันสปริงที่อยู่ด้านในให้เด้ง ทำให้เขี้ยวจากขอบวงนอกไปดันยางให้หลุดเคลื่อนที่ไปรัดกับปากถุงที่บริเวณขั้วผลไม้พอดี ซึ่งยางจะรัดปิดปากถุงกันแมลงได้ สำหรับระบบการสอยผลไม้ออกแบบให้สามารถสอยได้แม่นยำโดยใช้ใบมีดที่เป็นมุมแหลมตัดขั้วผลไม้เป้าหมาย ซึ่งจะไม่กระทบผลไม้ที่อยู่ใกล้เคียง และได้ออกแบบถุงใส่ผลไม้หลังจากตัดขั้วแล้วทำด้วยเชือกไนล่อน สานติดกับขอบปากของเครื่องมือสอยเพื่อป้องกันผลไม้หล่นเสียหาย

4.1.2 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ ประกอบด้วย

1) เครื่องมือห่อผลไม้ ได้แก่

1.1) แผ่นอลูมิเนียม กว้าง 30 ซม. ยาว 50 ซม. จำนวน 2 แผ่น ใช้สำหรับทำส่วนห่อผลไม้

1.2) ท่ออลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. ความยาว 2 เมตร จำนวน 2 อัน ใช้สำหรับทำด้ามไม้สอยผลไม้

1.3) ลวดสปริง ความยาว 5 ซม. จำนวน 1 อัน ใช้สำหรับ ดันให้หัวห่อผลไม้ทำงาน

1.4) ลวดอลูมิเนียม 2 X 5 มิลลิเมตร จำนวน 1 เส้น ใช้สำหรับในการกระตุกหัวห่อ

1.5) อะไหล่กรรไกรเก็บผลไม้ ซึ่งดัดแปลงมาใช้เป็นตัวบีบในการทำให้กลไกหัวห่อผลไม้ทำงาน ภาพที่ 1 แสดงวัสดุหลักที่ใช้ทำเครื่องมือห่อผลไม้

ก) อะลูมิเนียมชนิดต่างๆ

ข) มือบีบให้หัวห่อทำงาน

ภาพที่ 1 วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือห่อผลไม้

2) เครื่องมือสอยผลไม้ ได้แก่ เครื่องมือสอยผลไม้ได้ออกแบบให้ส่วนหัวออกแบบให้สวมประกอบเข้ากับด้ามจับ ถอดเปลี่ยนหัวได้ ทำด้วยเหล็ก มีขนาดปากด้านข้างกว้าง 19 ซม. สูง 25 ซม. ออกแบบให้มีใบมีดเป็นรูปมุมแหลมลักษณะคว่ำติดอยู่ด้านบน มีฟันเหล็ก 3 ซี่ เพื่อให้ขั้วผลไม้เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับใบมีดได้ง่ายเวลาดึง นอกจากนี้ยังมีถุงตาข่ายยาว 25 ซม. รองรับผลไม้ที่เก็บเกี่ยวแล้วไม่ให้หล่นเสียหาย เครื่องมือสอยผลไม้แสดงดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 เครื่องมือสอยผลไม้

4.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

1) เครื่องตัดเหล็กตัดเหล็กพร้อมใบตัดเหล็กและใบเจียร ใช้สำหรับตัดแผ่นอลูมิเนียมและท่ออลูมิเนียม

2) สว่านพร้อมดอกสว่าน ใช้สำหรับเจาะท่ออลูมิเนียม

3) ลวดเชื่อมอลูมิเนียม ใช้สำหรับ เชื่อมแผ่นอลูมิเนียมและท่ออลูมิเนียม

4.1.4 ค่าวัสดุและอุปกรณ์ ประกอบด้วย แผ่นอลูมิเนียม ท่ออลูมิเนียม สปริง เส้นลวด โลหะใช้ทำอุปกรณ์สอยผลไม้ เชือก ตาข่าย ใบมีด และด้ามจับสปริง รวมค่าวัสดุและอุปกรณ์ทั้งสิ้นเป็นเงิน 1,077 บาท

4.2 ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้

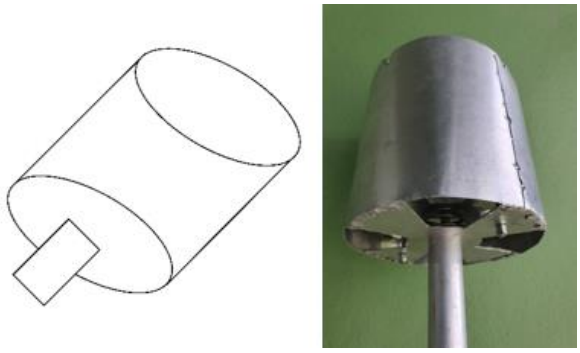
4.2.1 เตรียมแผ่นอลูมิเนียม 2 แผ่น ขนาด 50 x 30 และ 50 x 25 ซม. อย่างละ 1 แผ่น

4.2.2 นำแผ่นอลูมิเนียมขนาด 50 x 30 ซม. มาม้วนให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 ซม. และแผ่นอลูมิเนียมขนาด 50 x 25 ซม. นำมาม้วนให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร

4.2.3 นำอลูมิเนียมที่ม้วนไว้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 ซม. มาเชื่อมติดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

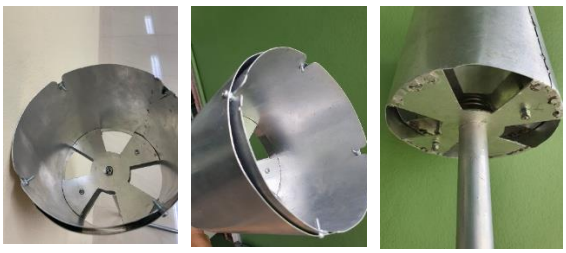
15.0 ซม. จากนั้นเจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม.

4.2.4 นำแผ่นอลูมิเนียมที่ม้วนแล้วมาต่อท่อ โดยนำท่ออลูมิเนียมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. เชื่อมติดกับแผ่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 ซม. ตรงที่เจาะรูไว้ แสดงดังภาพที่ 3

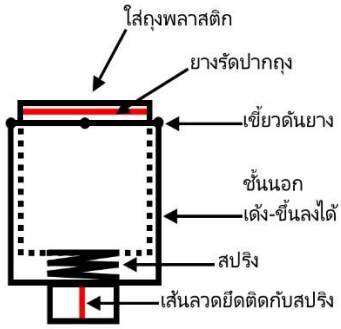


ภาพที่ 3 การนำแผ่นอลูมิเนียมที่ม้วนแล้วมาติดท่อ

4.2.5 นำอลูมิเนียมที่ม้วนไว้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 ซม. มาเชื่อมติดกับแผ่นอลูมิเนียมวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. และเจาะรูตรงกลาง 0.5 เซนติเมตร เพื่อใส่เส้นลวดซึ่งยึดติดกับมือบีบตรงด้ามจับ บริเวณขอบปากวงนอกมีเขี้ยวจำนวน 4 จุด สำหรับดันยางให้หลุดรัดปากถุงพลาสติกเวลาห่อ ส่วนขอบปากวงในมีพื้นที่ประมาณ 0.5 ซม. ไว้ใส่ยางทีละ 1 เส้น เมื่อจะห่อผลไม้จะต้องสวมถุงพลาสติกลงตรงกลางก่อน ผู้ใช้จะต้องถือไม้ห่อไปสวมที่ผลไม้ จากนั้นจึงบีบที่มือ แผ่นอะลูมิเนียมวงนอกจะเด้งขึ้น ทำให้เขี้ยวทั้ง 4 จุด ดันยางให้หลุดจากขอบวงในไปรัดปากถุงพลาสติกให้ติดกับขั้วผลไม้ แสดงดังภาพที่ 4



ก) ส่วนประกอบของอุปกรณ์ห่อผลไม้

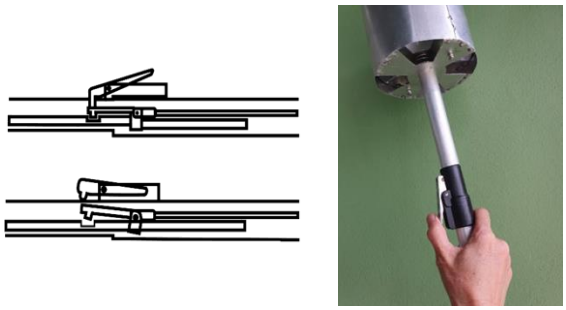


ข) ภาพสเกต องค์ประกอบอุปกรณ์ห่อผลไม้

ภาพที่ 4 ลักษณะของอุปกรณ์ห่อผลไม้

4.2.6 การประกอบเครื่องมือห่อหรือสอยผลไม้กับด้ามจะต้องนำด้ามส่วนปลายสวมกับข้อต่ออุปกรณ์ โดยที่สกรูที่อยู่ส่วนปลายของด้ามต้องสวมเข้ากับรูที่อยู่ตรงกลางด้านในของอุปกรณ์ห่อผลไม้และรูสองรูด้านข้างของข้อต่อต้องตรงกับรูสองรูที่อยู่ด้านข้างส่วนปลายของด้าม และขันสกรูสองตัวให้แน่นเพื่อให้เครื่องมือห่อผลไม้ให้ยึดกับด้ามและหมุนน็อตเข้ากับสกรูที่อยู่ตรงกลางด้านในของอุปกรณ์ห่อผลไม้ให้พอดี

4.2.7 การปรับระดับของด้ามเครื่องมือห่อผลไม้จะต้องใช้นิ้วกดส่วนปลายของตัวล็อคด้ามเพื่อให้ส่วนหัวของตัวล็อคกับด้าม จากนั้นส่วนหัวของตัวล็อคลวดจะดีดออกจากลวดที่อยู่ด้านในของด้าม ปรับระดับความยาวของด้ามตามระดับความสูงของผลไม้ การยกนิ้วออกจากปลายของตัวล็อกด้ามเพื่อให้ส่วนหัวของตัวล็อคด้ามกับส่วนหัวของตัวล็อคลวด จากนั้นเขี้ยวที่อยู่ส่วนหัวของตัวล็อคลวดจะเข้าไปอยู่ในร่องของลวดที่อยู่ด้านในของด้าม แสดงดังภาพที่ 5

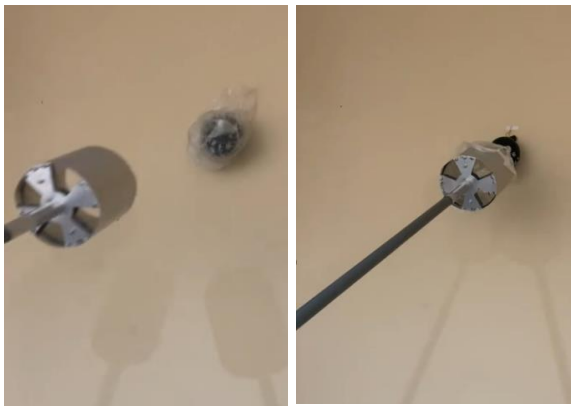


ภาพที่ 5 การปรับระดับของด้ามเครื่องมือห่อผลไม้

4.2.8 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์ แข็งแรงและมีน้ำหนักเบา พร้อมใช้งานเพื่อการห่อหรือสอยผลไม้ เครื่องมือสมบูรณ์แสดงดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 เครื่องมือห่อผลไม้เสร็จสมบูรณ์

การพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ได้ทำตามที่ออกแบบไว้ การประกอบเครื่องมือโดยรวมไม่พบปัญหา หลังจากที่เครื่องมือห่อและสอยผลไม้เสร็จ ผู้วิจัยได้นำมาทดลองเบื้องต้นโดยการสอยและห่อลูกโป่ง จำลองให้ลูกโป่งเป็นผลไม้ ซึ่งได้ผูกลูกโป่งไว้กับเพดานห้อง เพื่อสังเกตการทำงานของเครื่องมือดังกล่าว แล้วจึงทดลองห่อและสอย สังเกตดูว่าเครื่องมือทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม้ ผลการทดสอบการใช้งานของเครื่องมือห่อและสอยผลไม้แสดงดังภาพที่ 7 และ 8 และตารางที่ 1 และ 2



ภาพที่ 7 การจำลองการทดสอบห่อและสอยลูกโป่ง

ภาพที่ 8 ลักษณะของอุปกรณ์สอยผลไม้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการห่อลูกโป่ง

ตัวอย่างที่	ขนาดเส้นรอบวงของลูกโป่ง (ซม.)	ผลการห่อลูกโป่ง	ปัญหาที่พบ
1	น้อยกว่า 15	ห่อง่าย ถุงสวมปิดผลไม้ได้มิดชิด	ไม่มี
2	15-25	ถุงสวมปิดผลไม้ได้มิดชิด ยางเข้าไปอยู่ที่ตำแหน่งขั้วได้ง่าย	ไม่มี
3	25-30	ถุงสวมปิดผลไม้ได้มิดชิด ยางเข้าไปอยู่ที่ตำแหน่งขั้วได้	ไม่มี
4	มากกว่า 30	ห่อไม่ได้ สอดอุปกรณ์เข้าผลยาก และยางไม่เข้าไปอยู่ในตำแหน่งขั้ว	ขนาดใหญ่เกิน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสอยลูกโป่ง

ตัวอย่างที่	ขนาดเส้นรอบวงของลูกโป่ง (ซม.)	ผลการทดสอบสอยลูกโป่ง	ปัญหาที่พบ
1	น้อยกว่า 15	สอยได้ง่าย	ไม่มี
2	15-25	สอยได้ง่าย	ไม่มี
3	25-30	สอยได้ง่าย	ไม่มี
4	มากกว่า 30	สอยยาก/ไม่ได้	ขนาดใหญ่เกิน

ผลการทดสอบเบื้องต้นพบปัญหาคือการถอดเปลี่ยนอุปกรณ์จากห่อเป็นสอย ใช้เวลานาน เนื่องจากโครงสร้างและอุปกรณ์ยึดยังไม่เหมาะสม นอกจากนี้ยังได้ให้เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการห่อและสอยผลไม้มาทดลองใช้งานเครื่องมือจำนวน 2 คน โดยคัดเลือกจากผู้ที่เคยใช้ไม้สอยแบบเดิม (ที่ทำจากไม้และมีน้ำหนักมาก) ทำให้ได้คุณภาพของข้อมูลเชิงลึก จากผู้ใช้งานจริงที่มีประสบการณ์โดยตรง (Expert Users) ซึ่งจะช่วยให้ได้รับข้อเสนอแนะเชิงลึกและเห็นปัญหาการใช้งาน และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ 2 ข้อ คือ ยึดโครงสร้างให้แข็งแรงมากขึ้นและปรับปรุงวัสดุที่ใช้ทำด้ามซึ่งมีน้ำหนักมากเมื่อยืดออกจนสุด ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงลักษณะการถอดประกอบให้ง่ายขึ้นและลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของด้ามอะลูมิเนียม ซึ่งเดิมมีน้ำหนัก 800 กรัม ปรับปรุงเปลี่ยนวัสดุให้น้ำหนักลดลงเหลือ 400 กรัม

วิธีการประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องมือห่อและสอยผลไม้โดยการจับเวลา ซึ่งกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำการห่อและสอยผลไม้จากการสัมภาษณ์ชาวสวน 7 คน ที่เคยห่อและสอยผลไม้ขนาดผลเท่าที่ผู้วิจัยทดลองได้ค่าเกณฑ์ขั้นต่ำแสดงในตารางที่ 3 และใช้สถิติทดสอบ t-test

ตารางที่ 3 เกณฑ์ขั้นต่ำเวลาที่ใช้ในการห่อและสอยผลไม้จากการสัมภาษณ์ชาวสวน

ชาวสวนคนที่	มะม่วงเขียวเสวย		กระท้อน	
	เวลา (วินาที)		เวลา (วินาที)	
	ห่อ	สอย	ห่อ	สอย
1	23.00	35.00	15.00	6.00
2	25.00	34.00	13.00	7.00
3	25.00	35.00	14.00	6.00
4	26.00	37.00	15.00	8.00
5	26.00	34.00	14.00	7.00
6	24.00	35.00	13.00	7.00
7	26.00	35.00	14.00	8.00
เฉลี่ย	25.00	35.00	14.00	7.00

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการทดสอบการใช้งานของเครื่องมือห่อและสอยผลไม้ เมื่อแก้ไขเครื่องมือห่อและสอยผลไม้แล้วจึงได้นำไปทดสอบกับผลไม้ที่อยู่บนต้น จากการดำเนินงานครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำไปทดสอบการห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวยและกระท้อนของชาวสวนตำบลขุนทะเล อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งมีผลการทดสอบ ดังนี้

5.1.1 ผลการทดสอบห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวย ต้นมะม่วงเขียวเสวยที่ผู้วิจัยไปทดสอบมีความสูงประมาณ 7 เมตร ลักษณะเป็นทรงพุ่ม ติดผลสูงพอสมควร ผู้วิจัยจึงต้องสไลด์ไม้สอยให้ยาวออก เพื่อให้อุปกรณ์ห่อและสอยยื่นไปที่ผลได้สะดวก การทดสอบห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวยแสดงดังภาพที่ 9 สำหรับผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4 และ 5

ภาพที่ 9 การทดสอบการห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวย

การห่อมะม่วงเขียวเสวยได้ทดสอบห่อในช่วงที่มะม่วงใกล้หมดฤดู เนื่องจากตอนที่พัฒนาเครื่องมือนี้เสร็จเป็นช่วงที่มะม่วงแก่พอดี ลูกใหญ่ผิวสีเขียวเข้ม การทดสอบใช้การจับเวลาในการห่อและสอย 3 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ยผลมะม่วงเขียวเสวยที่สอยมา แสดงดังภาพที่ 10

สอยรอบที่ 1

สอยรอบที่ 2

สอยรอบที่ 3

ภาพที่ 10 ผลมะม่วงเขียวเสวยที่ผ่านการทดสอบการสอย

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการห่อกับเกณฑ์ต่ำกว่า 25.00 วินาที/ผล และเวลาสอยผลมะม่วงเขียวเสวยกับเกณฑ์ต่ำกว่า 35.00 วินาที/รอบ สำหรับตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดของผลการทดสอบการสอยมะม่วงเขียวเสวย

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการห่อกับเกณฑ์ต่ำกว่า 25.00 วินาที/ผล และเวลาสอยผลมะม่วงเขียวเสวยกับเกณฑ์ต่ำกว่า 35.00 วินาที/รอบ

รอบที่	เวลาที่ใช้ในการห่อผลมะม่วงเขียวเสวย (วินาที/ผล)	เวลาที่ใช้ในการสอยผลมะม่วงเขียวเสวย (วินาที/รอบ)
1	19.43	31.74
2	20.21	30.22
3	21.13	29.16
เฉลี่ย	**20.26**	**30.37**
t	9.65**	6.18**

หมายเหตุ ** $p<0.01$

จากผลการทดลองห่อมะม่วงเขียวเสวยจำนวน 3 รอบ ค่าเวลาที่วัดได้เท่ากับ 19.43, 20.21 และ 21.13 วินาทีต่อผล โดยมีค่าเฉลี่ย 20.26 วินาที ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสอยมะม่วงเขียวเสวย

รอบที่	ผลที่ 1	ผลที่ 2	ผลที่ 3	น้ำหนักรวม(กรัม)
1	น้ำหนัก 900 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.90 ซม. (ø 6.65 ซม.) ความยาว 20.55 ซม.	น้ำหนัก 600 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.75 ซม. (ø 6.60 ซม.)ความยาว 20.37 ซม.	สอยไม่ได้ มะม่วงไม่เข้าตาข่าย (ผลที่ 1-2 ขวางตาข่าย)	1,500
2	น้ำหนัก 600 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.50 ซม. (ø 6.52 ซม.) ความยาว 10.80 ซม.	น้ำหนัก 600 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.45 ซม. (ø 6.51 ซม.)ความยาว 10.70 ซม.	น้ำหนัก 600 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.6 ซม. (ø 6.56 ซม.) ความยาว 10.70 ซม.	1,800
3	น้ำหนัก 600 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.63 ซม. (ø 6.56 ซม.) ความยาว 10.85 ซม.	น้ำหนัก 500 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.40 ซม. (ø 6.50 ซม.)ความยาว 10.90 ซม.	น้ำหนัก 500 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 20.55 ซม. (ø 6.54 ซม.) ความยาว 10.60 ซม.	1,600

จากการทดสอบสอยมะม่วงเขียวเสวยพบว่า น้ำหนักผลมะม่วงเขียวเสวยที่สอยได้มากที่สุดในการทดลองรอบที่ 2 คือ 1,800 กรัม และน้อยที่สุดในการทดลองรอบที่ 1 คือ 1,500 กรัม เนื่องจากรูปร่างของผลมะม่วงที่สอยรอบที่ 1 มีลักษณะยาวและใหญ่ ทำให้จำนวนผลที่สอยได้น้อยลงเมื่อเทียบกับครั้งอื่น ๆ ในการสอยรอบที่ 2 ไม้แอ่นลงเนื่องจากมะม่วงมีน้ำหนักมาก และการสไลด์ไม้ให้ยาวออกไปทำให้ผู้สอยรู้สึกหนัก จึงสรุปได้ว่า การสอยผลไม้น้ำหนักไม่ควรเกิน 1,800 กรัม

5.1.2 ผลการทดสอบห่อและสอยกระท้อน ผู้วิจัยได้ทดสอบห่อและสอยผลไม้แบบผลกลม เช่น ผลกระท้อน ต้นกระท้อนที่ทดสอบมีความสูงประมาณ 8-9 เมตร มีลักษณะเป็นทรงพุ่มใหญ่ มีกิ่งก้านสาขาและขนาดผลใกล้เก็บเกี่ยวได้แล้ว เนื่องจากการพัฒนาไม้สอยเสร็จเป็นช่วงที่กระท้อนมีผลใหญ่แล้ว ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบห่อและสอยผลในช่วงนี้ การห่อและสอยแสดงดังภาพที่ 11 การทดสอบโดยการจับเวลาที่ใช้ในการห่อและสอยแต่ละรอบทดสอบ 3 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย ภาพที่ 12 แสดงลักษณะ

ผลกระท้อนที่สอย และตารางที่ 6 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการห่อกับเกณฑ์ต่ำกว่า 14.00 วินาที/ผล และเวลาสอยผลกระท้อนกับเกณฑ์ต่ำกว่า 7.00 วินาที/รอบ สำหรับตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดของผลกระท้อนที่สอย

ภาพที่ 11 การทดสอบห่อและสอยกระท้อน

ภาพที่ 12 ผลกระท้อนที่สอย

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการห่อกับเกณฑ์ต่ำกว่า 14.00 วินาที/ผล และเวลาสอยผลกระท้อนกับเกณฑ์ต่ำกว่า 7.00 วินาที/รอบ

รอบที่	เวลาที่ใช้ในการห่อผลกระท้อน (วินาที/ผล)	จำนวนผลและเวลาที่ใช้ในการสอยผลกระท้อน (วินาที/รอบ)
1	11.36	5.31
2	10.66	5.61
3	12.91	5.03
เฉลี่ย	**11.64**	**5.31**
t	3.55**	10.05**

หมายเหตุ ** $p<0.01$

การทดลองห่อกระท้อนจำนวน 3 รอบให้ค่าเวลา 11.36, 10.66 และ 12.91 วินาทีต่อผล โดยมีค่าเฉลี่ย 11.64 วินาที ต่ำกว่าเกณฑ์จากชาวสวน (14 วินาที) ทุกค่า เมื่อจับเวลาที่ใช้สอยวัดได้ 5.31, 5.61 และ 5.03 วินาที ค่าเฉลี่ย 5.31 วินาที ต่ำกว่าเกณฑ์เปรียบเทียบจากชาวสวน (7 วินาที) ทุกค่า ผลการทดสอบ t-test เครื่องมือห่อผลไม้ที่พัฒนาขึ้นใช้เวลาในการห่อมะม่วงเขียวเสวยเฉลี่ย (20.26วินาที) น้อยกว่า 25 วินาที และใช้เวลาในการสอยเฉลี่ย (30.37วินาที) น้อยกว่า 35 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสอยกระท้อน

รอบที่	ผลที่ 1	ผลที่ 2	ผลที่ 3	น้ำหนักรวม(กรัม)
1	น้ำหนัก 360 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 29.00 ซม. (ø 9.23 ซม.)	น้ำหนัก 352 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 28.80 ซม. (ø 9.17 ซม.)	น้ำหนัก 306 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 27.00 ซม. (ø 8.60 ซม.)	1,018
2	น้ำหนัก 372 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 29.10 ซม. (ø 9.26 ซม.)	น้ำหนัก 336 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 28.70 ซม. (ø 9.14 ซม.)	น้ำหนัก 334 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 28.90 ซม. (ø 9.20 ซม.)	1,042
3	น้ำหนัก 408 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 30.00 ซม. (ø 9.55 ซม.)	น้ำหนัก 302 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 27.60 ซม. (ø 8.78 ซม.)	น้ำหนัก 322 กรัม ขนาดผล เส้นรอบวง 28.10 ซม. (ø 8.95 ซม.)	1,032

จากการทดสอบพบว่า การสอยแบบผลกลมรอบเดียว 3 ผล น้ำหนักรวมประมาณ 1,000 กรัม ไม้สอยไม่หนักเกินไป และผลกระท้อนอยู่ในถุงได้แบบไม่เต็ม แต่ไม่สามารถสอยผลที่ 4 ได้ เนื่องจากผลเข้าไปในถุงทั้งผลไม่ได้ จึงทำให้ขั้วไม่เข้าไปในช่องใบมีด ดังนั้นน้ำหนักของการสอยผลกระท้อนได้ประมาณ 1,000 กรัม ซึ่งขนาดของผลกระท้อนที่ทดสอบเส้นรอบวงประมาณ 28-30 ซม. (เส้นผ่านศูนย์กลาง 8.91-9.55 ซม.)

6. การสรุปผลและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้พัฒนาไม้ห่อและสอยผลไม้โดยใช้ท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว มีน้ำหนัก 400 กรัม และสามารถเลื่อนออกให้ยาวได้สูงสุด 3 เมตร ภายในท่อมีเส้นลวดต่อกับด้ามมือบีบ โดยเมื่อออกแรงบีบ เส้นลวดจะไปปลดยางที่อุปกรณ์ห่อ ให้ดีดไปยังขั้วผลไม้ซึ่งได้สวมถุงพลาสติกไว้ ดังนั้นถุงก็จะห่อหุ้มผลไม้เพื่อป้องกันแมลงได้ สำหรับอุปกรณ์สอยได้ออกแบบให้มีใบมีดคว่ำเป็นมุมแหลมเพื่อตัดขั้วผลไม้ และเป็นตะข่ายเพื่อรองรับผลไม้ไว้ ได้ทำการทดสอบห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวยและกระท้อน 3 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย พบว่าการห่อมะม่วง 1 รอบ ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 20.26 วินาที/ผล การสอยใช้เวลาเฉลี่ย 30.37 วินาที/รอบ ขนาดของผลมะม่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.37-6.68 เซนติเมตร (เส้นรอบวงประมาณ 20-21 เซนติเมตร) ความยาวผล 10-11 เซนติเมตร การสอยแต่ละครั้งไม่ควรเกิน 2-3 ผล น้ำหนักรวมไม่เกิน 1,800 กรัม สำหรับการห่อกระท้อน 1 ครั้ง ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 11.64 วินาที/ผล การสอยใช้เวลาเฉลี่ย 5.31 วินาที/รอบ ขนาดของผลกระท้อนเส้นรอบวงประมาณ 28-30 เซนติเมตร สอยแต่ละรอบไม่เกิน 3 ผล สรุปว่าการห่อและสอยผลไม้ที่มีผลกลมใช้เวลาน้อยกว่าผลไม้ที่มีผลยาวมาก เมื่อคิดต้นทุนของเครื่องมือห่อและสอยผลไม้นี้ราคา 1,077 บาท

จากการดำเนินการวิจัยและการพัฒนาเครื่องมือห่อผลไม้และสอยผลไม้ พบว่าสามารถออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะผลไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5–10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมกับการออกแบบของเครื่องมือนี้ จากการทดลองพบว่าเครื่องมือสามารถห่อผลไม้ได้ดี กันแมลงเจาะผลได้ แต่เมื่อผลไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 10 เซนติเมตร และยาวกว่า 25 เซนติเมตร จะไม่สามารถห่อได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากความสูงของหัวห่อจำกัด จึงทำให้ยางไม่สามารถไปรัดที่ขั้วผลไม้ได้ ส่วนฟังก์ชันการสอยทำงานได้ดีกับผลไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ในขณะที่ผลไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 10 เซนติเมตร สอยได้รอบละ 1 ผล ใช้เวลาสอยนาน

จากการนำเครื่องมือไปทดสอบการใช้งานจริงกับมะม่วงสายพันธุ์เขียวเสวย ณ สวนของ สุวิจักขณ์ เต็มยอด เกษตรกร ตำบลขุนทะเล อ.เมือง จ. สุราษฎร์ธานีพบว่าเครื่องมือมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริง โดยเวลารวมเฉลี่ยในการห่อผลมะม่วงและกระท้อนคือ 20.26 และ 11.64 วินาที/ผล ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอยผลมะม่วงคือ 30.37 วินาที/รอบ (จากผลการทดสอบ ครั้งที่ 1-3 จำนวน 2, 3 และ 3 ผล ตามลำดับ) ซึ่งถ้าคิดเวลาสอยใช้เวลาประมาณ 10.12-15.18 วินาที/ผล สำหรับกระท้อนใช้เวลาสอยประมาณ 1.50 วินาที/ผล ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ร่มเกล้า มาไกล (2554) [8] ได้จับเวลาการใช้ตะกร้อสอยมะม่วงแบบเดิมพบว่าใช้เวลา มากกว่า คือ 18.17 วินาที/ผล แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือสอยผลไม้ที่ออกแบบในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพกว่าแบบเดิม ส่วนน้ำหนักของผลมะม่วงที่สอยได้ในแต่ละรอบที่อุปกรณ์รับน้ำหนักได้ประมาณ 1,500-1,800 กรัม สำหรับความสามารถในการสอย พบว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดที่ระดับเส้นผ่านศูนย์กลางผลเฉลี่ยประมาณ 20.46 เซนติเมตร หากขนาดใหญ่เกินกว่านี้จะทำให้ประสิทธิภาพลดลง เนื่องจากผลไม้ที่มีผลยาวและขนาดใหญ่จะขวางปากถุงสอยได้ยาก ทำให้การวางตำแหน่งเครื่องมือไม่เหมาะสม แสดงให้เห็นถึงขอบเขตการใช้งานของเครื่องมือในสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งต้องแก้ไขไปตามลักษณะและขนาดของผลไม้

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องมือในงานวิจัยนี้ให้ผลเชิงปฏิบัติที่ชัดเจนว่าเวลาเฉลี่ยในการห่อและสอยมะม่วงและกระท้อนต่ำกว่าเกณฑ์เปรียบเทียบจากชาวสวน

ทุกค่า ยังได้ทดสอบด้วยสถิติ t-test พบว่า เครื่องมือห่อและสอยผลไม้ที่พัฒนาขึ้นใช้เวลาในการห่อและสอยมะม่วงเขียวเสวยและกระท้อน น้อยกว่าค่ามาตรฐานเปรียบเทียบจากชาวสวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในการทดลองนี้ตัวอย่างมีขนาดเล็ก (จำนวนรอบการทดลอง 3 รอบ) ผลลัพธ์จึงควรถือเป็นหลักฐานเบื้องต้นมากกว่าหลักฐานยืนยันเด็ดขาด ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตควรเพิ่มจำนวนรอบทดลองให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มพลังทางสถิติ (statistical power) และอาจพิจารณาทดสอบกับผู้ใช้หลายกลุ่ม หลายพื้นที่ รวมถึงสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น ขนาดผล น้ำหนัก ตำแหน่งของผลบนต้น และผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้ผลลัพธ์ครอบคลุมและมีความน่าเชื่อถือสูงยิ่งขึ้น เพื่อลดความแปรปรวนของข้อมูล

7. ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้มีข้อเสนอแนะดังนี้

7.1 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย การพัฒนาเครื่องมือห่อและสอยผลไม้พบว่าเครื่องมือสามารถห่อผลไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5–10 เซนติเมตร ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ใช้เวลาในการใส่ยางมาก เนื่องจากขอบสำหรับใส่ยางแคบเกินไป การพัฒนาต่อไปจึงควรเพิ่มขอบใส่ยางให้มากกว่า 0.5 เซนติเมตร ในขณะที่เครื่องมือสอยผลไม้ หากผลที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 10 เซนติเมตรจะสอยรอบละ 1 ผล และใช้เวลามากขึ้นหากผลไม้มีลักษณะยาว ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือสอยครั้งต่อไป จึงควรให้มีขนาดถุงยาวขึ้น แต่ปากถุงไม่ควรใหญ่เกินไป ทำให้สอดเข้าไประหว่างพวงมะม่วงที่กิ่งแน่น ๆ ได้ยาก

7.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต

7.2.1 การพัฒนาด้ามไม้สอยให้มีน้ำหนักเบามากขึ้น อาจใช้วัสดุคาร์บอนไฟเบอร์หรือวัสดุเชิงประกอบร่วมด้วย

7.2.2 สำหรับบริเวณด้ามจับลื่นเล็กน้อยเมื่อมือเปียกเหงื่อ ควรมีส่วนที่ช่วยให้จับกระชับมือมากขึ้น

7.2.3 ควรทดลองกับผลไม้หลายชนิดรวมถึงสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น ขนาดผล น้ำหนัก ตำแหน่งของผลบนต้น สภาพผู้ปฏิบัติงาน และการเก็บข้อมูลให้มากพอที่จะใช้วิเคราะห์ทางสถิติ

7.2.4 ควรประเมินด้านการยศาสตร์เพิ่มเติม

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Office of Agricultural Affairs (Brussels). 2024. "OAE Journal European Union Issue 27 (January - March 2024)," [Online]. Available: https://agrithai.be/wp-content/uploads/2024/03/วารสาร-สปษ.-สหภาพยุโรป-ฉ.27-เดือน-ม.ค.-มี.ค.-2567.pdf. Accessed 14 March 2024. (in Thai)

[2] Bank of Thailand. 2018. "Summary of Thai Fruit Export Situation," [Online]. Available: https://www.bot.or.th/content/dam/bot/documents/th/news-and-media/media-gallery/infographic/190920_thai-fruit-export.pdf. Accessed 24 May 2024. (in Thai)

[3] Mango Growers Club. 1998. "Techniques for Mango Wrapping," [Online]. Available: http://kmcenter.rid.go.th/kmc08/km_55/km_book55/KP3/5.pdf. Accessed 24 May 2024. (in Thai)

[4] Pratumchat, B. 2020. "Knowledge transfer of fruit harvesting equipment to fruit farmers in Rayong province," Project report. Chonburi, Burapha University. (in Thai)

[5] Limhengha, S. and et al. 2021. "Development and application of a mangosteen fruit harvester," *Khon Kaen Agriculture Journal*, 49(suppl. 1): pp. 1089-1093. [Online]. Available: https://agkb.lib.ku.ac.th/kku/search_detail/result/409429agkb.lib.ku.ac.th. (in Thai)

[6] Parnthon, S. and et al. 2024. "Testing and development of pipe-type coconut harvesting equipment for tall coconut trees," in *Proceedings of the 3rd National and 1st International Conference on Agricultural Innovation and Natural Resources*, 14-15 August 2024. Songkhla, Thailand, pp. 349-357. (in Thai)

[7] Thai Agricultural Research Repository. 1989. "Development of fruit harvesting equipment," [Online]. Available: https://hectortarr.arda.or.th/. Accessed 24 May 2024. (in Thai)

[8] Maklai, R. 2011. "Development of a mango harvesting device with an anti-gravity mechanism," B.S. thesis, Dept. Eng., Rajamangala Univ. of Technology Lanna, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)

บทความวิจัย : Research article

การศึกษาความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินเพื่อออกแบบระบบประปาตำบล กรณีศึกษาเทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

THE SUITABILITY STUDY OF SURFACE WATER SOURCES FOR DESIGNING SUB-DISTRICT WATER SUPPLY SYSTEMS: A CASE STUDY OF NONG PHO SUB-DISTRICT MUNICIPALITY, KHUAN KHANUN DISTRICT, PHATTHALUNG PROVINCE

พันธุ์ทิพย์ ทองเดช[1], ฉัตรชัย แก้วดี[2*], วีรพล ปานศรีนวล[2], วีระยุทธ สุดสมบูรณ์[2]

Phantip Thongdej[1], Chatchai Kaewdee[2*], Weeraphol Pansrinual[2], Weerayute Sudsomboon[2]

[1] นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[2] อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[1] Students of the Master of Technology program in Industrial Technology Innovation, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

[2] Lecturer in the Master of Technology program in Industrial Technology Innovation, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: chatchai_kae.nstru.ac.th

วันที่รับบทความ: 25 พฤศจิกายน 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 8 ธันวาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 13 ธันวาคม 2568; วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 29 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์ความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินด้านปริมาณ คุณภาพ และสมดุลน้ำ 2) ออกแบบแนวทางการพัฒนาระบบประปาผิวดินเพื่อบูรณาการร่วมกับระบบประปาบาดาลเดิมของเทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods) ผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม ข้อมูลทางอุทกวิทยา และการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางห้องปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า แหล่งน้ำผิวดินกรณีศึกษา (บ่อขุดดิน หมู่ที่ 6 บ้านควนพลี พื้นที่ 16,000 ตารางเมตร ความลึกเฉลี่ย 3-5 เมตร) มีปริมาณน้ำกักเก็บเพียงพอตลอดปี โดยมีการสูญเสียน้ำจากการระเหยและการซึมรวมร้อยละ 30 จึงมีความเหมาะสมเป็นแหล่งน้ำดิบเสริมในช่วงฤดูแล้ง ด้านคุณภาพน้ำดิบภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) 9.2 mg/L และบีโอดี (BOD) 0.8 mg/L แต่พบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย 5.8 ความขุ่น 5.2 NTU และการปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม 230 MPN/100 mL ในขณะที่ระบบประปาบาดาลเดิม (หมู่ที่ 3) ประสบปัญหาค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) สูง 680 mg/L ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่ม ผู้วิจัยจึงออกแบบระบบผลิตน้ำประปาแบบธรรมดา (Conventional Treatment) เน้นการปรับปรุงค่า pH ให้ได้ระดับ 6.5-7.5 การสร้างตะกอน การกรองทรายเร็ว และการฆ่าเชื้อโรคอย่างมีประสิทธิภาพโดยให้มีคลอรีนอิสระคงเหลือไม่น้อยกว่า 0.2 mg/L ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการบูรณาการน้ำผิวดินที่ผ่านการบำบัดร่วมกับน้ำบาดาลเดิม สามารถ

แก้ไขปัญหาค่า TDS ที่สูงเกินมาตรฐาน เพิ่มความมั่นคงทางน้ำ และมีความคุ้มค่าด้านต้นทุนการผลิตให้กับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: แหล่งน้ำผิวดิน, การออกแบบระบบประปา, คุณภาพน้ำ, เทศบาลตำบลหนองพ้อ

Abstract: The objectives of this research were to 1) analyze the suitability of surface water sources regarding quantity, quality, and balance, 2) design guidelines for a surface water supply system to integrate with the existing groundwater system of Nong Pho Subdistrict Municipality, Khuan Khanun District, Phatthalung Province. A mixed-methods approach was employed, involving field surveys, hydrological data collection, and laboratory water quality testing. The results revealed that the case study of the surface water source (excavated pond, Moo 6 Ban Khuan Phli, area 16,000 sq.m., average depth 3-5 m) had sufficient water storage capacity year-round. With total losses from evaporation and seepage accounting for approximately 30%, the source is suitable as a supplementary raw water supply during the dry season. Regarding raw water quality, the overall condition was good, with Dissolved Oxygen (DO) at 9.2 mg/L and Biological Oxygen Demand (BOD) at 0.8 mg/L. However, the average pH was 5.8, with turbidity at 5.2 NTU and Fecal Coliform bacteria contamination at 230 MPN/100 mL. Meanwhile, the existing groundwater system in Moo 3 encountered Total Dissolved Solids (TDS) of 680 mg/L, exceeding the drinking water standard. Consequently, a conventional water treatment system was designed, emphasizing pH adjustment (6.5-7.5), coagulation-flocculation, rapid sand filtration, and effective disinfection maintaining free residual chlorine of at least 0.2 mg/L. The study results demonstrated that integrating treated surface water with existing groundwater could effectively resolve the excessive TDS issue, sustainably enhance community water security, and provide a cost-effective solution.

Key words: Surface Water Source, Water Supply System Design, Water Quality, Nong Pho Subdistrict Municipality

1. บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เป็นปัจจัยพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสาธารณสุขของประเทศ การเข้าถึงน้ำสะอาดที่เพียงพอและปลอดภัยถือเป็นสิทธิขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ในบริบทของการบริหารราชการแผ่นดิน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ถือเป็นหน่วยงานราชการส่วนหน้าที่อยู่ใกล้ชิดประชาชนมากที่สุด และมีบทบาทสำคัญในการจัดบริการสาธารณะขั้นพื้นฐาน โดยเฉพาะภารกิจในการจัดให้มีน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภค ซึ่งเป็นไปตามอำนาจหน้าที่ที่ระบุไว้ในพระราชบัญญัติเทศบาล พ.ศ. 2496 และพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542 ที่กำหนดให้การจัดหาน้ำสะอาดเป็นภารกิจถ่ายโอนที่สำคัญ [1] อย่างไรก็ตามแม้จะมีกฎหมายรองรับ แต่การบริหารจัดการน้ำประปาในระดับท้องถิ่นหลายแห่งทั่วประเทศยังคงเผชิญกับความท้าทายหลายประการ ทั้งข้อจำกัดด้านงบประมาณ บุคลากร และเทคโนโลยี รวมถึงปัญหาความไม่มั่นคงของแหล่งน้ำต้นทุนทั้งในด้านปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของประชากรจำนวน 2,040 คน ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น [2] และคุณภาพน้ำที่ไม่ได้มาตรฐาน

ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพการให้บริการประชาชน

เทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เป็นหนึ่งในพื้นที่กรณีศึกษาที่กำลังประสบปัญหาท้าทายด้านการบริหารจัดการน้ำประปาดังกล่าว ปัจจุบันโครงสร้างพื้นฐานระบบประปาของเทศบาลพึ่งพิงแหล่งน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำดิบหลักเพียงแหล่งเดียวในการผลิตและให้บริการแก่ประชาชนครอบคลุมพื้นที่กว่า 1,010 ครัวเรือน [2] การพึ่งพาแหล่งน้ำเดียวนี้สร้างความเปราะบางให้กับระบบอย่างมาก จากการศึกษาข้อมูลสถานการณ์น้ำเบื้องต้นพบว่าแม้ในช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำบาดาลจะมีเพียงพอต่อความต้องการ แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูแล้งตามลักษณะภูมิอากาศของภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนของทุกปี) มักเกิดวิกฤตการณ์น้ำซ้ำซาก ปริมาณน้ำใต้ดินลดระดับลงส่งผลให้การผลิตน้ำประปาไม่เพียงพอ เกิดปัญหาแรงดันน้ำต่ำในปลายเส้นท่อทำให้ประชาชนบางส่วนไม่มีน้ำใช้ และในบางพื้นที่คุณภาพน้ำบาดาลที่สูบขึ้นมามีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มที่กรมอนามัยกำหนด [3] ซึ่งส่งผลให้น้ำมีรสกร่อยและอาจก่อให้เกิดคราบตะกรันในภาชนะและสุขภัณฑ์ ปัญหาเหล่านี้ไม่เพียงส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพชีวิต สุขอนามัย และเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำดื่มน้ำใช้ของประชาชนเท่านั้น นอกจากนี้ การพึ่งพิง การสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในปริมาณมากเพียงอย่างเดียวในระยะยาว ยังมีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาแผ่นดินทรุดตัว และเผชิญกับความไม่มั่นคงทางน้ำที่ทวีความรุนแรงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลตามธรรมชาติ

ด้วยเหตุนี้ การปรับเปลี่ยนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำจากการพึ่งพาแหล่งน้ำเดียวไปสู่การจัดหาแหล่งน้ำทางเลือกจึงมีความจำเป็นเร่งด่วน การพัฒนาแหล่งน้ำผิวดินเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำดิบเสริม (Supplementary Source) ถือเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการสร้างความมั่นคงและเสถียรภาพทางน้ำให้กับชุมชน จากการสำรวจศักยภาพพื้นที่เบื้องต้น พบว่าในบริเวณหมู่ที่ 6 บ้านควนพลี มีบ่อน้ำผิวดินขนาดใหญ่ที่เกิดจากการขุดหน้าดิน ซึ่งมีศักยภาพเชิงกายภาพที่น่าสนใจ โดยมีปริมาณน้ำกักเก็บตลอดทั้งปีและตั้งอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการพัฒนา [4] อย่างไรก็ตามแหล่งน้ำผิวดิน มีความเปราะบางต่อการปนเปื้อนจากกิจกรรมบนผิวดินได้ง่ายกว่าน้ำบาดาล การนำมาใช้ประโยชน์จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการศึกษาทางวิชาการอย่างรอบด้าน ทั้งการประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพอย่างละเอียด และการศึกษาด้านปริมาณน้ำเพื่อให้มั่นใจว่ามีเพียงพอต่อการใช้งานจริง รวมถึงต้องมีการออกแบบระบบผลิตน้ำประปาที่เหมาะสมตามหลักวิศวกรรมสุขาภิบาล เพื่อให้สามารถบำบัดน้ำดิบให้ได้น้ำประปาที่มีคุณภาพตามมาตรฐานของกรมอนามัย และต้องออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อการทำงานร่วมกับระบบจ่ายน้ำบาดาลเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินดังกล่าว ทั้งในมิติของปริมาณและคุณภาพ และนำผลการศึกษามาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการออกแบบระบบประปาผิวดิน เพื่อเป็นต้นแบบในการนำไปสู่การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบผสมผสาน (Conjunctive Use) ระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาลอันจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำลดความเสี่ยงด้านคุณภาพน้ำ และยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในเขตเทศบาลตำบลหนองพ้อได้อย่างยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

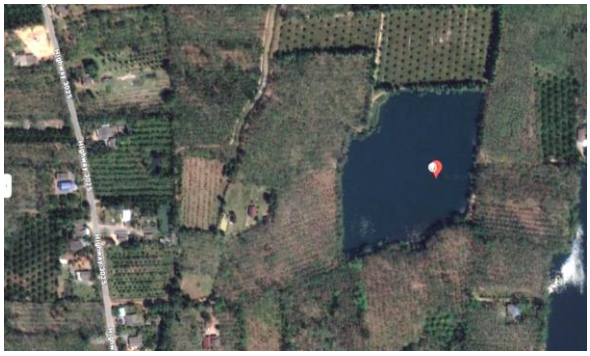
2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินในด้านปริมาณน้ำ คุณภาพน้ำ และความสมดุลน้ำในบ่อน้ำผิวดินเขตพื้นที่เทศบาลตำบลหนองพ้อ ตำบลควนขนุน อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

2.2 เพื่อออกแบบและสร้างแนวทางการพัฒนาระบบประปาผิวดินให้เหมาะสมและสอดคล้องกับระบบประปาบาดาลเดิมของเทศบาลตำบลหนองพ้อ

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา การวิจัยนี้กำหนดพื้นที่ศึกษาเฉพาะเจาะจง ณ แหล่งน้ำผิวดิน (บ่อขุดดิน) พิกัดทาง

ภูมิศาสตร์ 7.774055, 100.003660 ในหมู่ที่ 6 บ้านควนพลี เขตเทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง และพื้นที่ให้บริการน้ำประปาของเทศบาลตำบลหนองพ้อ



ภาพที่ 1 แหล่งน้ำผิวดิน (บ่อขุดดิน) ในหมู่ที่ 6 บ้านควนพลี เขตเทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

ที่มา: จาก google map

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการคำนวณความต้องการใช้น้ำคือ ประชาชนในเขตเทศบาลตำบลหนองพ้อ จำนวน 2,040 คน และ 1,010 ครัวเรือน (ข้อมูล ณ ธันวาคม 2565) สำหรับการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำดิบจำนวน 6 จุดรอบบ่อน้ำผิวดิน และเก็บตัวอย่างน้ำประปาเดิมจากหมู่บ้านในเขตบริการ

3.3 ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา

3.3.1 ตัวแปรอิสระ แหล่งน้ำผิวดิน (บ่อขุดดิน หมู่ที่ 6) ระบบประปาบาดาลเดิม

3.3.2 ตัวแปรตาม คุณภาพน้ำดิบ (กายภาพ เคมี ชีวภาพ) ปริมาณน้ำต้นทุน และประสิทธิภาพการออกแบบระบบประปาใหม่

3.4 ขอบเขตด้านระยะเวลาดำเนินการ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในช่วงเดือนมกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นตัวแทนของช่วงฤดูแล้งที่วิกฤตที่สุด

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปแบบการวิจัยเป็นแบบผสานวิธี (Mixed Methods Research) ซึ่งบูรณาการองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์โยธาและสิ่งแวดล้อม เข้ากับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและการบริหารจัดการ โดยดำเนินงานภายใต้กรอบแนวคิด Input-Process-Output-Outcome (IPOP) เพื่อให้มั่นใจว่าปัจจัยนำเข้าต่างๆ จะถูกนำไปผ่านกระบวนการวิเคราะห์และออกแบบที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ จนได้ผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรมและนำไปสู่ผลกระทบเชิงบวกต่อชุมชน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยอย่างละเอียดดังนี้

4.1 การรวบรวมและทบทวนข้อมูล (Data Collection and Review) ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลทั้งปฐมภูมิและทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลหลักในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย

4.1.1 ข้อมูลทุติยภูมิ รวบรวมข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพและสังคมของเทศบาลตำบลหนองพ้อ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาย้อนหลัง (เช่น ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน อัตราการระเหยของน้ำ) จากกรมอุตุนิยมวิทยาเพื่อใช้ในการประเมินสมดุลน้ำ ข้อมูลสถิติประชากรและจำนวนครัวเรือนจากฐานข้อมูลทะเบียนราษฎร์ รวมทั้งทบทวนวรรณกรรม กฎหมาย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน มาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย หลักเกณฑ์การออกแบบระบบประปา [5-7] รวมถึงแนวคิดการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการ (IWRM) เพื่อใช้ประกอบการอภิปรายผล

4.1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ ศึกษาแผนผังและองค์ประกอบของระบบประปาบาดาลเดิม ลงพื้นที่สำรวจสภาพปัญหาการใช้งานจริง และรวบรวมข้อมูลปัญหาที่พบจากการร้องเรียนของผู้ใช้น้ำผ่านการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนและเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ เพื่อให้เข้าใจบริบทและข้อจำกัดของระบบปัจจุบัน

ภาพที่ 2 การลงพื้นที่สำรวจสภาพปัญหาและศึกษาแบบแปลนระบบประปาบาดาลเดิมร่วมกับผู้นำชุมชนและเจ้าหน้าที่เทศบาลตำบลหนองพ้อ

4.2 การสำรวจและประเมินศักยภาพแหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water Source Assessment) ดำเนินการสำรวจเชิงลึก ณ บ่อขุดดินเป้าหมายในพื้นที่หมู่ที่ 6 เพื่อประเมินความเหมาะสมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ดังนี้

4.2.1 การสำรวจและวิเคราะห์ปริมาณน้ำ (Water Quantity Analysis) ทำการสำรวจรังวัดขอบเขตทางกายภาพของบ่อน้ำผิวดินโดยละเอียดโดยใช้เครื่องมือสำรวจเพื่อจัดทำแผนที่แสดงรูปร่างและวัดระดับความลึกของก้นบ่อ (Bathymetric Survey) และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณและวิเคราะห์ตามหลักอุทกวิทยา ดังนี้

4.2.1.1 การคำนวณปริมาตรกักเก็บ (Volume Calculation): ใช้ข้อมูลความลึกและพื้นที่ผิวน้ำคำนวณปริมาตรกักเก็บสูงสุด

4.2.1.2 การวิเคราะห์สมดุลของน้ำ (Water Balance Analysis): ใช้สมการสมดุลน้ำเพื่อประเมินปริมาณน้ำต้นทุนสุทธิที่เหลือให้ใช้ประโยชน์ตลอดปี โดยพิจารณาตัวแปรดังสมการ

$$\Delta S = P + R - E - G - O \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ ΔS แทน การเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำ โดยใช้ข้อมูลสถิติน้ำฝนและการระเหยย้อนหลังจากกรมอุตุนิยมวิทยาในการคำนวณ

P แทน ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในบ่อ

R แทน ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงบ่อ

E แทน การสูญเสียจากการระเหย

G แทน การสูญเสียจากการซึม

O แทน การนำน้ำไปใช้

4.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (Water Quality Analysis) วางแผนและดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำดิบตามหลักวิชาการ โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบผสม (Composite Sampling) จากจุดเก็บตัวอย่างที่เป็นตัวแทนจำนวน 6 จุดรอบบ่อ ณ ระดับความลึกต่างๆ การเก็บตัวอย่างดำเนินการในช่วงฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ ถึง เมษายน พ.ศ. 2566) ซึ่งสอดคล้องกับสถิติภูมิอากาศและประกาศกรมอุตุนิยมวิทยาเรื่องการเข้าสู่ฤดูร้อนที่เป็นช่วงวิกฤตภัยแล้งที่สุดของพื้นที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลคุณภาพน้ำในสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด (Worst-case scenario) ตัวอย่างน้ำถูกควบคุมอุณหภูมิและนำส่งเพื่อตรวจวิเคราะห์ ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ โดยครอบคลุมพารามิเตอร์สำคัญตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ดังนี้ 1) ด้านกายภาพ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) สี (Color) ความขุ่น (Turbidity) อุณหภูมิ และการนำไฟฟ้า 2) ด้านเคมี ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO), บีโอดี (BOD) สารอาหารพืช และกลุ่มโลหะหนักที่เป็นพิษ 3) ด้านชีวภาพ ได้แก่ Total Coliform และ Fecal Coliform Bacteria เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านสุขอนามัย และ 4) ด้านสารพิษ

ภาพที่ 3 สภาพปัญหาและศึกษาแหล่งน้ำและปริมาณน้ำของเทศบาลตำบลหนองพ้อ

ที่มา: จากการสำรวจภาคสนามของผู้วิจัย

ภาพที่ 4 การเก็บตัวอย่างน้ำดิบแบบผสมจาก 6 จุดรอบบ่อในช่วงฤดูแล้ง เพื่อส่งตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ที่มา: จากการสำรวจภาคสนามของผู้วิจัย

4.3 การประเมินประสิทธิภาพระบบประปาเดิม (Existing System Evaluation) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานผลการทดสอบคุณภาพน้ำประปาจากแหล่งน้ำบาดาลเดิมที่ดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยทักษิณ โดยเน้นการตรวจสอบค่าสารละลายรวม (TDS) และค่าความกระด้าง ที่มักเป็นปัญหาหลัก ร่วมกับการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบในปัจจุบัน โดยใช้โปรแกรมหรือแบบจำลองมาตรฐานคุณภาพระบบประปาหมู่บ้าน เพื่อวิเคราะห์หาจุดอ่อนของระบบ เช่น ปัญหาแรงดันน้ำตกในเส้นท่อจ่ายน้ำ หรือประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

4.4 การออกแบบระบบประปาผิวดิน (Surface Water Supply System Design) นำข้อมูลผลการวิเคราะห์จากขั้นตอนที่ 4.1-4.3 มาบูรณาการเพื่อคำนวณและออกแบบทางวิศวกรรมสำหรับระบบผลิตน้ำประปาจากแหล่งน้ำผิวดิน โดยยึดหลักเกณฑ์ทางวิศวกรรมสุขาภิบาล [8] และมาตรฐานที่เป็นยอมรับ ครอบคลุมรายละเอียดดังนี้

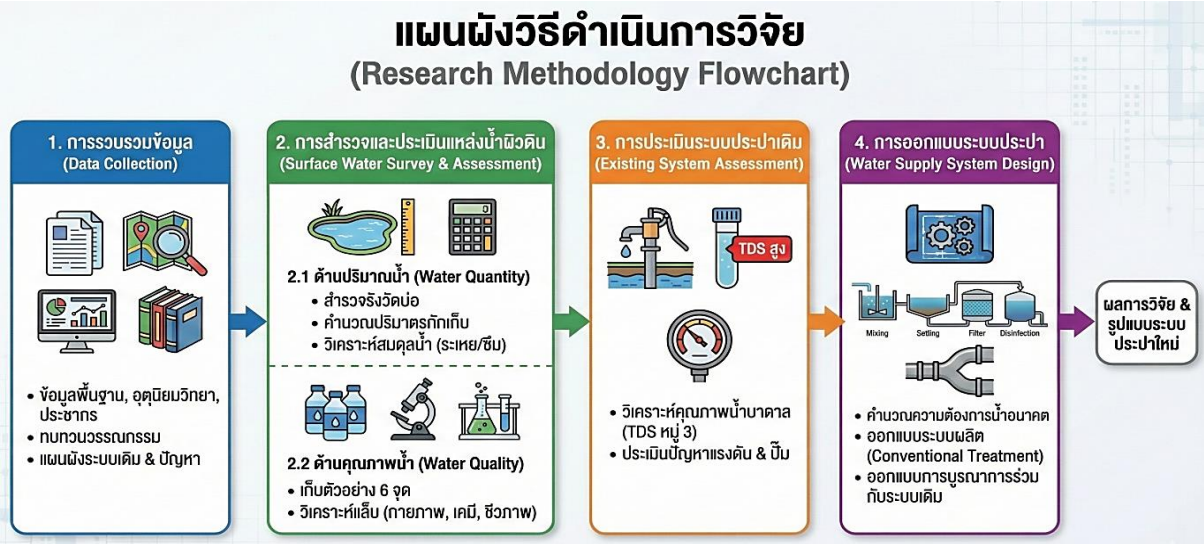
4.4.1 การคาดการณ์ความต้องการใช้น้ำ (Water Demand Forecasting) คำนวณอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยต่อคนต่อวัน และทำการคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต โดยใช้แบบจำลองทางสถิติที่เหมาะสม เพื่อกำหนดขนาดกำลังการผลิตของระบบประปาให้รองรับความต้องการใช้น้ำของประชากร (ประมาณ 2,040 คน) ในอนาคตได้ (Design Period 20 ปี)

4.4.2 การออกแบบระบบสูบน้ำดิบ (Raw Water Intake Design) ออกแบบโครงสร้างรับน้ำและคัดเลือกชนิดและขนาดของเครื่องสูบน้ำดิบ (Pump Sizing)

4.4.3 การออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Water Treatment Process Design) พิจารณาเลือกและออกแบบหน่วยบำบัดน้ำที่จำเป็นโดยอ้างอิงจากผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบในข้อ 4.2.2 ได้แก่ กระบวนการสร้างตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรค

4.4.4 การออกแบบระบบจ่ายน้ำและการเชื่อมต่อ (Distribution System and Integration Design) ออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำและวางแผนการเชื่อมต่อกับระบบเดิม

4.4.5 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) ทำการประเมินและเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตน้ำประปาต่อหน่วย (Unit Cost) ระหว่างระบบประปาบาดาลเดิมกับระบบประปาผิวดินที่ออกแบบใหม่ โดยคำนวณจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ค่าสารเคมี และค่าบำรุงรักษา เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมในการลงทุนและความยั่งยืนในการบริหารจัดการของเทศบาล



ภาพที่ 5 แสดงแผนผังวิธีการดำเนินการวิจัย
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

5. ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยตามระเบียบวิธีที่กำหนดไว้ สามารถสรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษาออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ ผลการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำผิวดิน ผลการวิเคราะห์ระบบประปาเดิม ผลการออกแบบระบบประปาผิวดิน และผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดิน มีดังนี้

5.1.1 ด้านปริมาณน้ำและความสมดุลของน้ำ (Water Quantity and Balance) จากการลงพื้นที่สำรวจและรังวัดทางกายภาพของบ่อน้ำผิวดินเป้าหมายในหมู่ที่ 6 บ้านควนพลี พบว่ามีลักษณะเป็นบ่อขุดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดใหญ่ มีพื้นที่ผิวน้ำประมาณ 16,000 ตารางเมตร ความลึกเฉลี่ยของระดับน้ำอยู่ที่ประมาณ 3-5 เมตร ซึ่งแตกต่างกันไปตามฤดูกาล จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและระดับน้ำย้อนหลังในช่วงปี พ.ศ. 2564-2566 บ่งชี้ว่าแหล่งน้ำแห่งนี้มีเสถียรภาพของปริมาณน้ำกักเก็บที่ดี โดยมีน้ำขังเพียงพอตลอดทั้งปีแม้ในช่วงฤดูแล้งที่ยาวนาน ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบสำคัญ และเพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุนที่แม่นยำสำหรับการออกแบบ ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณสมดุลน้ำ (Water Balance Calculation) โดยนำข้อมูลพื้นที่และความลึกเฉลี่ยมาคำนวณ ปริมาตรกักเก็บน้ำสูงสุดได้ประมาณ 64,000 ลูกบาศก์เมตร และจากการประเมินอัตราการสูญเสียน้ำตามธรรมชาติในพื้นที่ศึกษา พบว่ามีอัตราการระเหยจากผิวน้ำ (Evaporation) เฉลี่ยประมาณ 20% ของปริมาตรน้ำ และอัตราการซึมผ่านลงสู่ชั้นดิน (Percolation) ประมาณ 10% คิดเป็นการสูญเสียรวมทั้งสิ้นประมาณ 30% ของปริมาตรกักเก็บทั้งหมด เมื่อหักลบการสูญเสียดังกล่าวแล้ว คำนวณได้ว่ามี "ปริมาณน้ำสุทธิที่ใช้ประโยชน์ได้ (Net Usable Volume)" อยู่ที่ประมาณ 44,800 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งจากการเปรียบเทียบกับความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยของครัวเรือนในพื้นที่เป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ พบว่าปริมาณน้ำนี้เพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำดิบเสริมสำหรับการผลิตน้ำประปาได้ โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบเชิงลบต่อระบบนิเวศเดิมของแหล่งน้ำและพื้นที่เกษตรกรรมโดยรอบ

5.1.2 ด้านคุณภาพน้ำดิบ (Raw Water Quality) ผลการเก็บตัวอย่างน้ำดิบแบบผสมในช่วงฤดูแล้งและนำส่งตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (สำหรับการอุปโภคบริโภคที่ต้องผ่านการบำบัดทั่วไป) และประเภทที่ 3 (สำหรับการเกษตร) ตามประกาศ

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบแหล่งน้ำผิวดิน หมู่ที่ 6 เทศบาลตำบลหนองพ้อ

พารามิเตอร์	หน่วย	ผลการตรวจวัด	ค่ามาตรฐาน (ประเภท 2)	การประเมิน
กายภาพ				
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5.8	6.0 - 9.0	ต่ำกว่าเกณฑ์
สี (Color)	Pt-Co	< 2.5	ไม่ระบุ	ผ่านเกณฑ์
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	(ไม่ระบุค่า)	ไม่ระบุ	ต้องบำบัด
เคมี				
ออกซิเจนละลาย (DO)	mg/L	9.2	> 6.0	ผ่านเกณฑ์ดีมาก
บีโอดี (BOD)	mg/L	0.8	< 1.5	ผ่านเกณฑ์ดีมาก
ไนเตรท (Nitrate)	mg/L	< 0.12	< 5.0	ผ่านเกณฑ์
โลหะหนัก (As, Pb, Cd, Hg)	mg/L	ไม่พบ/ต่ำกว่าเกณฑ์	ตามกำหนด	ผ่านเกณฑ์
ชีวภาพ				
Total Coliform	MPN/100ml	920	< 5,000	ผ่านเกณฑ์แหล่งน้ำ
Fecal Coliform	MPN/100ml	230	< 1,000	ต้องฆ่าเชื้อโรค

ที่มา: จากการวิเคราะห์ผลจากห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ร่วมกับประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (2537)

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำดิบโดยภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี มีค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) 9.2 mg/L และค่าบีโอดี (BOD) 0.8 mg/L ซึ่งบ่งชี้ว่าแหล่งน้ำมีศักยภาพในการฟอกตัวเองตามธรรมชาติ (Self-purification capacity) สูง และมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ต่ำ ไม่พบการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารเคมีทางการเกษตรที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ได้ระบุถึงปัญหาคุณภาพน้ำที่สำคัญ 2 ประการที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขในกระบวนการผลิตน้ำประปา คือ 1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำ โดยน้ำมีค่า pH เฉลี่ยอยู่ที่ 5.8 ซึ่งแสดงสภาวะเป็นกรดอ่อนๆ สาเหตุอาจเกิดจากลักษณะทางธรณีวิทยาของดินในพื้นที่ที่เป็นดินกรดหรือดินพรุ หากนำน้ำนี้ไปใช้ในระบบประปาโดยตรงโดยไม่ผ่านการปรับปรุง จะส่งผลให้เกิดการกัดกร่อนเส้นท่อและอุปกรณ์โลหะต่างๆ ในระบบจ่ายน้ำ ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง และอาจทำให้มีโลหะหนักละลายออกมาปนเปื้อนในน้ำประปาได้ และ 2) การปนเปื้อนทางชีวภาพ ซึ่งแม้ว่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่ม Total Coliform และ Fecal Coliform จะยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 แต่การตรวจพบเชื้อ Fecal Coliform จำนวน 230 MPN/100 mL เป็นตัวบ่งชี้ที่ชัดเจนว่ามีการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์หรือสัตว์เลือดอุ่นลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้น น้ำดิบจากแหล่งนี้ไม่สามารถนำมาบริโภคได้โดยตรง และจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคที่มีประสิทธิภาพอย่างเคร่งครัด เพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยต่อสุขภาพของประชาชน

5.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพและปัญหาของระบบประปาบาดาลเดิม จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาจากระบบบาดาลเดิมที่ดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยทักษิณ c]t ผลจากห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ พบว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ แต่มีข้อยกเว้นสำคัญในพื้นที่ หมู่ที่ 3 บ้านโคกวัด ซึ่งผลการตรวจวัดพบค่าน่าวิตก โดยเฉพาะค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) ที่สูงถึง 680 mg/L ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มที่กรมอนามัยกำหนดไว้ที่ไม่เกิน 600 mg/L [9] ค่า TDS ที่สูงในระดับนี้เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้น้ำประปามีรสกร่อย ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้น้ำในการนำไปบริโภค และยังเร่งให้เกิดการสะสมของคราบตะกรันในท่อส่งน้ำและอุปกรณ์สุขภัณฑ์ตามบ้านเรือน นอกจากปัญหาคุณภาพน้ำแล้ว จากการ

ลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้ดูแลระบบประปาและผู้นำชุมชน ยังพบปัญหาเชิงโครงสร้างและประสิทธิภาพของระบบ ได้แก่ ปัญหาแรงดันน้ำในเส้นท่อตกวูบอย่างมาก ในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้น้ำสูง (Peak Demand) เช่น ช่วงเช้าและช่วงเย็น ทำให้ประชาชนที่อยู่ปลายท่อหรือพื้นที่สูงไม่ได้รับน้ำอย่างทั่วถึง และปัญหาเครื่องสูบน้ำบาดาล (Submersible Pump) ต้องทำงานหนักและต่อเนื่องยาวนานเกินไปในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินลดต่ำลง ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและเครื่องสูบน้ำชำรุดบ่อยครั้ง ดังปรากฏในภาพที่ 6 ซึ่งแสดงสภาพความชำรุดทรุดโทรมของระบบท่อและเครื่องสูบน้ำเดิมที่ผ่านการใช้งานมาอย่างยาวนาน

ภาพที่ 6 แสดงสภาพความชำรุดทรุดโทรมของระบบท่อและเครื่องสูบน้ำเดิมที่ผ่านการใช้งานมาอย่างยาวนาน

ที่มา: จากการสำรวจภาคสนามของผู้วิจัย

5.3 ผลการออกแบบ Conceptual Design ระบบประปาผิวดินเพื่อการบูรณาการ ากข้อมูลผลการวิเคราะห์ในส่วนที่ 5.1 และ 5.2 ผู้วิจัยได้นำมาสังเคราะห์เพื่อออกแบบแนวคิดระบบประปาผิวดิน (Conceptual Design) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำดิบ (pH ต่ำ การปนเปื้อนเชื้อโรค และความขุ่น) และเพื่อนำน้ำที่ผลิตได้ไปบูรณาการร่วมกับระบบเดิมในการแก้ปัญหาค่า TDS สูงและเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน โดยเลือกใช้เทคโนโลยีระบบผลิตน้ำประปาแบบธรรมดา (Conventional Water Treatment System) ซึ่งมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์และง่ายต่อการดูแลบำรุงรักษาสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีรายละเอียดองค์ประกอบหลักดังนี้

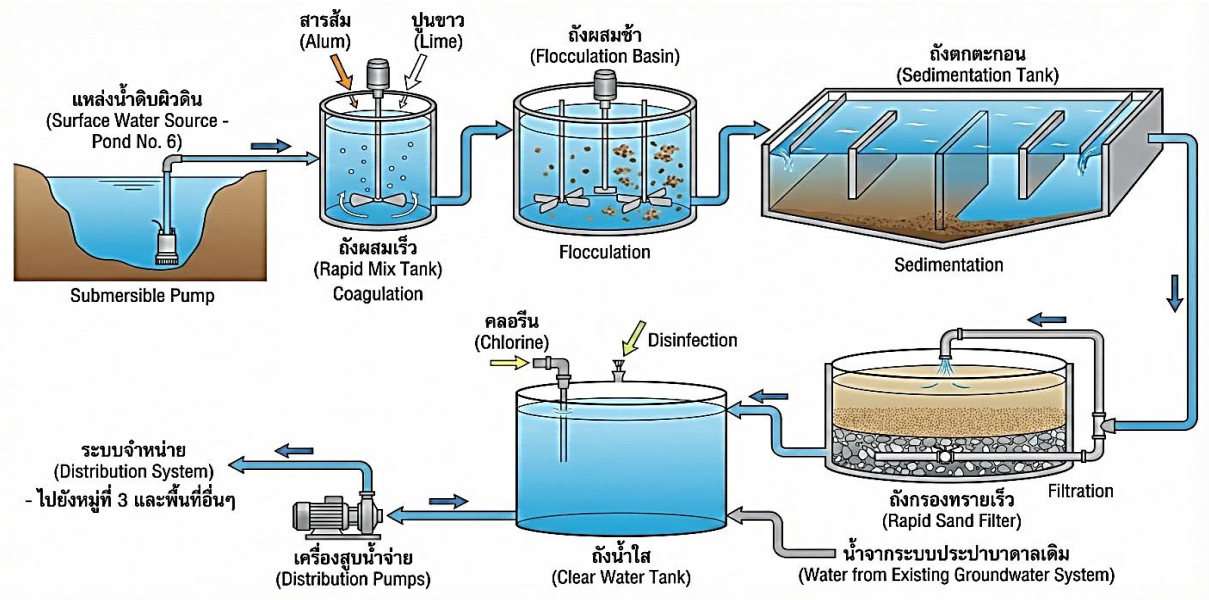
5.3.1 ระบบสูบน้ำดิบ (Intake System) ผู้วิจัยออกแบบกำหนดจุดติดตั้งสถานีสูบน้ำดิบในบริเวณที่มีระดับน้ำลึกที่สุดและมีความเสถียรของตลิ่ง เพื่อให้สามารถสูบน้ำได้ตลอดทั้งปีและลดปัญหาน้ำขุ่นจากตะกอนก้นบ่อ โดยเลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำ (Submersible Pump) ที่ออกแบบมาสำหรับสูบน้ำดิบโดยเฉพาะ กำหนดขนาดอัตราการสูบ (Flow Rate) และระยะส่ง (Total Dynamic Head) ให้สัมพันธ์กับความต้องการน้ำที่คำนวณได้และระยะทางท่อส่งไปยังโรงกรองน้ำ พร้อมติดตั้งตะแกรงกันขยะเพื่อป้องกันเศษวัสดุเข้าสู่ระบบ

5.3.2 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Water Treatment Process) ผู้วิจัยออกแบบกระบวนการผลิตตามหลักวิศวกรรมสุขาภิบาล เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนตามผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบ โดยมีขั้นตอนการทำงานต่อเนื่อง รายละเอียดดังภาพที่ 7 ซึ่งเป็นผังกระบวนการผลิตที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น และภาพที่ 8 แบบจำลอง 3 มิติของระบบ ดังนี้ 1) การปรับเสถียรน้ำ (pH Adjustment) เป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญ โดยการเติมสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เช่น ปูนขาว (Lime) หรือ โซดาแอช (Soda Ash) ลงในน้ำดิบ เพื่อปรับค่า pH จากเดิม 5.8 ให้สูงขึ้นมาอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือ 6.5-7.5 การปรับค่า pH นี้มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการสร้างตะกอนในขั้นตอนถัดไป และเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมีฤทธิ์กัดกร่อนระบบท่อจ่ายน้ำ 2) การกวนเร็ว (Rapid Mixing / Coagulation) ภายหลังการปรับ pH จะทำการเติมสารส้ม (Alum) หรือสารโพลิเมอร์ช่วยสร้างตะกอนลงในถังกวนเร็ว โดยใช้ใบพัดกวนด้วยความเร็วสูงในระยะเวลาสั้นๆ เพื่อให้สารเคมีกระจายตัวทั่วถึงและทำปฏิกิริยาลดประจุไฟฟ้าของอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็ก (Colloids) ที่ทำให้น้ำขุ่น 3) การกวนช้าและการตกตะกอน (Flocculation & Sedimentation) น้ำที่ผ่านการกวนเร็วจะไหลเข้าสู่ถังกวนช้า เพื่อให้อนุภาคขนาดเล็กที่ถูกทำลายประจุแล้วมารวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ (Flocs) ที่มีน้ำหนัก จากนั้นน้ำจะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอน ซึ่งออกแบบให้กระแสน้ำไหลช้าและราบเรียบ

เพื่อเอื้อให้ตะกอนที่มีน้ำหนักตกลงสู่ก้นถังและถูกแยกออกจากน้ำใสส่วนบน 4) การกรอง (Filtration) น้ำใสส่วนบนจากถังตกตะกอนจะถูกส่งเข้าสู่ระบบกรองทรายเร็ว (Rapid Sand Filter) ซึ่งประกอบด้วยชั้นกรองทรายและกรวดที่คัดขนาด เพื่อทำหน้าที่ดักจับอนุภาคความขุ่นและตะกอนขนาดเล็กที่ยังหลงเหลืออยู่ ทำให้น้ำมีความใสสะอาดตามมาตรฐานและ 5) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่สำคัญที่สุดด้านสุขอนามัย โดยการเติมสารละลายคลอรีน (Chlorine Solution) ลงในน้ำกรองในปริมาณที่คำนวณไว้ เพื่อทำลายเชื้อแบคทีเรีย Coliform และจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งหมด โดยออกแบบให้มีระยะเวลาสัมผัส (Contact Time) ที่เพียงพอในถังน้ำใส และต้องควบคุมให้มีปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือ (Free Residual Chlorine) ที่ปลายท่อจ่ายน้ำไม่น้อยกว่า 0.2 mg/L เพื่อป้องกันการปนเปื้อนซ้ำในระบบท่อ ดังภาพที่ 7 และ 8

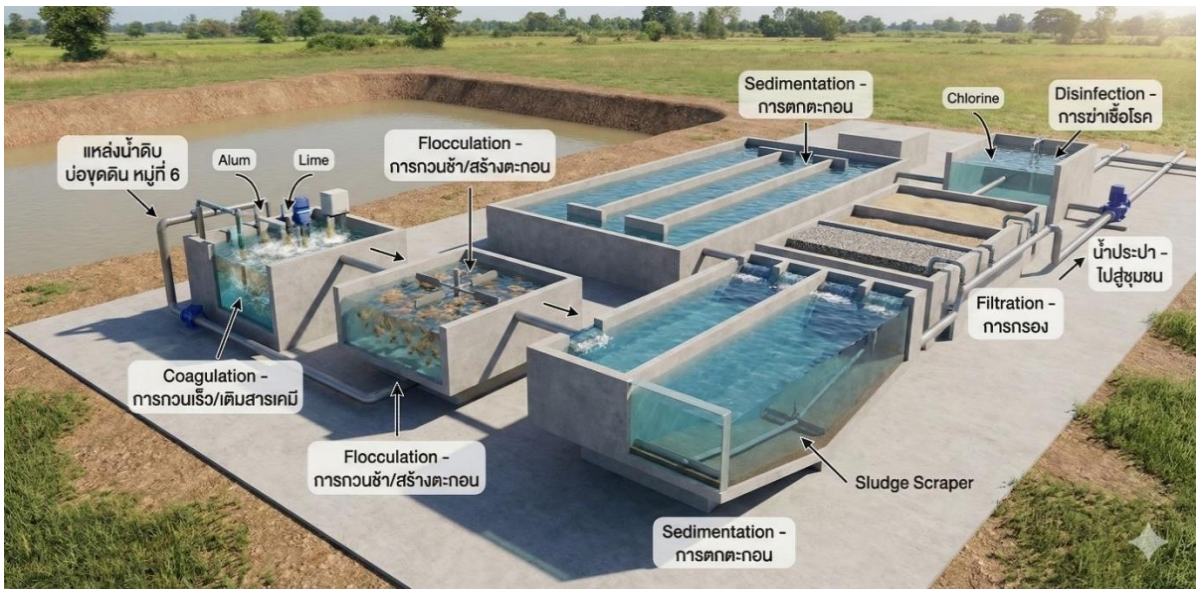
5.3.3 การบูรณาการระบบและการบริหารจัดการน้ำ (System Integration & Water Management) จุดเด่นสำคัญของการออกแบบนี้ คือการกำหนดให้ระบบผลิตน้ำประปาผิวดินแห่งใหม่ ทำหน้าที่ผลิตน้ำสะอาดแล้วส่งไปกักเก็บไว้ใน ถังน้ำใสกลาง (Central Clear Water Tank) เพื่อดำเนินการ ผสมผสาน (Blending) กับน้ำประปาที่ผลิตจากระบบบาดาลเดิม

5.4 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต (Production Cost Analysis) จากการคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตน้ำประปาต่อหน่วย (Unit Cost) ระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่ พบว่า ระบบประปาบาดาลเดิมมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 4.50 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำลึก ในขณะที่ระบบประปาผิวดินที่ออกแบบใหม่มีต้นทุนการผลิตประมาณ 5.20 บาทต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีสัดส่วนหลักมาจากค่าสารเคมี (ส้มและปูนขาว) อย่างไรก็ตาม เมื่อดำเนินการบูรณาการระบบโดยใช้น้ำผิวดินเป็นแหล่งเสริมในช่วงฤดูแล้ง จะทำให้ต้นทุนเฉลี่ยรวมของทั้งระบบ (Blended Cost) อยู่ที่ประมาณ 4.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือว่ามีความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับประโยชน์ที่ได้รับจากการลดค่า TDS และความมั่นคงทางน้ำที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำบาดาล ลดความเสี่ยงจากการซ่อมบำรุงที่บ่อยครั้ง ทำให้ในระยะยาวมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับเทศบาล



ภาพที่ 7 ผังกระบวนการผลิตน้ำประปาที่ออกแบบใหม่

ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น



ภาพที่ 8 แบบจำลองระบบประปาตำบล เทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

6. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างรอบด้านตามวัตถุประสงค์การวิจัย สามารถสรุปประเด็นสำคัญและอภิปรายผลการวิจัยโดยเชื่อมโยงกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

6.1 สรุปผล ผลการวิจัยยืนยันว่าบ่อขุดดินหมู่ที่ 6 บ้านควนพลี มีความเหมาะสมในการพัฒนาเป็นแหล่งน้ำดิบเสริม เนื่องจากมีปริมาณน้ำสุทธิที่ใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 44,800 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (จากพื้นที่ 16,000 ตารางเมตร) ซึ่งเพียงพอต่อการบรรเทาปัญหาภัยแล้ง แม้คุณภาพน้ำดิบจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำเฉลี่ย 5.8 และมีการปนเปื้อนเชื้อ Coliform แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยระบบผลิตน้ำประปาแบบมาตรฐานที่เน้นการปรับเสถียรน้ำและการฆ่าเชื้อโรค นอกจากนี้ งานวิจัยยังนำไปสู่นวัตกรรม "Nong Pho Model" ที่ใช้กลยุทธ์การนำน้ำผิวดินมาผสมผสานกับน้ำบาดาลเดิมเพื่อเจือจางค่าสารละลายรวม (TDS) ให้ได้มาตรฐานโดยไม่ต้องใช้ระบบกรองขั้นสูง ซึ่งจากการวิเคราะห์ต้นทุน พบว่ามีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยรวม 4.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร แสดงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการสร้างความมั่นคงทางน้ำให้กับชุมชนอย่างยั่งยืน

6.2 อภิปรายผล จากข้อสรุปข้างต้น สามารถนำมาอภิปรายผลในประเด็นสำคัญต่างๆ ได้ดังนี้

6.2.1 ความเหมาะสมและศักยภาพของแหล่งน้ำผิวดินในบริบทพื้นที่ ผลการศึกษาความเหมาะสมของแหล่งน้ำบ่อขุดดินหมู่ที่ 6 สอดคล้องกับแนวคิดการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการ (IWRM) ที่เน้นการกระจายความเสี่ยงโดยการใช้แหล่งน้ำต้นทุนที่หลากหลายแทนการพึ่งพาแหล่งน้ำเดียว [10] โดยพบค่า DO สูง (9.2 mg/L) และ BOD ต่ำ (0.8 mg/L) บ่งชี้ถึงขีดความสามารถในการฟอกตัวเองตามธรรมชาติที่ดี ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ ประดิษฐ์ คำธร [11] ที่พบปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมและความขุ่นสูงในฤดูฝน เนื่องจากกายภาพของบ่อมีคันดินช่วยลดการไหลหลากของน้ำผิวดินลงสู่บ่อ อย่างไรก็ตาม สภาพความเป็นกรด (pH 5.8) ที่เป็นลักษณะเฉพาะของพื้นที่ดินพรุภาคใต้ จำเป็นต้องกำหนดให้ขั้นตอนการปรับเสถียรน้ำด้วยปูนขาว (Pre-liming) เป็นจุดวิกฤต (Critical Control Point) ในกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันการกัดกร่อนระยะยาว

6.2.2 นวัตกรรมกระบวนการ "Nong Pho Model" และการบูรณาการระบบประปา (System Integration Innovation) การบูรณาการระบบประปาผิวดินร่วมกับน้ำบาดาลเดิมภายใต้โมเดล "Nong Pho Model" เป็นการประยุกต์ใช้หลักการบริหารจัดการน้ำแบบผสมผสาน (Conjunctive Use Management) อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ธนวัฒน์ พลอยทรัพย์ [12]

ที่พบว่าช่วยลดภาระและยืดอายุการใช้งานแหล่งน้ำบาดาล นวัตกรรมนี้โดดเด่นด้วยการใช้กลยุทธ์การเจือจาง (Dilution Strategy) เพื่อแก้ไขปัญหาค่าสารละลายสูง (High TDS) ทดแทนเทคโนโลยีที่มีต้นทุนสูงอย่าง Reverse Osmosis (RO) โดยผลการวิเคราะห์ยืนยันความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยต้นทุนเฉลี่ยรวมเพียง 4.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีความเหมาะสมกับบริบทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ

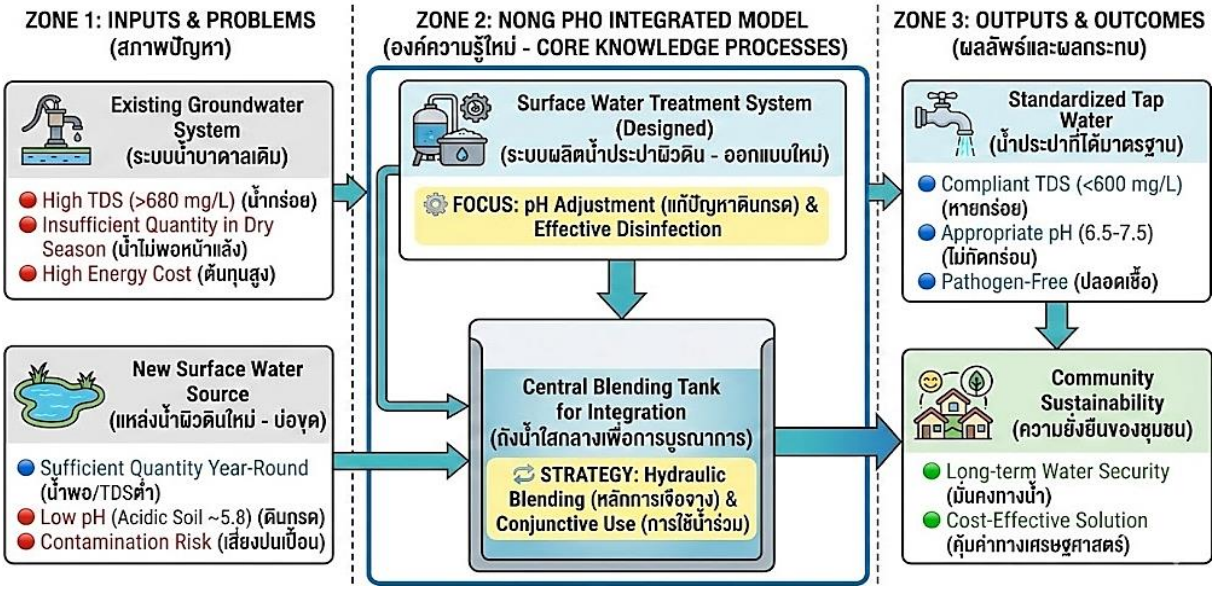
6.2.3 ปัจจัยสู่ความสำเร็จและความยั่งยืน (Critical Success Factors for Sustainability) ความสำเร็จของโครงการมิได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมทางวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว แต่ยังต้องอาศัยประสิทธิภาพการบริหารจัดการและการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ดังที่ นันทวัน มณีจักร [13] ระบุว่าการมีส่วนร่วมของชุมชนและการพัฒนาขีดความสามารถของบุคลากรเป็นหัวใจสำคัญของความยั่งยืน ดังนั้น เทศบาลตำบลหนองพ้อจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมด้านบุคลากร (Capacity Building) เนื่องจากระบบผลิตน้ำประปาผิวดินมีความซับซ้อนในการเดินระบบและการควบคุมสารเคมีมากกว่าระบบบาดาลเดิม เพื่อให้สามารถผลิตน้ำประปาที่ได้มาตรฐานอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

6.3 องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการวิจัย (Body of Knowledge) งานวิจัยเรื่อง "การประเมินความเหมาะสมของแหล่งน้ำผิวดินเพื่อออกแบบระบบประปาฯ" นี้ ไม่ได้เป็นเพียงการออกแบบทางวิศวกรรมพื้นฐาน แต่ได้ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในบริบทของการบริหารจัดการน้ำท้องถิ่น ดังนี้

6.3.1 นวัตกรรมกระบวนการ งานวิจัยนี้นำเสนอนวัตกรรม "รูปแบบการบริหารจัดการน้ำแบบผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาน้ำกร่อยในชุมชน (Conjunctive Use Model for Brackish Water Solution)" หรือ Hydraulic Blending Strategy ซึ่งประยุกต์ใช้หลักการเจือจาง (Dilution Principle) ทางวิศวกรรมด้วยการนำน้ำผิวดินที่มีค่าสารละลาย (TDS) ต่ำ มาผสมผสานกับน้ำบาดาลเดิมที่มีค่า TDS สูงในอัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่งแตกต่างจากแนวทางเดิมที่มักพึ่งพาเทคโนโลยี Reverse Osmosis (RO) ที่มีต้นทุนสูงและยุ่งยากในการบำรุงรักษา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้สามารถลดค่า TDS ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้โดยไม่ต้องลงทุนในระบบ RO จึงเป็นต้นแบบ (Model) สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในภาคใต้ที่มีบริบทคล้ายคลึงกัน โดยหันมาใช้แหล่งน้ำผิวดินขนาดเล็กเป็นตัวทำละลายร่วมกับการใช้งานน้ำบาดาลเดิมอย่างคุ้มค่า

6.3.2 องค์ความรู้เชิงบริบทพื้นที่ แนวทางการจัดการคุณภาพน้ำดิบในพื้นที่ดินพรุ/ดินกรด (Site-Specific Water Treatment Guideline) หรือ Specific Treatment Protocol มุ่งเน้นการออกแบบกระบวนการผลิตที่ให้ความสำคัญกับการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Adjustment) เพื่อรองรับบริบททางธรณีวิทยาของพื้นที่ดินกรดในภาคใต้ ซึ่งแตกต่างจากระบบประปาผิวดินทั่วไปที่มักเน้นเพียงการกำจัดความขุ่นและเชื้อโรค งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าแหล่งน้ำในเขตอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุงได้รับอิทธิพลจากสภาพดินเปรี้ยวส่งผลให้มีค่า pH ต่ำ (5.8) จึงจำเป็นต้องกำหนดให้การเติมปูนขาวก่อนกระบวนการสร้างตะกอน (Pre-liming) เป็นขั้นตอนวิกฤตในการผลิตเพื่อให้การตกตะกอนสมบูรณ์และลดการกัดกร่อน อันเป็นปัจจัยชี้ขาดความสำเร็จของระบบประปาในบริบทพื้นที่ดังกล่าว

6.3.3 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อความยั่งยืน (Economic Sustainability in Local Water Supply) การสร้างความมั่นคงทางน้ำอย่างยั่งยืน (Sustainable Water Security) ผ่านการกระจายความเสี่ยง (Diversification) ด้วยระบบประปาแบบผสมผสาน (Hybrid) ช่วยเปลี่ยนมุมมองเดิมที่เห็นว่าการลงทุนระบบใหม่เป็นภาระงบประมาณ โดยผลการวิเคราะห์ต้นทุน (Cost Analysis) ชี้ให้เห็นว่าแนวทางนี้ช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำและลดค่าไฟฟ้าในฤดูแล้ง ส่งผลให้ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย (Unit Cost) ในระยะยาวมีความคุ้มค่าสูงกว่าการซ่อมบำรุงหรือการขุดเจาะบ่อใหม่อย่างต่อเนื่อง นับเป็นการเปลี่ยนกระบวนทัศน์ (Paradigm Shift) จากการมุ่งเน้นเพียงการจัดหาแหล่งน้ำใหม่ ไปสู่การบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างชาญฉลาดและคุ้มค่า ซึ่งแสดงให้เห็นแนวคิดขององค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการวิจัยไว้ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แบบจำลองระบบประปาตำบล เทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

จากการสรุปและอภิปรายผลการวิจัย คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำคัญเพื่อการนำไปปฏิบัติและการพัฒนาต่อยอด โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต ดังนี้

7.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

7.1.1 การผลักดันเข้าสู่แผนพัฒนาและจัดหางบประมาณ เทศบาลควรนำผลการศึกษาความเหมาะสมและแบบร่างแนวคิด (Conceptual Design) ไปบูรณาการในแผนพัฒนาท้องถิ่นเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลประกอบการขอรับการสนับสนุนงบประมาณ ทั้งจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีและเงินอุดหนุนเฉพาะกิจจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นหรือกองทุนสิ่งแวดล้อม ซึ่งการมีผลการศึกษาทางวิชาการรองรับจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือและความเป็นไปได้ในการนำโครงการไปสู่การปฏิบัติจริง

7.1.2 การสร้างระบบเฝ้าระวังและควบคุมคุณภาพน้ำเชิงรุก เทศบาลควรจัดให้มีระบบติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่องโดยใช้ชุดทดสอบภาคสนาม (Portable Test Kits) เพื่อตรวจวัดพารามิเตอร์สำคัญ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความขุ่น และคลอรีนอิสระคงเหลือ อย่างน้อยวันละ 1-2 ครั้ง ซึ่งจะช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถปรับอัตราการจ่ายสารเคมี (Chemical Dosage) ให้สอดคล้องกับความผันผวนของคุณภาพน้ำดิบในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.1.3 การบริหารจัดการพื้นที่คุ้มครองแหล่งน้ำดิบอย่างมีส่วนร่วม (Participatory Source Water Protection Management) เทศบาลควรกำหนดเขตพื้นที่คุ้มครองรอบแหล่งน้ำดิบ (Sanitary Zone) อย่างชัดเจน ควบคู่กับการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการกำหนดกติกาเพื่อควบคุมแหล่งกำเนิดมลพิษ อาทิ การทิ้งขยะ การระบายน้ำเสีย และการเลี้ยงสัตว์ รวมถึงการรณรงค์สร้างจิตสำนึกและการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมด้วยการปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการชะล้างหน้าดิน ซึ่งถือเป็นกลไกสำคัญในการรักษาเสถียรภาพของคุณภาพน้ำต้นทุนอย่างยั่งยืน

7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยเพื่อพัฒนาต่อยอดในอนาคต

7.2.1 การศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำดิบในรอบปี ควรมีการศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำดิบต่อเนื่องอย่างน้อย 1 ปีปฏิทิน เพื่อให้ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยเฉพาะปัญหามลภาวะความขุ่นจากการชะล้างหน้าดินในช่วงฤดูฝน ข้อมูลเชิงลึกที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงแบบรายละเอียด (Detailed Design) ของระบบ

ตกตะกอนและระบบกรอง ให้สามารถรองรับภาระความขุ่นสูงสุด (High Turbidity Load) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.2.2 การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และสังคม ควรศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าตลอดอายุโครงการ (Life Cycle Cost Analysis) ระหว่างระบบประปาผิวดินกับทางเลือกอื่น อาทิ การขุดเจาะบ่อบาดาลในพื้นที่ศักยภาพสูง หรือการใช้ระบบกรองขั้นสูง (RO หรือ Nano-filtration) เฉพาะจุด เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกประกอบการตัดสินใจเลือกแนวทางการลงทุนที่เกิดประโยชน์และความคุ้มค่าสูงสุดในระยะยาว

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ เทศบาลตำบลหนองพ้อ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ที่อนุเคราะห์ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่สำรวจ ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ และขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักสูตรนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ให้คำปรึกษาแนะนำจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Poungngam, K. 2007. *Thai Local Government: Forms and Roles*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)

[2] Phatthalung Provincial Statistical Office. 2023. *Population and Housing Statistics of Phatthalung Province*. Phatthalung: Phatthalung Provincial Statistical Office. (in Thai)

[3] Nong Pho Municipality Waterworks Office. 2023. "Report on Water Consumption Behavior Analysis of People in Nong Pho Subdistrict Municipality Community, 2022-2023," Report. Phatthalung: Nong Pho Subdistrict Municipality. (in Thai)

[4] Royal Irrigation Department. 2019. *Handbook for Survey and Assessment of Small Surface Water Sources*. Bangkok: Research and Development Division, Royal Irrigation Department. (in Thai)

[5] Pollution Control Department. 2015. "Guidelines for Surface Water Quality Management," [Online]. Available: https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/05/surface-water-quality.pdf. Accessed [Accessed 27 December 2025]. (in Thai)

[6] National Environment Board. 1994. "Notification of the National Environment Board No. 8 (B.E. 2537) Re: Determination of Surface Water Quality Standards," *Royal Gazette*, 111(17 D): pp. 17-19. (in Thai)

[7] Department of Health. 2018. "Notification of the Department of Health Re: Drinking Water Quality Standards B.E. 2561," *Royal Gazette*, 135(Special Part 210 D): p. 1. (in Thai)

[8] Vitoorchavalitwong, T. 2018. *Principles of Community Water Supply Design*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)

[9] World Health Organization. 2017. *Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition incorporating the First Addendum*. Geneva: WHO.

[10] Department of Water Resources. 2018. *20-Year Master Plan on Water Resources Management*. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)

[11] Khamthon, P. 2017. "The Study of Surface Water Source Suitability for Water Supply Production in Khlong Thom Watershed,

Krabi Province," Master's thesis, Prince of Songkla Univ., Songkhla, Thailand. (in Thai)

[12] Ploysap, T. 2021. "Analysis and Assessment of Potential of Tha Chin Canal Water Source for Water Supply in Nakhon Pathom City Municipality," Master's thesis, Kasetsart Univ., Nakhon Pathom, Thailand. (in Thai)

[13] Maneechak, N. 2022. "Sustainable Village Water Supply Management: A Case Study of Ban Nong Khon, Nakhon Ratchasima Province," Master's thesis, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, Thailand. (in Thai)

[14] American Water Works Association. 2017. *Water Distribution Operator Training Handbook*, 7th ed. Denver, CO: AWWA.

[15] Montgomery Watson. 2004. *Water Treatment Principles and Design*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.

บทความวิจัย : Research article

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานโดยบูรณาการหลักอริยสัจ 4 และการออกแบบเชิงกลยุทธ์ (DSNM-PBL) เพื่อเสริมสร้างทักษะการงานอาชีพและเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

DEVELOPMENT OF PROJECT-BASED LEARNING MODEL INTEGRATING THE FOUR NOBLE TRUTHS AND STRATEGIC DESIGN (DSNM-PBL) TO ENHANCE CAREER AND TECHNOLOGY SKILLS FOR LOWER SECONDARY STUDENTS

วิมลลักษณ์ ศรีกระจ่าง[1], วัสสา รวยรวย[2*]

Wimonluk Srikrajang[1], Wassa Ruayruay[2*]

[1] โรงเรียนเทศบาลวัดศรีสมบูรณ์ อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

[2] หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[1] Wat Srisombun Municipal School, Pak Phanang District, Nakhon Si Thammarat Province

[2] Bachelor of Industrial Education Program, Major in Industrial Arts, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: wassa_rua@nstru.ac.th

วันที่รับบทความ: 2 ธันวาคม 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 11 ธันวาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 13 ธันวาคม 2568;
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 29 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการหลักอริยสัจสี่และการออกแบบเชิงกลยุทธ์ สำหรับครูผู้สอน 2) เปรียบเทียบสมรรถนะการจัดการเรียนรู้เชิงรุกและนวัตกรรมของครูก่อนและหลังการใช้รูปแบบ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของครูที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยรูปแบบดังกล่าวมีจุดเด่นที่แตกต่างจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (PBL) ทั่วไป คือ การมุ่งเน้นกระบวนการทางปัญญาตามหลักพุทธธรรมเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาอย่างลึกซึ้งก่อนนำไปสู่การออกแบบนวัตกรรม กลุ่มเป้าหมาย คือ ครูผู้สอนโรงเรียนเทศบาลวัดศรีสมบูรณ์ ปีการศึกษา 2568 จำนวน 23 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) คู่มือการอบรมเชิงปฏิบัติการ 2) แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจและแบบประเมินสมรรถนะการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยกระบวนการ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวิเคราะห์ปัญหาผู้เรียน ขั้นค้นหาสาเหตุและศักยภาพ ขั้นกำหนดเป้าหมายนวัตกรรมการสอน และขั้นออกแบบการเรียนรู้เชิงกลยุทธ์ มีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 83.48/85.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ 2) สมรรถนะการจัดการเรียนรู้เชิงรุกและนวัตกรรมของครูหลังการใช้รูปแบบสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ครูมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด โดยเห็นว่ารูปแบบดังกล่าวช่วยให้การออกแบบการสอนมีความเป็นระบบ ลึกซึ้ง และสามารถเชื่อมโยงภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่นวัตกรรมได้จริง

คำสำคัญ: รูปแบบการเรียนรู้, หลักอริยสัจสี่, สมรรถนะครู, การออกแบบเชิงกลยุทธ์

Abstract: The objectives of this research were to: 1) develop and determine the efficiency of the DSNM-PBL learning management model integrating the Four Noble Truths and Strategic Design for teachers; 2) compare teachers' active learning and innovative management competencies before and after using the model; and 3) study teachers' satisfaction with the model. A distinct feature of this model, differentiating it from general Project-Based Learning (PBL), is the emphasis on cognitive processes based on Buddhist principles to deeply analyze the root causes of problems prior to designing innovations. The target group consisted of 23 teachers at Wat Si Somboon Municipal School during the 2025 academic year. The research instruments included: 1) a workshop manual for the DSNM-PBL model, 2) a knowledge and competency assessment for instructional plan writing, and 3) a satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean, standard deviation, and t-test for dependent samples. The research findings were as follows: 1) The DSNM-PBL learning management model for teachers consists of four steps: Problem Analysis (Dukkha), Cause and Potential Finding (Samudaya), Innovation Goal Setting (Nirodha), and Strategic Learning Design (Magga). The model's efficiency (E1/E2) was 83.48/85.65, which met the specified 80/80 criterion. 2) Teachers' active learning and innovative management competencies after using the model were significantly higher than before using the model at the .05 level. 3) Teachers' satisfaction with the learning management model was at the highest level. Teachers reflected that the DSNM model enabled systematic and profound instructional design, capable of effectively connecting local wisdom to innovation.

Key words: Learning Model, The Four Noble Truths, Teacher Competency, Strategic Design

1. บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 ภูมิทัศน์ของการจัดการศึกษาได้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างพลิกผัน (Disruption) จากเดิมที่เน้นการถ่ายทอดเนื้อหาวิชาการไปสู่การมุ่งเน้นสมรรถนะ (Competency) และทักษะอาชีพ (Career Skills) โดยเฉพาะในบริบทของโรงเรียนสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เช่น โรงเรียนเทศบาลวัดศรีสมบูรณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่แม้จะมีต้นทุนทางวัฒนธรรมเข้มแข็ง แต่ยังประสบปัญหาเชิงโครงสร้าง คือ การจัดการเรียนการสอนยังคงติดกับดักการบรรยาย (Passive Learning) และขาดการเชื่อมโยงบริบทชุมชนสู่นวัตกรรม แม้จะมีความพยายามนำรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PBL) มาใช้ แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบช่องว่างขององค์ความรู้ (Research Gap) ที่สำคัญคือ PBL ทั่วไปมักเน้นเพียงกระบวนการ "ลงมือทำ" เพื่อให้ได้ชิ้นงาน แต่ขาดเครื่องมือทางปัญญา (Cognitive Tools) ที่ช่วยให้ผู้เรียนวิเคราะห์เจาะลึกถึง "รากเหง้าของปัญหา" อย่างเป็นระบบ ทำให้โครงงานที่เกิดขึ้นมักเป็นเพียงสิ่งประดิษฐ์ที่ไม่ตอบโจทย์บริบทชุมชนอย่างยั่งยืน [1], [2]

เพื่อให้ก้าวข้ามข้อจำกัดดังกล่าว จำเป็นต้องอาศัยนวัตกรรมกระบวนการคิดที่มีความลึกซึ้งกว่ากระบวนการแก้ปัญหาทั่วไป งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวคิดการบูรณาการ "หลักอริยสัจ 4" ซึ่งเป็นภูมิปัญญาตะวันออก เข้ากับ "การออกแบบเชิงกลยุทธ์" และ "PBL" โดยประยุกต์ใช้โมเดล DSNM ของ ฉัตรชัย แก้วดี [4] มาเป็นแกนหลักในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ใหม่ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่

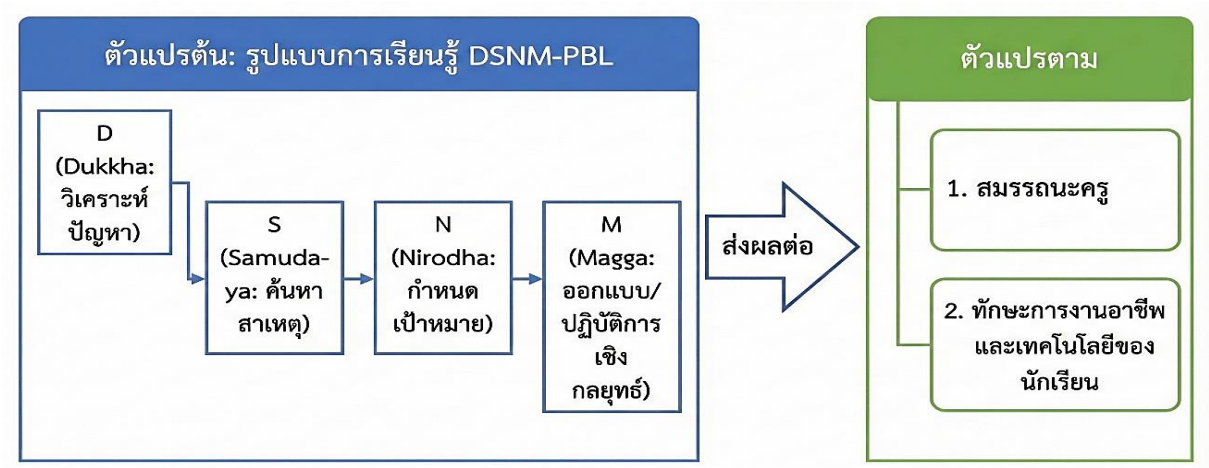
D (Dukkha - ทุกข์): การวิเคราะห์สภาพปัญหาและบริบทความต้องการ (Problem Analysis)

S (Samudaya - สมุทัย): การค้นหาสาเหตุเชิงลึกและศักยภาพของพื้นที่ (Root Cause Identification)

N (Nirodha - นิโรธ): การกำหนดเป้าหมายนวัตกรรมและภาพอนาคต (Goal Setting)

M (Magga - มรรค): การออกแบบและลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์ผ่านโครงงาน (Strategic Execution/PBL)

การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งพัฒนา รูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL เพื่อปิดช่องว่างทางการศึกษา โดยใช้หลักอริยสัจ 4 เป็นเครื่องมือทางปัญญาในการ "คิดวิเคราะห์" และใช้ PBL เป็นเครื่องมือในการ "ลงมือทำ" เพื่อยกระดับครูให้เป็น "ครูมืออาชีพ" ที่สามารถออกแบบการเรียนรู้เชิงรุกได้อย่างมีกลยุทธ์และส่งผลโดยตรงต่อการเสริมสร้างทักษะการงานอาชีพและเทคโนโลยีของนักเรียน ให้เป็นผู้ที่มีทักษะการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และสร้างสรรค์นวัตกรรม ที่ยกระดับชุมชนปากพนังได้อย่างแท้จริง ดังแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรในกรอบแนวคิดการวิจัย (ดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL กับตัวแรตาม

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ DSNM-PBL ที่บูรณาการหลักอริยสัจ 4 และการออกแบบเชิงกลยุทธ์ สำหรับครูโรงเรียนเทศบาลวัดศรีสมบูรณ์ ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80

2.2 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการจัดการเรียนรู้เชิงรุกและนวัตกรรมของครู ระหว่างก่อนและหลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ DSNM-PBL

2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของครูที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ DSNM-PBL

3. ขอบเขตการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยเพื่อให้ครอบคลุมเป้าหมายการพัฒนาสมรรถนะครูและการพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มเป้าหมาย ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา โรงเรียนเทศบาลวัดศรีสมบูรณ์ สังกัดเทศบาลเมืองปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชที่ปฏิบัติหน้าที่สอนในปีการศึกษา 2568 จำนวนทั้งสิ้น 23 คน ซึ่งเป็นการศึกษาจากประชากรทั้งหมด (Population Study) โดยไม่ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง เพื่อให้เกิดการพัฒนาบุคลากรทั้งระบบ (Whole School Approach) ครอบคลุมครูผู้สอนทั้ง 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ และกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน เพื่อสร้างทีมงานที่เข้มแข็งในการขับเคลื่อนนวัตกรรมการศึกษาของสถานศึกษา

3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาครั้งนี้มุ่งเน้นการบูรณาการองค์ความรู้ข้ามศาสตร์ (Interdisciplinary Integration) โดยผสมผสาน 3 ศาสตร์สำคัญ เพื่อสร้างกระบวนทัศน์ใหม่ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่

3.2.1 หลักพุทธธรรม นำหลัก "อริยสัจ 4" (ทุกข์ สมุทัย นิโรธ มรรค) มาประยุกต์ใช้เป็น "กระบวนการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา" (Problem-Solving Framework) เพื่อให้ครูมีเครื่องมือทางปัญญาในการวิเคราะห์สภาพปัญหาของผู้เรียนและชุมชนอย่างเป็นเหตุเป็นผลและเป็นระบบ

3.2.2 ศาสตร์การออกแบบ นำแนวคิด "การออกแบบเชิงกลยุทธ์" (Strategic Design) และ "โมเดล DSNM" (Dukkha-Samudaya-Nirodha-Magga Model) ตามแนวคิดของ ฉัตรชัย แก้วดี [4] มาใช้เป็นกรอบในการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้เรียน (User-Centric) และสอดคล้องกับบริบทของท้องถิ่นปากพนัง

3.2.3 ศาสตร์การสอน นำแนวคิด "การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน" (Project-Based Learning: PBL) และ "การสร้างนวัตกรรม" (Innovation) มาใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการปฏิบัติจริงและการสร้างสรรค์ผลงาน

3.3 ขอบเขตด้านตัวแปร

3.3.1 ตัวแปรต้น (Independent Variable) ได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ DSNM-PBL (Four Noble Truths Strategic Design based Project-Based Learning) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) การนิเทศติดตามผล (Coaching & Mentoring) และคู่มือการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

3.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

1) ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (E1/E2) วัดจากประสิทธิภาพของกระบวนการระหว่างการฝึกอบรม (E1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์คือแผนการจัดการเรียนรู้และผลงานนวัตกรรม (E2) ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

2) สมรรถนะการจัดการเรียนรู้เชิงรุกและนวัตกรรมของครู ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ (Knowledge) และทักษะการปฏิบัติ (Performance) ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่น

3) ความพึงพอใจของครู วัดระดับความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ DSNM-PBL ในด้านเนื้อหา กระบวนการ วิทยากร และประโยชน์ที่ได้รับ

3.4 ขอบเขตด้านระยะเวลา ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 (ระหว่างเดือนพฤษภาคม – กันยายน 2568) โดยแบ่งระยะเวลาการดำเนินงานออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ 1) ระยะเตรียมการและวิเคราะห์ปัญหา 2) ระยะสร้างและพัฒนารูปแบบ 3) ระยะทดลองใช้รูปแบบ (Implementation) และ 4) ระยะประเมินผลและสรุปรายงานวิจัย

3.5 ขอบเขตด้านพื้นที่ พื้นที่ดำเนินการวิจัย คือ โรงเรียนเทศบาลวัดศรีสมบูรณ์ อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นสถานศึกษาที่มีบริบทแวดล้อมด้วยแหล่งเรียนรู้ทางวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น (เช่น ผลิตภัณฑ์จากจาก และอาหารทะเลแปรรูป) ที่เอื้อต่อการนำมาใช้เป็นฐานในการออกแบบการเรียนรู้ตามโมเดล DSNM

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL และศึกษาผลการใช้รูปแบบดังกล่าวกับกลุ่มเป้าหมาย โดยมีรายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

4.1 กลุ่มเป้าหมาย กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ครูผู้สอนโรงเรียนเทศบาลวัดศรีสมบูรณ์ สังกัดเทศบาลเมืองปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในปีการศึกษา 2568 จำนวน 23 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นบุคลากรทั้งหมดในสถานศึกษาที่เป็นพื้นที่วิจัย

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

4.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ คู่มือรูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL ซึ่งประกอบด้วยหลักการ วัตถุประสงค์ โครงสร้างเนื้อหา และกิจกรรมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการสำหรับพัฒนาครู

4.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1) แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจ (Knowledge Test) เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ เพื่อวัดความรู้เกี่ยวกับหลักการ DSNM และ PBL ซึ่งผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67 - 1.00 และนำไปทดลองใช้ (Try-out) เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตร Kuder-Richardson 20 (KR-20) ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

2) แบบประเมินสมรรถนะการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบมาตรวัดคุณภาพชิ้นงาน (Rubric Score) เพื่อประเมินองค์ประกอบของแผน ความสอดคล้อง และความคิดสร้างสรรค์ ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ

3) แบบสอบถามความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) จำนวน 15 ข้อ ครอบคลุมด้านเนื้อหา ด้านกระบวนการ และด้านการนำไปใช้ ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ ได้ค่า IOC ระหว่าง 0.67 - 1.00 และหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.92

4.3 ขั้นตอนการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา ซึ่งครอบคลุม 4 ระยะ ดังนี้

4.3.1 ระยะที่ 1 การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Analysis) ทำการศึกษาเอกสาร หลักสูตร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจัดสนทนากลุ่ม (Focus Group) ร่วมกับผู้บริหารและครู เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหา ความต้องการและความจำเป็น

4.3.2 ระยะที่ 2 การสร้างและพัฒนารูปแบบ (Design and Development) นำข้อมูลจากระยะที่ 1 มาสังเคราะห์เป็นรูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL และสร้างเครื่องมือประกอบ พร้อมทั้งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงแก้ไข

4.3.3 ระยะที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบ (Implementation) นำรูปแบบที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลัง (One Group Pretest-Posttest Design) มีขั้นตอนย่อยคือ 1) ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) 2) ดำเนินการพัฒนาครูผ่านกิจกรรมเชิงปฏิบัติการและติดตามการนำไปใช้สอนจริงในชั้นเรียน และ 3) ทดสอบหลังเรียน (Post-test) และประเมินผลงานแผนการสอน

4.3.4 ระยะที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุง (Evaluation) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของรูปแบบ และประเมินความพึงพอใจ เพื่อสรุปผลการวิจัย

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนการทดลอง โดยดำเนินการเก็บคะแนนจากการทดสอบความรู้และประเมินแผนการสอนทั้งก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการพัฒนา และเก็บข้อมูลความพึงพอใจภายหลังเสร็จสิ้นกิจกรรม

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติดังนี้

4.5.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบ (E1/E2) โดยใช้สูตรคำนวณประสิทธิภาพ E1/E2

4.5.2 เปรียบเทียบสมรรถนะของครูก่อนและหลังการใช้รูปแบบ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for Dependent Samples)

4.5.3 วิเคราะห์ความพึงพอใจของครู โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

5. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ตอน ตามลำดับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ DSNM-PBL การวิจัยในระยะนี้มีเป้าหมายหลักเพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพของ "รูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL" สำหรับครู ซึ่งได้จากการสังเคราะห์ตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (R&D) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) ขั้นวิเคราะห์ปัญหาผู้เรียน (Dukkha: D) 2) ขั้นค้นหาสาเหตุและศักยภาพ (Samudaya: S) 3) ขั้นกำหนดเป้าหมายนวัตกรรมการสอน (Nirodha: N) และ 4) ขั้นออกแบบการเรียนรู้เชิงกลยุทธ์ (Magga: M) จากการนำรูปแบบไปทดลองใช้กับครูจำนวน 23 คน และคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของรูปแบบ ปรากฏผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ DSNM-PBL (N=23)

รายการประเมินประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	∑X	($\bar{X}$)	S.D.	ร้อยละ
1. ประสิทธิภาพกระบวนการ (E1)	**40**	**768**	**33.39**	**2.08**	**83.48**
1.1 กิจกรรม Workshop 1: การวิเคราะห์ Dukkha/Samudaya	20	380	16.52	1.12	82.6
- การใช้เครื่องมือสำรวจปัญหาชุมชน (Pain Point)	10	188	8.17	0.65	81.7
- การวิเคราะห์สาเหตุและทุนวัฒนธรรม (Root Cause)	10	192	8.35	0.57	83.5
1.2 กิจกรรม Workshop 2: การออกแบบ Nirodha/Magga	20	388	16.87	1.05	84.35
- การกำหนดเป้าหมายนวัตกรรม (SMART Goal)	10	190	8.26	0.62	82.6
- การเขียนเค้าโครงการสอนเชิงรุก (Active Learning Plan)	10	198	8.61	0.58	86.1
2. ประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E2)	**50**	**985**	**42.83**	**2.56**	**85.65**
- การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์	50	985	42.83	2.56	85.65
สรุปภาพรวม (E1/E2)			**83.48**		**85.65**

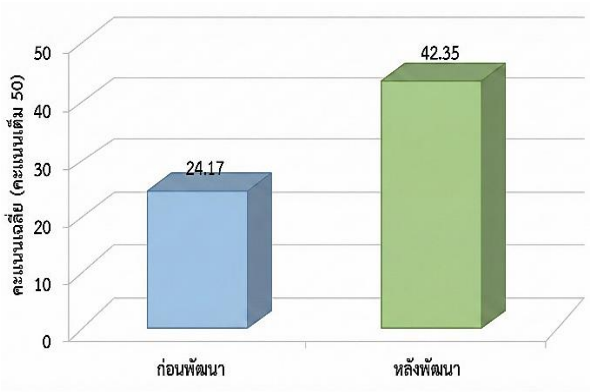
จากตารางที่ 1 พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL มีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 83.48/85.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80) แสดงให้เห็นว่ารูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้พัฒนาครูได้จริง โดยคะแนนประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E2 = 85.65) สูงกว่าคะแนนประสิทธิภาพกระบวนการ (E1 = 83.48) สะท้อนให้เห็นพัฒนาการการเรียนรู้ของครูที่เพิ่มขึ้นตามลำดับขั้นตอน

5.2 ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ของครู เพื่อให้เห็นผลสัมฤทธิ์ของการพัฒนาเชิงประจักษ์ ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ของครูก่อนและหลังการใช้รูปแบบ โดยใช้สถิติ t-test for dependent samples ซึ่งผลการวิเคราะห์ปรากฏดังภาพที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ของครูก่อนและหลังการใช้รูปแบบ (จำแนกรายด้าน)

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	(ก่อน)		(หลัง)		t	df	Sig.
		($\bar{X}$)	S.D.	($\bar{X}$)	S.D.			
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ (Knowledge)	20	9.48	1.85	17.22	1.15	23.15	22	.0001*
2. ด้านทักษะการปฏิบัติ (Performance)	30	14.69	2.42	25.13	1.96	20.89	22	.0001*
รวมทั้งฉบับ	**50**	**24.17**	**3.58**	**42.35**	**2.92**	**21.45***	**22**	**.0001***

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ของครูก่อนและหลังการใช้รูปแบบ DSNM-PBL

จากภาพที่ 2 และตารางที่ 2 พบว่า สมรรถนะการจัดการเรียนรู้โดยรวมของครูหลังการใช้รูปแบบ ($\bar{X}$ = 42.35) สูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบ ($\bar{X}$ = 24.17) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 21.45$, $p < .05$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าทั้งด้านความรู้ความเข้าใจและด้านทักษะการปฏิบัติ หลังการใช้รูปแบบสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

5.3 ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของครูที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผลการสำรวจความพึงพอใจของครูที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของครูที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ DSNM-PBL (N=23)

รายการประเมิน	($\bar{X}$)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	อันดับ
ด้านเนื้อหาและกระบวนการ	**4.72**	**0.48**	**มากที่สุด**	
1. ขั้นตอน DSNM มีลำดับชัดเจน เข้าใจง่าย	4.78	0.42	มากที่สุด	2
2. การเชื่อมโยงหลักธรรมกับการออกแบบการสอนเหมาะสม	4.74	0.45	มากที่สุด	3
3. กิจกรรม Workshop ส่งเสริมกระบวนการคิดวิเคราะห์เชิงลึก	4.65	0.57	มากที่สุด	5
ด้านประโยชน์และการนำไปใช้	**4.71**	**0.47**	**มากที่สุด**	
4. สามารถนำไปเขียนแผนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนได้จริง	4.7	0.47	มากที่สุด	4
5. ช่วยแก้ไขปัญหาการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้ตรงจุด	4.61	0.58	มากที่สุด	6
6. ส่งเสริมให้ครูเกิดแรงบันดาลใจในการสร้างนวัตกรรม	4.83	0.39	มากที่สุด	1
รวมเฉลี่ยทั้งฉบับ	**4.72**	**0.45**	**มากที่สุด**	

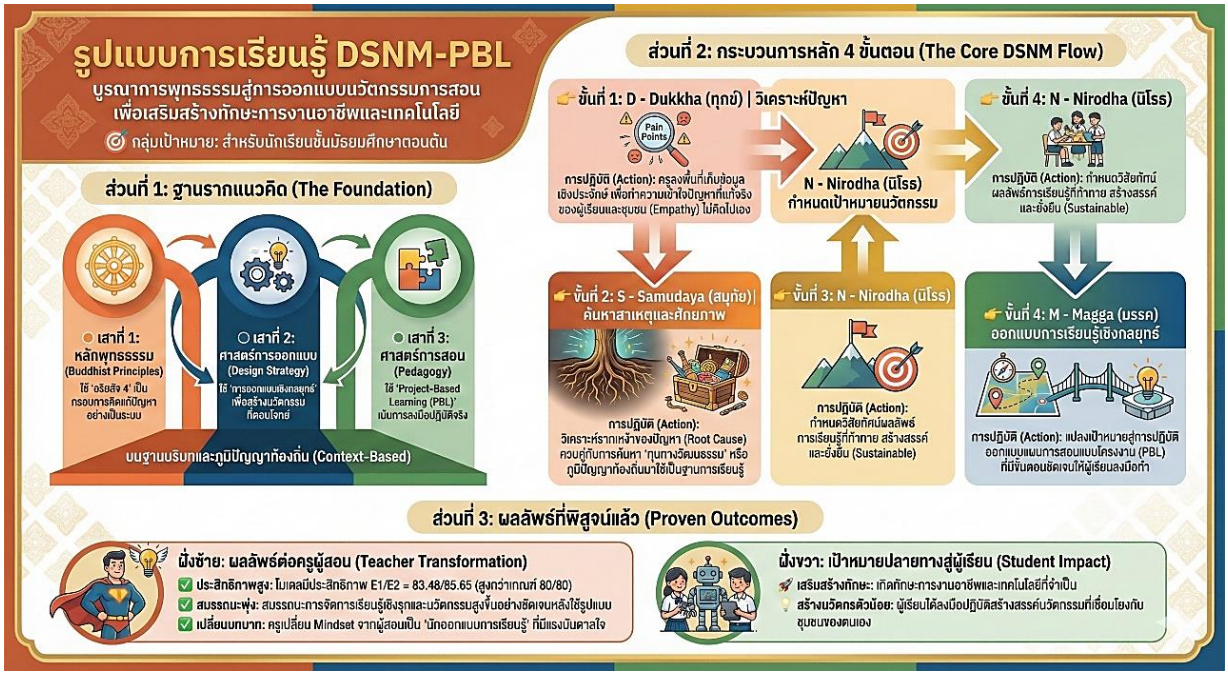
จากตารางที่ 3 พบว่า ครูมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$= 4.72, S.D. = 0.45) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ "ส่งเสริมให้ครูเกิดแรงบันดาลใจในการสร้างนวัตกรรม" ($\bar{X}$ = 4.83) รองลงมา คือ "ขั้นตอน DSNM มีลำดับชัดเจน เข้าใจง่าย" ($\bar{X}$ = 4.78) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบนี้ช่วยสร้างแรงบันดาลใจและมีความชัดเจนในการนำไปปฏิบัติ

สรุปผลการวิจัย จากการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการจัดการเรียนรู้เชิงรุกและนวัตกรรม สำหรับครูโรงเรียนเทศบาลวัดศรีสมบูรณ์ ผู้วิจัยสรุปผลได้ดังนี้

1) องค์ประกอบและประสิทธิภาพของรูปแบบ รูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL มีกระบวนการที่เป็นระบบ 4 ขั้นตอนหลัก ซึ่งบูรณาการหลักพุทธธรรมเข้ากับศาสตร์การออกแบบเชิงกลยุทธ์ ได้แก่ (1) ขั้นวิเคราะห์ปัญหาผู้เรียน (Dukkha) เป็นขั้นที่ครูใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ระบุปัญหาที่แท้จริง (2) ขั้นค้นหาสาเหตุและศักยภาพ (Samudaya) เป็นการวิเคราะห์รากเหง้าของปัญหาควบคู่กับการค้นหาทุนทางวัฒนธรรม (3) ขั้นกำหนดเป้าหมายนวัตกรรมการสอน (Nirodha) เป็นการตั้งเป้าหมายผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ท้าทาย และ (4) ขั้นออกแบบการเรียนรู้เชิงกลยุทธ์ (Magga) เป็นการลงมือออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ฐานโครงงาน (PBL) ผลการทดลองใช้พบว่า รูปแบบมีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 83.48/85.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

2) การยกระดับสมรรถนะครู ครูผู้สอนมีสมรรถนะการจัดการเรียนรู้เชิงรุกและนวัตกรรมหลังการใช้รูปแบบสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 24.17 เป็น 42.35 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลง สะท้อนให้เห็นว่าครูมีพัฒนาการแบบก้าวกระโดดและมีมาตรฐานความสามารถที่ใกล้เคียงกันมากขึ้น

3) ความพึงพอใจของครู ครูมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.72) โดยมีความเห็นสอดคล้องกันว่า โมเดล DSNM ช่วยเปลี่ยนกระบวนทัศน์ (Mindset) จากการสอนตามตำรามาสู่การเป็น "นักออกแบบการเรียนรู้" ที่เข้าใจปัญหาหน้างานจริง



ภาพที่ 3 รูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL ที่พัฒนาขึ้น

6. อภิปรายผล

จากผลการวิจัยที่พบว่ารูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL มีประสิทธิภาพสูงและสามารถยกระดับสมรรถนะครูได้อย่างมีนัยสำคัญนั้น ผู้วิจัยขออภิปรายผลโดยเชื่อมโยงกับแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อขยายความเข้าใจในเชิงลึก โดยเรียงลำดับตามการอ้างอิง ดังนี้

ประเด็นสำคัญแรกที่พบคือ การนำกระบวนการคิดเชิงพุทธมาเป็นฐานคิดในการวิเคราะห์ปัญหา หรือขั้น "ทุกข์" (Dukkha) ช่วยให้ครูเกิดการตระหนักรู้และเท่าทันต่อสภาพปัญหาที่แท้จริงในชั้นเรียน ไม่หลงประเด็นไปกับอาการของปัญหาเพียงผิวเผิน ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของ รัตนาวดี จิตรเจริญ [1] ที่ยืนยันว่าการประยุกต์ใช้หลักอริยสัจ 4 เป็นเครื่องมือทางปัญญา ช่วยให้บุคคลสามารถมองเห็นและระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างลึกซึ้งและเป็นระบบมากขึ้น และเมื่อครูมีความเข้าใจในเหตุแห่งปัญหาอย่างถ่องแท้แล้ว การนำหลักธรรมมาแปลงสู่การปฏิบัติที่เป็นรูปธรรมในขั้น "มรรค" (Magga) ก็จะเป็นไปอย่างมีทิศทางและมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดรับกับแนวคิดของ พระครูสุธีจริยวัฒน์ และคณะ [2] ที่พบว่าการบูรณาการหลักอริยสัจ 4 เข้าสู่กระบวนการบริหารจัดการ ช่วยให้การดำเนินงานมีความชัดเจนในเป้าหมายและก่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด ความสำเร็จในการเชื่อมโยงทฤษฎีสู่การปฏิบัตินี้ ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบกระบวนการพัฒนาครูในลักษณะการประชุม เชิงปฏิบัติการเชิงรุก (Active Workshop) ที่เปิดโอกาสให้ครูได้ลงมือปฏิบัติจริงตามขั้นตอน DSNM ซึ่งผลการวิจัยยืนยันว่ากระบวนการดังกล่าวส่งผลให้ครูมีความสามารถในการออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติพร ปัญญาภรณ์ และคณะ [3] ที่เน้นย้ำถึงความสำคัญของการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงในการพัฒนาสมรรถนะครู

หัวใจสำคัญที่ทำให้กระบวนการทั้งหมดนี้ขับเคลื่อนไปได้คือการนำแนวคิดโมเดล DSNM ของ ฉัตรชัย แก้วดี [4] มาเป็นแกนหลักในการออกแบบ ซึ่งการวิจัยนี้ได้นำไปสู่ ข้อค้นพบใหม่เชิงทฤษฎีที่สำคัญ คือการยืนยันว่า "หลักพุทธธรรม" ไม่ได้เป็นเพียงหลักคำสอนทางศาสนาแต่สามารถทำหน้าที่เป็น "โครงสร้างทางปัญญา" (Cognitive Structure) ที่ทรงประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนกระบวนการออกแบบนวัตกรรมสมัยใหม่ได้ นอกจากนี้ การเลือกใช้คำศัพท์ทางพุทธศาสนาที่คุ้นเคยในวัฒนธรรมไทยมาอธิบายกระบวนการที่ซับซ้อนยังมีผลทางจิตวิทยาในการช่วยลดความรู้สึกต่อต้านทฤษฎีใหม่ ๆ ทำให้ครูเกิดความมั่นใจ เปิดใจยอมรับ และมีความสุขในการทำงานมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ อัญชลี ธรรมะวิธีกุล และคณะ [5] ที่พบว่ารูปแบบการบริหารที่สอดคล้องกับวิถีวัฒนธรรมย่อมส่งผลดีต่อขวัญและกำลังใจของบุคลากร และในมิติของการออกแบบการสอน การเน้นย้ำให้ครูลงลึกในขั้นค้นหาสาเหตุและศักยภาพพื้นที่ หรือ "สมุทัย" (Samudaya) ถือเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้แผนการสอนของครูมีความหมาย ไม่ล่องลอย และเชื่อมโยงกับบริบทจริงของชุมชน (Context-based Learning) ซึ่งประเด็นนี้ ศักดิ์นรินทร์ นิลรัตน์ศิริกุล [6] ได้ยืนยันไว้ว่าเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาสมรรถนะครูสู่การปฏิบัติจริงที่ตอบโจทย์ท้องถิ่น ท้ายที่สุด ปรากฏการณ์ที่ครูสามารถก้าวข้ามบทบาทจากการเป็นเพียง "ผู้รับนโยบาย" มาเป็น "ผู้สร้างสรรค์นวัตกรรมการเรียนรู้" ได้นั้น สะท้อนให้เห็นถึงการเกิด การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Transformative Learning) ในระดับอัตลักษณ์วิชาชีพ ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการสร้างผู้นำการเปลี่ยนแปลงรุ่นใหม่ [7] สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ จีระวัฒน์ เจียระวัฒน์วงศ์ และคณะ [8] ที่ว่าการจัดการศึกษาในยุคแห่งการเปลี่ยนแปลง จำเป็นต้องเร่งส่งเสริมให้ครูมีขีดความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมที่เท่าทันต่อสถานการณ์ ซึ่งภาพรวมของความสำเร็จในการเปลี่ยนผ่านจากนามธรรมสู่รูปธรรม จากทฤษฎีสู่การปฏิบัตินี้ ถือเป็นกรณีศึกษาที่เป็นรูปธรรมของแนวคิดการศึกษาสมัยใหม่ (Smart Education) ที่มุ่งเน้นการนำองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาจริงในบริบทสถานศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ [9]

7. ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ DSNM-PBL ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

7.1.1 การให้ความสำคัญเชิงนโยบายกับขั้นตอนการวิเคราะห์ฐานราก (Samudaya) ผู้บริหารสถานศึกษาควรกำหนดนโยบายและจัดสรรเวลาอย่างเพียงพอเพื่อให้ครูผู้สอนได้ลงลึกในขั้นตอน "สมุทัย" (Samudaya) โดยสนับสนุนทรัพยากรในการลงพื้นที่ศึกษาข้อมูลเชิงประจักษ์จากชุมชนและผู้เรียนรายบุคคล เนื่องจากผลการวิจัยชี้ชัดว่าการวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงคือปัจจัยความสำเร็จที่ทำให้การออกแบบนวัตกรรม (นิโรธ/มรรค) แตกต่างจากการสอนทั่วไปและตอบโจทย์บริบทพื้นที่ได้จริง

7.1.2 การใช้ชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) เป็นกลไกขับเคลื่อน ควรบูรณาการรูปแบบ DSNM-PBL เข้าสู่กระบวนการ PLC ของโรงเรียน โดยใช้กรอบคิด "อริยสัจ 4" เป็นภาษากลางในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ให้ครูนำ "ทุกข์" (ปัญหาที่พบในห้องเรียนจริง) มาวิเคราะห์ร่วมกันและระดมสมองหา "มรรค" (วิธีการแก้ปัญหาเชิงกลยุทธ์) ซึ่งจะช่วยสร้างความมั่นใจและลดความรู้สึกโดดเดี่ยวในการปรับเปลี่ยนวิธีการสอนของครู

7.1.3 การสร้างเวทีพื้นที่ปล่อยของและเสริมแรงบวก สถานศึกษาหรือหน่วยงานต้นสังกัดควรจัดเวทีนำเสนอผลงานทางวิชาการ (Symposium) หรือนิทรรศการนวัตกรรมการเรียนรู้ที่เกิดจากรูปแบบ DSNM-PBL อย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการเสริมแรงทางบวก (Positive Reinforcement) สร้างความภาคภูมิใจในวิชาชีพครู และเป็นช่องทางในการเผยแพร่องค์ความรู้ที่สร้างผลกระทบที่ดีสู่ชุมชนปากพนังในวงกว้าง

7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

7.2.1 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ที่เกิดกับผู้เรียนโดยตรง เนื่องจากวิจัยในระยะนี้เน้นการพัฒนาครูเป็นหลัก จึงควรมีการวิจัยระยะต่อไปเพื่อศึกษาผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับ **"นักเรียน"** โดยตรง ทั้งในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทำงาน และสมรรถนะนวัตกร(Innovator Competency) เพื่อยืนยันประสิทธิผลของรูปแบบ DSNM-PBL ในเชิงประจักษ์อย่างครบวงจร

7.2.2 การขยายผลและเปรียบเทียบในบริบทที่แตกต่าง ควรมีการวิจัยและพัฒนารูปแบบ DSNM-PBL เพื่อนำไปทดลองใช้ในบริบทของโรงเรียนสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่น ๆ หรือต่างสังกัด เพื่อศึกษาปัจจัยความสำเร็จและเปรียบเทียบผลการใช้รูปแบบในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการที่เข้มแข็ง

7.2.3 การวิจัยติดตามผลระยะยาวและพัฒนาตัวชี้วัดความยั่งยืน ควรมีการวิจัยติดตามผล (Follow-up Study) ในระยะยาว เพื่อศึกษาความคงทนของสมรรถนะครูในการใช้รูปแบบ และพัฒนาตัวบ่งชี้ (Indicators) เพื่อประเมินความยั่งยืนและผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคม (Social Return on Investment: SROI) ของนวัตกรรมที่ครูและนักเรียนร่วมกันสร้างสรรค์ขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์และการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ เทศบาลเมืองปากพนัง ที่ให้การสนับสนุนนโยบายและงบประมาณในการจัดโครงการพัฒนาบุคลากร ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญของการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาสละเวลาในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยและคำแนะนำเพื่อให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ DSNM-PBL มีความสมบูรณ์และถูกต้องตามหลักวิชาการ ขอขอบคุณปราชญ์ชาวบ้านและผู้นำชุมชนอำเภอ ปากพนัง ที่ให้ข้อมูลและความร่วมมือในการลงพื้นที่ศึกษาบริบทชุมชน และที่สำคัญที่สุด ขอขอบคุณ คณะครูและบุคลากรทางการศึกษาโรงเรียนเทศบาลวัดศรีสมบูรณ์ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเข้ากระบวนการฝึกอบรม และนำรูปแบบไปปฏิบัติจริง ความสำเร็จของงานวิจัยนี้เกิดจากความตั้งใจของท่านที่จะยกระดับคุณภาพการศึกษาเพื่อลูกหลานชาวปากพนังอย่างแท้จริง

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Jitjarern, R. 2022. "The Application of the Four Noble Truths for Analytical Thinking Skill Development in Daily Life of New Gen Youth," Journal of Buddhist Studies, 5(2): pp. 45–63. (in Thai)

[2] Phrakhru Suthee Jariyawat and et al. 2023. "Academic Administration Model According to the Four Noble Truths for Educational Institutions," Journal of Innovation in Educational Management and Research, 5(3): pp. 717–730. (in Thai)

[3] Panyaporn, K., Kammantakun, W. and Pa-hae, S. 2024. "The Results of Competency Development in Active Learning Management of Teachers under Nakhon Ratchasima Primary Educational Service Area Office 7," Research and Development Journal Buriram Rajabhat University, 19(1): pp. 85–98. (in Thai)

[4] Kaewdee, C. 2025. "Guidelines for Integrating the Four Noble Truths into the Strategic Design Process to Enhance Community Products," Journal of MCU Nakhondhat, 12(9): pp. 1–12. (in Thai)

[5] Thammawithikul, A. and et al. 2023. "The Development of Management Model for Learning Center Based on Philosophy of Sufficiency Economy," Academic Journal of Industrial Technology Innovation, 5(1): pp. 22–35. (in Thai)

[6] Nilratsirikul, S. 2020. "Teacher Competency Development in Active Learning: A Case Study of Satuk Wittayakhet School," Journal of Administration and Educational Development Mahasarakham University, 2(1): pp. 45–58. (in Thai)

[7] Trisuntornrat, S. 2024. "Transformative Learning: From Youth Group to New Generation Community Leaders of Thai Boeng Grain Seed Youth Group," M.Ed. thesis, Thammasat Univ., Bangkok, Thailand. (in Thai)

[8] Jeerawatwong, C., Wetcha, P. and Yawirat, P. 2024. "Learning Innovation in Career Occupation Substance Group in Artificial Intelligence Era," Surindra Rajabhat University Academic Journal, 2(5): pp. 1–14. (in Thai)

[9] Pa-hae, S. 2022. Smart Education: Theory and Research into Practice. Lampang: Khamnam Press. (in Thai)

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

"วารสารนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม" เป็นวารสารที่ครอบคลุมสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บทความมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาทางด้านนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อาทิเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมศึกษา เทคนิคและอาชีวศึกษา อุตสาหกรรมศิลป์ สถาปัตยกรรมและการออกแบบ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยนำเสนอในรูปแบบบทความวิจัย บทความวิชาการ บทความวิจารณ์/บทความปริทัศน์ ซึ่งผู้นำเสนอบทความเป็นนักศึกษา คณาจารย์ บุคลากร นักวิชาการ ตลอดจนผู้สนใจทั้งภายในและภายนอก

ทั้งนี้ บทความจะผ่านขั้นตอนการประเมินเบื้องต้นถึงคุณภาพและขอบเขตของเนื้อหา ความถูกต้องของรูปแบบการเตรียมบทความ ความซ้ำซ้อน และการคัดลอกวรรณกรรม (Duplication and Plagiarism) โดยกองบรรณาธิการวารสารฯ จากนั้นบทความจะได้รับการประเมินคุณภาพทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิทางสาขาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 3 ท่านซึ่งผู้นิพนธ์ (Author) และผู้ประเมิน (Reviewer) จะไม่ทราบข้อมูลของกันและกัน (Double-Blinded Peer Reviews) โดยบทความที่ผ่านการปรับปรุงตามผลการประเมินจะได้รับพิจารณาอนุมัติให้ตีพิมพ์บทความ ขั้นตอนสุดท้าย กองบรรณาธิการจะดำเนินการตรวจสอบบทความและพิสูจน์อักษรก่อนที่จะเผยแพร่บทความแบบออนไลน์ และจัดพิมพ์บทความทั้งหมดรวมเล่มเพื่อดำเนินการเผยแพร่ต่อไป

อนึ่งผลงานวิจัยและผลงานทางวิชาการที่ปรากฏเผยแพร่ในวารสารฯ เป็นความคิดเห็นอิสระของผู้แต่ง โดยผู้แต่งเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความเผยแพร่นั้น ซึ่งกองบรรณาธิการและคณะผู้จัดทำวารสารฯ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

1. **ประเภทของเรื่องที่จะลงตีพิมพ์**

1.1 บทความวิจัย (Research articles or Original article) เป็นบทความที่ผู้เขียนเรียบเรียงขึ้นจากงานวิจัยของตนซึ่งเป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ได้แก่ บทความวิจัยทางสังคมศาสตร์ รวมทั้งสาขาวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและจะเป็นประโยชน์กับวิชาชีพต่าง ๆ

1.2 บทความวิชาการ (Academic article) เป็นบทความที่ผู้เขียนมุ่งนำเสนอเนื้อหาสาระเรื่องใดเรื่องหนึ่งเพียงเรื่องเดียว ได้จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ และนำมากลั่นกรอง เรียบเรียงขึ้นโดยผู้เขียน

1.3 บทความวิจารณ์/บทความปริทัศน์ (Review article) เป็นบทความที่ผู้เขียนวิเคราะห์ สังเคราะห์ วิพากษ์ วิจารณ์ เรื่อง/ประเด็นใดประเด็นหนึ่งเพื่อนำเสนอแนวคิดใหม่ หรือองค์ความรู้ใหม่

2. เงื่อนไขในการส่งเรื่องเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารอื่น ๆ

2.1 เป็นเรื่องที่ไม่เคยลงตีพิมพ์หรือกาลังรอตีพิมพ์ในวารสารอื่น ๆ

2.2 ต้นฉบับ ทุกเรื่องจะต้องผ่านการประเมินหรือได้รับความเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อตรวจสอบเนื้อหา (Peer review) ถ้าได้รับคาแนะนาในการปรับปรุงแก้ไข กองบรรณาธิการจะส่งเรื่องที่จะลงตีพิมพ์ที่ได้รับคำแนะนาให้ปรับปรุงแก้ไข หรือเพิ่มเติมไปยังเจ้าของต้นฉบับ (ผู้เขียน) ซึ่งเจ้าของต้นฉบับจะต้องส่งต้นฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วกลับคืนให้กับกองบรรณาธิการภายใน 2 สัปดาห์ กองบรรณาธิการจะตอบรับการตีพิมพ์ก็ต่อเมื่อต้นฉบับได้รับการแก้ไขจนครบถ้วนสมบูรณ์จากเจ้าของต้นฉบับแล้วเท่านั้น

2.3 ให้ผู้เขียนส่งต้นฉบับมายังบรรณาธิการวารสาร ฯ ไม่เกิน 40 วันก่อนการตีพิมพ์แต่ละฉบับ เพื่อเรื่องที่จะลงตีพิมพ์จะได้รับการดำเนินการตามขั้นตอนการวินิจฉัยและพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารต่อไป

2.4 ต้นฉบับที่ส่งมาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด คำแนะนาในการตีพิมพ์ต้นฉบับ

2.5 เรื่องที่ได้รับพิจารณาตีพิมพ์ ผู้เขียนสามารถดาวน์โหลดจากเวปไซด์ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

3. การเตรียมต้นฉบับ

3.1 ต้นฉบับพิมพ์ เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ องค์ประกอบต่าง ๆ ของบทความ วิจัยหรือบทความวิชาการให้จัดทำตามคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับนี้ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์และการเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน ควรหลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีคำแปลหรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนปนภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องด้านการใช้ภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาเป็นเบื้องต้นก่อน

3.2 การพิมพ์ ให้จัดพิมพ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Word ขนาดของต้นฉบับใช้กระดาษขนาด Executive (18.8 X 26.6 เซนติเมตร) ตั้งค่าหน้ากระดาษสำหรับการพิมพ์ห่างจากขอบกระดาษด้านบน ด้านล่าง ด้านขวา ด้านละ 2.5 เซนติเมตร ด้านซ้าย 2.3 เซนติเมตร จัดเป็นคอลัมน์เดียวกระจายเต็มบรรทัด การลำดับหัวข้อของเนื้อเรื่อง หัวข้อหลักหรือหัวข้อใหญ่ พิมพ์ชิดซ้าย เป็นหัวข้อลอย ไม่มีภาษาอังกฤษหรือข้อความใด ๆ ต่อท้าย เป็นหัวข้อที่ใช้ตัวเลขกำกับข้อ หากมีหัวข้อรอง หัวข้อย่อย และหัวข้อย่อย ๆ ให้ใช้เลขระบบทศนิยมกำกับหัวข้อดังกล่าว เช่น หัวข้อรอง หมายเลข 1.1 หัวข้อย่อย หมายเลข 1.1.1 หัวข้อย่อย ๆ หมายเลข 1.1.1.1 และ 1) เป็นต้น

3.3 รูปแบบตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษใช้ตัวอักษรแบบ TH Sarabun PSK ขนาดตัวอักษรทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษใช้ขนาดเดียวกัน ดังนี้ ชื่อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 18 pt. ตัวพิมพ์หนา ชื่อผู้เขียนและหัวข้อหลักใช้ตัวอักษรขนาด 15pt. ตัวพิมพ์หนา หัวข้อย่อยใช้ตัวอักษรขนาด 15 pt. ตัวพิมพ์หนา เนื้อความทุกส่วนใช้ตัวอักษรขนาด 15 pt. ตัวพิมพ์ปกติ เชิงอรรถหน้าแรก ที่เป็นชื่อ-สกุล ตำแหน่งทางวิชาการและที่อยู่ของผู้เขียนบทความใช้ตัวอักษรขนาด 13 pt. ตัวพิมพ์ปกติ

3.4 จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า รวมตาราง ภาพ และเอกสารอ้างอิง

3.5 ตารางและภาพ ให้จัดแทรกไว้ในเนื้อเรื่อง โดยคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็นเท่านั้นและเรียงลำดับให้สอดคล้องกับเนื้อเรื่อง

3.5.1 ตาราง เมื่อวางรูปตารางข้อมูลเรียบร้อยแล้วต้อง “กำกับ” ไว้ที่ด้านบนของตารางด้วยข้อความที่เป็น “ตารางที่...(และชื่อตารางหรือคำอธิบายสั้น)” ส่วน “ที่มา” ของตาราง(ถ้ามี)ให้อยู่ด้านล่างของตาราง “ที่มา” ของตารางใช้รูปแบบเดียวกับการอ้างอิงทุกประการ คือ (ชื่อ-สกุล, ปี) หากเป็นตารางที่สร้างขึ้นเองอาจไม่ระบุ“ที่มา”ก็ได้

3.5.2 ภาพ เป็นภาพที่ใช้ประกอบเนื้อหาได้แก่ ภาพถ่าย ภาพวาด ภาพกราฟิก ภาพดิจิตอล แผนภูมิ แผนผัง ผังมโนทัศน์ แผนที่ ลายแทงฯลฯ อาจจัดทำเป็นภาพขาวดำหรือภาพสีก็ได้ เมื่อจัดภาพเสร็จแล้วต้อง “กำกับ” ไว้ที่ใต้ภาพด้วยข้อความที่เป็น ภาพที่....และชื่อภาพหรือคำอธิบายภาพสั้น ๆ และบรรทัดที่ถัดลงมาคือ “**ที่มา:**....” ของภาพ(ถ้ามี) ที่มาของภาพใช้รูปแบบเดียวกับที่มาของตารางทุกประการ

4. การเตรียมต้นฉบับแต่ละประเภท

4.1 บทความวิจัย (Research articles) เป็นการนำเสนอผลงานวิจัยที่เสร็จสมบูรณ์แล้วซึ่งผู้เขียนได้ดำเนินการด้วยตนเองมีองค์ประกอบดังนี้

4.1.1 ส่วนประกอบตอนต้น มีองค์ประกอบดังนี้

1) ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้นกะทัดรัด ไม่ยาวจนเกินไป ให้เขียนชื่อเรื่องเป็นภาษาไทยก่อนแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ(ตัวพิมพ์ใหญ่)ในบรรทัดถัดไป

2) ชื่อผู้เขียนบทความ (Authors and co-authors/ Corresponding Author) ระบุเฉพาะชื่อและนามสกุลเต็มทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ สำหรับภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่เฉพาะอักษรตัวแรกของชื่อตัวและนามสกุล ถ้ามีผู้วิจัยหลายคนให้ใช้ตัวเลขยกกำกับ ([1]) และใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) สำหรับผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author) ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ และชื่อหน่วยงานของผู้วิจัยที่ส่วนล่างของหน้าแรกพร้อม E-mail address (กรณีเป็นนักศึกษาให้ระบุระดับการศึกษา สาขาวิชา และสถาบันการศึกษา)

3) บทคัดย่อ (Abstract) ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พิมพ์คอลัมน์เดียว ความยาวไม่เกินอย่างละ 15 บรรทัด บทคัดย่อที่เขียนควรเป็นแบบ Indicative abstract คือสั้น ตรงประเด็น และให้สาระสำคัญเท่านั้น ไม่ควรเขียนแบบ Informative abstract ตามแบบที่เขียนในวิทยานิพนธ์หรือรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โดยให้ลำดับบทคัดย่อภาษาไทยขึ้นก่อนตามด้วยบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

4) คำสำคัญ (Keywords) ให้ใช้คำที่ปรากฏอยู่ในเนื้อเรื่องซึ่งเป็นตัวแทนบอกวิธีการวิจัย ประเด็นที่วิจัย ผลการวิจัย การใช้ประโยชน์หรือสถานที่ที่ทำวิจัย คำสำคัญนี้ให้เขียนทั้งในภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใส่ไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษาอย่างละไม่เกิน 5 คำ

4.1.2 เนื้อหาในบทความวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมุ่งเน้นเผยแพร่บทความวิชาการทางด้านนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อาทิเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมศึกษา เทคนิคและอาชีวศึกษา อุตสาหกรรมศิลป์ สถาปัตยกรรมและการออกแบบ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

1) บทนำ (Introduction) อธิบายถึงที่มา ความสำคัญของปัญหา และเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย ให้ข้อมูลทางวิชาการที่มีการตรวจเอกสาร(literature review) โดยระบุถึงแหล่งที่มาของข้อมูล(อ้างอิง) และจุดมุ่งหมายที่เกี่ยวข้อง

2) วัตถุประสงค์ (Research Objectives) ระบุความมุ่งหมายที่ผู้วิจัยต้องการค้นหาข้อเท็จจริงโดยวิธีการวิจัย

3) ขอบเขตการวิจัย (Research Scopes) (ถ้ามี) เป็นการขีดวงจำกัดให้แน่นอนว่าจะศึกษาพิจารณาในขอบเขตแค่ไหน เช่น ขอบเขตของประชากร กลุ่มตัวอย่าง ขอบเขตของตัวแปร ขอบเขตเนื้อหา ขอบเขตของช่วงเวลา (งานวิจัยเชิงทดลอง)

4) วิธีดำเนินการวิจัย (Research methods) อธิบายกระบวนการดำเนินการวิจัย โดยบอกรายละเอียดวัสดุ วิธีการศึกษา สิ่งที่นำมาศึกษา จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา อธิบายแบบแผนการวิจัย การเลือกตัวอย่าง วิธีการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้

5) ผลการวิจัย (Results) รายงานผลการวิจัยให้ได้ใจความชัดเจนและตรงประเด็นโดยยึดแนวทางตามวัตถุประสงค์เป็นหลักควรอธิบายผลการวิจัยด้วยคำบรรยายเป็นหลักแต่ถ้ามีตัวเลขหรือตัวแปรมากควรนำเสนอเป็นภาพและตาราง แทรกในเนื้อหา พร้อมอธิบายผลการวิจัยให้ได้สาระครบถ้วนอย่างสั้น ๆ

6) การอภิปรายผลหรือการวิจารณ์และสรุป (Discussion and conclusion) เป็นการชี้แจงผลการวิจัยว่าตรงกับวัตถุประสงค์/สมมติฐานของการวิจัย สอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลการวิจัยของผู้อื่นที่มีอยู่ก่อนหรือไม่อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือทิ้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไป

7) กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) (ถ้ามี) โดยให้ระบุสั้น ๆ ว่างานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากองค์กรใด และบุคคลใดบ้าง

8) เอกสารอ้างอิง (References) ให้ระบุเฉพาะเอกสารที่ผู้เขียนบทความได้นำมาอ้างอิงในบทความวิจัยอย่างครบถ้วน โดยระบุรายละเอียดและใช้รูปแบบการเขียนที่ถูกต้อง และครบถ้วน (ตามข้อ3) จัดเรียงลำดับตามตัวอักษร ถ้าเป็นบทความภาษาไทยนำโดยกลุ่มเอกสารภาษาไทยและตามด้วยกลุ่มเอกสารภาษาอังกฤษ

4.2 บทความทางวิชาการ บทความวิจารณ์ และบทความปริทัศน์ (Review articles) เป็นบทความที่ผู้เขียนได้เรียบเรียงโดยศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร งานแปล และผลงานจากประสบการณ์ของผู้เขียนหรือได้รับการถ่ายทอดจากผู้อื่น มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้ องค์ความรู้ การเสนอความคิดเห็นที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ทางวิชาการของสาขาต่าง ๆ

4.2.1 ส่วนประกอบตอนต้น มีองค์ประกอบ ดังนี้

1) ชื่อเรื่อง (Title) ให้เป็นภาษาไทยก่อน และบรรทัดถัดลงมาเป็นภาษาอังกฤษ โดยภาษาอังกฤษใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ ยกเว้น Article และ Preposition ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ส่วนชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) ให้พิมพ์ด้วยตัวเอนไม่ต้องขีดเส้นใต้ กรณีระบุชื่อภาษาไทยหรือชื่อสามัญของสิ่งมีชีวิต (เป็นภาษาอังกฤษ)ให้ใส่ชื่อวิทยาศาสตร์ด้วย

2) ชื่อผู้เขียน (Authors and co-authors) ระบุเฉพาะชื่อและนามสกุลเต็มทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ สำหรับภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่เฉพาะอักษรตัวแรกของชื่อตัวและนามสกุล ถ้ามีผู้วิจัยหลายคนให้ใช้ตัวเลขยกกำกับ ([1]) พร้อมระบุตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี) ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ และชื่อหน่วยงานของผู้วิจัยที่ส่วนล่างของหน้าแรก พร้อม E-mail address (กรณีเป็นนักศึกษาให้ระบุระดับการศึกษา สาขาวิชาและสถาบันการศึกษา)

3) สาระสังเขป (Summary) เป็นการย่อเนื้อความของบทความทั้งเรื่องให้สั้นได้เนื้อหาสาระครบถ้วน

4) คำสำคัญ (Keywords) (ถ้ามี) ให้ใช้คำที่ปรากฏอยู่ในเนื้อเรื่องซึ่งเป็นตัวแทนบอกวิธีการ สิ่งที่ศึกษา ผลการศึกษา สาขา การใช้ประโยชน์และสถานที่ คำสำคัญให้เขียนทั้งคำสำคัญภาษาไทย และภาษาอังกฤษแต่ละชุดไม่เกิน 5 คำ

4.2.2 เนื้อหา (Main texts) ในบทความทางวิชาการมีองค์ประกอบดังนี้

1) บทนำ (Introduction) กล่าวถึงความน่าสนใจของเรื่องที่นำเสนอก่อนเข้าสู่เนื้อหา

2) เนื้อความ (Content) ควรนำเสนอพัฒนาการของเรื่องได้อย่างน่าสนใจ และเนื้อเรื่องมีเนื้อหาใหม่เหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน

3) สรุป (Conclusion) เป็นการย่อเฉพาะข้อมูลจากเนื้อความให้สั้นได้เนื้อหาสาระของเนื้อความครบถ้วน

4) เอกสารอ้างอิง (References) ให้ระบุเฉพาะเอกสารที่ผู้เขียนบทความได้นำมาอ้างอิงในบทความวิชาการอย่างครบถ้วนรูปแบบของการเขียนเอกสารอ้างอิงให้จัดทำตามที่ระบุไว้ในข้อ 2.3 (เอกสารอ้างอิง)

4.3 การอ้างอิง (References)

การอ้างอิงในบทความวิจัยและบทความวิชาการสาหรับวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กำหนดให้อ้างอิงตามรูปแบบ IEEE (อ้างอิงจาก https://www.ieee.org/ documents/ ieeecitationref.pdf หรือจาก http:// www.ieee.org/ documents/style_manual.pdf) โดยต้องเขียนอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น หากบทความที่อ้างอิงมาจากบทความภาษาไทยต้องแปลเป็นภาษาอังกฤษให้ถูกต้อง สำหรับการใส่อ้างอิงในเนื้อเรื่อง (In-text citations) ให้ใช้เครื่องหมาย [ ] โดยมีตัวอย่างการเขียน เช่น [1] หรือ [2] หรือ [1], [2] หรือ [1], [3]-[8] หรือ [9], [10], [15], [16] หากมีการอ้างอิงซ้ำบทความเดิมให้ใช้หมายเลขเดิม ในส่วนของการอ้างอิงส่วนท้าย (Reference list) จะต้องเรียงตามลำดับบทความที่เขียนอ้างอิงในเนื้อเรื่อง เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ ให้เพิ่มคำว่า (in Thai) ไว้ตอนท้ายการอ้างอิง

รายละเอียดของเอกสารประกอบด้วย ชื่อผู้เขียน ชื่อหนังสือหรือชื่อของบทความ ชื่อของเอกสารที่พิมพ์ สำนัก

หรือสถานที่พิมพ์ ปีที่ (ฉบับที่) พิมพ์ และเลขหน้าที่อ้างอิง และทุกเรื่องที่ปรากฏในรายการเอกสารอ้างอิงต้องมีการอ้างอิง ในเนื้อเรื่อง โดยต้องเขียนเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น

การเขียนชื่อผู้ร่วมแต่งบทความไม่เกิน 3 คน ให้เขียนเรียงทุกคน และคั่นด้วย จุลภาค (,) คนสุดท้ายให้ เชื่อมด้วย "and" ในกรณีที่ร่วมแต่งบทความเกิน 3 คน ให้เขียนเฉพาะชื่อผู้เขียนคนแรกและตาม ด้วย "and et al." ตัวอย่างเช่น

[1] Johnson, C. and Timothy F. 2002. "In the Eyes of the State: Negotiating a "Rights-Based Approach" to Forest Conservation in Thailand," *World Development.* 30(9): 1591-1605.

[2] Martin, J. R. and et al. 1997. *Working with Functional Grammar.* London: Arnold.

รูปแบบการเขียนจากแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ (Reference)

1) การอ้างอิงจากบทความในวารสาร (Journal Articles)

รูปแบบ:

[1] Author. Year. "Title of Article," *Title of Journal*, Volume(Issue): Pages.

ตัวอย่าง:

[3] Johnson, C. and Timothy F. 2002. "In the Eyes of the State: Negotiating a "Rights-Based Approach" to Forest Conservation in Thailand," *World Development*. 30(9): pp. 1591-1605.

[4] Koolkalya, S., Matchakuea, U. and Jutagate, T. 2016. "Catch status and trend analysis of Brachyuran fisheries in the Gulf of Thailand," *Burapha Science Journal*. 22(1): pp. 240-252. (in Thai)

2) การอ้างอิงจากการนำเสนอผลงานในการประชุมทางวิชาการ (Conference Technical Articles)

รูปแบบ:

[1] Author. Year. "Title of paper," in *Title of Conference*, Conference date, Editor, Ed. Location: Publisher, Country, Pages.

ตัวอย่าง:

[5] Jagacinski, N. and Gongjin, Z. 1990. "Agricultural Sacrifice and Village Culture of Dai People," In *Proceedings of the 4th International Conference in Thai Studies*, 11-13 May 1990. Kunming, China, pp. 1150-1163.

[6] Ployyod, Y. and Porntrai, S. 2016. "Chromosome simulation: activity for teaching mitotic cell division," In *Proceedings of the 10th National Research Conference of Ubon Ratchathani University*, 7-8 July 2016. Ubon Ratchathani, Thailand, pp. 279-291. (in Thai) Thesis / Dissertation

3) การอ้างอิงจากหนังสือ (Books)

รูปแบบ:

[1] Author. Year. *Title of Book*, Editor, ed. Location: Publisher.

ตัวอย่าง:

[7] Wyatt, D.K. 1984. *Thailand: A Short History.* New Haven: Yale University Press.

[8] Hibbeler, R. C. 2013. *Mechanics of Materials*, 9th ed. Boston: Pearson.

[9] Burton, R. M., Obel, B., & DeSanctis, G. 2011. *Organizational Design: A Step-by-Step Approach*, 2nd ed. New York: Cambridge University Press.

[10] Suvarnaraksha, A. 2013. *Ichthyology.* Chiangmai: Maejo University Press. (in Thai)

4) การอ้างอิงจากบทในหนังสือ (Edited Book Chapter)

รูปแบบ:

[1] Author. Year. "Title of chapter in the book," in *Title of His Published Book*, xth ed. City of Publisher, Country if not USA: Abbrev. of Publisher, ch. x, sec. x, pp. xxx–xxx.

ตัวอย่าง:

[11] Wambugu, F. 2002. "Why Africa needs agricultural biotech?" In *M. Ruse and D. Castle (eds.) Genetically Modified Foods: Debating Biotechnology*. NY: Prometheus Books, pp. 78-79.

[12] Stein, L. 1994. "Random patterns," in *Computers and You*, J. S. Brake, Ed. New York: Wiley, pp. 55-70.

[13] Myer, R. L. 1977. "Parametric oscillators and nonlinear materials," in *Nonlinear Optics*, vol. 4, P. G. Harper and B. S. Wherret, 1st ed. San Francisco, CA: Academic, pp. 47-160.

[14] Young, G. O. 1964. "Synthetic structure of industrial plastics," in *Plastics*, vol. 3, Polymers of Hexadromicon, J. Peters, Ed., 2nd ed. New York: McGraw-Hill, pp. 15-64.

[15] Sukosol, T. 1980. "Antigen and antibody," In *Sarasombat S*. (ed.) Immunology, Bangkok, K-T Printing, pp. 125. (in Thai)

5) การอ้างอิงจากวิทยานิพนธ์ (Theses and Dissertations)

รูปแบบ:

[1] Author. year. *"Title of dissertation,"* Ph.D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State.

[2] Author. year. *"Title of thesis,"* M.S. thesis, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State.

ตัวอย่าง:

[16] Williams, J. O. 1993. *"Narrow-band analyzer,"* Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA.

[17] Kawasaki, N. 1993. *"Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow,"* M.S. thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan.

[18] Amer, N. M. 1995. *"The effects of homogeneous magnetic fields on developments of tribolium confusum,"* Ph.D. dissertation, Radiation Lab., Univ. California, USA.

[19] Sidthilaw, S. 1996. "Impact Force and Kinematic Analysis of Roundhouse Kicks in Thai Boxing," Ph.D. Dissertation, Department of Biomechanics, Oregon State Univ. Oregon, USA.

[20] Hanmanop, S. 2010. *"The Therapeutic Effects of White Kwao Krua Pueraria mirifica Airy, Shaw & Suvatabandhu on Ovariectomy-induced Osteoporotic Rats,"* M.Sc. Thesis, Chulalongkorn Univ. Bangkok, Thailand. (in Thai)

6) การอ้างอิงจากรายงานวิจัย/รายงานโครงการ (Research report/Project report)

รูปแบบ:

[1] Author. year. *"Title of Research report,"* Research report. Location, Publisher.

[2] Author. year. *"Title of Research report,"* Project report. Location, Publisher.

ตัวอย่าง:

[21] Niyom, S. 2021. *"Development of ready-to-drink pomelo juice products. Pasteurization and hot filling to increase the value of Tha Khoi pomelo,"* Research report. Bangkok: Promotion and Coordination Division for Scientific Benefits Research and innovation Office of the Permanent Secretary, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. (in Thai)

[22] Chaengim, R., Saenbudda, W., & Thaoklang, P. 2022. *"Community product development and upgrading Product standards Under the strategic plan of Rajabhat University for local development Fiscal year 2022,"* Project report. Nakhon Ratchasima, Nakhon Ratchasima Rajabhat University. (in Thai)

7) การอ้างอิงจากเวปไซด์ (Web site)

รูปแบบ:

[1] Author. Year. *Title (edition) [Type of medium].* Available: http://www.(URL). Accessed day month year.

ตัวอย่าง:

[23] Buis, A. & Lynch, P. 2016. *NASA Releases New Eye-Popping View of Carbon Dioxide.* [Online]. Available: https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feat ure=6701. Accessed 14 January 2017.

[24] Jones, J. 1991. *Networks (2nd ed.).* [Online]. Available: http://www.atm.com. Accessed 21 June 2016.

[25] Pantoom, J. 2008. *Food from Corn.* [Online]. Available: http://www.ku.ac.th/agri/cornn/corn.html. Accessed 14 February 2017. (in Thai)

8) การอ้างอิงจากสิทธิบัตร (Patents)

รูปแบบ:

[1] Author. year. *"Title of patent,"* U.S. Patent x xxx xxx, Abbrev. day month year.

ตัวอย่าง:

[26] Wilkinson, J. P. 1990. "Nonlinear resonant circuit devices," U.S. Patent 3 624 125, 16 July 1996.

9) การอ้างอิงจากมาตรฐาน (Standards)

รูปแบบ:

[1] *Title of Standard*, Standard number, date.

ตัวอย่าง:

[27] *IEEE Criteria for Class IE Electric Systems*, IEEE Standard 308, 1969.

[28] *Letter Symbols for Quantities*, ANSI Standard Y10.5-1968.

10) การอ้างอิงจากคู่มือ (Handbooks)

รูปแบบ:

[1] *Name of Manual/Handbook*, x Ed., Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, year, pp. xx-xx.

ตัวอย่าง:

[29] *Transmission Systems for Communications*, 3rd Ed., Western Electric Co., Winston-Salem, NC, 1985, pp. 44–60.

[30] *Motorola Semiconductor Data Manual*, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, 1989.

[31] *RCA Receiving Tube Manual*, Radio Corp. of America, Electronic Components and Devices, Harrison, NJ, Tech. Ser. RC-23, 1992.

11) การอ้างอิงจากการสัมภาษณ์ (Handbooks)

รูปแบบ:

[1] Interviewee name. Year, Date. *Interview.* City, Country. Interview.

ตัวอย่าง:

[32] Thongsom, S. 2020, April 21. *Benefits of tourism in Thailand. Bangkok, Thailand.* Bangkok, Thailand. Interview. (In Thai)

5. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

การเขียนหน่วยต่าง ๆ ควรใช้ระบบ SI และเป็นสากล ถ้าหากต้องการย่อหน่วย ควรใช้ตัวย่อเป็นภาษาอังกฤษที่ถูกต้องและเป็นสากลการใช้ศัพท์วิทยาศาสตร์ให้ยึดคำบัญญัติของราชบัณฑิตยสถาน ชื่อสถานที่ต่าง ๆ ให้ใช้ตามประกาศของสำนักนายกรัฐมนตรี การเขียนคำที่มาจากภาษาต่างประเทศ หากต้องการทับศัพท์เป็นภาษาไทยหรือต้องการแปลเป็นภาษาไทย การแปลหรือเขียนทับศัพท์ครั้งแรกควรใส่คำศัพท์ เดิมไว้ในวงเล็บต่อท้ายคำแปลด้วย ซึ่งถ้าคำศัพท์ใดที่ไม่ใช่ คำศัพท์เฉพาะก็ไม่จำเป็นต้องขึ้นต้นด้วยตัวใหญ่เช่น “การเหนี่ยวนำ (induction)” “เวเบอร์ (weber)” และเมื่อต้องการ ใช้คำแปลเดิมซ้ำอีก ให้ใช้ภาษาไทยโดยไม่ต้องใส่ภาษาอังกฤษกำกับ

จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสาร (Publication Ehtics)

หน้าที่และความรับผิดชอบของผู้เขียนบทความ (Author Ethical Responsibilities)

- บทความที่ส่งให้พิจารณาตีพิมพ์ในวารสารจะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อนและไม่ส่งต้นฉบับบทความซ้ำซ้อนกับวารสารอื่น
- บทความที่ส่งให้พิจารณาตีพิมพ์จะต้องไม่มีส่วนใดที่เป็นการคัดลอกผลงานวิชาการ ทั้งของตนเองและผู้อื่นและมีการอ้างอิงผลงานอย่างถูกต้องและครบถ้วน
- ผู้เขียนต้องตรวจสอบความถูกต้องของรายการเอกสารอ้างอิง ทั้งในด้านรูปแบบและเนื้อหา
- ผู้เขียนจะต้องเขียนบทความตามรูปแบบและขนาดตัวอักษรตามแบบฟอร์ม (template) ที่วารสารกำหนดไว้
- ผู้เขียนที่มีชื่อปรากฏในบทความทุกคน ต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในการดำเนินการบทความจริง
- ผู้เขียนต้องระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนในการทำวิจัยนี้ และ/หรือมีผลประโยชน์ทับซ้อนจะต้องระบุในบทความและแจ้งให้บรรณาธิการทราบ
- ผู้เขียนจะต้องไม่รายงานข้อมูลที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ไม่ว่าจะเป็นการสร้างข้อมูลเท็จ หรือการปลอมแปลง บิดเบือน รวมไปถึงการตกแต่ง หรือ เลือกแสดงข้อมูลเฉพาะที่สอดคล้องกับข้อสรุป
- ผู้เขียนต้องยินยอมโอนลิขสิทธิ์ให้แก่วารสารก่อนการตีพิมพ์ และไม่นำผลงานไปเผยแพร่หรือตีพิมพ์กับแหล่งอื่น ๆ หลังจากที่ได้รับการตีพิมพ์กับวารสารธรรมศาสตร์แล้ว
- กรณีที่ผลงานเป็นการศึกษาวิจัยและทำการทดลองในคนหรือสัตว์ทดลอง โดยการทดลองในคนอาจส่งผลกระทบต่อศักดิ์ศรี สิทธิ ความปลอดภัย และสุขภาวะของคน ขอให้แนบหนังสือรับรองจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือสัตว์ทดลอง ทั้งนี้ การอนุมัติให้ลงตีพิมพ์ขึ้นอยู่กับการพิจารณาจากกองบรรณาธิการวารสารฯ ถือเป็นที่สิ้นสุด

หน้าที่และความรับผิดชอบของบรรณาธิการวารสาร (Editor Roles and Responsibility)

- บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาและตรวจสอบบทความที่ส่งเข้ารับการพิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารของตนเอง โดยพิจารณาเนื้อหาบทความที่สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของวารสาร รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพบทความในกระบวนการประเมินและคุณภาพบทความก่อนการตีพิมพ์
- บรรณาธิการมีหน้าที่ตรวจสอบบทความในด้านความซ้ำซ้อนหรือในด้านการคัดลอกผู้อื่น (Plagiarism) โดยใช้โปรแกรมตรวจสอบความซ้ำซ้อน หากตรวจสอบพบความซ้ำซ้อนหรือการคัดลอกผลงานของผู้อื่นในกระบวนการประเมินบทความ บรรณาธิการต้องหยุดกระบวนการประเมิน และติดต่อผู้นิพนธ์หลักทันทีเพื่อขอคำชี้แจง เพื่อประกอบการ “ตอบรับ” หรือ “ปฏิเสธ” การตีพิมพ์บทความนั้น
- บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียน และผู้ประเมินบทความแก่ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องในระยะเวลาของการประเมินคุณภาพผลงานวิชาการ และจนกว่าบทความได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่
- บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีระเบียบวิธีวิจัยที่ถูกต้อง ใช้เหตุผลทางวิชาการในการพิจารณาบทความทุกครั้งโดยปราศจากอคติที่มีต่อบทความและผู้นิพนธ์ในด้านเชื้อชาติ เพศ ศาสนา วัฒนธรรม การเมืองและสังกัดของผู้นิพนธ์

- บรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์หรือผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่นำบทความหรือวารสารไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจหรือนำไปเป็นผลงานทางวิชาการของตนเอง
- บรรณาธิการต้องไม่แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหาบทความและผลประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงไม่ปิดกั้นหรือแทรกแซงข้อมูลที่ใช้แลกเปลี่ยนระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์
- บรรณาธิการต้องไม่ตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์ในวารสารอื่นมาแล้ว

หน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ประเมินบทความ (Reviewer Roles and Responsibilities)

- ผู้ประเมินบทความต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความที่พิจารณาแก่บุคคลอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ และจนกว่าบทความจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่
- หากผู้ประเมินบทความมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนผู้ประเมินบทความจะต้องแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบและปฏิเสธการประเมินบทความนั้น
- ผู้ประเมินบทความควรรับประเมินบทความเฉพาะสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญ และหากมีส่วนใดของบทความที่มีความเหมือนกัน หรือซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่นๆ ผู้ประเมินบทความต้องแจ้งให้บรรณาธิการทราบ
- ต้องรักษาระยะเวลาประเมินตามกรอบเวลาประเมินที่กำหนด รวมถึงไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความให้ผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องได้รับรู้
- ผู้ประเมินบทความควรประเมินด้วยความซื่อตรง ปราศจากอคติ และไม่มีเจตนาอื่นแอบแฝ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและพิจารณาบทความวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประจำปีที่ 3 ฉบับที่ 3 (กันยายน - ธันวาคม) ปี พ.ศ. 2568

1. รองศาสตราจารย์ ดร.สันติรัฐ นันสะอาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3. ศาสตราจารย์ ดร.อัคครัตน์ พูลกระจ่าง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
4. รองศาสตราจารย์เรวัติ สุขสิกาญจน์	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
5. รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
6. รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง	มหาวิทยาลัยบูรพา
7. รองศาสตราจารย์ ดร.กฤดิธฤต ทองสิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรสิริณัฐ โรจนวรรณ์	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รักถิ่น เหลาหา	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย แก้วดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลธิศา รัตนชู	มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
12. รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์เทพ วีระพงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศร ศิริคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
14. รองศาสตราจารย์ จรูญ เจริญเนตรกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
15. รองศาสตราจารย์ ดร.สราวุธ จริตงาม	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
16. รองศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ พร้อมพุทธางกูร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและพิจารณาภาษาอังกฤษวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประจำปีที่ 3 ฉบับที่ 3 (กันยายน - ธันวาคม) ปี พ.ศ. 2568

1. ดร.ธานี จินตสุทธิศักดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ใยฟ้า ตระกูลสันติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

แบบประเมินคุณภาพตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับการตีพิมพ์บทความวิจัย/บทความวิชาการ
วารสารนวัตกรรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิตและคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

เรื่อง .....

แบบประเมินคุณภาพตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับการตีพิมพ์บทความวิจัย:

1. ชื่อเรื่อง: รายละเอียดการแก้ไขบทความ ข้อเสนอแนะ คำชี้แจง หรือข้อสังเกต

.....

2. บทคัดย่อ: รายละเอียดการแก้ไขบทความ ข้อเสนอแนะ คำชี้แจง หรือข้อสังเกต

.....

3. บทนำ: รายละเอียดการแก้ไขบทความ ข้อเสนอแนะ คำชี้แจง หรือข้อสังเกต

.....

4. วิธีการวิจัย: รายละเอียดการแก้ไขบทความ ข้อเสนอแนะ คำชี้แจง หรือข้อสังเกต

.....

5. ผลการวิจัย: รายละเอียดการแก้ไขบทความ ข้อเสนอแนะ คำชี้แจง หรือข้อสังเกต

.....

6. อภิปรายผลและสรุปผลการวิจัย: รายละเอียดการแก้ไขบทความ ข้อเสนอแนะ คำชี้แจง หรือข้อสังเกต

.....

7. ข้อค้นพบและข้อเสนอแนะ: รายละเอียดการแก้ไขบทความ ข้อเสนอแนะ คำชี้แจง หรือข้อสังเกต

.....

8. เอกสารอ้างอิง: รายละเอียดการแก้ไขบทความ ข้อเสนอแนะ คำชี้แจง หรือข้อสังเกต

.....

(ลงนาม).....

(.....)

ผู้ประเมิน

** หมายเหตุ การประเมินนี้ผ่านแบบประเมินในเวปไซด์ของวาสารเท่านั้น

แบบสรุปผลการประเมินบทความเพื่อตีพิมพ์
ในวารสารวิชาการนวัตกรรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

เรื่อง.....

1. ประเภทของบทความ ☐ ดีมาก ☐ ดี ☐ พอใช้ ☐ ควรปรับปรุง ☐ ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

2. ความคิดเห็นของผู้ประเมิน

☐ รับตีพิมพ์ตามรูปแบบที่เสนอมาโดยไม่ต้องแก้ไข

☐ รับตีพิมพ์ตามรูปแบบที่เสนอมาโดยปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและไม่ต้องประเมินใหม่

☐ รับตีพิมพ์ตามรูปแบบที่เสนอมาโดยปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและต้องประเมินใหม่

☐ ไม่รับตีพิมพ์

3. คำวิพากษ์และข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ระดับคุณภาพของบทความ (โปรดเลือกเพียงข้อเดียว)

☐ ปรับปรุง ☐ พอใช้ ☐ ดี ☐ ดีมาก ☐ ดีเด่น

(ลงนาม) .....

(.....)

ผู้ประเมิน

** หมายเหตุ การประเมินนี้ผ่านแบบประเมินในเวปไซต์ของวาสารเท่านั้น

หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

พิมพ์ที่ สำนักงานหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 1812 อาคาร 18

เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

โทรศัพท์: 075-377-439 e-mail: technstru.editorjournal@gmail.com