วารสารวิชาการ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2567
Vol. 9 No. 1 Jan. - Jun. 2024

Approved by TCI during 2022-2024

Industrial Technology Journal
Surindra Rajabhat University

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
ISSN (Print) 3027-6314
ISSN (Online) 3027-6322

industrial-journal.srru.ac.th

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ เป็นวารสารวิชาการระดับชาติที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำขึ้นปีละ 2 ฉบับ เพื่อรวบรวม และเผยแพร่ ผลงานทางวิชาการ โดยตีพิมพ์บทความวิจัย และบทความทางวิชาการ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรมศึกษา นวัตกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ฉบับนี้เป็นปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2567 ประกอบด้วย บทความวิจัย จำนวน 17 บทความ อนึ่งความคิดเห็นจากบทความวิชาการหรือรายงานการวิจัยแต่ละเรื่องที่นำเสนอในวารสารฉบับนี้เป็นความเห็นจากผู้เขียนหรือผู้วิจัยกองบรรณาธิการมีหน้าที่จัดพิมพ์และเผยแพร่ เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการแก่สังคมเท่านั้น กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าบุคลากรทั้งในสถานศึกษาและสถานประกอบการตลอดจนผู้สนใจโดยทั่วไปจะได้รับสาระประโยชน์จากวารสารฉบับนี้

กองบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2567
ISSN (Print) 3027-6314
ISSN (Online) 3027-6322
เจ้าของ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
ที่ปรึกษา
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ และกิจการนักศึกษา
รองคณบดีฝ่ายบริหาร วางแผน และประกันคุณภาพ
รองคณบดีฝ่ายวิจัย และบริการวิชาการ

บรรณาธิการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ พวงไพบูลย์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทรงศักดิ์ มีสิทธิ์

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. กรินทร์ กาญทนานนท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระราชูปถัมภ์
รองศาสตราจารย์ ดร.วรัทยา ธรรมกิตติภพ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ชูชาติ พยอม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุมพฏ พงษ์ศักดิ์ศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วงกต ศรีอุไร	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรีย์ พิมพิมูล	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
รองศาสตราจารย์ยุพดี สินมาก	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

วัตถุประสงค์

เพื่อรวบรวม และเผยแพร่ ผลงานทางวิชาการ โดยตีพิมพ์บทความวิจัย และบทความทางวิชาการ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรมศึกษา นวัตกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ของอาจารย์ นักศึกษา และนักวิชาการ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน มีกำหนดการตีพิมพ์ปีละ 2 ครั้ง คือ ในรอบเดือนมกราคม – มิถุนายน และรอบเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม

เงื่อนไขการตีพิมพ์

ทุกบทความจะต้องผ่านการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ แบบ Double-Blinded Peer Review **3 ท่าน** ทัศนคติและข้อคิดเห็นของบทความในวารสารฉบับนี้ เป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน ไม่ถือเป็นทัศนะและความรับผิดชอบของกองบรรณาธิการ

กำหนดการออกวารสาร

ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน
ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม

สารบัญ

บทความวิจัย

การพัฒนากรอบแนวคิดเพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษา วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ *.....วัชรกิติ แสงสุวรรณ พงษ์พิพัฒน์ สายทอง จันทิมา พลพินิจ.....*	1
การพัฒนาการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom *.....คมยุทธ ไชยวงษ์ และศิวกร แก้วรัตน์.....*	11
การพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมกะลาปาล์ม โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวเชื่อมประสาน *.....กิตติชาติ เผ่าพงษ์ไพบูลย์ กรกนก บุญเสริม แก้วตา ดียิ่งศิริกุล จิรัฏฐ์ธัญกมล ผลเจริญ* *.....วัชเรศ แก่นบุตร วัลลภ โคตรพันธ์ อิสรภาพ เอ็นดู ลลิลทิพย์ รุ่งเรือง ปัทมาพร ท่อชู.....*	21
การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ *....นิคม ลนขุนทด วินัท พรมแดน อนุสรณ์ ครุฑขุนทด อัษฎา วรรณกายนต์.....*	28
การพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษาต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ *.....ยุทธศักดิ์ ทองแสน.....*	40
การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ รายวิชา การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์สำหรับนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง *.....ปริษา ปั้นดี ณัฏฐ์ ดิษเจริญ บุณณดา คำเสียง.....*	55
การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันออกแบบลวดลายสำหรับการสานพัดไม้ไผ่ *.....ณัชภัค ผลถวิล ปิยะพงษ์ แดงขำ .....*	67
การวิเคราะห์สาเหตุการวิบัติเชิงลาดด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ และแนวทางการปรับปรุงแก้ไข กรณีศึกษา ทางหลวงหมายเลข211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย – คกไผ่) *.....อภิชาติ ยลวิชัย พงศกร พวงชมภู.....*	80
การศึกษาการจำลองการตอกเสาเข็มและการจำลองการทดสอบเสาเข็มรับแรงด้านข้างด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ *.....แสงอรุณ ไชยหานาม พงศกร พวงชมภู.....*	93
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มดาลด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ *.....ชยุตม์พงศ์ สุนันทวิทย์ พงศกร พวงชมภู.....*	103

สารบัญ

บทความวิจัย (ต่อ)

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของชุดไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์ *.....เจษฎา คำผอง ณธายุ ชวพัฒนโยธา ภานุเทพ จันดา*.....	115
การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว *.....อธิรัช ลี้ตระกูล จีระศักดิ์ พิศเพ็ง วิชัย แหวนเพชร อัษฎา วรรณกายนต์*.....	126
การออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก *.....อริชัย รัตรสาร วันเฉลิม จันทร์โชติช่วง ทัศนียา นิลฤทธิ์ จักรพันธ์ บุญเพิ่ม*.....	140
การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน *.....องอาจ ทับบุรี กันยารัตน์ เอกเอี่ยม*.....	153
ความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ในสำนักงานของวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร *.....สุคนธ์ ขาวกริบ ปัญจ์ปพัชรภร บุญพร้อม นวลนิตย์ แสงสิริวุฒิ ศศิธร ลอเรนซ์ องอาจ งามดี* *.....อินจิรา นิยมธูร*.....	166
เครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ *.....มานพ ดอนหมื่น โยธิน สุริยมาตร เจษฎา คำภูมี ปริญญวัตร ทินบุตร*.....	179
Development of Entrepreneur Training Model for Liuzhou Institute of Technology Student *.....Xiao Wenjun[1] Nutdanai Singkhleewon Sombat Teekasap Sirigarn Phokheaw*.....	190

การพัฒนากรอบแนวคิดเพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษา วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์

วัชรกิติ แสงสุวรรณ[1*] พงษ์พิพัฒน์ สายทอง[2] จันทิมา พลพินิจ[3]
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม[1*2 3]
อีเมล์ : win.toy2@hotmail.co.th [1*]

วันที่รับบทความ 6 กุมภาพันธ์ 2567
วันแก้ไขบทความ 22 เมษายน 2567
วันตอบรับบทความ 25 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาคู่มือนักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ 2) เพื่อออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience Design) ของแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาต้นแบบ 3) เพื่อประเมินคุณภาพกรอบแนวคิดของแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษา โดยประเมินจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ทำงานด้านการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience : UX) สถิติที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยการพิจารณาแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ

ผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลสำคัญของคู่มือนักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์มีส่วนประกอบทั้งหมด 16 ด้านที่สำคัญ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ผู้วิจัยจะนำมาศึกษาประสบการณ์ของผู้ใช้บริการ และใช้ในออกแบบส่วนประสบการณ์ของผู้ใช้ เพื่อออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยต่อไป กระบวนการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ ประกอบด้วย (1) ส่วนประสบการณ์ของผู้ใช้บริการ (Customer Experience) (2) การร่างแบบ (Sketching) (3) สร้างผลิตภัณฑ์ดิจิทัลต้นแบบ (Digital Product Prototype) (4) การทดสอบและปรับปรุง (Testing And Refining) (5) การเริ่มใช้งาน (Launching) ผลการประเมินคุณภาพกรอบแนวคิดที่ใช้พัฒนาของแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาโดยอยู่ในระดับมีคุณภาพมาก คือค่า ($\bar{X}$ = 4.00, S.D. = 0.63) ซึ่งมีผลที่สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ : ประสบการณ์ของผู้ใช้บริการ, ส่วนประสบการณ์ผู้ใช้, ส่วนติดต่อผู้ใช้, แอปพลิเคชัน, คู่มือนักศึกษา

The Development of a Conceptual Framework to Design and Develop a Student Manual Application for Surin Vocational College.

Watcharakiti Sangsuwan[1*], Pongpipat Saitong[2], Jantima Polpinij[3]
Mahasarakham University, Thailand.[1*,2,3]
E – mail : win.toy2@hotmail.co.th [1*]

Received 14 February 2024
Revised 22 April 2024
Accepted 25 April 2024

Abstract

The purposes of this research are to 1) study the Surin Vocational College student manual 2) design the user experience design of the prototype student manual application 3) evaluate the quality of the conceptual framework of the student manual application which is evaluated by experts who have experience working in user experience design (User Experience: UX). The statistics used in the research are mean and standard deviation by considering a 5-level rating scale.

The results found that the important information of the Surin Vocational College student manual has a total of 16 important components. This information will be used by the researcher to study the experiences of service users and used in designing the user experience section to design tools used in further research. The user experience design process consists of (1) the customer experience) (2) sketching (3) creating a digital product prototype (4) testing and refining) and (5) launching. The results of evaluating the quality of the conceptual framework used to develop the student manual application are at a high quality level, namely the value ($\bar{x}$ = 4.00, S.D. = 0.63), the results are higher than the set threshold.

Keywords : Customer Experience, User Experience, User Interface, Application, Student Manual

1. บทนำ

จากนโยบายสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ (Efficiency) และเพื่อเป็นการตอบสนองจึงเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ ด้วยการส่งเสริมและสนับสนุนการนำระบบดิจิทัลเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการพัฒนาการจัดการศึกษาและการบริหารจัดการ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565; สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. 2566) ซึ่งจากการสำรวจพบว่านักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ส่วนใหญ่ขาดความเข้าใจในหลักปฏิบัติต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญมาก แต่รูปแบบของคู่มือไม่ตอบสนองต่อการใช้งานของนักศึกษาในปัจจุบัน โดยปัจจุบันการเข้าถึงเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตมีความสะดวกรวดเร็ว ทำให้มีช่องทางการติดต่อสื่อสารมากมาย การพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาให้เหมาะสมกับอุปกรณ์หน้าจอแสดงผลแบบต่าง ๆ สำหรับใช้สื่อสารกับผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพต้องอาศัยการศึกษาประสบการณ์ของผู้ใช้บริการ การออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้งาน ซึ่งก็คือการวิจัยเพื่อให้ทราบถึงความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่เป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาให้ประสบความสำเร็จ (วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์. 2566; Saitong, P. 2022) การออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (user experience) ซึ่งเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับทุกกระบวนการของผลิตภัณฑ์หรือบริการ เป็นสิ่งที่ผู้ใช้รู้สึกกับผลิตภัณฑ์ ทั้งเรื่องความสะดวก การตอบสนองการใช้งาน ความยากง่ายในการใช้งาน ผู้ใช้มีความคาดหวังกับผลิตภัณฑ์ที่จะให้ประสบการณ์ที่ดีมีคุณค่า ส่วนประสบการณ์ผู้ใช้จะเน้นไปที่การสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน ซึ่งการทำงานเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารที่ดีระหว่างการใช้ผลิตภัณฑ์กับผู้ใช้ หรือการใช้บริการ การออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้จะประกอบไปด้วยตัวผลิตภัณฑ์ การออกแบบ และเทคโนโลยี (Garrett, J.,J. (2002); พงษ์พิพัฒน์ สายทอง. 2562; กฤษฎา เฉลิมสุข. 2561; กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย. 2564)

จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น การศึกษาวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนากรอบแนวคิดเพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ โดยใช้กระบวนการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (user experience) ในการเก็บข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ดิจิทัลที่เป็นประโยชน์ต่อการสนับสนุนการจัดการศึกษาและการบริหารจัดการ

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาคู่มือนักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์

2.2 เพื่อออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้งานของแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษา

2.3 เพื่อประเมินคุณภาพกรอบแนวคิดที่ใช้พัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษา

3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษาข้อมูลสำคัญจากคู่มือนักศึกษา สำหรับใช้ในการพัฒนากรอบแนวคิดเพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาและวิเคราะห์คู่มือนักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ ประจำปีการศึกษา 2566 แบ่งหมวดหมู่จัดลำดับความสำคัญของชุดข้อมูล เพื่อใช้ในออกแบบเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลในการทำวิจัย

3.2 ศึกษาและการวิเคราะห์ส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience Design) เพื่อพัฒนากรอบแนวคิด (Conceptual Framework) ที่ใช้ในงานวิจัย

3.3 พัฒนากรอบแนวคิดที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาด้วยกระบวนการดังนี้ (1) ส่วนประสบการณ์ของผู้ใช้บริการ (Customer Experience) (2) การร่างแบบ (Sketching) (3) สร้างผลิตภัณฑ์ดิจิทัลต้นแบบ (Digital Product Prototype) (4) การทดสอบและปรับปรุง (Testing And Refining) (5) การเริ่มใช้งาน (Launching)

3.4 กำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ทำงานด้านการพัฒนาแอปพลิเคชัน จำนวน 3 คน ประเมินกรอบแนวคิด (Conceptual Framework) โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินกรอบแนวคิดที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษา โดยใช้การพิจารณาแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ

4. ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาและวิเคราะห์คู่มือนักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ โดยการสอบถามความต้องการของนักศึกษาจากหัวข้อที่กำหนดให้พบว่า เมื่อนักศึกษากำลังจะสมัครเข้าเรียนหรือเป็นนักศึกษาใหม่ของวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ ต้องการทราบมากที่สุด โดยจัดเรียงตามลำดับความสำคัญดังนี้

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ ประเภทวิชา สาขาวิชา หลักสูตรที่วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์เปิดสอน ทั้งระดับ ปวช.และ ปวส. รวมไปถึงประวัติและความเป็นมาของวิทยาลัย

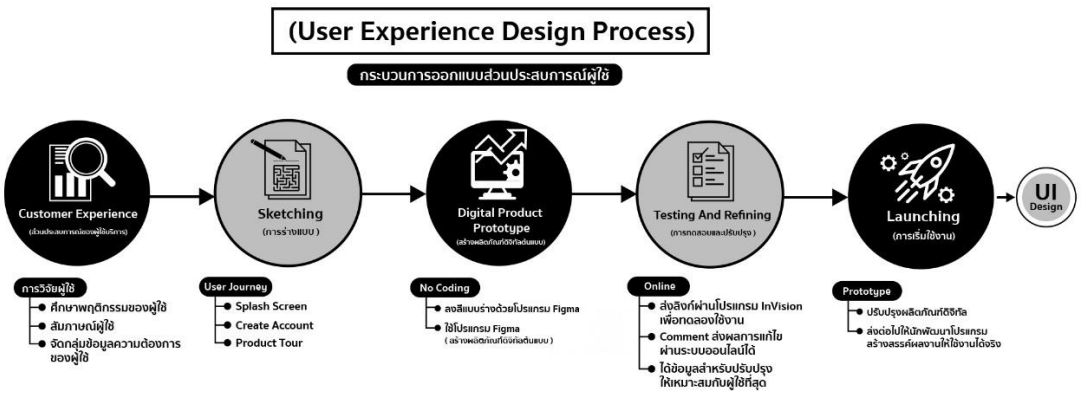
กลุ่มที่ 2 ได้แก่ งานทะเบียน งานวัดผลประประเมินผล การแต่งกาย วิสัยทัศน์ เป้าหมาย อัตลักษณ์ เอกลักษณ์ อัตลักษณ์คุณธรรม พันธกิจ ปรัชญาของวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์

กลุ่มที่ 3 ได้แก่ ระเบียบวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ว่าด้วยหลักเกณฑ์ข้อปฏิบัติ และวิธีตัดคะแนนความประพฤตินักศึกษา กรอบแนวคิดและนโยบาย งานสวัสดิการนักศึกษา การให้กู้ยืมเงินกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.)

กลุ่มที่ 4 ได้แก่ การจัดกิจกรรมนักเรียน นักศึกษา และผู้บริหารของวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์

กลุ่มที่ 5 ได้แก่ ระเบียบกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยการจัดการศึกษาและการประเมินผลการเรียนตามหลักสูตร ปวช.และ ปวส. ซึ่งการจัดกลุ่มข้อมูลดังที่ได้กล่าวมาเป็นการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) หรือเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยจะนำข้อมูลนี้ไปสู่กระบวนกการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience Design) เพื่อใช้ในการพัฒนากรอบแนวคิด (Conceptual Framework) ในงานวิจัยต่อไป

4.2 การออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้งานของแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาพบว่า กระบวนการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience Design Process) เกี่ยวข้องกับทุกกระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษา เป็นสิ่งที่ผู้ใช้รู้สึกกับคู่มือนักศึกษา เช่นความสะดวก การตอบสนองการใช้งาน ความยากง่ายในการใช้งาน ผู้ใช้มีความคาดหวังกับคู่มือนักศึกษาที่จะให้ประสบการณ์ที่ดีมีคุณค่า ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนากรอบแนวคิด (Conceptual Framework) สำหรับกระบวนการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ ดังที่จะกล่าวดังต่อไปนี้

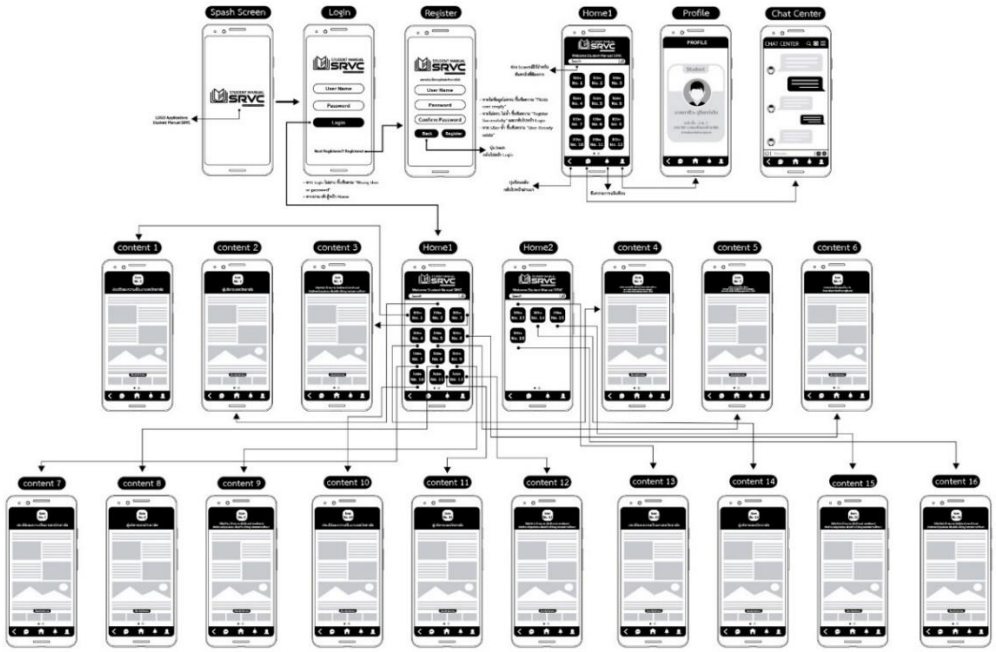


รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (Conceptual Framework UX)

อธิบายจากภาพกระบวนการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้มีดังนี้

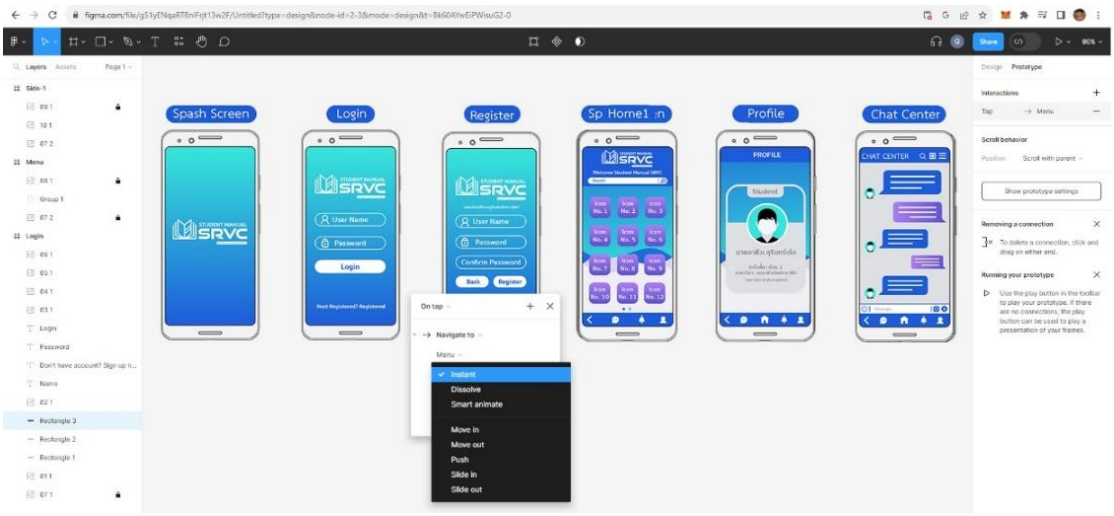
(1) ส่วนประสบการณ์ของผู้ใช้บริการ (Customer Experience) เป็นการวิจัยพฤติกรรมของผู้ใช้แบบสมมุติ (User Persona) เป็นลำดับแรก และใช้วิธีการสัมภาษณ์ผู้ใช้กลุ่มตัวอย่าง โดยการจัดกลุ่มข้อมูลที่ได้จากความต้องการของผู้ใช้ควบคู่ไปกับข้อมูลสำคัญของคู่มือนักศึกษาแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ ตามวัตุประสงค์ข้อที่ 1

(2) การร่างแบบ (Sketching) เมื่อได้ลักษณะพฤติกรรมของผู้ใช้แบบสมมุติแล้ว จึงออกแบบวิธีการเลื่อนไหล หรือการเดินทางของผู้ใช้ (User Journey) ว่าสิ่งที่ต้องการออกแบบจะมีความเชื่อมโยงกันอย่างไรบ้าง สามารถวาดด้วยมือหรือใช้โปรแกรมในการสร้างก็ได้ เช่น เมื่อผู้ใช้ใหม่เปิดผลิตภัณฑ์ดิจิทัลจะพบกับ หน้าจอ (Splash Screen) > สร้างบัญชี (Create Account) > ทัวร์ชมผลิตภัณฑ์ดิจิทัล (Product Tour) ซึ่งการออกแบบการเลื่อนไหลจะช่วยให้เห็นว่ายังขาดส่วนใด หรือมีส่วนใดที่เกินความจำเป็น ตามภาพตัวอย่างดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 แบบร่างการเลื่อนไหลหรือการเดินทางของผู้ใช้ (User Journey)

(3) สร้างผลิตภัณฑ์ดิจิทัลต้นแบบ (Digital Product Prototype) ด้วยโปรแกรม Figma การสร้างผลิตภัณฑ์ดิจิทัลต้นแบบยังไม่ต้องเขียนโค้ด เพราะมีค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลามาก



รูปที่ 3 สร้างผลิตภัณฑ์ดิจิทัลต้นแบบด้วยโปรแกรม Figma

4) การทดสอบและปรับปรุง (Testing and Refining) นำผลิตภัณฑ์ดิจิทัลต้นแบบ ไปทดลองใช้กับผู้ใช้ด้วยการส่งลิงก์ผ่านโปรแกรม Figma ได้ทันที ซึ่งผู้ใช้สามารถส่งผลป้อนกลับผ่านระบบออนไลน์ได้ ช่วยให้ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย เมื่อได้ข้อมูลแล้วจึงปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับผู้ใช้ที่สุด

(5) การเริ่มใช้งาน (Launching) เมื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ดิจิทัลเสร็จแล้ว จึงส่งต่อไปให้นักโปรแกรมสร้างสรรค์ผลงานออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface Design) ให้ใช้งานได้จริงต่อไป

4.3 ผลการประเมินคุณภาพกรอบแนวคิดที่ใช้พัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษา เพื่อศึกษาผลการประเมินคุณภาพของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญต่อการออกแบบกรอบแนวคิด (Conceptual Framework) ในกระบวนการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience Design) ที่ใช้ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาต้นแบบ ได้ทำการสรุปผลเพื่อตอบคำถามในการวิจัยดังนี้ โดยรวมอยู่ในระดับมีคุณภาพมาก ดังตัวอย่างตาม (ตารางที่ 1 และตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 คุณภาพของกรอบแนวคิดที่ใช้พัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญรายข้อ

รายการ	$\bar{x}$	SD.	ระดับการประเมิน
1. ด้านส่วนประสบการณ์ของผู้ใช้บริการ (Customer Experience)			
1.1 การจัดเรียงลำดับข้อมูลและเนื้อหาที่แสดงบนแอปพลิเคชันเหมาะสมและน่าสนใจ	4.00	1.00	มีคุณภาพมาก
1.2 การเลือกใช้สื่อในการจัดการข้อมูล เนื้อหาบนแอปพลิเคชันมีความหลากหลายและเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.33	0.58	มีคุณภาพมาก
1.3 มีการจัดกลุ่มข้อมูลและเนื้อหารายการที่เกี่ยวข้องกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันได้อย่างเหมาะสม	4.33	0.58	มีคุณภาพมาก
2. ด้านการร่างแบบ (Sketching)			
2.1 การออกแบบหน้า Splash Screen ของแอพมีความเหมาะสม	4.33	0.58	มีคุณภาพมาก

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รายการ	$\bar{x}$	SD.	ระดับการประเมิน
2. ด้านการร่างแบบ (Sketching)			
2.2 การออกแบบหน้าการสร้างบัญชี (Create Account) มีข้อมูลครบถ้วน	4.00	0.00	มีคุณภาพมาก
2.3 การเชื่อมโยงของส่วนต่าง ๆ ในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.67	0.58	มีคุณภาพมาก
3. ด้านการสร้างผลิตภัณฑ์ดิจิทัลต้นแบบ (Digital Product Prototype)			
3.1 การจัดวางองค์ประกอบ ตัวอักษร ภาพกราฟิก ช่องว่าง บนพื้นที่หน้าจอของแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.33	0.58	มีคุณภาพมาก
3.2 มีการเลือกใช้ภาษาที่เหมาะสม เข้าใจง่าย มีการจัดวางผังภาพ (Layouts) ที่เหมาะสม สวยงาม	4.00	1.00	มีคุณภาพมาก
3.3 การใช้งานแอปพลิเคชันมีการเรียงลำดับจากส่วนที่ง่ายไปจนถึงส่วนที่ยาก	4.67	0.58	มีคุณภาพมาก
4. ด้านการทดสอบและปรับปรุง (Testing And Refining)			
4.1 การรใช้งานแอปพลิเคชันมีความเลื่อนไหลไม่ติดขัด	3.67	0.58	มีคุณภาพมาก
4.2. ความเร็วของการโหลดหน้าข้อมูลบนแอปพลิเคชันมีเหมาะสม	4.67	0.58	มีคุณภาพมาก
4.3 การออกแบบแอปพลิเคชันโดยรวมมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	4.33	0.58	มีคุณภาพมาก
5. ด้านการเริ่มใช้งาน (Launching)			
5.1 การดาวน์โหลดและติดตั้งแอปพลิเคชันมีความสะดวก	4.33	0.58	มีคุณภาพมาก
5.2 การออกแบบแอปพลิเคชันมีความเป็นทันสมัยและน่าใช้งาน	3.67	0.58	มีคุณภาพมาก
5.3 การออกแบบแอปพลิเคชันโดยรวมมีความเป็นสากลเข้าใจง่าย	4.33	0.58	มีคุณภาพมาก
รวม	**4.24**	**0.63**	**มีคุณภาพมาก**

ตารางที่ 2 คุณภาพของกรอบแนวคิดที่ใช้พัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญรายด้าน

รายการ	$\bar{x}$	SD.	ระดับการประเมิน
1. ด้านส่วนประสบการณ์ของผู้ใช้บริการ (Customer Experience)	4.22	0.67	มีคุณภาพมาก
2. ด้านการร่างแบบ (Sketching)	4.33	0.50	มีคุณภาพมาก
3. ด้านการสร้างผลิตภัณฑ์ดิจิทัลต้นแบบ (Digital Product Prototype)	4.33	0.71	มีคุณภาพมาก
4. ด้านการทดสอบและปรับปรุง (Testing And Refining)	4.22	0.67	มีคุณภาพมาก
5. ด้านการเริ่มใช้งาน (Launching)	4.11	0.60	มีคุณภาพมาก
รวม	**4.00**	**0.63**	**มีคุณภาพมาก**

5. อภิปรายผลและสรุปผล

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญในด้านการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลสำคัญจากคู่มือนักศึกษา สำหรับใช้วิเคราะห์กรอบแนวคิด (Conceptual Framework) ในกระบวนการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience Design) ที่จะใช้ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาต้นแบบ การเก็บข้อมูลการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience Design) ซึ่งสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 การวิจัยเชิงคุณภาพ เป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience Design) โดยใช้การเก็บข้อมูลจากคู่มือนักศึกษากลุ่มตัวอย่างแล้วนำมาวิเคราะห์ตีความหมายข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปความต้องการด้านเนื้อหาและการออกแบบต่าง ๆ ที่ควรจะมีภายในแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาต้นแบบ และนำข้อสรุปเหล่านี้ไปใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาต้นแบบต่อไป

ส่วนที่ 2 การวิจัยเชิงปริมาณ เป็นการประเมินคุณภาพกรอบแนวคิดจากชุดข้อมูลที่ได้จากการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience Design) โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ทางด้านการพัฒนาแอปพลิเคชันโดยใช้วิธีการประเมินแบบ Rating scale 5 ระดับ ซึ่งพบว่ากรอบแนวคิดที่พัฒนามาจากส่วนประสบการณ์ผู้ใช้มีคุณภาพโดยอยู่ในระดับมีคุณภาพมากคือค่า ($\bar{X}$ = 4.00, S.D. = 0.63) เมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินกำหนดค่าเฉลี่ยไว้ที่ 3.51 ซึ่งมีผลที่สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ดังนั้นส่วนประสบการณ์ผู้ใช้จึงสามารถนำไปใช้งานได้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรออกแบบเนื้อหาเป็นภาพอินโฟกราฟิก เพราะเป็นการสังเคราะห์เนื้อหาจำนวนมากที่เข้าใจยากเป็นรูปภาพและข้อมูลที่กระชับทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

6.2 ควรให้คู่มือนักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์ใช้ได้ทั้งในระบบออนไลน์และออฟไลน์ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งข้อเสนอแนะเหล่านี้จะถูกนำไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้พัฒนาแอปพลิเคชันคู่มือนักศึกษาต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์พิพัฒน์ สายทอง อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพินิจ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่ให้โอกาสตีพิมพ์บทความวิจัย ด้วยคุณค่าและประโยชน์จากบทความวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้นำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการศึกษาวิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา เฉลิมสุข. (2561). “UI vs. UX: อะไรคือความแตกต่างระหว่าง user interface และ user Experience”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/ui-vs-ux-อะไรคือความแตกต่างระห/**. สืบค้น 27 มิถุนายน 2566.

กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย. (2564). “การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface Design)”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://touchpoint.in.th/user-interface-design/**. สืบค้น 27 มิถุนายน 2566.

คารีม นาเดอร์. (2566). “การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (UX)”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://appmaster.io/th/blog/kaar-kaebb-ux-prasbkaarnphuuaich**. สืบค้น 2 เมษายน 2566.

คอนเทนต์ชิฟู. (2564). “โลกเปลี่ยน CX ยิ่งสำคัญ! สรุปงาน CX Champion ถอดรหัสผู้นำเกมด้าน CX ยกระดับประสบการณ์ของลูกค้าอย่างไรให้ประสบความสำเร็จ”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://contentshifu.com/blog/cx-champion-webinarsummary#Topic_1.** สืบค้น 28 มีนาคม 2566.

ดีมีเตอร์. (2564). “ประสบการณ์ของลูกค้า (CX) คืออะไรกันแน่? ทำไมสำคัญกับธุรกิจยุค 2021”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.dmit.co.th/th/zendesk-updates-th/what-exactly-is-cx-2021/.** สืบค้น 28 มีนาคม 2566.

ปกรณ์ เจียมสกุลทิพย์. (2564). “User Experience Design ออกแบบที่มากกว่าแค่ออกแบบ”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://forbesthailand.com/insights/commentaries/user-experience-design-ออกแบบที่มากกว่าแค่**. สืบค้น 2 เมษายน 2566.

ปอนด์. (2562). “เข้าใจ UX ประสบการณ์ผู้ใช้ส่งผลแค่ไหนกับการตลาด”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://contentshifu.com/blog/why-ux-is-important**. สืบค้น 2 เมษายน 2566.

พงษ์พิพัฒน์ สายทอง. (2562). **การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบริจาคโลหิต U-Blood โรงพยาบาลสุธาเวช คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**. คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พิมผกา ประเสริฐศิลป์. (2561). **รายงานผลการเข้ารับการฝึกอบรม หลักสูตร Android Programming & UX/UI for Mobile App**. กรุงเทพฯ: บริษัท โค้ดโมบายส์ จำกัด

ลลิตา พวงมหา. (2564). “แนวทางการ บริหารประสบการณ์ลูกค้าด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง”. **Journal of Communication Arts**. 39(3) : 113-123.

วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์. (2566). **คู่มือนักเรียน นักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์.** สุรินทร์: บริษัท รุ่งธนเกียรติออฟเซ็ท จำกัด

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2565)**.** “แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (ฉบับที่ 13) (พ.ศ. 2566 - 2570)”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: **https://www.nesdc.go.th/download/Plan13/Doc/Plan13_Final.pdf.** สืบค้น 27 มิถุนายน 2566.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2566). **“**นโยบายการปฏิบัติราชการสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ประชุมสัมมนาผู้บริหารสถานศึกษาสังกัด สอศ. ครั้งที่ 1/2566”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.vec.go.th/ข่าว/ข่าวประชาสัมพันธ์/รายละเอียดข่าวประชาสัมพันธ์ tabid/6276/ArticleId/40220/language/th-TH/40220.aspx**. สืบค้น 27 มิถุนายน 2566.

สเต็ปส์ อะคาเดมี่. (2564). “Customers Experience คืออะไร และ แตกต่างจาก UX, UI อย่างไร”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก **: https://stepstraining.co/strategy/what-is-customers-experience.** สืบค้น 28 มีนาคม 2566.

เอริน ฮัฟฟ์เนอร์. (2565). “ประสบการณ์ลูกค้าคืออะไร จะมอบ CX อันยอดเยี่ยมได้อย่างไร”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.zendesk.com/th/blog/why-companies-should-invest-in-the-customer-experience/.** สืบค้น 28 มีนาคม 2566.

Gaizauskas, R., & Wilks, Y. (1998). “Information extraction: Beyond document retrieval”. **Journal Of documentation**. 54(1) : 70-105.

Garrett, J.,J. (2002). “The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web United States: AIGA, 2002. E-book”. [Online]. Available : **http://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9780321683687/samplepages/0321683684.pdf**. Retrieved April 02, 2023.

Saitong, P. (2022). “Designing, Developing, and Efficiency Evaluation of a Smartphone Application for Blood Donation”. **Ingénierie des Systèmes d'Information**. 27(4).

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้สามารถนำกรอบแนวคิด (Conceptual Framework) ในด้านของการออกแบบส่วนประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience Design) ที่ผู้วิจัยสรุปไว้ดังนี้ (1) ส่วนประสบการณ์ของผู้ใช้บริการ (Customer Experience) (2) การร่างแบบ (Sketching) (3) สร้างผลิตภัณฑ์ดิจิทัลต้นแบบ (Digital Product Prototype) (4) การทดสอบและปรับปรุง (Testing And Refining) (5) การเริ่มใช้งาน (Launching) ไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการต่อยอดพัฒนาแอปพลิเคชันต่าง ๆ ที่มีความคล้ายคลึงกันสำหรับนักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์หรือสถาบันอื่นๆ ได้ โดยหลักสำคัญของการใช้ข้อมูลจากคู่มือนักศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาสุรินทร์คือการใช้เพื่อศึกษาและช่วยกระตุ้นในการพัฒนาผลงานทางวิชาการที่เกี่ยวเนื่องได้ต่อไปในอนาคต

การพัฒนาการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom

คมยุทธ ไชยวงษ์[1] ศิวกร แก้วรัตน์[2*]
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย[1 2*]
อีเมล์ : siwakorn.kae@lru.ac.th[2*]

วันที่รับบทความ 15 มีนาคม 2567
วันแก้ไขบทความ 29 เมษายน 2567
วันตอบรับบทความ 1 พฤษภาคม 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนการสอน เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนจากการจัดการเรียนการสอน และศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาสาขาอุตสาหกรรมศิลป์ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาดิจิทัลเบื้องต้น ภาคการศึกษาที่ 1/2565 จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน วิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) และการทดสอบค่าที (t-test) ผลการวิจัย พบว่า ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของการจัดการเรียนการสอน เท่ากับ 0.7025 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผู้เรียนมีความพึงพอใจโดยรวมต่อการเรียนการสอน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.72)

คำสำคัญ : การจัดเรียนการสอนออนไลน์ Google Classroom ดัชนีประสิทธิผล ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจ

Learning development on the combination circuit with digital circuit simulator via Google Classroom

Khomyuth Chaiwong[1], Siwakorn kaewrat[2*]
Faculty of Industrial Technology Loei Rajabhat University[1, 2*]
E – mail : Siwakorn.kae@lru.ac.th[2*]

Received 15 March 2024
Revised 29 April 2024
Accepted 1 May 2024

Abstract

This research has the objective to study the effectiveness index of teaching and learning management. About combination circuits with a digital circuit simulation program through Google Classroom study the academic achievement of students from teaching and learning. and study students' satisfaction with teaching and learning. The sample group consisted of industrial arts students who were enrolled in an introductory digital course. Semester 1/2022, which consist of 15 students. Research tools together with organizing learning activities about combination circuits with a digital circuit simulator via Google Classroom, a test to measure academic achievement before and after class. and student satisfaction questionnaire. Data were analyzed for mean, percentage, standard deviation (S.D.), effectiveness index (E.I.), and t-test. The results of the research found that the Effectiveness Index (E.I.) of teaching and learning was equal to 0.7025. Academic achievement after studying was higher than before studying at a statistical significance of .01, and students were overall satisfied with teaching is at the highest level ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.72)

Keywords : Online Learning, Google Classroom, Effectiveness index, Achievement, Satisfaction

1. บทนำ

ปัจจุบันการจัดการศึกษาของประเทศไทยมี แนวโน้มการพัฒนาที่ดีขึ้น มีหลากหลายรูปแบบซึ่งเกิดจากความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีการสื่อสารที่ เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เป็นการสื่อสารที่ ไร้พรมแดน ซึ่ง เราทุกคนสามารถติดต่อ พูดคุย สืบค้นข้อมูลข่าวสารผ่าน ช่องทางต่าง ๆ เช่น เว็บไซต์ ยูทูป อีเมล หรือผ่านการ สื่อสารแบบสังคมออนไลน์ที่ทุกคนเรียกว่า “social”` เช่น เฟซบุ๊ก ไลน์ ต่าง ๆ ทั้งนี้ในกระบวนการจัดการศึกษาก็ เช่นเดียวกัน ได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดการเรียนการสอน โดยมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ได้นำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในด้านการบริหารงาน การพัฒนาสื่อการสอนเพื่อนำมาใช้ในการเรียนการสอนในห้องเรียน การใช้ห้องเรียนออนไลน์ ซึ่งมีหลากหลายช่องทางสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ เช่น Google Classroom ระบบห้องเรียนออนไลน์ ที่ให้บริการเทคโนโลยีสารสนเทศทางออนไลน์เพื่อการเรียนการสอนในระดับประเทศของไทย มีคุณสมบัติเป็นระบบชั้นเรียนออนไลน์ LMS (Learning Management System) (ปรัชญนันท์ นิลสุข. 2554) ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับรูปแบบจัดการการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับทาง (Flipped Classroom) และมุ่งส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้สอนสามารถออกแบบการเรียนการสอน ที่มีความยืดหยุ่นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนได้อย่างสะดวก ได้รับผลตอบรับอย่างดีจากผู้เรียน (กรวรรณ สืบสม และนพรัตน์ หมีพลัด. 2560) และต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความพร้อมในด้านความรู้ และทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นในการดำรงชีวิต เช่น ทักษะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ทักษะ ด้านภาษา ทักษะการใช้เทคโนโลยีนวัตกรรม และทักษะชีวิต ให้ผู้เรียนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตได้รวมถึงกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงออกซึ่งความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนรู้เพื่อให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ ทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ สติปัญญา อารมณ์ และสังคม ซึ่งในการปรับกระบวนการเรียนการสอนให้เอื้อต่อการพัฒนาขีดความสามารถของผู้เรียนได้แสดงศักยภาพของตนตามจุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละระดับ โดยยึดหลักว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้มีบทบาทโดยตรงกับการจัดการศึกษาในปัจจุบัน โดยสามารถแสดงข้อมูลข่าวสารได้ทั้งในรูปแบบของ เสียง ข้อมูล ภาพ ภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอ ทำให้การเรียนรู้ในยุคใหม่ประสบความสำเร็จอย่างรวดเร็ว (ยืน ภูวรวรรณ และสมชาย นาประเสริฐชัย. 2546) และการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน นอกจากครูจะเป็นผู้บรรยายในชั้นเรียนแล้ว ก็มีกิจกรรมอีกหลากหลายรูปแบบที่ได้นำมาจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนเป็นผู้ทำกิจกรรม และครูเป็นเพียงที่ปรึกษา เช่น การจัดการเรียนการสอนออนไลน์ โดยใช้ระบบห้องเรียนออนไลน์ Google Classroom ก็เป็นอีกหนึ่งแนวทางของการจัดการเรียนการสอนแบบใหม่ โดยให้ผู้เรียน “เรียนที่บ้าน ทำการบ้านที่โรงเรียน” ซึ่งเป็นการนำสิ่งเดิมที่เคยทำในชั้นเรียนไปทำที่บ้าน และนำสิ่งที่ได้รับมอบหมาย ให้ทำที่บ้านมาทำที่ห้องเรียนหรือโรงเรียนแทน โดยไม่เน้นให้ครูอยู่ในชั้นเรียนเพื่อสอนเนื้อหาต่าง ๆ เพราะผู้เรียนสามารถศึกษาเนื้อหานั้น ๆ ด้วยตนเอง (เชิญตะวัน สุวรรณพานิช. 2556) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของรัฐบาลที่ต้องการให้การจัดการศึกษามีความยืดหยุ่นตามสภาพและความสนใจของผู้เรียน โดยเน้นให้ผู้เรียนมีโอกาสฝึกการคิดเป็นทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น รวมถึงสามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ห้องเรียนกลับด้านเป็นการเรียนรู้แบบผสมผสาน เป็นรูปแบบการเรียนที่มีการนำเทคโนโลยีมาช่วยพัฒนาการสอนในชั้นเรียนอย่างเต็มที่ ครูจะมีเวลาใกล้ชิดกับผู้เรียนมากขึ้นแทนที่จะใช้เวลาสอนหนังสือเพียงอย่างเดียว ผู้เรียนสามารถเรียนรู้หัวข้อต่าง ๆ ด้วยตนเองก่อน โดยใช้วิดีโอการสอนที่ครูเป็นผู้ทำกลับไปศึกษาเองที่บ้านจากนั้นใช้เวลาในห้องเรียนไปประยุกต์ใช้ในการทำงานและแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชั้นเรียน

การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Coronavirus Disease 2019: COVID-19) ทำให้เกิดการปรับตัวเป็นวิถีชีวิตแบบใหม่ (New Normal) โดยเฉพาะสถาบันทางการศึกษาที่ไม่สามารถจัดการ เรียนการสอนแบบปกติได้ จึงจำเป็นต้องใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ เพื่อให้การเรียนรู้เกิดความต่อเนื่อง การเรียนการสอนแบบออนไลน์มีองค์ประกอบ ได้แก่ ผู้สอน ผู้เรียน เนื้อหา สื่อการเรียน และแหล่งเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ ระบบการติดต่อสื่อสาร ระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ การวัดและการประเมินผล รูปแบบการเรียน

การสอนมีหลากหลายวิธี ที่ทำให้ผู้สอนและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันได้ การพิจารณาองค์ประกอบและรูปแบบที่สอดคล้อง เหมาะสมกับลักษณะวิชา และบริบทของผู้เรียนจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดผลลัพธ์การเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ (วิทยา วาโย และคณะ. 2563)

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาวิชาดิจิทัลเบื้องต้น สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย กรณีศึกษาการทำงานของวงจรดิจิทัลเดิมต้องใช้การทดลองจากของจริง ซึ่งต้องใช้งบประมาณจำนวนมากในการจัดหาวัสดุ อุปกรณ์ให้พร้อม ต้องใช้เวลาในการเตรียมอุปกรณ์ และการจัดเก็บเครื่องมือเมื่อทำการทดลองเสร็จเรียบร้อย ที่สำคัญหากผู้เรียนต่อวงจรผิดพลาดหรือใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง จะทำให้อุปกรณ์หรือเครื่องมือชำรุดได้ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้จำลองการทำงานของวงจรดิจิทัลก่อนนำไปประกอบเป็นวงจรเพื่อใช้งานจริง ด้วยโปรแกรม Deeds : Digital Electronics Education and Design Suite เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับยุคปัจจุบัน อันจะส่งผลให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ค้นหาความรู้ สรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เกิดทักษะสามารถลงมือทำด้วยตัวเอง (Learning by doing) ซึ่งสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ทั้งแบบออนไซต์ในห้องปฏิบัติการ และแบบออนไลน์ผ่าน Google Classroom ร่วมกับแอปพลิเคชันที่ส่งเสริมกระบวนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เช่น Meet, แชท เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom

2.2 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom

2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom

3. วิธีการวิจัย

3.1 กลุ่มเป้าหมาย สำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาดิจิทัลเบื้องต้น ภาคการศึกษาที่ 1/2565 จำนวน 15 คน เพื่อทดสอบหาค่าดัชนีประสิทธิผล ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom

3.2 แบบแผนการวิจัยครั้งนี้ ใช้รูปแบบ The One-Group Pretest-Posttest Design ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538: 249)

$$T_1 \longrightarrow X \longrightarrow T_2$$

เมื่อ T_1 แทน การทดสอบก่อนที่จะจัดกระทำการทดลอง (Pretest)

X แทน การจัดกระทำ (สอนโดยใช้ชุดการสอน) (Treatment)

T_2 แทน การทดสอบหลังจากที่จัดกระทำการทดลอง (Posttest)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ดังนี้

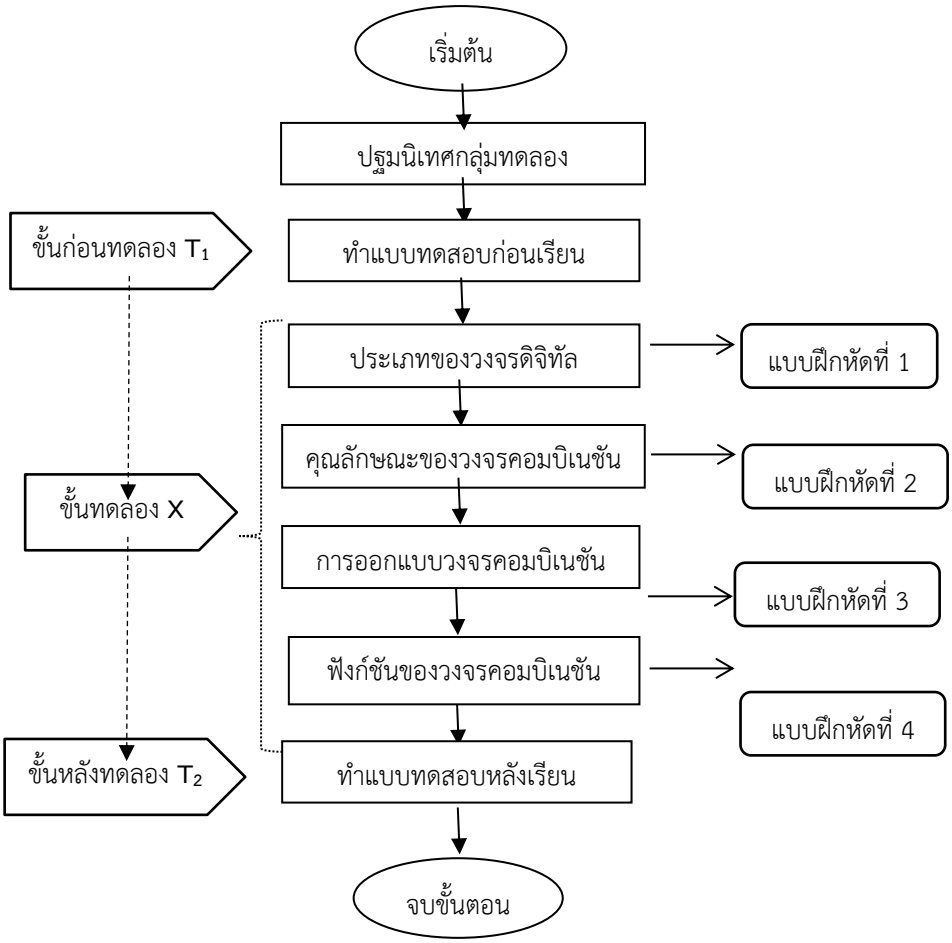
3.3.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน โดยใช้โปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล เป็นสื่อการสอนเกี่ยวกับประเภทของวงจรดิจิทัล คุณลักษณะของวงจรคอมบิเนชัน การออกแบบวงจรคอมบิเนชัน และฟังก์ชันของวงจรคอมบิเนชัน ผ่าน Google Classroom ร่วมกับแอปพลิเคชันที่ส่งเสริมกระบวนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เช่น Meet, แชท เป็นต้น จำนวน 8 คาบ รวมถึงเอกสารประกอบการสอน ใบงาน และกิจกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้

3.3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน และหลังเรียน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดการเรียนการสอน เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของภาษา ความสอดคล้องข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of item objective congruence : IOC) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00 จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้ (Try out) กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย และได้เรียนเนื้อหานี้มาแล้ว จำนวน 18 คน ได้แบบทดสอบที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.40–0.70 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.27 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91

3.3.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ (รัตนะ บัวสนธ์. 2552: 231) โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of item objective congruence : IOC) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.97

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง และผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนด้วยตนเองกับนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาดิจิทัลเบื้องต้น ภาคการศึกษาที่ 1/2565 จำนวน 15 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 ขั้นก่อนการทดลอง ผู้สอนปฐมนิเทศชี้แจงขอบเขตเนื้อหา รูปแบบการจัดการเรียนการสอน เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล และบทบทของผู้เรียนในห้องเรียน ผ่าน Google Classroom จากนั้นให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

3.4.2 ขั้นทดลอง ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้โปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล เป็นสื่อการสอน หัวข้อเรื่อง ประเภทของวงจรดิจิทัล คุณลักษณะของวงจรคอมบิเนชัน การออกแบบวงจรคอมบิเนชัน และฟังก์ชันของวงจรคอมบิเนชัน ผ่าน Google Classroom เมื่อเรียนจบแต่หัวข้อเรื่องแล้วให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1, แบบฝึกหัดที่ 2, แบบฝึกหัดที่ 3 และแบบฝึกหัดที่ 4 ตามลำดับ ใช้เวลา 8 ชั่วโมง

3.4.3 ขั้นหลังการทดลอง หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเสร็จแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน ใช้เวลา 1 ชั่วโมง และเมื่อทำแบบทดสอบเสร็จแล้วให้ผู้เรียนประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ตั้งไว้ ดังนี้

3.51 วิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom

3.5.2 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง วงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom โดยใช้สถิติที (t-test)

3.5.3 วิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัย ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ตั้งไว้ ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	ผลรวมของคะแนน		ดัชนีประสิทธิผล (E.I.)
		ทดสอบก่อนเรียน	ทดสอบหลังเรียน	
15	30	208	378	0.7025

จากตารางที่ 1 ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom ผลคะแนนรวมของการทดสอบก่อนเรียน เท่ากับ 208 คะแนน และผลคะแนนรวมของการทดสอบหลังเรียน เท่ากับ 378 คะแนน เมื่อคำนวณโดยใช้สูตรดัชนีประสิทธิผล (E.I.) มีค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.7025 แสดงว่า ผู้เรียนมีการพัฒนาการเรียนรู้เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 70.25

4.2 ผลวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

คะแนนทดสอบ	N	ค่าเฉลี่ย	S.D.	t	df	sig
ก่อนเรียน	15	13.87	1.46	32.63	14	0.00**
หลังเรียน	15	25.20	1.15			

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 2 ผู้เรียน จำนวน 15 คน ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 13.87 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.46 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 25.20 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.15 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.3 ผลวิเคราะห์ข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผ่าน Google Classroom

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		แปรผล
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	
1. ด้านเนื้อหาบทเรียน	4.52	0.68	มากที่สุด
2. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่าน Google Classroom	4.54	0.69	มากที่สุด
3. ด้านระบบการใช้งาน	4.53	0.76	มากที่สุด
4. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน	4.51	0.73	มากที่สุด
ผลการประเมินโดยรวม	4.51	0.72	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom ผลการประเมินโดยรวม ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.72) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน 3 ลำดับแรก พบว่า ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่าน Google Classroom มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.54, S.D. = 0.69) รองลงมา คือ ด้านระบบการใช้งาน มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.53, S.D. = 0.76) ด้านเนื้อหาบทเรียน มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, S.D. = 0.68) และด้านการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน มีความพึงพอใจน้อยสุด ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.73)

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 การศึกษาดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom พบว่า มีค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.7025 เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือตั้งแต่ 0.05 ขึ้นไป แสดงว่า ผู้เรียนมีการพัฒนาการเรียนรู้เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 70.25 ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ร่มฉัตร ขุนทอง (2566) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักศึกษา ที่มีต่อการเรียนการสอนออนไลน์ด้วยแอปพลิเคชัน Google Classroom โดยใช้ T5 Mode ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนด้วยวิธีดังกล่าว มีค่าดัชนีประสิทธิผล 0.7441 หรือคิดเป็นร้อยละ 74.41

5.2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom พบว่า ผู้เรียน จำนวน 15 คน ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom ทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 13.87 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.46 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.20 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.15 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชไมพร บูรณะกิติ สุระศักดิ์ เวียงดินดำ และศิวกร แก้วรัตน์ (2566) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ โดยผ่าน Google classroom รายวิชาการงานอาชีพ เรื่อง เครื่องมือและอุปกรณ์ช่างพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกวางโจนศึกษา ตำบลกวางโจน อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพ์วิภา มะลิลัย ดำรัส อ่อนเฉวียง และสุขมิตร กอมณี (2563) ได้ทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ วิชาภาษาจีนกลางเรื่องพินอินด้วย Google Classroom สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละ 80 อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภเศรษฐ์ พึ่งบัว (2562) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์วิชาอินเทอร์เน็ตด้วยแอปพลิเคชั่น Google classroom สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษา พบว่า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.3 การศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน Google Classroom ประกอบด้วยด้านเนื้อหาบทเรียน ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่าน Google Classroom ด้านระบบการใช้งาน และด้านการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน ผลการประเมินโดยรวม ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, S.D. = 0.72) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ร่มฉัตร ขุนทอง (2566) ได้วิจัย เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักศึกษา ที่มีต่อการเรียนการสอนออนไลน์ด้วยแอปพลิเคชัน Google Classroom โดยใช้ T5 Mode ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.48, S.D. =0.59)

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

6.1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนออนไลน์ ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน google classroom ผู้สอนควรมีความเข้าใจในกระบวนการเรียนการสอนออนไลน์ด้วยแอปพลิเคชัน Google Classroom และโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล เป็นอย่างดี ตลอดจนกระตุ้นผู้เรียนเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้น ให้คำปรึกษา และสังเกตพฤติกรรมการเรียนอยู่เสมอ

6.1.2 ผู้สอนควรสร้างแหล่งเรียนรู้เพิ่ม เช่น เอกสาร ตำรา หนังสือ หรือลิงค์สื่อการสอนออนไลน์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถค้นคว้า และเรียนรู้ด้วยตนเองได้ทุกที่ ทุกเวลา ตามความต้องการของผู้เรียน

6.2 ข้อแนะนำสำหรับทำวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาการเรียนรู้ เรื่องวงจรคอมบิเนชัน ด้วยโปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล ผ่าน google classroom โดยนำโปรแกรม Deeds : Digital Electronics Education and Design Suite มาใช้จำลองการทำงานของวงจรดิจิทัล สามรถเรียนรู้ได้ทั้งแบบออนไซต์ในห้องปฏิบัติการ และออนไลน์ผ่านกระบวนการเรียนการสอนด้วยแอปพลิเคชัน Google Classroom ก่อนนำไปประกอบเป็นวงจรเพื่อใช้งานจริง ทำให้ช่วยประหยัดงบประมาณ เวลาในการทดลอง การจัดเก็บเครื่องมือ ลดข้อผิดพลาดในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ ดังนั้นในอนาคตผู้สอนอาจนำแนวทางการจัดการเรียนการสอนด้วยโปรแกรมจำลองอื่น ๆ ทั้งแบบออนไซต์ในห้องปฏิบัติการ และออนไลน์ผ่านกระบวนการเรียนการสอนด้วยแอปพลิเคชัน Google Classroom ไปประยุกต์ใช้กับรายวิชาอื่น ๆ ได้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนจากกองทุนสนับสนุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย บริหารจัดการโดยคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีงบประมาณ 2565

เอกสารอ้างอิง

กรวรรณ สืบสม และนพรัตน์ หมีพลัด. (2560). “การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped classroom) ด้วยการบูรณาการการเรียนการสอนรายวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดียผ่าน Google Classroom”. **APHEIT JOURNAL**. 6(2) : 118-127.

ชไมพร บูรณะกิติ สุระศักดิ์ เวียงดินดำ และศิวกร แก้วรัตน์. (2566). “การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ โดยผ่าน Google classroom รายวิชาการงานอาชีพ เรื่อง เครื่องมือและอุปกรณ์ช่างพื้นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกวางโจนศึกษา ตำบลกวางโจน อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ”. **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ราชภัฏเลยวิชาการ ครั้งที่ 9**. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. (หน้า1,778-1,783).

เชิญตะวัน สุวรรณพานิช. (2556). **“**ห้องเรียนกลับด้านขานรับความคิดใหม่จาก”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://www.taamkru.com/th**. สืบค้น 23 พฤษภาคม 2565.

ปรัชญนันท์ นิลสุข. (2554). **เทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พิมพ์วิภา มะลิลัย ดำรัส อ่อนเฉวียง และสุขมิตร กอมณี. (2563). **การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ วิชาภาษาจีนกลาง เรื่องพินอินด้วย Google Classroom สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ยืน ภูวรวรรณ และสมชาย นาประเสริฐชัย. (2546). **ไอซีทีเพื่อการศึกษา.** พิมพครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ร่มฉัตร ขุนทอง (2566). “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักศึกษา ที่มีต่อการเรียนการสอนออนไลน์ด้วยแอปพลิเคชัน Google Classroom โดยใช้ T5 Mode”. **Journal of Information and Learning**. 34(1) : 111-119.

รัตนะ บัวสนธ์. (2552). **วิจัยเชิงคุณภาพทางการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลวน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.** พิมพครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาสน.

วิทยา วาโย และอภิรดี เจริญนุกูล ฉัตรสุดา กานกายันต์ จรรยา คนใหญ่. (2563). “การเรียนการสอนแบบออนไลน์ภายใต้สถานการณ์แพร่ระบาดของไวรัส COVID-19 : แนวคิดและการประยุกต์ใช้จัดการเรียนการสอน”. **วารสารศูนย์อนามัยที่ 9**. 14(34) : 285-298.

ศุภเศรษฐ์ พึ่งบัว. (2562). **การพัฒนาบทเรียนออนไลน์วิชาอินเทอร์เน็ตด้วยแอปพลิเคชั่น Google classroom สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนการงานอาชีพและเทคโนโลยี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

คุณค่าทางวิชาการ

โปรแกรมจำลองวงจรดิจิทัล “Digital Electronics Deeds” สามารถนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ทั้งแบบออนไซต์ในห้องปฏิบัติการ และออนไลน์ ผ่าน Google Classroom จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ค้นหาความรู้ และสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง จากการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่จริง ช่วยประหยัดงบประมาณ ประหยัดเวลาในการจัดเตรียมอุปกรณ์ทดลอง หรือการจัดเก็บเครื่องมือเมื่อทำการทดลองเสร็จ และหากผู้เรียนต่อวงจรผิดพลาด หรือใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง ก็ไม่ทำให้อุปกรณ์หรือเครื่องมือนั้นชำรุดเสียหาย

การพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมกะลาปาล์ม โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวเชื่อมประสาน

กิตติชาติ เผ่าพงษ์ไพบูลย์[1*] กรกนก บุญเสริม[2] ชัยชาญ โชติถนอม[3] แก้วตา ดียิ่งศิริกุล[4] จิรัฏฐ์ธัญกมล ผลเจริญ[5] วัชเรศ แก่นบุตร[6] วัลลภ โคตรพันธ์[7] อิสรภาพ เอ็นดู[8] ลลิลทิพย์ รุ่งเรือง[9] ปัทมาพร ท่อชู[10]

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์[1* 4 5 6 7 8 9 10]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน[2]

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม[3]

อีเมล์ : abjen@hotmail.com[1*]

วันที่รับบทความ 18 กุมภาพันธ์ 2567
วันแก้ไขบทความ 30 มีนาคม 2567
วันตอบรับบทความ 23 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวด้วยการผสมกับกะลาปาล์ม โดยจะแทนที่ผงถ่านกะลามะพร้าวด้วยผงถ่านกะลาปาล์มในอัตราส่วนร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อผงถ่านเท่ากับ 1 : 10 ทำการทดสอบคุณภาพถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ปริมาณความชื้นและค่าความร้อน จากผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มปริมาณผงถ่านกะลาปาล์มจะทำให้ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณความชื้นจะมีค่าลดลง ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับกะลาปาล์มทุกส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง 238/2547 และสามารถนำไปใช้งานให้ความร้อนในครัวเรือนรวมทั้งนำไปใช้เชิงพาณิชย์ได้

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ค่าความร้อน

High-Quality Charcoal Briquette from Coconut Shell Mixed with Palm Shell Using Cassava Starch as a Binder

Kittichat Paopongpaiboon[1*], Kornkanok Boonserm[2], Chaicharn Chotetanorm[3], Kaewta Deeyingsirikul[4], Chiratthankamon Pholcharoen[5], Watcharase Kaenbutr[6], Wallop Kodphum[7], Issaraphab Endoo[8] Lalintip Rungruang[9], Pattamarporn Torchoo[10]

Surindra Rajabhat University[1* 4 5 6 7 8 9 10]

Rajamangala University of Technology Isan[2]

Mahasarakham University[3]

E – mail : abjen@hotmail.com[1*]

Received 18 February 2024
Revised 30 March 2024
Accepted 23 April 2024

Abstract

This research developed high-quality charcoal briquettes from coconut shell mixed with palm shell. Charcoal powder from coconut shell was replaced by palm shell of 0, 25, 50, 75, and 100% wt. The ratio of cassava starch to charcoal powder of 1 : 10 was used in this study. The properties of charcoal briquettes, such as total moisture content and gross calorific value, were also investigated. The result showed that increasing palm shell increased the gross calorific value, whereas the total moisture content slightly decreased. In addition, the replacement of coconut shell by palm shell in all ratios has passed the standard quality of Thai Community Product Standards Charcoal Bar TCPS number 238/2547, which could properly be used as household and commercial fuel.

Keywords : Charcoal Briquette, Coconut Shell, Palm Shell, Gross Calorific Value

1. บทนำ

จากสถานการณ์การสู้รบระหว่างประเทศรัสเซียกับยูเครน ทำให้ในปี พ.ศ. 2565 เกิดวิกฤตการณ์ของราคาพลังงานโดยเฉพาะราคาก๊าซธรรมชาติที่มีราคาสูงขึ้น ส่งผลให้ประชากรโลกประมาณ 75 ล้านคน ที่เพิ่งเข้าถึงไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะไม่มีความสามารถชำระค่าไฟฟ้าได้ (กระทรวงพลังงาน. 2566) วิธีการหนึ่งในการช่วยบรรเทาผลกระทบจากราคาพลังงาน คือการใช้พลังงานจากถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนในครัวเรือน

ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีผลผลิตมะพร้าวในปริมาณสูงประมาณ 651 ล้านผล (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า กะลามะพร้าวนิยมนำมาใช้ผลิตเป็นถ่านอัดแท่งและนิยมนำมาผสมกับวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรหลายชนิด เช่น ผสมกับเมล็ดยางพารา (กิตติชาติ เผ่าพงษ์ไพบูลย์ และคณะ. 2566) ผสมกับเหง้ามันสำปะหลัง (Laloon et al. 2013 ; รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล และคณะ. 2553) ผสมกับฟางข้าวและผสมกับชานอ้อย (ศตพล มุ่งค้ำกลาง. 2559) เป็นต้น เพื่อเพิ่มคุณภาพถ่านอัดแท่งในด้านค่าความร้อน

นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีผลผลิตปาล์มน้ำมันในปริมาณสูงมากประมาณ 16.9 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า กะลาปาล์มที่เป็นวัสดุผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปปาล์มน้ำมันสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้ดี เนื่องจากให้ค่าความร้อนสูงดีมาก (Chumsang et al. 2014 ; Bonsu et al. 2020 ; Ugwu et al. 2011)

งานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะนำกะลาปาล์มมาผสมกับกะลามะพร้าวผลิตเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวในด้านค่าความร้อนให้ดีขึ้น และนำถ่านมาทดสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง 238/2547 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547) ประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยนี้สามารถลดปริมาณกะลามะพร้าวและกะลาปาล์มเหลือทิ้ง เพิ่มมูลค่าให้กับกะลามะพร้าวและกะลาปาล์ม ลดการใช้ไม้ฟืนในครัวเรือน ลดการใช้พลังงานก๊าซ LPG ในการหุงต้ม และเกษตรกรหรือผู้ประกอบการที่มีความสนใจสามารถนำผลการวิจัยไปผลิตถ่านให้ความร้อนในครัวเรือนหรือนำไปใช้เชิงพาณิชย์ได้

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวด้วยการผสมกับกะลาปาล์มเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง 238/2547

3. วิธีการวิจัย

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 กะลามะพร้าวเหลือทิ้ง จากสวนในจังหวัดสุรินทร์

3.1.2 กะลาปาล์มเหลือทิ้ง จากโรงงานในจังหวัดสระบุรี

3.1.3 แป้งมันสำปะหลัง จากโรงงานในจังหวัดสุรินทร์ ใช้เป็นตัวเชื่อมประสาน

3.1.4 น้ำประปาในจังหวัดสุรินทร์

3.2 การเตรียมวัตถุดิบในการวิจัย

นำกะลามะพร้าวและกะลาปาล์มไปตากแดดให้แห้ง จากนั้นนำกะลามะพร้าวและกะลาปาล์มไปเผาในถังขนาด 200 ลิตรให้เป็นถ่าน ดังแสดงในภาพที่ 1 แล้วปล่อยให้ถ่านเย็น จากนั้นนำถ่านกะลามะพร้าวและกะลาปาล์มที่ได้จากการเผามาบดด้วยเครื่องให้เป็นผงถ่านกะลามะพร้าวและกะลาปาล์ม

รูปที่ 1 ถังเผาถ่านขนาด 200 ลิตร

3.3 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการวิจัย

ใช้อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อผงถ่านกะลามะพร้าวเท่ากับ 1 : 10 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำเท่ากับ 1 : 3 โดยน้ำหนัก จากนั้นแทนที่ผงถ่านกะลามะพร้าวด้วยผงถ่านกะลาปาล์มในอัตราส่วนร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักของผงถ่านกะลามะพร้าว โดยชื่อส่วนผสมของถ่านจะถูกแสดงด้วยสัญลักษณ์ ดังนี้ C100P00 หมายถึง ส่วนผสมของถ่านที่ทำจากผงถ่านกะลามะพร้าว C75P25 หมายถึง ส่วนผสมของถ่านที่ทำจากผงถ่านกะลามะพร้าวในอัตราส่วนร้อยละ 75 และผงถ่านกะลาปาล์มในอัตราส่วนร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก C50P50 หมายถึง ส่วนผสมของถ่านที่ทำจากผงถ่านกะลามะพร้าวในอัตราส่วนร้อยละ 50 และผงถ่านกะลาปาล์มในอัตราส่วนร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก C25P75 หมายถึง ส่วนผสมของถ่านที่ทำจากผงถ่านกะลามะพร้าวในอัตราส่วนร้อยละ 25 และผงถ่านกะลาปาล์มในอัตราส่วนร้อยละ 75 โดยน้ำหนัก และ C00P100 หมายถึง ส่วนผสมของถ่านที่ทำจากผงถ่านกะลาปาล์ม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการวิจัย

ส่วนผสม	อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการวิจัย (โดยน้ำหนัก)			
	ผงถ่านกะลามะพร้าว	ผงถ่านกะลาปาล์ม	น้ำ	แป้งมันสำปะหลัง
C100P00	10	0	3	1
C75P25	7.5	2.5	3	1
C50P50	5.0	5.0	3	1
C25P75	2.5	7.5	3	1
C00P100	0	10	3	1

3.4 การผสมถ่านในการวิจัย

นำผงถ่านกะลามะพร้าว ผงถ่านกะลาปาล์ม แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ ผสมให้เข้ากันในเครื่องผสม ตามอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการวิจัยในตารางที่ 1 เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีแล้ว นำส่วนผสมเทลงในเครื่องอัดถ่าน จากนั้นเมื่อถ่านอัดเสร็จแล้ว นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปตากแดดเป็นเวลา 7 วัน ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 ถ่านอัดแท่ง

3.5 การทดสอบคุณภาพถ่านอัดแท่ง

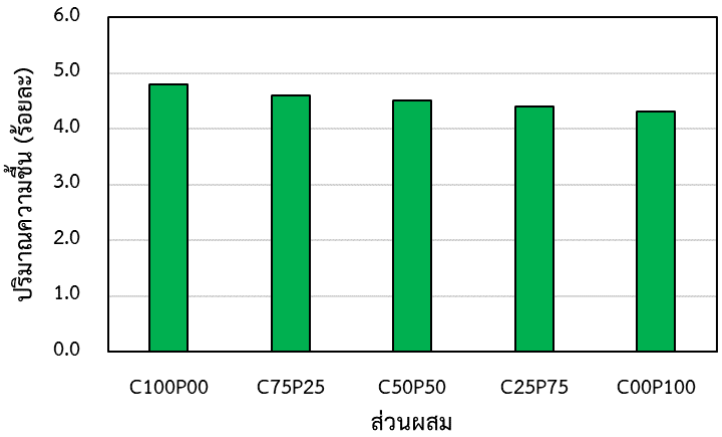
3.5.1 ทดสอบหาค่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM D3173 โดยจะนำถ่านมาอบที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส และคำนวณปริมาณความชื้นเป็นร้อยละของน้ำหนักถ่านที่หายไป

3.5.2 ทดสอบหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM D 5865 ทดสอบด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่ง

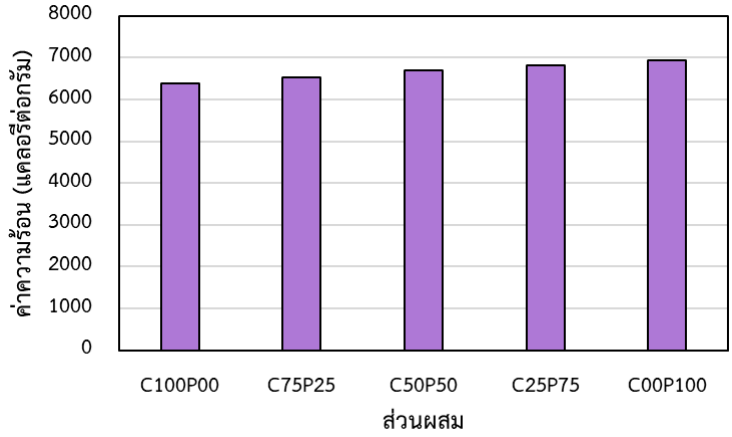
ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าว (C100P00) มีค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 4.8 เมื่อแทนที่กะลามะพร้าวด้วยกะลาปาล์มในอัตราร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักของกะลามะพร้าว ทำให้ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งมีค่าลดลงเป็นร้อยละ 4.6, 4.5, 4.4 และ 4.3 ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 96, 94, 92 และ 90 ของถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับกะลาปาล์มกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง 238/2547 ที่กำหนดให้มีค่าปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก พบว่าถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับกะลาปาล์มทุกส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐาน



รูปที่ 3 ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับกะลาปาล์ม

4.2 ผลการทดสอบหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าว (C100P00) มีค่าความร้อน 6380 แคลอรีต่อกรัม เมื่อแทนที่กะลามะพร้าวด้วยกะลาปาล์มในอัตราร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักของกะลามะพร้าว ทำให้ความร้อนของถ่านอัดแท่งมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 6,530, 6,685, 6,820 และ 6,935 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 102, 105, 107 และ 109 ของถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวตามลำดับ เนื่องจากกะลาปาล์มให้ค่าความร้อนสูง (Chumsang et al. 2014) ดังแสดงในรูปที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับกะลาปาล์มกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง 238/2547 ที่กำหนดให้มีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม พบว่าถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับกะลาปาล์มทุกส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐาน



รูปที่ 4 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับกะลาปาล์ม

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากผลการวิจัยการพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวด้วยการผสมกับกะลาปาล์มสามารถสรุปได้ว่าการนำกะลาปาล์มมาผสมกับกะลามะพร้าวผลิตเป็นถ่านอัดแท่งสามารถพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวในด้านค่าความร้อนให้ดีขึ้นได้ โดยค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่กะลามะพร้าวด้วยกะลาปาล์ม ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับกะลาปาล์มทุกส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง 238/2547 เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับกะลาปาล์มในอัตราร้อยละ 50 (C50P50) กับงานวิจัยถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรอื่นๆ ได้แก่ งานวิจัยถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับชานอ้อยในอัตราร้อยละ 50 ซึ่งมีค่าความร้อน 4,710 แคลอรีต่อกรัม (ศตพล มุ่งค้ำกลาง. 2559) งานวิจัยถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับไม้ยางพาราในอัตราร้อยละ 50 ซึ่งมีค่าความร้อน 5,222 แคลอรีต่อกรัม (อับดุลเล๊าะ ดีแม และคณะ. 2564) งานวิจัยถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับเหง้ามันสำปะหลังในอัตราร้อยละ 50 ซึ่งมีค่าความร้อน 5,551 แคลอรีต่อกรัม (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล และคณะ. 2553) งานวิจัยถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับฟางข้าวในอัตราร้อยละ 50 ซึ่งมีค่าความร้อน 5,667 แคลอรีต่อกรัม (ศตพล มุ่งค้ำกลาง. 2559) งานวิจัยถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับเมล็ดยางพาราในอัตราร้อยละ 50 ซึ่งมีค่าความร้อน 6,010 แคลอรีต่อกรัม (กิตติชาติ เผ่าพงษ์ไพบูลย์ และคณะ. 2566) และงานวิจัยถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับไม้มะดันในอัตราร้อยละ 50 ซึ่งมีค่าความร้อน 6,345 แคลอรีต่อกรัม (Kongprasert et al. 2019) พบว่าถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวผสมกับกะลาปาล์มในอัตราร้อยละ 50 (C50P50) มีค่าความร้อนสูงกว่า เนื่องจากกะลาปาล์มช่วยให้ถ่านอัดแท่งมีค่าความร้อนสูง (Chumsang et al. 2014)

เอกสารอ้างอิง

กิตติชาติ เผ่าพงษ์ไพบูลย์, กรกนก บุญเสริม และวีระ หอสกุลไท. (2566). “การพัฒนาสมบัติทางกลและทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากเมล็ดยางพาราโดยผสมกับกะลามะพร้าวเพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือก.” **วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม**. 16(1): 158-167.

กระทรวงพลังงาน. (2566). **รายงานประจำปี 2565 กระทรวงพลังงาน.** กรุงเทพฯ : กองยุทธศาสตร์และแผนงานสำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน.

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, อุปวิทย์ สุวคันธกุลม และอัมพร กุญชรรัตน์. (2553). “การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง.” **วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา**. 4(2): 18-28.

ศตพล มุ่งค้ำกลาง. (2559). “การหาประสิทธิภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการประกอบอาหาร.” **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : เทพสตรี I-TECH**. 11(1): 59-67.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช.238/2547.** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). “ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: **https://www.oae.go.th**. สืบค้น 26 มกราคม 2567.

อับดุลเล๊าะ ดีแม, อับดุลเลาะ ตาแกะ, โรซวรรณา เซพโฆลาม และนินนาท์ จันทร์สูรย์. (2564). “การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวผสมถ่านไม้ยางพารา.” **ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 6 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับวิถีชีวิตใหม่เพื่อความยั่งยืน 1-2 เมษายน 2564.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. สงขลา. 88-94.

Bonsu, B. O., Takase, M., and Mantey, J. (2020). “Preparation of charcoal briquette from palm kernel shells: case study in Ghana.” **Heliyon**. 6(10): e05266.

Chumsang, C., and Upan, P. (2014). “Production of charcoal briquettes from palmyra palm waste in kirimat district, sukhothai province, thailand.” **Applied Environmental Research**. 36(3) : 29-38.

Kongprasert, N., Wangphanich, P., and Jutilarptavorn, A. (2019). “Charcoal briquettes from Madan wood waste as an alternative energy in Thailand.” **Procedia Manufacturing**. 30: 128-135.

Laloon, K., Sudajan, S., and Junsiri, C. (2013). “Studies on charcoal block production from three charcoal types of biomass employing screw press unit.” **Advanced Materials Research**. 690, 1265-1274.

Ugwu, K. E., and Agbo, K. E. (2011). “Briquetting of palm kernel shell.” **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**. 15(3): 447-450.

คุณค่าทางวิชาการ

เกษตรกรหรือผู้ประกอบการที่มีความสนใจสามารถนำผลการวิจัยการพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวด้วยการผสมกับกะลาปาล์มไปผลิตถ่านให้ความร้อนในครัวเรือนหรือนำไปใช้เชิงพาณิชย์ได้ ทำให้สามารถลดปริมาณกะลามะพร้าวและกะลาปาล์มเหลือทิ้ง เพิ่มมูลค่าให้กับกะลามะพร้าวและกะลาปาล์ม ลดการใช้ไม้ฟืนในครัวเรือน และลดการใช้พลังงานก๊าซ LPG ในการหุงต้มได้

การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์

นิคม ลนขุนทด[1] วินัท พรมแดน[2] อนุสรณ์ ครุฑขุนทด[3] อัษฎา วรรณกายนต์[4*]
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์[1 2 3 4*]
อีเมล์ : asada2518@hotmail.com[4*]

วันที่รับบทความ 31 มกราคม 2567
วันแก้ไขบทความ 22 เมษายน 2567
วันตอบรับบทความ 25 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการปลูกหญ้าสำหรับเลี้ยงสัตว์เป็นวิธีผลิตอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรที่เลี้ยงโคและกระบือ ส่วนใหญ่นิยมปลูกกันมากเพราะต้นทุนถูก กลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ตำบลศรีสุข อำเภอศรีณรงค์ จังหวัดสุรินทร์ นิยมปลูกหญ้าเนเปีย และหญ้าขน โดยหญ้าขนเป็นพืชตระกูลหญ้าที่ง่ายต่อการปลูกและดูแลรักษา สำหรับวัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ การวิจัยดำเนินการพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพ สมมุติฐานข้อมูลน้ำหนักของหญ้าขนจำนวน 9 กระถางซีเมนต์ ที่ใช้เทคโนโลยีระบบรดน้ำอัตโนมัติในการปลูกเปรียบเทียบกับน้ำหนักของหญ้าขนที่รดน้ำด้วยคน จำนวน 1 กระถางซีเมนต์

ผลการวิจัยการพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ 1) ระบบควบคุมอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ อุปกรณ์เซ็นเซอร์ ไมโครคอนโทรเลอร์ อุปกรณ์ควบคุม และระบบโซลาร์เซลล์ นำมาใช้สำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์เพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของหญ้าขน เช่น ความชื้น และอุณหภูมิ ประสิทธิภาพของระบบควบคุมสามารถทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้โดยไม่ต้องใช้แรงงานคน 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพ โดยการใช้เทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติในการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ ช่วยให้หญ้าขนเจริญเติบโตได้ดี และมีประสิทธิภาพมากกว่าหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ที่รดน้ำด้วยตนเอง สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติจากกระถางซีเมนต์ 9 กระถาง มีการเจริญเติบโตที่ดีมีความสูงมากกว่า 80 เซนติเมตร และเจริญเติบโตได้ดีกว่าปลูกในแปลงดิน คิดเป็นน้ำหนักเฉลี่ยในการตัด 13.33 กิโลกรัม จากการตัด 5 ครั้งต่อ 1 กระถาง มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของหญ้าขนที่ได้มากกว่ากระถางที่ทำรดน้ำด้วยคนอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : ระบบอัตโนมัติ, หญ้าขน, ไมโครคอนโทรเลอร์, โซล่าเซลล์

Development of Automation Control System Technology for cultivation of para grass in cement pots

Nikhom Lonkhunthod[1], Winut Promdan[2], Anusorn Krutkhuntod[3] Asada Wannakayont[4*]
Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University[1 2 3 4*]
Email: asada2518@hotmail.com[4*]

Received 31 January 2024
Revised 22 April 2024
Accepted 25 April 2024

Abstract

Currently, the cultivation of livestock is the method that farmers use to raise cattle and buffaloes. Many farmers choose to cultivate crops to feed animals due to their relatively low cost. The farmers in Srisuk Subdistrict, Srinrong District, Surin Province, use napier grass and para grass. The para grass was a grass species that was easy to grow and maintain. This research aims to develop and test the performance of an automatic control system for the cultivation of para grass in cement pots. Hypothesis testing has been conducted on the weights of nine cement pots containing feather-para grass that utilize automation watering technology, along with data on the weight of one cement pot cultivation compared with using labor to water the pot manually.

Research Findings: 1) The results of the development of the automatic control system found that an automated system was developed, consisting of four parts such as sensors, a microcontroller, devices, and solar panels. The system can be used to cultivate plants with para grass in cement pots by controlling the factors necessary for the cultivation of para grass, such as moisture and temperature. The system automation works according to the program setup without human labor. 2) The results of the performance testing automation control system found that para grass cultivates in cement pots can grow better than para grass in cement pots when watered manually. According to data statistics significantly analyzed, the results of nine cement pots It exhibits robust growth, reaching heights of over 80 centimeters, and thrives more effectively than when planted in soil plots. On average, it yields a cutting weight of 13.33 kilograms from five cuttings per pot. The average grass weight was notably higher than that of pots watered manually.

Keywords: Automation, Para Grass, Microcontroller, Solar cell

1. บทนำ

ประชากรส่วนใหญ่ในประเทศไทยประกอบอาชีพเกษตรกรรมมาโดยตลอด โดยมีการเลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพเสริม บางส่วนเลี้ยงไว้เพื่อใช้แรงงานในไร่นาหรือเลี้ยงไว้เป็นลักษณะการออมเงิน เมื่อมีความจำเป็นก็จะจำหน่ายเพื่อนำเงินมาใช้จ่ายในครอบครัว (สุวิช บุญโปร่ง. 2558) โดยการเลี้ยงโคนั้นนิยมใช้พืชตระกูลหญ้ามาเป็นอาหารหลักในการเลี้ยงสัตว์ เช่น หญ้า ข้าวโพด พืชตระกลูถั่ว และหากกล่าวถึงพืชตระกูลหญ้าที่นิยมปลูกสำหรับเลี้ยงสัตว์ในภาคอีสานคือหญ้าขน หญ้าขนจัดเป็นหญ้าอาหารสัตว์ที่นิยมปลูก เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถเติบโตได้ดีทั้งพื้นที่ดอน และชุ่มน้ำ นอกจากนั้น ยังเป็นหญ้าที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูง รวมถึงไม่เป็นหญ้าที่แพร่กระจายกลายเป็นวัชพืชได้รวดเร็วเหมือนกับหญ้าชนิดอื่นๆ (พืชเกษตร.คอม. 2559) หญ้าขนเป็นหญ้าที่เจริญเติบโตได้เร็ว และใช้เลี้ยงโคและกระบือ รวมถึงในชนบทเริ่มมีปัญหาการขาดแคลนหญ้าในการเลี้ยงสัตว์ หรือหญ้าเลี้ยงสัตว์ขาดแคลนเป็นจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี อย่างไรก็ตาม การปลูกหญ้าขนในปริมาณมากอาจเป็นเรื่องที่ท้าทาย เนื่องจากต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างแม่นยำ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสง วิธีการนี้สามารถทำได้ด้วยตนเอง เช่น การรดน้ำและการใส่ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ การปรับระดับแสงและอุณหภูมิ และการเพาะปลูกอย่างไรก็ตาม วิธีการเหล่านี้อาจใช้เวลานานและต้องการความใส่ใจและความเชี่ยวชาญอย่างต่อเนื่อง

ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี ซึ่งมีการพัฒนาคิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกสิ่งบนโลก ทำให้เทคโนโลยีได้เข้ามาเสริมปัจจัยพื้นฐานการดำรงชีวิตของมนุษย์ได้อย่างลงตัว และจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคอุบัติใหม่ของโลกในปัจจุบัน ทำให้การเดินทางไปในที่สาธารณะเป็นเรื่องที่น่ากังวล (ปิยวัตร มากศรี และคณะ. 2564) ดังนั้น เทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ จึงถูกคิดค้นพัฒนา และนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน เพิ่มคุณภาพในพื้นที่จำกัด และลดต้นทุนด้านแรงงานอย่างแพร่หลาย โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์มาสั่งการควบคุมและทำงาน เทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยให้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ โดยใช้เซ็นเซอร์ ตัวควบคุม และแอคชูเอเตอร์ (Actuator) เพื่อตรวจสอบและปรับพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และระดับแสง การใช้เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติในการเกษตรมีศักยภาพในการปรับปรุงผลผลิตพืช ลดต้นทุนแรงงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายทอดเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์เป็นงานวิจัยที่อาจมีประโยชน์อย่างมากต่ออุตสาหกรรมการเกษตร ด้วยการใช้เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ผู้ปลูกสามารถประหยัดเวลา ลดต้นทุนแรงงาน และปรับปรุงความแม่นยำและความสม่ำเสมอของการผลิตพืชผล เทคโนโลยีนี้ยังสามารถช่วยลดการใช้น้ำและปุ๋ย โดยทำให้สามารถใช้ทรัพยากรเหล่านี้ได้อย่างแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้ การใช้เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติยังสามารถลดความเสี่ยงของข้อผิดพลาดหรือการกำกับดูแลที่อาจนำไปสู่การสูญเสียหรือความเสียหายของพืชผล แม้จะมีประโยชน์เหล่านี้ แต่การใช้เทคโนโลยีควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชในการเกษตรยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น จำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบเหล่านี้ในสภาพการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน และวิธีการปรับให้เข้ากับพืชชนิดต่างๆ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขช่องว่างความรู้นี้โดยการตรวจสอบการใช้เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ ผลการศึกษานี้อาจมีนัยสำคัญต่อการนำเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติมาใช้ในการเกษตร และเพื่อการพัฒนาแนวทางการทำฟาร์มที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของการปลูกหญ้าขนในการเลี้ยงสัตว์ และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีควบคุมอัตโนมัติที่สามารถนำมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการปลูกหญ้าขน โดยดำเนินการวิจัย พัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ขึ้นเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตหญ้าขนให้กับเกษตรกรได้มากขึ้น เนื่องจากสามารถควบคุมปริมาณน้ำและสารอาหารได้อย่างเหมาะสม ลดต้นทุนการผลิต ไม่ต้องจ้างแรงงานคนในการรดน้ำ และใส่ปุ๋ย เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร เนื่องจากสามารถขายหญ้าขนได้ และสามารถแก้ไขปัญหาการขาดแคลนหญ้าขนเพื่อการเลี้ยงปศุสัตว์ให้กับชุมชนอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์

2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์

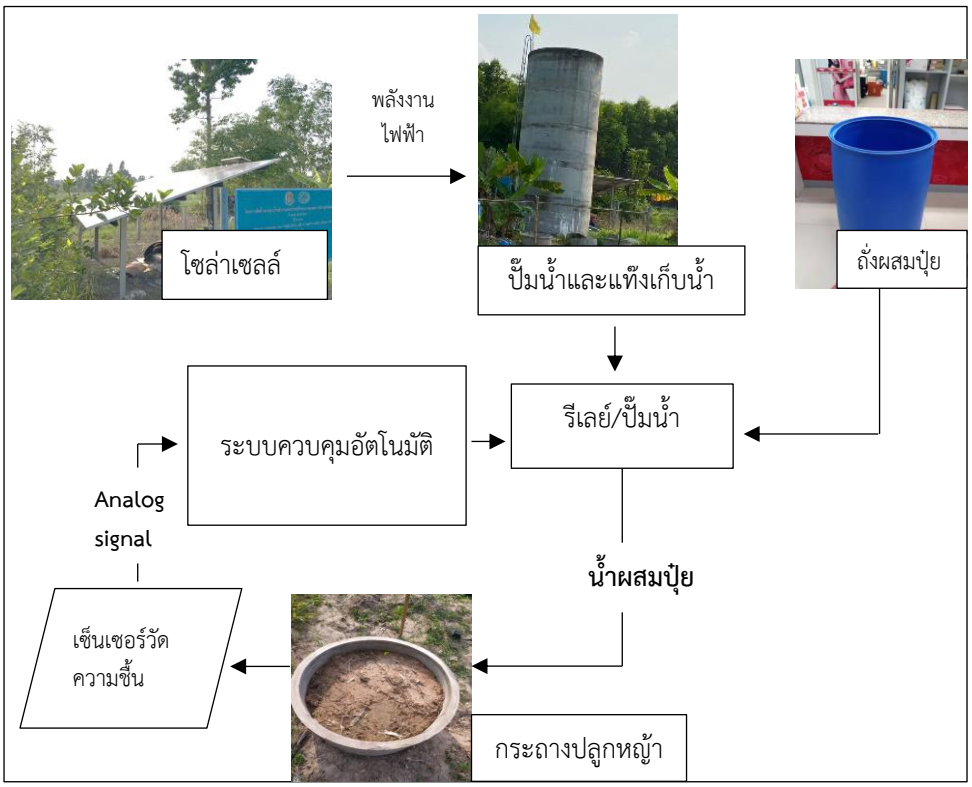
3. วิธีการวิจัย

ในการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์นั้น เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการให้พลังงานขับปั๊มน้ำ และอุปกรณ์การรับ-ส่งสัญญาณ โดยใช้เซนเซอร์วัดความชื้นของดิน สั่งการทำงานของปั๊มน้ำให้รดน้ำหญ้าขนตามค่าความชื้นของดิน กระบวนการวิจัยผู้วิจัยดำเนินการตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

3.1 การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ

การออกแบบและสร้างเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติ เพื่อควบคุมการปิด-เปิดของปั๊มน้ำ โดยใช้การควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ บอร์ด Arduino ต่อเข้ากับเซ็นเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน และสั่งการทำงานผ่านอุปกรณ์ รีเลย์ (Relay) โดยเงื่อนไข เมื่อในดินมีค่าความชื้น น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ระบบจะทำการสั่งปั๊มน้ำทำงาน และในดินมีความชื้นมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ การทำงานของปั๊มน้ำจะปิดโดยฝังการทำงานเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 1

ในการพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ ผู้วิจัยได้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ออกแบบวงจรการทำงานของระบบการให้พลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ทำให้สามารถใช้งานได้สะดวกในพื้นที่ไร่-นา ที่ไฟฟ้าไม่สามารถเข้าถึงได้ แสดงดังรูปที่ 1 และแสดงรายการอุปกรณ์ดังตารางที่ 1

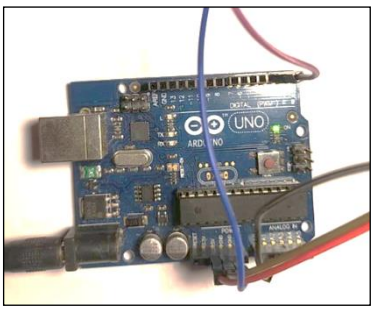


รูปที่ 1 ระบบการทำงาน

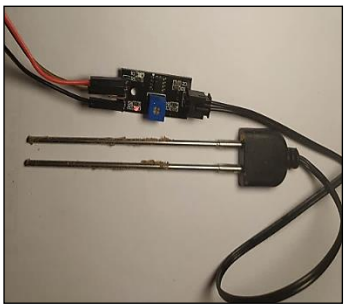
3.1.1 พลังงานไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ กระบวนการวิจัยผู้วิจัยใช้แผงโซลาร์เซลล์ 200W MONO Crystalline Solar PV Module 18V กรอบอลูมิเนียม PV Module Aluminium body เหมาะกับงานติดตั้งบนหลังคา, ดาดฟ้าอาคาร หรือพื้นที่โล่ง เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงกลางวันที่มีแดดเข้ม และปั๊มน้ำไดอะแฟรมขนาด 150 วัตต์ ให้กำลังการปั๊ม 19 ลิตร ต่อนาที แรงดันได้สูงสุด 50 psi สามารถตัด-ต่อการทำงานโดยอัตโนมัติ โดยจะตัดการทำงานเมื่อแรงดันเกิน 45 psi และจะต่อการทำงานอีกครั้งเมื่อแรงดันตกลงมาถึง 25 psi

รูปที่ 2 แผงโซล่าเซลล์ และปั๊มน้ำ

3.1.2 ระบบอัตโนมัติ ระบบการทำงานใช้ระบบควบคุมแบบปิด เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน ชนิดแบบทนการกัดกร่อนใช้การส่งสัญญาณ Analog ป้อนกลับสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่ง และส่งสัญญาณไปยังรีเลย์เพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ แสดงอุปกรณ์ดังรูปที่ 3



ก. Arduino UNO



ข. Soil moisture sensor

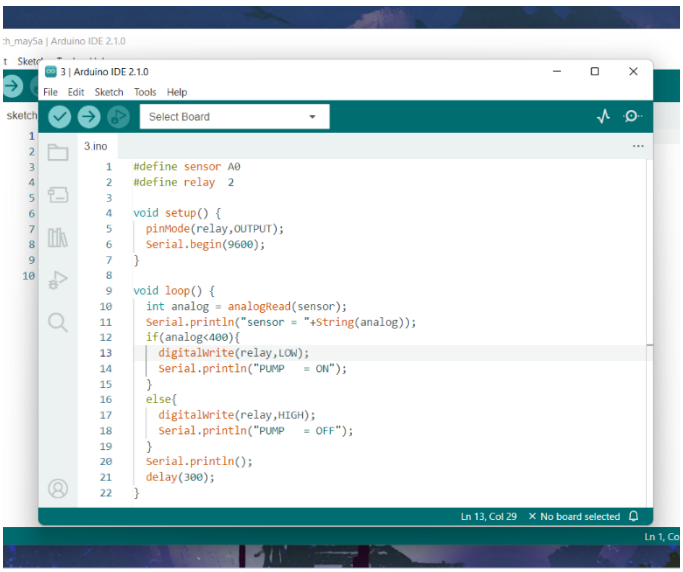
ค. Solid State Relay 40A

รูปที่ 3 อุปกรณ์ระบบควบคุมอัตโนมัติ

ตารางที่ 1 อุปกรณ์สำหรับระบบควบคุมอัตโนมัติ

ลำดับ	รายการ	จำนวน
1	แผงโซล่าเซลล์	1 แผง
2	ปั๊มน้ำแบบกระแสตรง DC	1 ตัว
3	เบรกเกอร์ DC 24 V	1 ตัว
4	บอร์ด Arduino UNO	1 ชุด
5	เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน	2 ตัว
6	รีเลย์สวิตช์	1 ตัว
7	ท่อน้ำหยดสำหรับรดน้ำ	1 ชุด

โปรแกรมคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่า input สัญญาณจากเซ็นเซอร์ และส่งสัญญาณ output ให้รีเลย์ โดยเงื่อนไขการทำงานคือเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นจากเซ็นเซอร์ เงื่อนไข if เมื่อค่าความชื้นน้อยกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ on รีเลย์ และเงื่อนไข if else มากกว่าหรือเท่ากับ 85 เปอร์เซ็น off รีเลย์



รูปที่ 4 การเขียนโปรแกรมสำหรับสั่งงาน ไมโครคอนโทรเลอร์

ในการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขค่าความชื้นในดิน อ้างอิงตามงานวิจัยที่ทำการศึกษาความชื้นในดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช และปลูกหญ้า

3.1.3 ปุ๋ยน้ำสำหรับปลูกหญ้าขน งานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ เพราะน้ำหมักชีวภาพ คือ ปุ๋ยประเภทที่ปลอดสารเคมีและได้รับความนิยมในการปลูกพืชสมัยใหม่ เหมาะสำหรับพืชที่รับให้ปุ๋ยทางใบ และทางดิน โดยใช้อัตราส่วน 1/200 ลิตร สำหรับไม้ที่มีใบหนา หรือไม้ผล และพืชตระกูลหญ้า

รูปที่ 5 ปุ๋ยน้ำ

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์

3.2.1 การทดสอบการทำงานหลังจากดำเนินการต่ออุปกรณ์ต่างๆ ของระบบควบคุม และดำเนินการเขียนชุดคำสั่งหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในรูปโค้ด (Code) สำหรับสั่งการไมโครคอนโทเลอร์แล้วนั้น ประสิทธิภาพทำงานของระบบผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบการปล่อยน้ำรดหญ้าขน เพื่อหาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ โดยทำการวัดผลจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตของเกษตรกร ดังนี้

ตารางที่ 2 ตัวแปรสำหรับการทดลองระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระดับ	ค่าความชื้นในดิน	อุณหภูมิ	ความเข้มแสงแดด	หมายเหตุ
1	มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์	35-37	500 W/m²/day	
2	มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์	37-40	1,100 W/m²/day	
3	มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์	40-42	1,500 W/m²/day	

3.2.2 การปลูกหญ้าขน จะใช้ผักตกชวา ขี้วัว ดิน สัดส่วนปุ๋ยต่อกระถาง และใช้ท่อน้ำต่อขนานกัน ระยะไกลที่สุดของกระถางวางห่างกัน 1 เมตร แต่ละแถวมี 10 กระถาง ทำให้สะดวกต่อการบริการจัดการใส่ปุ๋ย การพรวนดิน และการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยผังการวางกระถางแสดงดังรูปที่ 6 และ 7

จากการศึกษางานวิจัย การปลูกพืชตระกูลหญ้านั้น ใช้ผักตกชวาด้านล่างของกระถางเพื่อรักษาความชื้น ชั้นที่สองใช้ขี้วัวสำหรับทำปุ๋ย ชั้นที่สามใช้ดินร่วนปนทรายเททับด้านบนขี้วัว ส่วนชั้นที่สี่ใช้ขี้วัวเพื่อให้เป็นปุ๋ยสำหรับการปลูกหญ้าขน

ก.หญ้าขน

ข.สัดส่วนดินและปุ๋ยในกระถาง

รูปที่ 6 การปลูกหญ้าขน

รูปที่ 7 พื้นที่ และการวางกระถางซีเมนต์ในการปลูกหญ้าขน

3.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัตินั้น ผู้วิจัยทำการทดสอบการปลูกหญ้าขน ด้วยการใช้เทคโนโลยีระบบอัตโนมัติเทียบกับการปลูกหญ้าขนด้วยการรดน้ำด้วยตนเอง

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ ได้ระบบควบคุมอัตโนมัติ ที่สามารถนำมาใช้สำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ โดยมีหน้าที่ควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของหญ้าขน เช่น ความชื้น แสงแดด และอุณหภูมิ ระบบจะทำงานโดยอัตโนมัติตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ โดยไม่ต้องใช้แรงงานคนคอยรดน้ำ และใส่ปุ๋ย ระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่

4.1.1 เซ็นเซอร์ ทำหน้าที่ตรวจวัดปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของหญ้า ได้แก่ ความชื้นของดิน และอุณหภูมิของอากาศ

4.1.2 ตัวควบคุม ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลจากเซ็นเซอร์ แล้วสั่งให้อุปกรณ์ต่างๆ ทำงานตามที่กำหนด

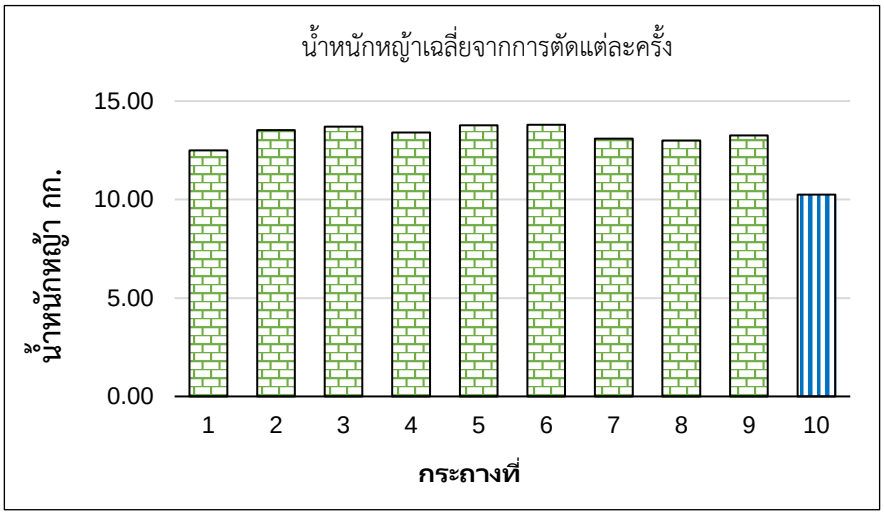
4.1.3 อุปกรณ์ ทำหน้าที่ทำงานตามคำสั่งของตัวควบคุม เช่น รีเลย์ และปั๊มน้ำ เป็นต้น

4.1.4 แผงโซลาร์เซลล์ ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับใช้ในการจ่ายไฟอุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถทำงานตามที่กำหนด

รูปที่ 8 เทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์

4.2.1 การปริมาณประสิทธิภาพการปลูกหญ้าขนด้วยการใช้เทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ การปลูกหญ้าด้วยการใช้เทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถที่เจริญเติบโตได้ดีกว่าการรดน้ำด้วยตนเอง การใช้เทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติช่วยให้สามารถปรับความชื้น การให้ปุ๋ยและการให้น้ำที่ให้ตามความต้องการของพืชได้อย่างเหมาะสม ซึ่งทำให้การเจริญเติบโตของหญ้าขนเป็นไปได้ด้วยดี ส่งผลให้หญ้าขนเจริญเติบโตได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อเทียบกับการรดน้ำด้วยตนเองในการปลูกหญ้าขนในแปลงดิน จากข้อมูลพบว่า กระถางซีเมนต์ 9 กระถาง มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของหญ้าขนที่ได้ มากกว่า กระถางที่ 10 ที่ทำการรดน้ำด้วยแรงงานคน แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 น้ำหนักหญ้าเฉลี่ยจากการตัดหญ้ากระถางซีเมนต์ 1-9 ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ และกระถางซีเมนต์ที่ 10 ใช้การรดน้ำเอง

4.2.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเติบโตของหญ้าขนจากการใช้เทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ

การประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติโดยใช้น้ำหนักเฉลี่ยในการตัดหญ้าทั้งหมด 9 กระถางซีเมนต์ โดยสมุติฐานหลักคือ H_0 น้ำหนักหญ้าขนที่ตัดทั้ง 9 กระถางซีเมนต์ ไม่แตกต่างกัน สมุติฐานรองคือ H_1 น้ำหนักหญ้าขนที่ตัดทั้ง 9 กระถางซีเมนต์แตกต่างกัน ที่ α = 0.05 พบว่า ค่า P-Value 0.8 จึงยอมรับสมมุติฐานหลัก น้ำหนักหญ้าขนที่ตัดทั้ง 9 กระถางซีเมนต์ไม่แตกต่างกัน สรุปได้ว่า การปลูกหญ้าขนทั้ง 9 กระถางซีเมนต์ มีการเจริญเติบโตที่ดีเท่ากัน เทคโนโลยีระบบรดน้ำอัตโนมัติมีผลการปลูกหญ้าขนอย่างมีนัยสำคัญ

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	8	7.887	0.9858	0.52	0.826
Error	18	34.080	1.8933		
Total	26	41.967			

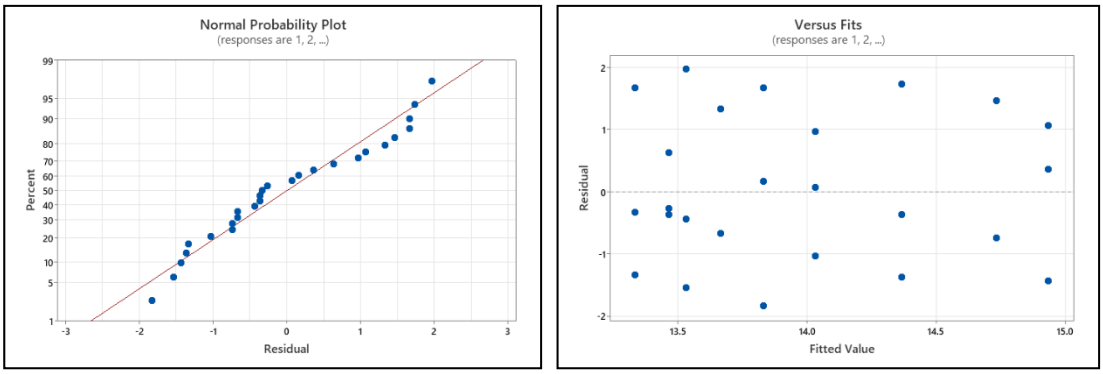
รูปที่ 10 ผลวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณหญ้าขนที่ปลูกในกระถางซีเมนต์ โดยใช้เทคโนโลยีระบบรดน้ำอัตโนมัติ

Model Summary

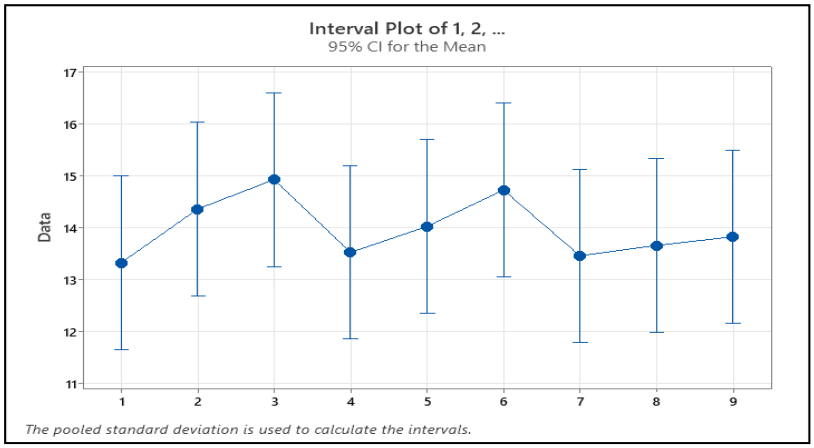
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.707107	89.29%	78.57%	*

รูปที่ 11 R-sq Model

จากรูปที่ 11 ค่า R-sq มีค่าเท่ากับ 89.29 พบว่า ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลมีความน่าเชื่อถือสำหรับการวิเคราะห์สถิติ และเมื่อวิเคราะห์กราฟการกระจายตัวตัวแบบปกติของข้อมูล Normal Probability Plot การเก็บข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ และข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกันแสดงในรูปที่ 12 กราฟ Normal Probability Plot กราฟ Versus Fits



รูปที่ 12 กราฟ Normal Probability Plot และกราฟ Versus Fits



รูปที่ 13 แนวโน้มของข้อมูลน้ำหนักหญ้าขนทั้ง 9 กระถางซีเมนต์

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยทำการทดสอบสมมุติฐาน จากข้อมูลน้ำหนักของหญ้าขนจำนวน 9 กระถางซีเมนต์ ที่ใช้เทคโนโลยีระบบรดน้ำอัตโนมัตินั้น พบว่า สามารถช่วยให้การเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวได้ว่าการใช้เทคโนโลยีระบบอัตโนมัติในการให้น้ำมีผลกระทบในการปลูกหญ้าขน ดังนั้น การผลิตหญ้าขนจากการใช้เทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติทำให้เจริญเติบโตได้ดีกว่าการรดน้ำด้วยแรงงานคน ดังนั้น เทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถนำไปปรับความชื้นในการหญ้าขนได้อย่างเหมาะสม ทำให้การเจริญเติบโตของหญ้าขนเป็นไปอย่างดี

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ เป็นการวิจัยและพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ โดยงานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ได้อย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพ โดยระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม และแสงสว่างให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ลดภาระแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ รวมถึงเกษตรกรได้รับความรู้ ความเข้าใจในการนำเทคโนโลยีมาช่วยพัฒนาการทำการเกษตร สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยวัตร มากศร และคณะ (2564) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่องเทคโนโลยีการควบคุมระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืช พบว่า ระบบรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติโดยรวมสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี โดยการนำวงจรอาดูโน่มาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์สั่งการตรวจจับความชื้นของดิน สอดคล้องกับบทความที่ เสกสรรค์ ศาสตร์สถิต และเกสร กาลจิตร์ (2565) ที่กล่าวว่า ระบบรดน้ำอัตโนมัตินั้นได้ถูกนำมาติดตั้งเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับคนไม่มีเวลารดน้ำ และลดการสิ้นเปลืองค่าจ้างแรงงานในการรดน้ำ และสอดคล้องกับที่สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (2564) ได้กล่าวไว้ว่า เกษตรสมัยใหม่ หรือ Smart Farming ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี และได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยให้การเกษตรมีความง่ายดายขึ้น ใช้แรงงานน้อยลง แต่ได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกษตรกรทั้งรายเล็กและใหญ่สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า สามารถวางแผนประกอบการบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินวิจัย การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ มีข้อเสนอแนะในการวิจัย ดังนี้

6.1 ควรส่งเสริมให้เกษตรกรมีความรู้ในเรื่อง การวางแผนการผลิตอาหารสัตว์ เพื่อตอบสนองความต้องการของสินค้า และการวางแผนการตลาดที่เน้นการขายผลผลิต เพื่อผู้ที่ต้องการนำไปเลี้ยงสัตว์ ต่อไป

6.2 ควรศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ เช่น ชนิดของดิน ปริมาณปุ๋ย และสารอาหาร เป็นต้น ได้อย่างละเอียดยิ่งขึ้น เพื่อให้หญ้าขนเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

6.3 ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบกับหญ้าชนิดอื่นๆ ด้วย และศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติไปประยุกต์ใช้กับการปลูกพืชชนิดอื่นๆ ด้วย

7. เอกสารอ้างอิง (References)

ปิยวัตร มากศร และคณะ. (2564). “เทคโนโลยีการควบคุมระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืช”. **การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4**. วันที่ 22 พฤษภาคม 2564. หน้า 175-182. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

พืชเกษตร.คอม. (2559). “หญ้าขน ประโยชน์ และการปลูกหญ้าขน”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://puechkaset.com/%E0%B8%AB%E0%B8%8D%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%82%E0%B8%99/.** สืบค้น 22 ธันวาคม 2566.

สุวิช บุญโปร่ง. (2558). “**คู่มือการเลี้ยงโคเนื้อสำหรับเกษตรไทย”.** กองส่งเสริมและพัฒนากรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ : กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. (2564, พฤษภาคม-มิถุนายน). บีโอไอ กับการส่งเสริมระบบเกษตรสมัยใหม่. **BOI e-Journal**. 4(4) : 2-5.

เสกสรรค์ ศาสตร์สถิต และเกสร กาลจิตร์. (2565). “ทำความรู้จัก “ระบบการให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติ””. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก **: https://www.nectec.or.th/news/news- public- document /automatic-watering-system.html.** สืบค้น 21 ธันวาคม 2566.

8. คุณค่าทางวิชาการ

การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ เป็นการวิจัยและพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติขึ้นมาใช้สำหรับการปลูกหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ ซึ่งถือเป็นงานวิจัยที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาการเกษตรสมัยใหม่ เนื่องจากระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถช่วยลดภาระแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ โดยงานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าขนในกระถางซีเมนต์ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง จากนั้น จึงนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ได้อย่างเหมาะสม และงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตหญ้าขน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารสัตว์ที่สำคัญ ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มผลผลิต อีกทั้งยังช่วยลดการใช้แรงงานในภาคการเกษตร ซึ่งเป็นการส่งเสริมการพัฒนาการเกษตรสมัยใหม่และการพัฒนาเกษตรที่ยั่งยืน ต่อไป

การพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท)บนแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์

ยุทธศักดิ์ ทองแสน[1*]
สาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดียและแอนิเมชัน
คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี[1*]
อีเมล์ : yuttasak.t@ubru.ac.th[1*]

วันที่รับบทความ 27 พฤศจิกายน 2566
วันแก้ไขบทความ 21 มีนาคม 2567
วันตอบรับบทความ 19 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) สำหรับใช้ในการพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือน 2) เพื่อพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ 3) เพื่อสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งาน นวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการประเมินผลของระบบ คือ แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งแบบสอบถามมี 2 แบบ ประกอบด้วย แบบประเมินประสิทธิภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดียและแอนิเมชัน และแบบประเมินความพึงพอใจสำหรับกลุ่มผู้ใช้งาน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ โดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.26 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 และประเมินความพึงพอใจสำหรับกลุ่มผู้ใช้งาน พบว่าอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.37 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58

คำสำคัญ : เทคโนโลยีความจริงเสมือน โมเดล สามมิติ แอนิเมชัน 3 มิติ

The development of an innovative 3D virtual reality learning media on the topic 'The Bodhi Branch of the Dhamma Stream: A Case Study of the Teaching Tree of Venerable Phra Bodhinyana (Cha Suphatho)' for smartphone applications and printed poster media.

Yuttasak Thongsan[1*]
Major in Technology Multimedia and Animation
Faculty of computer science,Ubonratchathani Rajabhat University.[1*]
E – mail : yuttasak.t@ubru.ac.th [1*]

Received 27 November 2023
Revised 21 March 2024
Accepted 19 April 2024

Abstract

This research has the following objectives: 1) To design and develop a 3D model of Venerable Phra Bodhinyana (Cha Suphatho) for use in developing virtual reality learning media innovations. 2) To develop 3D virtual reality learning media innovations on the topic 'The Bodhi Branch of the Dhamma Stream: A Case Study of the Teaching Tree of Venerable Phra Bodhinyana (Cha Suphatho)' through smartphone applications and printed poster media. 3) To survey the satisfaction of the sample group after using the 3D virtual reality learning media innovations on the topic 'The Bodhi Branch of the Dhamma Stream: A Case Study of the Teaching Tree of Venerable Phra Bodhinyana (Cha Suphatho)' through smartphone applications and printed poster media. The researcher used a questionnaire as a tool to evaluate the system, which is a 5-level rating scale questionnaire. There are 2 types of questionnaires: an efficiency assessment for multimedia and animation technology experts, and a satisfaction assessment for users. The statistics used for data analysis were mean and standard deviation.

The research found that the efficiency of the 3D virtual reality learning media innovations on the topic 'The Bodhi Branch of the Dhamma Stream: A Case Study of the Teaching Tree of Venerable Phra Bodhinyana (Cha Suphatho)' through smartphone applications and printed poster media, evaluated by experts, was at a very good level with a mean of 4.26 and a standard deviation of 0.57. The satisfaction assessment for users found that it was at a good level with a mean of 4.37 and a standard deviation of 0.58.

Keywords : Augmented Reality , 3D Models , 3D Animation

1. บทนำ

เทคโนโลยีความจริงเสมือนได้ถูกรวมเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในกิจกรรมประจำวัน มีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในด้านต่างๆ ทั้งด้านศิลปะ การแพทย์การศึกษา และการพาณิชย์ (พนิดา ตันศิริ.2553) การพัฒนาเทคโนโลยีและการสื่อสารในปัจจุบันมีการเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วมีการใช้เทคโนโลยีทางด้านมัลติมีเดียอย่างหลากหลาย เด็กและเยาวชนสามารถเข้าถึงสื่อมัลติมีเดียได้อย่างไม่จำกัด ซึ่งการเจริญเติบโตของสื่ออย่างรวดเร็วทำให้เด็กเยาวชนถูกปรับเปลี่ยนแนวคิดและ พฤติกรรมไปพร้อมกับการพัฒนาเทคโนโลยี ในชีวิตประจำวันมีการบริโภคสื่อเกิดขึ้นทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยเฉพาะการ์ตูนแอนิเมชัน (Animation Cความจริงเสริมtoon) ซึ่งเป็นสื่อที่ทำความเข้าใจกับเด็กได้โดยตรงและรวดเร็ว เนื่องจากเป็นสื่อที่พัฒนาขึ้นเพื่อเด็กโดยเฉพาะ ง่ายต่อการเข้าใจและการเรียนรู้ทั้งยังเป็นที่นิยมอย่างมากทางสื่อโทรทัศน์ โดยเฉพาะการ์ตูน พฤติกรรมของผู้บริโภคในยุคดิจิทัล ที่มีสมาร์ทโฟนเป็นปัจจัยที่ 5 ของการใช้ชีวิต ทำให้ธุรกิจการค้าต้องปรับกลยุทธ์เชิงรุกในรูปแบบออนไลน์ ตามช่องทางโซเชียลมีเดีย โดยพัฒนาสื่อมัลติมีเดียดึงดูดความน่าสนใจ (จิราภรณ์ ปกรณ์. 2561)

จังหวัดอุบลราชธานี เป็นชุมชนที่มีอารยะธรรมเจริญรุ่งเรืองมาตั้งแต่ครั้งอดีต มีประวัติศาสตร์ที่น่าสนใจตั้งแต่เมื่อครั้งบรรพบุรุษได้ก่อร่างสร้างเมืองขึ้นมา ทั้งยังมีแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นธรรมชาติอย่างมากมายทำให้มีผู้คนจากหลากหลายพื้นที่ได้แวะเวียนมาเยี่ยมชมศิลปะและวัฒนธรรมของจังหวัดอุบลราชธานี อีกทั้งยังเป็นเมืองแห่งการเรียนรู้วิทยาการด้านต่าง ๆ จนได้รับการขนานนามว่าเป็นเมืองแห่งนักปราชญ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักปราชย์ในแนวทางของปรัชญา ความคิดและจิตวิญญาณที่ได้ชื่อว่าเป็นผู้เผยแพร่คำสอนของสมเด็จพระสมณโคดมบรมสัมมาสัมพุทธเจ้า ได้อย่างแยบยล จนมีผู้นับถือทั้งที่เป็นชาวไทยและชาวต่างชาติ ปราชญ์ที่ได้รับการยอมรับจากประชาชนชาวไทยว่าเป็นพระมหาเถระที่มีความสำคัญกับพระพุทธศาสนาในเขตภูมิภาคเอเชียและของโลก ซึ่งนั้นก็คือ พระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) อดีตเจ้าอาวาสวัดหนองป่าพง อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี แต่ในยุคปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมาอย่างรวดเร็วเด็กและเยาวชนห่างไกลจากการเข้าวัดห่างไกลจากหลักคำสอนของพระพุทธเจ้า ไม่สนใจศึกษาและปฏิบัติตาม ทำให้เกิดปัญหาอาชญากรรมมากขึ้น เนื่องจากเยาวชนในปัจจุบัน มีสื่อที่ดึงดูดความสนใจและน่าติดตามมากกว่าหนังสือ โดยส่วนมากเยาวชนมักจะสนใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีและระบบปฏิบัติการ ที่เมื่อเข้าใช้งานและมักจะเกิดความสนุกสนานและน่าตื่นเต้น ซึ่งต่างจากการอ่านหนังสือแบบเดิม

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญด้านการพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ให้เข้ากับสภาพสังคมในยุคปัจจุบันได้อย่างน่าสนใจ ประชาชนทุกเพศทุกวัยสามารถเข้าถึงได้ในทุกสถานที่และไม่จำกัดเวลา

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) สำหรับพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือน

2.2 เพื่อพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์

2.3 เพื่อสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งาน นวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์

3. วิธีการวิจัย

นวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ ถือเป็นการออกแบบการวิจัยและพัฒนา (Reseความจริงเสริมch and Development) โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ช่วง คือ ระยะที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานข้อมูลของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ได้จากการลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูล จริงเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับเป็นต้นแบบในการสร้างภาพ สามมิติเสมือนจริง ระยะที่ 2 การพัฒนาโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ให้มีความเสมือนจริงและทำการพัฒนาภาพใบหน้าให้สามารถเคลื่อนไหวได้ ระยะที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งานผ่านแอพลิเคชัน โดยมีวิธีการดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร คือ นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีมัลติมีเดียและแอนิเมชัน คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ปีการศึกษา 2563

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีมัลติมีเดียและแอนิเมชัน คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จำนวน 30 คน และ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดียและแอนิเมชัน จากคณะวิทยาการคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จำนวน 3 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็น (Probability sampling) ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster sampling) (มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 2558) สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการทดลอง คือ นวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษาต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์โดยใช้หลักการ 3P (ดนัยพร ลดากุล และปุญญรัตน์ ปุญญา. 2561)

3.2 ขั้นตอนก่อนการผลิต (Pre-Production)

3.2.1 รวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับประวัติของพระโพธิญาณเถร (หลวงพ่อชา สุภทฺโท) วัดหนองป่าพง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

3.2.1.2 ศึกษาองค์ประกอบของเทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาองค์ประกอบการปั้นโมเดล สามมิติรูปแบบการความจริงเสมือน รูปแบบการสร้างภาพเคลื่อนไหวบนใบหน้าของต้นแบบ สามมิติ เพื่อทำการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสมือนให้มีความสวยงาม

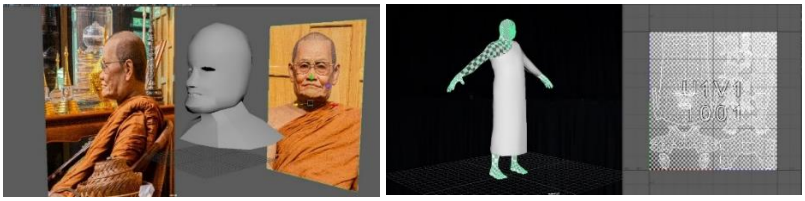
3.2.2 ขั้นตอนการผลิต (Production) การพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสมือน มีกระบวนการสร้างนวัตกรรม โดยผู้วิจัยได้แบ่งระยะการพัฒนา ออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ออกแบบขึ้นรูปโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (หลวงพ่อชา สุภทฺโท) การวิเคราะห์เนื้อหาหรือเนื้อเรื่องที่ใช้ในการพัฒนามีกระบวนการสร้างนวัตกรรม

3.2.2.1 ขั้นตอนการเก็บภาพตัวอย่าง พระโพธิญาณเถร (หลวงพ่อชา สุภทฺโท)

รูปที่ 1 การเก็บข้อมูลต้นแบบตัวอย่าง พระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) (ที่มา : ยุทธศักดิ์ ทองแสน. 2563)

3.2.2.2 ขั้นตอนการพัฒนาโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (หลวงพ่อชา สุภทฺโท) การพัฒนาโมเดลสามมิติที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วย การขึ้นรูปโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (หลวงพ่อชา สุภทฺโท) การขึ้นรูปโมเดลสามมิติต้นไม้ การขึ้นรูปโมเดล สามมิติฉากที่สำคัญ เช่น โบถส์ วิหาร ภายในวัดหนองป่าพง อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี โดยมีกระบวนการสร้างดังต่อไปนี้

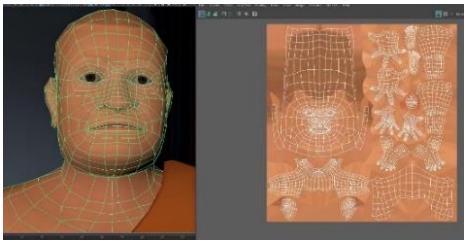
1) ขั้นตอนการขึ้นรูปโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ด้วยเทคนิคพิเศษทางคอมพิวเตอร์กราฟิก เพื่อให้ได้ลักษณะ รูปร่างของ พระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) เสมือนจริง โดยใช้โปรแกรม Autodesk Maya , Zbrush



รูปที่ 2 ขึ้นรูปโมเดลสามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) (ที่มา : ยุทธศักดิ์ ทองแสน. 2563)

จากรูปที่ 2 เป็นกระบวนการขึ้นรูปโมเดลสามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) โดยการใช้เทคนิค Uv Mapping

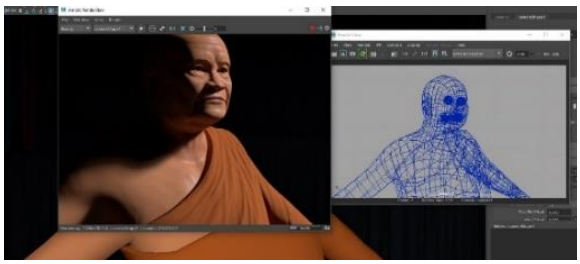
2) ขั้นตอนการลงรายละเอียดรูปโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) โดยการใช้เทคนิค Uv Mapping ในโปรแกรม Autodesk Maya เพื่อให้ได้ลักษณะ รูปร่างของ พระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) เสมือนจริง



รูปที่ 3 ใส่รายละเอียดโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) (ที่มา : ยุทธศักดิ์ ทองแสน. 2563)

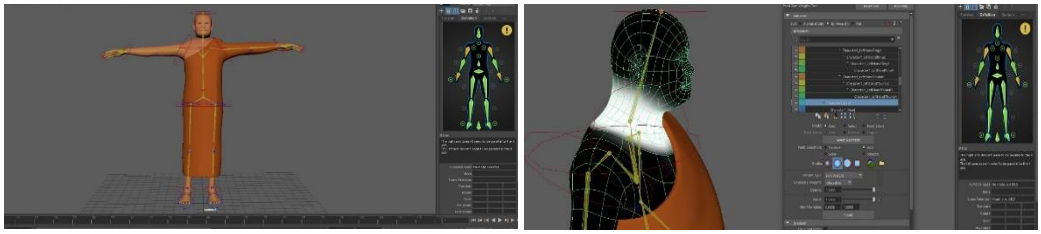
จากรูปที่ 3 เป็นกระบวนการใส่สีและลงรายละเอียดให้กับโมเดล สามมิติต้นแบบ พระโพธิญาณเถร (หลวงพ่อชา สุภทฺโท) หรือที่เรียกว่า Texture เป็นกระบวนลงสีและใส่ลวดลายส่วนต่าง ๆ ให้กับโมเดลสามมิติต้นแบบ ทำให้โมเดลมีองค์ประกอบความเสมือนจริง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปุญญรัตน์ รังสูงเนิน และ สิริกานต์ ไชยสิทธิ์ (2565.) ที่ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนารูปทรง 3 มิติแนวจินตนิมิต สำหรับศึกษาองค์ประกอบเมืองเก่านครราชสีมา พบว่าการสร้าง UVTexture เพื่อนำโครงร่างของรูปทรง 3 มิติไปสร้างภาพกราฟิกให้เป็น Texture เพื่อช่วยให้รูปทรง 3 มิติมีลวดลายและสีสันสวยงามและสอดคล้องกับข้อมูลที่จะนำเสนอโดยการสร้าง UVTexture ในโปรแกรม Autodesk Maya เป็นการกางหรือตัดรูปทรง 3 มิติ ออกมาเป็นภาพ 2 มิติเพื่อให้สามารถนำภาพ 2 มิติไปสร้างสรรค์ลวดลายให้เป็น Texture ได้

3) ขั้นตอนการทดลองจัดแสงประมวลผลภาพสามมิติเพื่อให้เห็นถึงโครงสร้างรายละเอียดต้นแบบ มีความเสมือนจริง



รูปที่ 4 ขั้นตอนการทดลองจัดแสงประมวลผลภาพสามมิติ (ที่มา : ยุทธศักดิ์ ทองแสน. 2563)

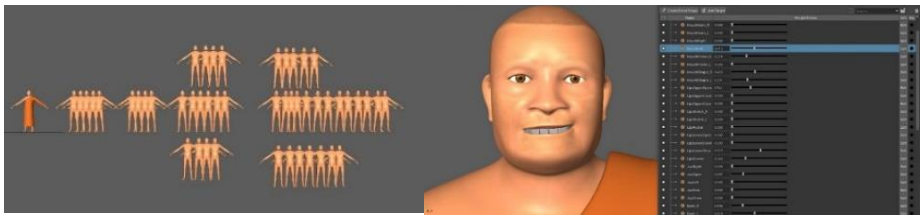
4) ขั้นตอนการควบคุมโมเดล สามมิติหรือที่ว่า Rigging โดยโปรแกรม Autodesk Maya เป็นกระบวนการที่สร้างโครงสร้างภายในของโมเดลสามมิติเพื่อยึดติดผิวหนัง กล้ามเนื้อ เสื้อผ้า เครื่องแต่งกาย เปรียบเสมือนมนุษย์ที่ต้องมีโครงสร้างภายใน คือ กระดูก เพื่อเป็นแกนกลางในการเคลื่อนไหว ทำให้สามารถควบคุมโมเดลสามมิติได้ ให้เคลื่อนไหวเปลี่ยนท่าทางได้ ในกระบวนการนี้จะมีการเก็บเชื่อมรายละเอียดผิวหนัง และเครื่องนุ่งห่มของโมเดลสามมิติที่เรียนว่า Paint Weight เพื่อให้มีความยืดหยุ่นและเป็นการยึดติดกับโครงสร้างกระดูกภายในให้สามารถขยับเคลื่อนไหวได้สมจริงมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 5 กระบวนการการควบคุมโมเดล สามมิติ(ที่มา : ยุทธศักดิ์ ทองแสน. 2563)

จากรูปที่ 5 กระบวนการการควบคุมโมเดลสามมิติเพื่อเชื่อมผิวหนังและเครื่องนุ่งห่มให้กกับโมเดลสามมิติให้สามารภนำไปทำกระบวนการต่อไปได้ คือ สามารถทำการแสดงท่าทาง เคลื่อนไหว ตามการผู้ควบคุมของผู้สร้างได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น

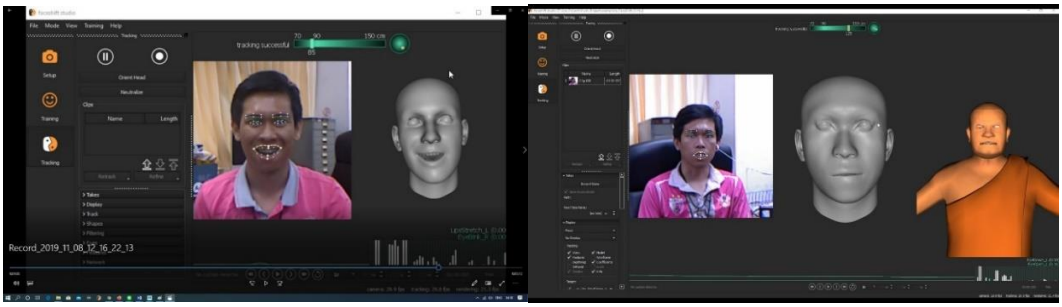
5) ขั้นตอนการประมวลผลภาพเคลื่อนไหวบนใบหน้า หรือที่เรียกว่า Face Blend Shape โดยโปรแกรม Autodesk Maya เพื่อสร้างการเคลื่อนไหวบนใบหน้าให้กับโมเดลสามมิติทำให้สามารถแสดงสีหน้าท่าทางอากัปกิริยา สามารถถ่ายทอดอารมณ์ไปสู่ผู้ชมได้



รูปที่ 6 Face Blend Shape โดยโปรแกรม Autodesk Maya (ที่มา : ยุทธศักดิ์ ทองแสน. 2563)

จากรูปที่ 6 เป็นขั้นตอนการประมวลผลภาพเคลื่อนไหวบนใบหน้า โดยใช้ต้นแบบโมเดลสามมิติทำการจำลองตามที่ต้องการเพื่อดัดจุดบนใบหน้าของโมเดลจำลอง และนำโมเดลทั้งหมดไปเชื่อมโยงเข้ากับตัวหลัก ซึ่งจะถูกควบคุมด้วยตัวต้นแบบให้แสดงท่าทางได้เช่นเดียวกัน

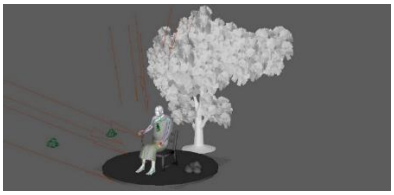
6) ขั้นตอนการประมวลผลภาพเคลื่อนไหวบนใบหน้า ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคพิเศษ โดยใช้กล้อง Kinect Xbox360 จับภาพเคลื่อนไหวบนใบหน้าของโมเดลสามมิติและทำการบันทึกค่าเคลื่อนไหวนั้นด้วยโปรแกรม FaceShift Studio ซึ่งเป็นเทคนิคพิเศษขั้นสูงเฉพาะทาง ที่ทำการสร้างภาพจำลองการเคลื่อนไหว การพูด การแสดงสีหน้าท่าทาง ให้มีความเสมือนจริงกับต้นฉบับ



รูปที่ 7 การเคลื่อนไหวบนใบหน้า ด้วยโปรแกรม FaceShift Studio (ที่มา : ยุทธศักดิ์ ทองแสน. 2563)

จากรูปที่ 7 เป็นกระบวนกการสร้างภาพเคลื่อนไหวบนใบหน้าให้แก่โมเดลสามมิติโดยใช้เทคนิคพิเศษขั้นสูง คือ กระบวนการขยับใบหน้า ให้แสดงอารมณ์การพูดให้มีความเชื่อมโยงและตรงกับเสียงคำพูดต่าง ๆ

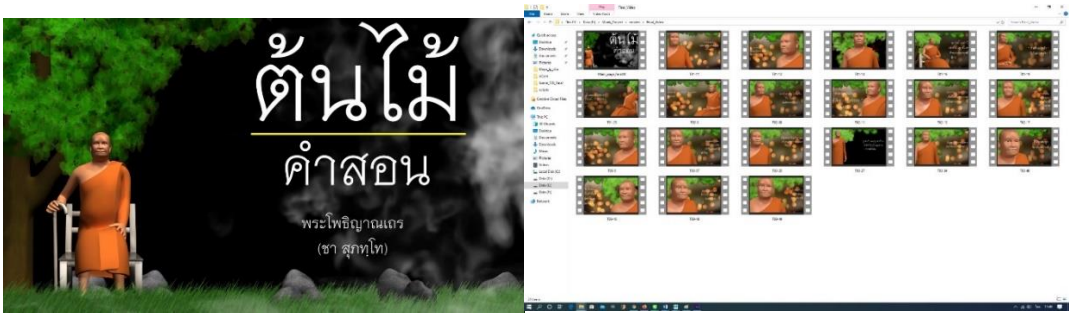
7) ขั้นตอนการประมวลผลภาพสามมิติ เป็นการประมวลผลภาพทั้งหมด ที่ได้สร้างไว้ในขั้นตอนการสร้างภาพเคลื่อนไหว โดยในขั้นตอนี้จะมีการรวมโมเดลสามมิติที่ได้ขึ้นรูปไว้แล้ว เช่น ต้นไม้ เก้าอี้นั่ง และโมเดลสามมิติพระโพธิญาณเถร (หลวงปู่ชา สุภทฺโท) เข้ารวมไว้ในฉากเดียวกัน มีการจัดแสงไฟแบบแสงธรรมชาติ เพื่อให้ได้แสงที่สวยงาม และมีการจัดสร้างมุมมองของกล้องเพื่อให้ได้รูปภาพและมุมมองตามที่ต้องการ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาในการประมวลผลนานจึงทำให้ปผู้วิจัยจะต้องลดคุณภาพของงานลงในระดับหนึ่ง



รูปที่ 8 การประมวลผลภาพ สามมิติ(ที่มา : ยุทธศักดิ์ ทองแสน. 2563)

จากรูปที่ 8 เป็นกระบวนการจัดแสงเรียนแบบแสงธรรมชาติและการจัดมุมกล้องโดยนำเอาองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ได้สร้างไว้แล้ว รวมเข้ามาเพื่อเข้าสู่ฉากหลัก เพื่อทำการประมวลผลภาพแล้วนำไปรวมเป็นไฟล์วีดีโอ เตรียมสำหรับการนำไปพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

8) ขั้นตอนการประกอบภาพ (Composite) และประมวลผลภาพสามมิติ (Render) เป็นการรวมเอาภาพที่ได้จากการประมวลผลภาพทั้งหมดมาตัดต่อจากภาพนิ่งจำนวนหลายรูปภาพ มารวมกันให้อยู่ในรูปแบบของวิดีโอ มีการใส่เสียงคำสอนพระโพธิญาณเถร (หลวงปู่ชา สุภทฺโท) พร้อมตัวหนังสือให้สามารถอ่านและฟังเสียงได้ เพื่อนำไปใช้งานในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 9 การประกอบภาพและประมวลผลภาพ สามมิติ(ที่มา : ยุทธศักดิ์ ทองแสน. 2563)

จากรูปที่ 9 เป็นการเตรียมไฟล์ทั้งหมดก่อนจะนำไปทำกระบวนการสร้างสื่อออนไลน์ในกระบวนต่อไป

9) ขั้นตอนการพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสมือนสามารถช่วยเติมแต่งโลกความจริงด้วยข้อมูลดิจิตอลและสื่อ เช่น โมเดลสามมิติและวีดิโอ หรือแม้แต่ภาพถ่ายหรือเสียงและซ้อนทับภาพเหล่านี้ทันทีผ่านกล้อง ของสมาร์ทโฟน แท็ปแล็ต คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ซึ่งจะเป็นสื่อที่มีความน่าสนใจอย่างยิ่งต่อผู้ใช้งาน โดยขั้นตอนการพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้

3.2.3 ขั้นตอนหลังการผลิต (Post-Production) เป็นกระบวนทดสอบและทดลองใช้งานจริงของระบบ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการคัดเลือกไว้ในขั้นต้นให้ทำการทดสอบใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนนี้เพื่อนำเอาข้อเสนอแนะ มาปรับแก้ไขก่อนจะทำการนำไปเผยแพร่ผลงานจริง

รูปที่ 10 การทดสอบทดลองใช้งานผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟน (ที่มา : ยุทธศักดิ์ ทองแสน. 2563)

จากรูปที่ 10 การทดสอบทดลองใช้งานผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟน โดยการอ่านค่า Tiker บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อทดสอบการใช้งาน และเตรียมกระบวนการสร้างสื่อออนไลน์ในกระบวนต่อไป

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล งานวิจัยนี้ได้มีการเก็บข้อมูลช่วงที่ 1 ศึกษากระบวนการออกแบบและพัฒนาโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ช่วงที่ 2 สร้างสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร

(ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ ช่วงที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ การสังเกตมาวิเคราะห์โดยวิธีหาความสอดคล้อง จากกลุ่มเป้าหมาย ดำเนินการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลประเด็นที่กำหนดไว้และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติพื้นฐาน ในการวัดค่ากลางของข้อมูลโดยค่าเฉลี่ยเลขคณิต (ความจริงเสริมithmetic Mean) หรือค่าเฉลี่ย (Mean : $\overline{x}$) และวัดการกระจายของข้อมูลโดยใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standความจริงเสริมd Deviation: S.D.) เกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมได้มีการกำหนดเกณฑ์ตามวิธีของไลเกิร์ต โดยประกอบด้วยมาตรอันดับ (Rating Scale) 5 อันดับ (มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.2558) ดังนี้ 1.00 - 1.49 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 1.50 - 2.49 หมายถึง ไม่เห็นด้วย 2.50 - 3.49 หมายถึง ไม่แน่ใจ 3.50 - 4.49 หมายถึง เห็นด้วย 4.50 - 5.00 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง

4. ผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่อง การพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ ดังนี้

4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) สำหรับพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือน

จากการศึกษาข้อมูลออกแบบและพัฒนาโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) สำหรับพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือน ผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ในรูปแบบสามมิติให้มีความสมจริงและนำมาสร้างการเคลื่อนไหว สร้างการแสดงสีหน้าอารมณ์ได้ตามบทพูด สร้างเสียงคำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ได้

4.2 ผลการพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์

รูปที่ 22 การพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสมือนบนแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟน (ที่มา : ยุทธศักดิ์ ทองแสน. 2563)

จากรูปที่ 22 เป็นการพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) บนแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ เพื่อทำการตรวจสอบระบบทั้งหมดว่ามีความพร้อมมากน้อยเพียงใด ให้มีความสมบูรณ์มากที่สุดก่อนจะนำไปใช้งานจริง

4.3 ผลการสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งาน นวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่นำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ โดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพ 4 ด้าน คือ การประเมินด้านความสวยงามของภาพ การประเมินด้านเสียงคำสอนและเสียงประกอบ การประเมินด้านการใช้งานที่สะดวกรวดเร็ว การประเมินด้านความแปลกใหม่ เครื่องมือที่นำมาใช้ในการประเมินประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเลือกแบบเจาะจง เป็นแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจ ใช้สถิติเชิงพรรณา (Descriptive Statistics) ในการวัดค่ากลางของข้อมูลโดยค่าเฉลี่ยเลขคณิต (ความจริงเสริมithmetic Mean) หรือค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{x}$) และวัดการกระจายของข้อมูลโดยใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standความจริงเสริมd Deviation: S.D.) เกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมได้มีการกำหนดเกณฑ์ตามวิธีของไลเกิร์ต โดยประกอบด้วยมาตรอันดับ (Rating Scale) 5 อันดับ (มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 2558) ผลการประเมินปรากฏดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความสวยงามของภาพ เสียงคำสอนและเสียงประกอบ ด้านกการใช้งานที่สะดวกรวดเร็ว ด้านความแปลกใหม่ ของนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
การประเมินด้านความสวยงามของภาพ	4.16	0.58	ดี
การประเมินด้านเสียงคำสอนและเสียงประกอบ	4.32	0.54	ดี
การประเมินด้านการใช้งานที่สะดวกรวดเร็ว	4.29	0.59	ดี
การประเมินด้านความแปลกใหม่	4.26	0.57	ดี
สรุปการประเมินประสิทธิภาพของระบบ	4.26	0.57	ดี

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินหาประสิทธิภาพนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท)ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน โดยใช้เกณฑ์วัด 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยจากการประเมินด้านความสวยงามของภาพ อยู่ในระดับ 4.16 การการประเมินด้านเสียงคำสอนและเสียงประกอบ อยู่ในระดับ 4.32 การประเมินด้านการใช้งานที่สะดวกรวดเร็ว อยู่ในระดับ 4.29 การประเมินด้านความแปลกใหม่ มีค่าเฉลี่ย 4.26 สรุปการประเมินประสิทธิภาพของระบบ อยู่ในระดับ 4.26 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

4.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ เครื่องมือที่นำมาใช้ในการประเมินประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้เล่น ซึ่งเลือกแบบการสุ่ม เป็นแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจ ใช้สถิติเชิงพรรณา (Descriptive Statistics)

ในการวัดค่ากลางของข้อมูลโดยค่าเฉลี่ยเลขคณิต (ความจริงเสริมithmetic Mean) หรือค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{x}$) และวัดการกระจายของข้อมูลโดยใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standความจริงเสริมd Deviation: S.D.) เกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมได้มีการกำหนดเกณฑ์ตามวิธีของไลเกิร์ต โดยประกอบด้วยมาตรอันดับ (Rating Scale) 5 อันดับ (มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.2558) ผลการประเมินปรากฏดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งาน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
ความเหมาะสมของภาพโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท)	4.47	0.52	ดี
ลักษณะท่าทางการพูดของ พระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท)	4.30	0.57	ดี
ความเหมาะสมด้านเสียงพูดของ พระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท)	4.45	0.52	ดี
เสียงประกอบฉากมีความเหมาะสม	4.25	0.55	ดี
ความน่าสนใจของนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติฯ	4.48	0.51	ดี
ระบบและวิธีการใช้งานเข้าถึงได้ง่ายของนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติฯ	4.33	0.56	ดี
ความเหมาะสมของระยะเวลาของสื่อภาพและเสียงในนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติฯ	4.23	0.58	ดี
การจัดองค์ประกอบของนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติฯ	4.33	0.57	ดี
ได้ความรู้เกี่ยวกับต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท)	4.49	0.52	ดี
ความสมบูรณ์ของนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติฯ	4.35	0.54	ดี
สรุป	4.37	0.58	ดี

จากตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจสำหรับกลุ่มผู้ใช้งาน จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ได้ค่าเฉลี่ย 4.37 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 ซึ่งหมายความนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความพึงพอใจด้านความรู้เกี่ยวกับต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) โดยรวมอยู่ในระดับดี($\bar{x}$= 4.49) รองลงมาคือด้านความน่าสนใจของนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ($\bar{x}$= 4.48) ด้านความเหมาะสมของภาพโมเดล สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ($\bar{x}$= 4.47)

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากศึกษาการพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ ผู้วิจัยนำมาอภิปรายผล ดังต่อไปนี้

5.1 ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนารูปทรง สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ที่มีความละเอียดสูงด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์กราฟิก โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างงาน สามมิติชื่อว่า Autodesk Maya ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เหมาะสำหรับสร้างผลงาน สามมิติสอดคล้องกับงานวิจัยของ Perdinan R. Simamora และ Selly ความจริงเสริมtaty Zega (Perdinan and Selly. 2019) ที่ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลอง สามมิติในรูปแบบจินตนิมิต โดยใช้โปรแกรม Autodesk Maya2017 และใช้ชื่อผลงานว่า “Blue&Flash” พบว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวสามารถสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนได้ โดยมีกระบวนการเริ่มตั้งแต่การขึ้นรูปทรง สามมิติการเลือกพื้นผิวและใส่ Texture ซึ่งการออกแบบโมเดล สามมิติมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ รูปทรงความละเอียดน้อย และรูปทรงความละเอียดสูง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนารูปทรง สามมิติพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) มีความละเอียดสูงในโปรแกรม Autodesk Maya ผู้วิจัยได้คำนึงถึงการออกแบบโดยเริ่มจากการใช้ต้นแบบภาพถ่ายพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ที่มีความละเอียกและมุมมองที่เห็นทั้งด้านหน้า ด้านข้าง เพื่อง่ายต่อการพัฒนารูปทรง สามมิติสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิภัทร์ ปัญญวานันท์ (2563) ได้ศึกษาการออกแบบรูปทรงตัวละคร สามมิติและการสร้างสรรค์งานแอนิเมชัน สามมิติพบว่า การออกแบบและพัฒนารูปทรง สามมิติจะต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของการเดินเส้นรูปทรง และข้อต่อต่าง ๆ ของตัวละคร โดยรูปทรงที่ดีหรือไม่ดีจะส่งผลถึงขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไป หากรูปทรงที่มีการเดินเส้นไม่ดีจะมีการแสดงผลที่ผิดปกติ และไม่เป็นไปตามหลักธรรมชาติและดูไม่มีชีวิตชีวา ส่งผลให้การออกแบบและพัฒนารูปทรง สามมิติพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) มีคุณภาพที่ได้ประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมีคุณภาพดี มีค่าเฉลี่ย 4.26

5.2 ผู้วิจัยได้พัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบสามมิติ โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นเครื่องมือหลักในกระบวนการสร้างสรรค์และนำเสนอผลงาน ซึ่งเป็นศิลปะสมัยใหม่ หรือเรียกได้ว่าเป็นศิลปะดิจิทัล (Digital ความจริงเสริมt) และเทคโนโลยีความจริงเสมือน สอดคล้องกับ จรินทร อุ่มไกรและไกยสิทธิ์ อภิระติง (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อดิจิทัลร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม โดยอาศัยการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD ในรายวิชาคอมพิวเตอร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยสื่อดิจิทัลร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริมโดยอาศัยการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สูงกว่าทดสอบก่อนเรียน สอดคล้องกับ กิ่งกาญจน์ ทองงอก (2565) ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันออคเมนเต็ดเรียลลิตี้ส่งเสริมอาหารเพื่อสุขภาพ พบว่าแอปพลิเคชันออคเมนเต็ดเรียลลิตี้ ซึ่งจำลองโมเดลของอาหารเพื่อสุขภาพของร้านโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในรูปแบบสามมิติ และสามารถใช้งานได้บนสมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์และเป็นการสร้างความน่าสนใจให้ผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยอนันต์ สาขะจันทร์ (2559) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนแบบร่วมมือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมทักษะการปฏิบัติและความคงทนทางการเรียนสำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ผลปรากฏว่า การเรียนแบบร่วมมือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมทักษะการปฏิบัติและความคงทนทางการเรียนสำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร

บัณฑิต มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของไพฑูรย์ ศรีฟ้า (2556) ที่อธิบายเพิ่มเติมว่าการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาใช้สามารถสร้างความน่าสนใจในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน และสื่อเสริมการเรียนรู้ ความจริงเสริม สามารถสร้างแรงบันดาลใจและจุดประกายความคิดให้กับผู้เรียนโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้เรียนที่สนใจด้านคอมพิวเตอร์เมื่อได้สัมผัสกับเทคโนโลยี ความจริงเสริม พวกเขาอาจเกิดจินตนาการนำไปคิดต่อยอดพัฒนาและสร้างสรรค์เทคโนโลยี ความจริงเสริม สำหรับการใช้งานด้านอื่นๆ ณัฏฐ์ ดิษเจริญและคณะ (2557) การพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างอะตอมและพันธะเคมีด้วยเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ ผลการทดลองใช้ประกอบการเรียนการสอนพบว่าสามารถสร้างความสนใจผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นอยากรู้อยากเห็นในเนื้อหาที่จะเรียนสามารถช่วยแก้ปัญหาความเข้าใจคลาดเคลื่อน (misconception) ได้ดี ผานโมเดลแอนิเมชันสามมิติที่มีการเคลื่อนไหวและมองได้รอบด้าน ส่งผลให้การออกแบบและพัฒนารูปทร สามมิติพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่งโพธิญาณ สายธารแห่งธรรม กรณีศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) มีคุณภาพจากผู้ทดลองใช้งานจริงในระดับมีคุณภาพดี มีค่าเฉลี่ย 4.37

6. ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้มีข้อจำกัด คือ อุปกรณ์เครื่องมือด้านฮาร์ทแวร์และซอฟต์แวร์ในการพัฒนามีราคาค่อนข้างสูง ขั้นตอนการทำงานที่ยุ่งยากและซับซ้อน ควรวางแผนการทำงานให้ดี ผู้ใช้งานต้องมีสมาร์ทโฟนที่ทันสมัยและอัพเดทระบบปฏิบัติการของเครื่องอยู่ตลอดจึงจะสามารถใช้งานแอพลิเคชัน ความจริงเสริม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขั้นตอนการอ่านค่ารูปสัญลักษณ์ประกอบ (Ticker) ให้ได้ดีได้อย่างสมบูรณ์แบบ และคุณสมบัติขั้นสูงสำหรับการพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือน อาจจะต้องเสียค่าเช่าซื้อพื้นที่สำหรับจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบและมีราคาค่อนข้างสูงเพื่อรองรับพื้นที่การใช้งาน ฉะนั้นผู้พัฒนาควรวางแผนการทำให้ดีเพื่อลดปัญหาระหว่างการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

กิ่งกาญจน์ ทองงอก. (2565). “การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันออคเมนเต็ดเรียลลิตี้ส่งเสริมอาหารเพื่อสุขภาพ”. **วารสารวิจัย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.** 7 (2) : 14-20.

จรินทร อุ่มไกร และ ไกยสิทธิ์ อภิระ. (2562). “การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในรายวิชาการออกแบบและพัฒนาสื่อดิจิทัล”. **วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ.** 5(2) : 18-27.

จิราภรณ์ ปกรณ์ . (2561). **ความจริงเสริม (Augmented Reality) เทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกแห่งความจริง.** คลังความรู้ SciMath สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ.

ชัยอนันต์ สาขะจันทร์. (2559). **การพัฒนารูปแบบการเรียนแบบร่วมมือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อส่งเสริมทักษะการปฏิบัติและความคงทนทางการเรียน สำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต.สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ณัฏฐ์ ดิษเจริญ กรวัฒน์ พลเยี่ยม พนิดา วังคะฮาต และปุรมิ จารุจำรัส. (2557) . “การพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างอะตอมและพันธะเคมีด้วยเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้”. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้.** 5(1) : 21-27.

ดนัยพร ลดากุล และ ปุญญรัตน์ ปุญญา. (2561). “การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติเพื่อส่งเสริมคุณธรรมด้านความซื่อสัตย์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2”. **วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์**. 1(1) : 64–71.

นิภัทร์ ปัญญวานันท์. (2563). “การออกแบบโมเดลตัวละครและการสร้างสรรค์งานแอนิเมชัน 3 มิติ”. **วารสารนักบริหาร**. 39(1) : 67-81.

ปุญญรัตน์ รังสูงเนิน และ สิริกานต์ ไชยสิทธิ์.(2565). “การออกแบบและพัฒนารูปทรง สามมิติแนวจินตนิมิตสำหรับศึกษาองค์ประกอบเมืองเก่านครราชสีมา”. **วารสารวิจิตรศิลป์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.** 13(1) : 144-168.

พนิดา ตันศิริ (2553). “โลกเสมือนผสานโลกจริง = Augmented reality”. **วารสารนักบริหาร.** 30(2) : 169-175.

ไพฑูรย์ ศรีฟ้า. (2556). **พลิกบทบาท 3D สู่โลกความจริงเสมือน (Augmented Reality)**. เอกสารประกอบการบรรยาย. นครปฐม : ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. (2565). “การสุ่มตัวอย่าง [Chapter 6 Random Sampling”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://www.udru.ac.th/oldsite/attachments/eleความจริงเสริมning/01/07.pdf**. สืบค้น 1 กันยายน 2565.

Simamora, P. R., and Zega, S. A. (December 2019). “Perancangan.3D Modeling Dan VFX Water Simulation Dalam Animasi 3D Berjudul ‘Blue & Flash”. **Journal of Applied Multimedia and Networking (JAMN).** 3(2) : 53 - 57.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ โดยเป็นการสร้างโมเดล 3 มิติจำลอง พระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) และนำมาพัฒนาผสานเข้ากับเทคโนโลยีความจริงเสมือนสำหรับสร้างสื่อผ่านแอพพลิเคชั่นสมาร์ทโฟนและสื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์ โดยผู้ที่สนใจสามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลาได้ทุกช่วงวัยอายุ ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้ขั้นตอนอย่างสะดวกรวดเร็ว ผ่านอุปกรณ์สื่อสารสมาร์ทโฟนและแทปเล็ต สามารถนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในด้านต่างๆ ทั้งด้านศิลปะ การแพทย์ การศึกษา และการพาณิชย์ ได้อีกด้วย

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ รายวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์สำหรับนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

ปริษา ปั้นดี[1] ณัฏฐ์ ดิษเจริญ[2*] บุณณดา คำเสียง[3]
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี[1]
ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี[2]
สาขาวิชาเทคโนโลยีธุรกิจดิจิทัล วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ[3]
อีเมล์: nadh.d@ubu.ac.th[2*]

วันที่รับบทความ 28 มีนาคม 2567
วันแก้ไขบทความ 25 เมษายน 2567
วันตอบรับบทความ 30 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

บทเรียนออนไลน์มีบทบาทสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์มากขึ้นซึ่งหากบทเรียนช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้ดีจะทำให้การเรียนรู้สัมฤทธิ์ผลมากขึ้น การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่และศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อการจัดการเรียนรู้รายวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ 2) การออกแบบ 3) การพัฒนา 4) การนำไปใช้ และ 5) การประเมินผล โดยทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงจำนวน 40 คนที่ได้มาโดยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนที่พัฒนาขึ้น และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าประสิทธิภาพ (E1/E2) ของบทเรียน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัย พบว่า บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นตามแนวคิดของกาเย่ มีค่าประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 88.94/89.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และนักศึกษามีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : บทเรียนออนไลน์ การเรียนรู้แบบออนไลน์ แนวคิดกาเย่ การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์

DEVELOPING ONLINE LESSONS BASED ON GAGNE'S CONCEPT TO IMPROVE LEARNING OF WEB DESIGN AND DEVELOPMENT FOR HIGHER VOCATIONAL CERTIFICATE STUDENTS

Parisa Pandee[1], Nadh Ditcharoen[2*], Boonnada Kumseang[3]
Major of Science Education, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University[1]
Department of Mathematics, Statistics, and Computer, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University[2]
Major of Digital Business Technology, Sisaket Technical College[3]
E-mail : nadh.d@ubu.ac.th[*]

Received 28 March 2024
Revised 25 April 2024
Accepted 30 April 2024

Abstract

Online lessons have played an important role in online learning management since if the lessons can gain students' attention, their learning achievement will get better. The purposes of this research were to develop online lessons based on Gagne's concepts and to study the effectiveness of the developed online lessons on learning achievement of higher vocational certificate students for learning web design and development. The research method included 5 steps: 1) analysis 2) design 3) development 4) implementation and 5) evaluation. The sample used in the experiment was 40 higher vocational certificate students selected by purposive sampling. The research tools included the developed online lessons and learning achievement test. The data were analyzed by E1/E2 and *t*-test. The results showed that the efficiency (E1/E2) of online lessons developed based on Gagne's concepts was 88.94/89.25 which was higher than the specified criteria, and the average of post-learning achievement score was statistically higher than that of the pre-learning achievement score ($p < 0.05$).

Keywords : Online lesson, Online learning, Gagne's concepts, Web design and development

1. บทนำ

การจัดการศึกษาในยุคการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีสารสนเทศการสื่อสารมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว และมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทางด้านการศึกษา ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาบทเรียนได้ทุกเวลาทุกสถานที่ สามารถปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียน และผู้สอนได้ โดยใช้คอมพิวเตอร์และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นสื่อกลาง บทบาทของผู้สอนเปลี่ยนแปลงจากเป็นผู้สอนแบบบรรยายให้ความรู้ มาเป็นผู้ทำหน้าที่ช่วยเหลือผู้เรียนให้พัฒนาตนเองได้อย่างศักยภาพและเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต ด้วยการนำสื่อสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสื่อการศึกษาในยุคดิจิทัลเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนรู้ (อมรรัตน์ แซ่กวั่ง. 2559 : 251) ทั้งนี้ การเรียนแบบผสมผสาน (Blended Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ผสมผสานวิธีการเรียนแบบเผชิญหน้ากับการเรียนรู้ผ่านระบบสื่อคอมพิวเตอร์ออนไลน์เข้าด้วยกัน องค์ประกอบการเรียนแบบผสมผสาน (Blended Learning) สามารถแบ่งออกเป็นได้ 2 องค์ประกอบหลัก คือ องค์ประกอบออฟไลน์และองค์ประกอบออนไลน์ การจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน (Blended Learning) ให้ประสบผลสำเร็จนักออกแบบการเรียนการสอน ต้องคำนึงถึงจุดประสงค์ของการเรียนที่กำหนดไว้ ระยะเวลาในการเรียนรวมถึงความแตกต่างของรูปแบบการเรียนรู้และการคิดของผู้เรียน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน บทบาทของผู้เรียนและผู้สอนในการเรียนแบบผสมผสาน (Blended Learning) ผู้สอนจะต้องเป็นผู้กำหนดวิธีการสอนแบบต่าง ๆ โดยมีบทบาทเป็นผู้ฝึก (Coach) กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ส่วนผู้เรียนมีบทบาทสำคัญคือเป็นผู้ศึกษาหาความรู้ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ประโยชน์ของการเรียนการสอนแบบผสมผสานทำให้การเรียนการสอนมีความสะดวกรวดเร็วในการเข้าถึงบทเรียนและยังช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ในการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต (กุลธิดา ทุ่งคาใน. 2564)

การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของกาเย่ นั้น สามารถนำมาใช้ในขั้นตอนการออกแบบการเรียนการสอนในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยแนวคิดของกาเย่ มี 9 เหตุการณ์ ได้แก่ (1) เร่งเร้าความสนใจ (2) บอกวัตถุประสงค์ (3) ทบทวนความรู้เดิม (4) นำเสนอเนื้อหาใหม่ (5) ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ (6) กระตุ้นการตอบสนอง (7) ให้ข้อมูลย้อนกลับ (8) ทดสอบความรู้ใหม่ (9) สรุปและนำไปใช้ การออกแบบบทเรียนออนไลน์ที่ดี เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนแนวคิด 9 ขั้น ของกาเย่ (ศักดิ์เรศ ประกอบผล. 2563) จึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่จะนำไปใช้ในการออกแบบบทเรียนออนไลน์ โดยยึดหลักการนำเสนอเนื้อหา และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักศึกษากับผู้สอนทำให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้เป็นแนวทางในการสร้างและออกแบบบทเรียนออนไลน์

ในอดีตที่ผ่านมา กระบวนการเรียนการสอน วิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) โดยทั่วไปจะเป็นแบบครูผู้สอนเข้าสอนนักศึกษาที่นั่งเรียนรวมกันในห้องเรียน อ้นถือว่าการเรียนการสอนแบบพบเห็นหน้ากันโดยตรง ต่อมาได้มีการพัฒนารูปแบบการเรียนที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง แม้ว่าจะอยู่ไกลออกไป เช่น การเรียนทางไปรษณีย์โดยยังคงใช้หนังสือเป็นสื่อการเรียน เป็นต้น และเมื่อเทคโนโลยีพัฒนาขึ้นรูปแบบของสื่อการสอนก็มีการพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถจัดส่งหรือดาวน์โหลดผ่านเครือข่ายได้ง่าย มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ ได้กำหนดสมรรถนะรายวิชาไว้ว่าให้ผู้เรียนแสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการแสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ รวมทั้งออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ในงานธุรกิจ จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผ่านมาพบว่านักศึกษาที่เรียนรู้ไม่ทันเพื่อน และไม่สามารถปฏิบัติงานมอบหมายออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ได้อย่างถูกต้องตรงตามที่โจทย์กำหนดไว้ อีกทั้งระยะเวลาจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำกัด ไม่เพียงพอตามที่ผู้สอนกำหนดไว้ในวัตถุประสงค์รายวิชา

จากเหตุผลดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยสนใจนำแนวคิดของกาเย่มาประยุกต์ใช้พัฒนาบทเรียนออนไลน์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง เพื่อให้นักศึกษาได้ศึกษาบทเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนที่นักศึกษามีอิสระต่อการ

เรียนรู้ของตนเอง และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่นักศึกษาต้องการ ได้แก่ การศึกษาบทเรียนล่วงหน้า การทบทวนบทเรียนการประเมินตนเองโดยการทำแบบฝึกหัดออนไลน์ที่นักศึกษาสามารถทราบคะแนนการทำแบบฝึกหัดได้ตลอดเวลาอย่างเป็นอิสระ

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่ด้วย Edmodo วิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อการจัดการเรียนรู้รายวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

3. วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำหลักการของเอ็ดดี้โมเดล (ADDIE Model) มาใช้เป็นขั้นตอนในกรดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ (Analysis: A) การออกแบบ (Design: D) การพัฒนา (Development: D) การนำไปใช้ (Implementation: I) และการประเมินผล (Evaluation: E) (ณัฐกร สงคราม,.2554) รายละเอียดดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ (A) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงของวิทยาลัยเทคนิคแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ความต้องการจากการศึกษาผลการเรียนและการสอบถาม พบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์เนื้อหา พบว่าผู้เรียนศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับการออกแบบเว็บไซต์ในงานธุรกิจ การใช้สี การใช้ตัวอักษร การใช้รูปภาพการออกแบบกราฟิก และภาพเคลื่อนไหวสำหรับเว็บไซต์ ระบบนำทางเว็บไซต์ (Navigation) ส่วนติดต่อ ผู้ใช้งานแม่แบบเอกสารเว็บ และสร้างเว็บไซต์กรณีศึกษาเมื่อเรียนครบตามหลักสูตรรายวิชา วิเคราะห์โครงสร้าง รายวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ รหัสวิชา 30204-2103 กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จำนวน 4 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต (2-2-3) สมรรถนะรายวิชาแสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการออกและพัฒนาแบบเว็บไซต์ ออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ในงานธุรกิจ ดังนั้น เนื้อหาการพัฒนาเว็บไซต์ การเข้าใจวัตถุประสงค์ของเว็บไซต์และการวางแผนการพัฒนาที่มีระบบ การพัฒนาเว็บไซต์ การใช้โปรแกรมและเครื่องมือที่เหมาะสมในการสร้างเว็บเพจ สภาพแวดล้อมการจัดการเรียนการสอนเน้นการปฏิบัติจริง สามารถจัดการเรียนการสอนได้หลากหลายรูปแบบ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในหลักการ วิธีการและการดำเนินงาน มีทักษะการปฏิบัติงานตามแบบแผน และปรับตัวได้ภายใต้ความเปลี่ยนแปลง สามารถบูรณาการและประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิชาการที่สัมพันธ์กับวิชาชีพ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการตัดสินใจ วางแผน แก้ปัญหาบริหารจัดการประสานงานและประเมินผลการดำเนินงานได้อย่างเหมาะสม มีส่วนร่วมในการวางแผนและพัฒนาริเริ่มใหม่ มีความรับผิดชอบต่อตนเอง ผู้อื่นและหมู่คณะ รวมทั้งมีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ เจตคติและกิจนิสัยที่เหมาะสมในการทำงาน (สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ, 2563) เมื่อวิเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่า กระบวนการเรียนการสอนวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงโดยทั่วไปจะเป็นแบบครูผู้สอนเข้าสอนนักศึกษาที่นั่งเรียนรวมกันในห้องเรียน ซึ่งปัจจุบันการเรียนผ่านระบบออนไลน์มีบทบาทมากขึ้น ซึ่งเหมาะสมต่อความเป็นส่วนตัวโปรแกรม Edmodo เป็นหนึ่งในระบบการสอนออนไลน์ที่ให้ความเป็นส่วนตัวแก่ห้องเรียนและความสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เสมือนเล่น Facebook และการใช้ Edmodo ในการพัฒนาบทเรียนจึงเป็นวิธีที่ดีในการเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนการสอนและการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล โปรแกรม Edmodo มีการเชื่อมโยงกับ Facebook ซึ่งเป็นที่นิยมของผู้เรียนจะทำให้เข้าถึงได้ง่าย สามารถพูดคุย ให้ความคิดเห็น ผู้เรียนสามารถส่งงานทางออนไลน์ และครูสามารถกดถูกใจ แล้วให้ความคิดเห็นนั้นได้เลย อีกทั้งยังสามารถสร้างกลุ่มห้องของตนเองโดยให้

ผู้เรียนห้องนั้นส่งงานได้เลย เช่น นักศึกษาห้องหนึ่งทำ Clip Video ขึ้นมาแต่ไม่อยากให้นักศึกษาห้องอื่นเห็นก็สามารถ Post ลงกลุ่มของตนเองได้

3.2 การออกแบบ (D) ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์จากขั้นตอนแรกมาพิจารณากำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ออกแบบบทเรียนให้ตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน ออกแบบประเภทของการเรียนรู้ ออกแบบบริบทที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การบ้าน การทำงาน การฝึกปฏิบัติการ และการเรียนรู้ร่วมกัน รวมทั้งออกแบบการวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วย โดยการออกแบบบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดกาเย่ ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1

3.3 การพัฒนา (D) ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Edmodo ในการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่ ซึ่งมี 9 ขั้นตอน ดังนี้

1) กระตุ้นดึงดูดความสนใจ (Gain Attention) เป็นการสร้างแรงจูงใจและเร้าความสนใจให้ผู้เรียนอยากเข้าไปศึกษาบทเรียน โดยผู้วิจัยพัฒนาบทเรียนผ่านโปรแกรม Edmodo ที่สามารถนำเสนอเนื้อหาที่เรียงจากเนื้อหาที่ยากไปง่าย ชัดเจนในการอธิบายเนื้อหาที่เน้นความกระชับและเข้าใจง่าย ออกแบบให้สวยงาม ภาพคมชัด ภาษาเสียงมีคุณภาพ สี และตัวอักษรที่สวยงาม เด่น สะดุดตา ชวนให้ติดตามบทเรียน ทำให้ผู้เรียนอยากเปิดเข้าไปดู ผู้เรียนสามารลงทะเบียนเข้าใช้งานด้วย E-mail ผู้เรียนตั้งค่าบัญชีผู้ใช้งานเอง เมนูด้านบนประกอบด้วย Calendar ส่วนที่ใช้สำหรับบันทึกปฏิทิน Grade ส่วนที่เป็นคะแนน/ความก้าวหน้าทางการเรียน Library คลังตู้เก็บเอกสาร ซึ่งสามารถสร้างตู้เก็บทั้งไฟล์และ Links ต่างๆ

2) การแจ้งวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Inform Learners of Objectives) บทเรียนออนไลน์ รูปแบบ Post และ Reply ผู้วิจัยออกแบบบทเรียนลักษณะ Text box สำหรับพิมพ์ข้อความหรือบันทึกต่าง ๆ ตัวเลือกแนบไฟล์ ลิงค์ และ Library ซึ่งสามารถเลือกได้ว่าจะส่งไปที่กลุ่มหรือบุคคล

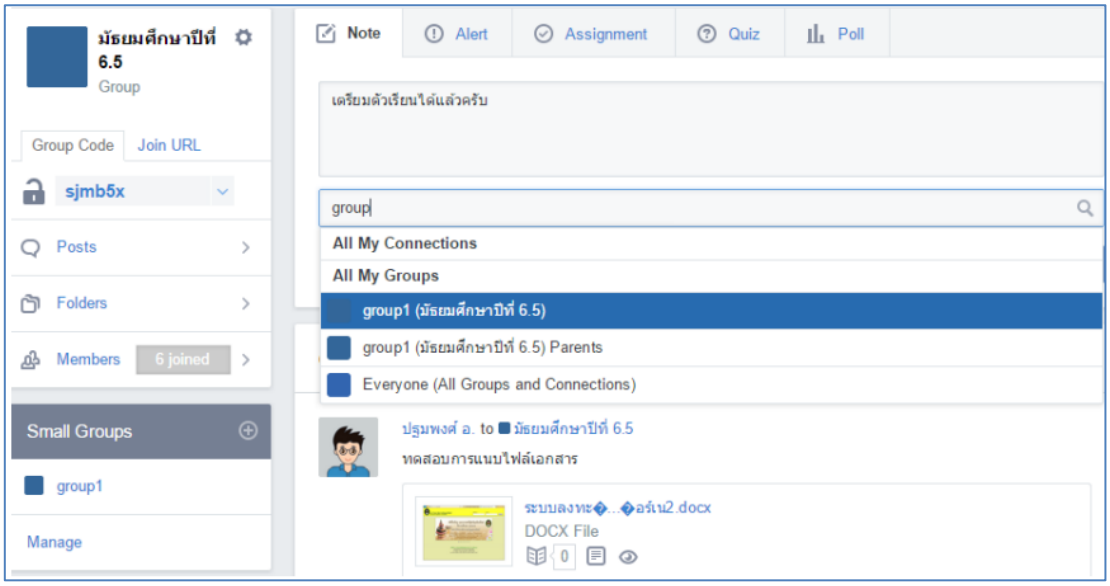
3) การกระตุ้นให้ระลึกถึงความรู้เดิม (Simulate Recall of Prior Learning) ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ก่อนเข้าสู่บทเรียนเนื้อหาใหม่ เพื่อเป็นการประเมินความรู้เดิมของผู้เรียนและดึงความรู้เดิมที่เคยเรียนรู้มาใช้สำหรับเรียนรู้เนื้อหาใหม่ ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบการโพสต์เพื่อสร้างแบบทดสอบออนไลน์ (สามารถจับเวลาได้) 4 ชนิด ดังนี้ Multiple choice, True False, Short Answer, และ Fill in the blank

รูปที่ 1 เหตุการณ์สอน 9 ขั้นตอนตามแนวคิดของกาเย่

4) การนำเสนอเนื้อหาใหม่ (Present the Content) เมื่อผู้เรียนระลึกถึงความรู้ เดิมแล้วจึงนำเสนอเนื้อหาความรู้ ใหม่ รูปแบบการนำเสนอเนื้อหา มีหลายลักษณะ เช่น การนำเสนอโดยใช้ ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก กราฟ แผนภาพ ตาราง ภาพเคลื่อนไหววีดิทัศน์ และเสียง ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ง่าย และเรียนรู้ได้รวดเร็ว ตลอดจนมีความคงทนในการเรียนรู้จดจำได้นานขึ้น

5) การให้แนวการเรียนรู้ (Provide Learning Guidance) คือการกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้ เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิด วิเคราะห์ และลงมือทำกิจกรรมต่างๆ รูปแบบ Learning box เป็นชุดการเรียนรู้ที่ถูกออกแบบขึ้นมา ให้เหมาะกับวัยของผู้เรียน และสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ต้องออกแบบให้เหมาะกับบริบทของพื้นที่หรือชุมชนของผู้เรียน และสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในรูปแบบการเรียนแบบ On-hand และ Online โดยเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ และปฏิบัติด้วยตนเอง นอกจากนี้ผู้ปกครองยังเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอน เช่น คอยดูแล ติดตาม จัดการเรียนรู้ร่วมกับลูกหลานช่วงที่อยู่บ้าน ร่วมประเมินผล ในแบบบันทึกทักษะในชุดการเรียน พร้อมทั้งการประเมินโดยใช้แอปพลิเคชัน Starfish Class

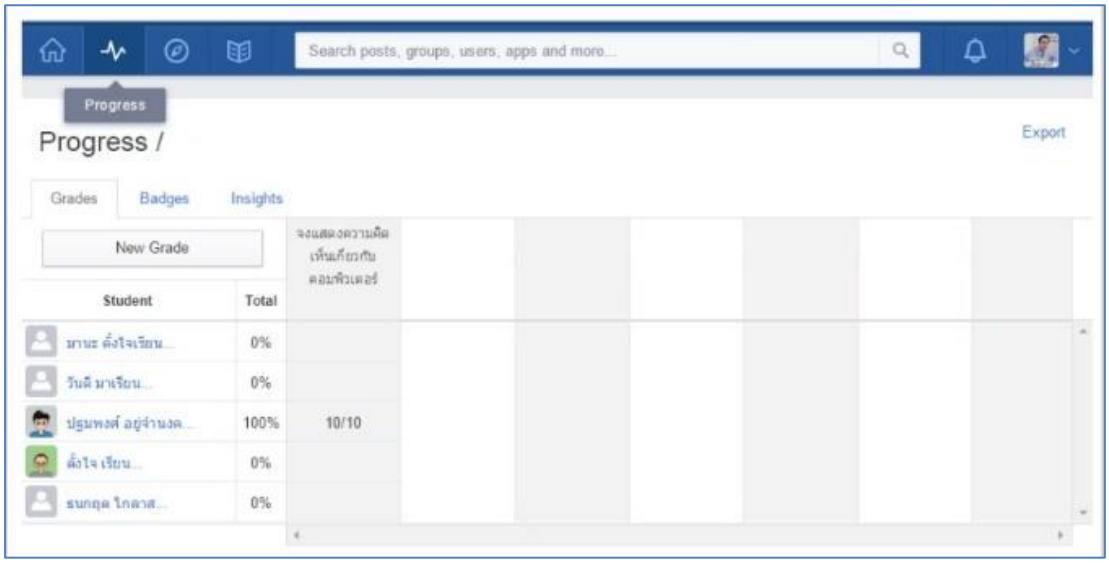
บทเรียนออนไลน์ด้วยโปรแกรม Edmodo สามารถสร้างกลุ่มย่อยในกลุ่มใหญ่ได้ ซึ่ง สมาชิกในกลุ่มย่อยสามารถทำงานติดต่อสื่อสาร ระหว่างกันในกลุ่มได้ โดยที่สมาชิกทั้งหมดในกลุ่มใหญ่ จะไม่สามารถเห็นการโต้ตอบกันในกลุ่มย่อยได้ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กิจกรรมการเรียนในบทเรียนออนไลน์การสร้างกลุ่มย่อยในกลุ่มใหญ่

6) การกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความสามารถ (Elicit Performance) โดยให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่างๆ เชิงโต้ตอบ กับบทเรียน แสดงความคิดเห็น เลือกกิจกรรม และมีปฏิสัมพันธ์กับระหว่างเพื่อน ครู ผู้ปกครอง ซึ่งบทเรียนออนไลน์ที่ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบช่วยอำนวยความสะดวกในการสื่อสารระหว่างผู้สอน ผู้เรียนและผู้ปกครองของนักศึกษา สามารถติดตามกิจกรรมการเรียนรู้ได้ ผู้สอนสามารถจัดหาสื่อการสอน เช่น คำถามภาพถ่ายวิดีโอการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน บทเรียนอำนวยความสะดวกให้ครูในการตั้งคำถามจากทุกที่ทุกเวลา นอกจากนี้ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดสื่อการสอนเหล่านี้เพื่อไปศึกษาเพิ่มเติมได้ซึ่ง ให้ความเป็นส่วนตัวของห้องเรียน และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เสมือนเล่น Facebook จึงทำให้ห้องเรียนมีความน่าสนใจและเหมาะกับสถานการณ์ในปัจจุบัน

7) การให้ข้อมูลป้อนกลับ (Provide Feedback) แก่ผู้เรียนหลังจากที่ได้ทำกิจกรรม แบบฝึกหัดหรือตอบคำถามต่างๆ ว่าที่ทำไปนั้นถูกหรือผิดทราบผลคะแนนทันที ผู้สอนและผู้เรียนสามารถสะท้อนผลการประเมินตนเองเพื่อกระตุ้น ความก้าวหน้า การเสริมแรงเพื่อการปรับปรุงพัฒนาเรียนรู้ต่อยอด



รูปที่ 3 ผู้สอนและผู้เรียนสามารถเข้าดูคะแนนได้

8) การทดสอบความรู้ใหม่ (Assess Performance) โดยแบบทดสอบเรียงตามลำดับของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยแบบทดสอบได้ผ่านการประเมินความสอดคล้องของจุดประสงค์กับเนื้อหาสาระจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านโดยคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไปมาใช้เป็นแบบทดสอบ

9) การส่งเสริมความคงทนในการเรียนรู้และการนำความรู้ไปใช้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างกิจกรรม Backpack (ห้องเก็บเอกสารส่วนตัว) สำหรับผู้เรียน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการจัดเก็บเอกสารส่วนตัวได้หลากหลายรูปแบบ และสามารถแบ่งปันเอกสารไปยังกลุ่มได้หรือกลับเข้าห้องเก็บเอกสารส่วนตัวเพื่อทบทวนความรู้เดิม

ในการออกแบบการเรียนการสอนให้ประสบผลสำเร็จในการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยได้คำนึงถึงจุดประสงค์ของการเรียนที่กำหนดไว้ ระยะ เวลาในการเรียน รวมถึงความแตกต่างของรูปแบบการเรียนรู้ และรูปแบบการคิดของผู้เรียนเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนการออกแบบบทเรียนและการประเมินผลการเรียนจากจุดเด่นของการเรียนการสอนที่ทำให้ความสัมพันธ์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนและเพื่อนผู้เรียนคนอื่นๆ ทำให้ผู้เรียนและผู้สอนใกล้ชิดกันมากขึ้นทำให้ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างกันได้โดยสะดวก สามารถเข้าใจเพื่อนร่วมชั้นเรียนและเคารพเพื่อนร่วมชั้นเรียนมากขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในตนเองมากขึ้น นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้รับผลป้อนกลับจากการเรียนได้โดยทันที ซึ่งเป็นการส่งเสริมพัฒนาการในการเรียนของผู้เรียนแต่ละคนให้เต็มตามศักยภาพที่ผู้เรียนแต่ละคน

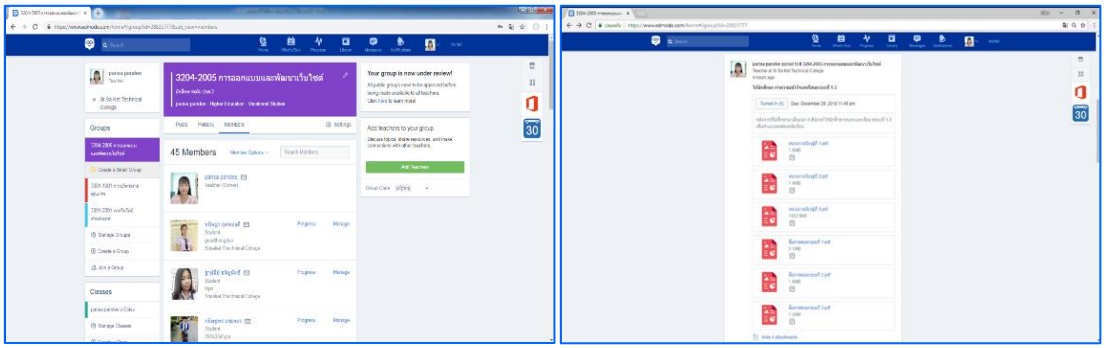
3.4 การนำไปใช้ (I) บทเรียนออนไลน์รายวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ เลือกนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ จำนวน 40 คน ได้มาโดยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ก่อนนำไปใช้ได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ วิธีการใช้เครื่องมือและแนะนำวิธีการใช้บทเรียนออนไลน์ให้นักศึกษาได้เข้าใจและขอคำยินยอมตามข้อตกลงในการเรียน ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วให้นักศึกษาศึกษาบทเรียนออนไลน์ผ่านโปรแกรม Edmodo โดยเริ่มจากหน่วยที่ 1 หน่วยที่ 2 และหน่วยที่ 3 ตามลำดับ เมื่อนักศึกษาศึกษาบทเรียนจนจบแล้วจึงให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest)

3.5 การประเมินผล (E) บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น ได้ผ่านการประเมินและทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาสื่อและเทคโนโลยี จำนวน 5 คน (IOC = 1.00) และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนนำไป

ทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่าง การประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ ประกอบด้วย การหาประสิทธิภาพของบทเรียนด้วย E1/E2 (มนตรี แย้มกสิกร, 2551) โดยผู้วิจัยกำหนดมาตรฐานไว้ที่ 80/80 และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยการทดสอบที (t-test)

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่ด้วย Edmodo ได้บทเรียนออนไลน์ที่ผสมผสานระหว่าง e-Learning และ Social Network มีประโยชน์ในกระบวนการการเรียนรู้ ดังนี้ 1) ช่วยให้ครูสร้างห้องเรียนออนไลน์ ที่นักเรียนสามารถเข้าร่วมและส่งงานได้ 2) นักเรียนสามารถส่งและรับไฟล์ผ่าน Edmodo และอัพเดตข้อมูลได้ทันที 3) ครูและนักเรียนสามารถติดต่อ สื่อสารกันและแบ่งปันเนื้อหาในรูปแบบออนไลน์ และ 4) ครูสามารถตรวจสอบกำหนดการส่งงานสถานะการส่งงาน และให้คะแนนงานผ่านเว็บไซต์ Edmodo ตัวอย่างหน้าจอบทเรียนแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กิจกรรมการเรียนในบทเรียนออนไลน์

4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ ที่พัฒนาตามแนวคิดของกาเย่ด้วย Edmodo ด้วยค่า E1/E2 พบว่า บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ระดับ 80/80 โดยได้ค่าประสิทธิภาพจากกระบวนการ (E1) เท่ากับ 88.94 และค่าประเมินประสิทธิภาพจากผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 89.25 ดังตารางที่ 1 ซึ่งค่า E1 จะเป็นส่วนที่รวมคะแนนที่ได้การประเมินระหว่างเรียนรู้ด้วยแบบบันทึกทักษะและแอปพลิเคชัน Starfish Class ส่วนค่า E2 ได้จากการวิเคราะห์จากแบบทดสอบหลังเรียน

ตารางที่ 1 ผลการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่ด้วย Edmodo วิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

รายการ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ประสิทธิภาพ
ประสิทธิภาพจากกระบวนการ (E1)	40	30	16.50	3.21	88.94
ประสิทธิภาพจากผลลัพธ์ (E2)	40	30	21.17	3.16	89.25

4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง รายวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังได้รับการจัดการเรียนรู้มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการเรียนผ่านบทเรียนออนไลน์

การทดสอบ	N	$\bar{x}$	SD	df	t	P-value
ก่อนเรียน	40	16.50	3.21	38	20.79**	0.000
หลังเรียน	40	21.18	3.16			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่เพื่อพัฒนาการเรียนรู้รายวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่ผ่านกระบวนการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นระบบ 5 ขั้นตอน และมีแนวคิดของกาเย่ รองรับจะทำให้บทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี จากที่กล่าวมาสามารถสรุปองค์ประกอบที่สำคัญที่บทเรียนบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่ เป็นบทเรียนออนไลน์เป็นระบบการเรียนรู้ที่ผสมผสานระหว่าง e-Learning และ Social Network มีประโยชน์ในกระบวนการการเรียนรู้ ดังนี้ 1) ช่วยให้ครูสร้างห้องเรียนออนไลน์ ที่นักเรียนสามารถเข้าร่วมและส่งงานได้ 2) นักเรียนสามารถส่งและรับไฟล์ผ่าน Edmodo และอัพเดตข้อมูลได้ทันที 3) ครูและนักเรียนสามารถติดต่อสื่อสารกันและแบ่งปันเนื้อหาในรูปแบบออนไลน์ และ 4) ครูสามารถตรวจสอบกำหนดการส่งงานสถานะการส่งงานและให้คะแนนงานผ่าน Edmodo ผลการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่เพื่อพัฒนาการเรียนรู้รายวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พบว่า บทเรียนมีประสิทธิภาพ 88.94/89.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ และผลการศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อเปรียบเทียบคะแนนจากการทดสอบก่อนและหลังเรียนของนักศึกษา พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 ผลการพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่เพื่อพัฒนาการเรียนรู้รายวิชาการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ แสดงว่าบทเรียนผู้ที่วิจัยสร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพน่าเชื่อถือเพราะได้ผ่านการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญ โดยมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากการออกแบบการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ การออกแบบบทเรียนออนไลน์ผู้วิจัยได้ยึดหลักแนวความคิดของกาเย่ 9 ขั้นตอนมาช่วยในการออกแบบบทเรียนทำให้บทเรียนมีประสิทธิภาพองค์ประกอบของบทเรียนมีดังต่อไปนี้ มีคำชี้แจงให้ทราบรายละเอียดต่างๆ มีคู่มือการใช้งาน ส่วนเนื้อหาการเรียน ได้แบ่งออกเป็น 9 หน่วยการเรียน ในแต่ละหน่วยได้แบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยๆ ให้ผู้เรียนได้ศึกษาเนื้อหาตามลำดับจากง่ายไปยากและผู้เรียนยังสามารถที่จะเลือกเรียนรู้ หรือทบทวนหัวข้อที่ตนเองต้องการได้ การนำเสนอเนื้อหาความรู้ของบทเรียนออนไลน์ นำเสนอในรูปแบบของ PowerPoint มีการบรรยายพร้อมสาธิต เนื้อหาความรู้พร้อมขั้นตอนการทำอย่างละเอียดเมื่อผู้เรียนศึกษาจบในแต่ละหน่วย สามารถทำแบบทดสอบเพื่อเป็นการวัดความรู้ทางการเรียน เมื่อทำสำเร็จแล้วผู้เรียนสามารถทราบผลของแบบทดสอบเป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและครูผู้สอน และสามารถวัดทักษะของผู้เรียนโดยการประเมินผลในแบบบันทึกทักษะในชุดการเรียน พร้อมทั้งการประเมินโดยใช้แอปพลิเคชัน Starfish Class อีกทั้งผู้เรียนสามารถศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองได้ตลอดเวลา ไม่จำกัดสถานที่เป็นการตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนสามารถย้อนกลับไปทบทวนบทเรียนเดิมได้ตลอดเวลามีห้องสนทนา (chat) มีกระดานเสวนา (web board) ผู้เรียนสามารถ

แลกเปลี่ยนความคิด หรือสอบถามครูผู้สอนเมื่อเกิดข้อสงสัย ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยของ กัลยาณี รจิตรังสรรค์ (2557) เรื่องการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้บนสื่อออนไลน์ Edmodo รายวิชาคอมพิวเตอร์ 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปี 3 ที่พบว่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้บนสื่อออนไลน์ Edmodo รายวิชาคอมพิวเตอร์ 3 มีค่าประสิทธิภาพ E1/E2 ตามเกณฑ์ 80/80

5.2.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มีค่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากบทเรียนที่พัฒนาขึ้นผ่านกระบวนการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นระบบ 5 ขั้นตอน และมีแนวคิดของกาเย่ รองรับ เหตุการณ์ 9 ขั้นตอน มาช่วยในการออกแบบบทเรียนออนไลน์ทำให้ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นสะท้อนมาจากการทำแบบทดสอบจึงส่งผลให้บทเรียนมีประสิทธิภาพ อีกทั้งเป็นการเปิดโอกาสให้กับผู้เรียนที่มีความแตกต่างกันทั้งด้านความรู้ความสามารถ ได้มีโอกาสใช้เวลาในการศึกษาบทเรียนนอกเวลาเรียนในการเพิ่มเติมความรู้ได้ทุกที่ทุกเวลาและบ่อยครั้งเท่าที่ต้องการ ผู้เรียนที่ยังไม่เข้าใจเนื้อหาหรือเข้าใจน้อยสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ตลอดเวลา ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยของมิสปิยะฉัตร์ จันทร์สุวรรณ (2558) ที่พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ผ่านสื่อออนไลน์ Edmodo โดยเชื่อมโยงกับ Quest base หน่วยการเรียนรู้เรื่อง Language ของนักศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้สอนที่ต้องการเน้นกระบวนการเรียนรู้แบบรับรู้ ทำซ้ำและเรียกคืน ทำให้ผู้เรียนจดจำได้ในระยะเวลารวดเร็วและสามารถกระตุ้นให้เกิดความตั้งใจด้วยคำถามทบทวน ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในการเรียน ควรคำนึงถึงความเหมาะสมของเนื้อหากับเทคนิคที่นำมาใช้ และความน่าสนใจของสื่อด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยมีประโยชน์ต่อผู้สอนในทุกระดับ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาบทเรียนด้วยระบบการจัดการเรียนรู้ผ่านเว็บซึ่งเป็นระบบที่สามารถจัดทำบทเรียนและแบบทดสอบได้ตามที่ผู้สอนต้องการสามารถบันทึกข้อมูลการ เข้าใช้ระบบ บันทึกผลการทำแบบทดสอบ โดยสามารถวิเคราะห์แบบทดสอบของนักศึกษา เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ผู้เรียน สามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง แต่ผู้เรียนควรมีความรับผิดชอบในการเรียน ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้โดยบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ของผู้เรียนบรรลุตามจุดมุ่งหมายและเกิดประสิทธิผลในการเรียนรู้ได้อย่างแท้จริง โดยผู้สอนคอยช่วยชี้แนะเมื่อผู้เรียนไม่เข้าใจ ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรมีการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ในรายวิชาอื่น ๆ รวมทั้งใช้แอปพลิเคชันและเทคนิคที่น่าสนใจ

7. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์ ขอขอบคุณครอบครัว พี่น้องร่วมรุ่นหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (คอมพิวเตอร์) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และตลอดจนผู้มีพระคุณที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่สามารถกล่าวได้หมด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและกำลังใจอันดียิ่งจากทุกท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กัลยาณี รจิตรังสรรค์. (2557). **การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้บนสื่อออนไลน์ edmodo รายวิชาคอมพิวเตอร์ 3 ง23103 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. โรงเรียนจ่านกร้อง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 39.

กุลธิดา ทุ่งคาใน. (2564). “การเรียนรู้แบบผสมผสาน Blended Learning ในวิถี New Normal”. **วารสารครุศาสตร์สารคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.** 15(1) : 29-43.

ณัฐกร สงคราม. (2554). **การออกแบบและพัฒนามัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนตรี แย้มกสิกร. (2551). “เกณฑ์ประสิทธิภาพในงานวิจัยและพัฒนาสื่อการสอน : ความแตกต่าง 90/90 standard และ E1/E2”. วารสารศึกษาศาสตร์. 19(1) : 1-16.

มิสปิยะฉัตร์ จันทร์สุวรรณ. (2558). **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ Edmodo โดยเชื่อมโยงกับ Quest base หน่วยการเรียนรู้เรื่อง Language ของนักศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. วิทยานิพนธ์.

ศักดิ์คเรศ ประกอบผล. (2564). “การเข้าใจดิจิทัลกับการเรียนรู้ตลอดชีวิตสู่การเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์”. **วารสารครุศาสตร์สารมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา**. 15(1) : 1-12.

อมรรัตน์ แซ่กวั่ง. (2559) การจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อใหม่. **วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี**. 8 (1) : 251-274.

สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ. (2563). “หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2563 สาขาวิชาเทคโนโลยีธุรกิจดิจิทัล”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://bsq.vec.go.th .** สืบค้นเมื่อ 8 กรกฎาคม 2566.

คุณค่าทางวิชาการ

การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดของกาเย่เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษาในระดับอาชีวศึกษานี้เป็น การนำบทเรียนออนไลน์มาใช้ในการวิจัยเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและนวัตกรรมเทคโนโลยีร่วมสมัย เกิดเป็นรูปแบบการเรียนที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถประยุกต์ใช้กับการศึกษาในระดับต่างๆ ได้

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันออกแบบลวดลายสำหรับการสานพัดไม้ไผ่

ณัชภัค ผลถวิล[1] ปิยะพงษ์ แดงขำ[2*]
สาขาวิชาวิศวกรรมการสื่อสารและสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี[1 2*]
อีเมล์ : piyapong.d@lawasri.tru.ac.th[2*]

วันที่รับบทความ 20 ธันวาคม 2566
วันแก้ไขบทความ 4 มีนาคม 2567
วันตอบรับบทความ 18 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเว็บแอปพลิเคชันสำหรับออกแบบลวดลายพัดสานไม้ไผ่ เนื่องจากผู้ใช้งานมีความต้องการที่จะออกแบบลวดลายพัดสาน แต่ไม่สามารถออกแบบและสานพัดตามที่ต้องการได้ ผู้วิจัยได้พัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันเพื่อช่วยผู้ที่มีความสนใจในการออกแบบพัดสานไม้ไผ่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดความยุ่งยากและประหยัดเวลาในการออกแบบ รวมไปถึงแสดงวิธีการทำพัดสานไม้ไผ่ให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน แอปพลิเคชันนี้จึงถูกออกแบบหน้าจอผู้ใช้งานให้มีขั้นตอน 1) เลือกลายพื้นหลัง 2) เลือกภาพสัญลักษณ์ 3) ระบุข้อความ และ 4) แสดงขั้นตอนการสาน ผลการประเมินประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันจากผู้ใช้งาน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.39, S.D. = 0.58)

คำสำคัญ : เว็บแอปพลิเคชัน ออกแบบลวดลาย พัดสาน

The Web Application Development of Pattern-Design for Bamboo Woven Fan

Natchapak Pontawin[1], Piyapong Dangkham[2*]
Communication and Information Engineering,
Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University[1,2*]
E – mail : piyapong.d@lawasri.tru.ac.th[2*]

Received 20 December 2023
Revised 4 March 2024
Accepted 18 March 2024

Abstract

This research is to create a web application for design bamboo fan patterns. The pain point is about the limit of user ability for design new bamboo fan patterns. The purpose is to simplify and save designing process time. Including how to make bamboo fan to meet the needs of users. The application has 4 steps to create the bamboo fan patterns; 1) select the background 2) select the icon 3) fill the text and 4) generate the procedure. The overall results of the application performance evaluation by users indicate a high level of performance ($\bar{x}$ = 4.39, S.D. = 0.58)

Keywords : web application, pattern-design, bamboo fan

1. บทนำ (Introduction)

พัดสานเป็นวัสดุจักสานรูปแบบหนึ่งที่คนไทยในสมัยก่อนคุ้นชินในการโบกพัดเตาไฟ หรือใช้โบกเมื่ออากาศร้อนเพื่อให้ร่างกายรู้สึกเย็นลง ปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบลวดลายพัดสานให้มีความสวยงามประณีต ซึ่งจะทำให้พัดสานมีมูลค่าเพิ่ม ในแต่ละลวดลายมีขั้นตอนการสานที่ยากง่ายไม่เท่ากัน

งานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มมูลค่าของวัสดุจักสานด้วยการออกแบบลวดลายให้มีความเป็นเอกลักษณ์ ถูกนำเสนอในงานวิจัยของ ทรัพย์ อมรภิญโญ (2564) ที่นำวัสดุท้องถิ่นมาเพิ่มมูลค่าของกลุ่มจักสานชุมชนบ้านไชยา จังหวัดหนองคาย โดยส่งเสริมให้ชุมชนมีองค์ความรู้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนให้มีมูลค่าเพิ่ม ตอบสนองความต้องการของลูกค้า และยังคงอัตลักษณ์ทางภูมิปัญญาผสมผสานกับการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ชุมชนได้มีการทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ต้นแบบในตลาดจริงพบว่า ผลิตภัณฑ์ ได้รับการตอบสนองที่ดีต่อผู้บริโภค โดยการออกแบบลวดลายของเครื่องจักสานยังปรากฏในงานวิจัยของ ชุติมา งามพิพัฒน์ (2565) ในเรื่องการศึกษาและพัฒนาลวดลายเครื่องจักสานภาคกลาง สำหรับการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เครื่องประดับร่วมสมัย เป็นงานวิจัยที่เพิ่มขอบเขตเครื่องใช้ไปเป็นเครื่องประดับโดยได้เสนอการแบ่งลวดลายออกเป็น 3 ลักษณะคือ 1) ลวดลายพื้นฐาน ถือเป็นลายแม่บท สำหรับการสานทั่วไป มี 6 ลาย คือ ลายขัด ลายสอง ลายสาม ลายตาหลิ่ว ลายขอ ลายบองหยอง 2) ลวดลายพัฒนา เป็นลายที่ช่างจักสานในอดีตได้คิดค้นพัฒนาขึ้นมา มี 5 ลาย คือ ลายบ้า ลายดีด้าน ลายเฉลาเกล็ดเต่า ลายดอกชิง ลายดีหล่ม 3) ลวดลายประดิษฐ์ เป็นลวดลายที่คิดค้นประดิษฐ์ ในขณะที่การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานไม้ไผ่โดยการต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นแบบมีส่วนร่วมของชุมชนของ ธวัชชัย เทียนประทีป (2561) ได้เสนอในด้านการศึกษาวิเคราะห์ ข้อดี ข้อบกพร่องเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการสังเกต สัมภาษณ์เพื่อนำข้อมูลมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ด้านการจักสาน ด้านการออกแบบ และด้านการผลิตผลิตภัณฑ์ช่วยในการแนะนำ งานวิจัยที่เน้นการออกแบบให้แสดงอัตลักษณ์ท้องถิ่นเพื่อต่อยอดผลิตภัณฑ์ถูกนำเสนอในบทความเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์และอัตลักษณ์ผลิตภัณฑ์เครื่องจักรสานพบพระทรายงาม ตำบลพบพระ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก (ปุณณดา ทรงอิทธิสุข และวนัสนันท์ ศิริรัตนะ. 2565) งานวิจัยนี้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นมีลักษณะแตกต่าง จากผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่ ที่สำคัญสามารถสนองความต้องการเดิมหรือใหม่ของผู้ซื้อได้ ลวดลายที่แต่ละงานวิจัยเสนอเป็นการออกแบบที่สวยงามและเป็นเอกลักษณ์ ในขณะที่งานวิจัยของไพฑูรย์ งิ้วทั่ง (2560) ไม่ได้ทำการออกแบบลวดลาย แต่ได้พัฒนาฐานข้อมูลระบบสารสนเทศเพื่อรวบรวมลายเครื่องจักสานเพื่อการอนุรักษ์และใช้ในการสอนการถักสาน

จากงานวิจัยข้างต้น สังเกตได้ว่าลวดลายที่ออกแบบจะต้องมีนักวิชาการร่วมอยู่ด้วย และยังไม่เปิดเผยขั้นตอนการทำ ผู้วิจัยจึงทำการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันออกแบบลวดลายสำหรับการสานพัดไม้ไผ่ ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชันออกแบบลายพัดสานให้มีความแตกต่าง โดดเด่น และมีลักษณะเฉพาะตามความต้องการของผู้ใช้งาน เว็บแอปพลิเคชันจะพัฒนาในรูปแบบเว็บไซต์เพื่อง่ายต่อการใช้งาน โดยผู้ใช้งานสามารถออกแบบลวดลายเฉพาะตัว แล้วเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาจะแนะนำวิธีสานพัดให้ได้ลวดลายตามที่ออกแบบไว้

2. วัตถุประสงค์

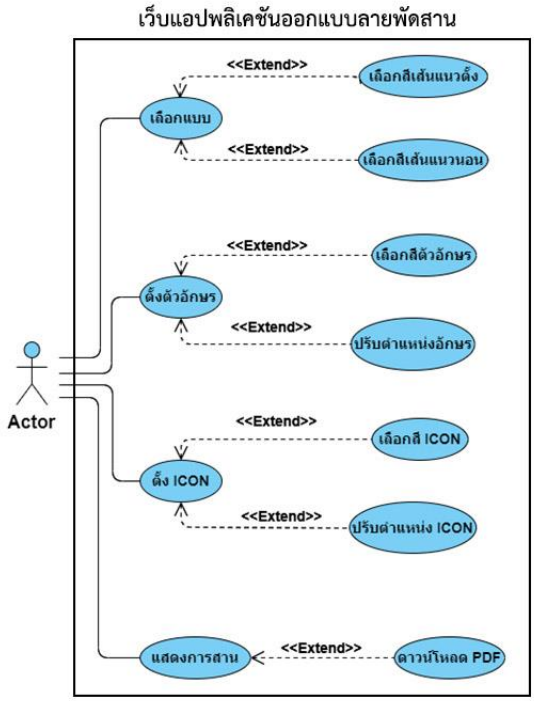
2.1 เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันออกแบบลวดลายสำหรับการสานพัดไม้ไผ่ตามที่ผู้ใช้งานออกแบบไว้ได้

2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการแนะนำวิธีสานพัดเว็บแอปพลิเคชันออกแบบลวดลายสำหรับการสานพัดไม้ไผ่

3. วิธีการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การวิเคราะห์และออกแบบระบบจะใช้แผนภาพยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language: UML) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในระบบที่มีมุมมองเชิงวัตถุ ในการวิเคราะห์ระบบจะเริ่มจากแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ซึ่งเป็นแผนรูปที่แสดงรายละเอียดการทำงานของผู้ใช้งานระบบ และความสัมพันธ์กับระบบย่อยภายในระบบใหญ่ โดยยูสเคสไดอะแกรมของระบบแสดงได้ดังรูปที่ 1

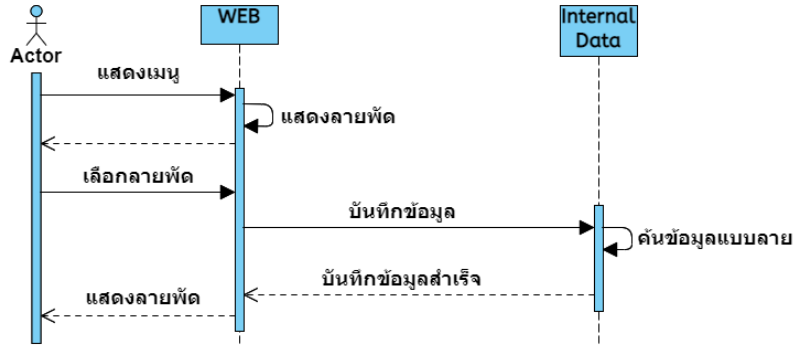


รูปที่ 1 แผนภาพยูสเคสของระบบ

จากรูปที่ 1 แสดงแผนภาพยูสเคสของระบบ จะพบว่ามียูสเคสย่อยในระบบ 4 งาน คือ 1) เลือกแบบ 2) ตั้งตัวอักษร 3) ตั้ง icon และ 4) แสดงการสาน ซึ่งมีรายละเอียดของยูสเคสย่อย ดังนี้

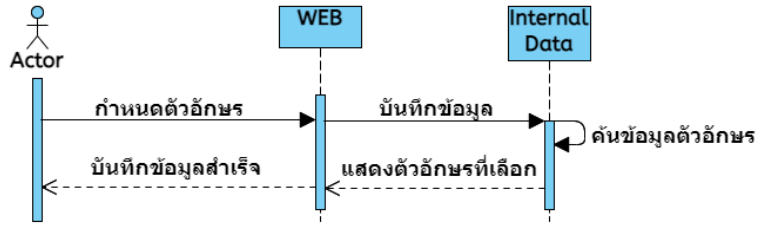
1) เลือกแบบ กำหนดลายพัดสานที่ต้องการเพื่อใช้เป็นภาพพื้นหลัง
2) ตั้งตัวอักษร กำหนดข้อความที่ต้องการลงบนพื้นหลังที่เป็นลายพัดสาน
3) ตั้ง icon กำหนด icon ที่ต้องการลงบนพื้นหลังที่เป็นลายพัดสาน
4) แสดงการสาน แสดงวิธีการสานพัดที่ออกแบบไว้

จากยูสเคสย่อย นำมาวิเคราะห์แผนภาพซีเควนซ์ (Sequence Diagram) แสดงการทำงาน และรายละเอียดของกิจกรรมแต่ละยูสเคส แผนภาพเหล่านี้เกิดขึ้นจากการมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) หรือการติดต่อสื่อสารกันระหว่างออบเจ็กต์ (Message) จากการวิเคราะห์การทำงานของยูสเคสในรูปที่ 1 สามารถแสดงแผนภาพซีเควนซ์ไดอะแกรมของยูสเคส เลือกแบบ แสดงได้ดังรูปที่ 2

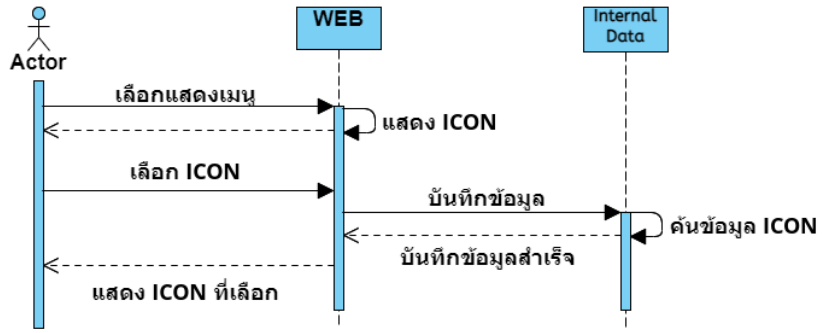


รูปที่ 2 แผนภาพซีเควนซ์ของยูสเคส เลือกแบบ

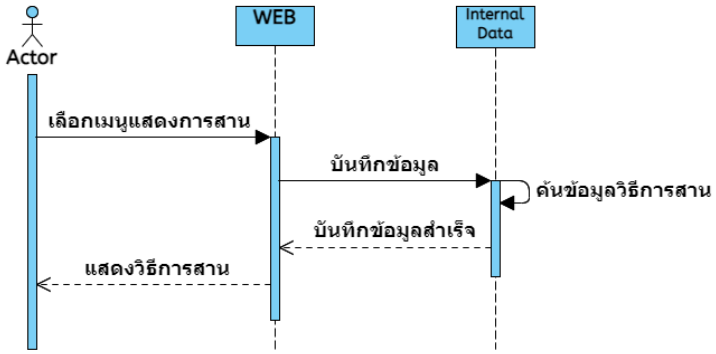
จากรูปที่ 2 แสดงลำดับการทำงานของยูสเคส เลือกแบบ โดยมีส่วนงานที่เกี่ยวข้อง 3 ส่วน คือ Actor, Web และ Internal Data ในขั้นตอนแรก Actor หรือผู้ใช้งานจะเป็นผู้เรียกใช้เว็บไซต์ให้แสดงรายชื่อลายพัดที่มีทั้งหมด หลังจากนั้นทำการเลือกลายพัดส่งไปยัง Web ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังส่วน Internal Data ที่ทำการเก็บข้อมูลลวดลายพัดสาน (รายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อ 3.2) และ Internal Data จะค้นไฟล์ลวดลายที่ต้องการนำมาให้ Web แสดงลวดลายพัดแก่ผู้ใช้งาน รูปที่ 3 – 5 แสดงแผนภาพซีเคสนซ์ของยูสเคสย่อยอื่น ๆ



รูปที่ 3 แผนภาพซีเควนซ์ของยูสเคส ตั้งตัวอักษร



รูปที่ 4 แผนภาพซีเควนซ์ของยูสเคส ตั้ง icon



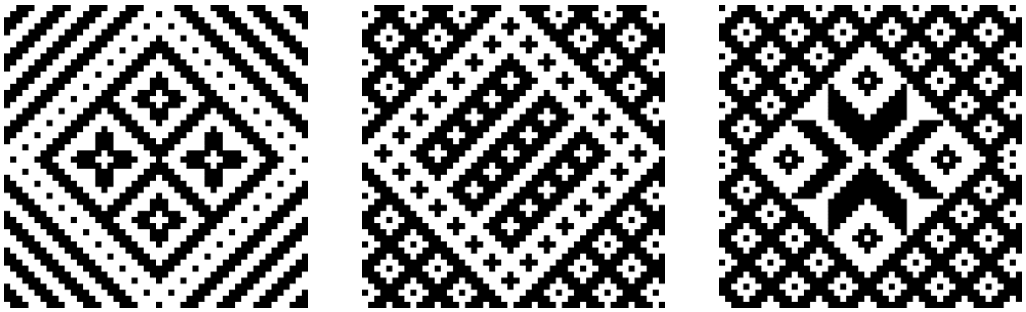
รูปที่ 5 แผนภาพซีเควนซ์ของยูสเคส แสดงการสาน

3.2 การจัดเก็บข้อมูลลวดลายพัดสาน

ในการแสดงลวดลายพัดสานจะทำการดึงข้อมูลที่จัดเก็บมาแสดงเป็นลวดลาย โดยมีการเก็บข้อมูลเป็น Hxx และ Vxx ซึ่ง H คือเส้นแนวนอน V คือเส้นแนวตั้ง และ xx คือจำนวนช่อง เช่น H02 V03 จะแสดงเป็น เส้นนอน 2 ช่อง เส้นตั้ง 3 ช่อง ตัวอย่างการจัดเก็บข้อมูลลายพัดสานแสดงได้ดังรูปที่ 6 โดยสีขาวแสดงถึงเส้นตั้ง (Vxx) และสีดำแสดงถึงเส้นนอน (Hxx) และการจัดเก็บข้อมูลลวดลายพัดสานในไฟล์ โดยจะเริ่มจากด้านซ้ายมือไปด้านขวามือ

รูปที่ 6 ตัวอย่างลวดลายพัด 1 แถว

จากรูปที่ 6 จะทำให้รูปแบบการจัดเก็บลวดลายพัดสานได้เป็น V01 H03 V01 H03 V01 H03 V01 H03 V01 H03 V03 H03 V01 H03 การจัดเก็บรูปแบบนี้จะบันทึกเป็นไฟล์ลวดลายพัดเพื่อให้ผู้ใช้งานได้เลือกเป็นลายพื้นหลัง โดยลายพัดที่ใช้เป็นพื้นหลังได้นำมาจากงานวิจัยการศึกษาภูมิปัญญาการสานพัดไม้ไผ่ของชุมชน อ.บ้านแพรก จ.พระนครศรีอยุธยา ตามแนวคิดคติชนวิทยาและอรรถศาสตร์ชาติพันธุ์ (พิมพ์ระวี เรืองวัฒกี. 2558) ซึ่งได้เลือกใช้ 19 แบบ ดังนี้ ลายสอง ลายสาม ลายเข็มขัดนาค ลายพูมะเฟือง ลายรังแตน ลายกังหัน ลายดอกดาว ลายดาวล้อมเดือน ลายบั้ง ลายหมากฮอส ลายเครือวัลย์ปลอม ลายไข่ปลา ลายขั้นบันได ลายดอกเก้า ลายดอกเครือวัลย์ ลายดอกโสร่ง ลายดอกสี่ ลายนกแก้วคู่ และลายไทย ตัวอย่างลายพื้นหลังแสดงได้ดังรูปที่ 7



ก) ลายเข็มขัดนาค ข) ลายรังแตน ค) ลายบั้ง

รูปที่ 7 ตัวอย่างลายพื้นหลัง

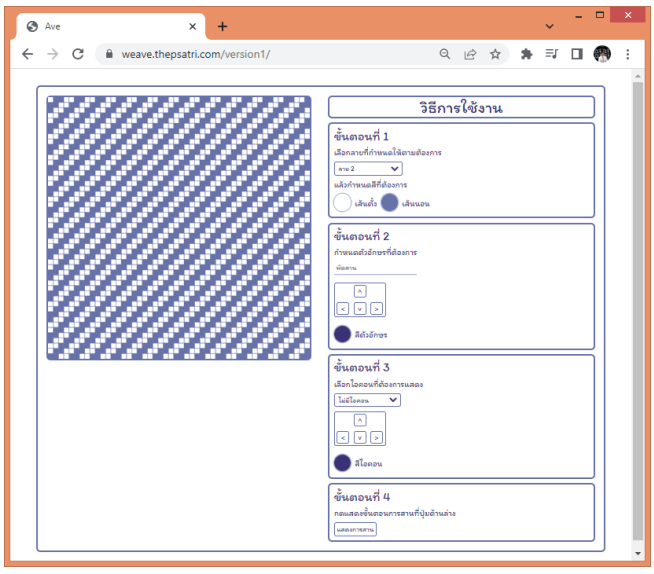
3.3 การออกแบบตัวอักษร

ในการสร้างตัวอักษรบนลายพัดสาน จะใช้ตัวอักษร ZF#2ndPixels ซึ่งมีการออกแบบเป็นแบบพิกเซลเหมาะแก่การนำมาใช้เป็นลายพัดสาน โดยมีการออกแบบทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยภาษาอังกฤษจะแสดงเป็นเฉพาะตัวพิมพ์ใหญ่ ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 8

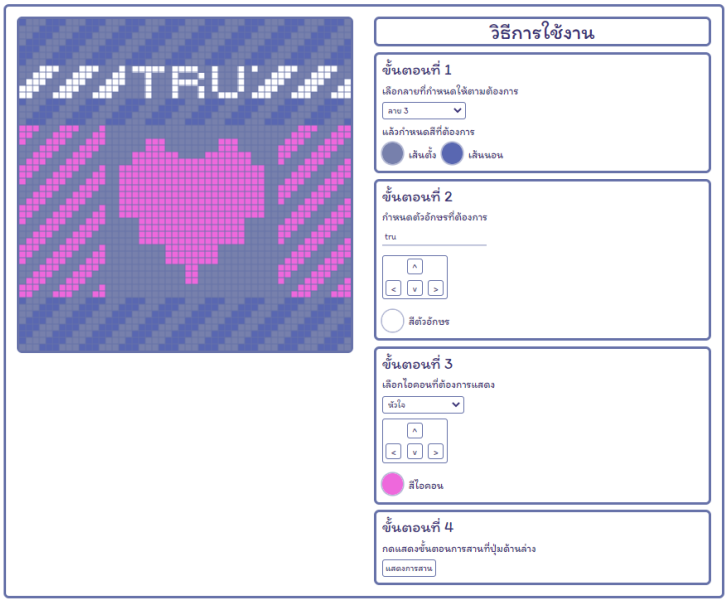
รูปที่ 8 ตัวอักษร ZF#2ndPixels

4. ผลการวิจัย

เว็บแอปพลิเคชันออกแบบลวดลายสำหรับการสานพัดไม้ไผ่ถูกพัฒนาด้วย HTML และ JavaScript โดยออกแบบเป็น responsive ที่ใช้งานได้สะดวกตามอุปกรณ์ที่เรียกใช้ สามารถเรียกใช้เว็บแอปพลิเคชันได้ที่ https://weave.thepsatri.com /version1/ หน้าจอผู้ใช้งานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแสดงผลลวดลายจะอยู่ทางด้านซ้ายมือ เป็นการแสดงผลขนาด 500 x 500 พิกเซล แบ่งเป็นเส้นตั้ง 50 เส้น เส้นนอน 50 เส้น ขนาดเส้นละ 10 พิกเซล และส่วนขั้นตอนการออกแบบจะอยู่ทางด้านขวามือ โดยส่วนนี้จะมี 4 ขั้นตอนตามยูเคสที่ได้ออกแบบไว้ มีตัวเลือกสีของเส้นตั้งและนอน รวมทั้งการปรับตำแหน่งบน ล่าง ซ้าย และขวา หน้าเว็บแอปพลิเคชันแสดงได้ดังรูปที่ 9 การทดสอบเว็บแอปพลิเคชันจะทำการกำหนดลวดลาย คือ ลวดลายพื้นหลัง เลือกเป็น ลายสาม ตัวอักษร เลือกเป็น TRU และ icon เลือกเป็น รูปหัวใจ การกำหนดค่าลวดลายแสดงได้ดังรูปที่ 10

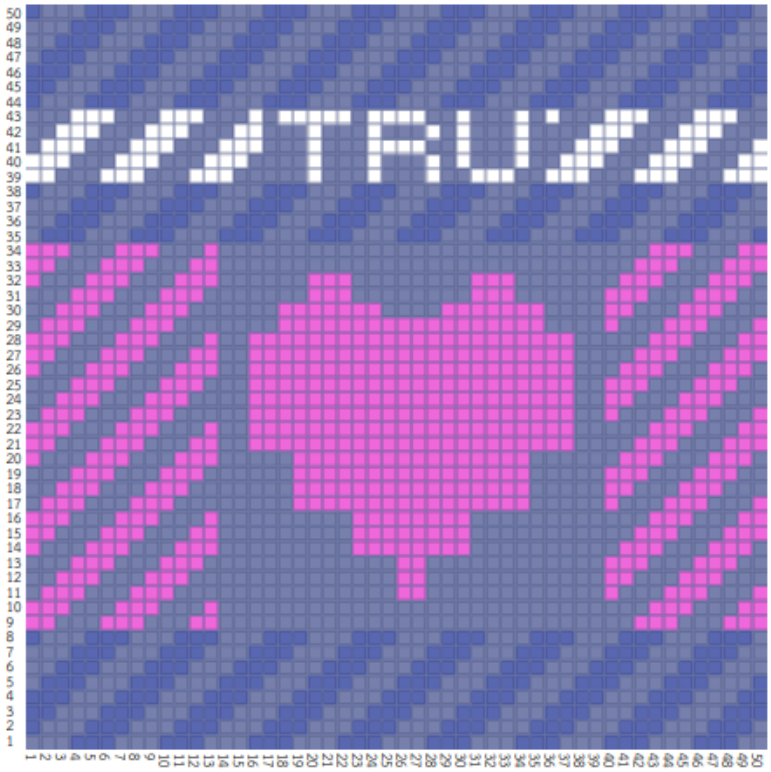


รูปที่ 9 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ 10 การกำหนดลวดลายพัดสานเพื่อการทดสอบ

เมื่อทำการออกแบบลวดลายตามต้องการแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนที่ 4 คือ การแสดงขั้นตอนการสาน เมื่อทำการกดปุ่ม “แสดงการสาน” จะปรากฏขั้นตอนการสานและสามารถดาวน์โหลดเป็นไฟล์ pdf ได้อีกด้วย ตัวอย่างรายละเอียดในไฟล์ pdf แสดงได้ดังรูปที่ 11 โดยในส่วนแรกของไฟล์จะแสดงภาพลวดลายที่ออกแบบไว้ ซึ่งเป็นการใช้จำนวนเส้นนอนและเส้นตั้งอย่างละ 50 เส้น เรียงลำดับจากด้านล่างขึ้นด้านบน และจากด้านซ้ายไปด้านขวา จากรูปที่ 11 จะสังเกตได้ว่าลวดลายที่ออกแบบจะเรียงลำดับการสานจากลวดลายพื้นหลัง (แถวแนวนอน 1 – 8) แล้วตามด้วยการสาน icon (แถวแนวนอน 9 – 34) จากนั้นจะเป็นการสานลวดลายพื้นหลังอีกครั้ง (แถวแนวนอน 35 – 38) ส่วนของตัวอักษรจะเป็นลำดับถัดมา (แถวแนวนอน 39 – 43) และจะเป็นการสานลวดลายพื้นหลังอีกจนหมด (แถวแนวนอน 44 – 50)



รูปที่ 11 คู่มือการสานพัดตามลวดลายที่ออกแบบไว้

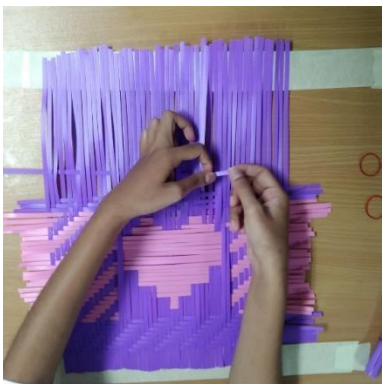
เพื่อทำการทดสอบว่าสามารถทำการสานลวดลายตามที่ได้ออกแบบไว้ รูปที่ 12 – 16 ได้แสดงการสานตามลำดับขั้นตอนที่ได้แสดงไว้ในคู่มือการสาน โดยเริ่มจากรูปที่ 12 เป็นการวางเส้นตั้งทั้ง 50 เส้นเป็นหลักไว้ก่อน แล้วจึงเริ่มสานเส้นนอนในส่วนของพื้นหลัง (รูปที่ 13) จากนั้นเป็นการสานส่วน icon ที่เป็นรูปหัวใจ (รูปที่ 14) และทำการสานตัวอักษร TRU (รูปที่ 15) และทำการเก็บรายละเอียดลวดลายพื้นหลังให้ครบถึงแถวที่ 50 (รูปที่ 16)

รูปที่ 12 ขั้นตอนการวางเส้นแนวตั้ง

1 ย3ข3 (ซ้ำ 8) || ย2 จบ
2 ข1ย3 || ข3ย3 (ซ้ำ 7) || ข3ย1 จบ
3 ข2ย3 || ข3ย3 (ซ้ำ 7) || ข3 จบ
4 ข3ย3 (ซ้ำ 8) || ข2 จบ
5 ย1ข3 || ย3ข3 (ซ้ำ 7) || ย3ข1 จบ
6 ย2ข3 || ย3ข3 (ซ้ำ 7) || ย3 จบ
7 ย3ข3 (ซ้ำ 8) || ย2 จบ
8 ข1ย3 || ข3ย3 (ซ้ำ 7) || ข3ย1 จบ

รูปที่ 13 ขั้นตอนการสานส่วนลวดลายพื้นหลัง

9 สีไอคอน ข2ย3 || ข3ย3 || ข2ย28 || ข3ย3 || ข3 จบ
10 สีไอคอน ข3ย3 (ซ้ำ 2) || ข1ย29 || ข3ย3 || ข2 จบ
11 สีไอคอน ย1ข3 || ย3ข3 || ย15ข2 || ย12ข1 || ย3ข3 || ย3ข1 จบ
12 สีไอคอน ย2ข3 || ย3ข3 || ย14ข2 || ย12ข2 || ย3ข3 || ย3 จบ
13 สีไอคอน ย3ข3 (ซ้ำ 2) || ย13ข2 || ย12ข3 || ย3ข3 || ย2 จบ
14 สีไอคอน ข1ย3 || ข3ย3 || ข3ย9 || ข8ย10 || ข3ย3 || ข3ย1 จบ
15 สีไอคอน ข2ย3 || ข3ย3 || ข2ย9 || ข8ย11 || ข3ย3 || ข3 จบ
16 สีไอคอน ข3ย3 (ซ้ำ 2) || ข1ย9 || ข8ย12 || ข3ย3 || ข2 จบ



รูปที่ 14 ขั้นตอนการสานส่วน icon

35 ย1ข3 || ย3ข3 (ซ้ำ 7) || ย3ข1 จบ

36 ย2ข3 || ย3ข3 (ซ้ำ 7) || ย3 จบ

37 ย3ข3 (ซ้ำ 8) || ย2 จบ

38 ข1ย3 || ข3ย3 (ซ้ำ 7) || ข3ย1 จบ

39 สีตัวอักษร ข2ย3 || ข3ย3 || ข3ย5 || ข1ย3 (ซ้ำ 2) || ข1ย2 || ข3ย2 || ข3ย3

40 สีตัวอักษร ข3ย3 (ซ้ำ 2) || ข3ย4 || ข1ย3 (ซ้ำ 2) || ข1ย1 || ข1ย3 || ข1ย2 ||

41 สีตัวอักษร ย1ข3 || ย3ข3 (ซ้ำ 2) || ย3ข1 || ย3ข4 || ย2ข1 || ย3ข1 || ย3ข3

42 สีตัวอักษร ย2ข3 || ย3ข3 || ย3ข2 || ย3ข1 (ซ้ำ 3) || ย1ข1 || ย3ข1 || ย4ข3

43 สีตัวอักษร ย3ข3 (ซ้ำ 2) || ย3ข1 || ย1ข5 || ย1ข4 || ย2ข1 || ย3ข1 || ย1ข1

รูปที่ 15 ขั้นตอนการสานส่วนตัวอักษร

44 ข1ย3 || ข3ย3 (ซ้ำ 7) || ข3ย1 จบ

45 ข2ย3 || ข3ย3 (ซ้ำ 7) || ข3 จบ

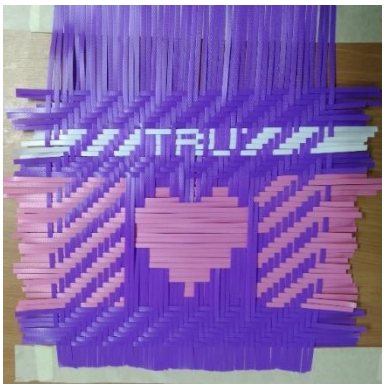
46 ข3ย3 (ซ้ำ 8) || ข2 จบ

47 ย1ข3 || ย3ข3 (ซ้ำ 7) || ย3ข1 จบ

48 ย2ข3 || ย3ข3 (ซ้ำ 7) || ย3 จบ

49 ย3ข3 (ซ้ำ 8) || ย2 จบ

50 ข1ย3 || ข3ย3 (ซ้ำ 7) || ข3ย1 จบ



รูปที่ 16 ขั้นตอนการสานส่วนพื้นหลังต่อเนื่อง

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้ทดสอบเป็นกลุ่มจักสาน ตำบลบางกระบือ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 20 คน ผู้วิจัยได้จัดอบรมการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันและให้ผู้ใช้งานได้ทดสอบออกแบบลวดลายพัดสาน จากนั้นผู้ใช้งานจะทำการสานลวดลายพัดตามที่ได้ออกแบบไว้ รูปที่ 17 แสดงการลงพื้นที่เก็บข้อมูล ผลการประเมินประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันจากผู้ใช้งานแสดงได้ดังตารางที่ 1 ผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.39, S.D. = 0.58) เมื่อพิจารณาแยกประเด็นที่ประเมินจะพบว่า ด้านเว็บแอปพลิเคชันเข้าถึงได้สะดวกได้รับการประเมินประสิทธิภาพที่มากที่สุดอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.55, S.D. = 0.67) รองลงมาคือด้านขั้นตอนการออกแบบง่าย และไม่ซับซ้อนอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.45, S.D. = 0.50) ลำดับที่สามคือด้านผู้ใช้งานสานพัดได้ตามลวดลายที่ออกแบบไว้อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.48) และสองประเด็นสุดท้ายมีผลการประเมินที่เท่ากันอยู่ในระดับดี คือ ด้านลวดลายที่ออกแบบได้มีความสวยงาม มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ($\bar{x}$ = 4.30, S.D. = 0.71) และ ด้านคู่มือการสานพัดมีความง่ายและชัดเจน ($\bar{x}$ = 4.30, S.D. = 0.56)

รูปที่ 17 การลงพื้นที่เก็บผลการทดสอบ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันจากผู้ใช้งาน

ประเด็นที่ประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
1. เว็บแอปพลิเคชันเข้าถึงได้สะดวก	4.55	0.67	มากที่สุด
2. ขั้นตอนการออกแบบง่าย และไม่ซับซ้อน	4.45	0.50	มาก
3. ลวดลายที่ออกแบบได้มีความสวยงาม มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว	4.30	0.71	มาก
4. คู่มือการสานพัดมีความง่าย และชัดเจน	4.30	0.56	มาก
5. ผู้ใช้งานสานพัดได้ตามลวดลายที่ออกแบบไว้	4.35	0.48	มาก
เฉลี่ย	**4.39**	**0.58**	**มาก**

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันออกแบบลวดลายสำหรับการสานพัดไม้ไผ่ได้รับการประเมินมากที่สุดในด้านเว็บแอปพลิเคชันเข้าถึงได้สะดวก ซึ่งตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งใจออกแบบในรูปเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้โดยไม่ต้องติดตั้งแอปพลิเคชันเพิ่มเติม ในขณะที่ด้านลวดลายที่ออกแบบได้มีความสวยงาม มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และคู่มือการสานพัดมีความง่ายและชัดเจนได้รับการประเมินด้วยคะแนนที่น้อยที่สุด เนื่องจากเว็บแอปพลิเคชันยังมีตัวเลือกให้ผู้ใช้งานออกแบบไม่หลากหลาย และคู่มือการสานพัดมีข้อความอธิบายขนาดตัวอักษรที่เล็ก ผู้ใช้งานที่สูงอายุอ่านได้ยาก อีกทั้งยังมีจำนวน 50 แถว ทำให้สับสนระหว่างบรรทัดของคู่มือ ดังนั้น เพื่อการพัฒนาที่ดีขึ้น จึงควรปรับปรุงให้มีตัวเลือกในการออกแบบลวดลายที่หลากหลายขึ้น และมีการปรับขนาดตัวอักษรตามความเหมาะสมของผู้ใช้งาน

ผู้วิจัยได้เผยแพร่เว็บแอปพลิเคชันออกแบบลวดลายสำหรับการสานพัดไม้ไผ่ เพื่อให้ผู้ที่สนใจได้ใช้งานไว้ที่ https://weave.thepsatri.com และจัดทำคู่มือการใช้งานระบบไว้ที่ https://weave.thepsatri.com/manual นอกจากนี้ เพื่อให้ง่ายในการออกแบบลวดลาย ผู้วิจัยมีแนวคิดนำปัญญาประดิษฐ์เข้ามาร่วมพัฒนา โดยให้ผู้ใช้งานกรอกรายละเอียดความต้องการหลัก แล้วปัญญาประดิษฐ์จะออกแบบลวดลายพัดสานตามรายละเอียดที่ตั้งไว้ ซึ่งแนวคิดนี้มีใช้งานในด้านการออกแบบตราสัญลักษณ์ (Logo) โดยให้ผู้ใช้งานกรอกแนวคิดหลัก แล้วปัญญาประดิษฐ์จะสร้างตราสัญลักษณ์ตามความต้องการ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงงานวิจัย นวัตกรรม เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและนำไปใช้ประโยชน์ ประจำปีงบประมาณ 2566 ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

เอกสารอ้างอิง

ชุติมา งามพิพัฒน์. (2565). “การศึกษาและพัฒนาลวดลายเครื่องจักสานภาคกลาง สำหรับการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เครื่องประดับร่วมสมัย”. **วารสารดีไซน์เอคโค**. 3(2) : 11–21.

ธวัชชัย เทียนประทีป. (2561). “การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องจักสานไม้ไผ่”. **วารสารวิชาการ AJNU ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 9(2) : 20–30.

ทรัพย์ อมรภิญโญ. (2564). “การสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์จากวัสดุท้องถิ่นแบบมีส่วนร่วม กลุ่มจักสานชุมชนบ้านไชยา หมู่ 4 อำเภอสระใคร จังหวัดหนองคาย”. **วารสารปัญญาภิวัฒน์**. 13(3), 88–101.

ปุณณดา ทรงอิทธิสุข. และวนัสนันท์ ศิริรัตนะ. (2565). “การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอัตลักษณ์ผลิตภัณฑ์เครื่องจักรสานพบพระทรายงาม ตำบลพบพระ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก”. **วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ** . 2(4) : 121–138.

พิมพ์ระวี เรืองวัฒกี. (2558). **การศึกษาภูมิปัญญาการสานพัดไม้ไผ่ของชุมชน อ.บ้านแพรก จ.พระนครศรีอยุธยาตามแนวคิดคติชนวิทยาและอรรถศาสตร์ชาติพันธุ์**. สำนักศิลปะและวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.

ไพฑูรย์ งิ้วทั่ง. (2560). “ระบบสารสนเทศรวบรวมลายเครื่องจักสาน”. **วารสารวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์**. 9(10) : 11–21.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างนวัตกรรมเพื่อพัฒนาท้องถิ่น โดยใช้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในกลุ่มจักสาน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม อีกทั้งยังเป็นการดำเนินงานตามพันธกิจของมหาวิทยาลัยกลุ่มราชภัฏ

การวิเคราะห์สาเหตุการวิบัติเชิงลาดด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ และแนวทางการปรับปรุงแก้ไข กรณีศึกษา ทางหลวงหมายเลข211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย – คกไผ่)

อภิชาติ ยลวิชัย[1*] พงศกร พวงชมภู[2]
คณะวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น[1*2]
E-mail: Apichat.2523.begin@gmail.com[1*]

วันที่รับบทความ 16 กุมภาพันธ์ 2567
วันแก้ไขบทความ 5 เมษายน 2567
วันตอบรับบทความ 19 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสาเหตุของการวิบัติเชิงลาดของถนนทางหลวงหมายเลข211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย-คกไผ่) ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method) โดยใช้โปรแกรม Plaxis 2D พบว่าเมื่อน้ำไหลลงสู่เชิงลาดเกิดกระบวนการกัดเซาะบริเวณ Toe slope ลุกลาม เข้าสู่โครงสร้างชั้นดินจุดที่ 2 บริเวณ Fill Slope และจุดที่ 3 บริเวณ Back Slope การแก้ไขใช้วิธีการเสริมกำลังด้วยกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress Box) ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาด ด้วยโปรแกรม Plaxis 2D ได้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1.66 สูงกว่าที่กำหนดไว้ (Navfac Dm 7.01, 1986) ส่วนวิธีการป้องกันการกัดเซาะ (Erosion Control) เลือกใช้วัสดุแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) เพื่อเพิ่มความมั่นคง และลดความเสี่ยงต่อการกัดเซาะของเชิงลาด นอกจากนี้สามารถก่อสร้างได้ง่ายและรวดเร็ว รวมทั้งการขนส่งเข้าถึงสถานที่ก่อสร้างได้ง่าย

คำสำคัญ : การวิบัติของเชิงลาด วิธีสมดุลจำกัด วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

Study on Slope Failure by Finite Element Method and Remediation A Case Study of Highway No. 211 Pak Chom - Chiang Khan Section at Km. 153 - Km. 155 (Ban Hat Bia – Kok Phai)

Yonwichai Aphichat[1*] , Poungchompu Pongsagorn[2]
Faculty of Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus[1*,2]
E – mail : Apichat.2523.begin@gmail.com

Received 16 February 2024
Revised 5 April 2024
Accepted 19 April 2024

Abstract

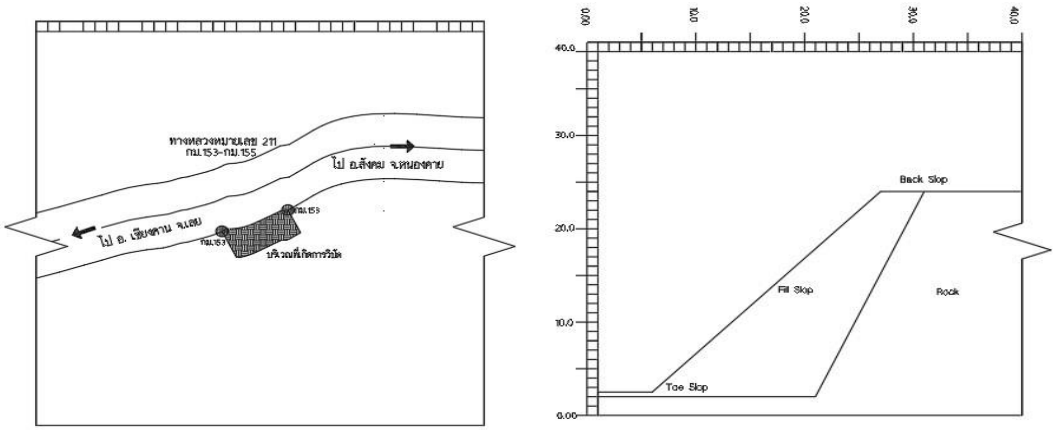
The objective of this research was to find out the causes of slope failure of Highway No. 211 Pak Chom-Chiang Khan Section at Km. 153- Km. 155 (Ban Hat Bia-Kok Phai) by Finite Element Method using the Plaxis 2D program. The findings were as follows: When the water flowed down the slope, an erosion process occurred in the toe slope area, spread into the soil structure point 2 in the fill Slope area and point 3 in the back Slope area. Remediation was based on the method of reinforcement using mattress boxes. As to the results of slope stability analysis with the Plaxis 2D program, the safety ratio was 1.66 passing the safety standard (Navfac Dm 7.01, 1986). Erosion control of the slope by using geotextile reduced water permeability, helped increase stability ,and reduced the risk of slope erosion, including easy construction and easy transport and access to the construction site.

Keywords : Slope Failure, Limit Equilibrium Method, Finite Element Method

1. บทนำ

ทางหลวงหมายเลข 211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย-คกไผ่) เป็นเส้นทางหลักใช้ขนส่งสินค้าการเกษตรและสัญจรของประชาชน ระหว่างอำเภอเชียงคานกับอำเภอปากชม ซึ่งลักษณะทางกายภาพของถนนเป็นทางคดโค้งที่ตัดผ่านลาดเชิงเขา รวมทั้งไหล่ทางที่ประกอบไปด้วยภูเขาและหน้าผาค่อนข้าง สูงชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเกิดการชำรุด หรือเกิดความเสียหายของถนน ส่งผลให้การสัญจรมีความลำบากเพิ่มขึ้น กระทบต่อผู้ใช้รถบนถนนทางหลวงหมายเลข 211 ตอนปากชม-เชียงคาน ซึ่งจากการวิเคราะห์เบื้องต้น อาจเกิดจากลักษณะของภูมิประเทศที่มีความลาดชัน เมื่อฝนตกติดต่อกันเป็นเวลานานเสถียรภาพของเชิงลาดลดลง กฤษณะ มีลักษณะสม และ พงศกร พวงชมภู (2566) จากปัจจัยของการกัดเซาะ (สุประชา คามะนา และ พงศกร พวงชมพู. 2565) จากน้ำฝนหรือน้ำผิวดิน (ยศวัศ จันทรา และ พงศกร พวงชมพู. 2565) ดังเช่นเมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน 2565 ทางหลวงหมายเลข 211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย - คกไผ่) ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ตามลำดับ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสาเหตุของการวิบัติของเชิงลาด และค้นหาสาเหตุของการเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชั้นดินบริเวณเชิงลาดภูเขาและการสูญเสียเสถียรภาพเชิงลาดจนนำไปสู่การวิบัติของเชิงลาด เพื่อนำมาหาแนวทางป้องกันและแก้ไขให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ต่อไป

รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งที่ทำการวิจัย



[ก] [ข]

รูปที่ 2 [ก] แสดงตำแหน่งที่ทำการวิจัย [ข]แสดงระยะความสูงของเชิงลาด

ปัญหาเรื่องเสถียรภาพของเชิงลาดมักเกิดขึ้น เมื่อความสมดุลของเชิงลาดสูญเสียไป (ชินนพัทธ์ มูลทาทอง และ พงศกร พวงชมพู. 2560) เสถียรภาพของเชิงลาดอาจกำหนดได้ว่าเป็นความต้านทาน แรงเฉือนภายในมวลดิน, การเลื่อนไถล, การล้มคว่ำ หรือการยุบตัว การวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนของแรงต้านทาน ต่อแรงขับเคลื่อน (สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์. 2566) ซึ่งถูกระบุว่าอยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อ FS = 1.00 ในขณะที่ค่าสูงกว่าจะสอดคล้องกับเชิงลาดที่เสถียร (Navfac Dm 7.01, 1986) งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธี ไฟไนต์อิลิเมนต์ ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ทางตัวเลขที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ด้วยโปรแกรม Plaxis 2D (Program License: Pongsagorn Poungchompu. 2021) ซึ่งโปรแกรม Plaxis 2D มีหลักการค่อยๆลดกำลัง รับแรงเฉือนของดินลง หรือวิธี phi/c Reduction จนกระทั่งเกิดการวิบัติ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยจะได้ FS =∑-Msf (at failure) โดยนำวิธีการดังกล่าวนี้มาใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดด้วยการแบ่งชั้นดิน ซึ่งมีความต่อเนื่องออกเป็น Elements ย่อยๆ ที่มี15จุดต่อ (Noded) สำหรับการเคลื่อนตัวจากนั้นคำนวณหน่วยแรงกดทับของดิน แบบจำลองใช้แบบจำลองของมอร์คูลอมบ์ (Elastic-Plastic Mohr-Coulomb) โดยพารามิเตอร์ของดินจะใช้ข้อมูลจากการทดสอบทางห้องปฏิบัติการ ที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของดินได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน เช่นความไม่เชิงเส้น (Non-linearity) คุณสมบัติไม่เท่ากันในทุกทิศทาง (Anisotropy) ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปของสติฟเนส (Transition Change of Stiffness) หรือพฤติกรรมดินที่ขึ้นกับเวลา (Time-Dependence) และพบว่าการพังทลายของเชิงลาดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ นั้นมีความสอดคล้องใกล้เคียงกับธรรมชาติ

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาหาสาเหตุของการวิบัติของโครงสร้างเชิงลาดที่เกิดความเสียหาย บนทางหลวงหมายเลข 211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย - คกไผ่)

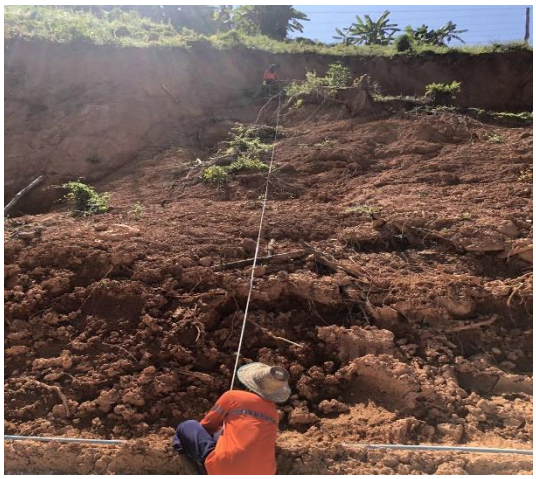
2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการป้องกันและแก้ไขการวิบัติของเชิงลาด ที่มีความเหมาะสมทั้งด้านเศรษฐศาสตร์และด้านวิศวกรรม ให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่

3. วิธีการวิจัย

3.1 ตั้งสมมติฐานการวิบัติของเชิงลาดโดยเริ่มจากการพิจารณาองค์ประกอบทางกายภาพ และรูปแบบของการวิบัติเชิงลาด โดยพิจารณาจากประเภทของดิน และองค์ประกอบต่างๆที่ตรวจพบในบริเวณที่เกิดการวิบัติ และปัจจัยภายนอกที่อาจจะส่งผลกระทบต่อการวิบัติ

3.2 สำรวจพื้นที่ภูมิประเทศในบริเวณที่ทำการศึกษา โดยเป็นการสำรวจมิติต่างๆของแนวการวิบัติ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความลึกด้วยอุปกรณ์เทปวัดระยะและกล้องสำรวจเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำแบบจำลอง ดังรูปที่3 วิธีเก็บตัวอย่างดินนำไปทดสอบคุณสมบัติทางห้องปฏิบัติการ โดยการขุดบ่อทดสอบดิน (Test Pit) ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ความลึกจากผิวดินเดิมลงไปประมาณ 1.00 เมตร – 1.50 เมตร จำนวน 3 บ่อทดสอบ ในตำแหน่งต่าง ๆ กัน ได้แก่จุดที่1 บริเวณToe Slope จุดที่2 บริเวณFill Slope จุดที่3 บริเวณBack Slope ดังรูปที่ 4

[ก]



[ข]

รูปที่ 3 [ก] แสดงตำแหน่งที่ทำการวิจัย [ข] แสดงระยะความสูงของเชิงลาด

[ก]

[ข]

รูปที่ 4 [ก]แสดงการเก็บตัวอย่างดิน [ข] แสดงจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างดินด้วยวิธีขุดบ่อทดสอบดิน (Test Pit)

3.3 ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากดินที่นำมาทดสอบได้จากการขุดหลุมทดสอบ (Test Pit) ซึ่งในห้องปฏิบัติการนั้น จะเป็นการทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดิน ประกอบไปด้วย

- วิเคราะห์หาขนาดเม็ดดิน ตามมาตรฐาน ASTM D422
- การบดอัด ตามมาตรฐาน Standard Proctor ASTM D698-78
- ทดสอบ Liquid Limit ตามมาตรฐาน ASTM D4318
- กำลังรับแรงเฉือนโดยตรงแบบไม่แช่น้ำ(Un-soaked Direct Shear) ตามมาตฐาน ASTM D3080
- กำลังรับแรงเฉือนโดยตรงแบบแช่น้ำ(Soaked Direct Shear) ตามมาตรฐาน ASTM D3080

3.4 วิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาด ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม Plaxis 2D (Program License: Pongsagorn Poungchompu. 2021) โดยแบ่งการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาด ออกเป็น 2 สภาวะ คือ สภาวะของดินที่มีความชื้นปกติซึ่งค่าที่ได้จะใกล้เคียงกับความชื้นตามธรรมชาติมีค่าความหนาแน่นสูงสุด และสภาวะของดินที่มีความชื้นสูงซึ่งค่าที่ได้จะทำให้ดินอยู่ในสภาวะวิกฤต โดยค่าคุณสมบัติของดินที่ใช้ในแบบจำลองแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของดินที่มีความชื้นปกติที่ใช้ในแบบจำลอง (un soaked)

Parameter	Back Slope (GC)	Fill Slope (GC)	Toe Slope (CH)	Rock Granite	Gabions	Unit	Remark
Dry Density	17.4	16.6	17.1	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ
Dry Unit Weight	17.2	16.3	17.1	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ
Wet Unit Weight	20.2	19.83	20.1	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ
Cohesion	25.5	24.25	13.5	55100	300 **	kN /m^2	ผลการทดสอบ
Friction angle	24.71	23.2	26.24	51	37 **	Degrees	ผลการทดสอบ
Young "s Modulus	21000	21000	21000	5000000	4.00E04**	kN /m^2	Joseph E.Boles(1989)
Posission "s ratio	0.35	0.35	0.35	0.27	0.30**	-	Kulhawyetal.1983,Budhu2000
HoriZontal parmcability	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64E-08	8.64E+03**	m/day	Whitlow1995
Vertical parmcability	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64E-08	8.64E+03**	m/day	Whitlow1995

**(Rock Mass Classification 1999) **

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของดินที่มีความชื้นสูงที่ใช้ในแบบจำลอง (soaked)

Parameter	Back Slope (GC)	Fill Slope (GC)	Toe Slope (CH)	Rock Granite	Gabions	Unit	Remark
Dry Density	17.4	16.6	17.4	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ
Dry Unit Weight	17.2	16.3	17.5	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ
Wet Unit Weight	20.2	19.8	20	27	22 **	kN /m^3	ผลการทดสอบ

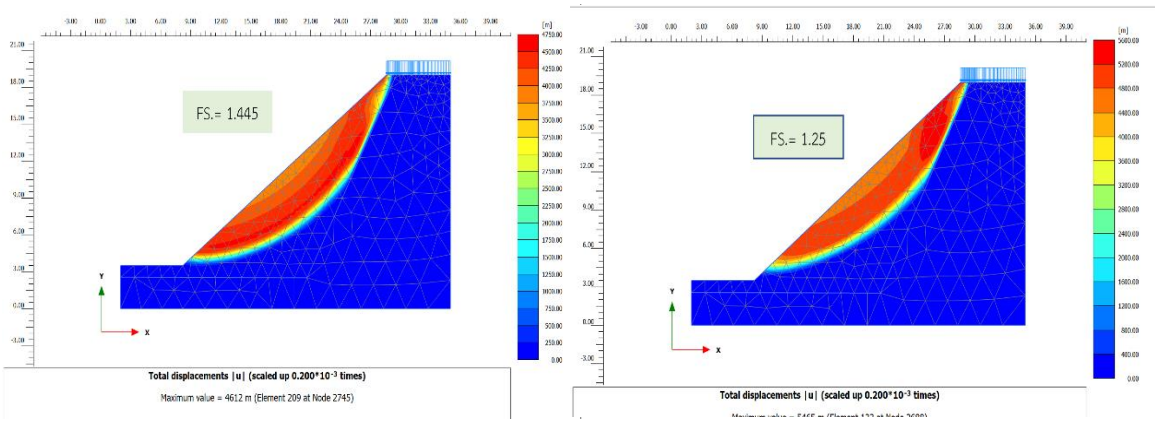
ตารางที่ 2 (ต่อ)

Parameter	Back Slope (GC)	Fill Slope (GC)	Toe Slope (CH)	Rock Granite	Gabions	Unit	Remark
Cohesion	19.3	12.7	11	55100	300 **	kN /m^2	ผลการทดสอบ
Friction angle	27.67	26.62	28.72	51	37 **	Degrees	ผลการทดสอบ
Young "s Modulus	21000	21000	21000	5.00E+06	4.00E04**	kN /m^2	Joseph E.Boles(1989)
Posission "s ratio	0.35	0.35	0.35	0.27	0.30**	-	Kulhawyetal.1983, Budhu2000
HoriZontal parmcability	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64E-08	8.64E+03**	m/day	Whitlow1995
Vertical parmcability	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64 E-04	8.64E-08	8.64E+03**	m/day	Whitlow1995

(Rock Mass Classification 1999)

4. ผลการวิจัย

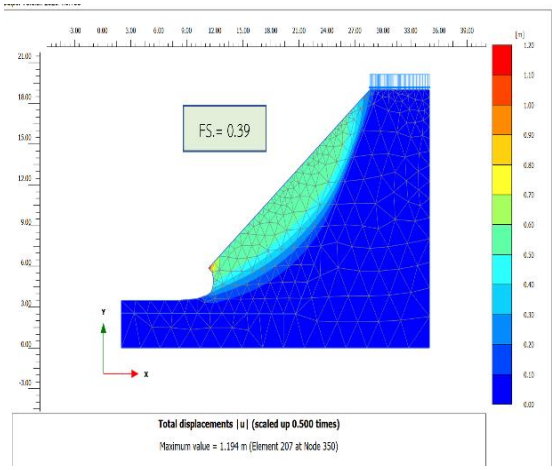
4.1 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดด้วยโปรแกรม Plaxis 2D โดยใช้ข้อมูลคุณสมบัติของดินที่มีความชื้นปกติ และคุณสมบัติของดินที่มีความชื้นสูง มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1.445 และ 1.250 ตามลำดับ ดังรูปที่ 5 ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนความปลอดภัยมากกว่าเกณฑ์และเท่ากับเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ที่ 1.250 (Navfac Dm 7.01, 1986)



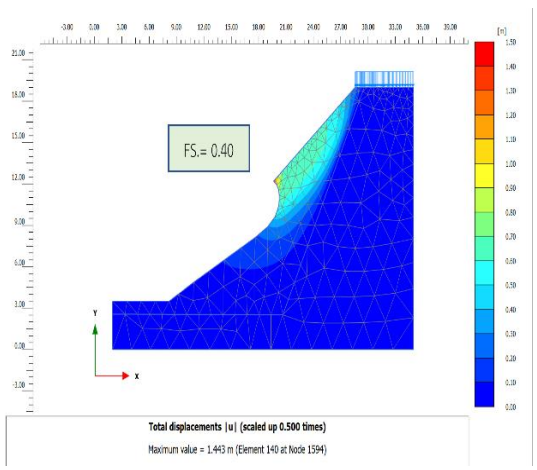
[ก] [ข]

รูปที่ 5 [ก]อัตราส่วนความปลอดภัยของดินที่มีความชื้นปกติ [ข] อัตราส่วนความปลอดภัยของดินที่มีความชื้นสูง

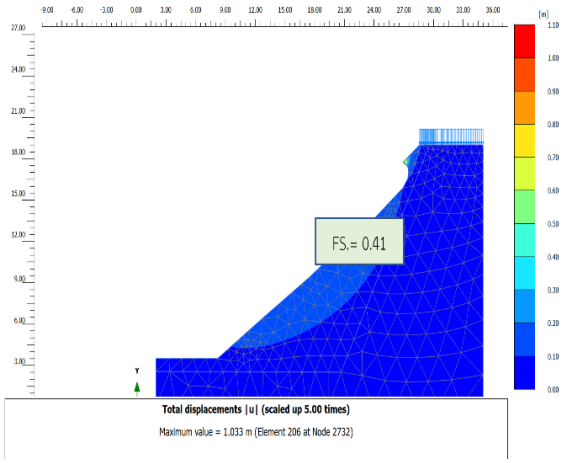
4.2 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดด้วยโปรแกรม Plaxis 2D โดยใช้ข้อมูลคุณสมบัติของดินที่มีความชื้นสูง พบว่าเมื่อน้ำที่ไหลลงสู่เชิงลาด เกิดกระบวนการกัดเซาะบริเวณ Toe slope ลุกลาม เข้าสู่โครงสร้าง ชั้นดินจุดที่ 2 บริเวณ Fill Slope และจุดที่ 3 บริเวณ Back Slope โดยมีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 0.39, 0.40และ 0.41 ตามลำดับ เป็นค่าอัตราส่วนความปลอดภัยต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ที่ 1.25 Navfac Dm 7.01 (1986) ดังรูปที่ 6



[ก]



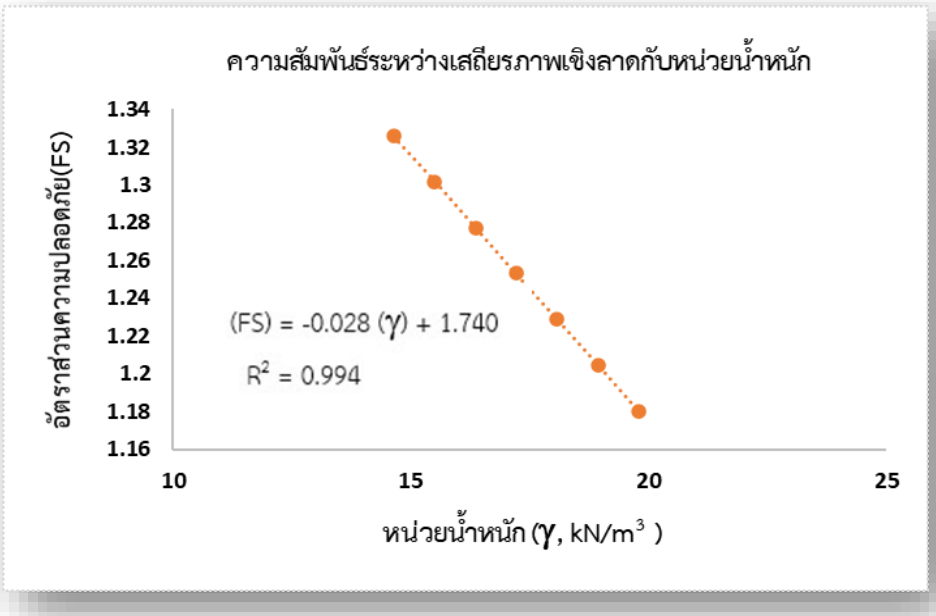
[ข]



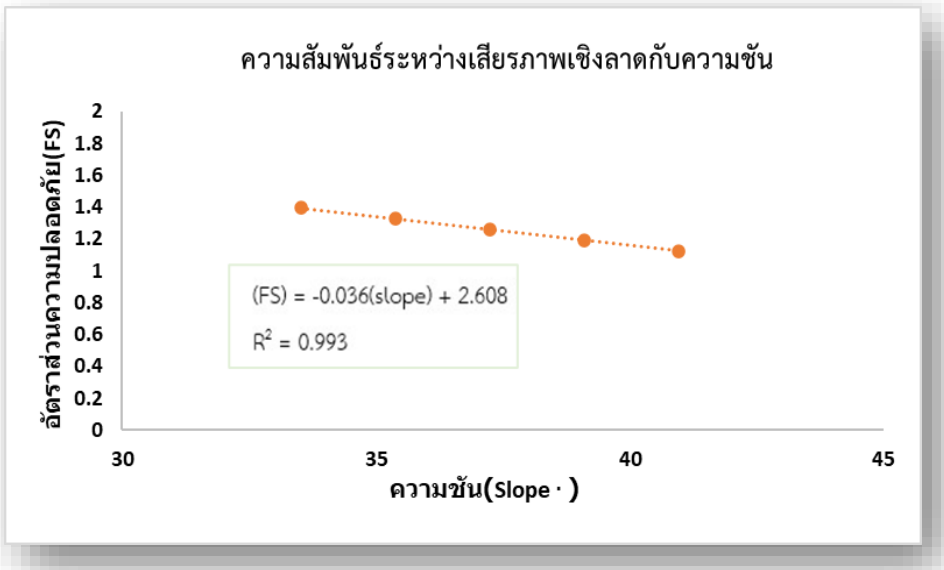
[ค]

รูปที่ 6 [ก]อัตราส่วนความปลอดภัยบริเวณ Toe Slope [ข] อัตราส่วนความปลอดภัยบริเวณ Fill Slope [ค] อัตราส่วนความปลอดภัยบริเวณ Back Slope ถูกกัดเซาะและลุกลามจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 และสิ้นสุด ณ จุดที่3 ใน สภาวะดินที่มีความชื้นสูง

4.3 ศึกษาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการวิบัติของโครงสร้าง (Parametic Study) หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเสถียรภาพเชิงลาด FS กับพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการวิบัติของโครงสร้างเชิงลาด ได้แก่หน่วยน้ำหนัก(γ), ความลาดชัน (Slope) โดยทำการศึกษา (Parametic Study) ลดและเพิ่มค่าครั้งละ5เปอร์เซ็นต์จากค่ากลางที่ เป็นค่าคงที่ในภาคสนาม พบว่าเมื่อหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นค่า FS ลดลงตามสมการ FS = -0.028 (γ) + 1.740 ค่า R^2 = 0.994 ในขณะที่ความลาดชัน (Slope) เพิ่มขึ้นค่า FS ลดลง ตามสมการ FS = -0.036(slope) + 2.608 ค่าR^2 = 0.993 ดังรูปที่7 และ รูปที่8 ตามลำดับ



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพเชิงลาดกับหน่วยน้ำหนัก(Parametic Study)



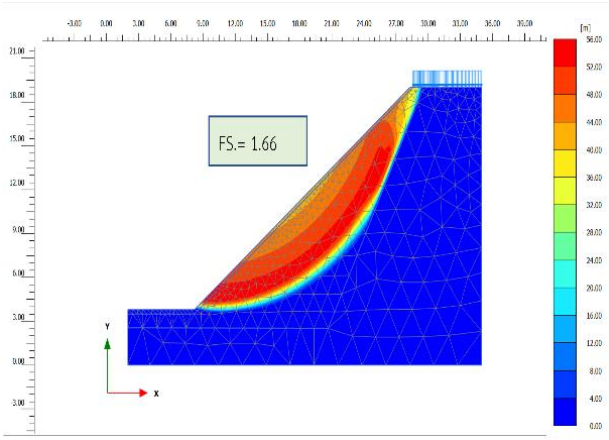
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพเชิงลาดกับความชัน(parametic Study)

การป้องกันและปรับปรุงแก้ไขเสถียรภาพเชิงลาดบริเวณทางหลวงหมายเลข 211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย - คกไผ่) พิจารณาแก้ไขด้วยวิธีเสริมกำลังโดยการใช้กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress Box) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป มีความเหมาะสมเนื่องจากเชิงลาดมีขนาดใหญ่และลักษณะทางธรณีเป็นหน้าผาสูงชัน และเป็นไปตามมาตรฐาน (การป้องกันการวิบัติเชิงลาดและการกัดเซาะกรมทางหลวง, 2561) และ (คู่มือการบำรุงรักษาทางหลวงเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายและการเคลื่อนตัวของเชิงลาด กรมทางหลวง, 2551) รวมทั้งการป้องกันการซึมผ่านของน้ำด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) ตามขั้นตอนดังนี้

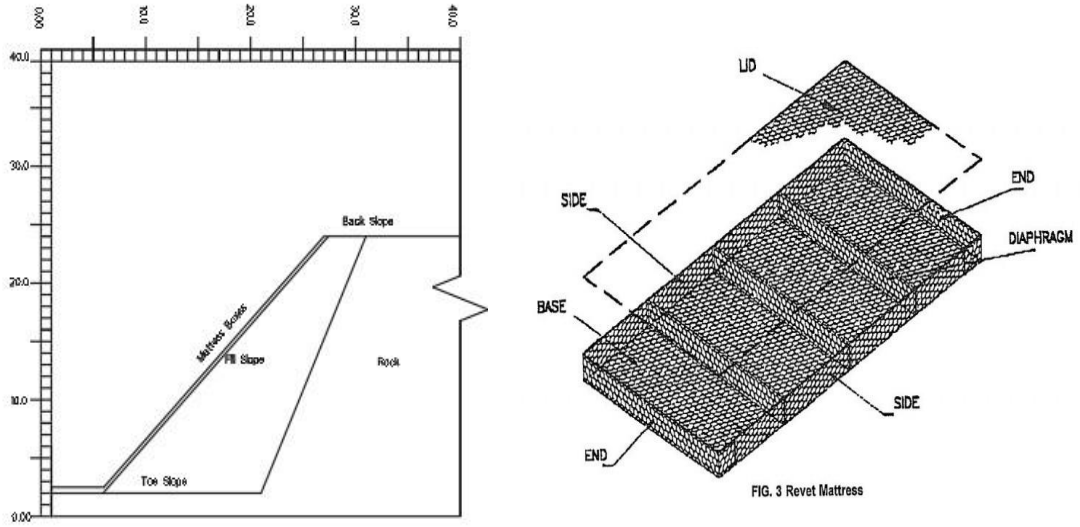
ใช้วิธีการป้องกันการซึมผ่านของน้ำด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ผลิตจากวัสดุโพลิเมอร์สังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติควบคุมการกัดเซาะของชั้นดินและการซึมผ่านของน้ำ (Voottipruex et al.,2013) โดยทำการวางแผ่นใยสังเคราะห์ก่อนติดตั้งกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส เพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำเข้ามาสร้างความเสียหายบริเวณระหว่างจุดเชื่อมต่อของ กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress Box) ดังรูปที่ 9

รูปที่ 9 การใช้งานแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile)

การเสริมกำลังของเชิงลาด การแก้ไขโดยวิธีเสริมกำลังของเชิงลาดด้วยกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส(Mattress Box) ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดด้วยโปรแกรม Plaxis 2D มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1.66 ดังรูปที่ 10 กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส สร้างขึ้นจากแผ่นตาข่ายถักเป็นรูปหกเหลี่ยม ตีเกลียวคู่ด้วยลวดเหล็กทั้งชนิดเคลือบสังกะสี, เคลือบสังกะสีผสมอลูมิเนียม (Al-Zing) และเคลือบสังกะสีหุ้มพีวีซี เป็นต้น กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส จะต้องมีแผงล่าง แผงด้านข้าง แผงด้านปลาย แผงกั้นแผ่นไดอะแฟรม และ ฝาปิด กล่องลวดตาข่าย จะถูกแบ่งเป็นช่องด้วยแผ่นไดอะแฟรม ที่ระยะ 1 เมตร ตามความยาวของกล่อง จะมีแผ่นกระบังกั้น เพื่อความแข็งแรงของกล่อง แผ่นตาข่ายแต่ละชิ้นประกอบขึ้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับ กล่องเกเบี้ยน แต่มีขนาดช่องตาข่าย และลวดที่ใช้เล็กกว่า การจัดวางกล่องเป็นชั้นๆหรือเป็นผืนระนาบตาม โครงสร้างเพื่อใช้ในงานป้องกันการกัดเซาะต่างๆ ทนทานต่อแรงน้ำ และเพิ่มการไหลเวียนของน้ำได้ดี ซึ่งกล่องลวดตาข่ายทำหน้าที่เป็นโครงสร้างกันดินช่วยพยุง ป้องกันการพังทลายหรือการเคลื่อนตัวของมวลดินเป็นการเพิ่มแรงต้านทานให้กับเชิงลาด ดังรูปที่ 11



รูปที่ 10 อัตราส่วนความปลอดภัยการแก้ไขโดยวิธีเสริมกำลังของเชิงลาดด้วยกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress Box)



[ก] [ข]

รูปที่ 11 [ก] วิธีเสริมกำลังของเชิงลาด [ข] กล่องลวดตาข่ายแมทเทรส (Mattress Box)

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากการศึกษาปัญหาเสถียรภาพของเชิงลาด บนทางหลวงหมายเลข211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม.153-กม.155 (บ้านหาดเบี้ย - คกไผ่)

5.1 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดบริเวณที่ทำการศึกษาด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ โดยโปรแกรม Plaxis 2D ในสภาวะของดินที่มีความชื้นสูงซึ่งค่าที่ได้จะทำให้ดินอยู่ในสภาวะวิกฤต พบว่ามีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ที่ 1.250 (Navfac Dm 7.01, 1986) โดยมีสาเหตุจากน้ำไหลลงสู่เชิงลาดเริ่ม

เกิดกระบวนการกัดเซาะบริเวณ Toe slope และค่อยๆลุกลามไปยังจุดที่ 2 บริเวณ Fill Slope และจุดที่ 3 บริเวณ Back Slope

5.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของเชิงลาด FS กับพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการวิบัติของเชิงลาด (parametic Study) พบว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของหน่วยน้ำหนัก (γ), อัตราส่วนความปลอดภัยลดลงตามสมการ FS = -0.028 (γ)+1.74 มีค่า R^2 =0.994 และเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของความลาดชัน (Slope) อัตราส่วนความปลอดภัยลดลงตามสมการ FS = -0.036(slope) + 2.608 มีค่าR^2 = 0.993

การปรับปรุงแก้ไขและป้องกันการซึมผ่านของน้ำที่เป็นปัจจัยหลักด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ โดยทำการวางแผ่นใยสังเคราะห์ก่อนติดตั้งกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส เพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำเข้ามาสร้างความเสียหายบริเวณระหว่างจุดเชื่อมต่อของกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส และเสริมกำลังของเชิงลาดด้วยกล่องลวดตาข่ายแมทเทรส ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของเชิงลาดด้วยโปรแกรม Plaxis 2D ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1.66 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ที่ 1.250 (Navfac Dm 7.01. 1986)

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ศึกษาการวิบัติของเชิงลาดในส่วนของแรงจากแผ่นดินไหวควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ โดยโปรแกรม Plaxis เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์นั้น ยังไม่เพียงพอและควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติม

6.2 การศึกษาเพิ่มควรจำลองรูปแบบชนิดของดินที่มีความหลากหลายและลักษณะของภูมิประเทศที่แตกต่างกันออกไป รวมทั้งจำลองรูปแบบการกัดเซาะหลายๆรูปแบบ ซึ่งจะได้ทราบถึงสาเหตุและลักษณะของการวิบัติของดินแต่ชนิดและรูปแบบที่แตกต่างกัน เพื่อสามารถเก็บเป็นข้อมูลพิจารณาศึกษาและแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหมวดทางหลวงหมายเลข 02110202 ตอน ปากชม-เชียงคาน กม.148+350 และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือเรื่องสถานที่และเก็บตัวอย่างดิน เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางห้องปฏิบัติการและให้ข้อมูลประวัติพื้นบริเวณที่ทำการศึกษา และให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤษณะ มีลักษณะสม และ พงศกร พวงชมภู. (2566). “การวิเคราะห์สาเหตุการวิบัติเชิงลาดด้วยวิธีสมดุลจำกัดและวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์และแนวทางการปรับปรุงแก้ไข กรณีศึกษา ทางหลวง 2159 ตอนชัยภูมิ-ห้วยยางดำ ที่ กม.27+700”. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสหากรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์** .8(1) : 112–124.

ชินนพัทธ์ มูลทาทอง และ พงศกร พวงชมภู. (2560). “การศึกษาปัญหาเสถียรภาพของลาดดินคันทาง ในทางหลวงหมายเลข 1349 ตอน สะเมิง – วัดจันทร์”. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 22.** นครราชสีมา

ยศวัศ จันทรา และ พงศกร พวงชมภู. (2565). “การศึกษาปัญหาเสถียรภาพเชิงลาดดินคันทางด้วยวิธีสมดุลจำกัดและวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์กรณีศึกษาทางหลวงหมายเลข 1270 ตอน กองลอย-แม่แฮใต้ ที่ กม.26+200 – กม.26+450”. **วารสารวิจัย มข**. (ฉบับบัณฑิตศึกษา).22(1) : 38-50.

สุประชา คามะนาและ พงศกร พวงชมภู. (2565). “การวิเคราะห์สาเหตุการวิบัติของเชิงลาดด้วยวิธีสมดุลจำกัดและวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์และแนวทางการปรับปรุงการแก้ไข : กรณีศึกษา ทางหลวงหมายเลข 1270 ตอน กองลอย – แม่แฮใต้ ที่ กม.21+000”. **วารสารวิจัย มข**. (ฉบับบัณฑิตศึกษา).22(1) :13-25.

สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์. (2566). **การประเมินและจัดการดินถล่มในพื้นที่ภูเขา**. กรุงเทพมหานคร : บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

กรมทางหลวง. (2561). **มาตรฐานการป้องกันการวิบัติเชิงลาดและการกัดเซาะกรมทางหลวง**. กระทรวงคมนาคม.

กรมทางหลวง. (2551). **คู่มือการบำรุงรักษาทางหลวงเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายและการเคลื่อนตัวของเชิงลาด**. กระทรวงคมนาคม.

ASTM D422. (2007). **Standard test method for particle-size analysis of soils**. In Annual Book of ASTMStandards.04.08. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, USA.

ASTM D 698. (2007). **Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort**. USA.

ASTM D 4318. (2010). **Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity index of Soils**. In Annual Book of ASTM Standards. 04.08. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, USA.

ASTM D 3080. (2014) **Standard test method for direct shear test of soils under consolidated Drained conditions**. In Annual Book of ASTM Standards. 04.08. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, USA.

Bhawani S. (1999). **Rock mass classification University of Roorkee, Roorkee**. India.

Voottipruex P., Maneejaruan J., Inthapichai S., Teerawattanasuk C., Modmoltin C. (2013). "The Prevention of soil Erosion Using a Combination of Natural Fiber with Vetiver and Ruzi Grass". **The Journal of KMUTNB** .(23)2 : 295 – 304.

คุณค่าทางวิชาการ

ทราบถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดการวิบัติของเชิงลาด บนทางหลวงหมายเลข211 ตอนปากชม-เชียงคาน ที่ กม. 153- กม.155 (บ้านหาดเบี้ย - คกไผ่)อีกทั้งทราบถึงแนวทางการป้องกันและวิธีการซ่อมแซมแก้ไข ที่มีความเหมาะสมทั้งด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านวิศวกรรม

การศึกษาการจำลองการตอกเสาเข็มและการจำลองการทดสอบเสาเข็มรับแรงด้านข้างด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

แสงอรุณ ไชยหานาม[1*] พงศกร พวงชมภู[2]
คณะวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น[1* 2]
อีเมล์ : chaihanamsangaroon@gmail.com[1*]

วันที่รับบทความ 21กุมภาพันธ์ 2567
วันแก้ไขบทความ 19 เมษายน 2567
วันตอบรับบทความ 22 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการจำลองการตอกเสาเข็ม และทดสอบเสาเข็มด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรม Plaxis 2D จากการศึกษาการจำลองการตอกเสาเข็มด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ พิจารณาให้แรงในแนวดิ่งในการตอกเสาเข็มเป็นแบบพลศาสตร์ กำหนดค่าตัวคูณความถี่ของการตอกเสาเข็มและคลื่นสั่นสะเทือน สัญญาณฮาร์มอนิกเท่ากับ 2500 แอมปลิจูด เฟส 0^0 ความถี่เท่ากับ 50 เฮริต์ และการจำลองการทดสอบเสาเข็มในแนวนอนพิจารณาให้แรงเป็นแบบสถิตยศาสตร์ โดย ผลการ จำลองพบว่าที่แรงสูงสุดด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์เท่ากับ 1.68 ตัน ค่าแรงสูงสุดในภาคสนามเท่ากับ 1.56 ตัน ค่าการเคลื่อนตัวในแนวนอนสูงสุดได้ค่าเท่ากันเท่ากับ 4.00 มิลลิเมตร ค่าสัดส่วนความปลอดภัยจากการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ ได้เท่ากับ 2.71 มากกว่าค่าสัดส่วนความปลอดภัยจากการทดสอบภาคสนามซึ่งได้เท่ากับ 2.60

คำสำคัญ : ทดสอบเสาเข็มรับแรงด้านข้าง ค่าน้ำหนักบรรทุกประลัย วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

Simulation of driven pile and lateral pile load test via finite element method

Sangaroon Chaihanam [1*], Pongsagorn Poungchompu [2]
Department of Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus [1*,2]
E-mail : chaihanamsangaroon@gmail.com[1*]

Received 21 February 2024
Revised 19 April 2024
Accepted 22 April 2024

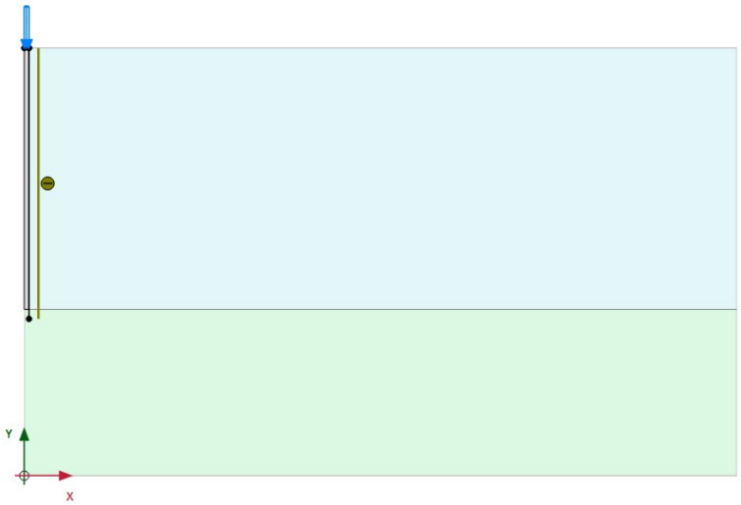
Abstract

This research studied the simulation of foundation pile driving and tested foundation piles by Finite Element Method based on the Plaxis 2D program. From the study of pile driving simulation by Finite Element Method, the vertical force for pile driving was considered to be aerodynamic. The value of pile driving frequency multiplier and vibration waves, harmonic signal was set to be 2500 amplitude, phase 0°, frequency equaling 50 Hertz. Also, the horizontal pile test simulation considered the force to be static. The simulation results were as follows. The maximum force by Finite Element Method was 1.68 tons. The field maximum force was 1.56 tons. The maximum horizontal movement was equal to 4.00 mm. The safety ratio value from the simulation by Finite Element Method was 2.71 higher than the safety ratio from field testing, which was 2.60

Keyword : Lateral Pile Load Test Ultimate Load Test Finite Element method

1. บทนำ

การวิเคราะห์ปัญหาที่ได้ผลเฉลยใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุดนั้น จะต้องครอบคลุมข้อกำหนดเชิง ทฤษฎีทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นเงื่อนไขสมดุล เงื่อนไขคอมแพคติบิลิตี โดยเฉพาะใช้แบบจำลองที่ซับซ้อน เพื่อที่จะอธิบายความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียดของดินได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับพฤติกรรมจริงของดิน ตลอดจนใช้เงื่อนไขขอบเขตที่สะท้อนความเป็นจริงสูงสุดของสภาพปัญหาจริงในงานวิศวกรรมธรณีเทคนิค จะเห็นได้ว่าวิธีที่จะครอบคลุมข้อกำหนดที่ซับซ้อนข้างต้นทั้งหมดนี้ แทบจะเป็นไปไม่ได้เลยถ้าใช้วิธีการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม โดยปราศจากการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์ (สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง. 2550) วิธีที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน มี 2 วิธีคือ วิธีผลต่างอันตะ (Finite difference method) และวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite element method) การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาการจำลองการตอกเสาเข็มและทดสอบเสาเข็มรับแรงด้านข้างด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างการจำลองการตอกเสาเข็มด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

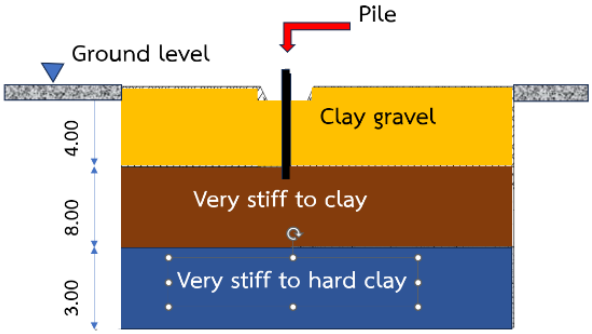
2. วัตถุประสงค์

ศึกษาการจำลองการตอกเสาเข็มและทดสอบเสาเข็มรับแรงด้านข้างด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

3. วิธีการวิจัย

3.1 การตอกเสาเข็ม

3.1.1 การตอกเสาเข็มในภาคสนามโดยข้อมูลชั้นดิน ดังแสดงในรูปที่ 2 และคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินจากผลเจาะสำรวจดินตามมาตรฐาน ASTM D1586 ในการทดสอบภาคสนาม ประกอบด้วยดิน 3 ชั้น ชั้นที่ 1 เป็นดินเหนียว (Clay) มีความเป็นพลาสติกต่ำ (CL) หนา 4 เมตร ชั้นที่ 2 เป็นดินเหนียวแข็ง (Hard) มีความเป็นพลาสติกต่ำ (CL) หนา 8.00 เมตร ชั้นที่ 3 เป็นดินเหนียวแข็ง (Stiff clay) มีความเป็นพลาสติกต่ำ (CL) ระดับน้ำใต้ดินลึก 3.00 เมตร จากผิวดิน ดังแสดงในรูปที่ 2

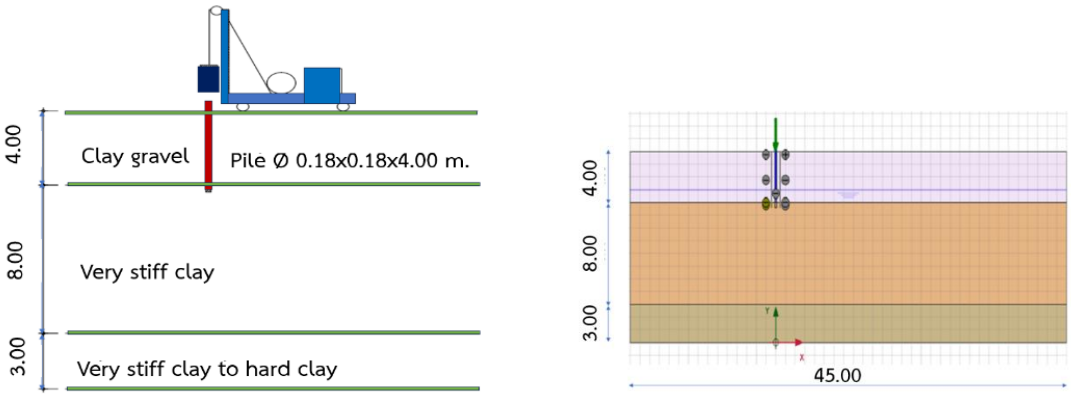


รูปที่ 2 ข้อมูลชั้นดิน

เสาเข็มตอกทดสอบเป็นเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขนาด 0.18x0.18 เมตร ยาว 4 เมตร โดยใช้ลูกตุ้มทดสอบหนัก 1 ตัน ระยะยกลูกตุ้ม 60 เซนติเมตร การตอกเสาเข็มเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM 1143-81 (Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive load. 1994) ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 เสาเข็มทดสอบ(Test pile)

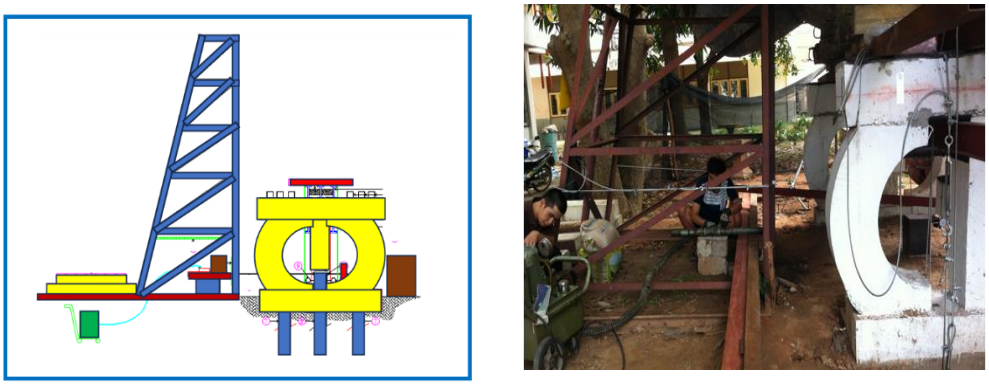
3.1.2 การจำลองการตอกเสาเข็มด้วยโปรแกรม Plaxis 2D โดยจำลองเป็นแบบระนาบความเครียด (Plain strain) คุณสมบัติวัสดุดังตารางที่1 พิจารณาค่าความเค้นในวัสดุที่ใช้กำหนดเป็นอิลิเมนต์ 15 จุด (Node) ขนาดโมเดลกว้าง 45 เมตร ลึก 15 เมตร คำนวณด้วยโครงข่าย (Mesh) แบบปานกลาง (Medium) กำหนดเงื่อนไขขอบเขตแบบอัตโนมัติ กำหนดแรงในแนวดิ่งเป็นแบบพลศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การจำลองการตอกเสาเข็มในภาคสนาม

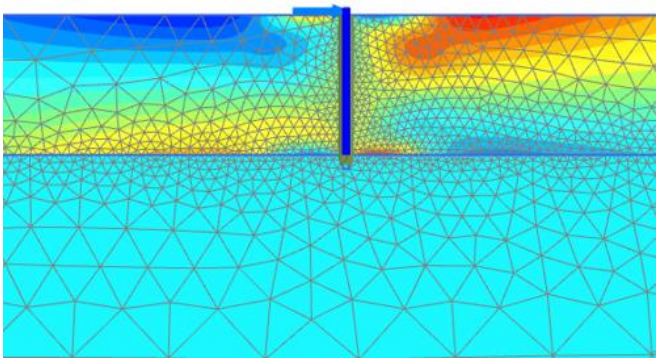
3.2 การทดสอบรับแรงด้านข้างของเสาเข็ม

3.2.1 การทดสอบรับแรงด้านข้างของเสาเข็มในภาคสนาม การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM 3966-90 (Standard Test Method for Piles Under Lateral Loads. 1995) ขั้นตอนการทดสอบ ให้เครื่องมือควบคุมกระจายแรง ครั้งละ 20% ของ Design Load (0.6 ตัน) โดยใช้แรงสูงสุดถึง 200% (Test Load) ซึ่งเท่ากับ 1.20 ตัน ซึ่งเสาเข็มยังไม่เกิดการประลัย หลังจากนั้นทดสอบใช้แรงสูงสุด 1.56 ตันทำให้เสาเข็มเกิดการประลัย คิดเป็น 260% ของน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การทดสอบรับแรงทางด้านข้างของเสาเข็มภาคสนาม

3.2.2 การจำลองการรับแรงด้านข้างเสาเข็มด้วยโปรแกรม Plaxis 2D (ชลดา กาญจนกุล. 2565) (สุรภาพ แก้วสวัสดิวงศ์. 2558)โดยจำลองเป็นแบบระนาบความเครียด (Plain strain) คุณสมบัติวัสดุดังตารางที่1 พิจารณา ค่าความเค้นในวัสดุที่ใช้กำหนดเป็นอิลิเมนต์ 15 จุด (Node) ขนาดโมเดลกว้าง 45 เมตร ลึก 15 เมตร คำนวณด้วยโครงข่าย (Mesh) แบบปานกลาง (Medium) กำหนดเงื่อนไขขอบเขตแบบอัตโนมัติ กำหนดแรงในแนวนอนเป็นแบบสถิตยศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 6



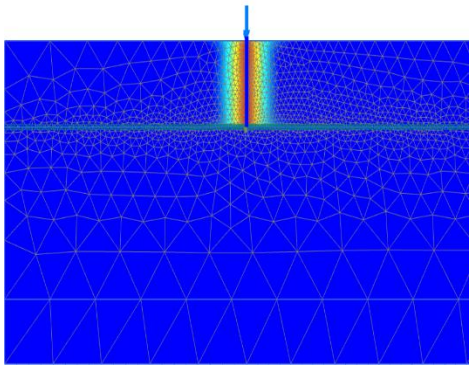
รูปที่ 6 การจำลองการทดสอบรับแรงด้านข้างเสาเข็ม

4. ผลการวิจัย

4.1 การตอกเสาเข็ม

4.1.1 ผลการตอกเสาเข็มในภาคสนาม โดยใช้สมการตอกเสาเข็มของ Hiley โดยให้น้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้เท่ากับ 3 ตัน โดยใช้อัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 4.0 ตุ้มตอกมีน้ำหนัก 1 ตัน ยกสูง 60 เซนติเมตร เสาเข็มมีความยาว 4.00 เมตร พื้นที่หน้าตัดเสาเข็มเท่ากับ 324 ตารางเซนติเมตร (ขนาด 18x18 เซนติเมตร) ได้ค่า last ten blow = 1.10 เซนติเมตร (Deendayal. 2016)

4.1.2 การจำลองการตอกเสาเข็มด้วยโปรแกรม Plaxis 2D เป็นการจำลองโดยใช้แรงแบบพลศาสตร์ (Kelvin. 2018) และคุณสมบัติของวัสดุดังแสดงตารางที่ 1 ข้อมูลเพิ่มเติม การนำเข้าข้อมูล การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง กำหนดค่าตัวคูณความถี่ของการตอกเสาเข็มและคลื่นสั่นสะเทือน สัญญาณฮาร์มอนิกเท่ากับ 2500 แอมปลิจูด เฟส 0^0ความถี่เท่ากับ 50 เฮิรตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 7



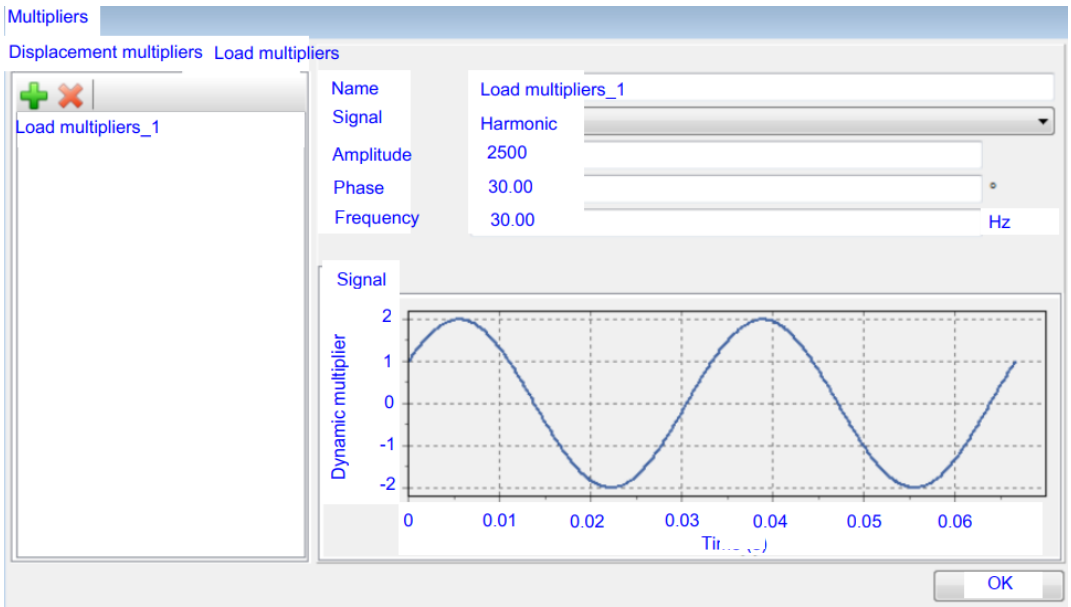
รูปที่ 7 การจำลองการตอกเสาเข็มด้วยโปรแกรม Plaxis 2D

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของวัสดุ

ในการจำลองด้วยโปรแกรม Plaxis 2D ได้กำหนดพารามิเตอร์ชั้นดิน ดังแสดงในตารางที่ 1

	γ kN/m^3	E kN/m^2	ν	Su.Avg kN/m^2	φ degree	ψ degree
Clay (GC)	17.60	3.00x10^3	0.35	60	0	0
Stiff clay (CH)	18.60	7.50x10^3	0.35	150	0	0
Stiff to hard-clay (CL)	21.30	13.50x10^4	0.35	270	0	0
Pile	24.00	30.00x10^6	0.10	0	0	0

การกำหนดค่าพลศาสตร์เสาเข็ม คลื่น ความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 การกำหนดค่าในพลศาสตร์โมเดลของโปรแกรม Plaxis

4.2 ผลการทดสอบการรับแรงด้านข้างของเสาเข็ม

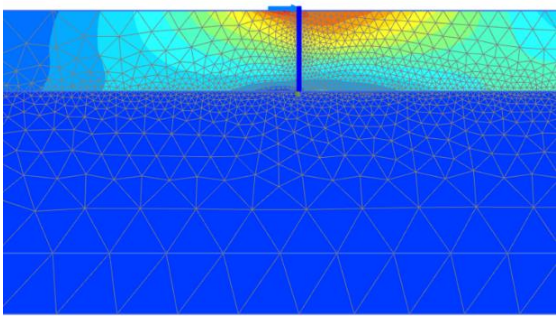
4.2.1 ผลทดสอบการรับแรงด้านข้างของเสาเข็มภาคสนาม การให้แรงในแนวนอน ครั้งละ 20% ของน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบ (0.6 ตัน) โดยใช้แรงสูงสุดถึง 200% (Test Load) ซึ่งเท่ากับ 1.20 ตัน ส่งผลให้เสาเข็มยังไม่เกิดการประลัย และใช้แรงดึงในแนวนอนเพิ่มขึ้นจนเสาเข็มประลัยที่แรงดึงเท่ากับ 1.56 ตันหรือ 260% เมื่อให้โหลดจนเสาเข็มเกิดการประลัย เกิดการเคลื่อนตัวด้านข้างเสาเข็มเท่ากับ 4 มม. สัดส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 2.71 ซึ่งได้ค่าน้อยกว่าการหาด้วยวิธี Mazurkiewich และ Davission เท่ากับ 0.26 และ 0.15 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการให้น้ำหนักทดสอบเสาเข็มรับแรงทางด้านข้าง

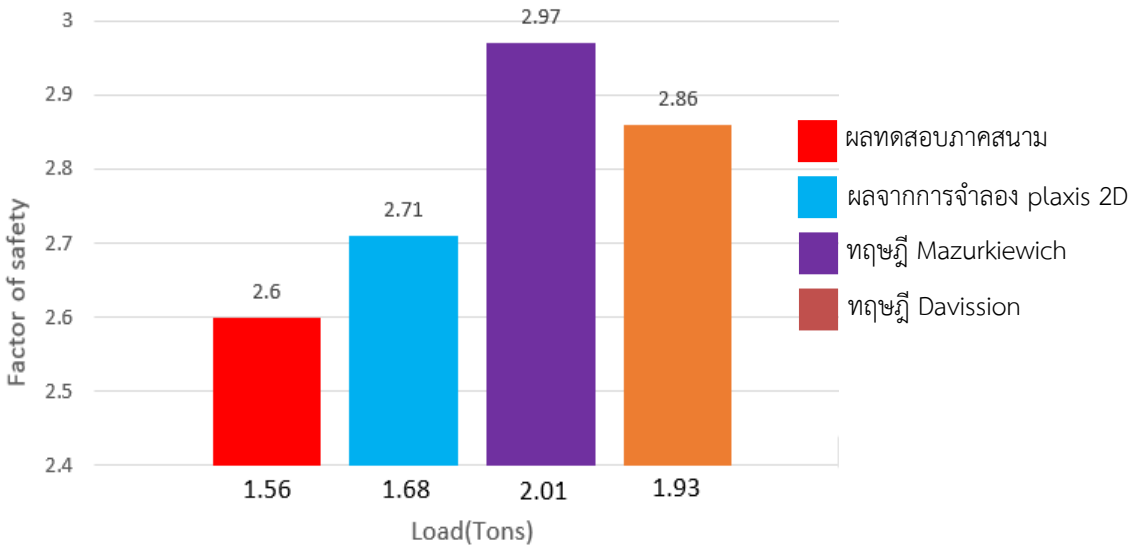
Step	Lateral load	Lateral Movement
	Ton	Inches
1	0.12	0.004
2	0.24	0.008
3	0.36	0.012
4	0.52	0.02
5	0.6	0.024
6	0.72	0.36
7	0.84	0.048
8	1	0.064
9	1.23	0.092
10	1.35	0.104
11	1.48	0.12
12	1.52	0.124
13	1.6	0.136
14	1.7	0.16
15	1.4	0.128

Total displacements U_x(Scale up1.00*10^3 times) (Times 6477 day)
Maximum value 3.944*10^{-3} m. (Element 22 at Node 5554)
Maximum value -0.012*10^{-3} m. (Element 615 at Node 1937)

4.2.2 การจำลองการรับแรงด้านข้างเสาเข็มด้วยโปรแกรม Plaxis 2D (Lin. 2022) ผลการจำลองการให้น้ำหนักเสาเข็มจนเกิดการประลัย ได้ค่าการกระจัดหรือการเคลื่อนตัวในแนวนอนสูงสุดโดยใช้แรงสูงสุดเท่ากับ 1.68 ตัน(ค่าภาคสนามเท่ากับ 1.56 ตัน) ค่าการเคลื่อนตัวในแนวนอนสูงสุดที่หัวเสาเข็มมีความสอดคล้องกับทฤษฎี (Broms.1964 : 39) จากผลภาคสนามและการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ได้ค่าเท่ากันเท่ากับ 4.00 มิลลิเมตร ค่าสัดส่วนความปลอดภัยจากการจำลองได้เท่ากับ 2.71 ค่าสัดส่วนความปลอดภัยภาคสนามได้เท่ากับ 2.60 (ได้ค่าสัดส่วนความปลอดภัยจากการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์มากกว่าการทดสอบภาคสนาม 0.11) ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลการจำลองการทดสอบรับแรงด้านข้างของเสาเข็ม



รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบการทดสอบภาคสนามและการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การศึกษาการจำลองการตอกเสาเข็ม และทดสอบเสาเข็มด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรม Plaxis 2D จากการศึกษาการจำลองการตอกเสาเข็มด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ พิจารณาให้แรงในแนวดิ่งเป็นแบบพลศาสตร์ กำหนดค่าตัวคูณความถี่ของการตอกเสาเข็มและคลื่นสั่นสะเทือน สัญญาณฮาร์มอนิกเท่ากับ 2500 แอมปลิจูด เฟส 0^0ความถี่เท่ากับ50 เฮิรตซ์ และการจำลองการทดสอบเสาเข็มในแนวนอนพิจารณาให้แรงเป็นแบบสถิตยศาสตร์ โดยผลการ จำลองพบว่าที่แรงสูงสุดด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์เท่ากับ 1.68 ตัน ค่าแรงสูงสุดในภาคสนามเท่ากับ 1.56 ตันค่าการเคลื่อนตัวในแนวนอนสูงสุดได้ค่าเท่ากันเท่ากับ 4.00 มิลลิเมตร ค่าสัดส่วนความปลอดภัยจากการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ ได้เท่ากับ 2.71 มากกว่าค่าสัดส่วนความปลอดภัยจากการทดสอบภาคสนามได้เท่ากับ 2.60 ในการออกแบบค่า Safety factor ควรอยู่ระหว่าง 2-2.5 เท่า ฉะนั้นค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีไฟต์อิลิเมนต์จะมากกว่าเล็กน้อย สามารถนำมาออกแบบโดยประมาณได้ แต่ถ้าจะให้เกิดการจำลองการทดสอบที่สมบูรณ์ ควรจะมีการทดสอบทดเสาเข็มจริงจากภาคสนามให้มากกว่า 1 ต้น แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับการทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์

อิลิเมนต์ จะได้ค่าการจำลองการทดสอบที่สมบูรณ์และถูกต้องมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามด้วยค่าการจำลองในครั้งนี้ก็สามารถนำไปใช้ได้กับเงื่อนไขที่ต้องการทราบค่าการรับแรงด้านข้างเสาเข็มโดยได้ในเบื้องต้น โดยมีข้อดีคือสามารถประหยัดได้ทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดสอบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชลดา กาญจนกุล.(2565). **การวิเคราะห์กำลังรับแรงฐานรากเสาเข็มฝังในดินเหนียวด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์.** (ศูนย์วิจัยด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางวิศวกรรมโยธา). มหาวิทยาลัยราชมงคลศรีวิชัย.

สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง. (2550). **วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ในงานวิศวกรรมธรณีเทคนิค.** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรภาพ แก้วสวัสดิวงศ์. (2558). **การวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์สองมิติของเสาเข็มรับแรงด้านข้างในดินเหนียว.** (งานวิจัยหลักสูตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Ahmad, D., & Mahmoud, G. (2012). “Response of Tapered Piles under Lateral Harmonic Vibrations”. **Int J of Geomate**. 2(4); 261-265.

Bentley. (2020). **“Plaxis 2D-Reference Manual**”. [Online]. Available : http://communities Bentley .com. Retrieved April 15, 2023.

Broms. (1964a). “Lateral resistance of piles in cohesionless soil”. **Journal of soil Mechanics and foundation Division**. 90 : 27-63.

Deendayal, R., & Muthukkumaran,T.G. (2016). “Dynamic response of single pile located in soft clay underlay by sand”. **International Journal of GEOMATE**. 11(26) : 2563-2567.

Designation D 1143-81. (1994). **Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load.**

Designation D 3966-90. (1995). **Standard Test Method for Piles Under Lateral Loads.**

Kelvin, L., & Dominic, O. (2018). “THE RESPONSE OF PILES UNDER TENSION LOADS BASED ON ANALYTICAL METHOD AND FINITE ELEMENT ANALYSIS”. **International Journal of GEOMATE**. 15(52) : 129-136.

Lin, L., & Guowei, S. (2022). “Field test and numerical simulation of A-Frame blade pile system in solar farm,October”. **International Journal of GEOMATE**.23(98) : 155 – 163.

Wanchai, T., (2017). “Deep basement excavation in soft Bangkok clay closed to palaces.” **International Journal of GEOMATE**. 12(33) : 85-90.

Xiaomin, L., & Yonggang, X. (2023). **“**Research on Dynamic Pile Driving Formulars and driving Feasibility of Extra Long PHC Pipe Piles”. Buildings MDPI .13(5) : 1-5.

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มดาลด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

ชยุตม์พงศ์ สุนันทวิทย์[1*] พงศกร พวงชมภู[2]
คณะวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น[1*2]
อีเมล์ : chayut_sunan@hotmail.com[1*]

วันที่รับบทความ 18 กุมภาพันธ์ 2567
วันแก้ไขบทความ 4 เมษายน 2567
วันตอบรับบทความ 19 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มดาลโดยการแปลผลการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มแบบสถิตยศาสตร์ และวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Plaxis 2D) ของโครงการก่อสร้างสายทางเลี่ยงเมืองหนองคาย (ด้านตะวันออก) ตอน 1 เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ประโยชน์ในออกแบบและการก่อสร้างในโครงการหรือพื้นที่ใกล้เคียง เสาเข็มเจาะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50, 1.20 และ0.80 เมตร ยาว 13.00 เมตร แรงอัดที่ออกแบบ 600, 450 และ 300 ตัน ตามลำดับ การวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์ใช้ข้อมูลชั้นดินจากผลเจาะสำรวจของหลุมเจาะ BH-2, BH-1, BH-4 ได้ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มดาล เป็นไปตามสมการเชิงเส้น y= 498.04x-76.547 มีค่า R-Square =0.8259 ซึ่งเป็นที่ยอมรับได้ เพื่อนำไปประมาณน้ำหนักบรรทุกออกแบบเสาเข็มดาลเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ ที่ความยาวคงที่ 13.00 เมตรในการก่อสร้างต่อไป

คำสำคัญ : ไฟไนต์อิลิเมนต์ น้ำหนักบรรทุกออกแบบ เสาเข็มดาล การทดสอบเสาเข็ม

Study of Relationship between the Design Load Capacity of End Bearing Pile and the Diameter by Finite Element Method

Chayutpong Sunanthawit [1*], Pongsagorn Poungchompu [2]
Department of Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus [1*,2]
E – mail : chayut_sunan@hotmail.com [1*]

Received 18 February 2024
Revised 4 April 2024
Accepted 19 April 2024

Abstract

This research was a study of the relationship between the design load capacity and the diameter of the end bearing pile by interpreting the results of the static pile load and the Finite Element Method (Plaxis 2D) of Mueang Nong Khai bypass construction project (East) Section 1 so as to utilize the results for design and construction in the project or nearby areas. The bored piles' diameters were 1.50, 1.20, and 0.80 meters, their length was 13.00 meters, and designed compressive strengths of 600, 450, and 300 tons, respectively. Finite element analysis was based on soil layer information from the results of surveyed boreholes BH-2, BH-1, and BH-4, resulting in the relationship between the design load capacity and the diameter of the end bearing pile in line with the linear equation y = 498.04x-76.547 with R-Square value of 0.8259, which was acceptable for estimating the design load capacity of end bearing piles

Keywords : Finite element, Design load capacity, End bearing pile, Pile load test

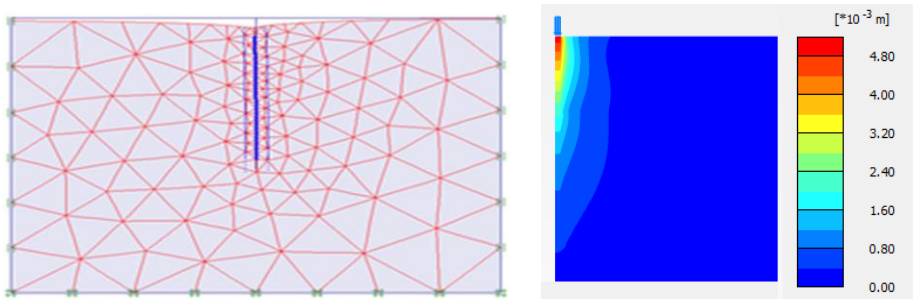
1. บทนำ

เสาเข็มเจาะดาล เป็นเสาเข็มคอนกรีตหล่อในที่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ที่ใช้กันทั่วไปเพื่อรองรับอาคารและโครงสร้างเมื่อรับน้ำหนักกระทำลงเสา การออกแบบเสาเข็มเจาะดาลนั้น ผู้ออกแบบหรือวิศวกรธรณีเทคนิคของโครงการจะต้องประเมินความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาเข็มโดยพิจารณาจากสภาพพื้นดินบริเวณพื้นที่โครงการ วิธีหนึ่งในการประมาณค่ากำลังของเสาเข็มคือการคำนวณโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของดินที่ได้รับจากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน อนึ่งผู้ควบคุมงานก่อสร้างต้องมีความเข้มงวดในการควบคุมเพื่อให้ได้คุณภาพและมาตรฐาน เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในการใช้ข้อมูล และพารามิเตอร์ในการทดสอบเสาเข็ม แม้ว่าวิธีการออกแบบเสาเข็มหลายวิธีจะเป็นแบบเชิงประสบการณ์ (Empirical methods) แต่กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มอาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยอื่นๆ เช่น วิธีการติดตั้ง คุณภาพของฝีมือ และคุณภาพของวัสดุก่อสร้างที่ใช้ ดังนั้นการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มจึงเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบเสาเข็มที่ไม่ควรมองข้าม การประเมินที่ตรงตามพฤติกรรมการรับน้ำหนักอย่างแท้จริงของเสาเข็มนั้นสามารถทำการทดสอบได้โดยวิธีทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มเจาะดาลในสนามแบบสถิตยศาสตร์ (Static pile load test) ASTM D 1143 (ASTM. 1994) โดยผลการทดสอบจะแสดงอยู่ในรูปของกราฟระยะทรุดของหัวเสาเข็มที่สัมพันธ์กับน้ำหนักกดทดสอบ น้ำหนักกดทดสอบกับเวลา และระยะทรุดของหัวเสาเข็มกับเวลา จากกราฟจะสามารถระบุถึงกำลังบรรทุกประลัยของเสาเข็มได้ แต่อาจมีปัจจัยบางอย่างทำให้เกิดปัญหาและความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นได้ในการทดสอบเสาเข็มภาคสนามขนาดใหญ่ เช่น ความไม่สม่ำเสมอของชั้นดิน ชั้นดินมีความแปรปรวน การขาดแคลนข้อมูลของชั้นดินที่นำมาออกแบบเสาเข็มสมอ ดังรูปที่ 1 (ก) (Cameron and Ellis. 2016) และ (ข) (154thmedia. 2011) ปัจจุบันการใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์ ออกแบบแก้ปัญหา ได้รับความนิยมอย่างสูง เช่นวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite element method; FEM), วิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ (Finite difference method (FDM) เป็นต้น

(ก) (ข)

รูปที่ 1 ความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นในการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มขนาดใหญ่
ที่มา : (ก) (Cameron and Ellis. 2016) และ (ข) (154thmedia. 2011)

การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์เป็นการวิเคราะห์เชิงตัวเลขที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน โดยครอบคลุมข้อกำหนดสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของดินได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับพฤติกรรมของดิน ตลอดจนเงื่อนไขขอบเขตที่สะท้อนความเป็นจริงที่สุดของสภาพปัญหาจริงในงานวิศวกรรมธรณีเทคนิค (สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง. 2550) ทำให้สามารถทราบขอบเขตที่จะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียงจากการก่อสร้าง แสดงขนาดการเคลื่อนตัว และการกระจายตัวของความเค้นที่เกิดขึ้น (ก) (Ghiasi and Eskandari. 2023) และ (ข) (เทิดศักดิ์ เลไธสง และพงศกร พวงชมภู. 2564) ดังรูปที่ 2 ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Plaxis 2D



(ก) (ข)

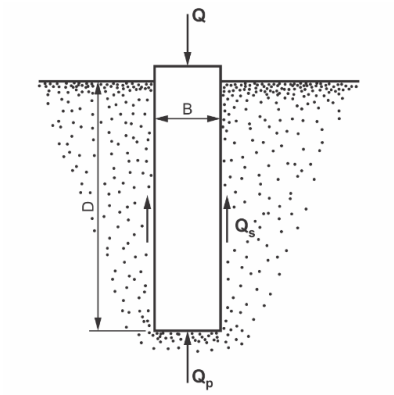
รูปที่ 2 โปรแกรม Plaxis 2D ที่ใช้วิเคราะห์พฤติกรรมของดินในงานวิศวกรรมธรณี

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาโครงการก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองหนองคาย (ด้านตะวันออก) ตอน 1 จ.หนองคาย 1 แห่ง เป็นการก่อสร้างสะพานทางแยกต่างระดับและทางระดับราบ ซึ่งเส้นทางนี้สามารถเชื่อมโยงทางหลวงหมายเลข 2 (ถนนมิตรภาพ) กับทางหลวงหมายเลข 212 จึงเป็นทางเลือกอีกเส้นทางที่สามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้เดินทางโดยไม่ต้องผ่านตัวเมืองหนองคาย มีโครงสร้างฐานรากบนเสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50 ,1.20 ,0.80 เมตร ยาวประมาณ 13.00 เมตร ผลเจาะสำรวจของหลุมเจาะ BH-2, BH-1, BH-4 ตามลำดับ ทั้งสามหลุมเจาะประกอบด้วยดิน 3 ชั้น ชั้นที่ 1 เป็นดินเหนียวแข็ง (Hard) มีความเป็นพลาสติกต่ำ (CL) หนา 6.00 เมตร ชั้นที่ 2 เป็นดินเหนียวแข็ง (Hard) มีความเป็นพลาสติกต่ำ (CL) หนา 5.00 เมตรชั้นที่ 3 เป็นดินเหนียวแข็ง (Hard) ระดับน้ำใต้ดิน 3.00 เมตรจากผิวดิน

รูปที่ 3 ตำแหน่งที่ทำการศึกษา จุดตัดทางหลวงหมายเลข 2 ตอน น้ำสวย – สะพานมิตรภาพที่หนองคาย (เขตแดนไทย/ลาว) กับทางหลวงหมายเลข 247 ตอน ทางเลี่ยงเมืองหนองคาย (17.812992,102.759076) ที่มา : https://earth.google.com/

การถ่ายน้ำหนักของเสาเข็มเดี่ยวนั้นจะถ่ายน้ำหนักจากโครงสร้างสู่ดินโดยผ่านความเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดิน (Skin friction)และแรงแบบทานที่ปลายเข็ม (End bearing) ดังแสดงในรูปที่ 4 ความเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดิน คือผลรวมของแรงเสียดทานอันเกิดจากแรงยึดเกาะ (Adhesion) ระหว่างเสาเข็มและดินตลอดความยาวเสาเข็ม ส่วนแรงแบบทานที่ปลายเข็มคือกำลังรับแรงแบบทานของดินที่ปลายเข็ม (สุขสันต์ หอพิบูลสุข. 2549)

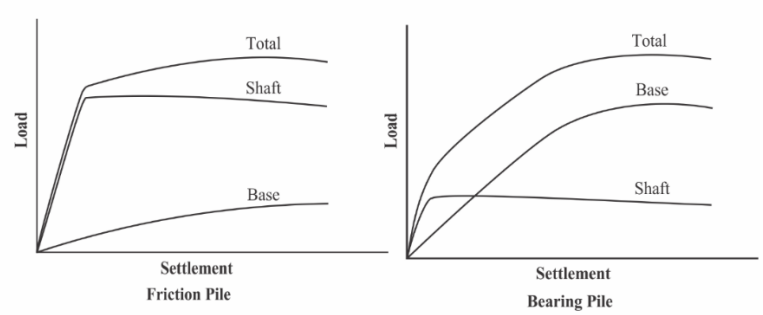
Vesic (1977) ได้เสนอเกณฑ์ซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ระบุว่ากำลังประลัยของเสาเข็ม Q_{ult} คือ น้ำหนักกดที่ทำให้เกิดการทรุดตัว 10 เปอร์เซ็นต์ของความกว้างเสาเข็มในกรณีของเสาเข็มตอก และ 25 เปอร์เซ็นต์ของความกว้างเสาเข็มในกรณีของเสาเข็มเจาะ Q_{ult}



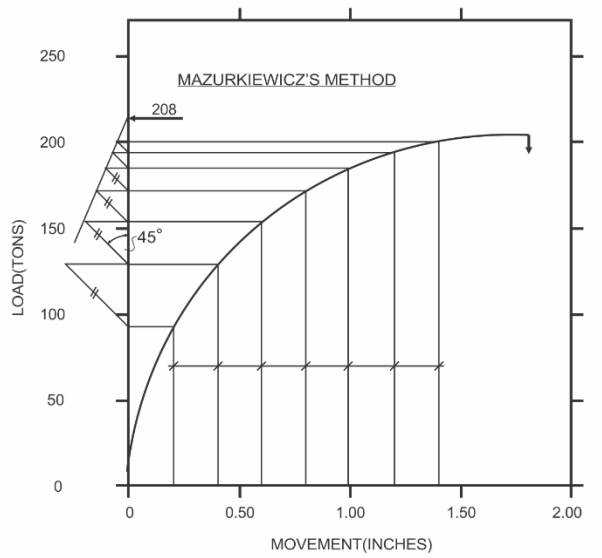
รูปที่ 4 แสดงแรงต้านทานต่อการกดของเสาเข็ม (Vesic. 1977)

Whitaker and Cooke (1966) ศึกษาอิทธิพลของรูปร่างเสาเข็มต่อพฤติกรรมการรับน้ำหนัก โดยติดตั้งมาตรวัดแรง (Load cell) ที่ผิวและปลายเสาเข็ม ผลทดสอบปรากฏว่าเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกกระทำบนเสาเข็ม แรงเสียดทานรอบเสาเข็มจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการเคลื่อนตัว แรงเสียดทานนี้เกิดขึ้นอย่างเต็มที่ เมื่อเกิดการเคลื่อนตัวของเสาเข็มเพียงแค่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม ต่อจากนั้นแรงเสียดทานนี้อาจมีค่าคงที่หรือลดลงตามการเคลื่อนตัวของเสาเข็ม ในขณะที่แรงแบกทานที่ปลายเข็มจะเกิดขึ้นอย่างเต็มที่เมื่อเกิดการทรุดตัวประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายเข็ม ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการทรุดตัว (Total load-settlement curve) ของเสาเข็มเสียดทานและเสาเข็มดาลแสดงดังรูปที่ 5

ผลทดสอบเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการทรุดตัวจะถูกนำมาใช้ในการหาน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาเข็มด้วยวิธีการแปลผล ซึ่งมีอยู่ 6 วิธี แต่ที่นิยมใช้กันแพร่หลาย ได้แก่วิธีของ Davission (1972) และวิธีของ Mazurkiewicz (1972) ดังรูปที่ 6 การศึกษานี้ใช้วิธีของ วิธีของ Mazurkiewicz ซึ่งข้อมูลในการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับวิธีนี้



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและการทรุดตัวของเสาเข็มเจาะ (ก) เสาเข็มแรงเสียดทาน (ข) เสาเข็มดาล (Burland and Cooke. 1974)



รูปที่ 6 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มโดยวิธี Mazurkiewicz (Mazurkiewicz. 1972)

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มดาล โดยการแปลผลทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มแบบสถิตยศาสตร์ (Static pile load test) ภาคสนามและวิธีไฟไนต์ อิลิเมนต์ (Plaxis 2D)

2.2 เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ประโยชน์ในออกแบบและการก่อสร้างในโครงการหรือพื้นที่ใกล้เคียง

3. วิธีการวิจัย

3.1 การทดสอบน้ำหนักบรรทุกเสาเข็ม การวิจัยนี้ทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มแบบสถิตยศาสตร์ (Static pile load test) เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D 1143 (ASTM. 1994)

3.1.1 ให้น้ำหนักบรรทุกแบบมาตรฐาน (Standard loading procedure) โดยเพิ่มแรงอัดครั้งละ 25 เปอร์เซ็นต์ของแรงอัดที่ออกแบบจนถึง 200 เปอร์เซ็นต์ของแรงอัดที่ออกแบบและลดแรงอัดลงครั้งละ 50 เปอร์เซ็นต์ของแรงอัดที่ออกแบบ (แรงอัดที่ออกแบบ 600 ตัน ,450 ตัน และ300 ตัน สัดส่วนความปลอดภัย 2.0 แรงอัดทดสอบเท่ากับ 1,200 ตัน ,900 ตัน และ 600 ตัน ตามลำดับ)

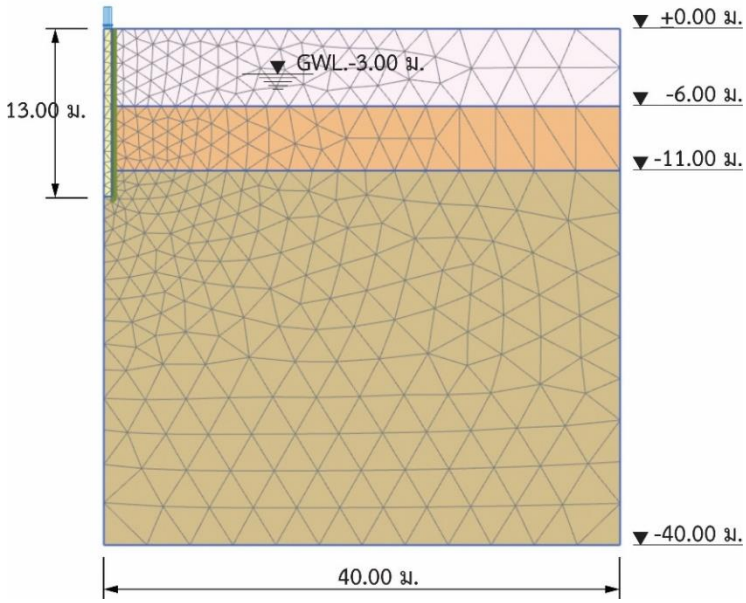
3.1.2 การเพิ่มน้ำหนักบรรทุกแต่ละขั้นตอน ต้องรักษาน้ำหนักบรรทุกนั้น ๆ อย่างน้อยที่สุด 1 ชั่วโมง หากอัตราการทรุดตัวไม่เกิน 0.25 มม. ต่อชั่วโมง ให้ขึ้นน้ำหนักถัดไปได้ แต่ถ้าอัตราการทรุดตัวเกิน 0.25 มม. ต่อชั่วโมง ให้คงน้ำหนักบรรทุกนั้น ๆ ไว้จนครบ 2 ชั่วโมง แล้วจึงขึ้นน้ำหนักบรรทุกถัดไป

3.1.3 ที่น้ำหนักบรรทุกออกแบบและน้ำหนักบรรทุกสูงสุด ให้คงน้ำหนักบรรทุกไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง เว้นแต่การจมของหัวเสาเข็มเกิน 15 เปอร์เซ็นต์ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม จะจดบันทึกที่เวลา 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 90, 120 นาที และทุก 2 ชั่วโมง สำหรับเวลาที่เหลือ

3.1.4 การลดน้ำหนักบรรทุก ลดน้ำหนักลงทีละขั้นทุก 1 ชั่วโมงจนน้ำหนักทดสอบเป็นศูนย์ อ่านค่าคืนตัวจนกระทั่งการคืนตัวจะหยุดและต้องการคืนตัวเป็นเวลาไม่มากกว่า 1 ชั่วโมง การอ่านค่าและจดบันทึก จะจดบันทึกที่เวลา 1, 2, 4, 8, 15, 30 และ 60 นาที

3.1.5 ทำการแปลผลการรับน้ำหนักบรรทุกออกแบบของเสาเข็มด้วยวิธีของ Mazurkiewicz (1972)

3.2 วิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ ในการจำลองพฤติกรรมของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50 ,1.20 ,0.80 ม. ยาว 13.00 ม. โดยใช้พารามิเตอร์คุณสมบัติทางวิศวกรรมจากผลเจาะสำรวจของหลุมเจาะ BH-2, BH-1, BH-4 ตามลำดับ จำลองปัญหาเป็นแบบสมมาตรรอบแกน (Axisymmetry) เมื่อหมุนรอบแกนในแนวดิ่งซึ่งเป็นแกนสมมาตรปัญหาจะเป็นปัญหาความเครียดระนาบซึ่งการยืดหรือหดตัวในทิศทางเชิงมุมจะเท่ากับศูนย์ (อภิชิต คำภาหล้า. 2548 : 54) วัสดุที่ใช้กำหนดเป็นอิลิเมนต์แบบ 15 จุด (Node) กำหนดเงื่อนไขขอบเขตแบบอัตโนมัติ มิติในแนวราบเท่ากับ 40 เมตร (มากกว่า 2L) และสัดส่วนในแนวดิ่งเท่ากับ 40 เมตร (มากกว่า 2.5L) ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของวัสดุเป็นแบบอิลาสติกพลาสติก - มอร์คูลอมบ์ (Elastic–Plastic Mohr-Coulomb) การวิเคราะห์เป็นกรณีไม่ระบายน้ำ (Undrained analysis) และใช้ค่าพารามิเตอร์กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained shear strength, Su) ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 7 แบบจำลองไฟไนต์อิลิเมนต์เพื่อใช้ในการจำลองพฤติกรรมของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 ม. ยาว 13.00 ม.

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์

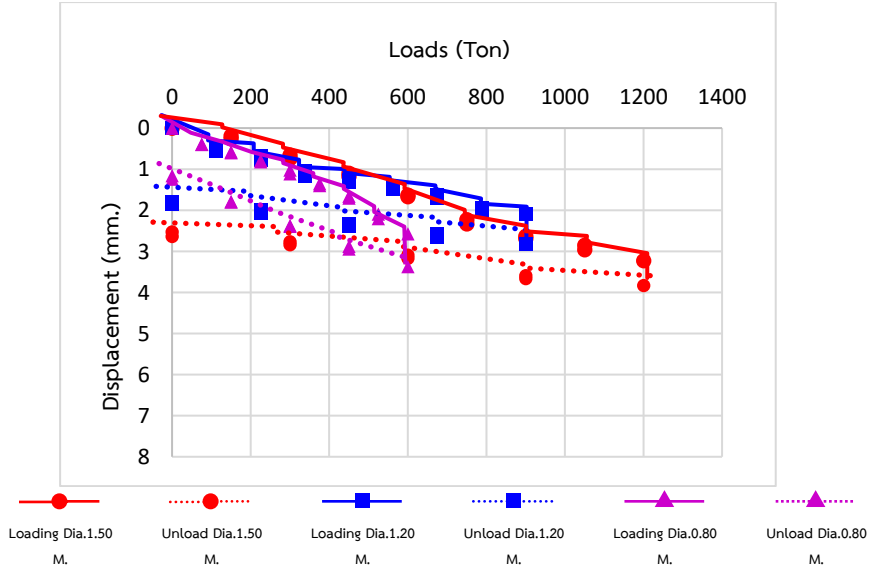
	γ * kN/m^3	E ** kN/m^2	ν ** -	$S_{u\ Avg}$ * kN/m^2	φ * degree	ψ * degree
Layer1-Clay(CL)	18.50	125.0x10^3	0.35	250.00	0	0
Layer2-Clay(CL)	19.30	225.0x10^3	0.32	450.00	0	0
Layer3-Clay(CL)	21.50	450.0x10^3	0.29	900.00	0	0
Pile	24.00	30.00x10^6	0.10	0	0	0

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การศึกษาการประเมินค่าน้ำหนักบรรทุกออกแบบของเสาเข็มตาลแบบสถิตยศาสตร์ (Static pile load test)

ผลการทดสอบในสนามจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการทรุดตัวของเสาเข็มแบบสถิตยศาสตร์ (Static pile load test) รูปที่ 7 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม 1.50 ม.ที่น้ำหนักบรรทุก 1200 ตัน การทรุดตัวที่หัวเสาเข็ม 3.83 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม 1.20 ม.ที่น้ำหนักบรรทุก 900 ตัน การทรุดตัวที่หัวเสาเข็ม 2.82 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม 0.80 ม.ที่น้ำหนักบรรทุก 600 ตัน การทรุดตัวที่หัวเสาเข็ม 3.37 มิลลิเมตรตามลำดับนำค่าไปแปลผลโดยวิธีของ Mazurkiewicz (1972) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม 1.50 ม.ที่น้ำหนักบรรทุกออกแบบที่ 600 ตัน ได้การทรุดตัวที่หัวเสาเข็ม 5.89 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม 1.20 ม.ที่น้ำหนักบรรทุกออกแบบที่ 450 ตัน การทรุดตัวที่หัวเสาเข็ม 4.34 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม 0.80 ม.ที่น้ำหนักบรรทุกออกแบบที่ 600 ตันการทรุดตัวที่หัวเสาเข็ม 3.18 มม. ดังตารางที่ 2

รูปที่ 8 ภาพถ่ายขณะทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก (Static pile load test)



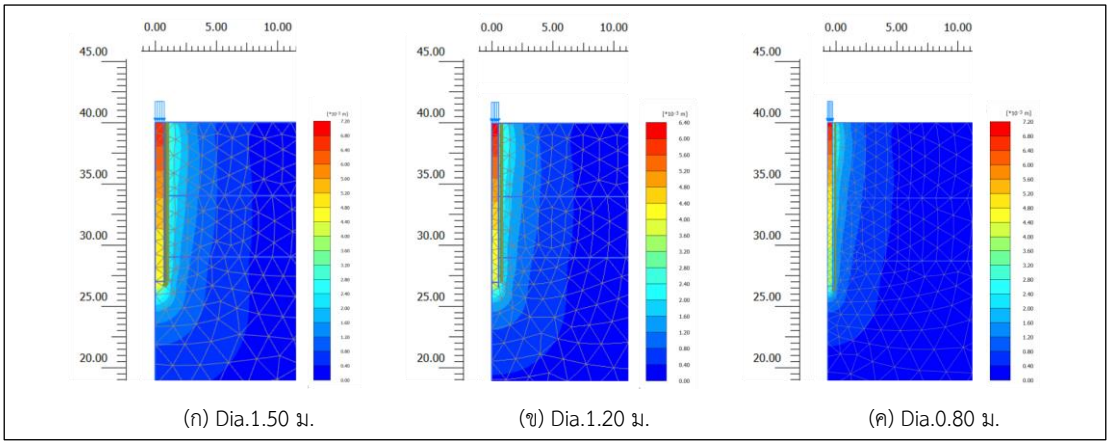
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการทรุดตัวของเสาเข็ม จากการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มแบบสถิตยศาสตร์ (Static pile load test)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกออกแบบของเสาเข็มแบบสถิตยศาสตร์ (Static pile load test) ของเสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50 ,1.20 ,0.80 ม. ความยาว 13.00 เมตรที่ได้จากการแปลผล

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม (ม.)	น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (ตัน)	ค่าการทรุดตัวของเสาเข็ม (มม.)
1.50	600	5.890
1.20	450	4.340
0.80	300	3.180

4.2 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การศึกษาการประเมินค่าน้ำหนักบรรทุกออกแบบของเสาเข็มดาลโดยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

วิเคราะห์และจำลองพฤติกรรมของดินในการรับน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มทั้ง 3 ขนาด โดยจำลองตามสถานะการก่อสร้าง (Stage of construction) เหมือนกับการทดสอบจริง โดยใช้พารามิเตอร์คุณสมบัติของดินจากผลเจาะสำรวจของหลุมเจาะ BH-2, BH-1, BH-4 ตามลำดับได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม 1.50 ม.ที่น้ำหนักบรรทุกออกแบบที่ 600 ตัน การทรุดตัวที่หัวเสาเข็ม 3.354 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม 1.20 ม.ที่น้ำหนักบรรทุกออกแบบที่ 450 ตัน การทรุดตัวที่หัวเสาเข็ม 3.103 มม.ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม 0.80 ม.ที่น้ำหนักบรรทุกออกแบบที่ 600 ตันการทรุดตัวที่หัวเสาเข็ม 3.427 มม.ดังตารางที่ 3 การกระจายตัวของความเค้นที่เกิดเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มตรงตามผลเจาะสำรวจดิน จากรูปที่ 10 การกระจายตัวของความเค้นที่เกิดเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด จะเกิดความเค้นสูงสุดบริเวณส่วนบนจุดที่รับน้ำหนักบรรทุกแล้วลดความเข้มข้นลงตามลำดับไปตามความลึกของเสาเข็มส่วนความเค้นในแนวราบลดลงไปตามแนวรัศมีเช่นเดียวกัน (เทิดศักดิ์ เลไธสง และพงศกร พวงชมภู. 2564) ความเค้นของเสาเข็มทั้งสามขนาดแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักบรรทุกที่มากกว่าความเค้นจะมีขอบเขตกระทำที่กว้างกว่าเสาเข็มที่มีขนาดน้ำหนักบรรทุกที่น้อยกว่า ดังรูปที่ 10 (ก) (ข) และ (ค)



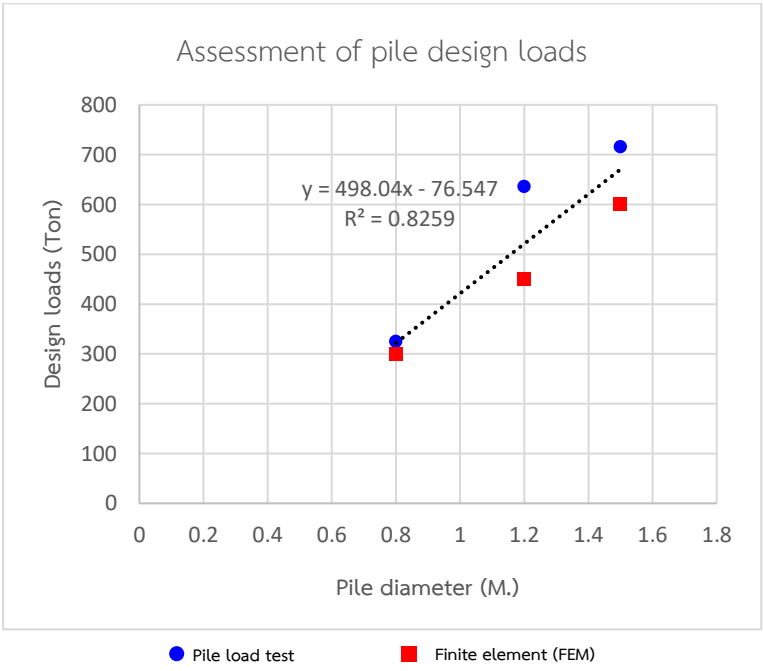
(ก) Dia.1.50 ม. (ข) Dia.1.20 ม. (ค) Dia.0.80 ม.

รูปที่ 10 การกระจายตัวของความเค้นที่เกิดเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50, 1.20 และ0.80 ม.

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Plaxis 2D) ทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกออกแบบของเสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50 ,1.20 ,0.80 ม. ความยาว 13.00 เมตร

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม (ม.)	น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (ตัน)	ค่าการทรุดตัวของเสาเข็ม (มม.)
1.50	600	3.354
1.20	450	3.103
0.80	300	3.427

4.3 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 อธิบายความสัมพันธ์ จากนั้นนำค่าจากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง จะได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.8259 และได้สมการเชิงเส้น เท่ากับ y=498.04x-76.547 (เมื่อ x = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม หน่วยเป็นเมตร และ y = น้ำหนักบรรทุกออกแบบ หน่วยเป็นตัน) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการประมาณน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับเสาเข็มดาลเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ ที่ความยาวของเสาเข็มคงที่ 13.00 ม.



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มเจาะดาล

<u>ตัวอย่าง</u> การประมาณค่าน้ำหนักบรรทุกออกแบบของเสาเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.00 เมตร

จากสมการ $y = 498.04x - 76.547$

เมื่อ x = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม หน่วยเป็นเมตร
และ y = น้ำหนักบรรทุกออกแบบ หน่วยเป็นตัน

แทนค่าสมการ $y = 498.04(1.00) - 76.547$

$y = 421.49$ ตัน

5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มดาล โดยการแปลผลทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มแบบสถิตยศาสตร์ (Static pile load test) ภาคสนาม และวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Plaxis 2D) ของโครงการก่อสร้างสายทางเลี่ยงเมืองหนองคาย (ด้านตะวันออก) ตอน 1 จ.หนองคาย จากเสาเข็มทดสอบทั้งสามขนาด สรุปได้ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มดาลได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.8259 และได้สมการเชิงเส้นเท่ากับ y=498.04x-76.547

2. ภาพการกระจายตัวของความเค้นและการกระจัดด้วยไฟไนต์อิลิเมนต์ทำให้สามารถประมาณขอบเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างของโครงการ

3. เสาเข็มที่ได้รับน้ำหนักบรรทุกมากกว่า ขอบเขตที่กระทำจะมีขนาดกว้างกว่าเสาเข็มที่ได้รับน้ำหนักบรรทุกน้อยกว่าทุกทิศทาง

4. วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Plaxis 2D) สามารถอธิบายพฤติกรรมของดินที่ซับซ้อน ซึ่งผลวิเคราะห์ที่ได้นำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบและการก่อสร้างในโครงการหรือพื้นที่ใกล้เคียง

6. ข้อเสนอแนะ

อย่างไรก็ตามการประมาณน้ำหนักบรรทุกออกแบบยังจำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลภาคสนามที่มากกว่านี้ เพื่อให้มีความเชื่อมั่นในการประเมินมากขึ้น อีกทั้งควรมีการทดสอบเสาเข็มแบบให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเสาเข็มวิบัติ เพื่อให้เป็นข้อมูลในการแปลผลที่มีความเชื่อมั่น และมีความถูกต้องตามหลักวิชาการ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการก่อสร้างสายทางเลี่ยงเมืองหนองคาย (ด้านตะวันออก) ตอน 1 จ.หนองคาย 1 แห่ง ที่ให้ข้อมูลความสะดวกในการวิจัย และขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยสร้างสรรค์ ปีงบประมาณ 2566 ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้ประโยชน์จากงบประมาณดังกล่าว จนกระทั่งสำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เทิดศักดิ์ เลไธสง และพงศกร พวงชมภู. (2564). **การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การต้านแรงกดของดินโดยการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มและการวิเคราะห์เชิงตัวเลข.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง. (2550). **วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ในงานวิศวกรรมธรณีเทคนิค.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุขสันต์ หอพิบูลสุข. (2549). **วิศวกรรมฐานราก.** เอกสารประกอบการสอนวิชา วิศวกรรมฐานราก (Foundation engineering). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี : 127-159.

อภิชิต คำภาหล้า. (2548). **การทำนายกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มกดสำหรับงานเสริมฐานรากอาคารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

154thmedia. (2011). “Pile Load Test FAIL! Concrete blocks collapse at Gilstead Rd S'pore~!! - 16 Jan2011”. [Onlinet]. Available from: **https://www.youtube.com/watch?v=NoY4AA-8Ui4&t=10s.** Retrieved April 19, 2023.

ASTM D-1143-81 (Reapproved 1994). **Standard test method for piles under static axial compressive load**.

Burland, B. and Cooke, W. (1974). “The design of bored piles in stiff clays”. **Ground engineering**. 7(4) : 29.

Cameron, K. and Ellis, M. (2016). “Federation of Piling Specialists. Handbook on Pile Load Testing FPS”. [Online]. Available : **https://www.fps.org.uk/content/uploads/ 2018/12/06-02-27-load-testing-handbook-2006.pdf.** Retrieved January 05, 2024.

Davisson, T. (1972). “High capacity piles**”. Proceedings, Lecture Series, Innovations in Foundation Construction ASCE**, Illinois Section : 52.

Ghiasi, V. and Eskandari, S. (2023). “Comparing a single pile’s axial bearing capacity using numerical modeling and analytical techniques.” **Journal of Results in Engineering.** 17: 100893

Google.com. [Online]. Available from: **https://earth.google.com/**: (17.812992,102.759076)

Mazurkiewicz, K. (1972). **Test loading of piles according to polish regulations.** Preliminary report no.35, Commission on Pile Research, Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, Stockholm.

Vesic, A. (1977). **Design of pile foundations.** National Cooperative Highway Research Program, Synthesis of Practice No. 42, Transportation Research Board, National Research council, Washington DC.

Whitaker, T. and Cooke, W. (1966). An investigation of the shaft and base resistance of large bored piles in London clay**. Proceedings of Conference on Large Bored Piles**, ICE, London: 7-49.

คุณค่าทางวิชาการ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มดาลด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์นี้ จะทำให้สามารถประมาณขอบเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างของโครงการ และใช้ประโยชน์เพื่อเป็นฐานข้อมูลทางเลือกในการออกแบบโดยการประมาณน้ำหนักบรรทุกออกแบบกับเสาเข็มดาลเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ เพื่อลดต้นทุนการสำรวจและลดเวลาการทดสอบในโครงการในอนาคตหรือพื้นที่ใกล้เคียง

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพของเสื้อไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์

เจษฎา คำผอง[1*] ณธายุ ชวพัฒนโยธา[2] ภานุเทพ จันดา[3]
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น[1* 3]
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม[2]
อีเมล์ : jetsada.ku@rmuti.ac.th[1*]

วันที่รับบทความ 22 พฤศจิกายน 2566
วันแก้ไขบทความ 8 มีนาคม 2567
วันตอบรับบทความ 18 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

พนักงานไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์ของประเทศไทย ส่วนมากประสบปัญหาด้านสุขภาพเกี่ยวกับความปวดเมื่อยกล้ามเนื้อในการขับรถนานๆ และโรคทางผิวหนัง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพของเสื้อพนักงานไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์และเพื่อศึกษาแนวทางการสร้างเสริมสุขภาวะการทำงานของไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์ มีทดสอบกับเสื้อไรเดอร์ 2 ตัวอย่าง คือ ยี่ห้อเสื้อไรเดอร์พลัสและยี่ห้อเสื้อไรเดอร์ทั่วไป โดยมีการทดสอบความชื้น (Moisture content test) การทดสอบการอิ่มน้ำ (Full water test) และการทดสอบการดูดซับอุณหภูมิ (Temperature test) ผลการศึกษาพบว่า ทั้ง 2 ยี่ห้อเสื้อมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเวลาในการอบแห้ง (เสื้อไรเดอร์พลัส r=-0.991; เสื้อไรเดอร์ทั่วไป r=-0.995) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) เสื้อไรเดอร์พลัสมีน้ำหนักน้อยกว่าเสื้อไรเดอร์ทั่วไปหลังจากการทดสอบการอิ่มน้ำ และเสื้อไรเดอร์พลัสมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเท่ากับ 29.49 องศาเซลเซียส เสื้อไรเดอร์ทั่วไปมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเท่ากับ 29.10 องศาเซลเซียส (ความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 องศาเซลเซียส ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) แนวทางการสร้างเสริมสุขภาวะการทำงานของไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์ ในด้านการลดโอกาสการเกิดโรคทางผิวหนังควรเลือกใช้เลือกไรเดอร์ที่มีการระบายอากาศที่ดี อุ้มน้ำน้อย

คำสำคัญ : รถจักรยานยนต์ ไรเดอร์ สุขภาพ การทดสอบความชื้น

Study of the Physical Properties of the Motorcycle Food Delivery Riders' Shirt

Jetsada Kumphong[1*] Nathayu Chawapattanayotha[2] Panuthep Jamda[3]
Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus [1* 3]
Faculty of Industrial Technology, Nakhonphanom University[2]
E – mail : Jetsada.ku@rmuti.ac.th [1*]

Received 22 November 2023
Revised 8 March 2024
Accepted 18 March 2024

Abstract

Most food delivery riders working on motorcycles in Thailand are facing health problems related to muscle aches from long riding and dermatitis or skin disease. This research was aimed at studying the physical properties of the motorcycle food delivery riders' shirt to determine the means to build working wellness of food delivery riders on motorcycles. Two samples of riders' shirts were tested, namely the Rider Plus Brand and General Rider Brand. The moisture content test, full water test, and temperature test were conducted. The results showed the moisture percentage of both brands have negative correlation with the drying time (Rider Plus: r=-0.991; General Rider: r=-0.995) at the significance level of p-value <0.05. The Rider Plus shirt weighs less than the General Rider shirt after the full water test, and the average temperature of the Rider Plus shirt is 29.49 degrees Celsius whereas the average temperature of the General Rider shirt is 29.10 degrees Celsius (the difference of the average temperatures of both was 0.39 degrees at the statistical significance level of p-value <0.05). Thus, in order to build working wellness for the food delivery riders working on motorcycles to reduce the chance of skin disease, the shirt that ventilates air well while absorbs less water should be selected.

Keywords : Motorcycle, Rider, Health, Moisture content test

1. บทนำ

ประเทศสมาชิกในองค์การอนามัยโลกได้มีรายงานว่ามีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนทั่วโลกมากกว่าหนึ่งล้านคนต่อปี ซึ่งในประเทศไทยอุบัติเหตุทางถนนมักเกิดกับประชาชนช่วงอายุระหว่าง 5 ถึง 29 ปี และมีอัตราการเสียชีวิตจากรถจักรยานยนต์เป็นอันดับต้น ๆ ของโลกจากการจัดอันดับในกลุ่มสมาชิก (WHO. 2018) ประชาชนในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มักนิยมใช้รถจักรยานยนต์ในการเดินทางและประกอบอาชีพ เนื่องจากมีราคาไม่แพง เดินทางและใช้งานได้สะดวกสอดคล้องกับรายได้เฉลี่ยส่วนใหญ่ของประชากรภูมิภาคนี้ (WHO. 2018)

วิกฤตการณ์การแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 ส่งผลให้วิถีชีวิตของประชากรของทั่วโลกต้องเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากประชาชนถูกร้องขอให้อยู่เฉพาะภายในที่พักอาศัยและจำกัดการเดินทางในที่สาธารณะ (Navarrete-Hernandez et al. 2023) ส่งผลให้มีการจัดส่งอาหารออนไลน์เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Feizizadeh et al. 2023) อาชีพพนักงานขนส่งอาหารหรือไรเดอร์ถือว่าเป็นฟางเส้นสุดท้ายของการขับเคลื่อนธุรกิจในช่วงแพร่ระบาด ซึ่งการเข้าสู่อาชีพนี้ค่อนข้างง่าย เนื่องจากงานนี้ใช้ทักษะเพียงเล็กน้อยและมีอุปสรรคในการเข้าต่ำ พนักงานใหม่จำเป็นต้องมีเพียงใบขับขี่ยานพาหนะ และสมาร์ทโฟน (Tran et al. 2022) ในปี พ.ศ.2563 มีผู้ลงทะเบียนสมัครเป็นพนักงานไรเดอร์ถึง 965,000 ราย (สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน. 2565)

การศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันเกี่ยวกับตัวแปรและผลกระทบด้านอาชีวอนามัยความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานของพนักงานของแอพพลิเคชั่นบริการส่งอาหาร ซึ่งมีผลการศึกษาพบว่ามากกว่าร้อยละ 50 ทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์ มากกว่าร้อยละ 50 ทำงาน 7-8 ชั่วโมงต่อวัน รายได้ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 19,001-20,000 บาท ประมาณครึ่งหนึ่งของกลุ่มตัวอย่างการสำรวจเคยประสบอุบัติเหตุขณะทำงาน ซึ่งร้อยละ 25 ไม่ได้ ทำประกันสังคม นอกจากนี้ปัญหาโรคที่พบมากที่สุด คือ อาการเหนื่อยล้าจากการขับรถจักรยานยนต์เป็นเวลานาน และโรคทางผิวหนังที่เกิดจากใส่ชุดพนักงานตัวเดิมซ้ำ ๆ (สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน. 2565) สาเหตุเกิดจากพนักงานต้องขับรถจักรยานยนต์เผชิญกับสภาพการจราจรและสภาพอากาศที่รุนแรง เช่น ฝนตกหนัก ลมแรง ความชื้นที่อบอ้าว หรืออากาศร้อน (Tran et al. 2022)

ในต่างประเทศมีการศึกษาออกแบบการใส่เสื้อให้สบายโดยการศึกษาความร้อนและความชื้นของผู้ใส่ (Hes L. 2000 ; Ho C. et al. 2008 ; Sousa J.D. et al. 2014 ; กฤติยา อ่องวุฒิวัฒน์. 2562) ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาก็มีการพัฒนาเส้นใยพิเศษในการระบายความร้อนหรือมีการพัฒนาติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความชื้นในเสื้อ (Dai X.Q. et al. 2008; Lage et al. J. 2015) เพื่อเป็นการเติมเต็มองค์ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบชุดของพนักงานไรเดอร์ ผู้วิจัยสนใจศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพของชุดพนักงานที่ใช้ในปัจจุบัน เพื่อสร้างข้อเสนอแนะสำหรับการออกแบบชุดของพนักงานที่ส่งผลดีต่อสุขภาพของพนักงานไรเดอร์

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพของเสื้อพนักงานไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์

2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการสร้างเสริมสุขภาวะการทำงานของไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์

3. วิธีการวิจัย

3.1 เสื้อพนักงานไรเดอร์บริการขนส่งอาหาร

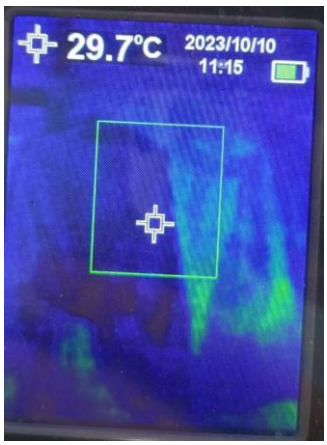
3.1.1 ตัวอย่างเสื้อ

เสื้อพนักงานไรเดอร์บริการขนส่งอาหารในการศึกษาครั้งนี้ มีจำนวน 2 ตัวอย่างจาก 2 ยี่ห้อ เป็นเสื้อแขนยาวของเสื้อของพนักงานแอพพลิเคชั่นบริการส่งอาหาร ซึ่งตัวอย่างที่ 1 เป็นเสื้อไรเดอร์จากยี่ห้อ Rider+ (น้ำหนัก 368 กรัม) ตัวอย่างที่ 2 เป็นเสื้อไรเดอร์ทั่วไป (น้ำหนัก 420 กรัม) ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ตัวอย่างเสื้อพนักงานไรเดอร์บริการขนส่งอาหาร

3.1.2 การวัดคุณสมบัติเชิงกายภาพ

- การหาค่าน้ำหนัก
- การหาค่าความชื้น
- การหาค่าอุณหภูมิ โดย เครื่องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ UNI-T ดังแสดงรูปที่ 2
-



รูปที่ 2 เครื่องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ UNI-T

3.2 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพ

3.2.1 การทดสอบหาความชื้น

การทดสอบหาความชื้น ได้ทำการทดสอบโดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1. แช่ในถังน้ำและนำลูกน้ำหนักทับเสื้อไว้ให้จมน้ำเป็นนาน 24 ชั่วโมง และ 2. นำเสื้อไรเดอร์อบแห้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส โดยวัดค่าทุก ๆ 10 นาทีเพื่อหาความชื้นที่เปลี่ยนแปลง โดยมีการชั่งน้ำหนัก และได้เปรียบเทียบค่าระหว่างตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 (ดังแสดงในรูปที่ 3) โดยการทดสอบสถิติ ที และสหสัมพันธ์ (Correlation) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2555)

รูปที่ 3 การอบแห้งเสื้อไรเดอร์ในตู้อบ

3.2.2 การทดสอบการอิ่มน้ำของวัสดุ

การทดสอบการอิ่มน้ำของเสื้อไรเดอร์เป็นการนำเสื้อไรเดอร์แช่ในถังน้ำและนำลูกน้ำหนักทับเสื้อไว้ให้จมน้ำเป็นนาน 24 ชั่วโมง จากนั้นให้นำมาชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง (ดังแสดงในรูปที่ 4)

รูปที่ 4 การทดสอบการอิ่มน้ำของวัสดุ

3.2.3 การทดสอบอุณหภูมิ

การทดสอบอุณหภูมิ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยวัดค่าทุก ๆ 3 นาที เพื่อวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง และได้เปรียบเทียบค่าระหว่างตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 โดยการทดสอบสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2555) ซึ่งการทดสอบอุณหภูมิในเสื้อผ้าจะสอดคล้องกับงานวิจัยของคุณกฤติยา อ่องวุฒิวัฒน์ (2562) การทดสอบอุณหภูมิเพื่อสภาวะสบายเชิงอุณหภาพหรือความสบายในการสวมใส่เสื้อ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาความชื้นของเสื้อไรเดอร์

ผลการศึกษาความชื้นของเสื้อไรเดอร์จากตารางที่ 1 การศึกษาความชื้นของเสื้อไรเดอร์หลังจากแช่ในถังน้ำและนำลูกน้ำหนักทับเสื้อไว้ให้จมน้ำเป็นนาน 1 วัน โดยวัดค่าทุก ๆ 10 นาทีเพื่อหาความชื้นที่เปลี่ยนแปลงโดยตู้อบแห้งที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส พบว่า 10 นาทีหลังจากการอบ ตัวอย่างที่ 1 มีน้ำหนัก 1,404 กรัม (มีความชื้น 99.6%) ตัวอย่างที่ 2 มีน้ำหนัก 2,388 กรัม (มีความชื้น 99.6%) และ60 นาทีหลังจากการอบ ตัวอย่างที่ 1 มีน้ำหนัก 1,376 กรัม (มีความชื้น 97.6%) ตัวอย่างที่ 2 มีน้ำหนัก 2,314 กรัม (มีความชื้น 96.5%) ซึ่งตัวอย่างที่ 1 มีน้ำหนักลดลง 28 กรัม (มีความชื้นลดลง 2%) และตัวอย่างที่ 2 มีน้ำหนักลดลง 74 กรัม (มีความชื้นลดลง 3%)

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาความชื้นของเสื้อไรเดอร์

เวลาในการอบ	น้ำหนักเสื้อไรเดอร์ (g)		ความชื้น (%)	
	ตัวอย่างที่ 1 (g)	ตัวอย่างที่ 2 (g)	ตัวอย่างที่ 1 (g)	ตัวอย่างที่ 2 (g)
10 นาที	1,404	2,388	99.6	99.6
20 นาที	1,400	2,378	99.3	99.2
30 นาที	1,396	2,364	99.0	98.6
40 นาที	1,388	2,344	98.4	97.7
50 นาที	1,384	2,328	98.2	97.1
60 นาที	1,376	2,314	97.6	96.5

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความชื้นของเสื้อไรเดอร์ระหว่างตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างโดยเฉลี่ยตัวอย่างที่ 1 เท่ากับ 98.68 % (SD=1.75) และตัวอย่างที่ 2 เท่ากับ 98.12 % (SD=1.21) ทั้งสองตัวอย่างมีความแตกต่างของความชื้นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.56 % ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) และตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าความชื้นและเวลาในการอบแห้ง พบว่าความชื้นของตัวอย่างที่ 1 มีความสัมพันธ์เชิงลบกับเวลาในการอบแห้ง (r=-0.991, p-value <0.05) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ แปลความหมายว่าถ้าใช้เวลาอบแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ 1 ก็จะลดลง และความชื้นของตัวอย่างที่ 2 มีความสัมพันธ์เชิงลบกับเวลาในการอบแห้ง (r=-0.995, p-value <0.05) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ แปลความหมายว่าถ้าใช้เวลาอบแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ 2 ก็จะลดลง

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความชื้นของเสื้อไรเดอร์

การทดสอบ	M	SD	n	Mean Difference	95% CI for Mean Difference	t	df
ตัวอย่างที่ 1	98.68	1.75	6	0.56	0.06 ถึง 1.07	2.89*	5
ตัวอย่างที่ 2	98.12	1.21	6				

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการอบแห้ง

	ความชื้นตัวอย่างที่ 1	ความชื้นตัวอย่างที่ 2	เวลาในการอบแห้ง
ความชื้นตัวอย่างที่ 1	1	0.994*	-0.991*
ความชื้นตัวอย่างที่ 2		1	-0.995*
เวลาในการอบแห้ง`			1

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.2 ผลการศึกษาการอิ่มน้ำของเสื้อไรเดอร์

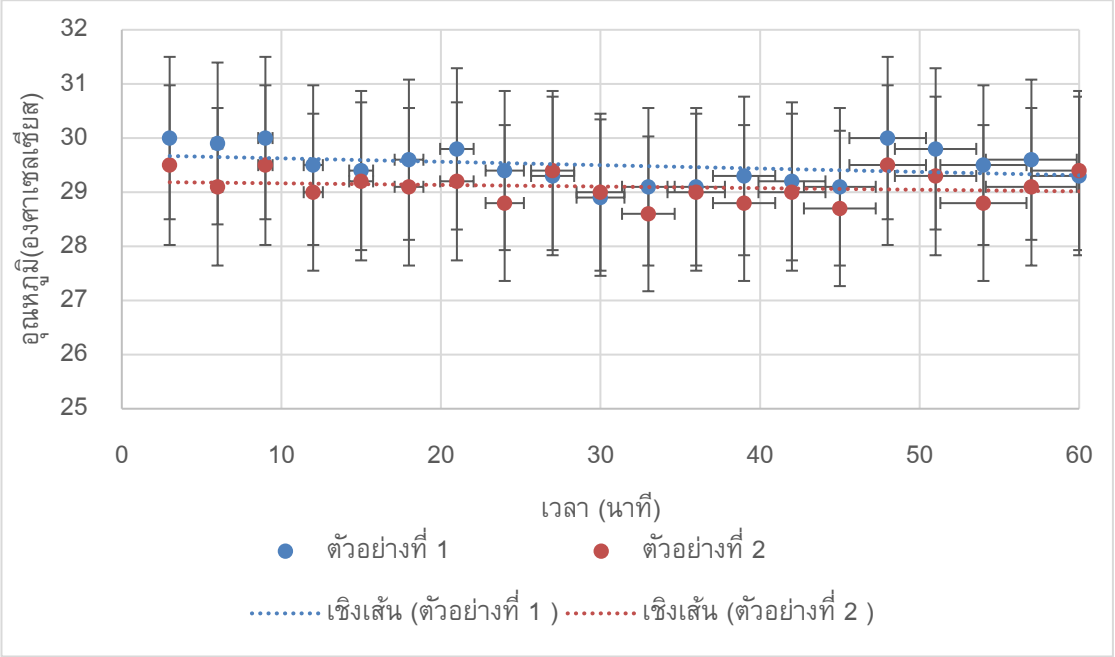
ผลการศึกษาการอิ่มน้ำของเสื้อไรเดอร์ จากตารางที่ 4 การศึกษาการอิ่มน้ำของเสื้อไรเดอร์หลังจากแช่ในถังน้ำและนำลูกน้ำหนักทับเสื้อไว้ให้จมน้ำเป็นนาน 1 วัน พบว่า ตัวอย่างที่ 1 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ 1,042 กรัม คิดเป็น 3.8 จากน้ำหนักเสื้อที่แห้ง และตัวอย่างที่ 2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ 1,978 กรัม คิดเป็น 5.7 จากน้ำหนักเสื้อที่แห้ง

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาการอิ่มน้ำของเสื้อไรเดอร์

น้ำหนักเสื้อไรเดอร์	**ตัวอย่างที่ 1 (g)**	**ตัวอย่างที่ 2 (g)**
ก่อนแช่น้ำ	368	420
หลังแช่น้ำ	1,410	2,398
หลัง-ก่อนแช่น้ำ	1,042	1,978
น้ำหนักเสื้อไรเดอร์	ตัวอย่างที่ 1 (เท่า)	ตัวอย่างที่ 2 (เท่า)
เพิ่มขึ้น	3.8	5.7

4.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิของเสื้อไรเดอร์

ผลการศึกษาอุณหภูมิของเสื้อไรเดอร์จากรูปที่ 5 การทดสอบอุณหภูมิเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยวัดค่าทุก ๆ 3 นาที ตัวอย่างที่ 1 วัดค่าอุณหภูมิสูงสุดได้เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส วัดค่าอุณหภูมิต่ำสุดได้เท่ากับ 28.9 องศาเซลเซียส และตัวอย่างที่ 2 วัดค่าอุณหภูมิสูงสุดได้เท่ากับ 29.5 องศาเซลเซียส วัดค่าอุณหภูมิต่ำสุดได้เท่ากับ 28.6 องศาเซลเซียส ซึ่งตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิของเสื้อไรเดอร์ระหว่างตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 พบว่าค่าอุณหภูมิของตัวอย่างโดยเฉลี่ยตัวอย่างที่ 1 เท่ากับ 29.49 องศาเซลเซียส (S.D=0.33) และตัวอย่างที่ 2 เท่ากับ 29.10 องศาเซลเซียส (S.D=0.27) ทั้งสองตัวอย่างมีความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 องศาเซลเซียส ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05)



รูปที่ 5 การทดสอบอุณหภูมิของเสื้อไรเดอร์

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิของเสื้อไรเดอร์

การทดสอบ	M	S.D	n	Mean Difference	95% CI for Mean Difference	t	df
ตัวอย่างที่ 1	29.49	0.33	20	0.39	0.26 ถึง 0.51	6.57*	19
ตัวอย่างที่ 2	29.10	0.27	20				

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลจากการศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพของเสื้อพนักงานไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์ ผลการศึกษาความชื้นของเสื้อไรเดอร์หลังจากแช่ในถังน้ำหลังจากกระบวนการอบแห้งตัวอย่างที่ 1 มีน้ำหนักลดลง 28 กรัม (มีความชื้นลดลง 2%) และตัวอย่างที่ 2 มีน้ำหนักลดลง 74 กรัม (มีความชื้นลดลง 3%) ผลการเปรียบเทียบความชื้นของเสื้อไรเดอร์ระหว่างตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 พบว่าทั้งสองตัวอย่างมีความแตกต่างของความชื้นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.56 % ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) เปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีความสัมพันธ์เชิงลบกับเวลาในการอบแห้ง ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) หมายความว่าถ้าใช้เวลาในการอบเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นก็จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยในต่างประเทศมีศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลของเสื้อกับการทดสอบความแห้งของเสื้อมีความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างตัวแปร (Chen Q. et al. 2016)

ผลการศึกษาการอิ่มน้ำของเสื้อไรเดอร์หลังจากแช่ในถังน้ำและนำลูกน้ำหนักทับเสื้อไว้ให้จมน้ำเป็นนาน 1 วัน พบว่า ตัวอย่างที่ 1 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ 1,042 กรัม คิดเป็น 3.8 จากน้ำหนักเสื้อที่แห้ง และตัวอย่างที่ 2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ 1,978 กรัม คิดเป็น 5.7 จากน้ำหนักเสื้อที่แห้ง

ผลการศึกษาอุณหภูมิของเสื้อไรเดอร์ พบว่าค่าอุณหภูมิของตัวอย่างโดยเฉลี่ยตัวอย่างที่ 1 เท่ากับ 29.49 องศาเซลเซียส (S.D=0.33) และตัวอย่างที่ 2 เท่ากับ 29.10 องศาเซลเซียส (SD=0.27) ทั้งสองตัวอย่างมีความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 องศาเซลเซียส ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) จากการศึกษานี้พบว่าการกระจายความร้อนของเสื้อไรเดอร์ทั้งสองตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกันที่ 29 องศาเซลเซียส อยู่ในระดับอบอุ่น อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวรอบร่างกายเท่ากับ 28 องศาเซลเซียส (พงศกร เจริญพงพันธุ์ และ วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. 2564) นอกจากนั้นความหนาของผ้ามีความสัมพันธ์กับการระบายความร้อน (Woods R.I. 1985) อย่างไรก็ตามในต่างประเทศมีการพัฒนาเสื้อจากเส้นใยถั่วเหลืองทำให้ระบายร้อนได้ดีมากขึ้น (Dai X.Q. et al. 2008)

ผลจากการศึกษาแนวทางการสร้างเสริมสุขภาวะการทำงานของไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์ จากการสวมใส่เสื้อเดิมซ้ำ ๆ ถ้าเสื้อผ้าที่มีการระบายของอากาศไม่ดี เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดโรคกลากที่ลำตัวและถ้ามีอายุการทำงานมากก็จะมีโอกาสที่จะเกิดโรคกลากมากตามด้วย (วชิราภรณ์ ไทยประยูร และคณะ. 2561) ซึ่งบริเวณที่ต้องระมัดระวังเรื่องความชื้นและการสะสมของแบคทีเรียคือบริเวณใต้รักแร้และข้างลำตัวฉะนั้นเสื้อของไรเดอร์ควรระบายอากาศได้ดี เพื่อลดโอกาสการเกิดโรคทางผิวหนัง ในบริเวณดังแสดงในรูปที่ 6 (Öner E. and Okur A. 2014)

รูปที่ 6 บริเวณที่ต้องระบายอากาศได้ดีของเสื้อไรเดอร์

สรุปการศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพของเสื้อพนักงานไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์ ความชื้นของเสื้อไรเดอร์มีความสัมพันธ์เชิงลบกับเวลาในการอบแห้ง ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) เสื้อไรเดอร์ ตัวอย่างที่ 1 อุ้มน้ำอัตราน้ำหนักที่น้อยกว่าเสื้อไรเดอร์ ตัวอย่างที่ 2 เสื้อไรเดอร์ทั้งสองตัวอย่างมีความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 องศาเซลเซียส ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) และแนวทางการสร้างเสริมสุขภาวะการทำงานของไรเดอร์บริการขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์ ในด้านการลดโอกาสการเกิดโรคทางผิวหนังควรเลือกใช้เลือกไรเดอร์ที่มีการระบายอากาศที่ดี อุ้มน้ำน้อย

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ในอนาคตเสื้อไรเดอร์ควรเพิ่มนวัตกรรมในการช่วยบรรเทาอาการเหนื่อยล้าจากการขับรถจักรยานยนต์นาน ๆ อาจเป็นอุปกรณ์พยุงหลังหรืออุปกรณ์พยุงข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและขับขี่ปลอดภัยมากขึ้น (วรันธรณ์ จงรุ่งโรจน์สกุล และคณะ. 2561)

6.2 โรคทางผิวหนังเนื่องจากใส่ชุดเดิมซ้ำ ๆ อาจแก้ไขเบื้องต้นได้อย่างง่ายโดยมีการใช้เสื้อไรเดอร์หมุนเวียนและทำความสะอาดทุกครั้งก่อนใช้ก็จะลดโอกาสการเกิดโรคทางผิวหนังได้

6.3 ในการวิจัยในอนาคตควรมีการทดสอบที่หลากหลายได้แก่ Vertical wicking test Water drop test และ Air resistance test เป็นต้น (Chen Q. et al. 2016) และควรมีการทดลองที่ละเอียดหรือใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐานมากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนนวัตกรรมเสื้อไรเดอร์พลัส โครงการประกวด Prime Minister's Award for Health Promotion Innovation 2023 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) และบทความงานวิจัยนี้ขออุทิศให้แก่นายวุฒิเดช คำผอง ที่เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน ขอให้ดวงวิญญาณของพี่ชายไปสู่สุคติในภพภูมิที่ดี

เอกสารอ้างอิง

กฤติยา อ่องวุฒิวัฒน์ (2562). "การประเมินค่าการแทรกผ่านไอน้ำของ: ผ้าไหมแพรวาและผ้าโพลีเอสเตอร์ทอแบบไดมอนด์." **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์**. 11(3) : 153-164.

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2555). **สถิติสำหรับงานวิจัย**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงศกร เจริญพงพันธุ์ และ วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ (2564). "การศึกษาความเหมาะสมของห้องพักหลังออกกำลังกายของผู้สูงอายุ." **สาระศาสตร์**. 3(2564) : 501-515.

วชิราภรณ์ ไทยประยูร, คทาวุธ ดีปรีชา, สุพิชญา ไทยวัฒน์ และวิโรจน์ เจียมจรัสรังษี (2561). "โรคกลากในทหาร." **เวชสารแพทย์ทหารบก**. 71(3) : 207-214.

วรันธรณ์ จงรุ่งโรจน์สกุล, ชวพรพรรณ จันทร์ประสิทธิ์ และธานี แก้วธรรมานุกูล (2561). "โรคปัญหาสุขภาพจากการทำงานของพนักงานขับรถโดยสารรับจ้างในจังหวัดเชียงใหม่." **พยาบาลสาร**. 45(3) : 122-135.

สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน. (2565). **การศึกษาสถานการณ์ปัจจัยและผลกระทบด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานของผู้ขับรถจักรยานยนต์ส่งอาหาร.** กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน.

Chen Q. Tang K.P.M. Ma P. Jiang G. and Xu C. (2016). "Thermophysiological comfort properties of polyester weft-knitted fabrics for sports T-shirt." **The Journal of The Textile Institute**. 108 (8) : 1421-1429.

Dai X.Q. Imamuru R. Liu G.L. and Zhou F.P. (2008). "Effect of moisture transport on microclimate under T-shirts." **Eur J Appl Physiol**. 104 (2) : 337-340.

Feizizadeh, B., Omrazadeh, D., Ghasemi, M., Bageri, S., Lakes, T., Kitzmann, R., ... Blaschke, T. (2023). "Urban restaurants and online food delivery during the COVID-19 pandemic: a spatial and socio-demographic analysis." **International Journal of Digital Earth**. 16(1) : 1725–1751.

Hes L. (2000). "An indirect method for fast evaluation of surface moisture absorptivity of shirt and underwear fabrics." **Vlákna a textil**. 7 (2) : 91-96.

Ho C. Fan J. Newton E. and Au R.(2008). "Effects of Athletic T-shirt Designs on Thermal Comfort." **Fibers and Polymers**. 9 (4) : 503-508.

Lage J. Catarino A. Carvalho H. and Rocha A.(2015). “Smart shirt with embedded vital sign and moisture sensing.” **SPWID 2015 : The First International Conference on Smart Portable, Wearable, Implantable and Disability-oriented Devices and Systems**.

Navarrete-Hernandez, P., Rennert, L., & Balducci, A. (2023). “An evaluation of the impact of COVID-19 safety measures in public transit spaces on riders’ Worry of virus contraction.” **Transport Policy**. 131 : 1–12.

Öner E. and Okur A. (2014). “Thermophysiological comfort properties of selected knitted fabrics and design of T-shirts.” **The Journal of The Textile Institute**. 106 (12) : 1403-1414

Sousa J.D. Cheatham C. and Wittbrodt M. (2014). “The effects of a moisture-wicking fabric shirt on the physiological and perceptual responses during acute exercise in the heat.” **Applied Ergonomics**. 45 (6) : 1447-1453.

Tran, N. A. T., Nguyen, H. L. A., Nguyen, T. B. H., Nguyen, Q. H., Huynh, T. N. L., Pojani, D., ... Nguyen, M. H. (2022). “Health and safety risks faced by delivery riders during the Covid-19 pandemic”. **Journal of Transport and Health**. 25.

World Health Organization [WHO]. (2018). **Global Status Report on Road Safety 2018**. Geneva: Switzerland

Woods R.I. (1985). “The relation between clothing thickness and cooling during motorcycling.” **Ergonomics**. 29 (3) : 455-462.

คุณค่าทางวิชาการ

นวัตกรรมเสื้อไรเดอร์พลัส โครงการประกวด Prime Minister’s Award for Health Promotion Innovation 2023 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) เป็นนวัตกรรมใหม่เสื้อของพนักงานขนส่งอาหารโดยรถจักรยานยนต์ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อปรับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ของไรเดอร์ให้ถูกต้องตามหลักการของการยศาสตร์ (ergonomics) ซึ่งพัฒนามาจากวัสดุนาโนเทคโนโลยีมีความแข็งแรง ไม่อุ้มน้ำ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการทำงาน และทนต่อสภาพอากาศ นอกจากนี้ยังติดตั้งอุปกรณ์พยุงหลังถูกพัฒนาขึ้นโดยวัสดุทนทานและติดตั้งภายในตัวเสื้อโดยเทคนิคพิเศษของหัตถกรรมทำให้ผู้สวมใส่สบาย ป้องกันและบรรเทาอาการปวดหลัง และเสริมให้ไรเดอร์มีบุคลิกภาพหรือภาพลักษณ์ที่ดูดียิ่งขึ้น

การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว

อธิรัช ลี้ตระกูล[1] จีระศักดิ์ พิศเพ็ง[2] วิชัย แหวนเพชร[3] และอัษฎา วรรณกายนต์[4*]
คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์[1 2]
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช[3]
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ [4*]
อีเมล์ : asada2518@hotmail.com[4*]

วันที่รับบทความ 22 กุมภาพันธ์ 2567
วันแก้ไขบทความ 22 เมษายน 2567
วันตอบรับบทความ 25 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้าง 2) ทดสอบประสิทธิภาพ และประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องสับฟางข้าว, ตารางทดสอบประสิทธิภาพและแบบประเมินคุณภาพ ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องสับฟางข้าวให้มีอัตราการสับที่ทำให้ฟางข้าวมีขนาดเล็กลง จากนั้นนำไปทดสอบประสิทธิภาพและประเมินคุณภาพเครื่องจากผู้เชี่ยวชาญ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย 1) ได้เครื่องจักรกลการเกษตร ที่มีขนาดกว้าง 70 เซนติเมตร X ยาว 130 เซนติเมตร X สูง 150 เซนติเมตร ประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง, ชุดส่งกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส กำลัง 3 แรงม้า ชุดใบมีดสับ จำนวน 3 ชุดๆ ละ 3 ใบ ติดอยู่กับเพลากลมทำมุม 120 องศา หมุนตัดด้วยความเร็ว 1,400 รอบต่อนาที ชุดตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร สามารถดำเนินการสับฟางข้าวให้มีขนาดเล็กลง เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น การผลิตปุ๋ยอินทรีย์หรือการเลี้ยงสัตว์ 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว โดยทดสอบการสับฟางข้าวที่น้ำหนัก 5, 10 และ 15 กิโลกรัม (ทดสอบอย่างละ 5 ครั้ง) พบว่า น้ำหนักฟางข้าวหลังการทดสอบเฉลี่ยเท่ากับ 4.72, 8.91 และ 12.93 กิโลกรัม น้ำหนักฟางข้าวที่สูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 0.28, 1.09 และ 2.07 กิโลกรัม ใช้เวลาในการสับฟางข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 19.95, 39.55 และ 59.21 นาที ความยาวฟางข้าวหลังสับเฉลี่ยเท่ากับ 1.85, 1.98 และ 1.99 เซนติเมตร และประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าวเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 94.36, 89.08 และ 86.20 ตามลำดับ และ 3) ผลการประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าวจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.70, S.D. = 0.45)

คำสำคัญ : เครื่องจักรกลการเกษตร, สับฟางข้าว, เครื่องสับฟางข้าว

Creation and Testing The Efficiency of The Rice Straw Chopper

Athiratch Leetrakool[1], Jeerasak Pitpeng[2], Wichai Vanpetch[3], and Asada Wannakayont[4*]
Faculty of Agriculture and Technology Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus[1,2]
Nakornsrithammarat Rajabhat University[3]
Faculty of Industrial Technology Surindra Rajabhat University[4*]
Email: asada2518@hotmail.com[4*]

Received 22 February 2024
Revised 22 April 2024
Accepted 25 April 2024

Abstract

This research aimed to 1) develop, 2) test the efficiency, and evaluate the quality of a rice straw chopper. The research tools included the rice straw chopper, a performance testing table, and an quality assessment questionnaire. Researchers designed and built the rice straw chopper to reduce its size, then tested its performance and assessed its quality with expert. The statistical used included percentages, averages, and standard deviations.

The research yielded the following results: 1) The agricultural machinery obtained had dimensions of 70 centimeters in width, 130 centimeters in length, and 150 centimeters in height. It comprised a machine structure, a three-phase electric motor with 3 horsepower, and three sets of blades, each with three blades attached to a rotating disk at a 120-degree angle, rotating at 1,400 revolutions per minute. The sieve set size was 2 millimeters, capable of reducing rice straw to smaller sizes for agricultural purposes such as organic fertilizer production or animal feed. 2) Performance testing results indicated that for rice straw weights of 5, 10, and 15 kilograms (tested five times each), the average weights after testing were 4.72, 8.91, and 12.93 kilograms, respectively. The average weight loss of rice straw was 0.28, 1.09, and 2.07 kilograms, respectively. The average time taken to chop rice straw was 19.95, 39.55, and 59.21 minutes, respectively. The average length of rice straw was 1.85, 1.98, and 1.99 centimeters, respectively, and the average efficiency of the rice straw chopper was 94.36%, 89.08%, and 86.20%, respectively. and 3) Quality evaluation results from expert assessments indicated an overall rating at a very high level (mean = 4.70, S.D. = 0.45).

Keywords : Agricultural machinery; Chop rice straw; Rice straw chopper

1. บทนำ

ทั่วโลกได้รับรู้ว่าประเทศไทยเป็นแหล่งอู่ข้าวอู่น้ำที่สำคัญของโลกอีกแห่งหนึ่งมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันข้าวไทยเป็นอาหารหลักของคนไทยมาอย่างช้านาน ข้าวจึงเป็นพืชที่มีการเพาะปลูกมากกว่าพืชชนิดอื่น ๆ ในประเทศ (กรมฝนหลวงและการบินเกษตร. 2562) การเก็บเกี่ยวข้าวอยู่ในช่วงหลังจากข้าวออกดอกประมาณ 30 วัน หรือ เมื่อต้นข้าวมีอายุประมาณ 90 วัน โดยสังเกตจากเมล็ดในรวงข้าวส่วนใหญ่เปลี่ยนเป็นสีฟาง (กองศึกษาและขยายผลการพัฒนาตามแนวพระราชดำริ. 2562)

หลังการเก็บเกี่ยวข้าวนาปีจะมีฟางข้าวที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวจำนวนมากในพื้นที่การเกษตร ซึ่งหากเกษตรกรปล่อยทิ้งไว้ฟางข้าวก็จะย่อยสลายกลายเป็นอินทรีย์วัตถุเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้แก่ดิน นอกจากนี้ฟางข้าวยังสามารถนำมาทำอาหารสัตว์ เช่น การอัดก้อนและการหมักโดยวิธีต่างๆ เพื่อลดต้นทุนในการผลิตให้กับเกษตร อีกทั้งยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มจากการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์. 2560) ฟางข้าวเหล่านี้ถือเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรจากนาข้าวที่มีประโยชน์ในหลายด้านและใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับการผลิตทางเกษตรอื่นๆ โดยองค์ประกอบของฟางข้าวประกอบไปด้วยเนื้อเซลล์ 21%, ผนังเซลล์ 79%, เซลลูโลส 33%, เฮมิเซลลูโลส 26%, ลิกนิน 7% และซิลิกา 13% (มูลนิธิเกษตรรักษ์สิ่งแวดล้อม (ประเทศไทย). 2561) การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวมีหลากหลายวิธี ทั้งวิธีทางเคมี ทางกายภาพ และชีวภาพ แต่วิธีที่เป็นที่นิยมในประเทศไทยคือวิธีทางเคมีคือการใช้ยูเรียปรุงแต่งฟางข้าวซึ่งสามารถเพิ่มโปรตีนและการย่อยได้ การปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการเคมีร่วมกับวิธีการทางกายภาพอาจเพิ่มโอกาสในการใช้ประโยชน์จากฟางข้าวได้มากขึ้น โดยวิธีการทางกายภาพที่ง่ายในเชิงปฏิบัติได้แก่ การสับฟางข้าว ให้มีขนาดสั้นลงเพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวซึ่งอาจทำให้จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายส่วนของผนังเซลล์สามารถเข้าย่อยฟางข้าวได้ดีขึ้น (ณรกมล เลาห์รอดพันธ์ และคณะ. 2562) ดังนั้น การลดขนาดหรือสับให้ฟางข้าวมีขนาดสั้นลงจึงเป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพเพื่อให้ฟางข้าวสามารถนำไปใช้งานในหลาย ๆ กระบวนการต่อไป เช่น การผลิตปุ๋ยอินทรีย การเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องเกี่ยวกับเครื่องตัดฟางข้าวของ ปัณณวิชญ์ ทองคำ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ รุ่งเรือง กาลศิริ และ ศิลป์สุนัน ปานสาครม (2565) มีผลการวิจัยว่า มุมใบมีดและความเร็วรอบของใบมีดที่มีความสามารถในการทำงานที่ดีที่สุดคือ มุมใบมีดที่ 65 องศา และความเร็วรอบของใบมีดที่ 7.80 เมตรต่อนาที โดยรวมแล้วงานวิจัยดังกล่าวมีข้อดีในการช่วยลดระยะเวลาและแรงงานในการตัดฟางข้าว และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกระดาษจากฟางข้าว อย่างไรก็ตามควรมีการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการพัฒนาและบำรุงรักษาเครื่องตัดฟางข้าวเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และงานวิจัยที่เกี่ยวกับเครื่องตัดสับสำหรับลดขนาดทางกายภาพฟางและตอซังข้าวแบบลากจูงของไพโรจน์ นะเที่ยง, จันทร์เพ็ญ ชุมแสง และ กันต์ อินทุวงศ์ (2561) มีผลการวิจัยว่า มุมใบมีดเท่ากับ 38 องศา และความเร็วรอบของใบมีดเท่ากับ 1,800 รอบต่อนาที โดยรวมแล้วงานวิจัยดังกล่าว มีข้อดีของเครื่องรวมถึงความสามารถในการลดขนาดทางกายภาพฟางข้าวและตอซังข้าวอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ควรมีการพิจารณาถึงความซับซ้อนในการดูแลรักษาและบำรุงรักษาเครื่องตัดสับอาจต้องใช้เวลาและความพยายามมาก งานวิจัยทั้งสองมีข้อดีในการช่วยลดขนาด ลดระยะเวลาและแรงงานในการตัดสับฟางข้าว อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาค่าใช้จ่ายในการสร้างและความซับซ้อนในการดูแลรักษาเครื่องตัดฟางข้าวหรือเครื่องตัดสับเพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการใช้งาน

จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องสับฟางข้าวที่เป็นเครื่องจักรกลการเกษตรที่สามารถนำไปใช้สับฟางข้าวให้มีขนาดเล็กลง โดยการออกแบบใบมีดเป็นตัวตัด ซึ่งใบมีดจะถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับการตัดฟางข้าว กำหนดความเร็วรอบของใบมีดที่พอดีกับความเร็วรอบของเครื่องและค่าใช้จ่ายเพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าถึง รวมถึงการดูแลรักษาเครื่องให้สามารถทำได้ง่าย เช่น การทำความสะอาด การบำรุงรักษา เป็นต้น โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษหรือความชำนาญเฉพาะในการทำความสะอาดและการบำรุงรักษา เหมาะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น นำไปใช้เป็นวัสดุรองพื้นเล้าไก่ช่วยให้ไก่มีที่อยู่ที่แห้งสบาย ลดปัญหาการเกิดโรค สามารถ

นำไปใช้เป็นวัสดุคลุมดินช่วยรักษาความชื้นในดิน ป้องกันการกัดเซาะของหน้าดินและช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีนำไปเป็นวัสดุผสมทำปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินเพิ่มธาตุอาหารในดินและให้พืชดูดซึมสารอาหารได้ดี โดยเครื่องสับฟางข้าวที่สร้างขึ้นจะเป็นเครื่องจักรที่มีประโยชน์ต่อเกษตรกรให้สามารถจัดการฟางข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่สามารถส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากฟางข้าวและช่วยลดปัญหามลพิษทางอากาศด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อสร้างเครื่องสับฟางข้าว

2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย

3.1.1 เครื่องสับฟางข้าว

3.1.2 ตารางทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว

3.1.3 แบบประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว

3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องสับฟางข้าว ผู้วิจัยได้นำกระบวนการเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการสร้างเครื่องสับฟางข้าว โดยมีขั้นตอนดังนี้ (สาขาการออกแบบและเทคโนโลยี, 2567)

1) กำหนดปัญหา (Identification the Problem) ผู้วิจัยได้ทราบปัญหาของเกษตรกรที่ปลูกข้าว โดยพบปัญหาการเผาฟางข้าวและตอซังข้าวหลังจากฤดูการเก็บเกี่ยว ซึ่งเกษตรกรจะเผชิญกับปัญหาฟางข้าวและตอซังข้าวจำนวนมาก เกษตรกรส่วนใหญ่เลือกที่จะเผาฟางข้าวเพื่อเตรียมดินสำหรับฤดูทำนาถัดไปแนวทางนี้ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ฝุ่นละออง PM 2.5 ส่งผลร้ายต่อสุขภาพของทั้งเกษตรกรและประชาชนทั่วไป การเผาฟางข้าวสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น มลพิษทางอากาศ, การสูญเสียอินทรียวัตถุในดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ดังนั้น การส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว โดยให้เกษตรกรนำฟางข้าวไปใช้ประโยชน์อื่น เช่น ผลิตปุ๋ยหมักอาหารสัตว์ วัสดุเพาะเห็ด โดยการพัฒนาเทคโนโลยี หรือสร้างเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อนำไปใช้ในการจัดการฟางข้าวที่มีประสิทธิภาพอันจะช่วยลดมลพิษทางอากาศ ส่งเสริมการเกษตรอินทรีย์และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร

2) การรวบรวมข้อมูล (Collection Data) การรวบรวมข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องสับฟางข้าว ผู้วิจัยได้รวบรวมปัญหาที่เกิดจากสาเหตุต่างๆ ของเกษตรกรที่ปลูกข้าว โดยพบปัญหาการเผาฟางข้าวและ ตอซังข้าวหลังจากฤดูการเก็บเกี่ยว ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องสับ เครื่องตัด ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้งาน การใช้งาน เป็นต้น ดังนั้น การสร้างเครื่องสับฟางข้าวขึ้นมาจึงเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาที่ช่วยลดการเผาฟางข้าวเพื่อที่จะเปลี่ยนฟางข้าวที่เหลือทิ้งให้สามารถนำกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อไป

3) เลือกวิธีการ (Selection to the Method) ในการเลือกวิธีการผู้วิจัยได้เลือกวิธีการสร้างเครื่องจักรกลการเกษตรขึ้นมาเพื่อใช้ทุ่นแรงและอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรในการสับฟางข้าวให้มีขนาดที่เล็กลงตามที่ต้องการเพื่อนำฟางข้าวไปใช้ให้เกิดประโยชน์ทางการเกษตรต่อไป

4) ออกแบบและปฏิบัติการ (Design and Operation) ในการออกแบบและสร้างเครื่องสับฟางข้าวมีขั้นตอนในการดำเนินการโดยเริ่มจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร เครื่องสับ เครื่องตัดต่างๆ โดยมีขั้นตอนออกแบบและสร้าง ดังต่อไปนี้

(1) การร่างแบบ (Sketch)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการร่างแบบโดยใช้ดินสอร่างแบบเครื่องต้นแบบที่ต้องการโดยกำหนดรายละเอียดคร่าวๆ ถึงโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ

(2) การออกแบบ (Design)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบเครื่องสับฟางข้าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. โครงสร้าง : ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (St-37) มีความแข็งแรง ทนทาน สามารถนำไปสร้างเครื่องจักรหรือโครงสร้างต่างๆ สามารถรองรับน้ำหนักได้ 3,700 นิวตันต่อตารางเมตรเหมาะสมต่อการ ใช้งานในสภาวะที่ต้องรับแรงกดและแรงยืดอย่างต่อเนื่อง ใช้วิธีการเชื่อมโครงสร้างของเครื่องตามหลักการทางวิศวกรรม

ข. ชุดการป้อนวัสดุ : ทำการออกแบบให้สามารถป้อนฟางข้าวเข้าสู่เครื่องได้อย่างต่อเนื่องด้วยความปลอดภัย รวมถึงมีการควบคุมการป้อนวัสดุที่มีความเสถียรของการป้อนตัดด้วยความเร็วที่พอเหมาะสมเพื่อป้องกันการติดขัดและอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น

ค. ระบบส่งกำลัง : ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 3 แรงม้า เนื่องจากมีกำลังแรงม้าที่เพียงพอในการขับเคลื่อนชุดใบมีดสับฟางข้าว ซึ่งจะช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องและชุดใบมีดสับฟางข้าวในระยะยาวและทำให้เครื่องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

ง. ชุดใบมีดสับ : ออกแบบชุดใบมีดสับเป็นเล่มตรงแบนขนาดกว้าง 2 ซม. X ยาว 10 ซม. X หนา 4 มม. จำนวน 3 ชุดๆ ละ 3 ใบ มีการติดตั้งให้แนบกับเพลากลมโดยมีมุมตั้งอยู่ที่ 120 องศา เพื่อให้ได้ขนาดของฟางข้าวที่ต้องการในช่วง 1.5-2.0 มม.

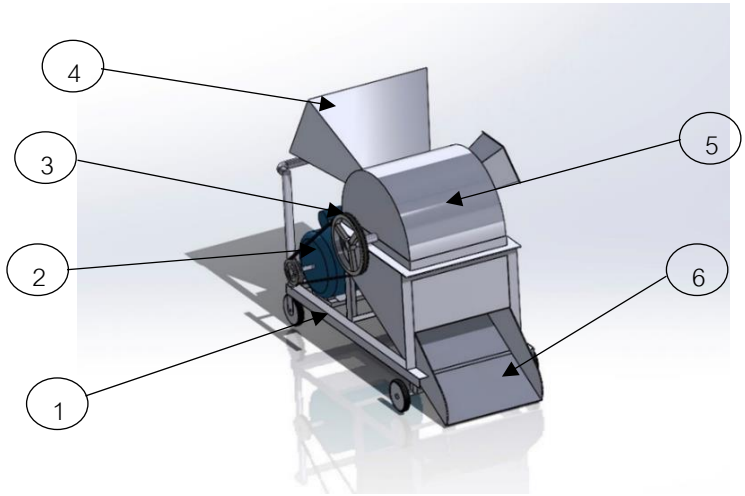
จ. พุลเล่ย์และสายพาน : คำนวนจากสูตรพื้นฐานคือ $n_1 x d_1 = n_2 x d_2$ ใช้สายพานร่องวี (V-Belt) คู่กับพุลเล่ย์ร่องวี ขนาด A – 40 เพื่อให้มีความยืดหยุ่นที่ดีและสามารถโอนกำลังได้อย่างมีประสิทธิภาพในความเร็วรอบที่เหมาะสมในการสับฟางข้าวให้ละเอียดตามความต้องการที่ได้ออกแบบไว้คืออยู่ที่ 1,400 รอบ/นาที

ฉ. ตะแกรงร่อน : ออกแบบให้ได้ขนาดของฟางที่ต้องการ ในช่วง 1.5-2.0 มม. เพื่อช่วยให้ได้ฟางข้าวที่มีขนาดตรงตามความต้องการทำให้สามารถนำไปใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ หรืออาหารสัตว์หรืองานอื่นๆ ได้

ช. ฝาครอบเครื่อง : ออกแบบเพื่อป้องกันการกระเด็นหรือสะเทือนของวัสดุภายในเครื่องมีการใส่ระบบปิด-เปิดที่สะดวกในการใช้งานและให้มีการระบายอากาศเพื่อป้องกันการสะสมความร้อนภายในเครื่อง

ซ. ถาดคายวัตถุดิบ : ออกแบบให้ความสัมพันธ์กับระบบป้อนวัสดุให้มีความง่ายต่อการทำความสะอาดและบำรุงรักษา

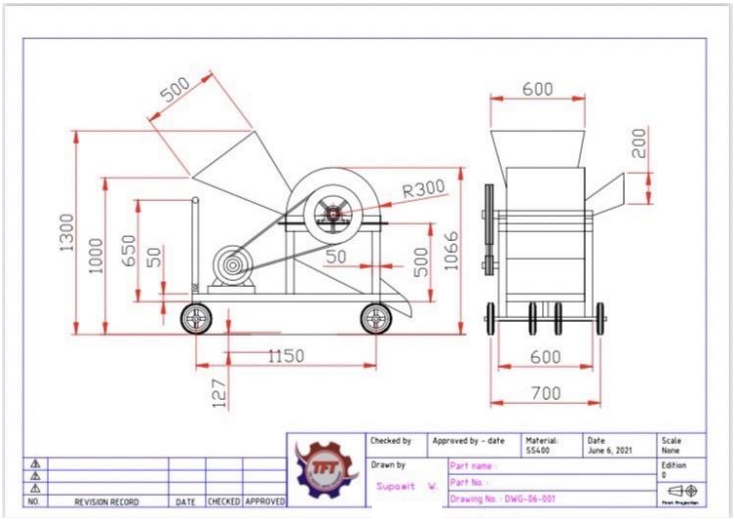
และผู้วิจัยได้ดำเนินการเขียนแบบและกำหนดสัดส่วนโครงสร้างส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบโดยใช้โปรแกรม Solid work ในการเขียนแบบทางด้านวิศวกรรม



รูปที่ 1 การออกแบบเครื่องสับฟางข้าว โดยการใช้โปรแกรม Solid work

รายละเอียดส่วนประกอบของเครื่องสับฟางข้าว

1. โครงสร้างเครื่อง (Machine Frame)
2. มอเตอร์ (Motor)
3. พุลเล่ย์ และสายพาน (Pulley and Belt)
4. กรวยป้อนวัตถุดิบ (Feed Hopper)
5. ฝาครอบเครื่อง (Cover)
6. ถาดคายวัตถุดิบ (Discharge Tray)



รูปที่ 2 การกำหนดสัดส่วนโครงสร้างส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ

(3) การสร้างและประกอบ (Making and Assembly)

ผู้วิจัยได้นำแบบที่ได้จากการออกแบบมาทำการกำหนดวัสดุประมาณการจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์เพื่อทำการประกอบชิ้นส่วนตามแบบที่ได้ออกแบบไว้จากนั้นดำเนินการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันตามที่ได้ออกแบบไว้

5) ทดสอบ (Test)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบเครื่องสับฟางข้าวโดยการทดสอบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) ทดสอบเครื่องแบบไม่มีภาระโหลดเพื่อตรวจสอบเครื่องสับฟางข้าวว่ามีข้อบกพร่องอย่างไร เพื่อแก้ไขข้อพร่อง และดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยการทดสอบเดินเครื่องใช้เวลา 8-12 ชั่วโมง/วัน ระยะเวลา 7 วัน

(2) ทดสอบเครื่องแบบมีภาระโหลดตามที่กำหนด (รายละเอียดแสดงในขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย)

6) ปรับปรุงแก้ไข (Improvement)

ในส่วนของการปรับปรุงแก้ไขเครื่องสับฟางข้าว ผู้วิจัยได้นำผลของจากการทดสอบในกรณีที่มีข้อผิดพลาดมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เครื่องสับฟางข้าวสามารถการทำงานได้ โดยเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแบบ 1 เฟสเป็นระบบไฟฟ้าแบบ 3 เฟส เพื่อให้เครื่องทำการทดสอบได้ต่อเนื่องไม่เกิดการทริปและทำให้มอเตอร์มีอายุการใช้งานที่ดีขึ้น, เปลี่ยนเบรกเกอร์ที่มีค่ากระแสที่มีความเหมาะสมกับการทำงานร่วมกับมอเตอร์ระบบไฟฟ้าแบบ 3 เฟส จะทำให้เครื่องสับฟางข้าวสามารถควบคุมความเร็วในการสับฟางข้าวจากเครื่องสับได้อย่างเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

7) ประเมินผล (Evaluate)

ในส่วนของการประเมินผลของเครื่องสับฟางข้าวที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยได้นำเครื่องสับฟางข้าวที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานมาดำเนินการประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าวจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดความมั่นใจในประสิทธิภาพและความเชื่อถือในการใช้งานของเครื่องสับฟางข้าว

3.2.2 การสร้างตารางทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว

1) ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อนำมาเป็นกรอบในการกำหนดการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว

2) สร้างตารางการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าวฉบับร่างให้ครอบคลุมประสิทธิภาพการทำงานเครื่อง ได้แก่ ปริมาณฟางข้าวก่อน-หลัง, ความยาวของฟางข้าว, เวลาที่ใช้ และน้ำหนักที่สูญเสีย รวมถึงประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว

3) นำตารางการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าวฉบับร่างเสนอต่อที่ปรึกษางานวิจัยพิจารณาความเหมาะสมในการทดสอบและรับฟังข้อเสนอแนะจากที่ปรึกษางานวิจัยเพื่อนำกลับมาปรับปรุงแก้ไข

4) นำตารางการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าวฉบับร่างกลับมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของที่ปรึกษางานวิจัย

5) นำตารางการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าวฉบับร่างไปจัดพิมพ์เป็นตารางการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าวฉบับสมบูรณ์ต่อไป

3.2.3 การสร้างแบบประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว

1) ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการประเมินเครื่องมือ เครื่องจักรกลเกษตร หลักการสร้างแบบสอบถาม การประเมินคุณภาพเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มากำหนดประเด็นข้อคำถามให้ครอบคลุมการประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว

2) ทำการสร้างแบบประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าวฉบับร่างให้ครอบคลุมประเด็นต่างๆ เช่น การออกแบบ, การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์, การใช้งาน และการบำรุงรักษาเครื่อง เป็นต้น

3) นำแบบประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าวฉบับร่างเสนอต่อที่ปรึกษางานวิจัยพิจารณาประเด็น ข้อคำถามและให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำกลับมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อนำไปจัดพิมพ์เป็นแบบประเมินคุณภาพฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในวิจัยต่อไป

3.3 วิธีการดำเนินวิจัย

3.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว มีวิธีการดำเนินการดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ในการทดสอบร่วมกับเครื่องสับฟางข้าว ประกอบด้วย ฟางข้าว, ตาชั่ง, นาฬิกาจับเวลา, เครื่องมือวัด (เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์), กาละมัง, เหล็กตักฟาง และกระสอบ

2) ตรวจสอบความเรียบร้อยและความพร้อมของเครื่องสับฟางข้าว และอุปกรณ์ต่างๆ

3) ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าวในการสับฟางข้าวที่น้ำหนักฟางข้าว 5, 10 และ 15 กิโลกรัม (ทดสอบจำนวน 5 ครั้ง) โดยจากการออกแบบจะประเมินประสิทธิภาพของเครื่องสับฟางข้าวที่ร้อยละ 80 - 100

4) ชั่งน้ำหนักฟางข้าว ก่อนการทดสอบที่ 5, 10 และ 15 กิโลกรัม วัดความยาวฟางข้าวก่อนสับเฉลี่ย 30 เซนติเมตร เดินเครื่องสับฟางข้าว ฟ้อนฟางข้าวเข้าที่กรวยป้อนวัตถุดิบ ทำการจับเวลา การทดสอบในแต่ละครั้งนำฟางข้าวใส่ลงในปากกรวยป้อนวัตถุดิบจนหมด นำกะละมังมารองรับเศษฟางข้าว โดยเมื่อฟางข้าวถูกสับจะออกมาทางด้านถาดคายวัตถุดิบลงในกะละมัง จากนั้นจดบันทึกเวลาในการทดสอบนำเศษฟางข้าวที่ได้จากการสับมาบรรจุกระสอบแล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่ตาชั่ง จดบันทึกค่าน้ำหนัก และทำการวัดความยาวฟางข้าวหลังสับด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

รูปที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว

5) บันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพลงในตารางการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว

6) คำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว

3.3.2 การประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว มีวิธีการดำเนินการดังนี้

1) ดำเนินการติดต่อประสานงานผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญทางด้านทางด้านเครื่องจักรกลเกษตร ด้านระบบไฟฟ้า ด้านการเลี้ยงสัตว์หรือปศุสัตว์ และด้านเทคโนโลยีการเกษตร โดยพิจารณาที่มีประสบการณ์ ในการทำงานไม่น้อยกว่า 5 ปี เพื่อประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว

2) ผู้วิจัยนัดวัน เวลา และสถานที่ในการประเมินคุณภาพ

3) การประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าวโดยเริ่มจากการแนะนำตนเองชี้แจงถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ แนะนำเครื่อง การใช้งานเครื่องสับฟางข้าวและทดสอบการใช้งานเครื่องสับฟางข้าว

4) ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญทดลองการใช้งานเครื่องสับฟางข้าว

5) ผู้วิจัยแจกแบบประเมินคุณภาพให้ผู้เชี่ยวชาญ

6) ผู้เชี่ยวชาญดำเนินการประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว

3.3.3 ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพและการประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าวมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

การวิเคราะห์และเกณฑ์การประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าวเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ (สุมาลี จันทร์ชลอ. 2542 : 217-218)

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 ค่าร้อยละ

3.5.2 ค่าเฉลี่ย (ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2549: 153)

3.5.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2549: 167-168)

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการสร้างเครื่องสับฟางข้าว ได้เครื่องจักรกลการเกษตรที่มีความสามารถในการทุ่นแรงและเพิ่มความสะดวกสบายให้กับเกษตรกรโดยสามารถดำเนินการสับฟางข้าวให้มีขนาดเล็กลงเพื่อนำไปใช้ใน ประโยชน์ทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การผลิตปุ๋ยอินทรีย์หรือการเลี้ยงสัตว์ เครื่องสับฟางข้าวมีขนาดกว้าง 70 ซม. X ยาว 130 ซม. X สูง 150 ซม. ประกอบไปด้วยโครงสร้างเครื่อง, ชุดการป้อนวัสดุ, ระบบส่งกำลังด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 3 แรงม้า, ชุดควบคุมการทำงานเพื่อความปลอดภัย, ชุดใบมีดสับ มีคมตัดเป็นเล่มตรงแบนขนาดกว้าง 2 ซม. X ยาว 10 ซม. X หนา 4 มม. จำนวน 3 ชุด ๆ ละ 3 ใบ มีลักษณะติดอยู่กับเพลากลมทำมุม 120 องศาสามารถหมุนตัดด้วยความเร็ว 1,400 รอบต่อนาที (เนื่องจากใช้ความเร็วรอบ อัตราทด 1:1 ใช้เครื่องวัดรอบเป็นเครื่องมือในการวัดตรวจสอบรอบการหมุนของมอเตอร์) ตะแกรงร่อนมีความละเอียดขนาด 2.0 มม. สามารถทำงานได้ในช่วงเวลา 8-12 ชั่วโมงต่อวันและสามารถทำให้ขนาดของฟางข้าวที่สับเล็กลงได้ในช่วง 1.5-2.0 มม.

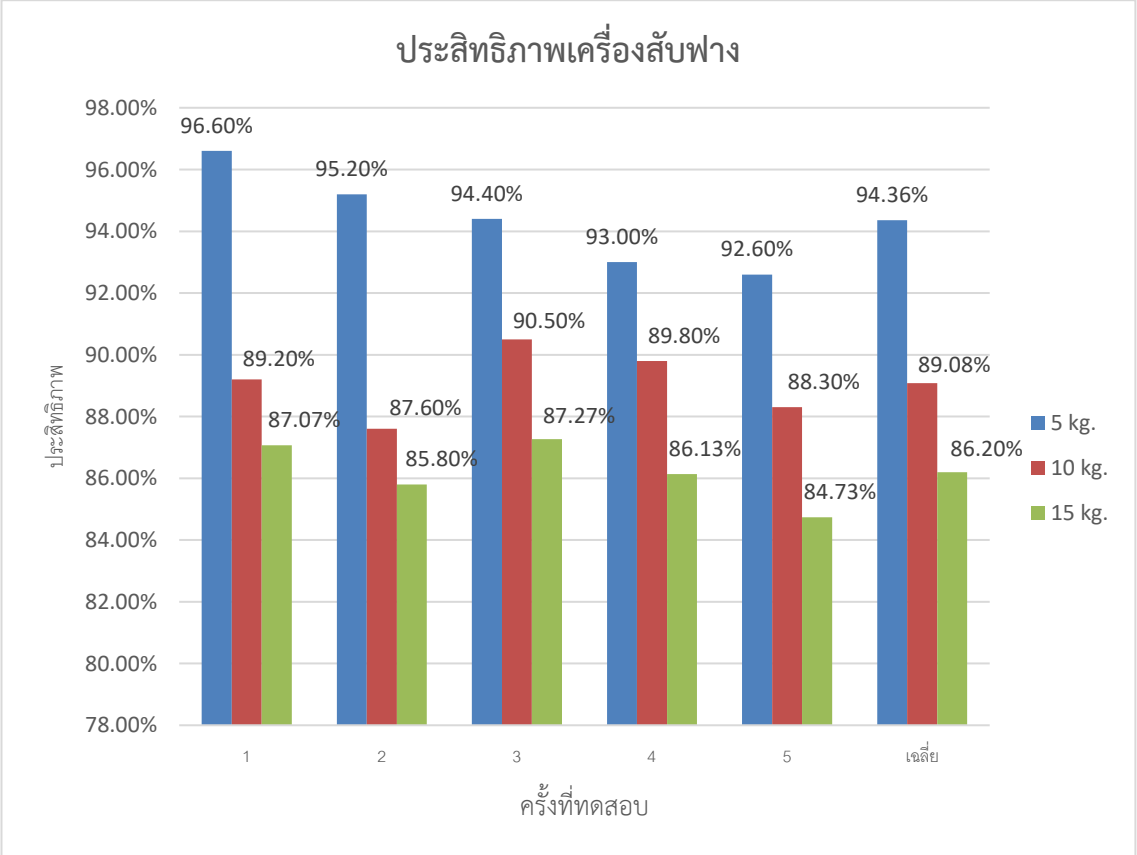
4.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว

ตารางที่ 1 ผลทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว

ที่	น้ำหนักทดสอบ (กิโลกรัม)		น้ำหนักฟางสับไม่ละเอียด (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ (นาที)	ความยาวฟางข้าวหลังสับ	ประสิทธิภาพเครื่องสับฟาง (ร้อยละ)
	ก่อน	หลัง			(เซนติเมตร)	
1	5.00	4.83	0.17	19.50	1.85	96.60
2	5.00	4.76	0.24	20.09	1.75	95.20
3	5.00	4.72	0.28	20.17	1.95	94.40
4	5.00	4.65	0.35	19.46	1.90	93.00
5	5.00	4.63	0.37	20.53	1.80	92.60
ค่าเฉลี่ย	**5.00**	**4.72**	**0.28**	**19.95**	**1.85**	**94.36**
1	10.00	8.92	1.08	38.96	2.05	89.20
2	10.00	8.76	1.24	39.01	1.90	87.60
3	10.00	9.05	0.95	40.21	2.10	90.50
4	10.00	8.98	1.02	39.23	1.90	89.80
5	10.00	8.83	1.17	40.36	1.95	88.30
ค่าเฉลี่ย	**10.00**	**8.91**	**1.09**	**39.55**	**1.98**	**89.08**
1	15.00	13.06	1.94	58.07	1.95	87.07
2	15.00	12.87	2.13	57.85	2.15	85.80
3	15.00	13.09	1.91	60.94	2.10	87.27
4	15.00	12.92	2.08	59.08	1.85	86.13
5	15.00	12.71	2.29	60.12	1.90	84.73
ค่าเฉลี่ย	**15.00**	**12.93**	**2.07**	**59.21**	**1.99**	**86.20**

สมการหาประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว หาได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว} = \frac{\text{น้ำหนักฟางข้าวหลังสับ(เลือกเฉพาะความละเอียดที่ผ่านตะแกรง)}}{\text{น้ำหนักฟางข้าวก่อนสับ}}\ x100$$



รูปที่ 4 กราฟการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว

จากตารางที่ 1 และภาพที่ 4 สามารถอธิบายได้ดังนี้ ผลทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าวที่ความเร็วรอบ 1,400 รอบ/นาที ในภาพรวมน้ำหนักฟางข้าวก่อนการทดสอบ ที่ 5 กิโลกรัม, 10 กิโลกรัม และ 15 กิโลกรัม ประสิทธิภาพเครื่องสับฟางที่มีค่ามากที่สุด มีค่าหลังทดสอบที่ 4.83 กิโลกรัม เวลาสับที่ 19.50 นาที หลังการทดสอบเฉลี่ย เท่ากับ 4.72 กิโลกรัม น้ำหนักที่สูญเสียในการสับฟางข้าว เฉลี่ยเท่ากับ 0.28 กิโลกรัม (เนื่องจากในช่วงการรันสับฟางในกำหนดเวลามีส่วนที่ติดและหลงเหลือภายในตัวเครื่อง) เวลาที่ใช้สับฟางข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 19.95 นาที และประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 94.36

เมื่อพิจารณาเป็นรายครั้ง พบว่า ทดสอบเครื่องสับฟางข้าว จำนวน 5 ครั้ง น้ำหนักฟางข้าวที่ใช้ในการทดสอบครั้งละ 5, 10 และ 15 กิโลกรัม ทดสอบครั้งที่ 1-5 ที่ 5 กิโลกรัม น้ำหนักฟางข้าวหลังการทดสอบ เฉลี่ยเท่ากับ 4.72 กิโลกรัม น้ำหนักที่สูญเสีย เฉลี่ยเท่ากับ 0.28 กิโลกรัม ใช้เวลาในการสับฟางข้าว เฉลี่ยเท่ากับ 19.95 นาที ประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าวเฉลี่ย เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 94.36 ทดสอบครั้งที่ 1-5 ที่ 10 กิโลกรัม น้ำหนักฟางข้าวหลังการทดสอบ เฉลี่ยเท่ากับ 8.91 กิโลกรัม น้ำหนักที่สูญเสีย เฉลี่ยเท่ากับ 1.09 กิโลกรัม ใช้เวลาในการสับฟางข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 39.55 นาที ประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 89.08 ทดสอบครั้งที่ 1-5 ที่ 15 กิโลกรัม น้ำหนักฟางข้าวหลังการทดสอบ เฉลี่ยเท่ากับ 12.93 กิโลกรัม น้ำหนักที่สูญเสีย เฉลี่ยเท่ากับ 2.07 กิโลกรัม ใช้เวลาในการสับฟางข้าว เฉลี่ยเท่ากับ 59.21 นาที ประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 86.20

4.3 ผลการประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว การประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว ผู้วิจัยได้เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญของทั้ง 5 ท่าน ทำการประเมินคุณภาพ โดยมีผลของการประเมินคุณภาพ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว

ลำดับ	รายการประเมิน	$\overline{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1	การออกแบบเครื่องมีความเหมาะสม	4.80	0.45	ดีมาก
2	การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ มีความเหมาะสม	4.60	0.55	ดีมาก
3	การจัดวางวัสดุและอุปกรณ์ มีความเหมาะสม	4.60	0.55	ดีมาก
4	การควบคุมการทำงานและการใช้งานของเครื่อง	4.80	0.45	ดีมาก
5	ระยะเวลาในการทำงานของเครื่อง	4.60	0.55	ดีมาก
6	ความปลอดภัยในการทำงานของเครื่อง	4.80	0.45	ดีมาก
7	การบำรุงรักษาเครื่อง	4.60	0.55	ดีมาก
8	ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง	4.80	0.45	ดีมาก
เฉลี่ยรวม		**4.70**	**0.45**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าว ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.70 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.45

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า อยู่ในระดับที่ดีมากทั้งหมด 8 ข้อ ได้แก่ การออกแบบเครื่องมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.45, การควบคุมการทำงานและการใช้งานเครื่อง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.45,ความปลอดภัยในการทำงานของเครื่องมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.45, ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.45, การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.55 การจัดวางวัสดุและอุปกรณ์มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.55, ระยะเวลาในการทำงานของเครื่อง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.55 และการบำรุงรักษาเครื่อง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.55 ตามลำดับ

5. อภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัย เรื่อง การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับฟางข้าว ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลการวิจัย ได้ดังต่อไปนี้

ผลการสร้างเครื่องสับฟางข้าวทำให้ได้เครื่องจักรกลการเกษตรที่สามารถนำมาช่วยทุ่นแรงและอำนวยความสะดวกในการทำการเกษตร โดยสามารถใช้สับฟางข้าวให้มีขนาดเล็กลงเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น มีประสิทธิภาพสามารถสับฟางข้าวที่ร้อยละ 94.36 และจากการประเมินคุณภาพเครื่องสับฟางข้าวจากผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.70, S.D. = 0.45) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปัณณวิชญ์ ทองคำ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ และสุนัน ปานสาคร (2565) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว ผลการวิจัยพบว่า เครื่องตัดฟางข้าวสามารถทำงานได้รวดเร็วสามารถในการตัดฟางข้าวให้เป็นเส้นสั้น ๆ และต่อเนื่องช่วยประหยัดเวลาและแรงงานคนในการตัดฟางข้าว รวมทั้งสามารถพัฒนาให้ใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไปในอนาคต สอดคล้องกับงานวิจัยของ พชรพฤก เทวาประสาท

พร เมธาวี ลอยหา และสักจพัฒธ์ ผิวอ่อนดี (2564) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดสับฟางสำหรับติดรถเกี่ยวนวดข้าว (ระยะที่ 2) ผลการวิจัย พบว่า ชุดสับฟางสำหรับติดรถเกี่ยวนวดข้าว (ระยะที่ 2) มีประสิทธิภาพในการสับย่อยฟางสูงสุดสามารถสับย่อยฟางข้าวให้เหลือความยาวเฉลี่ย 11.4 เซนติเมตร สอดคล้องกับที่ Yu et al. (2014) ได้รายงานว่า การลดขนาดของฟางข้าวให้มีขนาดเล็กจะสามารถเพิ่มคุณสมบัติทั้งกายภาพเคมีและชีวภาพที่มีผลต่อกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพโดยชักนำให้ระยะเวลาการย่อยสลาย ลดลงเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส สอดคล้องกับที่ วรางรัตน์ เสนาสิงห์ (2562) ได้กล่าวว่า เครื่องมือทุ่นแรงและเครื่องจักรกลเกษตรเป็นเครื่องมือที่เกษตรกรใช้ในการทำงานเกษตรเพื่อช่วยลดความยากลำบากในการทำงานหรือลดการออกแรงให้น้อยลง เกษตรกรจะทำงานได้นานขึ้นจะได้ผลงานมากขึ้นและได้ผลิตผลเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อธิรัช ลี้ ตระกูล จีระศักดิ์ พิศเพ็ง วิชัย แหวนเพชร และอัษฎา วรรณกายนต์ (2566) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลโค ได้กล่าวว่า การพัฒนาเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลโคนั้นเป็นการใช้กระบวนการวิจัยในการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรขึ้นมาใช้ทุ่นแรงและอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรในการจัดการของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่เป็นของเสียจากฟาร์มโคเนื้อ-โคนม

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรมีการพัฒนาเครื่องสับฟางข้าวให้เกษตรกรสามารถใช้เครื่องทำงานได้ในระยะเวลาอันสั้นสามารถใช้งานได้ง่ายปรับเปลี่ยนได้หลากหลายตามความต้องการของเกษตรกร เช่น สามารถปรับเปลี่ยนขนาดของฟางที่ต้องการสับได้หรือมีความยืดหยุ่นในการใช้งานตามพื้นที่ของฟาร์มแต่ละแห่ง ออกแบบให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาและซ่อมแซม เพื่อลดการหยุดชะงักในการใช้งานและเพิ่มประสิทธิภาพในการเกษตรและพัฒนาให้มีราคาที่เหมาะสมกับความสามารถในการใช้งานและการผลิตของเกษตรกร

6.2 ควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรนำฟางข้าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อทั้งเกษตรกรเองและสังคมโดยรวม เช่น ลดการใช้สารเคมีในการเกษตรและลดปริมาณขยะที่สร้างขึ้นจากการทำลายฟางข้าวในธรรมชาติและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรผ่านการนำฟางข้าวมาใช้ให้เกิดคุณค่ามากขึ้นในระยะยาวและสร้างโอกาสให้แก่อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ในประเทศด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

กองศึกษาและขยายผลการพัฒนาตามแนวพระราชดำริ. (2562). **องค์ความรู้ข้าว : ข้าวของคนพอเพียง.** สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ : กรุงเทพฯ.

กรมฝนหลวงและการบินเกษตร. (2562). “ข้าวไทย”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.royalrain.go.th/royalrain/ShowDetail.aspx?DetailId=11891.** สืบค้น 9 กุมภาพันธ์ 2567.

ณรกมล เลาห์รอดพันธ์ และคณะ. (2562, มกราคม-มิถุนายน). “การเปรียบเทียบวิธีการปรับสภาพฟางข้าวปรุงแต่งด้วยยูเรียที่แตกต่างกันต่อองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในหลอดทดลอง”. **วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์**. 2562(1) : 83-92.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2555). **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS**. พิมพ์ครั้งที่ 13. บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี : กรุงเทพฯ.

ปัณณวิชญ์ ทองคำ, จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ และสุนัน ปานสาคร. (2565, พฤษภาคม – กันยายน). “การออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว”. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.** 17(2) : 31-41.

พชรพฤก เทวาประสาทพร, เมธาวี ลอยหา และสักจพัฒธ์ ผิวอ่อนดี. (2564). **การพัฒนาชุดสับฟางสำหรับติดรถเกี่ยวนวดข้าว (ระยะที่ 2)**. ปริญญานิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ไพโรจน์ นะเที่ยง, จันทร์เพ็ญ ชุมแสง และ กันต์ อินทุวงศ์. (2561). “เครื่องตัดสับสำหรับลดขนาดทางกายภาพฟางและตอซังข้าวแบบลากจูง”. **วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี**. 6(1) : 43-48.

มูลนิธิเกษตรรักษ์สิ่งแวดล้อม (ประเทศไทย). (2561). “ฟางข้าว(RICE STRAW) และประโยชน์จากฟางข้าว”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://www.aecth.org/Article/Detail/116351**. สืบค้น 9 กุมภาพันธ์ 2567.

วรางรัตน์ เสนาสิงห์. (2562). “วัฒนธรรมการใช้เครื่องทุ่นแรงทางการเกษตร”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.scimath.org/article-science/item/10613-2019-09-02-01-27-39** สืบค้น 9 กุมภาพันธ์ 2567.

สาขาการออกแบบและเทคโนโลยี. (2567). “กระบวนการเทคโนโลยี”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://designtechnology.ipst.ac.th/?page_id=165**. สืบค้น 9 กุมภาพันธ์ 2567.

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์. (2560). “วัตถุดิบอาหารสัตว์ : ฟางข้าว”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://nutrition.dld.go.th/nutrition/index.php/the-joomla-project/972-rice-straw.** สืบค้น 9 กุมภาพันธ์ 2567.

สุมาลี จันทร์ชะลอ. (2542). **“การวัดและประเมินผล”.** ศูนย์สื่อส่งเสริมกรุงเทพ. : กรุงเทพฯ.

อธิรัช ลี้ตระกูล, จีระศักดิ์ พิศเพ็ง, วิชัย แหวนเพชร และอัษฎา วรรณกายนต์. (2566, กรกฎาคม-ธันวาคม). “กาพัฒนาเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลโค”. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์**. 8(2) : 49-62.

Yu, L., Bule, M., Ma, J., Zhao, Q., Frear, C., and Chen, S. (2014). “Enhancing volatile fatty Acid (VFA) and bio-methand production from lawn grass with pretreatment”. **Bioresoource Technology**. Vol.162 p.243-249.

8. คุณค่าทางวิชาการ

การสร้างเครื่องสับฟางข้าวเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องจักรกลการเกษตรเพื่อให้เกษตรกรได้ใช้ทรัพยากร ที่มีอยู่ในการจัดการฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการใช้ฟางข้าวที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่เพียงทำให้ลดปัญหาการเผาทำลายฟางข้าวที่ส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศเท่านั้นแต่ยังช่วยลดขนาดของฟางข้าวให้เล็กลงให้เหมาะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการแปรรูปฟางข้าวให้เป็นวัสดุที่มีมูลค่าเพิ่ม เช่น การนำไปใช้เป็นวัสดุรองพื้นเล้าไก่ การผสมอาหารสัตว์หรือใช้เป็นวัสดุคลุมดินเพื่อรักษาความชื้น นอกจากนี้ยังสามารถนำฟางข้าวที่ได้ไปใช้เป็นส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์ได้ด้วยการสับฟางข้าวสามารถช่วยเร่งกระบวนการสร้างปุ๋ยอินทรีย์ได้เนื่องจากการสับทำให้ฟางข้าวถูกย่อยสลายและสลายตัวได้รวดเร็วขึ้นเมื่อฟางข้าวถูกสับแล้วเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำปุ๋ยสามารถเข้าถึงวัสดุเหล่านี้ได้ง่ายขึ้น ดังนั้น การทำปุ๋ยอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้เร็วกว่าถ้าเทียบกับฟางข้าวที่ไม่ได้รับการสับ ดังนั้น การนำฟางข้าวมาใช้ประโยชน์ ยังเป็นการลดปัญหาการเผาฟางข้าวจึงเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งมีผลต่อการลดมลพิษเอื้อประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพที่ยั่งยืน

การออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก

อริชัย รัตรสาร[1*] วันเฉลิม จันทร์ช่วงโชติ[2] ทัศนียา นิลฤทธิ์[3] จักรพันธ์ บุญเพิ่ม[4]
คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์[1*2 3 4]
อีเมล์ : title_138@hotmail.com[1*]

วันที่รับบทความ 6 มีนาคม 2567
วันแก้ไขบทความ 3 พฤษภาคม 2567
วันตอบรับบทความ 14 พฤษภาคม 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.ศึกษาอัตลักษณ์ของรถตุ๊กตุ๊กเพื่อเป็นแรงบันดาลใจสำหรับกำหนดแนวทางการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีท 2.ออกแบบและสร้างต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก และ 3.เพื่อวัดผลความพึงพอใจที่มีต่อชุดต้นแบบที่เสร็จแล้วโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายได้แก่ สุภาพบุรุษที่อาศัยในเขตอำเภอเมืองสุรินทร์ จำนวน 40 คน โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ค่าความถี่ ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย ผ่านการนำเสนอรูปแบบตารางสรุปผลการวิเคราะห์ โดยกระบวนวิธีการวิจัยทั้งหมดมี3ขั้นตอนตามวัตถุประสงค์คือ ขั้นตอนที่1 สัมภาษณ์เกี่ยวกับอัตลักษณ์ของรถตุ๊กตุ๊กจากผู้เชี่ยวชาญด้านรถตุ๊กตุ๊กเพื่อค้นหาแนวคิดที่นำไปใช้ออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีท อัตลักษณ์ที่โดดเด่นด้านสีที่เกี่ยวข้องกับรถตุ๊กตุ๊กที่เป็นเอกลักษณ์ ได้แก่ สีน้ำเงินกับเหลือง และ อัตลักษณ์ที่โดดเด่นด้านรูปทรงกับลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ของรถตุ๊กตุ๊กได้แก่ ส่วนหน้าของรถกับความกะทัดรัด ความโปร่งโล่งของห้องโดยสาร ขั้นตอนที่2 ออกแบบและสร้างต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแรงบันดาลใจ โดยผ่านการคัดเลือกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดและการตัดเย็บ จากนั้นนำแบบร่างกางเกงขายาว แบบที่ B10 กับเสื้อแขนยาว แบบที่ E6 จากแบบทั้งหมดมาสร้างเป็นชุดต้นแบบ ขั้นตอนที่3 จึงนำชุดต้นแบบสุภาพบุรุษแนวสตรีทไปให้กลุ่มเป้าหมายสุภาพบุรุษที่อาศัยในเขตอำเภอเมืองสุรินทร์ จำนวน40คนได้ลองสวมใส่ชุดและประเมินแบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามพึงพอใจกับการศึกษาโครงการเรื่องการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก โดยพิจารณา ดังนี้ แบบที่ 1 กางเกงขายาวB10มีค่าเฉลี่ย 4.45 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก แบบที่ 2 เสื้อแขนยาวE6มีค่าเฉลี่ย 4.13 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก และมีค่าเฉลี่ยรวมของเสื้อและกางเกงคิดเป็น 4.29 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก บทสรุปสามารถนำแนวคิดและวิธีออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊กไปพัฒนาเพื่อสร้างการออกแบบที่หลากหลายให้กับเสื้อแนวสตรีทและสามารถนำไปปรับใช้กับงานออกแบบที่มีต้นแบบเป็นรถประเภทอื่นได้ในอนาคต หรือสามารถเป็นแนวทางในการนำแนวคิดของแรงบันดาลใจจากรถตุ๊กตุ๊กไปใช้กับงานออกแบบอย่างอื่นได้

คำสำคัญ : แรงบันดาลใจ รถตุ๊กตุ๊ก การออกแบบ ชุดแฟชั่น ชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีท

Street style men's clothing designs inspired by tuktuk.

Arichai Ratarasan[1*], Wanchalerm Janchoungchote[2], Thatsaneeya nillit[3], Jakkrapan Boonperm[4]
Faculty of Agriculture and Technology Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus [1*,2,3,4]
E – mail : title_138@hotmail.com[1*]

Received 6 March 2024
Revised 3 May 2004
Accepted 14 May 2024

Abstract

The purpose of this research is to 1. Study the identity of Tuk Tuks to provide inspiration for designing street style men's clothing. 2. Design and create a prototype of a street style gentleman's suit inspired by a tuk tuk, and 3. To measure satisfaction with the finished prototype using a satisfaction questionnaire as a data collection tool. From the target group includes Gentlemen residing in Mueang Surin district, totaling 40 people. The data was analyzed using frequencies, percentages, and averages through presentation of a table summarizing the results of the analysis. The entire research process has 3 steps according to the objective: Step 1: Interview about the identity of tuk tuks from tuk tuk experts to find ideas that can be used to design street style men's clothing. The distinctive identity of the colors associated with the unique tuk tuk is blue and yellow, and the distinctive identity of the shape and unique characteristics of the tuk tuk are: The front of the car is compact. The openness of the cabin. Step 2: Design and create a prototype of street style men's clothing from the information obtained from the inspiration study. The designs have been selected by experts in cutting and sewing. Then take the draft of trousers, model B10 and long-sleeved shirt, model E6 from all designs to create a prototype suit. Step 3 is to take the prototype suit for a street style gentleman to the target group of gentlemen living in Mueang Surin District. A total of 40 people tried on the clothes and evaluated the questionnaire. The results of the research found that the respondents were satisfied with the project study on the design of men's street style clothing inspired by tuk tuks, considering the following: Model 1, B10 trousers, with an average of 4.45 in Very satisfied level. Model 2, long-sleeved shirt E6, has an average of 4.13, in the very satisfied level. and the total average of shirts and pants was 4.29, at a very satisfied level. The conclusion is that ideas and methods for designing street style men's clothing inspired by tuk tuks can be developed to create a variety of designs for street style shirts and can be applied to designs that There can be prototypes for other types of cars in the future. Or it can be a guideline for applying the concept of tuk tuk inspiration to other designs.

Keywords : Inspiration, Tuk Tuk, Design, Fashion outfit, Street style men's clothing.

1. บทนำ

ในปัจจุบันการแต่งตัวมิใช่เพียงเพื่อปกปิดร่างกายหรือให้ความอบอุ่นเหมือนในอดีต แต่การแต่งตัวสามารถใช้เพื่อบ่งบอกถึงลักษณะหรือเอกลักษณ์หรือแม้แต่ฐานะของผู้สวมใส่ได้ เพราะสไตล์การแต่งตัว คือการสะท้อนภายในตัวตนออกมา บ่งบอกถึงคาแรคเตอร์ของผู้สวมใส่ นอกจากนี้การมีไลฟ์สไตล์การแต่งตัวที่โดดเด่นสามารถสร้างภาพจำให้กับคนอื่นได้ เป็นเสน่ห์ให้ดูน่าสนใจดึงดูดสายตาแก่ผู้พบเห็น ดังนั้นรูปแบบการแต่งตัวจึงมีความหลากหลายเกิดเป็น เทรนด์ แฟชั่น ที่ตามมามากมายซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญที่คนรุ่นใหม่ให้คุณค่ามากขึ้น (Superfriends. 2021) แต่หากจะพูดถึงรูปแบบสไตล์การแต่งตัวที่ได้รับความนิยมจากคนรุ่นใหม่ในทุกกลุ่ม การแต่งตัวแนวสตรีทเป็นตัวเลือกแรกที่มักถูกพูดถึง โดยเฉพาะเพศชายที่มีลักษณะนิสัยที่ชอบความเรียบง่าย ไม่เป็นทางการ เข้ากับการแต่งตัวแนวสตรีทที่สามารถนำเสื้อผ้าอย่างละตัวมาผสมผสานกันได้ ราคาไม่แพง สวมใส่สบาย เป็นการแสดงออกถึงความเรียบง่าย ทันสมัย การแต่งตัวแนวสตรีทนั้นแต่เดิมเป็นแฟชั่นจากท้องถนนโดยที่ไม่ได้มาจากดีไซน์เนอร์ต่างๆ แต่เป็นสไตล์การใส่เสื้อผ้าของผู้คนที่แต่งตัวใช้ชีวิตกันจริงๆ ซึ่งเมื่อมีปริมาณมากๆก็กลายเป็นวัฒนธรรมการแต่งตัวในสถานที่หรือในยุคนั้นๆ ลักษณะของสตรีทแฟชั่นก็จะไม่เหมือนกัน ซึ่งเป็นสไตล์การแต่งกายที่เริ่มฮิตในช่วง ค.ศ.1990 ไม่มีแพตเทิร์นการแต่งกายที่ตายตัวหรือเป็นสูตรสำเร็จ เน้นเสื้อผ้าที่ใส่สบายและแต่งได้ทุกเพศ แฟชั่นสตรีทจึงสามารถเป็นตัวบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล และวัฒนธรรมย่อยในแต่ละสังคมได้เป็นอย่างดี เพราะถึงแม้ว่าจะเป็นแนว “สตรีท” เหมือนกัน ผู้คนมีความเข้าใจแบบสากล แต่ว่าในแต่ละประเทศนั้นล้วนมีความต่างกันอย่างชัดเจน เช่น แฟชั่นสตรีทที่ฮาราจุกุ ประเทศญี่ปุ่น จะเน้นเสื้อผ้าสีสันจัดจ้าน มีลวดลายที่โดดเด่น และแปลกตาแบบสุดขั้ว หรือแม้กระทั่งในกรุงโซล ในประเทศเกาหลีใต้ก็จะเน้นการเข้ากันของเสื้อผ้าสไตล์มินิมัล หรือในมหานครนิวยอร์กจะเน้นเสื้อผ้าสีในกลุ่มเอิร์ธโทนที่ไม่มีลวดลายมาก และมีเสื้อโค้ทติดตัวตลอดเพราะด้วยเหตุผลทางภูมิศาสตร์ เป็นต้น(The Street. 2023)

การใช้สไตล์ชุดแนวสตรีทมาพร้อมกับความแตกต่างของแต่ละวัฒนธรรม เมื่อกลับมามองที่ประเทศไทย ตัวเลือกจุดเด่นที่บ่งบอกความเป็นไทยนั้นมีมากมายไม่ว่าจะเป็น มวยไทย การรำ พิธีกรรม อาหารการกิน หรือไลฟ์สไตล์การใช้ชีวิตแบบคนไทยที่สามารถนำมาออกแบบได้ และ รถตุ๊กตุ๊ก เป็นหนึ่งในตัวเลือกที่น่าสนใจที่เข้ากับการนำมาใช้ เพราะเป็นรถที่วิ่งบนท้องถนนเข้ากับความเป็นชุดแนวสตรีทและเป็นที่รู้จักของนักท่องเที่ยวต่างชาติ สร้างชื่อเสียงให้ประเทศบ่งบอกถึงความโดดเด่นอันเป็นเอกลักษณ์ของรถที่เป็นที่จดจำ รถตุ๊กตุ๊ก หรือรถสามล้อเครื่องแม้เป็นเอกลักษณ์ของคนไทย แต่ชื่อนี้ไม่ได้ตั้งโดยคนไทย ตุ๊กตุ๊กเป็นรถสามล้อเครื่องที่ได้รับความนิยมใช้กันทั่วโลก เป็นยานพาหนะที่สะท้อนเอกลักษณ์ของประเทศผ่านรูปทรงและสีสัน เป็นรถโดยสารอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมในประเทศไทยและในหลายประเทศ เนื่องจากมีอรรถประโยชน์ในการใช้งานสูง ทั้งในด้านการขนส่งผู้โดยสาร ขนส่งสินค้า ประกอบกับเป็นรถที่มีเอกลักษณ์ที่โดดเด่นและมีรูปลักษณ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ทั้งสีสันมีทั้งสีน้ำเงิน สีเหลือง สีเขียว สีแดง รูปทรง และเสียงของเครื่องยนต์ จึงทำให้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก (Nattanam. 2020) นอกจากนี้เคยมีการนำจุดเด่นของรถตุ๊กตุ๊กไปออกแบบเป็น ชุดตุ๊กตุ๊ก ไทยแลนด์ คว้ารางวัลชุดประจำชาติยอดเยี่ยมบนเวทีมิสยูนิเวิร์ส ปี 2015 อย่างสง่างาม สร้างเสียงชื่อเสียงให้แก่ชาวไทย ชุดตุ๊กตุ๊กไทยแลนด์เป็นงานออกแบบในรูปแบบของ "วัฒนธรรมประชานิยม" ซึ่งผู้ออกแบบจะใช้วิธีการประกอบชิ้นส่วนเหมือนไอรอนแมน ใช้พลาสติกชุบโครเมียม พร้อมทั้งใช้ลูกเล่นโดยการกดปุ่มเพื่อให้มีไฟกะพริบในขณะแนะนำตัวอีกด้วย (MGR Online. 2015)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้กลุ่มผู้วิจัยมีความสนใจที่จะสร้างชิ้นงานชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊กที่เป็นจุดเด่นที่ต่างชาติให้ความสนใจเมื่อมาเที่ยวประเทศไทย ซึ่งกลุ่มผู้จัดทำโครงการได้เล็งเห็นถึงจุดเด่นของรถตุ๊กตุ๊กที่สามารถจะนำมาปรับใช้กับการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทด้วยวิธีการดึงจุดเด่นต่างๆของรถตุ๊กตุ๊กมาออกแบบ ศึกษาการออกแบบแฟชั่นและเกิดแนวคิดที่จะนำรูปร่าง ลักษณะ และสีสันของรถตุ๊กตุ๊ก ความกะทัดรัด ความโปร่งโล่งห้องผู้โดยสาร ไฟของรถตุ๊กตุ๊กมาออกแบบชุดสตรีทแฟชั่นที่เป็นที่นิย ม หรือใช้วิธีการดัดแปลง มาทำเป็นลวดลายกราฟฟิกบนเสื้อผ้า ช่วยสร้างลูกเล่นและสร้างเสน่ห์ให้กับการแต่งกายให้ดู

ทันสมัยและสร้างความแปลกใหม่ที่น่าสนใจมากขึ้น มีชุดเสื้อผ้าแนวสตรีทที่มีการดีไซน์ดัดแปลงมาจากเอกลักษณ์ของคนไทย สามารถบ่งบอกความเป็นไทย และสร้างจุดขายให้กับเสื้อผ้าไทยที่สามารถต่อยอดดัดแปลงให้ตอบความต้องการของกลุ่มวัยรุ่นทั้งไทยและต่างชาติหรืออาจต่อยอดเป็นสไตล์แฟชั่นการแต่งตัวแนวรถตุ๊กตุ๊กได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาอัตลักษณ์ของรถตุ๊กตุ๊กเพื่อเป็นแรงบันดาลใจสำหรับการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีท

2.2 ออกแบบ และสร้างต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก

2.3 วัดผลความพึงพอใจต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก

3. วิธีการวิจัย (Methods)

3.1 การศึกษาแนวทางในการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก แบ่งขั้นตอนวิธีการวิจัยเป็น3ขั้นตอนตามวัตถุประสงค์ โดยแต่ละวิธีจะมีผู้ให้ข้อมูลและวัดผลที่ใช้ในการอ้างอิงตามวัตถุประสงค์แต่ละขั้นต่างกัน 3 กลุ่มคือ 3.1 ศึกษาอัตลักษณ์ของรถตุ๊กตุ๊กเพื่อเป็นแรงบันดาลใจสำหรับกำหนดแนวทางการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีท โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลผ่านการสัมภาษณ์กลุ่มของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรถตุ๊กตุ๊กที่มีประสบการณ์มากกว่า3ปีจำนวน 3 คน 3.2.ด้านการออกแบบและสร้างต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก ใช้วิธีตรวจสอบและวัดผลผ่านการนำภาพร่างออกแบบไปให้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดและการตัดเย็บที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 3 ปี จำนวน2คนทำการประเมินและคัดเลือกแบบที่ควรนำไปสร้างต้นแบบ และ 3.3. การวัดผลความพึงพอใจต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก ใช้วิธีเก็บข้อมูลและวัดผล ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจจากกลุ่มสุภาพบุรุษที่อาศัยในเขตอำเภอเมืองสุรินทร์จำนวน 40 คน ที่สวมเสื้อผ้ามาตรฐาน size M โดยแต่ละกระบวนการการวิจัยจะมีการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวโยงกันไปตามลำดับขั้น

3.1การศึกษาข้อมูลของรถตุ๊กตุ๊ก และผลงานการออกแบบที่ได้รับแรงบันดาลใจจากรถตุ๊กตุ๊ก เพื่อนำมาใช้กำหนดแนวทางการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก

3.1.1 ใช้วิธีตรวจสอบและวัดผลผ่านการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรถตุ๊กตุ๊กที่มีประสบการณ์มากกว่า 3 ปี จำนวน 3 คน ได้แก่ คนขับรถตุ๊กตุ๊ก 2 คน เจ้าของรถตุ๊กตุ๊ก 1 คน

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 1. แบบสัมภาษณ์ 2. แบบร่างชิ้นงาน

3.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล สร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลแนวทางการออกแบบจากกลุ่มเป้าหมาย

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์โดยจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลตามลำดับเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ

วิธีคัดเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้พัฒนาเป็นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีท มีวิธีการตัดสินโดยใช้เกณฑ์จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรถตุ๊กตุ๊ก โดยสรุปออกมาได้เป็นจุดเด่นด้านของสีกับลักษณะรูปทรงและความกะทัดรัดที่เป็นส่วนที่ทำให้สื่อถึงความเป็นรถตุ๊กตุ๊กได้มากที่สุด

3.2 การออกแบบและสร้างต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก

การออกแบบและสร้างต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก ประกอบด้วย

3.2.1 ใช้วิธีตรวจสอบและวัดผลผ่านการวิเคราะห์และคัดเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดและการตัดเย็บที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 3 ปี จำนวน 2 คน

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล - sketch design - แบบร่างและแบบเพื่อการผลิตต้นแบบ เสื้อ 10 แบบ กางเกง 10 แบบ

3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล นำแบบ sketch design มาวิเคราะห์กับผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดและการตัดเย็บเพื่อคัดเลือกความเหมาะสมสำหรับการนำไปสร้างต้นแบบ

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล - ศึกษาวัสดุ เทคนิคและกระบวนการสร้างต้นแบบ กระบวนการออกแบบโดยนำเอาอัตลักษณ์ที่โดดเด่นของรถตุ๊กตุ๊กตามแนวคิดที่ได้จากขั้นที่ 3.1 มาพัฒนาเสื้อผ้าให้มีความเป็นแนวสตรีท มีจำนวน 20 แบบ เป็น กางเกงขายาว 10แบบ และ กางเกงขาสั้น 10 แบบ ลวดลายของทุกแบบแตกต่างกัน โดยมีกระบวนการคัดเลือกตัดสินจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดและการตัดเย็บที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 3 ปี จำนวน2คน เป็นผู้คัดเลือกตัดสินดีไซน์สำหรับตัดเย็บ (Pattern)เป็นชุดเสื้อผ้าสุภาพบุรุษแนวสตรีท เพื่อนำไปสอบถามความพึงพอใจต่อไป ทั้งนี้เกณฑ์ที่ใช้ระบุว่าเสื้อที่ตัดต้องมีความเป็นสไตล์สตรีท สามารถนำไปใช้งานได้จริง มีเอกลักษณ์ และไม่ดูเยอะจนขาดความกะทัดรัด หรือลำบากในการใช้งาน

3.3 การศึกษาความพึงพอใจพอใจจากการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก

การวัดผลความพึงพอใจพอใจจากการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก ประกอบด้วย

3.3.1 ใช้วิธีตรวจสอบและวัดผลผ่านการกรอกแบบสอบถามของกลุ่มเป้าหมาย กลุ่มสุภาพบุรุษที่อาศัยในเขตอำเภอเมืองสุรินทร์ ที่สวมเสื้อผ้ามาตรฐาน (size M) มีขนาดรูปร่าง เอว 31-33 นิ้ว สะโพก 38-40 นิ้ว ไหล่ 18 นิ้ว รอบอก 37-40 นิ้ว

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล แบบสอบถามถามความพึงพอใจต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทที่ตัดเย็บเสร็จแล้ว2แบบ คือ กางเกงขายาว และเสื้อแขนยาว โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มสุภาพบุรุษที่อาศัยในเขตอำเภอเมืองสุรินทร์ ที่สวมเสื้อผ้ามาตรฐาน (size M) มีขนาดรูปร่าง เอว 31-33 นิ้ว สะโพก 38-40 นิ้ว ไหล่ 18 นิ้ว รอบอก 37-40 นิ้ว และผู้ที่ตอบแบบสอบถามต้องใส่ชุดนี้ทุกคนก่อนตอบแบบสอบถาม

3.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

- สร้างแบบสอบถามโดยมีสิ่งที่ต้องศึกษา คือความพึงพอใจต่อชิ้นงานที่ออกแบบขึ้น
- กลั่นกรองภาษาและความสำคัญของเนื้อหาในแบบสอบถามแล้วแก้ไขให้เหมาะสม
- เก็บรวบรวบข้อมูลด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจจากกลุ่มเป้าหมายต่อการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊กที่ออกแบบไว้
- ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าความพึงพอใจโดยใช้ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\bar{x} = (\Sigma_ (i=1) \text{ ^n x i}) / n \qquad (1)$$

เมื่อ xi แทนค่าสังเกตของข้อมูลลำดับที่ I n แทนจำนวนตัวอย่างข้อมูล

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล -แบบมาตราประมาณค่า (Rating scale) -วิเคราะห์หาค่าความพึงพอใจโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต $\bar{x}$ แล้วแปรผลแบบมาตรฐานประมาณค่า (Rating scale) ความพึงพอใจเพื่อใช้เป็นแนวทางการวิเคราะห์ผลดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพึงพอใจมากที่สุด
3.50-4.49 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพึงพอใจมาก
2.50-3.49 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพึงพอใจปานกลาง
1.50-2.49 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพึงพอใจน้อย
1.00-1.49 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพึงพอน้อยมากที่สุด

การกระจายตัวของข้อมูลใช้สูตร

$$S.D = n \sum X2 - (\sum X) 2 n (n - 1) \quad (2)$$

เมื่อ S แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนกลุ่มตัวอย่าง $\bar{x}$ แทนคะแนนแต่ละตัวในกลุ่มตัวอย่าง n แทนจำนวนสมาชิกกลุ่ม

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาอัตลักษณ์ของรถตุ๊กตุ๊กเพื่อเป็นแรงบันดาลใจสำหรับกำหนดแนวทางการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีท

เมื่อกลุ่มผู้วิจัยได้ไปศึกษาข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรถตุ๊กตุ๊กที่มีประสบการณ์มากกว่า 3 ปี จำนวน 3 คน พบว่ามีจุดเด่นของรถตุ๊กตุ๊กไทยอยู่2อย่างที่สามารถนำไปใช้ออกแบบได้คือ จุดเด่นเรื่องของสีที่แสดงตารางที่1 และจุดเด่นเรื่องของลักษณะและรูปทรงของตัวรถที่แสดงในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการแสดงแนวทางระดับของสีรถตุ๊กตุ๊กที่โดดเด่นที่สุดของรถตุ๊กตุ๊กจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรถตุ๊กตุ๊ก

รายการ	ระดับความคิดเห็น
1.สีน้ำเงิน	เห็นด้วยมากที่สุด
2.สีเหลือง	เห็นด้วยมาก
3.สีเขียว	เห็นด้วยน้อย
4.สีแดง	เห็นด้วยน้อย
5.สีเงิน	เห็นด้วยน้อย

จากตารางที่ 1 สรุปแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสีของรถตุ๊กตุ๊กที่มีความโดดเด่นที่สุด พบว่าระดับความคิดเห็นข้อที่ 1 สีน้ำเงินมีความเห็นด้วยมากที่สุด รองลงมาคือ สีเหลือง

ตารางที่ 2 ผลการแสดงแนวทางระดับของลักษณะและรูปทรงของรถตุ๊กตุ๊กที่โดดเด่นที่สุดจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรถตุ๊กตุ๊ก

รายการ	ระดับความคิดเห็น
1.ส่วนหน้ารถตุ๊กตุ๊ก	เห็นด้วยมากที่สุด
2.ความกะทัดรัด	เห็นด้วยมากที่สุด
3.ความโปร่ง โล่งของห้องโดยสาร	เห็นด้วยมาก
4.ป้ายอักษร tuktuk	เห็นด้วยมาก
5.ป้ายอักษร taxi	เห็นด้วยมาก
6.ไฟจากรถของรถตุ๊กตุ๊ก	เห็นด้วยน้อย

จากตารางที่ 2 สรุปแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับลักษณะและรูปทรงที่โดดเด่นที่สุด พบว่าระดับความคิดเห็นพบว่ามีข้อที่ 1และข้อที่ 2 คือ ส่วนหน้ารถตุ๊กตุ๊กและความกะทัดรัดเห็นด้วยมากที่สุด

บทสรุปผลการตัดสินคัดเลือกข้อมูลเพื่อนำไปใช้กำหนดแนวคิดของการออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีท จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรถตุ๊กตุ๊กพบว่ามีจุดเด่นอยู่2อย่างที่สามารถนำไปใช้กับการออกแบบได้คือ เรื่องของ สี และ ลักษณะของรูปทรง โดยสีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือสีน้ำเงิน ถูกระบุว่าเป็นสีที่แสดงอารมณ์ที่เกี่ยวข้องกับรถตุ๊กตุ๊กได้มากที่สุด ซึ่งสีเหลืองคือสีที่ได้รับความนิยมรองลงมา ในส่วนของหัวข้อลักษณะและรูปทรงของรถตุ๊กตุ๊กที่โดดเด่นที่สุด คือส่วนด้านหน้าของรถตุ๊กตุ๊กและความกะทัดรัดที่สัญจรได้อย่างคล่องตัว ที่ระบุว่าสามารถนำไปเป็นไอเดียให้กับงานออกแบบเพื่อสื่อถึงความเป็นรถตุ๊กตุ๊กเนื่องด้วยความโดดเด่นของด้านหน้าตัวรถที่เห็นสามารถรู้ได้ทันทีว่าเป็นรถตุ๊กตุ๊ก และขนาดของรถที่กะทัดรัดกว่ารถอื่นๆที่ทำให้มีความแตกต่างน่าสนใจ กลุ่มผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลจากแนวคิดที่ได้มาใช้ในการออกแบบเพื่อสร้างอัตลักษณ์ให้กับชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก เน้นสีน้ำเงินกับเหลืองเป็นสีหลักที่บ่งบอกถึงสีของตุ๊กตุ๊กไทยที่เป็นที่จดจำ และออกแบบรูปทรงลวดลายของเสื้อกับกางเกงให้มีความเป็นส่วนด้านหน้ารถผสมอยู่โดยมีการลดทอนรายละเอียดของรูปร่างลวดลายที่ใช้ให้ดูกะทัดรัดและคล่องตัวตามผลสรุปของข้อมูลที่ได้

4.2. ผลการออกแบบ และสร้างต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก การออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก

รูปที่ 1 ภาพดีไซน์การออกแบบกางเกงขายาว B1-B10

รูปที่ 2 ภาพดีไซน์การออกแบบเสื้อแขนยาวสุภาพบุรุษ E1-E10

จากการนำข้อมูลผลลัพธ์ในหัวข้อ 4.1 มาใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบ ได้ดีไซน์ภาพต้นแบบของกางเกงขายาว10แบบและเสื้อแขนยาว10แบบ โดยส่วนที่ออกแบบเน้นสีน้ำเงินกับเหลืองเป็นสีหลักของการแสดงความเป็นตุ๊กตุ๊กของไทย และดีไซน์โดยคำนึงถึงอัตลักษณ์ความเป็นด้านหน้าของรถตุ๊กตุ๊กและความกะทัดรัดของลวดลายเป็น

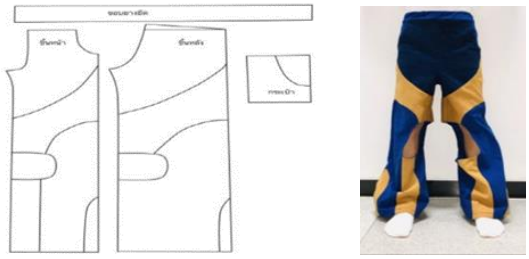
รูปแบบของเสื้อกับกางเกง จากนั้นนำมาให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดและการตัดเย็บจำนวน2คนได้คัดเลือกเพื่อนำไปใช้สร้างตัวต้นแบบต่อไป

ผลการเลือกชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊กที่เลือกจากผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดและการตัดเย็บ ได้ผลลัพธ์ดังนี้

กางเกงขายาว = การออกแบบ B10

เสื้อแขนยาวสุภาพบุรุษ = การออกแบบ E6

วิธีการสร้างแบบตัดเย็บและชุดต้นแบบกางเกงขายาวสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก B10



รูปที่ 3 วิธีสร้างแบบตัดเย็บชุดต้นแบบกางเกงขายาว B10

รูปที่ 4 วิธีสร้างแบบตัดเย็บชุดต้นแบบเสื้อแขนยาวสุภาพบุรุษ E6

4.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของชุดต้นแบบ ชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก

กลุ่มผู้วิจัยได้นำต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊กให้กลุ่มเป้าหมายได้ทดลองสวมใส่และตอบแบบสอบถาม จำนวน 40 (n=40)

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มเป้าหมาย

1.อายุ

ตารางที่ 3 ผลการสำรวจอายุของกลุ่มเป้าหมาย

รายการ	จำนวน n	ร้อยละ
อายุต่ำกว่า 20 ปี	12	30
อายุ 20-25 ปี	19	47.5
อายุมากกว่า 25 ปี	9	22.5
รวม	**40**	**100**

จากตารางที่ 3 สรุปผลการสำรวจอายุของกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 20-25 ปี คิดเป็นร้อยละ47.5

2.อาชีพ

ตารางที่ 4 ผลการสำรวจอาชีพของกลุ่มเป้าหมาย

รายการ	จำนวน n	ร้อยละ
นักเรียน	11	27.5
นักศึกษา	20	50
ข้าราชการ	5	12.5
ธุรกิจส่วนตัว/เจ้าของธุรกิจ	-	-
พนักงานบริษัทเอกชน	4	10
อื่น ๆ	-	-
รวม	**40**	**100**

จากตารางที่ 4 สรุปผลการสำรวจอาชีพของกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่มีอาชีพนักศึกษาจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ50

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจของชุดต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก

กลุ่มผู้วิจัยได้นำต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊กให้กลุ่มเป้าหมายได้ทดลองสวมใส่ จำนวน 40 คน โดยผู้วิจัยได้แบ่งประเภทความพึงพอใจออกเป็น 4 ประเภทดังนี้ 1. ความสวยงาม 2. รูปแบบ และรูปทรง 3. ด้านความเหมาะสมในการสวมใส่ 4. ความสะดวกในการสวมใส่

ตารางชุดต้นแบบกางเกงขายาวสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก B10

ตารางที่ 5 ผลการสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อชุดต้นแบบB10กางเกงขายาวสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก (N40)

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ความสวยงาม	4.5	0.506369684	พึงพอใจมากที่สุด
2. รูปแบบ และรูปทรง	4.7	0.464095481	พึงพอใจมากที่สุด
3. ด้านความเหมาะสมในการสวมใส่	4.4	0.590523453	พึงพอใจมาก
4. ความสะดวกในการสวมใส่	4.2	0.648469599	พึงพอใจมาก
รวม	**4.45**		**พึงพอใจมาก**

จากตารางที่ 5 สรุปผลสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อชุดต้นแบบกางเกงขายาวสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก อยู่ในระดับ 4.45 พึงพอใจมาก

ตารางชุดต้นแบบเสื้อแขนยาวสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก E6

ตารางที่ 6 ผลการสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อชุดต้นแบบE6เสื้อแขนยาวสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก (N40)

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	**ระดับความคิดเห็น**
1. ความสวยงาม	4.3	0.464095481	พึงพอใจมาก
2. รูปแบบ และรูปทรง	4.4	0.496138938	พึงพอใจมาก
3. ด้านความเหมาะสมในการรวมใส่	4	0.506369684	พึงพอใจมาก
4. ความสะดวกในการสวมใส่	3.8	0.648469599	พึงพอใจมาก
รวม	**4.13**		**พึงพอใจมาก**

จากตารางที่ 4.6 สรุปผลสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อชุดต้นแบบเสื้อแขนยาวสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก อยู่ในระดับ 4.13 พึงพอใจมาก

ตารางสำรวจผลสำเร็จความพึงพอใจของชุดต้นแบบสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊กทั้งกางเกงขายาวและเสื้อแขนยาว

ตารางที่ 7 สำรวจผลสำเร็จความพึงพอใจของชุดต้นแบบสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊กทั้งกางเกงขายาวและเสื้อแขนยาว

ชุด	$\bar{x}$	**ความพึงพอใจ**
แบบที่ 2 กางเกงขายาว B10	4.45	พึงพอใจมาก
แบบที่ 5 เสื้อแขนยาว E6	4.13	พึงพอใจมาก
รวม	**4.29**	**พึงพอใจมาก**

จากตารางที่ 7 สรุปผลสำเร็จความพึงพอใจของชุดต้นแบบสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊กทั้งกางเกงแขนยาวและเสื้อแขนยาวได้อยู่ในระดับ 4.29 พึงพอใจมาก

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยขออภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

ด้านของการเก็บรวบรวมข้อมูล กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่ไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรถตุ๊กตุ๊ก 3 คน เป็นคนขับรถที่รู้เรื่องการขับรถและบริการลูกค้าเข้าใจถึงความงามของรถจากการใช้งานจริงกับเจ้าของรถที่เชี่ยวชาญในด้านภาพลักษณ์ของตุ๊กตุ๊กไทยและมุมมองเกี่ยวกับจุดขายเสน่ห์ของรถตุ๊กตุ๊กเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทโดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก จนได้แนวทางการออกแบบ 2ด้าน 1.ด้านสีสันคือสีน้ำเงินและสีเหลือง เป็นสีของรถตุ๊กตุ๊กที่เป็นภาพจำของคนไทย ซึ่งเป็นสีที่สื่อถึงความเป็นตุ๊กตุ๊กได้ชัดเ จนที่สุด 2.ด้านลักษณะและรูปทรงส่วนด้านหน้ารถตุ๊กตุ๊กที่มีความเป็นเอกลักษณ์สามารถเข้าใจจากการมองเห็นได้อย่างรวดเร็วและแยกแยะประเภทของยานพาหนะได้ง่ายกับความกะทัดรัดของรถตุ๊กตุ๊กที่สร้างมาเพื่อภารกิจที่คล่องตัวมาทำการออกแบบที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของสังคมเป้าหมายที่มีรูปแบบการแต่งตัวที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวและมีความคล่องตัวสูง จึงต้องมีการออกแบบเครื่องแต่งกายแบบแยกส่วนให้สามารถสับเปลี่ยนการแต่งกายได้ตามความต้องการ ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ ธรรมธรรศ เลี้ยงธรรมรัตน์ (2562) เรื่องการพัฒนาและออกแบบเครื่องแต่งกายแฟชั่นจากวงจรชีวิตเครื่องแต่งกายแฟชั่นอย่างยั่งยืนด้วยทฤษฎีระบบโมดูลาร์ ที่บอกว่ารูปแบบเครื่องแต่งกายของคนรุ่นใหม่ควรมีการสับเปลี่ยนกันได้ หรือแยกชิ้นส่วนออกมาได้ นอกจากนี้การออกแบบรูปร่างรูปทรงหรือลักษณะของ

ชุดให้ตรงกับแรงบันดาลใจจากรถตุ๊กตุ๊กซึ่งสะท้อนภาพลักษณ์ของประเทศไทยก็เป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญ ตรงกับงานวิจัยของ ณัฐสุภา เจริญยิ่งวัฒนา (2555) เรื่อง การค้นหาและถ่ายทอดแรงบันดาลใจในงานออกแบบแฟชั่น ที่บอกว่าการออกแบบแฟชันที่มีคุณภาพไม่สามารถอาศัยทักษะทางศิลปะเพียงด้านเดียว แต่จะต้องมีแรงบันดาลใจและความคิดสร้างสรรค์ ควบคู่ไปกับทักษะปฏิบัติ ในการนำสิ่งของที่เป็นเอกลักษณ์ของไทยมาดัดแปลงเป็นเสื้อผ้านั้นมีตัวอย่างมากมายที่ได้รับผลตอบรับที่ดี เช่นจากตัวอย่างงานวิจัยของ บรรณวิทิต จิตชู (2560) เรื่อง การออกแบบเครื่องตกแต่งกายจากเสื้อผ้ามือสอง แนวคิดสตรีทแฟชั่น ที่นำแนวคิดการออกแบบสะท้อนภาพลักษณ์ของเสื้อมือสอง โดยใช้ ถนนเยาวราช เป็นแนวคิดหลักทำให้เกิดความโดดเด่นน่าจดจำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภาพ ศรีวงษา, จุฬาลักษณ์ เทพหัสดิน ณ อยุธยา, ภูมิมินทร์ โพธิ์คีรี และคณะ (2566)เรื่องการออกแบบแฟชั่นชุดทำงานสตรีและบุรุษจากผ้าฝ้ายเข็มมือย้อมสีธรรมชาติ ที่ให้ความสำคัญกับด้านการออกแบบในการเพิ่มลูกเล่นให้กับตัวเสื้อจากผ้าฝ้ายให้มีจีบระบาย มีความเท่ ทันสมัย สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค เป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์และสร้างความน่าสนใจให้กับชิ้นงาน

ด้านการออกแบบและสร้างตัวต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีท โดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊ก ได้ทำการร่างแบบ Sketch design ชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีทจากข้อมูลที่ได้รวบรวมมา ซึ่งได้รับคำแนะนำมาว่าให้ใช้ส่วนที่เด่นที่สุดของรถ คือส่วนหน้ารถตุ๊กตุ๊ก และความกะทัดรัด ส่วนกลุ่มสีที่รับความนิยมสูงสุด คือสีน้ำเงิน เมื่อออกแบบเสร็จได้ให้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดและการตัดเย็บที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 3 ปี จำนวน2คน คัดเลือกแบบที่น่าสนใจที่สุด โดยผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่า เสื้อกับกางเกงควรมีรูปแบบที่เรียบง่ายแต่สื่อถึงความเป็นตุ๊กตุ๊ก ตัวเสื้อสามารถสวมใส่ร่วมกับกางเกงอื่นได้ส่วนกางเกงก็สามารถสวมใส่ร่วมกับเสื้ออื่นได้ ซึ่งเสื้อและกางเกงที่ผ่านการคัดเลือกยังนำมาใส่เข้าชุดกันได้อย่างลงตัว ไม่ใช่ออกแบบชุดให้เฉพาะตัวจนไม่สามารถประยุกต์ใช้กับการแต่งตัวแบบอื่นได้ ตรงกับงานวิจัยของ บรรณวิทิต จิตชู (2560) เรื่อง การออกแบบเครื่องตกแต่งกายจากเสื้อผ้ามือสอง แนวคิดสตรีทแฟชั่น(Street fashion) ที่พูดถึงองค์ประกอบของเสื้อแนวสตรีทที่ผู้ซื้อจะซื้อคือพิจารณาจาก ความนิยม ความทันสมัย รูปแบบที่ชอบ เนื้อผ้า สีสัน ความสวยงาม และความจำเป็นในการใช้งาน ต้องทำให้ผู้ใช้รู้สึกว่าเสื้อที่สวมสามารถบ่งบอกความเป็นตัวตนและตอบโจทย์การนำไปใช้งานที่จำเป็นหลากหลายมากก ว่ามีแค่ดีไซน์ที่ตอบโจทย์แต่ใส่ได้เฉพาะงาน จากการวิเคราะห์ได้แบบกางเกงขายาว B 10 และ เสื้อแขนยาว E6 ที่ตัวเสื้อสามารถปรับเปลี่ยนจากแขนสั้นเป็นแขนยาว จากแขนยาวเป็นแขนสั้นได้โดยยังคงแนวคิดของรถตุ๊กตุ๊กเรื่องความคล่องตัว ส่วนกางเกงได้แนวคิดจากรถตุ๊กตุ๊กเรื่องความโปร่งโล่งด้วยการเปิดพื้นที่ว่างในส่วนของหน้าแข้ง ซึ่งแบบอื่นเป็นงานออกแบบที่ค่อนข้างเฉพาะตัวทำให้เกิดปัญหาการนำไปประยุกต์ใช้กับเสื้อและกางเกงอื่น จากนั้นนำไปวิเคราะห์โครงสร้างและศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตต้นแบบกับผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบตัดและการตัดเย็บ เรื่องของส่วนการทำข้อต่อที่ถอดได้ ตรงส่วนนี้ได้รับการแนะนำให้ใช้เป็นแบบเจาะกระดุมเพื่อยึดติดชิ้นงานเข้าด้วยกัน ส่วนด้านวัสดุผ้า ผ้าที่ใช้จะต้องมีความเหมาะสมในเรื่องพฤติกรรมการใช้งานของผู้สวมใส่ การดูแลรักษา สภาพอากาศ สภาพแวดล้อมของพื้นที่ ผู้เชี่ยวชาญได้แนะนำผ้าฝ้ายจากโรงงานโดยมีโทนสีน้ำเงินกับเหลืองโทนใกล้เคียงกันกับสีรถตุ๊กตุ๊กมาเป็นวัสดุหลักของการสร้างต้นแบบชุด การตัดเย็บ ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้เลือกใช้ตะเข็บที่มีความแข็งแรงเพื่อรองรับในส่วนที่ใช้งานหนัก เมื่อได้แนวทางการตัดเย็บและวัสดุที่ใช้งานแล้วจึงทำการสร้างต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีท โดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊กเพื่อนำไปประเมินความพึงพอใจต่อไป

ด้านความพึงพอใจชุดต้นแบบชุดสุภาพบุรุษแนวสตรีท โดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากรถตุ๊กตุ๊กจากกลุ่มเป้าหมาย สุภาพบุรุษที่อาศัยในเขตอำเภอเมืองสุรินทร์จำนวน 40 คน ที่สวมเสื้อผ้ามาตรฐาน size M มีขนาดรูปร่าง เอว 31-33 นิ้ว สะโพก 38-40 นิ้ว ไหล่ 18 นิ้ว รอบอก 37-40 นิ้ว โดยพบว่าจากชุดต้นแบบทั้ง2แบบมีความพึงพอใจด้านรูปแบบและรูปทรงของชุดมากที่สุด ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ ติณณา อุดม และ วุฒิชัย ลิ่มเกิดสุขวงศ์ (2565) เรื่อง การออกแบบเสื้อผ้าบุรุษ โดยได้รับแรงบันดาลใจจากสถาปัตยกรรมเมืองเก่าสงขลา ที่ให้ความสำคัญกับองค์ประกอบและความสวยงามว่าส่งผลต่อผู้ใช้ที่เป็นเป้าหมายมากที่สุด เพราะหากการออกแบบมีองค์ประกอบที่ดี

จะสามารถสร้างอิทธิพลต่อความรู้สึกของผู้ใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัญญา จันทกุล, อารยะ ไทยเที่ยง และศักรินทร์ หงส์รัตนาวรกิจ (2557) เรื่อง การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์มาลัยผ้า ที่ระบุถึงด้านการออกแบบส่งผลมากที่สุดต่อการรับรู้ของผู้ใช้ ในส่วนด้านความเหมาะสมมในการสวมใส่โดยคำนึงถึงสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมของเมืองไทย ได้ข้อเรียกร้องว่ายังไม่เหมาะสมกับสภาพอากาศในเมืองไทย และในส่วนด้านความสะดวกในการสวมใส่ มีข้อเรียกร้อง ให้ปรับปรุงเรื่องการสวมใส่ให้สะดวก โดยเฉพาะเสื้อแขนยาวการแยกส่วนทำให้เกิดรอยต่อที่เวลาสวมใส่ต้องให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ

สรุปจากการประเมินแบบสอบถาม กางเกงขายาว B10 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดอยู่ที่ด้านรูปแบบและรูปทรงอยู่ที่ 4.7 พึงพอใจมากที่สุด รองลงมาเป็นค่าเฉลี่ยด้านความงามที่ 4.5 พึงพอใจมากที่สุด ด้านความเหมาะสมในการสวมใส่ที่ 4.4 พึงพอใจมาก และค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือด้านความสะดวกในการสวมใส่ที่ 4.2 พึงพอใจมาก คิดเป็นค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดคือ 4.45 พึงพอใจมาก ส่วนทางด้านเสื้อแขนยาว E 6 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดอยู่ที่ด้านรูปแบบและรูปทรงอยู่ที่ 4.4 พึงพอใจมาก รองลงมาเป็นค่าเฉลี่ยด้านความงามที่ 4.3 พึงพอใจมาก ด้านความเหมาะสมในการสวมใส่ที่ 4 พึงพอใจมาก และค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือด้านความสะดวกในการสวมใส่ที่3.8 พึงพอใจมาก คิดเป็นค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดคือ 4.29 พึงพอใจมาก แม้ว่าผลโดยรวมของค่าเฉลี่ยจะอยู่ในพึงพอใจมาก แต่ถ้าวิเคราะห์จากข้อมูลได้ระบุถึงปัญหาสำคัญด้านการสวมใส่ที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดเหมือนกันทั้งสองแบบ จึงเป็นส่วนที่ต้องนำไปปรับปรุงในอนาคต เมื่อเทียบกันระหว่างกางเกงขายาว B10 กับเสื้อแขนยาว E6 ด้านรูปแบบชุดต้นแบบสุภาพบุรุษแนวสตรีท กางเกงขายาว B10 มีความพึงพอใจมากกว่าเสื้อแขนยาว E6 ไม่ว่าจะคะแนน รูปแบบ รูปทรง ความสวยงาม ด้านความเหมาะสมในการสวมใส่ และความสะดวกสบายในการสวมใส่ บ่งบอกว่า กางเกงขายาวนั้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ และนำไปผสมกับการแต่งกายอื่นๆได้หลากหลายกว่า ผลการวิเคราะห์ของผู้วิจัยข้อดีของงานนี้อยู่ที่ชุดที่ออกแบบมีรูปร่างรูปทรงและความสวยงามที่เข้ากับแนวสตรีทแล้วยังเป็นชุดที่สามารถสวมใส่ได้จริงกับกลุ่มเป้าหมายชายไทยอีกด้วย แต่ยังมีข้อควรปรับปรุงที่ความสะดวกในการสวมใส่ ซึ่งต้องศึกษาเรื่องการสวมใส่และนำไปใช้จริงของผู้บริโภคให้มากขึ้น ทั้งนี้แนวทางการออกแบบโดยดึงจุดเด่นของรถมาใช้งานจะทำให้สามารถนำไปใช้กับรถแบบอื่นๆในไทยได้เช่น รถเมล์ รถป๊อกป๊อก เป็นต้น หรือสามารถเป็นแนวทางในการนำแนวคิดของแรงบันดาลใจจากรถตุ๊กตุ๊กไปใช้กับงานออกแบบอย่างอื่นได้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

6.1.1 เนื่องจากเป็นที่ตัดเย็บด้วยมือทำให้ตัวต้นแบบมีบางส่วนที่ยังขาดเกินหรือมีการตัดเย็บที่ไม่เรียบร้อยเท่าที่ควร ซึ่งอาจส่งผลต่อภาพลักษณ์ของงานที่นำเสนอได้ ดังนั้น ในการตัดเย็บจึงควรเก็บรายละเอียดให้เรียบร้อย

6.1.2 จากการให้คะแนนของชุดความสะดวกสบายในการสวมใส่นั้นต้องได้รับการปรับปรุง เพราะแม้จะออกแบบมาตรงตามความต้องการ แต่ผู้ใช้งานเสื้อสวมใส่ลำบากก็อาจทำให้เสื้อผ้าที่ออกแบบไม่ถูกเลือกมาใช้งานได้

6.1.3 การวัดรอบวงแขนของเสื้อแขนยาวที่ผิดทำให้ต้องแก้ไขบ่อยครั้ง อันเนื่องมาจากทักษะของผู้จัดทำเอง ดังนั้นควรมีการศึกษาและปรับปรุงในการวัดให้ได้ตรงแบบมากยิ่งขึ้น

6.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

6.2.1 ดีไซน์ให้มีรูปลักษณ์จากแรงบันดาลใจมากกว่าเดิม เพื่อให้คนที่ไม่รู้ที่มาของงานมาก่อนสามารถมองแล้วบอกได้เลยว่ามีแรงบันดาลใจมาจากตุ๊กตุ๊ก

6.2.2 ต่อยอดไปที่รถแบบอื่นๆของไทย เช่น รถเมล์ รถสามล้อ ซึ่งทำเป็นรูปแบบเสื้อรถแนวคอนเซ็ปไทยได้

เอกสารอ้างอิง

ณัฐสุภา เจริญยิ่งวัฒนา. (2555, กรกฎาคม). “เรื่องการค้นหาและถ่ายทอดแรงบันดาลใจในงานออกแบบแฟชั่น”. **วารสารสถาบันวัฒนธรรมและศิลปะ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.** 14(1) : 21-31.

ติณณา อุดม และ วุฒิชัย ลิ่มเกิดสุขวงศ์. (2565). “เรื่อง การออกแบบเสื้อผ้าบุรุษ โดยได้รับแรงบันดาลใจจากสถาปัตยกรรมเมืองเก่าสงขลา”. **วารสารเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**. 4(2) : 29-40.

ธรรมธรรศ เลี้ยงธรรมรัตน์. (2562). **การพัฒนาและออกแบบเครื่องแต่งกายแฟชั่นจากวงจรชีวิตเครื่องแต่งกายแฟชั่นอย่างยั่งยืนด้วยทฤษฎีระบบโมดูลาร์**. ปริญญานิพนธ์ศิลปกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการออกแบบ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**.**

บรรณวิทิต จิตชู. (2560). **การออกแบบเครื่องตกแต่งกายจากเสื้อผ้ามือสอง แนวคิดสตรีทแฟชั่น (Street fashion)**. ศิลปะนิพนธ์ศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุกัญญา จันทกุล, อารยะ ไทยเที่ยง และ ศักรินทร์ หงส์รัตนาวรกิจ. (2557). **เรื่อง การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์มาลัยผ้า**. งานวิจัยได้รับเงินสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สุภาพ ศรีวงษา, จุฬาลักษณ์ เทพหัสดิน ณ อยุธยา, ภูมิมินทร์ โพธิ์คีรี และ อรปรียา ฤทธิโชติ. (2566). “เรื่องการออกแบบแฟชั่นชุดทำงานสตรีและบุรุษจากผ้าฝ้ายเข็มมือย้อมสีธรรมชาติ”. **วารสารคหกรรมศาสตร์และวัฒนธรรมอย่างยั่งยืน**. 5(2) : 28-41.

Nattanam. (2020). “โว้กพาย้อนเจาะลึกประวัติที่มาของรถตุ๊กตุ๊กกับเอกลักษณ์ที่ทำไมมันถึงเป็นไทยหนักหนา.” [online]. Available : **https://www.vogue.co.th/fashion/inspirations/article/tuktukhistory.** Retrieved October 23, 2023.

MGR Online. (2015). “ดูชัดๆ “ตุ๊กตุ๊กไทยแลนด์” ชุดประจำชาติ Miss Universe Thailand 2015.” [online]. Available : **https://mgronline.com/entertainment/detail/9580000112737**. Retrieved October 8, 2023.

Superfriends**.** (2021)**.** สไตล์การแต่งตัว ไม่ใช่แค่ดูดี แต่ยังสะท้อนอะไรบางอย่าง.” [online]. Available : **https://www.superfriends.shop/blog/fashion-character/**. Retrieved November 11, 2023.

The Street. (2023). “5 วิธีแต่งตัวแนวสตรีทสำหรับผู้ชายเท่ทุกไลฟ์สไตล์ ใส่ได้ไม่มีเบื่อ.” [online]. Available : **https://www. THE STREET.com/Blogs/147/mens-street-fashion**. Retrieved October 18, 2023.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถเป็นต้นแบบในการสร้างอัตลักษณ์และเอกลักษณ์ผลิตภัณฑ์ ที่นำผลิตภัณฑ์ของไทยที่พบเห็นโดยทั่วไป มาออกแบบสร้างสรรค์ในงานแฟชั่น เพื่อนำไปสู่การสร้างความนิยม ก่อให้เกิดรายได้สู่ชุมชนและประเทศชาติ

การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน

องอาจ ทับบุรี[1] กันยารัตน์ เอกเอี่ยม[2*]
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี[1 2*]
อีเมล์ : kanyarat@vru.ac.th [2*]

วันที่รับบทความ 30 มกราคม 2567
วันแก้ไขบทความ 21 มีนาคม 2567
วันตอบรับบทความ 18 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน และ 2) ทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน สำหรับระบบควบคุมที่นำเสนอ สามารถบันทึกข้อมูลและจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตไร้สาย โดยกระบวนการเริ่มจากการออกแบบสร้างโดยใช้โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ด้วยการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า จากนั้นส่งข้อมูลให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลการทำงาน รวมถึงเขียนโปรแกรมควบคุมและจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์ต่างๆ บนพื้นฐานการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า และเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อแสดงข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ผ่านสมาร์ทโฟน ผลการทดสอบยืนยันให้เห็นว่าระบบที่นำเสนอสามารถแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่าร้อยละ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าน้อยกว่าร้อยละ 10 และมีค่าความคลาดเคลื่อนของอัตราค่าไฟฟ้าที่นำเสนอน้อยกว่าร้อยละ 1

คำสำคัญ : พลังงานไฟฟ้า อัตราค่าไฟฟ้า ระบบควบคุมไฟฟ้า

Design and Development of Electricity Consumption Control System through Smartphones

Ong-art Tubburee[1], Kanyarat Ek-iam[2*]
Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage Pathum Thani province[1, 2*]
E – mail : kanyarat@vru.ac.th [2*]

Received 30 January 2024
Revised 21 March 2024
Accepted 18 April 2024

Abstract

This research aimed to 1) design and development of electricity consumption control system through smartphones and 2) test the performance of electricity consumption control system through smartphones. The proposed control system can record data and manage the electricity consumption of electrical appliances through a wireless Internet network. The process begins with designing and constructing, using modules to measure electricity consumption by monitoring voltage, current, and power. Subsequently, this data is transmitted to a microcontroller for processing, programming, control, and management of electricity consumption for various devices based on electricity tariff calculation. Additionally, it connects to the internet network to display different parameter data on a smartphone. The proposed system can display voltage, current, and power, as confirmed by the test results. The voltage measurement error is below 1%, while the current measurement error remains below 10%. Moreover, the error rate for electricity tariffs is less than 1%.

Keywords : Electrical energy, Electricity tariff, Electric control system

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้านับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในรูปแบบต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้แก่ประชาชน รวมทั้งยังมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศทั้งภาคธุรกิจอุตสาหกรรมและครัวเรือน แหล่งเชื้อเพลิงที่นำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญคือ ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน แม้ว่าเชื้อเพลิงเหล่านี้สามารถผลิตได้ในประเทศ แต่ยังจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เพื่อทำการผลิตกระแสไฟฟ้าและสำรองเชื้อเพลิงในยามจำเป็น การวางแผนการใช้พลังงานเพื่อให้เกิดความยั่งยืน จึงเป็นเรื่องจำเป็นที่ต้องได้รับความร่วมมือจากภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน ซึ่งในหลายปีที่ผ่านมา ประเทศไทยมีการรณรงค์ให้ประชาชนตระหนักรู้ถึงสถานการณ์ด้านพลังงาน และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งพัฒนาพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานทางเลือกอื่นๆ มาทดแทน อาทิเช่นพลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น จากรายงานสถิติการใช้พลังงานของประเทศไทย พบว่า ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในทุกปีทั้งในภาคอุตสาหกรรมและครัวเรือน ซึ่งในปีพ.ศ. 2565 มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.6 เมื่อเทียบกับปีก่อน ซึ่งเป็นผลมาจากเศรษฐกิจฟื้นตัวภายหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิดเริ่มคลี่คลาย (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. 2566)

อินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things) เป็นเทคโนโลยีที่มีความล้ำสมัยและเป็นที่น่าสนใจที่จะทำให้ทุกสรรพสิ่งของทุกอย่างในสภาพแวดล้อมทั่วไปของมนุษย์ ให้สามารถสื่อสารหรือเชื่อมต่อกับวัตถุให้สามารถตรวจสอบ ควบคุม สั่งการหรือประมวลผลในการเก็บรวบรวมและแลกเปลี่ยนข้อมูลต่างๆ กันได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ด้วยการติดเซนเซอร์และเชื่อมต่อกับสรรพสิ่งหลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นเครื่องจักร วัตถุสิ่งของเครื่องใช้ไฟฟ้า สัตว์หรือมนุษย์ และการระบุตัวตนให้สามารถสั่งการควบคุมและติดตามสถานะการทำงานของอุปกรณ์ ตลอดจนเก็บรวบรวมข้อมูลสื่อสาร แลกเปลี่ยน หรือการถ่ายโอนข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สมาร์ทโฟน เว็บไซต์หรือแอพพลิเคชั่นได้เช่นกัน (วิวัฒน์ มีสุวรรณ์. 2559) เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วของผู้ใช้งาน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์หลายด้าน อาทิเช่น ด้านที่อยู่อาศัย ทำให้เกิดระบบบ้านอัจฉริยะ ซึ่งผู้อาศัยสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้านได้ (สุชาติ ดุมนิล. 2566) ด้านการแพทย์เป็นการติดตามเฝ้าระวังปัญหาสุขภาพผู้ป่วย ด้านการเกษตร ทำให้เกิดระบบฟาร์มอัจฉริยะ เป็นการรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพดิน น้ำ อากาศด้วยเซนเซอร์ ให้ระบบทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ด้านระบบไฟฟ้า ทำให้เกิดโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ เป็นการใช้เทคโนโลโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาบริหารจัดการควบคุมการผลิต ส่งและจ่ายพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น (ประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย. 2559)

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน โดยออกแบบให้สามารถควบคุมและจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านระบบอินเตอร์เน็ตไร้สาย เพื่ออำนวยความสะดวกและตอบสนองความต้องการได้ ซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ถูกควบคุมการใช้งานจากสมาร์ทโฟน โดยมีโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า และส่งข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์โนดเอ็มซียู อีเอสพี 8266 ประมวลผลการทำงานและส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังสมาร์มโฟน เพื่อแสดงข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ

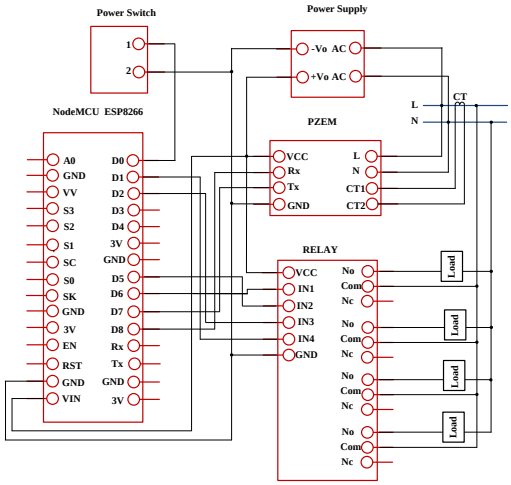
2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน

2.2 เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน

3. วิธีการวิจัย

การทำงานของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน ได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้นตามไดอะแกรมในรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยตัวประมวลผล (Processor) อุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) และอุปกรณ์แสดงผล (Display) โดยรายละเอียดของการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ของการทำงานในแต่ละส่วนมีดังนี้



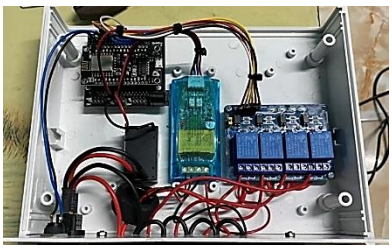
รูปที่ 1 การออกแบบระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน

3.1 ตัวประมวลผล ที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์โนดเอ็มซียู อีเอสพี8266 ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์ มีการพัฒนาแบบเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ สามารถทำงานตามคำสั่งภาษาซีคล้ายอาดุยโน่ และที่สำคัญคือวงจรมีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง มีลักษณะพิเศษกว่าตรงที่สามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย โดยสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมและใช้ชุดคำสั่งในการควบคุมการด้วยโปรแกรมอาดุยโนไอดีอีได้ เพื่อรับข้อมูลอินพุตจากโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า มาประมวลผลเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้ และส่งข้อมูลผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อแสดงผลอัตราค่าไฟฟ้าที่ได้และแสดงสถานะการทำงาน รวมทั้งรีเลย์ เพื่อตัดต่อวงจรให้กับโหลด โดยมีรายละเอียดการต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ภาคอินพุตและเอาต์พุตตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดอุปกรณ์การต่อร่วมกับโนดเอ็มซียู อีเอสพี8266

ด้านอินพุต		โนดเอ็มซียู	ด้านเอาต์พุต
สวิตซ์	โมดูลพีเซม	อีเอสพี8266	รีเลย์
Low		PD0	
		PD1	IN4
		PD2	IN3
		PD5	IN2
		PD6	IN1
	Tx	PD7	
	Rx	PD8	

3.2 ระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า การออกแบบและสร้างระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังรูปที่ 2 ผู้วิจัยเลือกใช้โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า (Power Energy Meter Module) หรือโมดูลพีเซม(PZEM) ส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารอนุกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทางไฟฟ้าที่ได้รับมาจากโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าแล้วจะส่งข้อมูลที่ได้ไปแสดงผ่านสมาร์ทโฟน ซึ่งเป็นโมดูลที่สามารถใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น โดยโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เลือกใช้ สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ 80 – 260 โวลต์ วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 0 – 10 แอมป์โดยวัดกระแสผ่านขดลวดไม่สัมผัสกับสายไฟโดยตรง และทำงานได้ที่ความถี่ 45 – 65 เฮิร์ต (สุรินทร์ แหงมงาม และคณะ. 2564)



รูปที่ 2 ระบบตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.3 วิธีการคิดอัตราค่าไฟฟ้า อัตราค่าไฟฟ้าของประเทศไทยตามประกาศโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าปี 2558 สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ อัตราปกติ อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of day rate : TOD) และอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of use rate : TOU) จากกลุ่มผู้ใช้ไฟทั้งหมด 8 ประเภท ได้แก่ บ้านอยู่อาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่ กิจการเฉพาะอย่าง องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร สูบน้ำเพื่อการเกษตร และไฟฟ้าชั่วคราว (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2566) สำหรับพลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า คือ กำลังไฟฟ้าแอกทีฟที่อุปกรณ์ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ต้องใช้ตลอดระยะเวลาที่เปิดใช้งาน ทั้งนี้การพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบัน และสอดคล้องกับการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าจะเรียกเก็บจากหน่วย (Unit) การใช้พลังงานไฟฟ้า หรืออาจเรียกเป็น กิโลวัตต์ - ชั่วโมง (kWh) ก็ได้ โดยสามารถคำนวณหาได้ดังสมการ

$$x = P \times t \tag{1}$$

เมื่อ x คือ ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วย)
P คือ กำลังแอกทีฟที่อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องการ (กิโลวัตต์)
t คือ เวลาที่อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าถูกเปิดใช้งาน (ชั่วโมง)

จากสมการ (1) จะเห็นว่าพลังงานไฟฟ้าที่อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไป และถูกเรียกเก็บค่าใช้จ่ายจากการไฟฟ้าจะประกอบไปด้วยตัวแปรเพียง 2 ตัวแปรเท่านั้น ซึ่งก็คือ กำลังแอกทีฟที่อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องการ และเวลาที่อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าถูกเปิดใช้งาน ดังนั้นหากสามารถควบคุมหรือทำให้ตัวแปรทั้งสองนี้มีปริมาณลดลงได้ก็จะส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงด้วยเช่นกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกระบบการคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภท 1 บ้านอยู่อาศัย โดยใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย สามารถหาอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า 15 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 2.3488 บาท/หน่วย และพลังงานไฟฟ้ามากกว่า 15 หน่วย และไม่เกิน 25 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 2.9882 บาท/หน่วย สามารถคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังสมการ (2)

$$Z = [2.3488\,x] + [0.6394x - 9.59]y \quad (2)$$

เมื่อ y คือ ค่าคงที่ กำหนดให้ $y = 0$ ก็ต่อเมื่อ $x \leq 15$ และ $y = 1$ ก็ต่อเมื่อ $x > 15$
Z คือ อัตราค่าไฟฟ้า (บาท)

กรณีที่ 2 เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 25 หน่วยและไม่เกิน 35 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 3.2405 บาท/หน่วย และพลังงานไฟฟ้ามากกว่า 35 หน่วยและไม่เกิน 100 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 3.6237 บาท/หน่วยสามารถคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังสมการ (3)

$$Z = [3.2405\,x - 15.8985] + [0.3832x - 13.412]y \quad (3)$$

เมื่อ กำหนดให้ $y = 0$ ก็ต่อเมื่อ $x \leq 35$ และ $y = 1$ ก็ต่อเมื่อ $x > 35$

กรณีที่ 3 เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 100 หน่วยและไม่เกิน 150 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 3.7171 บาท/หน่วย และพลังงานไฟฟ้ามากกว่า 150 หน่วยและไม่เกิน 400 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 4.2218 บาท/หน่วย สามารถคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังสมการ (4)

$$Z = [3.7171\,x - 38.6595] + [0.5047x - 75.705]y \quad (4)$$

เมื่อ กำหนดให้ $y = 0$ ก็ต่อเมื่อ $x \leq 150$ และ $y = 1$ ก็ต่อเมื่อ $x > 150$

เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 400 หน่วย มีค่าพลังงานไฟฟ้า 4.4217 บาท/หน่วย สามารถคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังสมการ (5)

$$Z = 4.4217\,x - 194.31 \quad (5)$$

3.4 ระบบแสดงผล

ข้อมูลการวัดค่าต่างๆที่ได้จากโมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ถูกส่งมายังตัวประมวลผลเพื่อคำนวณค่าต่างๆ แล้วนำมาแสดงผ่านหน้าจอสมาร์ทโฟน ซึ่งแบ่งออกเป็นสองหน้า โดยหน้าแรก(Tab1) เป็นการแสดงค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ(Voltage) ค่ากระแสไฟฟ้า(Current) ค่ากำลังไฟฟ้า(Power) และค่าความถี่ไฟฟ้า(Frequency) ที่วัดได้ นอกจากนี้ยังมีการแสดงผลค่าพลังงานไฟฟ้า(Unit) และอัตราค่าไฟฟ้า(Electricity Tariff) ที่ได้จากการคำนวณ โดยค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวแสดงผลในลักษณะเกจวัด ดังรูปที่ 3(ก) หากต้องการกำหนดการใช้พลังงานไฟฟ้า(Set Unit) สามารถปรับเลื่อนได้ตามความต้องการ แต่ถ้าต้องการรีเซ็ตข้อมูลทั้งหมด(Clear) แสดงผลในหน้าสอง(Tab2) นอกจากนี้ยังมีแสดงสถานะการทำงานของโหลด(Load1-Load4) หากมีโหลดต่ออยู่หรือมีการเปิดใช้งาน มีสถานะเปิด(ON) และหากไม่มีโหลดหรือต้องการปิดสถานะการทำงาน สามารถกดปุ่มให้อยู่ในสถานะปิด (OFF) ได้ดังรูปที่ 3(ข)

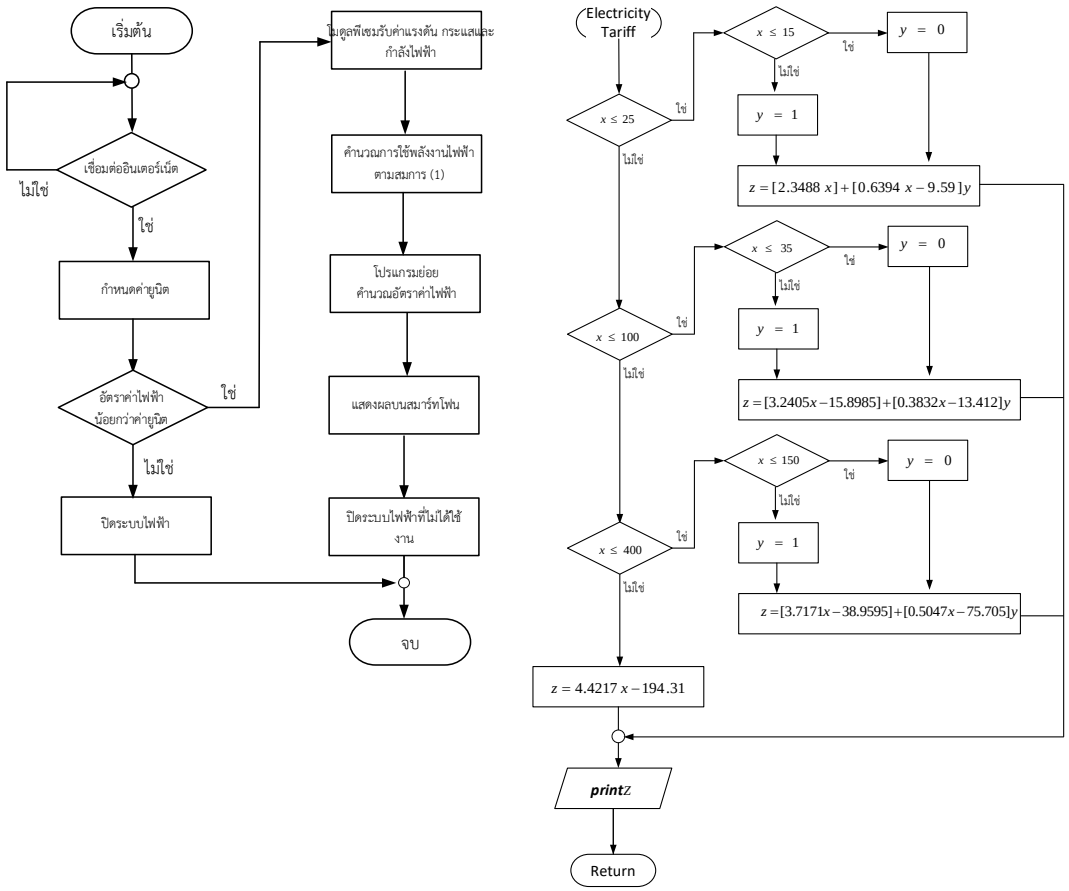
(ก) หน้าแรกของระบบแสดงผล

(ข) หน้าสองของระบบแสดงผล

รูปที่ 3 ระบบแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

3.5 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน

แผนผังการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน แสดงในรูปที่ 4(ก) เริ่มต้นด้วยการกดสวิตช์เพื่อเปิดระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน จากนั้นระบบจะตรวจสอบการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต หากมีการเชื่อมต่อแล้วจะสามารถกำหนดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าตามความต้องการได้จากหน้าจอสมาร์ทโฟน หากพลังงานไฟฟ้ามีค่าเกินที่กำหนด ระบบจะทำการตัดวงจรทันทีหรือไม่สามารถจ่ายพลังงานให้แก่โหลดได้ ถ้าค่าพลังงานไฟฟ้ายังไม่ถึงที่กำหนด ระบบทำการรับค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากโหลด มาคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าจากสมการ (1) จากนั้นส่งผลการคำนวณที่ได้ไปทำงานยังโปรแกรมย่อยที่ชื่อว่า Electricity Tariff เพื่อเริ่มคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 4(ข) และจะเป็นการสั่งให้แสดงปริมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ บนสมาร์ทโฟน



(ก) โปรแกรมหลักระบบควบคุมการทำงาน (ข) โปรแกรมย่อยการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า

รูปที่ 4 ไดอะแกรมของโปรแกรมควบคุมการทำงาน

โปรแกรมย่อยการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า ดังรูปที่ 4(ข) จะเริ่มด้วยการตรวจสอบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาเปรียบเทียบ กล่าวคือ หากมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าไม่เกิน 25 หน่วย ให้นำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณหาอัตราไฟฟ้าตามสมการที่ (2) ถ้าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มากกว่า 25 หน่วย แต่ไม่เกิน 100 หน่วย ให้นำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณหาอัตราไฟฟ้าตามสมการที่ (3) หากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีค่ามากกว่า 100 หน่วย แต่ไม่เกิน 400 หน่วย ให้นำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณหาอัตราไฟฟ้าตามสมการที่ (4) และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีค่ามากกว่า 400 หน่วย ให้นำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณหาอัตราไฟฟ้าตามสมการที่ (5)

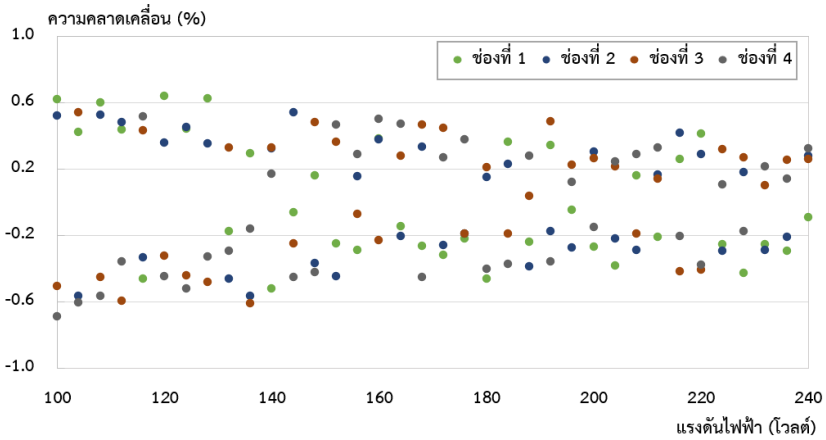
4. ผลการทดสอบ

การยืนยันความเป็นไปได้และความน่าเชื่อถือของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟนที่ออกแบบและสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

เพื่อทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน โดยปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 100 โวลต์ จากนั้นเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าครั้งละ 4 โวลต์ ไปจนถึงแรงดันไฟฟ้า 240 โวลต์ โดยทดสอบ

วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่โมดูลวัดพลังงานไฟฟ้าในแต่ละครั้งมาคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากค่าแรงดันไฟฟ้าจริงที่ได้จากการวัดของมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ fluke รุ่น 115 TRUE RMS ได้ผลดังรูปที่ 5

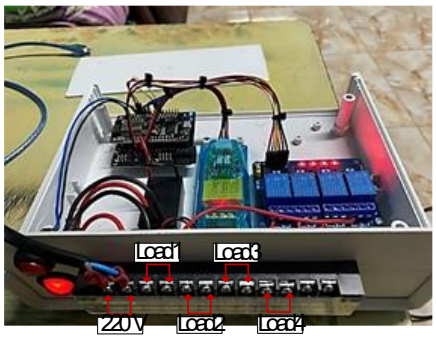


รูปที่ 5 ผลการทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

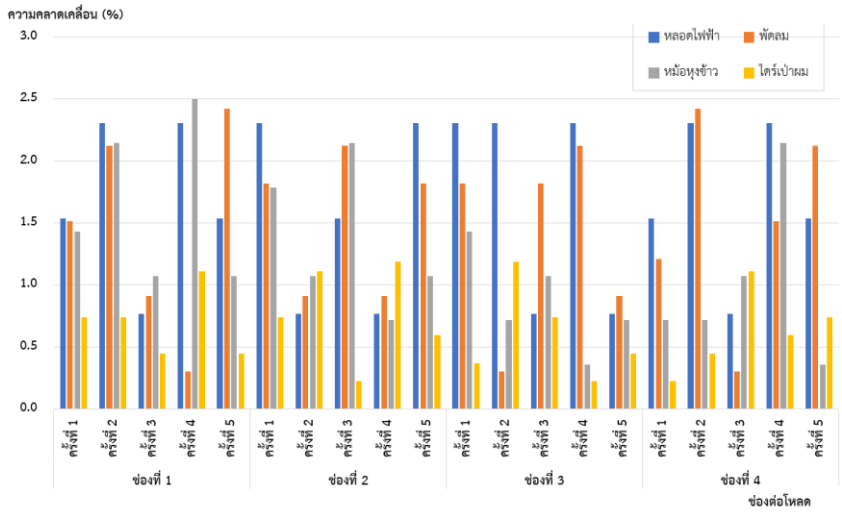
จากรูปที่ 5 พบว่าเมื่อนำระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟนไปทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 100–240 โวลต์ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกันออกไป โดยความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าร้อยละ 0.64 ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าร้อยละ 0.39 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 1.00

4.2 การทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้า

เพื่อทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ช่อง ดังรูปที่ 6 โดยมีอุปกรณ์มาต่อเป็นโหลดจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟฟ้าขนาด 25 วัตต์ พัดลมขนาด 70 วัตต์ หม้อหุงข้าว ไดร์เป่าผมขนาด 300 วัตต์ จากนั้นนำมาวัดหากระแสไฟฟ้าที่ได้จากโมดูลวัดพลังงานไฟฟ้ามาคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการวัดของมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ fluke รุ่น 115 TRUE RMS ซึ่งทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าร้อยละ 2.50 เมื่อโหลดเป็นหม้อหุงข้าวและค่าความคลาดเคลื่อนน้อยสุดที่เกิดขึ้นมีค่าร้อยละ 0.22 เมื่อโหลดเป็นไดร์เป่าผม แสดงผลดังรูปที่ 7



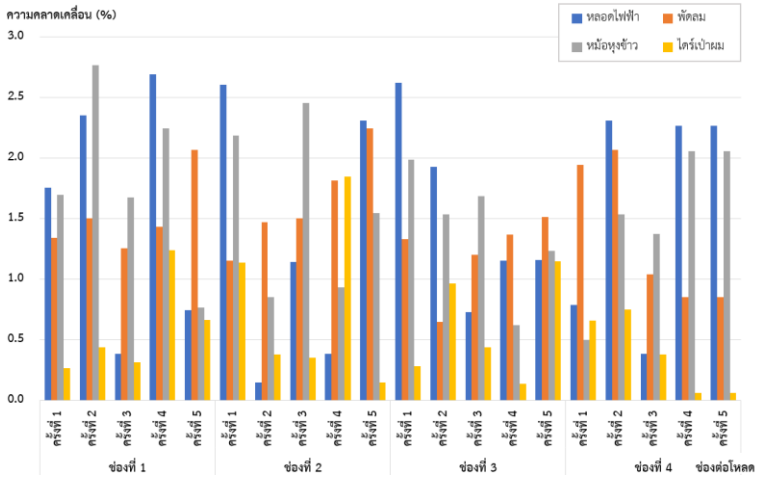
รูปที่ 6 ช่องสำหรับการต่อโหลดเพื่อทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้า



รูปที่ 7 ผลการทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้า

4.3 การทดสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้า

การทดสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้า โดยนำหลอดไฟฟ้า พัดลม หม้อหุงข้าว ไดร์เป่าผม มาต่อเป็นโหลด จากนั้นนำมาวัดหากำลังไฟฟ้าที่ได้จากโมดูลวัดพลังงานไฟฟ้ามาคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการวัดของวัตต์มิเตอร์ยี่ห้อ METRIX รุ่น PX110 ได้ผลดังรูปที่ 8 พบว่า ร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 2.76 มีโหลดเป็นหม้อหุงข้าว และร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดเท่ากับ 0.05 ซึ่งอุปกรณ์ที่นำมาต่อ คือ ไดร์เป่าผม

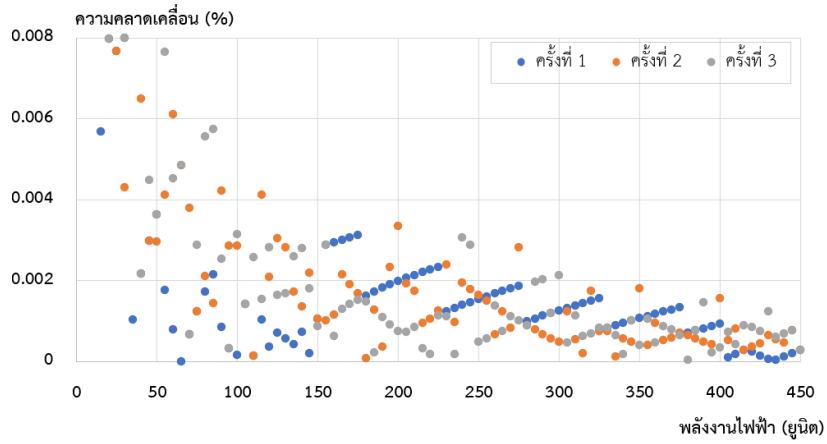


รูปที่ 8 ผลการทดสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้า

4.4. การทดสอบวิธีการคิดอัตราค่าไฟฟ้า

การทดสอบร้อยละของความคลาดเคลื่อนของวิธีการคิดอัตราการคิดค่าไฟฟ้าของสมการที่นำเสนอเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากระบบประมาณการค่าไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยการปรับค่าพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่ 5 หน่วย จากนั้นเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 หน่วย จนกระทั่งถึงค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 450 หน่วย แสดงดังรูปที่ 9 ผลการทดสอบ พบว่า เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้า 50 หน่วยแรก มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดมากกว่าร้อยละ 0.006 และเมื่อใช้

พลังงาน 50 -150 หน่วย มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด มากกว่าร้อยละ 0.004 และใช้พลังงานไฟฟ้า 150 – 450 หน่วย มีค่าความคลาดเคลื่อน น้อยกว่าร้อยละ 0.004 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 0.01



รูปที่ 9 ผลการทดสอบวิธีการคิดอัตราค่าไฟฟ้า

4.5 การทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัว

เพื่อทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้า ทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัว ได้แก่ หลอดไฟฟ้าใช้งานวันละ 3 ชั่วโมง พัดลมใช้งานวันละ 5 ชั่วโมงต่อวัน หม้อหุงข้าวใช้งานวันละ 1 ชั่วโมงและไดร์เป่าผมใช้งานวันละ 5 นาที โดยทำการทดสอบเป็นระยะเวลา 7 วัน แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัว

วัน	หลอดไฟฟ้า			พัดลม			หม้อหุงข้าว			ไดร์เป่าผม		
	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า
1	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
2	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
3	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
4	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
5	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
6	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
7	0.03	0.09	0.21	0.07	0.35	0.82	0.07	0.07	0.16	0.3	0.02	0.06
รวม	**0.21**	**0.63**	**1.47**	**0.49**	**2.45**	**5.74**	**0.49**	**0.49**	**1.12**	**2.1**	**0.14**	**0.42**

จากผลการทดสอบพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า เท่ากับ 0.03 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.09 หน่วยและค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.21 บาท และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 1.47 บาท ค่ากำลังไฟฟ้าของพัดลม เท่ากับ 0.07 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.35 หน่วยและค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.82 บาท และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 5.74 บาท ค่ากำลังไฟฟ้าของหม้อหุงข้าว เท่ากับ 0.07 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.07 หน่วยและค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.16 บาท และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 1.12 บาท ค่ากำลังไฟฟ้าของไดร์เป่าผม เท่ากับ 0.3 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.02 หน่วยและค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.06 บาท และใน 1 สัปดาห์เท่ากับ 0.42 บาท

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การศึกษาและการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟนด้วยการใช้โมดูลวัดการใช้พลังงานไฟฟ้ามาทำหน้าที่วัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า เพื่อส่งข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์ประมวลผลตามสมการที่นำเสนอ พร้อมทั้งแสดงข้อมูลผ่านหน้าจอสมาร์ทโฟน และยังทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าแต่ละช่องผ่านรีเลย์ขนาด 10 แอมป์ ผลการทดสอบใช้งานในห้องปฏิบัติการเพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เปรียบเทียบกับการวัดของมัลติมิเตอร์ยี่ห้อ fluke รุ่น 115 TRUE RMS นั้นพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดร้อยละ 0.64 แต่ไม่เกินร้อยละ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดค่ากระแสไฟฟ้ามากที่สุดร้อยละ 2.5 และค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดกำลังไฟฟ้ามากที่สุดร้อยละ 2.76 แต่ไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งต่ำกว่าผลงานวิจัยของ ณัฐดนัยและคณะ (2565) ที่ได้ออกแบบและสร้างปลั๊กอัจฉริยะสำหรับการตรวจสอบและจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านอัจฉริยะ โดยใช้เซนเซอร์พีเซม ซึ่งได้รับผลการทดสอบวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับร้อยละ 0.6 และทดสอบวัดค่ากระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับร้อยละ 7.41 แต่ยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามมาตราฐานเที่ยงตรงของการวัด หากนำวิธีการคิดอัตราค่าไฟฟ้าที่นำเสนอมาทดสอบหาความคลาดเคลื่อน พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดมากกว่าร้อยละ 0.006 แต่ไม่เกินร้อยละ 1 เมื่อนำอุปกรณ์แต่ละตัวมาทดสอบการใช้งานเป็นระยะเวลา 7 วัน ได้แก่ หลอดไฟฟ้าจำนวน 1 หลอด พัดลมจำนวน 1 ตัว หม้อหุงข้าวจำนวน 1 เครื่อง และไดร์เป่าผมจำนวน 1 ตัว โดยทำการทดสอบเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าสามารถวัดและแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า อัตราค่าไฟฟ้า รวมทั้งสามารถควบคุมระบบผ่านสมาร์ทโฟนได้ ซึ่งเป็นไปตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ และยังสอดคล้องผลงานวิจัยของภาคิณและคณะ (2563) ที่ได้ออกแบบและสร้างสมาร์ตมิเตอร์สำหรับการจัดการพลังงานไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และค่าพลังงานไฟฟ้า เชื่อมต่อกับโนดเอ็มซียูเพื่อแสดงผลและควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน ซึ่งผลการทดสอบสามารถตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า แสดงค่าปริมาณไฟฟ้า แจ้งเตือนและจำนวนเงินค่าไฟฟ้า และสามารถควบคุมผ่านสมาร์ทโฟนได้

6. ข้อเสนอแนะ

เพื่อเพิ่มความความปลอดภัยของผู้ใช้งาน ควรมีระบบตรวจวัดอุณหภูมิ ในกรณีที่เกิดความร้อนสูงจากการใช้งานให้ระบบสามารถตัดกระแสไฟฟ้าออกจากวงจรได้ทันที รวมถึงมีสัญญาณแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งาน หากมีการใช้งานเกินเงื่อนไขที่กำหนด

เอกสารอ้างอิง

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2566). “อัตราค่าไฟฟ้า.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.pea.co.th/Portals/0/demand_response/Electricity%20Reconsider.pdf?ver=2018-10-01-155123-370** สืบค้น : 30 มิถุนายน 2566.

ณัฐดนัย สิงห์คลีวรรณ, ธนกฤต จินดาศรี และรัตนสุดา สุภดนัยสร. (2565). “การพัฒนาต้นแบบปลั๊กไฟอัจฉริยะสำหรับการตรวจสอบและจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ้านอัจฉริยะ”. **วารสารวิชาการเทพสตรี I-TECH.** 17(2) : 159 -169.

ประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย. (2559). “Internet of things: แนวโน้มเทคโนโลยีปัจจุบันกับการใช้งานในอนาคต”. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 10(1) : 29 – 36.

ภาคิณ มณีโชติ, วัชระ วงค์ปัญโญ และบุญวัฒน์ วิจารณ์พล. (2563). “การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์สำหรับใช้ในการจัดการพลังงาน ในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร”. **วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.** 15(1), 51 -66.

วิวัฒน์ มีสุวรรณ์. (2559). “อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับการศึกษา”. **วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม**. 4(2) : 83 -92.

สุชาติ ดุมนิล. (2566). “การพัฒนาระบบควบคุมการวัดค่าอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีIoT”. **วารสารวิชาการเทพสตรี I-TECH**. 18(1) : 1 -16.

สุรินทร์ แหงมงาม, ณัฏฐ์ ตั้งปรีชาพาณิชย์, ธีระพล เหมือนขาว, สุทธี ทับทองดี, กัณฑ์เอนก ทุ่มแก้ว และ ประวี ภู่อินทร์. (2564). “ระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเติมเงินผ่านระบบเติมเงินออนไลน์และแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์”. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี**. 19(2) : 43 -52.

สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2566). **รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2566.** กรุงเทพฯ : กระทรวงพลังงาน.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสมาร์ทโฟน สามารถนำมาต่อยอดโดยนำไปใช้กับคนในชุมชนฐานรากได้ ทำให้ผู้ใช้งานได้ทราบถึงอัตราค่าไฟฟ้าในแต่ละวันที่ใช้งาน จะส่งผลให้ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างรู้คุณค่า

ความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ในสำนักงานของวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร

สุคนธ์ ขาวกริบ[1*] ปัญจ์ปพัชรภร บุญพร้อม[2] นวลนิตย์ แสงสิริวุฒิ[3]
ศศิธร ลอเรนซ์[4] องอาจ งามดี[5] อินจิรา นิยมธูร[6]
สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม [1*2 3 4]
สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม[5 6]
อีเมล์ : sukonk@siamtechno.ac.th[1*]

วันที่รับบทความ 18 กุมภาพันธ์ 2567
วันแก้ไขบทความ 13 มีนาคม 2567
วันตอบรับบทความ 18 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงภาคตัดขวางนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ในสำนักงานของวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงทพมหานคร จำนวน 30 ตัวอย่าง ที่ใช้เวลาปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์เฉลี่ยมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม และประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยเทคนิค Rapid Office Strain Assessment (ROSA) ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 83.33) มีอายุงานในองค์กร เฉลี่ย 10 ปี (S.D. = 5) ใช้คอมพิวเตอร์ในเวลางานมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน (ร้อยละ 80.00) เฉลี่ย 6 ชั่วโมงต่อวัน (S.D. = 1) มีท่าทางและสภาพแวดล้อมการนั่งทำงานที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ได้แก่ พนักพิงไม่สามารถปรับได้ (ร้อยละ 100.00) ที่พักแขนปรับระดับไม่ได้ (ร้อยละ 100.00) เบาะนั่งปรับระยะไม่ได้ (ร้อยละ 96.67) ที่วางแป้นพิมพ์ปรับระดับไม่ได้ (ร้อยละ 93.33) แป้นพิมพ์อยู่ในระดับไม่เหมาะสมทำให้ไหล่ยกขึ้น (ร้อยละ 83.33) ไม่มีที่รองข้อมือหรือที่รองข้อมือมีพื้นผิวแข็งหรือมีจุดกดทับในขณะใช้งานเมาส์ (ร้อยละ 73.33) เก้าอี้ปรับระดับไม่ได้ (ร้อยละ 60.00) จอภาพต่ำเกินไป (ร้อยละ 56.67) และ มีลักษณะไหล่ยกขณะนั่งทำงาน (ร้อยละ 96.67) กลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 96.67 มีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ เช่น คอ บ่า ไหล่หลัง ขณะนั่งทำงานหรือนั่งอยู่กับที่เป็นเวลานาน ผลการประเมินระดับความเจ็บปวดกล้ามเนื้อด้วยตนเอง มีระดับความเจ็บปวดตั้งแต่ 4 คะแนนขึ้นไป ความชุกสูงสุด คือ ไหล่/บ่า (ร้อยละ 83.33) คอ (ร้อยละ 70.00) และหลังส่วนบน (ร้อยละ 66.67) ผลการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ด้วยแบบประเมินมาตรฐาน ROSA พบว่า กลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 50.00 มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (ROSA 5 – 7 คะแนน) และร้อยละ 46.67 มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูงมาก (ROSA 8 – 10 คะแนน) เกิดจากท่าทางการนั่งทำงานและอุปกรณ์ในสถานีงานคอมพิวเตอร์ที่ไม่เหมาะสมต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขโดยเร่งด่วนเพื่อลดการบาดเจ็บสะสม ป้องกันการเกิดปัญหาโรคทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อและโรคออฟฟิศซินโดรมต่อไป

คำสำคัญ : การยศาสตร์ การประเมินความเสี่ยง ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ ออฟฟิศซินโดรม

Ergonomic Risk Assessment of Computer Users in the Offices of a Private College in Bangkok

Sukon Khawgrib[1*], Punpaphatpron Bunprom[2], Nualnit Sangsiriwut[3], Sasithon Lorenz[4], Ongarj Ngamdee[5], Injira Niyomtoon[6]
Occupational Health and Safety Program,
Faculty of Health Sciences, Siam Technology College [1*2 3 4]
Public Health Program, Faculty of Health Sciences, Siam Technology College[5 6]
E – mail : sukonk@siamtechno.ac.th[1*]

Received 18 February 2024
Revised 13 March 2024
Accepted 18 March 2024

Abstract

The objective of this cross-sectional study was to assess ergonomic risks in 30 samples of computer users in the offices of a private college in Bangkok, who worked with computers for an average of more than 4 hours per day. Data were collected by using a questionnaire and ergonomic risk assessment using the Rapid Office Strain Assessment (ROSA) technique. The results of the study found that the majority of the sample were female (83.33%) with an average of 10 years of working experience in the organization (S.D. = 5). Use a computer (PC/desktop, notebook, tablet or smartphone) for more than 4 hours per day during work (80.00%), an average of 6 hours per day (S.D. = 1). The sample group had postures and working environments that were inappropriate according to ergonomic principles, including non-adjustable backrest (100.00%), non-adjustable armrests (100.00%), and non-adjustable seat (96.67%). The keyboard stand is not adjustable (93.33%). The keyboard is not at an appropriate level, causing the shoulders to lift up (83.33%). There is no wrist rest or the wrist rest has a hard surface or pressure point during mouse use (73.33%), chair not adjustable (60.00%), monitor too low (56.67%), and raised shoulders while working (96.67%). 96.67% of the sample had muscle aches such as neck, shoulders and back while working or sitting in one place for a long time. Results of self-assessment of muscle pain with a pain level of 4 or more, the highest prevalence was in the shoulder (83.33%), the neck (70.00%) and upper back (66.67%), respectively. The results of the ergonomics risk assessment using the ROSA found that 50.00% of the sample had a high level of risk (ROSA scores of 5 – 7) and 46.67% had a very high level of risk (ROSA scores of 8 – 10) caused by improper sitting posture and equipment in computer workstations, must be urgently improved to reduce cumulative injuries and prevent problems with diseases of the musculoskeletal disorders (MSDs) and office syndrome.

Keywords : Ergonomics, Risk Assessment, Computer Users, Office Syndrome

1. บทนำ

ปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC/desktop) คอมพิวเตอร์พกพา (notebook/laptop netbook) และคอมพิวเตอร์พกพาขนาดกลาง (tablet) เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ช่วยให้การปฏิบัติงานหลายประเภทเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและได้ผลสำเร็จโดยใช้เวลาที่สั้นลง จากการสำรวจข้อมูลพบว่าในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีจำนวนผู้ใช้คอมพิวเตอร์ประมาณ 20.2 ล้านคน เป็นกลุ่มวัยทำงาน อายุ 15 – 59 ปี ที่ใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 14.4 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 71.2 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2560) และจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ในปี พ.ศ. 2562 ทำให้มีรูปแบบการทำงานจากที่บ้าน (work from home) การประชุมผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (e-meeting) และการเรียนการสอนแบบผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมากขึ้น ทำให้ปริมาณคอมพิวเตอร์ประจำครัวเรือนเพิ่มขึ้น ผลจากการสำรวจข้อมูลในไตรมาสแรกของปี พ.ศ. 2565 พบว่า คนไทยมีแนวโน้มการใช้คอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือประจำครัวเรือนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และประชาชนส่วนใหญ่มีโทรศัพท์สมาร์ตโฟนใช้กันเกือบทุกคน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2565) การทำงานหรือการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน การนั่งท่าทางซ้ำๆ โดยไม่เปลี่ยนอิริยาบถจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพด้านต่างๆ รวมทั้งโรคเกี่ยวกับกระดูกและกล้ามเนื้อ และกลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรม (office syndrome) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อและเยื่อพังผืด (myofascial pain syndrome) มักเกิดจากการที่ต้องใช้กล้ามเนื้อมัดเดิมซ้ำไปมาเป็นระยะเวลานานและต่อเนื่อง ทำให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ ข้อต่อ เส้นเอ็น หรือเส้นประสาท ส่งผลให้มีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อเรื้อรัง และอาจส่งผลให้มีความผิดปกติของร่างกายส่วนอื่นๆ ร่วมด้วย ออฟฟิศซินโดรมอาจมีชื่อเรียกอื่นตามสาเหตุของโรค เช่น คอมพิวเตอร์ซินโดรม (computer syndrome) หรือไอแพดซินโดรม (ipad syndrome) (อนุกูล เมฆสุทัศน์. 2562) ออฟฟิศซินโดรมมักพบได้บ่อยในคนทำงานสำนักงาน (office) เนื่องจากพฤติกรรมของคนทำงานส่วนใหญ่ที่ต้องนั่งทำงานอยู่หน้าจอคอมพิวเตอร์หรือนั่งทำงานเอกสารอยู่เป็นเวลานาน โดยไม่ได้ขยับตัวเปลี่ยนอิริยาบถ ซึ่งใช้เวลามากกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้กล้ามเนื้อเกิดอาการตึงและกล้ามเนื้ออักเสบได้ อาการที่มักพบได้บ่อย ได้แก่ อาการปวดกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนของร่างกาย ส่วนใหญ่จะปวดเป็นบริเวณกว้าง ระบุตำแหน่งชัดเจนไม่ได้ บางกรณีอาจมีอาการปวดร้าวไปบริเวณใกล้เคียงได้ อาการปวดจะพบตามบริเวณ คอ บ่า ไหล่ สะบัก และเอว เป็นต้น ความรุนแรงมีตั้งแต่ปวดเล็กน้อยทำให้รู้สึกรำคาญ จนถึงปวดรุนแรงจนรู้สึกทรมานอย่างมาก บางรายอาจมีอาการของระบบประสาทอัตโนมัติร่วมด้วย ลักษณะมีอาการซ่า วูบ เหน็บ เหงื่อออกบริเวณที่ปวดร้าว และถ้าเป็นบริเวณคออาจจะรู้สึกมึนงง ตาพร่า หูอื้อ ในรายที่เป็นรุนแรงจะมีอาการชาบริเวณแขนหรือมือที่เกิดจากการกดทับระบบประสาท หากมีการกดทับเส้นประสาทระยะเวลานานเกินไปจะมีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง (โรงพยาบาลศิริราชปิยมหาราชการุณ. 2564) จากรายงานของ กระทรวงสาธารณสุขพบว่าคนวัยทำงานร้อยละ 60 มีภาวะของโรคออฟฟิศซินโดรม (สำนักงานสื่อสารและตอบโต้ความเสี่ยง กรมอนามัย. 2558) และมีแนวโน้มของการเพิ่มของผู้ป่วยด้วยอาการนี้มากขึ้นเนื่องจากมีจำนวนผู้ใช้คอมพิวเตอร์ที่เพิ่มขึ้น จากงานวิจัยพบว่ากลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงานเป็นหลักมักมีปัญหาสุขภาพเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (musculoskeletal disorders: MSDs) (อรัญญา นัยเนตร์. 2563) สถาบันการศึกษาเป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่มีอาจารย์และบุคลากรสายสนับสนุนมีลักษณะการทำงานที่อยู่ในสำนักงาน ทำงานกับคอมพิวเตอร์ตลอดเวลา จากผลการวิจัยระดับพฤติกรรมการป้องกันและการรับรู้ความเสี่ยงต่อการเกิดกลุ่มอาการคอมพิวเตอร์ซินโดรมของบุคลากรสายสนับสนุนของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง พบปัญหาทางตา ร้อยละ 24.85 โดยมีอาการปวดตามากที่สุด รองลงมา คือ แสบตาและปวดศีรษะ (ร้อยละ 39.0, 34.9 และ 30.8 ตามลำดับ) ส่วนกลุ่มอาการเกี่ยวกับกล้ามเนื้อและกระดูก ร้อยละ 15.3 โดยปวดท้ายทอย/คอมากที่สุด รองลงมาคือ ปวดไหล่/บ่า และปวดข้อมือ/มือ (ร้อยละ 77.5 56.8 และ 42.6 ตามลำดับ) (ทรงฤทธิ์ ทองมีขวัญ และสกุนตลา แซ่เตียว. 2561) และจากผลการวิจัยปัจจัยทำนายที่ส่งผลต่ออาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อจากการทำงานด้านคอมพิวเตอร์ของบุคลากรมหาวิทยาลัยพะเยา พบว่า จำนวนชั่วโมงการใช้คอมพิวเตอร์ในสถานที่

ทำงานมากกว่า 5 ชั่วโมงต่อวัน มีผลต่ออาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ (ระวีพรรณ สุนันต๊ะ น้ำเงิน จันทรมณี และทวีวรรณ ศรีสุขคำ. 2565)

การทำงานคอมพิวเตอร์ของบุคคลากรในสำนักงานของวิทยาลัยเอกชนที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ บุคคลากรส่วนใหญ่เป็นอาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำสำนักงานที่ทำงานเกี่ยวกับเอกสารและงานวิชาการ ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์หลักในการปฏิบัติงานต่างๆ ลักษณะเป็นการนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่องมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน สถานีงานคอมพิวเตอร์มีลักษณะไม่เหมาะสม เช่น เก้าอี้ไม่สามารถปรับระดับความสูงได้ ตำแหน่งของแป้นพิมพ์อยู่สูงกว่าระดับข้อศอก นั่งก้มตัวโดยไม่พิงพนักเก้าอี้ เป็นต้น ทำให้ร่างกายรู้สึกไม่สบายและยังมีปัญหาทางสุขภาพอื่นตามมา ได้แก่ ปวดหลัง ปวดคอ ปวดขา เมื่อยล้าตา การเคลื่อนไหวผิดปกติ ท่าทางการนั่งและการจัดสถานีงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ (ergonomic) จะสามารถลดอาการล้าและความไม่สบาย ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ในสำนักงานของวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ Rapid Office Strain Assessment (ROSA) เพื่อทราบระดับความเสี่ยงที่สามารถเป็นแนวทางในการเฝ้าระวังและป้องกันการเกิดปัญหาสุขภาพเกี่ยวกับระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อหรือกลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรมต่อไป

การศึกษานี้ได้รับความเห็นชอบให้ดำเนินการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะยา เลขที่ SCPHYLIRB-2565/147

2. วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ในสำนักงานของวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงทพมหานคร

3. วิธีการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย เป็นการศึกษาเชิงภาคตัดขวาง (cross-sectional study) เพื่อประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง สอดคลองกับการศึกษาของ จุรีภรณ์ แก้วจันดา และสุนิสา ชายเกลี้ยง (2562) และ ระวีพรรณ สุนันต๊ะ น้ำเงิน จันทรมณี และทวีวรรณ ศรีสุขคำ (2565) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และผู้วิจัยสังเกตท่าทางการนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยใช้แบบประเมินมาตรฐาน ROSA

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากร ได้แก่ บุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ในสำนักงานของวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงทพมหานคร จำนวน 140 คน คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G* Power 3 (Faul, Erdfelder, Lang et al. 2007) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 27 ตัวอย่าง แต่เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างระหว่างศึกษาจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 10 ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเป็น 30 ตัวอย่าง ทำการรับสมัครอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัยและสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง โดยมีเกณฑ์การคัดเข้า คือ เป็นบุคลากรที่ปฏิบัติงานในวิทยาลัยเอกชนที่ศึกษา ใช้เวลาปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์หรืองานเอกสารเฉลี่ยมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน ปฏิบัติงานอยู่ตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัย ไม่เป็นผู้ที่มีอาการบาดเจ็บที่ส่วนร่างกายซึ่งต้องใช้งานขณะปฏิบัติงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่ คอ ไหล่ ข้อมือ หลังส่วนล่าง ขาและหัวเข่า ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจ และยินยอมให้เก็บข้อมูล จนกว่าจะเสร็จสิ้นการศึกษาวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย ชุดคำถามข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับ เพศ อายุ ส่วนสูง น้ำหนักตัว การศึกษา ระยะเวลาในการทำงาน ประเภทของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ และระยะเวลาการใช้

คอมพิวเตอร์ และชุดคำถามประเมินระดับความเจ็บปวดของอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อโดยการให้คะแนนความรุนแรงของอาการเจ็บปวดอวัยวะ (pain score) แบบตัวเลข (numeric rating scale: NRS) มีคะแนนตั้งแต่ 0 ถึง 10 คะแนน 0 คือไม่มีอาการปวด (no pain) 1 – 3 ปวดน้อย 4 – 6 ปวดปานกลาง 7 – 9 ปวดมาก และ 10 คือปวดมากที่สุด (worst pain) (Melzack & Katz. 2006) โดยให้กลุ่มตัวอย่างประเมินตนเอง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้อธิบายชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างผู้เข้าร่วมวิจัยได้เข้าใจถึง รูปแบบ ขั้นตอนการตอบ ระยะเวลาที่ใช้ในการตอบแต่ละครั้ง และขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนดำเนินการ แบบสอบถามที่ใช้ได้รับการตรวจสอบความสอดคล้องและความตรงเชิงเนื้อหา (indexes of item-objective congruence: IOC) จากทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรายการของข้อคำถาม จำนวน 3 ท่าน ประเมินข้อคำถามแต่ละข้อในแบบสอบถามที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับเนื้อหา โดยให้คะแนนตามเกณฑ์แล้วนำผลคะแนนของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง ผลการตรวจสอบแบบสอบถามมีความสอดคล้องและความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ 0.94

3.3.2 เครื่องมือประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ ใช้แบบประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ โดยใช้เทคนิค ROSA ประยุกต์จากแบบประเมินมาตรฐานสำหรับงานสำนักงานในผู้ใช้คอมพิวเตอร์ของ Sonne, Villalta & Andrews (2012) ทำการประเมินโดยผู้วิจัยสังเกตท่าทางและสภาพแวดล้อมการนั่งทำงานของผู้เข้าร่วมวิจัยและให้คะแนน (โดยขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนดำเนินการ) พิจารณาจากอุปกรณ์ที่ใช้งาน เช่น เก้าอี้ หน้าจอคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ เมาส์ แป้นพิมพ์ รวมถึงระยะเวลาในการใช้งานอุปกรณ์นั้น ๆ ผลคะแนนของการประเมิน ROSA จะมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 และจัดลำดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์ออกเป็นระดับความเสี่ยงต่ำ มีผลของคะแนน ROSA ตั้งแต่ 1 – 2 ระดับความเสี่ยงปานกลาง มีผลของคะแนน ROSA ตั้งแต่ 3 – 4 ระดับความเสี่ยงสูง มีผลของคะแนน ROSA ตั้งแต่ 5 – 7 และระดับความเสี่ยงสูงมาก มีผลของคะแนน ROSA ตั้งแต่ 8 – 10 กรณีคะแนนสุดท้ายของ ROSA มีค่าตั้งแต่ 5 ถือว่าเป็นความเสี่ยงสูงขึ้นไป สถานที่ทำงานนั้นควรมีการดำเนินการปรับปรุงและประเมินทางการยศาสตร์เชิงลึกต่อไป และกรณีที่เสี่ยงมากต้องมีการปรับปรุงโดยเร่งด่วน

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ด้วยสถิติเชิงพรรณนา อธิบายด้วยค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

4.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

จากข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 83.33 มีอายุอยู่ระหว่าง 31 – 40 ปี และ 41 – 50 ปี ร้อยละ 46.67 และ 40.00 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีดัชนีมวลกาย (BMI) ตามมาตรฐานเอเชีย ช่วง 18.5 – 22.9 หรือระดับปกติ ร้อยละ 36.67 ระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 66.67 อายุงานในองค์กรแห่งนี้ เฉลี่ย 10 ปี (S.D. = 5) กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ร้อยละ 100.00 ใช้คอมพิวเตอร์ (คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์พกพา คอมพิวเตอร์พกพาขนาดกลาง หรือสมาร์ทโฟน) ในการทำงานหรือชีวิตประจำวันอย่างต่อเนื่องหรือมากกว่าครั้งละ 30 นาที โดยประเภทของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทำงานส่วนใหญ่คือคอมพิวเตอร์พกพา และคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ร้อยละ 53.33 และ 46.67 ตามลำดับ มีการใช้งานคอมพิวเตอร์ในเวลางานเฉลี่ย 6 ชั่วโมงต่อวัน (S.D. = 1) และนอกเวลางาน เฉลี่ย 3 ชั่วโมงต่อวัน (S.D. = 1) โดยมีการใช้งานในเวลางานมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน ร้อยละ 80.00 ดังตารางที่ 1

4.2 อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ

จากการสอบถามกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ พบว่า ร้อยละ 96.67 มีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ เช่น คอ บ่า ไหล่หลัง ขณะนั่งทำงานหรือนั่งอยู่กับที่เป็นเวลานาน และผลการประเมินระดับความเจ็บปวดกล้ามเนื้อครั้งล่าสุดด้วยตนเอง พบว่า ตำแหน่งกล้ามเนื้อที่มีคะแนนระดับความเจ็บปวดตั้งแต่ 4 คะแนนขึ้นไป (ปวดปานกลาง – ปวดมากที่สุด) ความชุกสูงสุด คือ ไหล่/บ่า ร้อยละ 83.33 ค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวด

เท่ากับ 5.63 รองลงมา คือ คอ ร้อยละ 70.00 ค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวด เท่ากับ 4.83 และหลังส่วนบน ร้อยละ 66.67 ค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวด เท่ากับ 4.37 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (ร้อยละ)
เพศ	
ชาย	5 (16.67)
หญิง	25 (83.33)
อายุ	
31 – 40 ปี	14 (46.67)
41 – 50 ปี	12 (40.00)
51 – 60 ปี	4 (13.33)
ดัชนีมวลกาย (BMI)	
<18.5	2 (6.67)
18.5 – 22.9	11 (36.67)
23.0 – 24.9	6 (20.00)
25.0 – 29.9	7 (23.33)
≥30	4 (13.33)
Min = 17.3 Max = 37.1 $\bar{x}$ = 25 S.D. = 5	
ระดับการศึกษา	
ปริญญาตรี	10 (33.33)
สูงกว่าปริญญาตรี	20 (66.67)
อายุงาน	
≤10 ปี	19 (63.33)
11 – 20 ปี	11 (36.67)
Min = 1 ปี Max = 19 ปี $\bar{x}$ = 10 ปี S.D. = 5	
ใช้คอมพิวเตอร์ (คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์พกพา คอมพิวเตอร์พกพาขนาดกลาง หรือสมาร์ทโฟน) ในการทำงานหรือชีวิตประจำวันอย่างต่อเนื่อง หรือมากกว่าครั้งละ 30 นาที	
ใช่	30 (100.00)
ไม่ใช่	0 (0.00)
ประเภทของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทำงาน	
คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	14 (46.67)
คอมพิวเตอร์พกพา	16 (53.33)
ระยะเวลาใช้งานคอมพิวเตอร์ (คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์พกพา คอมพิวเตอร์พกพาขนาดกลาง หรือสมาร์ทโฟน)	
3 – 4 ชั่วโมง/วัน	2 (20.00)
5 – 6 ชั่วโมง/วัน	12 (66.67)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (ร้อยละ)
7 – 8 ชั่วโมง/วัน	16 (13.33)
Min = 4 ชม. Max = 8 ชม. $\bar{x}$ = 6 ชม. S.D. = 1	
ระยะเวลาใช้งานคอมพิวเตอร์ (คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์พกพา คอมพิวเตอร์พกพาขนาดกลาง หรือสมาร์ทโฟน)	
1 – 2 ชั่วโมง/วัน	6 (20.00)
3 – 4 ชั่วโมง/วัน	20 (13.33)
5 – 6 ชั่วโมง/วัน	24 (13.33)
Min = 1 ชม. Max = 5 ชม. $\bar{x}$ = 3 ชม. S.D. = 1	

ตารางที่ 2 การประเมินระดับความเจ็บปวดกล้ามเนื้อตามตำแหน่งที่ปวดครั้งล่าสุดด้วยตนเอง

ตำแหน่ง	ระดับความเจ็บปวดกล้ามเนื้อ				
	Pain Score < 4 จำนวน (ร้อยละ)	Pain Score ≥ 4 จำนวน (ร้อยละ)	พิสัยระดับความเจ็บปวด น้อยสุด – มากสุด	$\bar{x}$	S.D.
1. คอ	9 (30.00)	21 (70.00)	0 – 9	4.83	2.60
2. ไหล่/บ่า	5 (16.67)	25 (83.33)	0 – 10	5.63	2.44
3. หลังส่วนบน	10 (33.33)	20 (66.67)	0 – 9	4.37	2.70
4. หลังส่วนล่าง	21 (70.00)	9 (30.00)	0 – 7	2.50	2.33
5. แขนส่วนบน	21 (70.00)	9 (30.00)	0 – 8	2.37	2.58
6. ข้อศอก	27 (90.00)	3 (10.00)	0 – 4	0.77	1.30
7. แขนส่วนล่าง	28 (93.33)	2 (6.67)	0 – 6	0.83	1.44
8. มือ/ข้อมือ	18 (60.00)	12 (40.00)	0 – 8	2.53	2.11
9. สะโพก/ต้นขา	21 (70.00)	9 (30.00)	0 – 9	2.27	2.24
10. หัวเข่า	25 (83.33)	5 (16.67)	0 – 5	1.03	1.67
11. น่อง	29 (96.67)	1 (3.33)	0 – 4	0.37	0.96
12. เท้า/ข้อเท้า	29 (96.67)	1 (3.33)	0 – 4	0.37	0.85

4.3 ท่าทางและสภาพแวดล้อมการทำงานกับคอมพิวเตอร์

ผลการประเมินโดยผู้วิจัยสังเกตท่าทางและสภาพแวดล้อมการนั่งทำงานของกลุ่มตัวอย่างและให้คะแนนตามแบบประเมินมาตรฐานในวิธี ROSA พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีท่าทางการนั่งทำงานและการใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ก่อให้เกิดปัจจัยเสี่ยงทางการยศาสตร์ ดังนี้ ลักษณะของเก้าอี้ไม่สามารถปรับความสูงได้ ร้อยละ 60.00 เบาะนั่งปรับระยะระหว่างข้อพับเข่าและขอบเก้าอี้ไม่ได้ ร้อยละ 96.67 ที่พักแขนปรับระดับไม่ได้ ร้อยละ 100.00 ทำให้มีลักษณะไหล่ยกเนื่องจากที่พักแขนสูงเกินไปหรือไม่มีที่พักแขนเนื่องจากที่พักแขนต่ำเกินไป ร้อยละ 96.67 และพนักพิงไม่สามารถปรับได้ ร้อยละ 100.00 ลักษณะของจอภาพที่อยู่ต่ำเกินไป ทำให้ต้องก้มคอเพื่อมองจอภาพ ร้อยละ 56.67 การใช้เมาส์โดยไม่มีที่รองข้อมือหรือที่รองข้อมือมีพื้นผิวแข็งหรือมีจุดกดทับในขณะใช้งานเมาส์ ร้อยละ 73.33 ลักษณะแป้นพิมพ์ที่อยู่ระดับสูงเกินไปทำให้ไหล่ผู้ใช้งานอยู่ลักษณะยกขึ้น ร้อยละ 83.33 และที่วางแป้นพิมพ์ปรับ

ระดับไม่ได้ ร้อยละ 93.33 ดังตารางที่ 3 นอกจากนี้จากการสำรวจระยะเวลาที่กลุ่มตัวอย่างใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ในแต่ละวันที่มีผลต่อต่อการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อในแต่ละส่วน พบว่า มีการใช้พนักพิงเก้าอี้ จอคอมพิวเตอร์ เมาส์ และแป้นพิมพ์ มากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน (ไม่ต่อเนื่อง) หรือใช้มากกว่า 1 ชั่วโมงอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 3 การประเมินท่าทางและสภาพแวดล้อมการทำงานกับคอมพิวเตอร์ในวิธี ROSA

ลักษณะท่าทางและสภาพแวดล้อมการทำงานกับคอมพิวเตอร์	จำนวน (ร้อยละ)
1. ความสูงของเก้าอี้	
- มุมเข่างอ 90 องศา เก้าอี้สูงพอเหมาะ	11 (36.67)
- ต่ำเกินไป มุมเข่างอน้อยกว่า 90 องศา	8 (26.67)
- สูงเกินไป มุมเข่างอมากกว่า 90 องศา	5 (16.67)
- เก้าอี้สูงมากทำให้เท้าไม่ถึงพื้น	6 (20.00)
- พื้นที่ใต้โต๊ะคับแคบไม่สามารถไขว้ขาได้	14 (46.67)
- เก้าอี้ไม่สามารถปรับความสูงได้	18 (60.00)
2. ความลึกของเก้าอี้ (เบาะนั่ง)	
- ที่ว่างระหว่างข้อพับเข่าและขอบของเก้าอี้ ประมาณ 3 นิ้ว	12 (40.00)
- เบาะนั่งยาวเกินไป พื้นที่ว่างน้อยกว่า 3 นิ้ว	7 (23.33)
- เบาะนั่งสั้นเกินไป พื้นที่ว่างมากกว่า 3 นิ้ว	11 (36.67)
- ปรับระยะระหว่างข้อพับเข่าและขอบเก้าอี้ไม่ได้	29 (96.67)
3. ที่พักแขน	
- ข้อศอกอยู่ในแนวเดียวกับไหล่ มุมข้อศอกประมาณ 90 องศา และไหล่ดูผ่อนคลาย	1 (3.33)
- ที่พักแขนสูงเกินไป (ไหล่ยกขึ้น) / ต่ำเกินไป (ไม่มีที่วางแขน ข้อศอกไม่มีที่รองรับ)	29 (96.67)
- พื้นผิวแข็งเกินไปหรือชำรุดเสียหาย ทำให้วางได้ไม่เต็มทั้งแขน	8 (26.67)
- ที่พักแขนกว้างเกินไป	0 (0.00)
- ที่พักแขนปรับไม่ได้	30 (100.00)
4. พนักพิง	
- มีพนักพิงที่เหมาะสม มีที่รองเอว พนักพิงเอียง 95 องศา ถึง 110 องศา	10 (33.33)
- ไม่มีที่รองเอว หรือที่รองเอวไม่ได้อยู่ในตาแหน่งที่เหมาะสม	6 (20.00)
- พนักพิงเอียงมากกว่า 110 องศา หรือน้อยกว่า 95 องศา	1 (3.33)
- ไม่มีพนักพิงหรือพนักพิงเอียงไปข้างหน้ามากเกินไป (ท่าทางการนั่งไม่เหมาะสม)	13 (43.33)
- พื้นโต๊ะทำงานสูงเกินไป (ไหล่ยก)	22 (73.33)
- พนักพิงไม่สามารถปรับได้	30 (100.00)
5. หน้าจอ	
- มีระยะประมาณความยาวแขน (40 – 75 ซม.) และหน้าจออยู่ระดับสายตาผู้ใช้	12 (40.00)
- ต่ำเกินไป ทำให้ต้องก้มคอเพื่อมองจอภาพ	17 (56.67)
- สูงเกินไป ทำให้ต้องเงยคอเพื่อมองจอภาพ	1 (3.33)
- ต้องหมุนคอเพื่อมองจอภาพ	5 (16.67)
- มีแสงสะท้อนบนหน้าจอ	6 (20.00)
- ไม่มีที่แขวนเอกสาร (ถ้าจำเป็น)	1 (3.33)

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลักษณะท่าทางและสภาพแวดล้อมการทำงานกับคอมพิวเตอร์	จำนวน (ร้อยละ)
6. โทรศัพท์	
- มีการใช้อุปกรณ์ชุดหูฟังสวมศรีษะ หรือจับหูฟังด้วยมือและคออยู่ในท่าทางตรง ตำแหน่งของโทรศัพท์อยู่ห่างไม่เกิน 30 ซม.	28 (93.33)
- ระยะโทรศัพท์ห่างเกิน 30 ซม.	1 (3.33)
- วางหูฟังโทรศัพท์ระหว่างคอและไหล่เมื่อใช้งาน	1 (3.33)
- โทรศัพท์ไม่มีระบบที่ทำงานโดยไร้มือจับ	3 (10.00)
7. เมาส์	
- เมาส์อยู่ในแนวเดียวกับไหล่	27 (90.00)
- เมาส์ไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกับไหล่ การเชื่อมถึงเมาส์ไม่สะดวก	5 (16.67)
- เมาส์กับแป้นพิมพ์อยู่ต่างระดับกัน	0 (0.00)
- เมาส์มีขนาดเล็กเกินไป ต้องใช้นิ้วมือในการเคลื่อนที่เมาส์มากกว่าการใช้ฝ่ามือ	0 (0.00)
- ไม่มีที่รองข้อมือหรือที่รองข้อมือมีพื้นผิวแข็งหรือมีจุดกดทับในขณะใช้งานเมาส์	22 (73.33)
8. แป้นพิมพ์	
- ข้อมือตรงและไหล่อยู่ในลักษณะผ่อนคลาย	29 (96.67)
- ข้อมืองอขึ้นมากกว่า 15 องศา	1 (3.33)
- ข้อมือเบี่ยงออกซ้าย – ขวา ขณะพิมพ์	1 (3.33)
- ระดับแป้นพิมพ์สูงเกินไป ไหล่ผู้ใช้อยู่ลักษณะยกขึ้น	25 (83.33)
- ต้องมีการใช้งานหรือหยิบอุปกรณ์ที่อยู่ในระดับเหนือศีรษะ	1 (3.33)
- ที่วางแป้นพิมพ์ปรับระดับไม่ได้	28 (93.33)

4.4 ระดับความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ของท่าทางการทำงาน

ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เทคนิค ROSA พบว่า ส่วนใหญ่ ร้อยละ 50.00 มีความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในระดับสูง มีคะแนน ROSA 5 – 7 คะแนน และร้อยละ 46.67 มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูงมาก มีคะแนน ROSA 8 – 10 คะแนน และร้อยละ 3.33 มีความเสี่ยงในระดับปานกลาง มีคะแนน ROSA 3 – 4 คะแนน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับความเสี่ยงด้านการยศาสตร์โดยใช้แบบประเมิน ROSA

คะแนน ROSA	ระดับความเสี่ยงด้านการยศาสตร์	จำนวน (ร้อยละ)
1 – 2	เสี่ยงต่ำ	0 (0.00)
3 – 4	เสี่ยงปานกลาง	1 (3.33)
5 – 7	เสี่ยงสูง	15 (50.00)
8 – 10	เสี่ยงสูงมาก	14 (46.67)

ในกลุ่มตัวอย่างที่มีคะแนน ROSA ตั้งแต่ 5 คะแนนขึ้นไป ส่วนใหญ่มีอาการเจ็บปวดกล้ามเนื้อบริเวณ คอ ไหล่ บ่า และหลังส่วนบน ดังตารางที่ 5 โดยส่วนใหญ่มีระดับความเจ็บปวดมากที่สุดมากกว่า 4 คะแนน จำนวน 26 ตัวอย่าง (ร้อยละ 89.66) มีระดับความเจ็บปวดมากที่สุด 2-3 คะแนน จำนวน 2 ตัวอย่าง (ร้อยละ 6.90) และมี 1 ตัวอย่าง (ร้อยละ 3.44) ที่ระบุว่าไม่มีอาการเจ็บปวดกล้ามเนื้อ ซึ่งตัวอย่างที่ไม่มีอาการเจ็บปวดกล้ามเนื้อดังกล่าวมีอายุงานประมาณ 1 ปี ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมการนั่งทำงานพบว่าในระหว่างวันมีการปรับเปลี่ยนอิริยาบททุก ๆ 1 ชั่วโมง เช่น ยืดเหยียด เดิน และพักสายตาจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ทุก 30 นาที

ตารางที่ 5 แสดงตำแหน่งอวัยวะที่ปวดและระดับความเจ็บปวดของกลุ่มตัวอย่างรายบุคคลที่มีคะแนน ROSA ตั้งแต่ 5 คะแนนขึ้นไป

ตัวอย่าง	คะแนน ROSA	ตำแหน่งกล้ามเนื้อที่มีคะแนนระดับความเจ็บปวดมากที่สุด		
		ตำแหน่งกล้ามเนื้อ	Pain Score	
			< 4	≥ 4
1	8	คอ ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		6
2	10	ไหล่/บ่า		10
3	9	คอ ไหล่/บ่า หลังส่วนบน แขนส่วนบน		8
4	7	คอ ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		4
5	9	ไหล่/บ่า		6
6	7	คอ ไหล่/บ่า		7
7	7	คอ ไหล่/บ่า		8
8	9	คอ ไหล่/บ่า หลังส่วนบน หลังส่วนล่าง	3	
9	8	คอ ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		5
10	7	คอ ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		4
12	9	คอ ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		6
13	7	คอ ไหล่/บ่า		8
14	7	ไหล่/บ่า หลังส่วนล่าง		4
15	8	หลังส่วนล่าง แขนส่วนล่าง มือ/ข้อมือ สะโพก/ต้นขา	2	
16	7	-	0	
17	8	ไหล่/บ่า		8
18	6	คอ ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		5
19	8	ไหล่/บ่า แขนส่วนบน		7
20	7	ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		8
21	8	คอ ไหล่/บ่า		7
22	8	คอ ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		7
23	9	คอ ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		7
24	6	คอ ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		6
25	6	คอ		4
26	5	คอ ไหล่/บ่า		5

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ตัวอย่าง	คะแนน ROSA	ตำแหน่งกล้ามเนื้อที่มีคะแนนระดับความเจ็บปวดมากที่สุด		
		ตำแหน่งกล้ามเนื้อ	Pain Score	
			< 4	≥ 4
27	9	ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		7
28	6	ไหล่/บ่า		8
29	6	หลังส่วนล่าง สะโพก/ต้นขา		5
30	6	ไหล่/บ่า หลังส่วนบน		7
รวม จำนวน (ร้อยละ)			**3 (10.34)**	**26 (89.66)**

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากการศึกษาวิจัยพบว่าบุคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ในสำนักงานของวิทยาลัยเอกชนที่ศึกษาในครั้งนี้มีอายุงานในองค์กรแห่งนี้ เฉลี่ย 10 ปี และส่วนใหญ่ใช้เวลาทำงานกับคอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่อง 5 – 6 ชั่วโมงต่อวัน ร้อยละ 66.67 เฉลี่ย 6 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งผลการประเมินอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อบริเวณ ไหล่/บ่า คอ และหลังส่วนบน ร้อยละ 83.33 70.00 และ 66.67 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ระวีพรรณ สุนันต๊ะ น้ำเงิน จันทรมณี และทวีวรรณ ศรีสุขคำ (2565) ที่พบว่าจำนวนชั่วโมงการใช้คอมพิวเตอร์ในสถานที่ทำงานที่มากกว่า 5 ชั่วโมงต่อวัน มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อเป็น 0.41 เท่าของคนที่ทำงานใช้คอมพิวเตอร์น้อยกว่า 5 ชั่วโมงต่อวัน (ORadj = 0.41; 95%CI = 0.22 - 0.74) และประสบการณ์ทำงานคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป มีโอกาสเสี่ยงต่ออาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อเป็น 0.39 เท่าของคนมีประสบการณ์ทำงานคอมพิวเตอร์น้อยกว่า 10 ปี (ORadj = 0.39; 95%CI = 0.20 - 0.82) และการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีการใช้อุปกรณ์ในสถานีงานคอมพิวเตอร์ที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ได้แก่ เก้าอี้ที่ไม่สามารถปรับระดับของความสูง เบาะนั่ง และพนักพิงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับสรีระของแต่ละบุคคลได้ แป้นพิมพ์ที่อยู่ระดับสูงเกินไปและที่พักแขนอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมไม่สามารถปรับระดับได้ รวมถึงหน้าจอที่อยู่ระดับต่ำ ทำให้ผู้ใช้มีลักษณะไหล่ยก ก้มหน้ามองจอ มีการเกร็งกล้ามเนื้อ เป็นลักษณะท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมโดยมีมากกว่า 1 ท่าทางในหนึ่งราย ทั้งมีระยะเวลาการนั่งทำงานกับอุปกรณ์ต่อเนื่องมากกว่า 1 ชั่วโมง ส่งเสริมให้เกิดความเสี่ยงทางการยศาสตร์มากขึ้น โดยผลการประเมินความเสี่ยงทางการย์ศาตร์ตามวิธี ROSA ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่ากลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 50.00 มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (ROSA 5 – 7 คะแนน) และร้อยละ 46.67 มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูงมาก (ROSA 8 – 10 คะแนน) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sonne & Andrews (2012) ที่พบว่าค่าคะแนน ROSA ที่ประเมินได้มีความสัมพันธ์กับอาการผิดปรกติทางกล้ามเนื้อ ซึ่งต้องได้รับการปรับปรุงอย่างเร่งด่วน โดยจากผลการศึกษาวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของ วิภาดา คงทรง วรพจน์ พรหมสัตพรต และนภชา สิงห์วีรธรรม (2564) พบว่า การปรับปรุงสถานีงาน การฝึกปฏิบัติท่าทางการทำงานที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ร่วมกับการออกกำลังกายและกายบริหารสำหรับบุคลากรสำนักงานที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ ทำให้ความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในการทำงานสำนักงานลดลงได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ทิวาพร โชติจำลอง และรชานนท์ ง่วนใจรัก (2562) ศึกษาการใช้โปรแกรมส่งเสริมสุขภาพเพื่อการปรับเปลี่ยนท่าทางการนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์ตามหลักการยศาสตร์ของพนักงานที่ปฏิบัติงานด้านคอมพิวเตอร์ในโรงพยาบาล พบว่า โปรแกรมส่งเสริมสุขภาพตามหลักการยศาตร์มีความเป็นไปได้ในการส่งเสริมพฤติกรรมการนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์เป็นเวลานานๆ ได้อย่างเหมาะสม และทำให้อาการปวดกล้ามเนื้อคอและบ่าลดลงได้

โดยสรุปผลจากการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงปัญหาความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในกลุ่มบุคคลากรที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์ในสำนักงานเป็นความเสี่ยงในระดับสูงและสูงมาก เกิดจากท่าทางการนั่งทำงานและอุปกรณ์ในสถานีงานคอมพิวเตอร์ที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ที่ต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขโดยเร่งด่วนเพื่อลดการบาดเจ็บสะสม ป้องกันการเกิดปัญหาโรคเกี่ยวกับระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อและโรคออฟฟิศซินโดรมต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงและลดความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ กล่าวคือบุคลากรควรตระหนักถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพในระยะยาว มีความรู้เรื่องลักษณะท่าทางการนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์และการจัดสถานีงานที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ทราบถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการนั่งทำงานต่อเนื่อง รวมถึงการปรับเปลี่ยนอิริยบทและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ถูกวิธีในระหว่างวัน โดยการรับการอบรมความรู้หลักการทางการยศาสตร์ในการทำงานคอมพิวเตอร์ ทั้งต้องปรับปรุงสถานีงานและปรับเปลี่ยนท่าทางการนั่งให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ โดยหน่วยงานต้นสังกัดต้องให้การสนับสนุนเนื่องจากอาจมีการใช้งบประมาณในการจัดซื้อหรือปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จุรีภรณ์ แก้วจันดา และสุนิสา ชายเกลี้ยง. (2562, มกราคม - มีนาคม). “การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพด้านความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของพนักงานที่ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษ”. **วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 12(1) : 72 – 85.

ทรงฤทธิ์ ทองมีขวัญ และสกุนตลา แซ่เตียว. (2561, กรกฎาคม – ธันวาคม). “พฤติกรรมการป้องกันและการรับรู้ความเสี่ยงต่อการเกิดกลุ่มอาการคอมพิวเตอร์ซินโดรมของบุคลากรสายสนับสนุน”. **วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม**. 19(3) : 69 – 83.

ทิวาพร โชติจำลอง และรชานนท์ ง่วนใจรัก. (2562, มิถุนายน – กันยายน). “ผลของโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพตามหลักการยศาตร์ในการทำงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานด้านคอมพิวเตอร์ในโรงพยาบาล”. **วารสารวิชาการ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดนครราชสีมา.** 25(3) : 5 – 14.

ระวีพรรณ สุนันต๊ะ น้ำเงิน จันทรมณี และทวีวรรณ ศรีสุขคำ. (2565, กรกฎาคม – ธันวาคม). “ปัจจัยทำนายที่ส่งผลต่ออาการปวดเมื้อยกล้ามเนื้อจากการทำงานด้านคอมพิวเตอร์ของบุคคลากร มหาวิทยาลัยพะเยา”. **วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 10 จังหวัดอุบลราชธานี.** 20(2) : 56 – 72.

โรงพยาบาลศิริราชปิยมหาราชการุณ. (2564). “ออฟฟิศซินโดรม ดูแล ป้องกัน รักษาอย่างไร”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.siphhospital.com/th/news/article/share/office-syndrome)** สืบค้น 1 กันยายน 2565.

วิภาดา คงทรง วรพจน์ พรหมสัตพรต และนภชา สิงห์วีรธรรม. (2564, ตุลาคม – ธันวาคม). “การปรับปรุงสภาพงานโดยประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์ในบุคลากรสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดมหาสารคาม”. **วารสารวิชาการสาธารณสุขชุมชน.** 7(4) : 167 – 180.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2560). “การมีการใช้คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต โทรศัพท์มือถือ”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries22.html** สืบค้น 1 กันยายน 2565.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2565). “การใช้ ICT ของประชาชนในประเทศไทย ปี 2565 (ไตรมาส 1)”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://www.nso.go.th/sites/2014/Lists/Infographic/Attachments/147/info_ict_65.pdf)** สืบค้น 1 ตุลาคม 2565.

สำนักงานสื่อสารและตอบโต้ความเสี่ยง กรมอนามัย. (2558). “ข่าวแจก กรมอนามัยเผยวัยทำงาน ร้อยละ 60 เสี่ยงโรคออฟฟิศซินโดรม แนะปรับสถานที่ทำงานน่าอยู่ น่าทำงานให้ถูกหลัก”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://203.157.65.15/anamai_web/ewt_news.php)** สืบค้น 1 กันยายน 2565.

อนุกูล เมฆสุทัศน์. (2562). “สรีรวิทยากับออฟฟิศซินโดรม”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.ay-sci.go.th/aynew/20190630-6/**. สืบค้น 1 กันยายน 2565.

อรัญญา นัยเนตร์. (2563, กรกฎาคม – ธันวาคม). “ปัจจัยที่ทำให้เกิดอาการปวดคอบ่าไหล่ในบุคลากรที่ใช้คอมพิวเตอร์ในโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์”. **วารสารโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์**. 16(2) : 61 – 74.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, AG. *et al*. (2007, May). “G*Power 3: A Flexible Statistical Power Analysis Program for the Social, Behavioral, and Biomedical Sciences”. **Behavior Research Methods.** 39(2) : 175 – 91.

Melzack, R. & Katz, J. (2006). **Pain Assessment in Adult Patients. In McMahon S.B. & Koltzenburg M. (Eds). Wall and Melzack’s Textbook of Pain**. 5th ed. Philadelphia : Elsevier Churchill Livingstone.

Sonne, M. & Andrews, D.M. (2012, September). “The Rapid Office Strain Assessment (ROSA): Validity of online worker self-assessment and the relationship to worker discomfort”. **Occupational Ergonomics**. 10(4) : 83 – 101.

Sonne, M., Villalta, DL. & Andrews, D.M. (2012, January). “Development and Evaluation of an Office Ergonomic Risk Checklist: ROSA–Rapid Office Strain Assessment”. **Applied Ergonomics**. 43(1) : 98 – 108.

คุณค่าทางวิชาการ

ผลการศึกษาในครั้งนี้จะถูกนำเสนอให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของสถาบันการศึกษาที่ศึกษา เพื่อผลักดันเป็นนโยบายขององค์กรในการส่งเสริมสุขภาพบุคลากรเพื่อป้องกันการเกิดโรคออฟฟิศซินโดรมในบุคลากรต่อไป โดยมีกิจกรรมสนับสนุน ได้แก่ การอบรมให้ความรู้และสร้างความตระหนัก กิจกรรมปรับท่านั่งและสถานีงานคอมพิวเตอร์ตามหลักการยศาสตร์และมีการติดตามให้คำแนะนำการปรับปรุงเป็นระยะ ได้เป็นต้นแบบในการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันการเกิดโรคเกี่ยวกับระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อและโรคออฟฟิศซินโดรมให้กับองค์กรต่างๆ ต่อไป

เครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์

มานพ ดอนหมื่น[1] โยธิน สุริยมาตร[2*] เจษฎา คำภูมี[3] ปริญญวัตร ทินบุตร[4]
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น[1 2* 3 4]
อีเมล์ : yothin_su@hotmail.com[2*]

วันที่รับบทความ 24 มกราคม 2567
วันแก้ไขบทความ 14 มีนาคม 2567
วันตอบรับบทความ 19 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ โดยตัวเครื่องสามารถสับอาหารสด เช่น ต้นข้าวโพด หญ้าเนเปียร์ เป็นต้น นอกจากนั้นยังสามารถผสมอาหารแห้งได้ แนวคิดการพัฒนาใช้หลักการออกแบบทางวิศวกรรม เครื่องมีความแข็งแรง โดยใช้วัสดุและชิ้นส่วนที่หาได้ง่ายตามท้องตลาด เป็นเครื่องที่สามารถสับอาหารและผสมอาหารสัตว์ได้โดยใช้ต้นกำลังจากรถแทรกเตอร์ มีความจุถังผสม 100 กิโลกรัม ผู้วิจัยได้นำเครื่องไปทดสอบกับกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม กรณีศึกษาในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น เป็นลักษณะฟาร์มขนาดเล็ก มีโคนมจำนวน 20 ตัว ผลการทดสอบผสมอาหารแห้งพบว่าที่ปริมาณส่วนผสม 100 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉลี่ย 7 นาที ใช้เวลาผสมเร็วกว่าแรงงานคนโดยเฉลี่ย 2 เท่า เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าสามารถลดต้นทุนการซื้ออาหารข้นจากราคา 35 บาทต่อกิโลกรัม เหลือ 10 บาทต่อกิโลกรัม หรือสามารถประหยัดต้นทุนได้ 182,142.29 บาทต่อปี หากเกษตรกรพิจารณาลงทุนซื้อเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์มาใช้งาน พบว่ามีระยะเวลาการคืนทุน 0.378 ปี หรือประมาณ 4.54 เดือน

คำสำคัญ : อุปกรณ์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ เครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ การลดต้นทุนฟาร์ม เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม

Tractor-mounted Animal Feed Chopper and Mixer

Manop Donmuen[1], Yothin Suriyamas,[2*] Jatesada Kumphumee,[3] Parinyawatr Dhinnabutra[4]
Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan,
Khon Kaen Campus[1,2*,3,4]
E – mail : yothin_su@hotmail.com[2*]

Received 24 January 2024
Revised 14 March 2024
Accepted 19 April 2024

Abstract

The research aimed to fabricate a tractor-mounted animal feed chopping and mixing machine capable of shredding fresh feed, such as cornstalks or Napier grass, while also mixing dry feed. The objective of this project was to design, construct, and assess the efficiency of a tractor-mounted machine. The development concept for the machine was based on engineering design, focusing on ensuring its durability by using materials easily accessible for general purchase. It was designed to be a versatile device capable of utilizing the power from the tractor to both chop and mix the feed. The mixing tank was designed to have a capacity of 100 kilograms. In a case study, the researchers tested the machine on a group of dairy farmers at a small-scale farm in Khon Kaen province, where there were 20 dairy cows. The test results for mixing dry feed revealed an average processing time of 7 minutes for a 100-kilogram batch, which was twice as fast as manual labor. The analysis of economic feasibility demonstrated that the cost of purchasing animal feed was reduced from 35 baht per kilogram to 10 baht per kilogram, or equivalent to 182,142.29 baht per year. This prototype feed grinder and mixer attachment for tractors revealed a payback period of 0.378 years or approximately 4.54 months.

Keywords: Tractor Attachments, Animal Feed Grinder and Mixer Machine, Cost Reduction in Farming, Dairy Farmer

1. บทนำ

สังคมไทยมีวิถีชีวิตอยู่คู่กับการเกษตรมาอย่างยาวนาน แม้ในปัจจุบันจะมีความทันสมัยใด ๆ เข้ามาแต่บรรดาสัตว์เศรษฐกิจทั้งหลายก็ยังคงเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างรายได้ให้กับผู้เลี้ยง รวมถึงสร้างระบบเศรษฐกิจให้มีความแข็งแกร่งด้วย ซึ่งหากว่ากันตามตรงสัตว์ในเชิงเศรษฐกิจของบ้านเราก็มีตัวเลือกอยู่เยอะพอสมควร ไม่ว่าจะเป็นการบริโภคภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ โดยสัตว์เศรษฐกิจแบ่งออกเป็น กลุ่มสัตว์เคี้ยวเอื้อง กลุ่มสัตว์กระเพาะเดียว กลุ่มสัตว์ปีก และกลุ่มสัตว์น้ำ จะสังเกตได้ว่าในโครงการพระราชดำริเกือบทุกโครงการทั่วประเทศ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้ทรงโปรดให้นำโครงการปศุสัตว์เข้าร่วมด้วย เพราะ ได้ทรงพิจารณาเห็นว่า การเลี้ยงสัตว์จะมีส่วนสนับสนุนที่สำคัญในการทำให้ เกษตรกรมีรายได้ดีขึ้น โดยเฉพาะเป็นหลักประกันให้เกษตรกรมีรายได้สำหรับใช้จ่ายในครอบครัว จากข้อมูลจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ ปี 2566 พบว่ามีเกษตรกร จำนวน 3,551,607 ราย (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. 2560) และพบว่าในกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์มีความจำเป็นต้องใช้อาหารสำเร็จรูปจำนวนมาก อย่างไรก็ดี ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสภาพปัญหาของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม กรณีศึกษาในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น เป็นลักษณะฟาร์มขนาดเล็ก มีโคนมจำนวน 20 ตัว ซึ่งวัวหนึ่งตัวจะกินอาหารข้นโดยประมาณ 1 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็นต้นทุนค่าอาหารข้น 35 บาทต่อวันต่อตัว หรือคิดเป็นต้นทุนค่าอาหารข้น 255,500 บาทต่อปี ซึ่งหากสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ก็จะช่วยในการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในประเทศ อย่างไรก็ตามจากการสำรวจพื้นที่พบว่า เกษตรกรมีการใช้งานรถแทรกเตอร์ ที่ใช้ในการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติรอบๆ พื้นที่ฟาร์ม และใช้ในการทำไร่นา ซึ่งจุดเด่นของรถแทรกเตอร์คือสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างหลากหลาย เช่น ใช้ในการปลูกสับปะรด (วุฒิพล จันทร์สระคู. 2559) การปลูกมันสำปะหลัง (ณรงค์เดช ซื่อสกุลรัตน์. 2561) การหยอดเมล็ดข้าว พ่นยา พรวนดิน หรือใส่ปุ๋ย (ไพโรจน์ นะเทียง. 2556) จากงานวิจัยดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นแนวทางในการนำรถแทรกเตอร์ที่มีอยู่มาใช้ เพื่อช่วยในการลดค่าใช้จ่ายดังกล่าว โดยการออกแบบและพัฒนาเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ เพื่อสามารถใช้งานได้ทั้งในฟาร์มและนอกฟาร์มโดยใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์

สำหรับเครื่องสับและเครื่องผสมอาหารสัตว์ มีใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย สามารถช่วยอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรไทย เนื่องจากการสับผสมต้นหญ้า หรือต้นอ้อย ได้ง่าย โดยมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาพัฒนาเครื่องสับ เช่น อัศวิน สืบนุการณ์ และคณะ (2564) ทำการหาประสิทธิภาพเครื่องสับอเนกประสงค์ ในขณะที่ วรัญญู ทองเพชร (2564) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องสับย่อยหญ้าเนเปียร์สำหรับผลิตอาหารสัตว์ นอกจากนั้น ศุภชัย แก้วจันทร์ และคณะ (2566) ได้ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับย่อยพร้อมอัดแท่งหญ้าเนเปียร์ที่เหมาะสมต่อการขนย้าย และยืดอายุหญ้าเนเปียร์สำหรับผู้ประกอบการ วิสาหกิจเกษตรกรโคเนื้อจังหวัดสุรินทร์ สำหรับงานวิจัยที่ ได้ทำการศึกษาพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์ เช่น ธีรพจน์ แนบเนียน (2566) ได้ออกแบบสร้างและทดสอบการทำงานเครื่องผสมอาหารสัตว์แบบถังหมุนโดยใช้พลังงานก๊าซชีวภาพ วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน นอกจากนั้น อภิชาติ ศรีชาติ และคณะ (2562) พัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนใบกวน 2 ชั้น โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังขนาด 2 แรงม้า ใช้ชุดเกลียวผสมแบบเกลียววงนอกจะเป็นเกลียวทางขวาและซ้าย

จากงานวิจัยที่กล่าวมาอาจจะเครื่องสับใช้ต้นกำลังจากไฟฟ้าหรือก๊าซชีวภาพ นอกจากนั้นตัวเครื่องยังมีขนาดเครื่องที่ใหญ่ ยุ่งยากต่อการเคลื่อนย้ายไปในสถานที่ต่างๆ และมีราคาแพง

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดวิธีที่จะแก้ปัญหาให้กับเกษตรกร โดยการออกแบบและสร้างเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์สำหรับติดตั้งบนรถแทรกเตอร์ โดยคำนึงถึงราคาต้นทุน ความสะดวกการใช้งานสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่ใช้งาน และระยะเวลาในการบดผสมอาหารที่รวดเร็ว เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายให้แก่เกษตรกร

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อสร้างเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพด้านเวลาของเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์

2.3 เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์

3. วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัย เริ่มตั้งแต่การออกแบบและการสร้าง การทดสอบหาประสิทธิภาพ และการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์

ทางคณะผู้วิจัยได้มีการนำแนวคิดการออกแบบทางวิศวกรรม โดยเน้นความแข็งแรง และเหมาะสมกับการใช้งาน สามารถสับและผสมอาหารได้ในเครื่องเดียว มีโครงสร้างที่แข็งแรง ใช้วัสดุที่หาได้ตามท้องตลาด อาศัยต้นกำลังจากรถแทรกเตอร์เพื่อขับชุดเพลาเคลื่อนที่ต่อพ่วงกับชุดสับและผสมอาหาร มีอัตราทดที่ชุดสับ 1:1 และมีอัตราทดที่ชุดผสม 5:1 โดยข้อมูลลักษณะทางเทคนิคของเครื่องมีดังนี้

3.1.1 ตัวเครื่องมีขนาด กว้าง 120 ซม.x ยาว 260 ซม.x สูง 150 ซม. รวมล้อ ขนาด 2 ล้อ 1 แกนเพลา ความสูงล้อ 60 ซม.

3.1.2 น้ำหนักเครื่อง 250 กิโลกรัม ขนาดความจุของถัง 100 กิโลกรัม

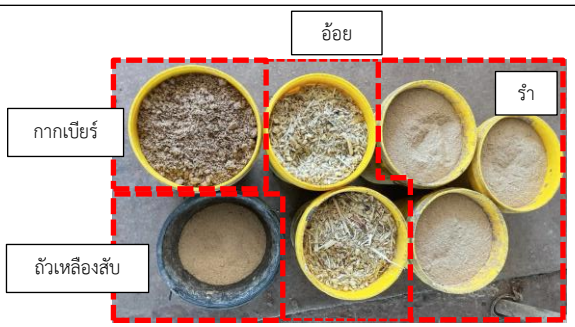
3.1.3 ใช้ต้นกำลังจากรถแทรกเตอร์ ด้วยเพลาอำนวยกำลัง (Power Take Off ;PTO) และใช้ระบบสายพานและพุลเลย์ในการส่งกำลัง ขับเคลื่อนการหมุน

3.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพด้านเวลาของเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์

การทดสอบหาประสิทธิภาพด้านเวลาของเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ คณะผู้วิจัยจะนำเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ มาต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ ขนาด 37 แรงม้าด้วยเพลาอำนวยกำลัง มีความเร็วรอบจากต้นกำลัง 980 รอบต่อนาที ต่อพ่วงกับชุดสับและผสมอาหาร มีอัตราทดที่ชุดสับ 1:1 ที่ความเร็วรอบ 980 รอบต่อนาที และ มีอัตราทดที่ชุดผสม 5:1 ที่ความเร็วรอบ 196 รอบต่อนาที การทดสอบจะมี 2 วิธีด้วยกัน คือ ทดสอบการสับ และ ทดสอบการผสม สามารถอธิบายได้ดังนี้

3.2.1 ทดสอบประสิทธิภาพด้านเวลาการสับของเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ จะใช้หญ้าเนเปียร์สดเป็นวัตถุดิบการทดสอบ โดยทดสอบครั้งละ 20 กิโลกรัม การทดสอบจำนวน 5 ครั้ง เพื่อต้องการหาเวลาที่ใช้ในการสับในแต่ละครั้งการทดสอบ

3.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพด้านเวลาการผสมของเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ โดยพิจารณาเวลาในการผสมเพื่อให้วัตถุดิบมีการกระจายตัวกันอย่างสม่ำเสมอ ใช้วัตถุดิบ (ดังรูปที่ 1) ได้แก่ รำอ้อยสับ กากเบียร์ ถั่วเหลืองสับ ในอัตราส่วน 3:2:1:0.5 ตามลำดับ ทดสอบการผสมจำนวน 7 ครั้ง โดยมีปัจจัยด้านเวลา และปริมาณการผสมที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบเพื่อต้องการหาเวลาที่ใช้ในการผสมโดยให้วัตถุดิบมีการกระจายตัวกันอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างคนและเครื่อง



รูปที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบผสมอาหาร

3.3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้สมการที่ 1 ดังนี้ (อัศวิน สืบนุการณ์ และคณะ. 2564)

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{N} x_i \tag{1}$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าคะแนนเฉลี่ย

x_i คือ ค่าคะแนนของแต่ละการทดลอง ที่ *i*

N คือ จำนวนครั้งในการทดลอง

3.3 การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ด้านผลประหยัด และคำนวณหาจุดคุ้มทุน เมื่อนำเครื่องผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์มาใช้งาน เพื่อประเมินความความคุ้มค่าในการใช้งานของเครื่อง โดยประยุกต์แนวคิดจากงานวิจัย (มานพ และคณะ. 2566) ด้านการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ แสดงรายละเอียดสมการการคำนวณผลประหยัดที่คาดว่าจะได้เป็นมูลค่าเงิน ตามสมการที่ 2 และ คำนวณระยะเวลาการคืนทุน ตามสมการที่ 3 ดังนี้

$$C_f = F_s - P_c \tag{2}$$

$$PB = \frac{C_I}{C_f} \tag{3}$$

เมื่อ C_f คือ ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่อง (บาทต่อปี)

F_s คือ ผลประหยัดด้านการลดต้นทุนการซื้ออาหารสูตรสำเร็จ (บาทต่อปี)

P_c คือ ต้นทุนการใช้พลังงานที่เกิดจากการใช้งานเครื่อง (บาทต่อปี)

PB คือ ระยะเวลาการคืนทุน (ปี)

C_I คือ เงินลงทุนในโครงการ (บาท)

C_f คือ ผลตอบแทนจากการลงทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาทต่อปี)

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องที่สามารถสับและผสมอาหารได้ในเครื่องเดียว มีโครงสร้างที่แข็งแรง ใช้วัสดุที่หาได้ตามท้องตลาด ใช้ต้นกำลังจากรถแทรกเตอร์ขนาด 37 แรงม้า เพื่อขับชุดเพลาอำนวยกำลังที่ต่อพ่วงกับชุดสับและผสมอาหาร มีความเร็วรอบจากต้นกำลัง 980 รอบต่อนาที ต่อพ่วงกับชุดสับและผสมอาหาร มีอัตราทดที่ชุดสับ 1:1 ที่ความเร็วรอบ 980 รอบต่อนาที และ มีอัตราทดที่ชุดผสม 5:1 ที่ความเร็วรอบ 196 รอบต่อนาที ตัวเครื่องมีขนาด กว้าง 120 ซม.x ยาว 260 ซม.x สูง 150 ซม. รวมล้อ ขนาด 2 ล้อ 1 แกนเพลา ความสูงล้อ 60 ซม. น้ำหนักเครื่อง 250 กิโลกรัม ขนาดความจุของถัง 100 กิโลกรัม แสดงดังรูปที่ 2

(ก) (ข)

รูปที่ 2 (ก) ผลการออกแบบสามมิติ และ (ข) เครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ที่แล้วเสร็จ

4.1.1 ชุดกลไกการสับ

ชุดกลไกการสับ มีความเร็วรอบจากต้นกำลัง 980 รอบต่อนาที ต่อพ่วงจากต้นกำลังรถแทรกเตอร์ มีอัตราทดที่ชุดสับ 1:1 มีใบมีดสำหรับตัดเฉือนเป็นวัสดุเหล็กเครื่องมือ 4 ใบมีด แสดงดังรูปที่ 3

(ก) (ข)

รูปที่ 3 (ก) ช่องป้อนวัตถุดิบ และ (ข) ชุดใบมีดสำหรับสับวัตถุดิบ

4.1.2 กลไกการผสมอาหาร กลไกการผสมอาหาร จะมี Ribbon blender ที่ประกอบด้วยคู่ของแกนเหล็กดัดโค้งเป็นลักษณะเกลียว มีรูปร่างเป็นแถบที่ติดตั้งบนเพลาในทิศทางตรงกันข้ามกัน คือ หนึ่งใบหันไปทางซ้าย (ทวนเข็มนาฬิกา) และอีกใบหันไปทางขวา (ตามเข็มนาฬิกา) (ดังรูปที่ 4) มีแกนเหล็กที่เชื่อมติดกับเพลาเพื่อให้

ใบแกนผสม ไม่สัมผัสกับพื้นผิวภายในของห้องผสม มีแกนเพลาหลักต่อออกทางส่วนท้ายเพื่อเชื่อมต่อกับชุดต้นกำลัง มีความเร็วรอบการผสมที่ 196 รอบต่อนาที

รูปที่ 4 แกนเกลียวสำหรับผสมอาหาร

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านเวลาของเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์

4.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านเวลาการสับของเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพด้านเวลาการสับ โดยใช้หญ้าเนเปียร์เป็นวัตถุดิบการทดสอบครั้งละ 20 กิโลกรัม จำนวน 5 ครั้ง เพื่อการจับเวลาหาความเร็วในการสับ ผลการทดสอบดังตารางที่ 1 มีดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทดสอบประสิทธิภาพด้านเวลาการสับ

ครั้งที่	น้ำหนักทดสอบ (กก.)	เวลาที่ใช้สับ (นาที)	น้ำหนักต่อนาที (กก./นาที)
1	20	2.23	8.97
2	20	2.43	8.23
3	20	2.26	8.85
4	20	2.55	7.84
5	20	2.62	7.63
ค่าเฉลี่ย	20	2.42	8.31

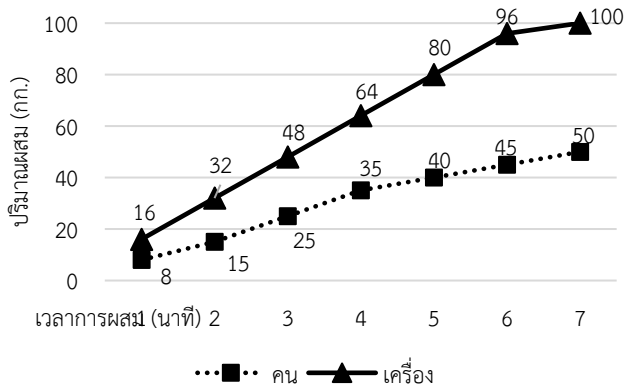
จากตารางที่ 1 การทดสอบในการสับหญ้าเนเปียร์สด ที่น้ำหนัก 20 กิโลกรัม จำนวน 5 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการสับอยู่ที่ 2.42 นาทีต่อการสับหญ้าเนเปียร์สดที่น้ำหนัก 20 กิโลกรัม จนแล้วเสร็จ เมื่อพิจารณาหาค่าน้ำหนักทดสอบการสับหญ้าเนเปียร์สดที่ได้ต่อเวลา 1 นาที พบว่าตัวเครื่องสามารถสับหญ้าเนเปียร์สดได้น้ำหนักโดยเฉลี่ย 8.31 กิโลกรัมต่อนาที หรือประมาณ 498.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตัวอย่างลักษณะของหญ้าเนเปียร์สดที่ผ่านการสับด้วยเครื่อง แสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 ลักษณะหญ้าเนเปียร์สดที่ผ่านการสับด้วยเครื่อง

4.2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านเวลาการผสมของเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์

ทดสอบประสิทธิภาพด้านเวลาการผสมอาหารสัตว์ พิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการผสมเพื่อให้วัตถุดิบมีการกระจายตัวกันอย่างสม่ำเสมอ โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างคนและเครื่อง จำนวน 7 ครั้ง โดยมีตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ผ่านการผสมด้วยเครื่อง แสดงดังรูปที่ 6 ผลการทดสอบผสมเริ่มตั้งแต่ทำการทดลองการผสมที่เวลา 1 นาที เครื่องผสมได้ในปริมาณ 16 กิโลกรัม ในขณะที่ใช้คนสามารถผสมได้ในปริมาณ 8 กิโลกรัม การทดลองการผสมที่เวลา 2 นาที เครื่องผสมได้ในปริมาณ 36 กิโลกรัม ในขณะที่ใช้คนสามารถผสมได้ในปริมาณ 15 กิโลกรัม การทดลองการผสมที่เวลา 3 นาที เครื่องผสมได้ในปริมาณ 48 กิโลกรัม ในขณะที่ใช้คนสามารถผสมได้ในปริมาณ 25 กิโลกรัม จนกระทั่งการทดลองการผสมที่เวลา 7 นาที พบว่าเครื่องผสมได้ที่ปริมาณส่วนผสม 100 กิโลกรัม ในขณะที่ใช้คนผสมจะได้ปริมาณส่วนผสม 50 กิโลกรัม แสดงข้อมูลดังรูปที่ 7

รูปที่ 6 อาหารสัตว์ที่ผ่านการผสมด้วยเครื่อง



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบเวลาการผสมอาหารสัตว์ระหว่างคนกับเครื่องผสม

4.3 ผลการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ด้านความประหยัด และคำนวณหาจุดคุ้มทุนหากเกษตรกรต้องการเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์มาใช้งานในฟาร์ม โดยในงานวิจัยนี้คิดมูลค่าของเครื่องในราคา 69,000 บาท เพื่อใช้ประเมินความความคุ้มค่าในการใช้งานของเครื่อง มีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

4.3.1 ผลการคำนวณความประหยัดที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่องการคำนวณความประหยัดที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่อง ตามสมการที่ 1 ดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> การคำนวณความประหยัดด้านต้นทุนวัตถุดิบ คิดเป็นมูลค่าเงินต่อปี (F_s) สามารถคำนวณได้ดังนี้

F_s = (ราคาต้นทุนการซื้ออาหารข้นสำเร็จรูป (บาท/กิโลกรัม) - ราคาต้นทุนการซื้อวัตถุดิบมาผสมเอง (บาท/กิโลกรัม) x 365 วันต่อปี x จำนวนโคที่มีในฟาร์ม (ตัว) x ปริมาณที่ใช้ต่อตัวต่อวัน (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน)

= (35 -10 บาท/กิโลกรัม) x 365 วันต่อปี x 20 ตัว x 1 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน

= 182,500 บาทต่อปี

<u>ส่วนที่ 2</u> การคำนวณต้นทุนการใช้พลังงานที่เกิดจากการใช้งานเครื่อง (P_c)

P_c = เวลาในการทำงานของเครื่อง (ชั่วโมง/ปี) x อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตร/ชั่วโมง) x ราคาน้ำมัน (บาทต่อลิตร)

ปริมาณการผสม = 7,300 กิโลกรัมต่อปี (คิดเทียบจากปริมาณวัตถุดิบในส่วนที่ 1)

เวลาในการทำงาน = 7,300 กิโลกรัมต่อปี /100 กิโลกรัมต่อครั้ง x 7 นาทีต่อครั้ง

= 511 นาทีต่อปี หรือ ประมาณ 8.517 ชั่วโมงต่อปี

อัตราการสิ้นเปลือง = 1.4 ลิตรต่อชั่วโมง

ราคาน้ำมัน = 30 บาทต่อลิตร (ประมาณราคาน้ำมันดีเซลเป็นการค่าคงที่)

ดังนั้น ต้นทุนการใช้พลังงาน = 8.517 ชั่วโมงต่อปี x 1.4 ลิตรต่อชั่วโมง x 30 บาทต่อลิตร

= 357.71 บาทต่อปี

ดังนั้น ผลการคำนวณความประหยัดที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่อง

C_f = 182,500 บาทต่อปี - 357.71 บาทต่อปี

= 182,142.29 บาทต่อปี

4.3.2 ผลการคำนวณระยะเวลาการคืนทุน การคำนวณระยะเวลาการคืนทุน จะพิจารณาจากเงินลงทุนในโครงการ เมื่อเกษตรกรต้องการลงทุนซื้อเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์มาใช้งานในฟาร์ม โดยในงานวิจัยนี้คิดมูลค่าของเครื่องในราคา 69,000 บาท สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2 ดังนี้

$$PB = 69{,}000 \text{ บาท } / 182{,}142.29 \text{ บาทต่อปี}$$

$$= 0.378 \text{ ปี หรือประมาณ } 4.54 \text{ เดือน}$$

ดังนั้น หากเกษตรกรต้องการลงทุนซื้อเครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์มาใช้งานในฟาร์ม โดยเครื่องมีมูลค่า 69,000 บาท เกษตรกรจะสามารถคืนทุนในระยะเวลา 0.378 ปี หรือประมาณ 4.54 เดือน

5. อภิปรายผลและสรุปผล

เครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ สามารถสับอาหารและผสมอาหารได้โดยใช้ต้นกำลังจากรถแทรกเตอร์ ขนาด 37 แรงม้า มีความจุถังผสม 100 กิโลกรัม ผลการทดสอบผสมอาหารพบว่าที่ปริมาณส่วนผสม 100 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉลี่ย 7 นาที ใช้เวลาผสมเร็วกว่าแรงงานคนโดยเฉลี่ย 2 เท่า หรือสามารถผสมได้ปริมาณที่มากกว่าคนถึง 2 เท่า เมื่อพิจารณาการสับอาหารสดโดยใช้หญ้าเนเปียร์สดเป็นวัตถุดิบทดสอบ พบว่าเครื่องสามารถสับหญ้าเนเปียร์สดได้ปริมาณ 8.31 กิโลกรัมต่อนาที หรือประมาณ 498.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถลดต้นทุนการซื้ออาหารข้นจากราคา 35 บาทต่อกิโลกรัม เหลือ 10 บาทต่อกิโลกรัม หรือสามารถประหยัดต้นทุนได้ 182,142.29 บาทต่อปี สำหรับการนำไปใช้งานกับฟาร์มวัวกรณีศึกษา จำนวน 20 ตัว

6. ข้อเสนอแนะ

เครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ เกษตรกรผู้ใช้งานสามารถประยุกต์ใช้ในกับต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า หรือเครื่องยนต์ดีเซลได้ โดยการเพิ่มชุดแท่นรองเครื่องต้นกำลัง และระบบพุลเลย์ สายพาน เพื่อใช้ในการส่งถ่ายกำลังไปยังชุดสับและผสมอาหารสัตว์ นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มระบบต้นกำลังโดยขับเคลื่อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ ทั้งนี้หากต้องการเพิ่มระบบต้นกำลังโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ ผู้ใช้งานยังคงต้องศึกษาด้านความคุ้มค่าด้านการลงทุนเพิ่มเติมด้วย

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณฟาร์มกรณีศึกษาที่เอื้อเฟื้อสถานที่ บุคลากร และข้อมูลในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ช่วยสนับสนุนเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัย และการเขียนบทความ

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์เดช ซื่อสกุลรัตน์ และ สามารถ บุญอาจ. (2561). “เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก.” **วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย**. 24(1) : 1-5.

ธีรพจน์ แนบเนียน (2566). “เครื่องผสมอาหารสัตว์แบบถังหมุนโดยใช้พลังงานก๊าซชีวภาพ.” **Life Sciences and Environment Journal.** 24(2) : 469-481.

ไพโรจน์ นะเทียง. (2556). “ผลจากการใช้เทคโนโลยีเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับการปลูกข้าวแบบนาน้ำตม.” **Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences).** 6(1) : 15-30.

มานพ ดอนหมื่น อลิษา เกษทองมา โยธิน สุริยมาตร และ เจษฎา คำภูมี. (2565). “การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล.” **วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี.** 2(1) : 36-47.

วรัญญู ทองเพชร, ฉัตรชัย วระธงชัย, จตุพงษ์ อ่อนเรือง, ธนาวุฒิศิริ เอี่ยมตระกูล และ กิ่งกาญจน์ สระบัว. (2564). “การออกแบบและพัฒนาเครื่องสับย่อยหญ้าเนเปียร์สำหรับผลิตอาหารสัตว์.” **Journal of Industrial Technology Buriram Rajabhat University.** 3(2) : 20-29.

วุฒิพล จันทร์สระคู, ศักดิ์ชัย อาษาวัง, ขนิษฐ์ หว่านณรงค์, ธนกฤต โยธาทูล และ ประยูร จันทองอ่อน. (2559). “การพัฒนาเครื่องปลูกสับปะรดแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง.” **Thai Agricultural Research Journal.** 34(2) : 114-124.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. (2560). “ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี 2560.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://ict.dld.go.th/webnew/ index.php/th/service-ict/report /355-report-thailand-livestock/animal-book/1802-2566.** สืบค้น 5 มกราคม 2567.

ศุภชัย แก้วจันทร์ สุมณฑา จีระมะกร และ ขนิษฐา สีมา. (2566). “การพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องสับย่อยพร้อมอัด แท่งหญ้าเนเปียร์ที่เหมาะสมต่อการขนย้ายและยืดอายุหญ้าเนเปียร์สำหรับผู้ประกอบการวิสาหกิจเกษตรกรโคเนื้อ จังหวัดสุรินทร์.” **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.** 8(1) : 56-70.

อภิชาติ ศรีชาติ วีระพล แก้วก่า และกวีพงษ์ หงส์ทอง (2562). “การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น.” **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ.** 5(2) : 38-48.

อัศวิน สืบนุการณ์, ภูเมศร์ นิยมมาก, วัชรากรณ์ จันโสม และ นันทพัทธ ปัดภัย. (2564). “การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับอเนกประสงค์เพื่อการเกษตร.” **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.** 6(1) : 1-7.

คุณค่าทางวิชาการ

เครื่องสับและผสมอาหารสัตว์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ เป็นการรวมทั้งเครื่องสับวัตถุดิบและเครื่องผสมอาหารสัตว์ไว้ในเครื่องเดียวกัน สามารถเคลื่อนที่ใช้งานได้ทั้งในฟาร์มและนอกฟาร์มโดยใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์ รถแทรกเตอร์ สามารถสับอาหารสด เช่น หญ้าเนเปียร์สด อีกทั้งสามารถใช้ผสมอาหารแห้งหรือข้น ช่วยลดเวลาในการผสมอาหารสัตว์ ลดความเมื่อยล้า และช่วยลดต้นทุนให้แก่เกษตรกร แนวคิดการพัฒนาใช้หลักการออกแบบทางวิศวกรรม โครงสร้างเครื่องมีความแข็งแรง โดยใช้วัสดุชิ้นส่วนที่หาได้ตามท้องตลาด ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์ สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้นี้ให้แก่เกษตรกร เมื่อนำเครื่องนี้ไปใช้งานจะช่วยเหลือเกษตรกรได้อย่างไร นอกจากนั้นยังทราบถึงระยะเวลาคืนทุนของเครื่องอีกด้วย

Development of an Entrepreneurship Training Model for Student in the Liuzhou Institute of Technology

Xiao Wenjun,[1*] Nutdanai Singkhleewon,[2] Sombat Teekasap,[3] Sirigarn Phokheaw[4]
Bansomdejchaopraya Rajabhat University [1*, 2, 3, 4]
E-mail: 34466721@qq.com [1*]

Received 2 March 2024
Revised 11 April 2024
Accepted April 2024

Abstract:

In the wave of the new technological revolution, leaders in the technology innovation industry will steer the direction of future development. The realization and application of technological innovation is closely linked to the cultivation and development of talent. Entrepreneur training models play a crucial role in universities, as they not only help cultivate students' entrepreneurial spirit and enhance their innovation capabilities and practical competencies but also provide vital support for their development in new technological fields. This study focuses on Liuzhou Institute of Technology as the research subject, to identify and develop an entrepreneur training model. Through in-depth interviews with 9 industry experts and evaluations by an additional 21 experts, the key elements of the model, including 9 main elements and 66 sub-elements, were identified. The findings contribute to a deeper understanding of the composition of entrepreneur training models, providing guidance for universities in training talent with innovative thinking and entrepreneurial skills, thus promoting the cultivation and development of students' innovation and entrepreneurial abilities.

Keywords : Elements of entrepreneur training, entrepreneur training model, Liuzhou Institute of Technology

1. Introduction

In recent years, China has been implementing a strategy of innovation-driven development, accelerating the transition from cost-effectiveness to innovation-driven advantages, and seeking new sources of sustainable development (China Commission. 2012-2022). This new source of momentum is rooted in innovative technologies and entrepreneurial talents.

However, over the past decade, the achievements of entrepreneur training in Chinese universities have not been significant. According to the Michael Page 2023 China Graduate Employment Report from 2018 to 2022, the average self-employment rate of university graduates was 1.42%, with a success rate of 2-3% (Mycos Research Institute. 2022).

In contrast, according to the Global Entrepreneurship Monitor (GEM) reports in recent years, the entrepreneurship rate among American university students reached a notable 20.1% (Hill, S et al., 2022), while the global average success rate of student entrepreneurship stands at approximately 9.2% (Hill, S et al., 2024).

This disparity underscores the pressing need for Chinese universities to reassess and enhance their entrepreneur training models. While China has made strides in fostering innovation-driven development, the current approach to entrepreneur training falls short in producing the high-quality entrepreneurial talents demanded by society.

To enhance college students' ability for independent entrepreneurship, increase the proportion and success rate of graduates engaging in independent entrepreneurship, and cultivate more innovative talents for national economic transformation, it is necessary to conduct systematic research on the entrepreneurship training model for college students and propose effective suggestions and strategies.

The current research on entrepreneurship training models has made some progress, but there are still some research gaps worth exploring and filling. An & Xu (2021) conducted research on training entrepreneurial talents in higher education institutions through virtual entrepreneurship practice, providing new ideas and methods for entrepreneurship training. However, their study mainly focused on the application of virtual practice and did not delve into specific training objectives and content. Tian (2023) focused on the entrepreneurial mindset and talent training of English majors, providing valuable insights for entrepreneurship training in specific professional fields, but the study lacked a comprehensive analysis of the specific elements and implementation methods of entrepreneurship training models.

In comparison, Lv (2023) and Zhang (2021) focused more on the specific elements and influencing factors of entrepreneurship training models, but their studies mainly concentrated on the discussion of college students' entrepreneurial intentions and cultivation of entrepreneurial mindset, with less emphasis on implementation methods and evaluation mechanisms of entrepreneurship training models. Additionally, Yang et al. (2018) studied the cultivation mode and innovation of entrepreneurial talents; however, they lacked in-depth discussion on the specific elements and implementation methods of entrepreneurship training models.

Therefore, future research can further explore the research gaps in entrepreneurship training models in the following aspects. Firstly, there can be a deeper exploration of the specific elements of entrepreneurship training models, including training objectives, content, methods, teachers, environment, practice, policy, evaluation, etc., to comprehensively understand the core content and elements of entrepreneurship training. Secondly, personalized entrepreneurship training programs can be developed by conducting in-depth research on the training needs and effects of students in different majors and disciplines. Finally, further exploration of the implementation methods and evaluation mechanisms of entrepreneurship training models can ensure the effectiveness and sustainability of entrepreneurship training.

Building upon previous research, this study identified nine main elements and 66 sub-elements of the entrepreneurship training model at Liuzhou Institute of Technology through literature review, expert interviews, and evaluations, and established a model accordingly. The findings of this research will not only facilitate the improvement of entrepreneurship training models for college students at Liuzhou Institute of Technology and other universities but also foster the development of entrepreneurial skills and mindset among students. Furthermore, it will have significant theoretical and practical implications for the emerging economic development and transformation.

2. Material and Methods

The materials of this study include the main elements of the entrepreneurship training model extracted through literature review, as well as the expert interview outline developed based on these elements. We conducted semi-structured interviews and collected the interview results from 9 experts, covering both primary and secondary elements of the entrepreneurship training model. Subsequently, we analyzed the data and conducted consistency analysis of the expert interviews to confirm the model's elements. Additionally, we prepared an expert assessment form for evaluating the entrepreneurship training model and invited 21 experts to rate the model elements using a five-point scale. The experts invited for the study come from various fields, including innovation and entrepreneurship coaches, teachers of innovation and entrepreneurship courses from other schools, and CEOs of startup companies. Finally, we conducted data analysis to determine the model elements and, combined with the experts' modification suggestions, ultimately confirmed the construction of the model.

Step 1: Study the elements of the entrepreneurial training model for students at Liuzhou Institute of Technology.

Firstly, the main elements of the entrepreneurial training model were extracted through a literature review, and an expert interview outline was developed based on these 9 elements.

Secondly, semi-structured interviews were conducted to collect input from 9 experts regarding the main elements and sub-elements of the entrepreneurial training model for students at Liuzhou Institute of Technology. These 9 experts included 3 CEOs of entrepreneurial companies who graduated from Liuzhou Institute of Technology and have been in operation for over 8 years,

3 entrepreneurship coaches on campus with more than 10 years of experience, and 3 teachers of innovation and entrepreneurship courses with over 10 years of teaching experience.

Thirdly, data analysis was conducted, and expert interview consistency analysis was performed to confirm the model elements.

Step 2: Evaluate the elements and create the entrepreneurial training model for students at Liuzhou Institute of Technology.

Firstly, an expert assessment form for the Liuzhou Institute of Technology entrepreneurial training model was prepared.

Secondly, 21 experts were invited to rate the model elements using a five-point scale. These experts included 7 Innovation and Entrepreneurship Coaches with over 9 years of working experience, 7 Teachers of Innovation and Entrepreneurship Courses in other schools with over 10 years of teaching experience, and 7 CEOs with at least 7 years of experience in operating startup companies. Additionally, the experts were asked to provide feedback on modifying the model elements and offer suggestions for model construction.

Then, data analysis was conducted on the collected data, analyzing the median and interquartile range of expert ratings to confirm the model elements.

Finally, based on some experts' modification suggestions, the opinions of the remaining experts were solicited to confirm whether they agreed with the modifications, thus finalizing the model elements.

3. Results

3.1 The main elements of the entrepreneurship training model at Liuzhou Institute of Technology were obtained through literature analysis, with the nine elements of the entrepreneurship training model listed in Table 1.

Table1 Entrepreneurship training elements analysis

Entrepreneur Training Element	Blesia (2021)	Olutuase (2023)	An, H (2021)	Liu (2021)	Zhao (2022)	Zhu (2023)	Chu (2018)	Zhang (2018)	Li (2020)	Wu (2018)	Total
Training objective	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	10
Training content	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	10
Training method	√		√	√	√	√	√			√	7
Training teacher	√	√	√		√		√	√		√	7

Table1 (Continued)

Entrepreneur Training Element	Blesia (2021)	Olutuase (2023)	An, H (2021)	Liu (2021)	Zhao (2022)	Zhu (2023)	Chu (2018)	Zhang (2018)	Li (2020)	Wu (2018)	Total
Training environment		√	√		√		√	√	√	√	7
Entrepreneur practice		√		√	√	√			√	√	6
Entrepreneur policy			√	√	√	√	√	√	√	√	8
Training evaluation	√			√	√	√	√	√			6
Ongoing learning		√		√		√		√	√		5

3.2 Results of Expert Consistency Analysis are shown in Table 2.

Table2 Consistency Analysis of Expert Interviews

Indicator	Scope	Frequency	Percentage
Expert Consensus	Below 50%	2	3.03%
	50%-74%	12	18.18%
	75%-99%	31	46.97%
	100%	21	31.82%
	Total	66	100%

Overall, the expert interview data analysis provides valuable insights into the essential elements of the entrepreneurship training model at Liuzhou Institute of Technology. Across various dimensions including training objectives, content, methods, environment, and evaluation, there is a remarkable level of consensus among experts. Key findings reveal unanimous agreement on critical aspects such as cultivating innovative thinking, providing practical training opportunities, and establishing evaluation criteria. Additionally, there is strong support for elements like mentorship, interdisciplinary learning, and ongoing support for entrepreneurs. However, slight variations in agreement exist regarding certain aspects such as specific training content or policy measures. These findings underscore the importance of a comprehensive and dynamic approach to entrepreneurship

education, catering to the diverse needs of aspiring entrepreneurs while ensuring alignment with industry trends and demands.

3.3 The data from 9 expert interview and 21 expert evaluation analyses can be found in Table 3.

Table 3 9 expert interview and 21 expert evaluation data analysis

Element	Element detail	Mdn	IQR
Training objective	1. Cultivate innovative thinking and enhance entrepreneurial willingness	5.00	1.0
	2. Learn the basic processes and required skills for entrepreneurship	5.00	1.0
	3. Practical to up skills and teamwork capabilities	4.00	1.0
	4. Practice and apply learned professional knowledge to solve problems	5.00	1.0
	5. Cultivate entrepreneurial insight and adaptability	5.00	1.0
	6. Develop comprehensive entrepreneurial management and leadership abilities	5.00	1.0
	7. Learning continuous innovation and personal development	4.00	1.0
	8. Adapt to change market environments and technological trends	5.00	1.0
	9. Offer ongoing learning courses and industry research projects	4.00	1.00
Training content	1. Provide theoretical knowledge and case studies of entrepreneurship	5.00	0.50
	2. Integrated entrepreneurship thinking into a variety of subjects.	4.00	0.0
	3. Encourage to knowledge and skills related to entrepreneurship process management	5.00	1.0
	4. Learning entrepreneurship project incubation and guideline services	4.00	1.0
	5. Entrepreneurship practice courses and internship in entrepreneur	5.00	1.0
	6. Encourage to knowledge and skills related to business management	4.00	1.0
	7. Share innovative entrepreneurship cases by seminars and others	4.00	1.00
Training method	1. Teaching in classroom and group discussions	5.00	1.0
	2. Use simulation and entrepreneurship sandbox methods	4.00	0.50
	3. Guide student entrepreneurship teams through mentors	5.00	1.0
	4. Enterprise internships and facilitate industry exchange activities	5.00	1.0
	5. Continue guide student entrepreneurship projects	5.00	1.0
	6.Provide short course training by expert lectures and discussion	5.00	1.00
	7. Provide an online learning and cross-disciplinary cooperation platform	4.00	1.00

Table 3 (Continued)

Element	Element detail	Mdn	IQR
Training teacher	1. Employ teachers with entrepreneurship knowledge and educational backgrounds	5.00	1.0
	2. Teachers should be experience and guidance capabilities with project management	4.00	1.00
	3. Teachers should be professional backgrounds and problem-solving abilities	4.00	1.0
	4. Mentors should be industry backgrounds and project guidance capabilities	5.00	0.0
	5. Employ mentors who are experts in specific fields in laws, finance, tax and another related	4.00	0.00
Training environment	1. Provide facilities for entrepreneurial learning spaces and communities	5.00	0.0
	2. Provide simulation technology to simulate the entrepreneurial process	4.00	0.0
	3. Provide entrepreneurship incubators and laboratory facilities	5.00	1.0
	4. Provide shared entrepreneurship resources and periodic mentor guidance	5.00	1.0
	5. Provide entrepreneurship internships and office space for entrepreneurial practice projects	5.00	0.50
	6. Provide startup networks and connections for early-stage enterprises	4.00	1.0
	7. Cooperation between university and enterprise (entrepreneurship practice projects on campus)	4.00	1.0
	8. Create a favorable ecosystem for innovation and entrepreneurship (culture, public opinion)	4.00	1.00
Entrepreneur practice	1. Encourage and guide students to participate in university entrepreneurship training programs	4.00	1.00
	2. Encourage and guide students to explore university science and technology project proposals	4.00	0.00
	3. Encourage and guide students to engage in virtual simulation entrepreneurship training courses	4.00	0.50
	4. Encourage and guide students to participate in entrepreneurship competitions	5.00	0.50
	5. Encourage and guide students to engage in university-enterprise cooperation practice projects	5.00	1.00

Table 3 (Continued)

Element	Element detail	Mdn	IQR
Entrepreneur practice	5. Encourage and guide students to engage in university-enterprise cooperation practice projects	5.00	1.00
	6. Encourage and guide students in executing personal entrepreneurial plans	5.00	1.00
	7. Provide guidance on managing the entrepreneurial process for students	4.00	1.00
Entrepreneur policy	1. Provide entrepreneurship learning materials and platform resources	5.00	1.00
	2. Formulate entrepreneurship policies and support measures	4.00	1.00
	3. Provide startup funding and funding policies for entrepreneurship projects	5.00	0.50
	4.Establish entrepreneurship training subsidies and incentive policies	4.00	0.50
	5. Offer funding support and tax incentives for entrepreneurship incubation projects	5.00	1.00
	6. Develop entrepreneurship project selection and certification policies	4.00	1.00
	7. Provide funding for continuous entrepreneurship development and technology transfer policies	4.00	0.50
	8. Formulate entrepreneurship mentor and professional service subsidy policies	4.00	0.00
	9. Develop incentive policies for internal entrepreneurship mentors	3.00	1.00
Ongoing learning	1. Provide ongoing learning opportunities and resources for entrepreneurs	5.00	0.00
	2. Offer entrepreneurs platforms for interdisciplinary learning and exchange	5.00	1.00
	3. Provide entrepreneurs with industry updates and trend analysis	5.00	1.00
	4. Offer entrepreneurs mentorship, guidance, and coaching services	5.00	1.00
	5. Facilitate the sharing of innovative entrepreneurship cases and seminars for entrepreneurs	4.00	1.00
	6.Provide industry research and project support for entrepreneurs	4.00	1.00

Based on the data obtained from the first round of interviews with 9 experts, a total of 21 elements such as Cultivating Innovative Thinking and Enhancing Entrepreneurial Willingness, Providing Theoretical Knowledge and Case Studies of Entrepreneurship, and Teaching in Classroom and Group Discussions were unanimously approved by the experts (100%). Additionally, 31 elements including Practice and Applying Learned Professional Knowledge to Solve Problems, Integrating Entrepreneurship Thinking into Various Subjects, and Guiding Student Entrepreneurship Teams through Mentors were highly approved by the experts (75%-99%). Furthermore, 12 elements such as Adapting to Changing Market Environments and Technological Trends, Providing an Online Learning and Cross-disciplinary Cooperation Platform, and Providing Startup Networks and Connections for Early-stage Enterprises received partial approval from the experts (50%-75%). However, the approval rate for two elements, Learning Continuous Innovation and Personal Development, and Developing Incentive Policies for Internal Entrepreneurship Mentors, was less than 50%.

According to the data from expert evaluation, a total of 8 elements received approval from the experts (Mdn=5, IQR≤0.5), including Providing Theoretical Knowledge and Case Studies of Entrepreneurship, Mentors Should Have Industry Backgrounds and Project Guidance Capabilities, and Providing Facilities for Entrepreneurial Learning Spaces and Communities.

Additionally, 26 elements were highly endorsed by the experts (Mdn=5, 1≤IQR≤1.5), such as Cultivating Innovative Thinking and Enhancing Entrepreneurial Willingness, Learning the Basic Processes and Required Skills for Entrepreneurship, Entrepreneurship Practice Courses and Internship in Entrepreneurship, and Teaching in Classroom and Group Discussions.

Furthermore, 30 elements received relatively high levels of approval from the experts (Mdn=4, 0≤IQR≤1.5), but some modifications were suggested for certain elements, such as Practical to up skills and teamwork capabilities, learning continuous innovation and personal development, Integrated entrepreneurship thinking into varieties subjects, and Learning entrepreneurship project incubation and guideline services.

However, there was significant divergence among the experts regarding the element Develop incentive policies for internal entrepreneurship mentors (Mdn=3, IQR=1), with some suggesting deletion or modification of this element.

3.4 Modification suggestions proposed by experts during the evaluation process.

Table4 Modification Results of Model Elements

Element	Original Item	New Item
Training Objective	Practical to up skills and teamwork capabilities	Provide practical opportunities to enhance skills and teamwork capabilities

Table4 (Continued)

Element	Original Item	New Item
Training content	Integrated entrepreneurship thinking into varieties subjects	Integrate entrepreneurial thinking across various subjects
Training Method	Use simulation and entrepreneurship sandbox methods	Implement simulation exercises and entrepreneurship sandbox activities to simulate real-world entrepreneurial scenarios
Entrepreneur practice	Encourage and guide students to explore university science and technology project proposals	Encourage and guide students to explore university science and technology projects with entrepreneurial potential
Entrepreneur policy	Develop entrepreneurship project selection and certification policies	Develop policies for selecting, certifying, and grading support for entrepreneurship
	Develop incentive policies for internal entrepreneurship mentors	Develop incentive policies for internal entrepreneurial mentors (such as title evaluation, workload, and policies supporting collaborative creation by teachers and students)
Training evaluation	Evaluate entrepreneurship achievements and societal impacts	Assessing entrepreneurial achievements and societal impacts, and providing recognition and rewards

The expert's suggestions include emphasizing the provision of practical opportunities to enhance skills and teamwork capabilities, promoting interdisciplinary integration of entrepreneurial thinking across various subjects, implementing simulation exercises and entrepreneurship sandbox activities to simulate real-world scenarios, guiding students to explore university science and technology projects with entrepreneurial potential, developing comprehensive policies for selecting, certifying, and supporting entrepreneurial projects, specifying the details of incentive policies for internal entrepreneurial mentors, and underscoring the importance of providing recognition and rewards when evaluating entrepreneurial achievements and societal impacts.

After conducting interviews with 9 experts and evaluations from 21 experts, and making modifications based on their feedback, a total of 7 items were revised. This resulted in 9 main elements and 66 sub-elements for the entrepreneur training model.

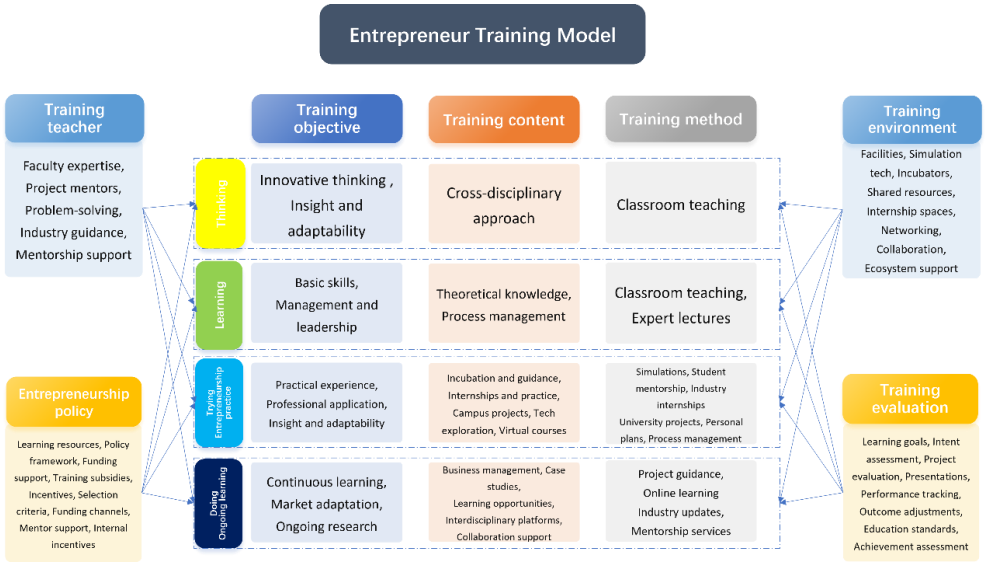


Fig 1. The Entrepreneur Training Model for Liuzhou Institute of Technology Student

Training objective guides the benchmarks and directions for Training content, Training method, Training teacher, Training environment, Entrepreneur practice, Entrepreneur policy, Training evaluation, and Ongoing learning. The Training objective possesses characteristics such as specificity, measurability, achievability, relevance, and timeliness.

Training content aligns with the Training objective, meeting the needs and levels of entrepreneurs, reflecting the philosophy and characteristics of entrepreneurial education, and exhibiting practicality, innovativeness, and flexibility.

Training method adapts to the Training content, ignites the interests and motivations of entrepreneurs, fosters their participation and interaction, embodies the process and outcomes of entrepreneurial training, and features effectiveness, diversity, and personalization.

Training teacher possesses the cognition and understanding of Training objective and Training content, master the application and design of Training method, have entrepreneurial and teaching experience, and demonstrate professionalism, affinity, and guidance.

Training environment supports the realization of Training objective, provides resources for Training content, coordinates the implementation of Training method, and facilitates the performance of Training teacher, with characteristics of safety, comfort, and openness.

Entrepreneur practice serves as the verification of Training objective, application of Training content, extension of Training method, and assistance to Training teacher, characterized by authenticity, challenge, and feedback.

Entrepreneur policy facilitates the achievement of Training objective, encourages innovation in Training content, standardizes operations in Training method, safeguards the rights of Training teacher, and provides opportunities for Entrepreneur practice, with features of rationality, fairness, and transparency.

Training evaluation, based on the standards of Training objective, covers the scope of Training content, considers the characteristics of Training method, incorporates the opinions of the Training teacher, reflects the performance of Entrepreneur practice, influences the formulation of Entrepreneur policy, and possesses objectivity, comprehensiveness, and timeliness.

Ongoing learning is the continuation of Training objective, updating of Training content, improvement of Training method, interaction of Training teacher, optimization of Entrepreneur practice, response to Entrepreneur policy, and driving force for Training evaluation, characterized by autonomy, proactivity, and persistence.

4. Conclusion

The study of the elements of the entrepreneurship training model at Liuzhou Institute of Technology yields the following conclusions:

The elements of the entrepreneurship training model at Liuzhou Institute of Technology include training objectives, training content, training methods, training faculty, training environment, entrepreneurship practice, entrepreneurship policy, training evaluation, and ongoing learning and post-training services. These elements form a comprehensive entrepreneurship training system, facilitating students' acquisition of the knowledge, skills, and practical experience necessary for entrepreneurship within the campus environment.

Throughout the research process, we emphasized the importance of defining training objectives and developing appropriate training content to ensure the cultivation of students with innovative thinking and entrepreneurial capabilities. The selection of training methods and the qualification of training faculty were also deemed critical factors that can influence the realization of training outcomes. Furthermore, providing a conducive training environment and practical opportunities were seen as essential for students' entrepreneurial development.

Entrepreneurship policy, training evaluation, and the duration of training were identified as key factors in ensuring the effective operation of the entrepreneurship training model. The formulation of entrepreneurship policies and the implementation of training evaluations can assist the institute in better managing and optimizing the entrepreneurship training model. Additionally, ongoing learning and training services enable students to continue learning about entrepreneurship and enterprise management after establishing their companies, gaining access to industry trends, accumulating industry resources, and expanding their networks.

References:

An, H., & Xu, Y. (2021). “Cultivation of entrepreneurial talents through virtual entrepreneurship practice in higher education institutions”. **Frontiers in Psychology**. 12, 690692.

Blesia, J. U., Iek, M., Ratang, W., & Hutajulu, H. (2021). “Developing an entrepreneurship model to increase students’ entrepreneurial skills: An action research project in a higher education institution in Indonesia”. **Systemic Practice and Action Research**. 34 : 53-70.

Hill, S., Ionescu-Somers, A., Coduras, A., Guerrero, M., Roomi, M. A., Bosma, N., ... & Shay, J. (2022, February). “Global entrepreneurship monitor 2021/2022 global report: opportunity amid disruption”. **In Expo 2020 Dubai**. 10-16.

Hill, S., Ionescu-Somers, A., Coduras, A., Guerrero, M., Roomi, M. A., Bosma, N., ... & Shay, J. (2024). “Global entrepreneurship monitor 2023/2024 global report: 25 Year and Growing”. 21-39. [Online]. Available : **https://www.gemconsortium.org/file/open?fileId=51377.** Retrieved February 02, 2024.

Liu, H., & Liu, W. (2021, April). “Research on the Cultivation Path of Innovative and Entrepreneurial Talents in Colleges and Universities in the New Era”. **In 2021 2nd Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers**. (pp. 531-534).

Lv, Y., Chen, Y., Sha, Y., Wang, J., An, L., Chen, T., ... & Huang, L. (2021). “How entrepreneurship education at universities influences entrepreneurial intention: Mediating effect based on entrepreneurial competence”. **Frontiers in Psychology**. 12 : 655868.

Michael Research Institute. (2022). “Employment Blue Book: 2022 Report on Employment of Chinese Undergraduates”. **Social Sciences Academic Press**. 2022.14-37.

Olutuase, S. O., Brijlal, P., & Yan, B. (2023). “Model for stimulating entrepreneurial skills through entrepreneurship education in an African context”. **Journal of Small Business & Entrepreneurship**. 35(2) : 263-283.

State Council. (2016). “Notice of the State Council on Issuing the 13th Five-Year Plan for National Science and Technology Innovation”. **National Development and Reform Commission**. 2016. (43).

Tian, M. (2023). “Nurturing Entrepreneurial Mindsets and Talent Training for English Majors: An Outcome-Based Education Paradigm”. **Journal of the Knowledge Economy**. 2023 : 1-31.

Xi Jinping. (2020). “Explanation on the Proposal of the Central Committee of the Communist Party of China on Formulating the Fourteenth Five-Year Plan for National Economic and Social Development and the Long-Range Objectives for 2035”. **Chinese Nation**. 11 : 4-7.

Yang, L. I. U., ZHANG, Y. H., ZHANG, C., Ze-Xuan, Y. I. N., Chun-Ping, W. U., Chun-Yan, Q. I. U., ... & Xiang, L. I. (2018, April). “Research on the Mode of Innovation and Cultivation of Entrepreneurial Talents in Colleges and Universities”. **In 2018 4th Annual International Conference on Modern Education and Social Science (MESS 2018)**. pp. 203-208. Atlantis Press.

Zhang, Q (2021). **Three dimensional four levels and five elevations: a practical exploration of leading cultivation of innovative and entrepreneurial ability of new engineering talents**. China College Students Online. 49-62.

Zhao, X., & Wang, X. (2022). “The influence of college entrepreneurship education system on the cultivation of applied innovative talents”. **Frontiers in Psychology**. 13 : 844234.

Zhu, K. (2023). “Training of innovative applied talents of international trade major--Based on OBE and Iceberg model”. **Contemporary Education and Teaching Research**. 4(3) : 130-136.

รายละเอียดและคำแนะนำการเตรียมบทความเสนอการตีพิมพ์ วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ Industrial Technology Journal, Surindra Rajabhat University

---

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ได้เปิดรับบทความจากนักวิชาการ นักวิจัยและนักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย มีกำหนดการตีพิมพ์ปีละ 2 ครั้ง คือ ในรอบเดือนมกราคม – มิถุนายน และรอบเดือนกรกฎาคม - ธันวาคม โดยยินดีรับบทความที่มีขอบเขตเนื้อหาเกี่ยวข้องในศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและสหวิทยาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยทุกบทความจะได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิไม่น้อยกว่า 2 ท่าน

ขั้นตอนการดำเนินงานจัดทำวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

1. รับต้นฉบับจากผู้สนใจตีพิมพ์บทความผ่านระบบ ThaiJo (https://www.tci-thaijo.org/idex.php/journalindus/login)

2. กองบรรณาธิการตรวจสอบความสมบูรณ์ความถูกต้องและคุณภาพของบทความต้นฉบับ

3. กองบรรณาธิการเตรียมต้นฉบับจัดส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviews) ที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้อง ไม่น้อยกว่าสองท่านต่อหนึ่งบทความ ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แต่ง (Authors) จะไม่ทราบชื่อซึ่งกันและกัน (Double – blind Peer Reviews) โดยบทความที่ลงตีพิมพ์นั้นจะต้องผ่านความเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งสองท่านหรือสองในสามท่าน

ทั้งนี้ ความคิดเห็นเกี่ยวกับบทความมีดังนี้

- Accept Submission = รับตีพิมพ์บทความโดยให้กองบรรณาธิการพิจารณาอีกครั้ง
- Revisions Required = แก้ไขบทความโดยให้บรรณาธิการพิจารณาอีกครั้ง
- Resubmit for Review = ผู้แต่งต้องแก้ไขบทความส่งกลับมาให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบอีกครั้ง
- Resubmit Elsewhere = ปฏิเสธรับตีพิมพ์บทความ กรณีที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ขอบเขตของวารสาร และการเตรียมบทความ ทั้งนี้ให้ผู้แต่งส่งบทความตีพิมพ์ในวารสารอื่น
- Decline Submission = ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ
- See Comments = พิจารณาข้อเสนอแนะของผู้ประเมินบทความ

4. กองบรรณาธิการส่งต้นฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วพร้อมสรุปผลการประเมินคุณภาพต้นฉบับและจัดส่งผู้แต่งเพื่อปรับแก้ไข พร้อมให้ชี้แจงการปรับแก้ไขกลับมายังกองบรรณาธิการ

5. กองบรรณาธิการตรวจสอบการปรับปรุงแก้ไขความถูกต้อง และรูปแบบการเขียนต้นฉบับ

6. บรรณาธิการตอบรับการตีพิมพ์และเผยแพร่ต้นฉบับดังกล่าวผ่านระบบฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์กลาง (https://www.tci-thaijo.org/idex.php/journalindus/login) จากนั้น จะออกหนังสือตอบรับการตีพิมพ์บทความอย่างเป็นทางการจากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์อีกครั้ง

7. กองบรรณาธิการรวบรวมต้นฉบับและตรวจสอบความถูกต้อง ก่อนจัดส่งโรงพิมพ์เพื่อจัดทำวารสารฉบับร่าง

8. กองบรรณาธิการตรวจสอบความถูกต้องของวารสารฉบับร่างจากโรงพิมพ์อีกครั้ง จากนั้นจึงส่งตีพิมพ์เผยแพร่

9. กองบรรณาธิการเผยแพร่วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ผ่านระบบฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์กลาง (https://www.tci-thaijo.org/idex.php/journalindus/login) และจัดส่งวารสารฉบับตีพิมพ์ให้กับผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้แต่ง และหน่วยงานอื่น ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ทางวิชาการต่อไป

หลักเกณฑ์ในการส่งบทความของวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

1. บทความที่ผู้แต่งส่งมาเพื่อตีพิมพ์จะต้องเป็นบทความที่ยังไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่หรืออยู่ระหว่างการเสนอขอตีพิมพ์จากวารสารอื่น ๆ

2. เนื้อหาในบทความต้องไม่คัดลอก ลอกเลียนแบบ หรือไม่ตัดทอนจากบทความอื่นโดยเด็ดขาด (การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้แต่งเท่านั้น)

3. ผู้แต่งต้องเขียนบทความตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในหัวข้อ “คำแนะนำการเตรียมต้นฉบับสำหรับผู้เขียนบทความเพื่อการพิจารณาตีพิมพ์” ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

4. การพิจารณาบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จะพิจารณาเฉพาะบทความที่ได้รับการประเมินให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิเท่านั้น

5. กรณีมีข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้แต่งต้องปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และชี้แจงการแก้ไขต้นฉบับดังกล่าว มายังกองบรรณาธิการ

คำแนะนำการเตรียมต้นฉบับสำหรับผู้เขียนบทความเพื่อการพิจารณาตีพิมพ์

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ รับบทความที่มีขอบเขตเนื้อหาในศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และสหวิทยาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยรับบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ บทความที่รับพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารฯ มีสองลักษณะ และความยาวของบทความควรเป็นดังนี้

1) บทความวิจัย (Research Article)ประมาณ 12 หน้า ต่อบทความ

2) บทความทางวิชาการ (Article) ประมาณ 7 หน้า ต่อบทความ

ผู้เขียนสามารถจัดเตรียมต้นฉบับเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ แต่บทความภาษาไทยจะต้องมีชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สังกัด อีเมล์ บทคัดย่อและคำสำคัญเป็นภาษาอังกฤษด้วย โดยบทความที่เสนอจะต้องพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมเวิร์ดโปรเซสเซอร์ ใช้ตัวหนังสือแบบ TH SarabunPSK กำหนดตั้งค่าหน้ากระดาษซ้าย 2 เซนติเมตร ขวา 1.5 เซนติเมตร บน 2 เซนติเมตร ล่าง 1.5 เซนติเมตร กำหนดการตั้งแท็บ คือ 1.00 1.59 2.06 2.54 และ 3.02 เซนติเมตร ลงบนกระดาษขนาด B5 (182 x 257 mm) พิมพ์ต้นฉบับแบบขาว - ดำ โดยยึดรูปแบบการพิมพ์ตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารนี้ โดยขนาดและรูปแบบให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบตัวอักษรภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

รายการ	แบบอักษรและขนาด	การจัดตำแหน่ง	ลักษณะตัวอักษร
ชื่อเรื่อง	TH Sarbun PSK 18 pt	กึ่งกลาง	**ตัวหนา**
ชื่อและที่อยู่ผู้เขียน	TH Sarbun PSK 14 pt	กึ่งกลาง	**ตัวหนา**
หัวข้อ	TH Sarbun PSK 14 pt	ชิดซ้าย	**ตัวหนา**
เนื้อเรื่อง	TH Sarbun PSK 14 pt	กระจายแบบไทย	ตัวธรรมดา
ชื่อรูป	TH Sarbun PSK 14 pt	ชิดซ้าย	ตัวหนาเฉพาะคำว่า **รูปที่ x**
ชื่อตาราง	TH Sarbun PSK 14 pt	ชิดซ้ายอยู่เหนือตาราง	ตัวหนาเฉพาะคำว่า **ตารางที่ x**
ชื่อเอกสารอ้างอิง	TH Sarbun PSK 14 pt	ชิดซ้าย	ตัวธรรมดา

บทความภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์และการเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน โดยหลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทยในข้อความ และถ้าในบทความมีศัพท์เทคนิคหรือศัพท์เฉพาะให้ใช้คำทับศัพท์ และ/หรือ ศัพท์บัญญัติ พร้อมวงเล็บคำศัพท์ภาษาอังกฤษนั้นด้วย

การเขียนภาษาอังกฤษเพื่ออธิบายศัพท์ทางเทคนิคให้เขียนในวงเล็บภาษาอังกฤษต่อท้ายคำศัพท์นั้น ๆ โดยอธิบายเพียงครั้งแรกที่ศัพท์นั้นปรากฏในบทความ โดยใช้ตัวพิมพ์เล็ก (Small Letter) ยกเว้นชื่อเฉพาะ ชื่อคน หรืออักษรย่อที่ต้องใช้หรือขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ (Capital Letter)

การพิมพ์จะไม่มีการเว้นบรรทัด เว้นแต่หากต้องการขึ้นหัวข้อใหม่ให้เว้นหนึ่งบรรทัดหรือการแทรกตารางหรือรูปภาพและเว้นอีกหนึ่งบรรทัดก่อนจะขึ้นย่อหน้าใหม่หลังการแทรกตารางหรือรูปภาพดังกล่าว

การลำดับหัวข้อของเนื้อเรื่องให้ใช้เลขกำกับนำเป็นหัวข้อหมายเลข 1 และหากมีหัวข้อย่อยให้ใช้เลขระบบทศนิยมกำกับหัวข้อย่อย เช่น 1.1 เป็นต้น

สำหรับการอ้างอิงเอกสารต้องมีรูปแบบเดียวกันทั้งบทความ ทั้งนี้ให้ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 11 เอกสารอ้างอิง (References)

เอกสารต้องมีรูปแบบเดียวกันทั้งบทความ ทั้งนี้บทความประเภทต่าง ๆ ในวารสารเล่มนี้ มีหัวข้อโดยประมาณ ดังนี้

บทความวิจัย (Research Article)	**บทความวิชาการ (Article)**
1. ชื่อเรื่อง (Title) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ	1. ชื่อเรื่อง (Title) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
2. รายชื่อผู้เขียน (Authors) สถานที่ทำงาน (Addresses) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และที่อยู่อีเมล์ของนักวิจัยหลัก (E - mail Address)	2. รายชื่อผู้เขียน (Authors) สถานที่ทำงาน (Addresses) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และที่อยู่อีเมล์ของนักวิจัยหลัก (E - mail Address)
3. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ	3. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
4. บทนำ (Introduction)	4. ประเด็นหัวข้อ/เนื้อหาสาระ
5. วัตถุประสงค์ (Research Objectives)	5. สรุป (Conclusion)
6. วิธีการวิจัย (Methodology)	6. เอกสารอ้างอิง (References)
7. ผลการวิจัย (Results)	
8. อภิปรายผลและสรุปผล (Discussion and Conclusion)	
9. ข้อเสนอแนะ (Suggestion)	
10. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) - ถ้ามี	
11. เอกสารอ้างอิง (References)	
12. คุณค่าทางวิชาการ (Academic Value)	

1. ชื่อเรื่อง (Title)

ควรกะทัดรัดไม่ยาวจนเกินไป ถ้าบทความเป็นภาษาไทย ชื่อเรื่องต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2. รายละเอียดผู้แต่งบทความ

2.1 รายชื่อผู้เขียน (Authors) ให้เขียนชื่อเต็ม นามสกุลเต็ม ของผู้แต่งครบทุกคน ทั้งบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2.1.1 ไม่ใส่ตำแหน่งทางวิชาการ ยศ ตำแหน่งทางทหาร สถานภาพทางการศึกษา หรือ คำนำหน้าชื่อหรือท้ายชื่อ และไม่ต้องระบุสถานภาพผู้แต่ง เช่น นักศึกษาปริญญาเอก หรืออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นต้น

2.1.2 ให้ใส่ตัวเลขเป็นตัวยกกำกับท้ายนามสกุลของผู้แต่งทุกคน และใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) เฉพาะผู้รับผิดชอบบทความ (คนที่ 1)

2.2 สถานที่ทำงาน (Addresses) ระบุชื่อคณะและสถาบันการศึกษาของผู้เขียนบทความทุกคนในกรณีที่บทความใดมีผู้เขียนหลายคน ให้ใส่ตัวเลขเป็นตัวยกกำกับท้ายสถานที่ทำงานของผู้แต่งทุกคน และใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) เฉพาะสถานที่ทำงานของผู้รับผิดชอบบทความ (คนที่ 1)

2.3 ที่อยู่อีเมล์ของนักวิจัยหลัก (E - mail Address) ระบุอีเมล์ที่ใช้ติดต่อของผู้รับผิดชอบบทความหลัก ทั้งนี้ตัวอย่างการเขียนรายละเอียดผู้แต่งบทความ

ในบทความภาษาไทยและบทความภาษาอังกฤษให้พิมพ์เช่นเดียวกับรายละเอียดผู้แต่งบทความเพียงแต่แปลเป็นภาษาอังกฤษ ดังแสดงในรูปที่ 1 และ รูปที่ 2

บัญชา ชื่นจิต[1*] นวัฒกร โพธิสาร[2]
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์[1*]
คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์[2]
อีเมล์ : Bancha@srru.ac.th[1*]

รูปที่ 1 ตัวอย่างการพิมพ์รายละเอียดผู้แต่งบทความเป็นภาษาไทย

Bancha Chunjit[1*] Nawattakorn Phothisar[2]
Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University[1*]
Faculty of Management technology, Rahanangala University of Technology Isan Surin Campus[2]
E – mail : Bancha@srru.ac.th[1*]

รูปที่ 2 ตัวอย่างการพิมพ์รายละเอียดผู้แต่งบทความเป็นภาษาอังกฤษ

3. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

บทคัดย่อภาษาไทย และบทคัดย่อภาษาอังกฤษ ต้องมีความยาวระหว่าง 200 ถึง 350 คำ และมีความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด โดยพิมพ์เว้นที่ว่าง 1 บรรทัดต่อจากรายละเอียดผู้แต่งบทความ และเป็นบทคัดย่อบทคัดย่อประกอบไปด้วยวัตถุประสงค์ (Objective) วิธีการวิจัย (Methods) สรุปผลการวิจัย (Conclusion) และคุณค่าหรือการนำไปใช้ประโยชน์

คำสำคัญ (Keywords) มีคำสำคัญ 3 - 5 คำ ที่ครอบคลุมชื่อเรื่องที่ศึกษา เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นคำค้นหาข้อมูลและจัดเรียงคำสำคัญตามตัวอักษร ส่วนการเขียน Keywords ภาษาอังกฤษ ควรถูกต้องและชัดเจนตามหลักภาษา สอดคล้องกับคำสำคัญภาษาไทย โดยพิมพ์เว้นที่ว่าง 1 บรรทัดต่อจากบทคัดย่อ

4. บทนำ (Introduction)

เป็นส่วนของเนื้อหาที่อธิบายถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย ทั้งนี้ ควรอ้างอิงเอกสารและงานวิจัยที่มีความทันสมัยและความถูกต้องที่เกี่ยวข้องด้วยเพื่อให้มีน้ำหนักและเกิดความน่าเชื่อถือ โดยเป็นการอ้างอิงแทรกในเนื้อหา (In - text Citation) แบบนามปีที่ใช้ระบบ APA (American Psychological Association citation style)

5. วัตถุประสงค์ (Research Objectives)

วัตถุประสงค์มีความชัดเจนสอดคล้องกับชื่อบทความและอยู่ในกรอบของเรื่องที่ศึกษาวิจัย ไม่ควรเกิน 3 ข้อ

6. วิธีการวิจัย (Methodology)

อธิบายถึงกระบวนการวิจัยอย่างละเอียดและชัดเจน เช่น ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ขอบเขตการศึกษา เครื่องมือที่ใช้และการเก็บรวบรวมข้อมูล และสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งถ้าต้องมีการอ้างถึงสมการ ผู้แต่งต้องพิมพ์ด้วยฟังก์ชั่นในการเขียนสมการในเวิร์ดโปรเซสเซอร์ เช่น Math Type หรือเครื่องมือสมการอื่น ๆ และห้ามบันทึกสมการเป็นรูปภาพเด็ดขาด โดยรูปแบบอักษรในสมการต้องเป็น Times New Roman ขนาด 12 point

สมการทุกสมการจะต้องมีหมายเลขที่อยู่ในวงเล็บกำกับและเรียงตามลำดับ หมายเลขสมการต้องอยู่ชิดขอบขวาของคอลัมน์ โดยพิมพ์เว้นที่ว่าง 1 บรรทัด ก่อนและหลังการเขียนสมการ ดังตัวอย่าง

$$f_{r_{mnp}}{}^{TM^z} = \frac{\sqrt{\left(\frac{x_{mn}}{a}\right)^2 + \left(\frac{x_{mn}}{b}\right)^2 + \left(\frac{p\pi}{L}\right)^2}}{2\pi\sqrt{\mu\varepsilon}} \quad (1)$$

การนิยามและอธิบายตัวแปรในสมการให้ใช้รูปแบบอักษรหรือสัญลักษณ์ที่เหมือนกันกับที่ปรากฏในสมการทั้งแบบอักษรและขนาดอักษร

7. ผลการวิจัย (Results)

เสนอผลการวิจัยที่ตรงประเด็นตามวัตถุประสงค์การวิจัย โดยการบรรยายในเนื้อเรื่อง หรือแสดงรายละเอียดเพิ่มเติมด้วยภาพประกอบ ตาราง กราฟ หรือแผนภูมิ ตามความเหมาะสม

7.1 ข้อกำหนดเกี่ยวกับรูป ต้องมีความกว้างไม่เกินขอบหน้ากระดาษ โดยวรรค 1 บรรทัด ก่อนและหลังรูป กรณีที่เป็นรูปขนาดใหญ่จะลงเต็มหน้ากระดาษทางขวางก็ได้ โดยให้จัดรูปแบบให้เหมาะสมและชัดเจน รูปกราฟหรือแผนภูมิต่าง ๆ ควรวาดด้วยลายเส้นคมชัดบนพื้นที่สีขาว รูปถ่ายต้องเป็นรูปจริงและเป็นรูปขาวดำเท่านั้น รูปประกอบแต่ละรูปจะต้องมีหมายเลขกำกับและมีคำบรรยายประกอบที่มีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด โดยจัดชิดซ้ายใต้รูปที่ หากรูปมีตัวอักษร ขนาดของอักษรต้องมีขนาดที่อ่านได้และไม่ควรมีขนาดเล็กกว่าขนาดอักษรที่เป็นเนื้อเรื่อง (14 point) ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 สายอากาศในการทดลองโดยมีสายโพรบเป็นสายวัดที่ต่อเข้ากับ Network Analyzer

7.2 ข้อกำหนดเกี่ยวกับตาราง เว้นที่ว่าง 1 บรรทัด ก่อนและหลังการเขียนตาราง ใช้ขนาดของตัวเลขและตัวอักษร 14 point ควรตีเส้นในตารางให้เรียบร้อย ตารางแต่ละตารางจะต้องมีหมายเลขกำกับและมีคำบรรยายตารางความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด พิมพ์ชิดขอบซ้ายเหนือตารางนั้น ๆ ดังตัวอย่างในตารางที่ 1 - 2

8. อภิปรายผลและสรุปผล (Discussion and Conclusion)

ชี้แจงผลวิจัยว่าตรงกับวัตถุประสงค์หรือสมมุติฐานการวิจัย วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการวิจัยให้เข้ากับหลักทฤษฎีสอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลการวิจัยของผู้อื่นที่มีอยู่ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

9. ข้อเสนอแนะ (Suggestion)

ระบุข้อเสนอแนะหรือการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือทิ้งประเด็นคำถามวิจัยซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิธีจัยต่อไป

10. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) – ถ้ามี

ระบุสั้น ๆ ว่างานนี้ได้รับทุนสนับสนุนและความช่วยเหลือจากองค์กรใดหรือผู้ใดบ้าง (ถ้ามี) โดยให้ละเว้นการกล่าวขอบคุณบุพการีหรืออาจารย์ที่ปรึกษา

11. เอกสารอ้างอิง (References)

เป็นการอ้างอิงเอกสารในเนื้อหาให้ใช้ระบบ APA Style (American Psychological Association Style) ให้เริ่มต้นด้วยเอกสารอ้างอิงภาษาไทยก่อนแล้วตามด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ หากผู้เขียนมีมากกว่า 3 คน ให้ใส่ชื่อ 3 คนแรกแล้วตามด้วย และ คณะหรือ et al.

11.1 การอ้างอิงในเนื้อหาใช้ระบบนาม-ปี (Name-year Reference)

1) การอ้างอิงในเนื้อหาจากสื่อทุกประเภท ลงในรูปแบบ “ชื่อ นามสกุล.//ปีที่พิมพ์/:/เลขหน้าที่ปรากฏ” อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บเล็ก

2) ผู้เขียนคนไทยลงชื่อ-สกุล ส่วนผู้เขียนชาวต่างชาติลงเฉพาะนามสกุล ดังตัวอย่าง

ตัวอย่าง

โสเกรติสย้ำว่าการอ่านสามารถจุดประกายได้จากสิ่งที่นักอ่านรู้อยู่แล้วเท่านั้นและความรู้ที่ได้รับมาไม่ได้มาจากตัวหนังสือ (แมนเกล. 2546 : 127)

สุมาลี วีระวงศ์ (2552 : 37) กล่าวว่า การที่ผู้หญิงจะไปสื่อชักผู้ชายมาบ้านเรือนของตัวเองทั้ง ๆ ที่เขายังไม่ได้มาสู่ขอนั้น เป็นเรื่องผิดขนบธรรมเนียมจารีตประเพณี

หมายเหตุ : ทุกรายการที่อ้างอิงในเนื้อหา ต้องปรากฏในรายการบรรณานุกรมเสมอ

11.2 บรรณานุกรม (Bibliography) การเขียนบรรณานุกรมใช้รูปแบบของ APA (American Psychology Association) ดังตัวอย่างตามชนิดของเอกสารดังนี้

1) หนังสือ

ชื่อ-สกุลผู้แต่ง.//(ปีที่พิมพ์).//**ชื่อหนังสือ.**//เล่มที่ (ถ้ามี).//ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี).//สถานที่พิมพ์/:/สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

แมนเกล, อัลแบร์โต. (2546). **โลกในมือนักอ่าน**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : พิฆเณศ พริ้นติ้ง เซ็นเตอร์.

สุมาลี วีระวงศ์. (2552). **วิถีชีวิตไทยในลิลิตพระลอ.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สถาพรบุ๊คส์.

Tidd, J., Bessant, J. and Pavitt, K. (2001). **Managing innovation**. 2nd ed. Chichester: John Wiley and Sons.

2) บทความวารสาร

ชื่อ-สกุลผู้เขียน.//(ปีที่พิมพ์,/เดือน วันที่)./“ชื่อบทความ.”/**ชื่อวารสาร./**ปีที่หรือเล่มที่(ฉบับที่)/:/เลขหน้า

ตัวอย่าง

ธเนศ อาภรณ์สุวรรณ. (2538, มกราคม). “ข้อสังเกตเกี่ยวกับการศึกษาประวัติศาสตร์เศรษฐกิจของไทย.” **วารสารมนุษยศาสตร์.** ฉ. 2 : 35-40.

Cooray, V. (1992, July-August). “Hotizontal Field Generated by Return Strokes.” **Radio Science.** 27(4) : 529-537.

3) วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้เขียนวิทยานิพนธ์.//(ปีพิมพ์).//**ชื่อวิทยานิพนธ์.**//ระดับวิทยานิพนธ์//ชื่อสาขาวิชา//หรือภาควิชา//คณะ//ชื่อสถาบัน

ตัวอย่าง

บุญเรือง เนียมหอม. (2540). **การพัฒนาระบบการเรียนการสอนทางอินเตอร์เน็ตในระดับอุดมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา** บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปณิธิ อมาตยกุล. (**2547). การย้ายถิ่นของชาวไทใหญ่เข้ามาในจังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิภาคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันดี สนติวุฒิเมธี. (**2**545). **กระบวนการสร้างอัตลักษณ์ทางชาติพันธุ์ของชาวไทใหญ่ชายแดนไทย-พม่า กรณีศึกษาหมู่บ้านเปียงหลวง อำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์สังคมวิทยาและมานุษยวิทยามหาบัณฑิต สาขาวิชามานุษยวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

4) สื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

4.1) ข้อมูล/สารสนเทศจากสารานุกรมบนซีดีรอม

ผู้เขียนบทความ.//(ปีที่พิมพ์).//“ชื่อบทความ.”/**ชื่อสารานุกรม.**//จำนวนแผ่น.//[ประเภทของสื่อที่เข้าถึง].//เข้าถึงได้จาก/:/ชื่อสารานุกรม./สืบค้น วัน/เดือน/ปีที่สืบค้น.

ตัวอย่าง

Meade, M. S. (2002). “Thailand.” **Compton’s Interactive Encyclopedia.** [CD-ROM]. Available : Comption’s Interactive Encyclopedia. Retrieved July 4, 2002.

4.2) ข้อมูล/สารสนเทศจากวารสารอิเล็กทรอนิกส์

ผู้เขียนบทความ.//(ปีที่พิมพ์).//“ชื่อบทความ.”/**ชื่อวารสาร.**/ปีที่(ฉบับที่).//[ประเภทของสื่อที่เข้าถึง].//เข้าถึงได้จาก/:/แหล่งข้อมูล/สารสนเทศ/สืบค้น วัน/เดือน/ปีที่สืบค้น.

ตัวอย่าง

Erdelez, S., Ware, N. (2001). “Finding Competitive Intelligence on Internet Start-up Companies : A Study of Secondary Resource Use an Information-Seeking Processes.” **Information Research.** 7(1). [Online]. Available : http://information.net/ir/7-1 paper115.html Retrieved July 11, 2002.

Kenneth, I. A. (2000). “A Buddhist Response to The Nature of Human Rights.” **Journal of Buddhist Ethics.** 8(3). [Online]. Available : http://www.cac.psu.edu/jbe/twocont.html Retrieved March 2, 2009.

4.3) ข้อมูล/สารสนเทศอื่นๆ บนอินเตอร์เน็ต

ผู้เขียนบทความ.//(ปี).//“ชื่อบทความ.”//[ประเภทของสื่อที่เข้าถึง].//เข้าถึงได้จาก/:/**แหล่งข้อมูล**/สารสนเทศ/สืบค้น วัน/เดือน/ปีที่สืบค้น.

ตัวอย่าง

ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2550). “แรงงานต่างด้าวในภาคเหนือ.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **ผิดพลาด! การอ้างอิงไฮเปอร์ลิงก์ไม่ถูกต้องnorthern /public/Econ/ch7/42BOX04. HTM.** สืบค้น 2 กันยายน 2550.

Beckenbach, F. and Daskalakis, M. (2009). “Invention and Innovation as Creative Problem Solving Activities: A Contribution to Evolutionary Microeconomics.” [Online]. Available : **http:www.wiwi.uni-augsburg.de/vwl/hanusch/emaee/papers/Beckenbach_neu.pdf** Retrieved September 12, 2009.

12. คุณค่าทางวิชาการ (Academic Value)

การนำเสนอให้ความรู้ใหม่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาและวงวิชาการ/การเสนอความรู้ทันต่อความก้าวหน้าทางวิชาการ/สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งอ้างอิงหรือนำไปปฏิบัติได้/กระตุ้นให้เกิดความคิดและการค้นคว้าอย่างต่อเนื่อง

.

การส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ผู้แต่งต้องส่งบทความผ่านทางระบบออนไลน์ โดยการสมัครสมาชิก (Register) วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในระบบฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์กลาง (https://www.tci-thaijo.org/idex.php/journalindus/login) เพื่อขอรับ Username และ Password และคลิกที่ปุ่ม Log In เพื่อเข้าสู่ระบบ ในกรณีที่เป็นสมาชิกของวารสารแล้ว กรุณาเข้าสู่ระบบ log in และดำเนินการส่งบทความโดยดูตัวอย่างการส่งบทความได้ที่ ขั้นตอนการ SUBMISSION

หมายเหตุ:

1. กองบรรณาธิการฯ ขอสงวนสิทธิ์ ในการแก้ไขข้อความบางส่วนโดยไม่กระทบต่อเนื้อหาหลักของบทความ ทั้งนี้ เพื่อให้เป็นไปตามรูปแบบการตีพิมพ์ของวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

2. บทความในวารสารฉบับนี้ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้แต่งเท่านั้น

รูปแบบของบทความเพื่อการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ขนาด 18 pt **ตัวหนา**

เว้น 1 บรรทัด

ชื่อ – สกุล ผู้แต่งบทความคนที่[1*] ชื่อ – สกุล ผู้แต่งบทความคนที่[2]
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์[1*]
คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์[2]
อีเมล์ : Bancha@srru.ac.th[1*]

ขนาด 14 pt **ตัวหนา**

เว้น 1 บรรทัด

บทคัดย่อ ขนาด 14 pt **ตัวหนา**

การจัดพิมพ์เอกสารต้นฉบับ ต้องปฏิบัติอย่างเคร่งครัดตามรูปแบบที่กำหนด ในกรณีบทความเป็นภาษาไทย ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาไทย ควรมีย่อหน้าเดียวไม่ควรเกิน 250 คำ บทคัดย่อควรกล่าวถึงวัตถุประสงค์หลักของบทความ ผลลัพธ์ หรือสรุปผลที่ได้จากการทำวิจัย คำสำคัญที่เป็นภาษาไทยไม่ต้องมีเครื่องหมายจุลภาค (,) ระหว่างคำ

ขนาด 14 pt ตัวบาง

เว้น 1 บรรทัด

คำสำคัญ : คำสำคัญ1 คำสำคัญ2 คำสำคัญ3 ขนาด 14 pt

A Manuscript Preparation Guideline for Paper Submitted to Industrial Technology Academic Journal, Surindra Rajabhat University

ขนาด 18 pt ตัวหนา

เว้น 1 บรรทัด

Author[1*], Author[2]
Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University[1*]
Faculty of Management Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus[2]
E – mail : Bancha@srru.ac.th[1*]

ขนาด 14 pt ตัวหนา

เว้น 1 บรรทัด

Abstract ขนาด 14 pt ตัวหนา

This Is an instruction for manuscript preparation. Please follow this guideline strictly. For a Thai article, an abstract in English must accompany the Thai version. The abstract should contain a single paragraph and its length should not exceed 250 words. It should be prepared in concise statement of objectives and summary of important.

ขนาด 14 pt ตัวบาง

เว้น 1 บรรทัด

Keywords : Keywords1, Keywords2, Keywords3 ขนาด 14 pt

บทนำ ขนาด 14 pt **ตัวหนา**

Introduction 14 pt bold

.....

.....

.....

ขนาด 14 pt ตัวบาง

วัตถุประสงค์ ขนาด 14 pt **ตัวหนา**

Research Objectives 14 pt bold

.....

.....

.....

ขนาด 14 pt ตัวบาง

วิธีการวิจัย ขนาด 14 pt **ตัวหนา**

Methods 14 pt bold

.....

.....

.....

ขนาด 14 pt ตัวบาง

ผลการวิจัย ขนาด 14 pt **ตัวหนา**

Results 14 pt bold

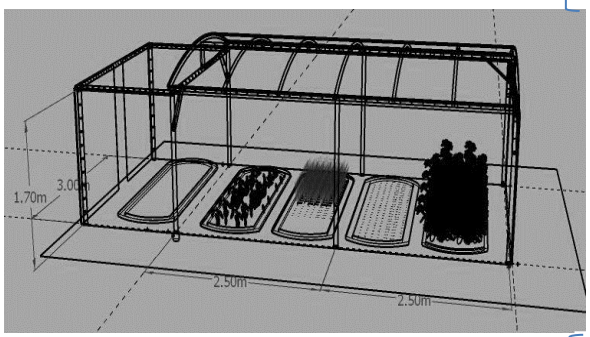
.....

.....

.....

ขนาด 14 pt ตัวบาง

เว้น 1 บรรทัด



เว้น 1 บรรทัด

รูปที่ 1 การออกแบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำเกษตรปลอดสารพิษของผู้สูงอายุ

ตารางที่ 1 ข้อมูลแสดงตารางผสมปฏิภาคคอนกรีต เว้น 1 บรรทัด

ส่วนผสม	ปฏิภาคส่วนผสม(กก./ม^3)				ค่ายุบตัวคอนกรีต (ม.ม.)
0.61	น้ำ	ซีเมนต์	หิน	ทราย	90
	200	327	1056	740	

หมายเหตุ : ในส่วนหมายเหตุใช้ TH SarabunPSK ขนาด 12 pt ตัวธรรมดา

อภิปรายผลและสรุปผล ขนาด 14 pt **ตัวหนา**

Discussion and Conclusion 14 pt bold

..... ขนาด 14 pt ตัวบาง

ข้อเสนอแนะ ขนาด 14 pt **ตัวหนา**

Suggestion 14 pt bold

..... ขนาด 14 pt ตัวบาง

กิตติกรรมประกาศ ขนาด 14 pt **ตัวหนา**

(ถ้ามี)..... ขนาด 14 pt ตัวบาง

เอกสารอ้างอิง ขนาด 14 pt **ตัวหนา**

References 14 pt bold

1 ซม. ..... ขนาด 14 pt ตัวบาง

คุณค่าทางวิชาการ ขนาด 14 pt **ตัวหนา**

Academic Value 14 pt bold

..... ขนาด 14 pt ตัวบาง

จริยธรรมการตีพิมพ์

จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการวารสาร (Editor Roles and Responsibility)

1. บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาคุณภาพของบทความ เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่ตนรับผิดชอบ และไม่ตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์ที่อื่นมาแล้ว
2. บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีระเบียบวิธีวิจัยที่ถูกต้อง และให้ผลที่น่าเชื่อถือ โดยนำผลของการวิจัยมาเป็นตัวชี้นำว่า สมควรตีพิมพ์เผยแพร่หรือไม่
3. บรรณาธิการต้องมีการตรวจสอบบทความในด้านการคัดลอกผลงานผู้อื่น (Plagiarism) อย่างจริงจัง
4. เมื่อบรรณาธิการตรวจพบการคัดลอกผลงานของผู้อื่น จะต้องระงับการประเมินและติดต่อผู้เขียน เพื่อพิจารณาตอบรับหรือปฏิเสธการตีพิมพ์
5. หากบรรณาธิการตรวจพบว่า บทความมีการลอกเลียนบทความอื่นโดยมิชอบ หรือมีการปลอมแปลงข้อมูล ซึ่งสมควรถูกถอดถอน แต่ผู้เขียนปฏิเสธที่จะถอนบทความ บรรณาธิการสามารถดำเนินการถอนบทความได้โดยไม่ต้องได้รับความยินยอมจากผู้เขียน ซึ่งถือเป็นสิทธิและความรับผิดชอบต่อบทความของบรรณาธิการ
6. บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียน และผู้ประเมินบทความแก่บุคคลอื่นๆ
7. บรรณาธิการต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนบทความและผู้ประเมินบทความ

บทบาทและหน้าที่ของผู้เขียนบทความ (Author Ethical Responsibilities)

1. บทความที่จะได้รับการพิจารณาลงตีพิมพ์จะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อนและไม่ส่งต้นฉบับบทความซ้ำซ้อนกับวารสารอื่น
2. เนื้อหาของบทความจะต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของวารสาร
3. บทความต้องไม่คัดลอกผลงานของผู้อื่น
4. ผู้เขียนบทความต้องอ้างอิงผลงานของผู้อื่น หากมีการนำผลงานเหล่านั้นมาใช้ในบทความของตัวเอง เช่น ภาพ ตาราง เป็นต้น
5. ผู้เขียนบทความต้องตรวจสอบความถูกต้องของรายการเอกสารอ้างอิง ทั้งในแง่ของรูปแบบและเนื้อหา
6. ผู้เขียนบทความจะต้องปรับบทความตามรูปแบบและขนาดตัวอักษรตามแบบฟอร์ม (template) ของวารสาร
7. ผู้เขียนบทความที่มีชื่อปรากฏในบทความทุกคน ต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในการดำเนินการบทความจริง
8. ผู้เขียนบทความไม่ควรนำเอกสารวิชาการที่ไม่ได้อ่านมาอ้างอิง หรือใส่ไว้ในเอกสารอ้างอิง และควรอ้างอิงเอกสารเท่าที่จำเป็นอย่างเหมาะสม ไม่ควรอ้างอิงเอกสารที่มากจนเกินไป
9. การกล่าวขอบคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือในกิตติกรรมประกาศนั้น หากสามารถทำได้ผู้เขียนบทความควรขออนุญาตจากผู้ที่ผู้เขียนประสงค์จะขอบคุณเสียก่อน
10. ในบทความ ผู้เขียนบทความจะต้องไม่รายงานข้อมูลที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ไม่ว่าจะเป็นการสร้างข้อมูลเท็จ หรือการปลอมแปลง บิดเบือน รวมไปถึงการตกแต่ง หรือ เลือกแสดงข้อมูลเฉพาะที่สอดคล้องกับข้อสรุป

บทบาทและหน้าที่ของผู้ประเมินบทความ (Reviewer Roles and Responsibilities)

1. ผู้ประเมินบทความต้องไม่เปิดเผยข้อมูลในบทความแก่บุคคลอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ
2. ผู้ประเมินบทความควรรับประเมินบทความเฉพาะสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญ และหากมีส่วนใดของบทความที่มีความเหมือนกัน หรือซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่นๆ ผู้ประเมินบทความต้องแจ้งให้บรรณาธิการทราบ
3. หากผู้ประเมินบทความมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนบทความ ผู้ประเมินบทความจะต้องแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบและปฏิเสธการประเมินบทความนั้นๆ

คณะทำงานจัดทำวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ พวงไพบูลย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงศักดิ์ มีสิทธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภินันทิชัย โจมสติ
อาจารย์ธาริณี มีเจริญ
ดร.วฤนดา เผ่าศิริ
นายสังเวียน ก้อนทอง
นายโปเสก ภาณุรัตน์
นางสาวกนิษฐา ขิมทอง
นางวริศราภรณ์ อารยางค์กูร
นางสาวสุนทราภรณ์ เนินแก้ว
นางสาวแสงเดือน ธรรมวัตร

เทคโนโลยีสร้างสรรค์
มุ่งเน้นวิชาการ
บริการท้องถิ่น

INDUSTRIAL TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

186 ม.1 ถนนสุรินทร์ - ปราสาท ต.นอกเมือง
อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000
Tel. 044-514601 Fax : 044-514601
www.industrial-journal.srru.ac.th