STJ SCIENCE AND TECHNOLOGY JOURNAL RMUTK

ฉบับที่ 01

RMUTK ราชมงคลกรุงเทพ

Faculty of Science and Technology

2025

Journal of Science and Technology
Rajamangala University of Technology Krungthep

ISSN 2392-5647 (Print) ISSN XXXX-XXXX (Online)

2568 | JANUARY-APRIL
ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-เมษายน 2568

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

(Journal of Science and Technology Rajamangala University of Technology Krungthep)

ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม – เมษายน 2568

ISSN 2392-5647 (Print) ISSN xxxx-xxxx (Online)

เจ้าของวารสาร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

วัตถุประสงค์ในการพิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.กรุงเทพ (STJ) จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิชาการและบทความวิจัย ด้านวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สถาปัตยกรรมการออกแบบ เทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเกษตร การบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับศาสตร์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย รวมถึงวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการบริหารธุรกิจหรือการศึกษา อีกทั้งเพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการ โดยมีกลุ่มเป้าหมายหลักคือบุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุน นักวิจัย และนักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

ขอบเขตเนื้อหาการตีพิมพ์

- สาขาวิทยาศาสตร์
- สาขาวิทยาศาสตร์ประยุกต์
- สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
- สาขาสถาปัตยกรรมและการออกแบบ
- สาขาอุตสาหกรรมการเกษตร
- สาขาการจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยี
- สาขาความรู้ทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการบริหารธุรกิจ หรือการศึกษา

กำหนดการเผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ

- ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน
- ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม
- ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม

ประเภทของบทความ

บทความวิจัย และบทความวิชาการ

กระบวนการพิจารณาบทความ

ทุกบทความที่ส่งให้วารสารพิจารณาจะถูกกลั่นกรองและประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 3 ท่าน ต่อบทความ ดำเนินการตรวจสอบโดยที่ผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ประเมิน และผู้ประเมินไม่ทราบชื่อผู้แต่ง (Double-Blind Peer Review)

จัดพิมพ์โดย

สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ติดต่อสอบถาม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีกรุงเทพ

เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

โทร. 0-287-9600 ต่อ 2111, มือถือ 08-6415-2558

E-mail: science.st@mail.rmutk.ac.th

เว็บไซต์วารสาร: https://li04.tci-thaijo.org/index.php/stjrmutk

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. กรุงเทพ

ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2568

ศาสตราจารย์ ดร. ปณิตา วรรณพิรุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรชัย ชวรางกูร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติคุณ มีทองจันทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล เจียรธราวานิช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นราธิป สุพัฒน์ธนานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระชาติ มัตติทานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มีนนภา รักษ์หิรัญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนากร ปามุทา	มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณ เขื่อนแก้ว	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มนัสนันทน์ บุญปาลวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อมร เจือตี๋	มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
อาจารย์ไพศาล สิมาเลาเต่า	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
อาจารย์ภาณุวัฒน์ วงศ์แสงน้อย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
อาจารย์ดารุณี บุญมา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อาจารย์นิลุบล บุตรไชย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. กรุงเทพ ฉบับนี้เป็นปีที่ 2 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม - เมษายน พ.ศ. 2568 วัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิชาการและบทความวิจัย ด้านวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สถาปัตยกรรมการออกแบบ เทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเกษตร การบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับศาสตร์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย รวมถึงวิชาการที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจและอุตสาหกรรม ในฉบับนี้ได้รวบรวมบทความวิชาการ จำนวน 2 บทความ และบทความวิจัย จำนวน 3 บทความ ซึ่งได้รับการพิจารณากลั่นกรองและประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจำนวนอย่างน้อย 3 ท่านต่อบทความ โดยมาจากหลากหลายสถาบัน เพื่อให้บทความมีความสมบูรณ์และมีคุณภาพมากที่สุด

คณะกองบรรณาธิการขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพและกลั่นกรองบทความทุกท่านที่ได้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาบทความของวารสารให้มีคุณภาพ และขอขอบคุณเจ้าของผลงานทุกท่านที่ให้เกียรติส่งผลงานเพื่อรับการพิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. กรุงเทพ และคณะกรรมการทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้มีวารสารฉบับนี้มีคุณค่าทางวิชาการและเผยแพร่ในวงกว้าง คณะกองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า บทความที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารฉบับนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการศึกษา การทำงานวิจัย รวมถึงการอ้างอิงงานวิจัย ของนักศึกษา นักวิชาการ อาจารย์ และนักวิจัย ได้เป็นอย่างดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ผิวพรรณ ประจันทร์ศรี
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
บรรณาธิการวารสาร

สารบัญ

ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองกรณีเกิดภัยฉุกเฉินกับการให้บริการผู้ป่วยในยุคดิจิทัล

Disaster Recovery Site and Patient Services in the Digital Age

กรรณิกา ละมั่งทอง[1] และ นภสินธุ์ บุญมาก[1]
Kannika Lamungthong[1] and Naphasin Boonmak[1]

[1]ฝ่ายสารสนเทศ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล 10700
[1] Information Technology Department Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University 10700

*Corresponding Author: kannika.lam@mahidol.edu

Received 27 พฤศจิกายน 2567; Revised 20 มีนาคม 2568; Accepted 24 เมษายน 2568

บทคัดย่อ

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศที่เพิ่มมากขึ้นและเข้ามามีบทบาทในเกือบจะทุกกิจกรรมภายในองค์กรและหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ปัจจุบันมีเหตุการณ์ต่าง ๆ เกิดขึ้นในรูปแบบที่หลากหลาย อาทิ การโจมตีทางไซเบอร์ อุบัติภัยทางธรรมชาติ การชุมนุมประท้วง การเกิดอัคคีภัย ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้หากเกิดขึ้นจะส่งกระทบต่อกิจกรรมทางธุรกิจต่าง ๆ ขององค์กรทั้งในด้านภาพลักษณ์ ชื่อเสียง ความเชื่อมั่น รวมไปถึงรายได้หลักขององค์กร ดังนั้นองค์กรจึงควรจัดทำกระบวนการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าหากเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน องค์กรจะยังสามารถดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจได้ โดยใช้แผนการความต่อเนื่องทางธุรกิจที่ได้กำหนดไว้

การบริหารจัดการความต่อเนื่องทางธุรกิจมีคำแนะนำและแนวทางในการบริหารจัดการที่หลากหลาย โดยองค์กรสามารถนำไปใช้ให้เหมาะสมกับบริบทขององค์กร สำหรับพื้นฐานของการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจจะประกอบด้วยกิจกรรมหลัก ๆ อาทิ การจัดทำแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ การสำรองและการกู้คืนข้อมูล ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้หากองค์กรนำมาพิจารณา จัดทำ ทบทวน และปรับปรุงเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ ก็จะช่วยลดผลกระทบต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับองค์กรและช่วยให้องค์กรสามารถบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทความนี้รวบรวมมาตรฐานการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจ การสำรองข้อมูล การกู้คืนข้อมูล และศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองกรณีเกิดสภาวะวิกฤตหรือสภาวะฉุกเฉิน พร้อมยกตัวอย่างการนำสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ภายในองค์กรเพื่อให้เห็นภาพการนำไปเชื่อมโยงกับการบริหารจัดการและการปฏิบัติงานของบุคลากรภายในองค์กรต่อไป

คำหลัก: *การบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจ; การสำรองและการกู้คืนข้อมูล; ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน*

Abstract

The advancement of information technology has increased and played a role in almost every activity within organizations and agencies in both the public and private sectors. Currently, there are various incidents occurring in various forms, such as cyber-attacks, natural disasters, protests, and fires. If these things happen, they will affect the organization's business activities in terms of image, reputation, confidence, and the organization's main income. Therefore, the organization should establish a business continuity management process to ensure that if an emergency occurs, the organization can still conduct business activities using the specified business continuity plan.

Business continuity management has various recommendations and management guidelines that organizations can use appropriately in their context. The basics of business continuity management include main activities such as creating a business continuity plan under various situations, data backup and recovery. If the organization considers, creates, reviews, and improves these things regularly, it will help reduce the impacts that may occur to the organization and help the organization manage business continuity effectively.

This article compiles business continuity management standards, data backup, data recovery, and backup computer centers in case of crises or emergencies. Along with providing examples of how these things can be applied within an organization to illustrate how they can be linked to the management and operations of personnel within the organization.

Keyword: *Business Continuity Management; Data Backup and Recovery; Disaster Recovery Site, DR Site*

1. บทนำ

ระบบสารสนเทศกลายเป็นหัวใจหลักของการดำเนินธุรกิจในยุคดิจิทัล องค์กรหรือหน่วยงานส่วนใหญ่ทั้งภาครัฐและเอกชนล้วนนำระบบสารสนเทศมาใช้ในองค์กรอย่างกว้างขวาง อาทิ ระบบ Web Site ขององค์กร ระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail) หรือ ระบบเฉพาะทางต่าง ๆ เช่น ระบบการวางแผนทรัพยากรในองค์กร (Enterprise Resource Planning: ERP) ระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management: SCM) และระบบการบริหารจัดการความสัมพันธ์ลูกค้า (Customer Relationship Management: CRM) เป็นต้น ทำให้การใช้งานคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการเข้าถึงข้อมูลขององค์กรจึงกลายเป็นเรื่องที่บุคลากรในองค์กรทุกคนคุ้นเคยและใช้ปฏิบัติงานอยู่ในชีวิตประจำวัน โดยอาศัยระบบสารสนเทศและระบบเครือข่ายเป็นโครงสร้างพื้นฐานในการทำงานของระบบต่าง ๆ ดังกล่าว แน่นอนว่าระบบสารสนเทศจะสามารถใช้งานได้จำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์ทางกายภาพสนับสนุน ตัวอย่างเช่น เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Computer Server) ที่ใช้สำหรับติดตั้งซอฟต์แวร์ระบบและจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการใช้งานสารสนเทศ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระบบให้สามารถทำงานในหลาย ๆ จุดหรือเป็นเส้นทางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลสารนเทศ ระบบปรับอากาศทำหน้าที่รักษาอุณหภูมิไม่ให้เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์เกิดความร้อน และระบบไฟฟ้า ที่สนับสนุนการทำงานของระบบเครื่องแม่ข่าย เครือข่าย และระบบปรับอากาศ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นอุปกรณ์ทางกายภาพย่อมมีโอกาสเสื่อมสภาพและหยุดทำงานได้ ส่งผลให้ระบบสารสนเทศหยุดชะงักได้ หรือหากเกิดเหตุการณ์ไม่คาดคิด เช่น ไฟไหม้ น้ำท่วม ตึกถล่มบริเวณที่ติดตั้งระบบสารสนเทศ ล้วนเป็นเหตุให้ระบบสารสนเทศหยุดชะงักได้ เมื่อระบบสารสนเทศที่มีความสำคัญและถือเป็นหัวใจหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงานเกิดการหยุดชะงักย่อมทำให้การดำเนินการทางธุรกิจขององค์กรเกิดความล่าช้าหรือหยุดชะงักได้ ซึ่งความล่าช้าหรือการหยุดชะงักของการให้บริการขององค์กรย่อมทำให้เกิดความเสียหายขององค์กรทั้งทางด้านภาพลักษณ์ ความพึงพอใจของผู้รับบริการที่มีต่อองค์กรตลอดจนรายได้ขององค์กร ดังนั้น เพื่อลดความเสี่ยงและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับองค์กรเมื่อระบบสารสนเทศและเทคโนโลยีสารสนเทศหยุดชะงัก องค์กรจึงต้องให้ความสำคัญในการบริหารจัดการให้สามารถดำเนินธุรกิจได้อย่างต่อเนื่องภายใต้ภาวะวิกฤต

2. การบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจ (Business Continuity Management: BCM)

การบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจเป็นกระบวนการบริหารจัดการแบบองค์รวม (Holistic Management Process) ซึ่งองค์กรสามารถกำหนดปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้จากปัจจัยเสี่ยงดังกล่าวว่ามีผลเสียหายต่อองค์กรมากน้อยเพียงใด หรือที่เรียกว่า “การวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยเสี่ยงและเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ต่อธุรกิจ (Business Impact Analysis: BIA)” และนำมาใช้ในการกำหนดแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจ (Business Continuity Planning: BCP) เพื่อองค์กรสามารถ

เนินธุรกิจได้อย่างต่อเนื่องเมื่อเกิดภาวะฉุกเฉินหรือภาวะวิกฤต ตลอดจนลดผลกระทบจากการที่ระบบสารสนเทศไม่สามารถให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก [1] ได้แก่

2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis Phase)

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์การปฏิบัติงานทางธุรกิจที่สำคัญ (Critical Function) และการปฏิบัติงานทางธุรกิจทั่วไป (Non-Critical Function) ขององค์กร เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของความเสี่ยงและเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ต่อธุรกิจ (Business Impact Analysis) ซึ่งจะให้ผู้บริหารระดับสูงขององค์กรพิจารณาจากตัวเลข 2 ชุด ได้แก่

1) ช่วงเวลาการหยุดชะงักของระบบสารสนเทศที่ยอมรับได้สูงสุด (Maximum Tolerable Period of Disruption: MTPD) ที่หากระยะเวลาเกินไปกว่าค่าที่กำหนดแล้ว จะส่งผลกระทบกับการดำเนินธุรกิจ หรือผู้รับบริการขององค์กร เช่น ธุรกิจการจัดส่งอาหารสดหากระบบไม่สามาถส่งได้ระยะเวลาที่องค์กรได้ทำสัญญากับลูกค้าไว้อาจเกิดการฟ้องร้องเกิดขึ้นได้ในความเสียหายที่ได้รับสินค้าล่าช้า หรือธุรกิจท่าอากาศยานหากระบบหยุดชะงักไปอาจจะส่งผลกับความปลอดภัยในการขึ้นลงของเครื่องบินได้ โดยค่า MTPD จะถูกใช้ในการกำหนดค่า “ระยะเวลาเป้าหมายในการฟื้นคืนสภาพของระบบ (Recovery Time Objective: RTO)” ทั้งนี้ ระบบที่กลับมาจะยังไม่ได้สมบูรณ์ทั้งหมด แต่องค์กรก็สามารถดำเนินธุรกิจต่อได้ ระยะเวลาเป้าหมายในการฟื้นคืนสภาพของระบบ (Recovery Time Objective: RTO) ที่แท้จริงจะได้จากการทดสอบการกู้คืนระบบประจำปี ทั้งนี้ ค่า RTO จะมีค่าน้อยกว่าค่า MTPD เสมอ

2) ระยะเวลาของข้อมูลสูญหายจากระบบที่องค์กรยอมรับได้ในช่วงเวลาหนึ่ง (Recovery Point Objective: RPO) โดย ตัวอย่างเช่น กำหนดให้ค่า MTPD 24 ชั่วโมง ค่า RTO ที่เคยผ่านการทดสอบ 2 ชั่วโมง และ RPO มีค่า 1 ชั่วโมง เมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินระบบล่มไม่สามารถใช้งานได้เมื่อเวลา 15.30 น. และจากการตรวจสอบพบว่าองค์กรทำการสำรองข้อมูล (Backup Data) ไว้ล่าสุดเมื่อเวลา 15.00 น องค์กรจะทำการกู้คืนข้อมูล (Restore Data) ที่สำรองไว้เมื่อเวลา 15.00 น. ขึ้นมาใช้งาน ผู้ดูแลระบบสามารถกู้คืนขึ้นมาใช้งานได้ภายในเวลา 17.00 น. แล้วองค์กรจะมีค่าการดำเนินการ RTO 1.5 ชั่วโมง และระยะเวลาข้อมูลที่สูญหายจากระบบ RPO 30 นาที (ตั้งแต่เวลา 15.00 น. (เวลาข้อมูลที่สำรองล่าสุด) ถึง 15.30 น. (เวลาที่ระบบไม่สามารถใช้งานได้) จากตัวอย่างเราจะพบว่าระบบที่กลับมามีการสูญหายของข้อมูล ดังนั้น หลังจากที่ระบบกลับมาจะมีกระบวนการนำข้อมูลที่สูญหายจากระบบกลับเข้าสู่ระบบให้สมบูรณ์ให้มากที่สุด รวมถึงระบบงานต่างที่ยังกู้คืนไม่เสร็จแต่ธุรกิจขององค์กรณ์ดำเนินการต่อได้แบบไม่สมบูรณ์แบบเราจะต้องกู้คืนให้แล้วเสร็จ เราเรียกระยะเวลาการดำเนินการทั้งสองส่วนนี้ว่า Work Recovery Time: WRT ซึ่งจะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จภายใน 22.5 ชั่วโมง หรือกล่าวอีกนัยว่า ค่า MTPD = ค่า RTO + ค่า WRT

2.2 ขั้นตอนการออกแบบวิธีการ (Solution Design Phase)

เป็นขั้นตอนที่นำค่า MTPD RTO WRT และ RPO มาทำการออกแบบวิธี การสำเนาข้อมูล การสำรองข้อมูล และวิธีการกู้คืนระบบ ให้ดำเนินการได้สอดคล้องกับระยะเวลาต่าง ๆ ที่กำหนด

2.3 การทำแผนปฏิบัติการ (Implementation Phase)

เป็นขั้นตอนการนำวิธีการสำรองข้อมูลและวิธีการกู้ข้อมูลที่ออกแบบไว้มาทำเป็นแผนปฏิบัติการ โดยเขียนแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง

2.4 ขั้นตอนการซ้อมแผน (Testing and Organization Acceptance Phase)

เป็นขั้นตอนการทดสอบแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่า หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ ภาวะฉุกเฉินหรือภาวะวิกฤตขึ้นจริง จะสามารถนำแผนปฏิบัติการจากขั้นตอนการทำแผนปฏิบัติการมาใช้งานจริงได้หรือไม่

2.5 ขั้นตอนการปรับปรุงแผน (Maintenance Phase)

เป็นขั้นตอนการทบทวนแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจตั้งแต่การสำเนาข้อมูล การสำรองข้อมูล การปฏิบัติตามขั้นตอนการซ้อมแผน จนถึงการกู้ข้อมูลที่องค์กรได้จัดทำขึ้นว่า พบประเด็น ปัญหา อุปสรรคหรือสิ่งที่ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปปรับปรุงแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป นอกจากนี้ยังรวมถึงการฝึกอบรมบุคลากรให้มีความรู้ และความเข้าใจในการนำแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจมาใช้งานได้เมื่อภาวะฉุกเฉินหรือภาวะวิกฤตเกิดขึ้นจริง

3. มาตรฐานการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจ

การบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจเป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับองค์กรเพื่อให้มีการประเมินความเสี่ยงและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับองค์กร และจัดทำแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจสำหรับการรับมือกับสถานการณ์ฉุกเฉินหรือสถานการณ์วิกฤตที่อาจเกิดขึ้นจริง ทั้งนี้ เพื่อให้องค์กร

สามารถดำเนินการและตอบสนองแก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้อย่างต่อเนื่อง โดยมาตรฐานการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สำคัญซึ่งช่วยส่งเสริมให้องค์กรสามารถป้องกันธุรกิจ ลดผลกระทบ และฟื้นฟูธุรกิจได้อย่างรวดเร็วจากสภาวะวิกฤตหรือสภาวะฉุกเฉิน ซึ่งมาตรฐานการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล อาทิ ISO 22301 และ BS 25999

3.1 มาตรฐาน ISO 22301: 2019 Security and resilience – Business continuity management systems

เป็นมาตรฐานที่ระบุข้อกำหนดของระบบการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจ ซึ่งประกอบด้วย การวางแผนการดำเนินการ การติดตาม การทบทวน การฝึกซ้อม การรักษาไว้ และการปรับปรุงกระบวนการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจที่ได้จัดการไว้เป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อใช้ในการบริหารความเสี่ยงทางธุรกิจทั้งหมดขององค์กรโดยใช้ PDCA Model

3.2 มาตรฐานการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจ (Business Continuity Management Standard: BS 25999)

ประกาศใช้โดย The British Standards Institution (BSI) ประเทศอังกฤษ ประกอบด้วยมาตรฐาน 2 ฉบับ (กิตติพงศ์, 2555) คือ

- BS 25999- 1: 2006 – Part 1: Business Continuity Management. Code of Practices เป็นแนวปฏิบัติที่ดีและข้อแนะนำให้ปฏิบัติแต่ไม่บังคับ สำหรับองค์ที่ต้องการจะดำเนินการด้านการจัดการความต่อเนื่องทางธุรกิจตามข้อกำหนด
- BS 25999-2: 2007 – Part 2: Specification for Business Continuity Management เป็นข้อกำหนดภาคบังคับที่ต้องปฏิบัติและสามารถต่อยอดไปยังการรับรองมาตรฐานโดยหน่วยตรวจสอบและรับรองคุณภาพ (Certification Body: CB)

4. การสำรองข้อมูล (Data Backup) และการกู้ข้อมูล (Data Restore)

การสำรองข้อมูลเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจ ซึ่งการสำรองข้อมูล หมายถึง การคัดลอกข้อมูล เช่น ไฟล์ ฐานข้อมูล ระบบคอมพิวเตอร์ ระบบคอมพิวเตอร์เสมือน (Computer Virtualization) ในช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่งไปจัดเก็บไว้ยังสถานที่เก็บอื่น ๆ เพื่อการเก็บรักษาและกู้คืนข้อมูลขึ้นมาใช้งานในกรณีที่อุปกรณ์ขัดข้องหรือเกิดภัยพิบัติ กระบวนการสำรองข้อมูลที่ดีและถูกต้องมีความสำคัญต่อความสำเร็จของแผนการกู้คืนข้อมูลภายหลังจากการเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินหรือสถานการณ์วิกฤต นอกจากนี้การสำรองข้อมูลยังช่วยลดความเสี่ยงที่เกิดจากซอฟต์แวร์มีปัญหา ข้อมูลเสียหาย ฮาร์ดแวร์เสีย การถูกแฮ็กระบบ และข้อผิดพลาดของผู้ใช้หรือเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดอื่น ๆ ซึ่งการสำรองข้อมูลมีหลากหลายรูปแบบ อาทิ การสำรองข้อมูลภายในองค์กร (On-Premises Backup) การสำรองข้อมูลภายนอกองค์กร (Off-Site Backup) การสำรองข้อมูลแบบ Appliance (Appliance Storage Backup) การสำรองข้อมูลแบบคลาวด์ (Cloud Backup) และการสำรองข้อมูลสำหรับเซิร์ฟเวอร์ (Physical Backup)

การกู้ข้อมูล เป็นกระบวนการที่ทำให้ข้อมูลที่สูญหาย ข้อมูลที่เสียหาย และข้อมูลที่ไม่สามารถใช้งานได้จากสื่อเทปสำรองข้อมูลหรืออุปกรณ์สำรองข้อมูลให้กลับมาใช้งานได้ตามปกติ ซึ่งผลสำเร็จในการกู้ข้อมูลจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับสาเหตุที่ทำให้ ข้อมูลนั้นใช้การไม่ได้ และการกระทำกับข้อมูลหลังจากที่เกิดความเสียหาย

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิคและเทคโนโลยีของการสำรองข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีหลากหลายเทคนิคและเทคโนโลยีของการสำรองข้อมูล ซึ่งองค์กรสามารถนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับข้อตกลงระดับการให้บริการ (Service Level Agreement: SLA) และข้อกำหนดหรือความต้องการในส่วนของระยะเวลาที่องค์กรยอมรับได้ในการกู้คืนระบบในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นและระยะเวลาของข้อมูลสูญหายที่องค์กรยอมรับได้ในช่วงเวลาหนึ่ง ทั้งนี้ การพิจารณาเลือกเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในการสำรองข้อมูลยังขึ้นอยู่กับความสามารถของแอปพลิเคชันสำรองข้อมูลอีกด้วย ซึ่งประเภทของการสำรองข้อมูล [4] มีดังนี้

4.1 Full Backup

เป็นการรวบรวมสำเนาของชุดข้อมูลทั้งหมดบันทึกใส่เทปสำรองข้อมูลหรืออุปกรณ์สำหรับสำรองข้อมูลอื่น ๆ ถือได้ว่าเป็นวิธีสำรองข้อมูลที่น่าเชื่อถือที่สุด แต่การสำรองข้อมูลทั้งหมดนั้นใช้เวลานานและต้องใช้เทปสำรองข้อมูลหรืออุปกรณ์สำรองข้อมูลเป็นจำนวนมาก องค์กรส่วนใหญ่เรียกใช้การสำรองข้อมูล Full Backup ทั้งหมดเป็นครั้ง ๆ คือ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง หรือเดือนละ 1 ครั้ง

4.2 Incremental Backup

เป็นการสำรองข้อมูลเฉพาะส่วนเพิ่มหรือสำรองเฉพาะข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่การสำรองข้อมูลจากครั้งล่าสุด ข้อเสียคือการกู้คืนข้อมูลทั้งหมดจะใช้เวลานาน เพราะต้อง

นำข้อมูลจากการสำรองข้อมูลแบบ Full Backup มาใช้ร่วมกับการสำรองข้อมูล Incremental ทั้งหมดที่มี

4.3 Differential Backup

เป็นการสำรองข้อมูลเฉพาะส่วนต่างจาก Full Backup โดยทำการคัดลอกข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปจากการสำรองข้อมูลทั้งหมด Full Backup ครั้งล่าสุด ซึ่งช่วยให้การกู้คืนทั้งหมดเกิดขึ้นได้รวดเร็วยิ่งขึ้นโดยต้องการกู้คืนเฉพาะการสำรองข้อมูลแบบ Full Backup ล่าสุดและการสำรองข้อมูล Differential Backup ส่วนต่างล่าสุด ตัวอย่างเช่น หากคุณสร้างข้อมูลสำรองแบบ Full Backup ในวันจันทร์ ข้อมูลสำรอง Differential Backup ของวันอังคารจะคล้ายกับการสำรองข้อมูลส่วนเพิ่ม ณ จุดนั้น การสำรองข้อมูลของวันพุธจะสำรองข้อมูลส่วนต่างที่เปลี่ยนไปตั้งแต่การสำรองข้อมูล Full Backup ของวันจันทร์ ข้อเสียคือ การเพิ่มของข้อมูลของการสำรองข้อมูล Differential Backup ส่วนต่างมีแนวโน้มที่จะมากขึ้นและส่งผลเสียต่อระยะเวลาในการสำรองข้อมูล การกู้คืนข้อมูล จะนำข้อมูลจากการสำรองข้อมูลแบบ Full Backup มาใช้ร่วมกับการสำรองข้อมูล Differential Backup 1ชุด ที่เกิดจากการสำรองข้อมูลภายหลังการสำรองแบบ Full Backup

4.4 Synthetic full backup

เป็นการผสมผสานระหว่าง Full Backup และ Incremental Backup โดยระบบจะสร้างข้อมูลการรวบรวมสำเนาของชุดข้อมูลทั้งหมด (Full Backup) ก่อน จากนั้นระบบจะทำการสำรองข้อมูลเฉพาะส่วนเพิ่ม (Incremental Backup) และระบบการสำรองข้อมูลจะนำข้อมูลที่สำรองข้อมูลทั้งสองส่วนรวมเข้าด้วยกัน เพื่อทำเป็นสำเนาข้อมูลทั้งหมดอีกครั้ง จากนั้นก็จะทำการสำรองข้อมูลเฉพาะส่วนเพิ่ม (Incremental Backup) และทำการรวมข้อมูลซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จะทำให้ได้เสมือนการสำรองข้อมูลแบบ Full Backup ในทุกๆครั้ง

4.5 Incremental-forever backup

เป็นการสำรองข้อมูลทั้งหมด (Full Backup) 1 ครั้ง หลังจากนั้นจะสำรองข้อมูลเฉพาะส่วนที่แตกต่าง (Incremental) ครั้งล่าสุด ทุกครั้งที่มีการสำรองข้อมูลเฉพาะส่วนที่แตกต่าง(Incremental) ระบบการสำรองข้อมูลจะดำเนินการรวบรวมข้อมูลส่วนต่างที่ถูกสำรองไว้ก่อนหน้ากับข้อมูลส่วนต่างที่สำรองข้อมูลครั้งล่าสุดเข้าด้วยกัน เพื่อให้มีชุดการการสำรองข้อมูลส่วนต่างเพียง 1ชุด การกู้คืนข้อมูลจะใช้การสำรองข้อมูลทั้งหมด (Full Backup) ร่วมกับ ชุดข้อมูลส่วนต่างที่ระบบสำรองข้อมูลมีการรวบรวมไว้ล่าสุด ซึ่งการสำรองแบบนี้จะลดระยะเวลาในการสำรองข้อมูล ในขณะเดียวกันก็ทำให้สามารถกู้คืนข้อมูลที่รวดเร็วยิ่งขึ้น

4.6 Reverse-incremental backups

เป็นการสำรองข้อมูลที่รวมส่วนแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างสองชุดสำรองข้อมูล เมื่อทำการสำรองข้อมูล Full Backup ครั้งแรกเสร็จสิ้น การสำรองข้อมูลส่วน Incremental ครั้งถัดมาจะถูกรวมเข้าสู่ชุดสำรองข้อมูล Full Backup ก่อนหน้าเป็นการสร้างชุดข้อมูล Full Backup ใหม่ การสำรองข้อมูลแบบนี้จะได้ชุดข้อมูล Full Backup ล่าสุดตลอดเวลา และเมื่อมีการทำการสำรองข้อมูล Incremental ในครั้งถัดไป ก็จะได้ชุดข้อมูล Full Backup ใหม่อีกครั้ง และข้อมูลที่แตกต่างจะถูกจัดเก็บเป็นชุด Incremental ก่อนหน้า

การสำรองข้อมูลจะขึ้นอยู่กับความสำคัญของข้อมูลหรือแอปพลิเคชันสำหรับธุรกิจที่เกี่ยวข้อง กระบวนการนี้ควบคุมโดยนโยบายการสำรองข้อมูล (Backup Disaster Recovery Policy) ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าขององค์กร ซึ่งการระบุความถี่ในการสำรองข้อมูลและจำนวนสำเนาที่ซ้ำกันเป็นสิ่งจำเป็นเช่นเดียวกับข้อตกลงระดับการให้บริการที่กำหนดว่าข้อมูลจะต้องสามารถกู้คืนได้ภายในระยะเวลาเท่าใด สำหรับแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดควรมีการกำหนดเวลาสำรองข้อมูลทั้งหมด (Full Backup) อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง โดยมากจะทำในช่วงสุดสัปดาห์หรือนอกเวลาทำการ นอกจากการสำรองข้อมูลทั้งหมดแบบรายสัปดาห์ องค์กรต้องกำหนดเวลาสำรองข้อมูลส่วนต่างหรือส่วนเพิ่มที่สำรองเฉพาะข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่มีการสำรองข้อมูลทั้งหมดตามระดับความสำคัญและความต้องการในการกู้คืนข้อมูลที่ระบุในนโยบาย ในส่วนของข้อแนะนำสำหรับการสำรองข้อมูลองค์กรอาจยึดกฎ 3-2-1 Backup Rule [5] ซึ่งมีหลักสำคัญ ดังนี้

- สำรองข้อมูลอย่างน้อย 3 ชุด ได้แก่ ข้อมูลหลักต้นฉบับ (Production Data) บนเครื่องคอมพิวเตอร์หลัก 1 ชุด และข้อมูลสำรอง (Backup) อีก 2 ชุด การมีข้อมูลสำรองหลายชุดจะช่วยลดความเสี่ยงที่ข้อมูลทั้งหมดจะเสียหายในคราวเดียว ยกตัวอย่างเช่น ถ้าอุปกรณ์ที่เก็บข้อมูลชุดใดชุดหนึ่งมีโอกาสเสียหายได้ 1% (1 ใน 100) เมื่อมีข้อมูลสำรอง 2 ชุด ความเสี่ยงที่ข้อมูลจะหายทั้งหมดจะลดลงเหลือเพียง 0.01% (1 ใน 10,000) และถ้ามีสำรองถึง 3 ชุด ความเสี่ยงก็จะยิ่งลดลงไปอีกเหลือ 0.0001% (1 ใน 1,000,000) เลยทีเดียว
- ใช้อุปกรณ์ 2 ชนิดในการสำรองข้อมูล (2 Different Media) เพื่อป้องกันความเสียหายหากอุปกรณ์ชนิดใดชนิดหนึ่งมีปัญหา เช่น ควรมีทั้ง Backup บน Internal Hard Disk, External Hard Disk, NAS (Network Attached Storage), Tape หรือ Cloud Storage เป็นต้น
- เก็บข้อมูลสำรองอย่างน้อย 1 ชุดไว้นอกสถานที่ (1 Offsite Backup) ป้องกันในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ร้ายแรงใน

บริเวณกว้าง เช่น ไฟไหม้ น้ำท่วม แผ่นดินไหว ฯลฯ ซึ่งอาจทำให้ข้อมูลสำรองที่เก็บในสถานที่เดียวกันเสียหายไปด้วย

ทั้งนี้ องค์กรสามารถกำหนดสถานที่สำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่สำรองไว้ ณ สาขาต่าง ๆ ขององค์กร หรือจัดเก็บไว้ ณ ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน (Disaster Recovery Site) หรือบน Cloud ซึ่งไม่ได้อยู่ในพื้นที่เดียวกันเพื่อกระจายความเสี่ยง (ดิจิตอล ดิสทริบิวชั่น, 2565)

5. ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองกรณีเกิดสภาวะวิกฤตหรือสภาวะฉุกเฉิน (Disaster Recovery Site: DR Site)

ในยุคดิจิทัลองค์กรและหน่วยงานต่าง ๆ ใช้เทคโนโลยีและระบบสารสนเทศในการดำเนินงานทางธุรกิจขององค์กรอย่างกว้างขวาง ความเสี่ยงสำคัญสำหรับองค์กรในยุคดิจิทัลนี้ คือ การที่ข้อมูลสูญหายหรือระบบไม่พร้อมใช้งานซึ่งอาจเกิดจากระบบหลักไม่สามารถใช้งานได้หรือเกิดความเสียหายจากภัยพิบัติตามธรรมชาติหรือจากฝีมือของมนุษย์ เหตุการณ์ดังกล่าวสามารถสร้างความเสียหายให้กับองค์กรได้อย่างมากมายทั้งในด้านมูลค่าความเสียหายภาพลักษณ์ขององค์กร ตลอดจนความเชื่อมั่นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นแนวทางหนึ่งที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ การสำรองข้อมูลที่สำคัญขององค์กรไว้ ณ “ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดสภาวะวิกฤตหรือสภาวะฉุกเฉิน (Disaster Recovery Site: DR Site)” หรือการทำระบบ Disaster Recovery ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีการและหลายสถานที่ ในกรณีที่ทำการสำรองข้อมูลไปยังในสถานที่ ๆ ไม่ใช่ที่เดียวกับศูนย์ข้อมูลหลัก (Data Center) โดยแบ่งประเภทของ DR Site ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

5.1 Hot Site

ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉินที่มีระบบทุกอย่างเหมือนศูนย์ข้อมูลหลักทุกประการ ไม่ว่าจะเป็นซอฟต์แวร์ (Software) หรือฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซึ่ง Hot Site จะมีการสำรองข้อมูลของระบบหลักอยู่ตลอดเวลาในกรณีที่ระบบหลักไม่สามารถใช้งานได้หรือหยุดทำงาน (Downtime) ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ณ Hot Site จะสามารถทำงานแทนได้ทันที เพื่อให้ผู้ใช้ได้รับผลกระทบน้อยที่สุด

5.2 Warm Site

ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉินที่มีระบบการสำรองข้อมูลเป็นระยะ ๆ ไม่ได้มีการสำรองข้อมูลของระบบหลักอยู่ตลอดเวลาเช่นเดียวกับ Hot Site เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ระบบหลักไม่สามารถใช้งานได้หรือหยุดทำงาน ผู้รับผิดชอบ และ/หรือผู้เกี่ยวข้องจะต้องใช้เวลาในการดำเนินการติดตั้ง ตั้งค่า กู้ข้อมูล เพื่อเตรียมระบบให้พร้อมใช้งานก่อนที่จะเปิดใช้งานศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน

5.3 Cold Site

ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉินที่มีการสำรองข้อมูลของระบบหลักไว้บ้างบางส่วน เช่น อาจเป็นเพียงการส่งเทปสำรองข้อมูลไปยังสถานที่ที่เตรียมไว้ เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ระบบหลักไม่สามารถใช้งานได้หรือหยุดทำงาน จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญ ผู้รับผิดชอบ และ/หรือผู้เกี่ยวข้องเข้ามาดูแลและตั้งค่าก่อนเปิดใช้งาน จึงใช้เวลานานกว่าจะสามารถเปิดใช้งานศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉินได้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบ DR site ในด้านต่าง ๆ

รูปแบบ DR Site	ความพร้อมด้าน Infrastructure	การสูญหายของข้อมูลเมื่อระบบเปิดใช้งานที่ DR site
Hot	มี	ไม่มี
Warm	มี	สูญหายตามระยะเวลาที่องค์กรยอมรับได้
Cold	ไม่มี	ขึ้นกับความสำเร็จของการสำรองข้อมูลระบบนั้น ๆ

หมายเหตุ: ปัจจัยที่ทำให้ระยะเวลาการสูญหายของข้อมูลเป็นไปตามที่กำหนดขึ้นกับความสามารถทางด้าน Infrastructure เช่น Speed Network ขนาดของเครื่องแม่ข่าย และความสามารถการเขียนข้อมูล Storage และปริมาณข้อมูลที่ต้องทำการสำรอง

ข้อเปรียบเทียบการมีศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองกรณีเกิดสภาวะวิกฤตหรือสภาวะฉุกเฉิน

ข้อดี

1) องค์กรมั่นใจได้ว่าเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินหรือสถานการณ์วิกฤต องค์กรสามารถดำเนินกิจการได้อย่างต่อเนื่อง

2) ข้อมูลสำคัญขององค์กรได้รับการปกป้องไว้ในระดับหนึ่งจากการสำรองข้อมูลและการกู้คืนข้อมูล

ข้อเสีย

1) ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาข้อมูล ซึ่งองค์กรต้องพิจารณาความสำคัญของข้อมูล และงบประมาณขององค์กร

ที่จะใช้ลงทุนในส่วนของศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉินเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือก

2) องค์กรจำเป็นต้องวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์ (Scenario) ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับระบบสารสนเทศและระบบคอมพิวเตอร์ขององค์กร สถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้น องค์กรต้องกำหนดระยะเวลาสำหรับการแก้ไขสถานการณ์นั้น ๆ และพิจารณากำหนดระยะเวลาการดำเนินธุรกิจขององค์กรว่าสามารถรอได้นานมากน้อยเพียงใด

6. การบริหารความต่อเนื่องของโรงพยาบาลศิริราชกับการให้บริการผู้ป่วยในยุคดิจิทัล

โรงพยาบาลศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล นำระบบสารสนเทศและเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้ในการให้บริการผู้ป่วยในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการรักษาผู้ป่วย อาทิ การลงทะเบียนผู้ป่วยใหม่ การเปิดสิทธิ์ที่ใช้ในการรักษา การจัดลำดับ (Queue) เข้ารับการรักษา การตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ การตรวจวินิจฉัยทางรังสีวิทยา การสั่ง-จ่ายยา และการชำระเงินค่ารักษา ทั้งนี้ การนำระบบสารสนเทศมาสนับสนุนการทำงานในกิจกรรมต่าง ๆ นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การปฏิบัติงานและการบริการผู้ป่วยได้รับความสะดวก รวดเร็ว ลดความผิดพลาดในการประมวลผลจากบุคลากร ข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ถูกจัดเก็บอย่างเป็นระเบียบ มีรูปแบบที่ชัดเจนมีมาตรฐานเดียวกัน สามารถเรียกดูย้อนหลังและสอบทานได้ รวมถึงสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันเพื่อไม่ให้การทำงานเกิดความซ้ำซ้อน ตัวอย่างเช่น เมื่อมีการลงทะเบียนข้อมูลผู้ป่วยจากเวชระเบียนแล้ว ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย เช่น HN ชื่อ-นามสกุล และสิทธิการรักษา จะสามารถนำมาใช้ในระบบการสั่งตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ การสั่ง-จ่ายยา การรับชำระเงิน เป็นต้น

ข้อมูลสารสนเทศที่บันทึกเข้าระบบต่าง ๆ ในการให้บริการผู้ป่วย ตัวอย่างเช่น ใบต่อเวชระเบียนผู้ป่วย ใบสั่งยา ข้อมูลการสั่งตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ จะถูกจัดเก็บไว้ในเครื่องแม่ข่าย (Server) ณ ศูนย์ข้อมูลหลักของคณะฯ ส่งผลให้ศูนย์ข้อมูลหลักมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยภายในศูนย์ข้อมูลหลักประกอบด้วยอุปกรณ์ทางกายภาพที่ใช้สนับสนุนการทำงานของระบบสารสนเทศ อาทิ เครื่องแม่ข่ายสำหรับระบบงาน (Application Server) เครื่องแม่ข่ายสำหรับจัดเก็บข้อมูล (Database Server) ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้า ระบบดับเพลิง และระบบควบคุมความชื้น ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ต้องได้รับการดูแลและบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อสนับสนุนให้ระบบสารสนเทศทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ทางกายภาพย่อมมีโอกาสเสื่อมสภาพและขัดข้องส่งผลให้ระบบสารสนเทศหยุดชะงักได้ หรือหากเกิดเหตุการณ์ไม่คาดคิด เช่น ไฟไหม้ น้ำท่วม ตึกถล่ม ณ บริเวณที่ติดตั้งของศูนย์ข้อมูลหลักก็ทำให้ระบบสารสนเทศหยุดชะงักได้เช่นกัน เมื่อระบบสารสนเทศที่ให้บริการเกิดการหยุดชะงักไป ย่อมทำให้การดำเนินการให้บริการตรวจรักษาผู้ป่วยเกิดความล่าช้าหรือหยุดชะงักได้ ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อโรงพยาบาลศิริราชทั้งทางด้านภาพลักษณ์ ความพึงพอใจของผู้รับบริการและรายได้ของโรงพยาบาลศิริราช

ด้วยเหตุนี้โรงพยาบาลศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล จึงจัดตั้งศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน และได้กำหนดแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจของระบบสารสนเทศสำหรับการให้บริการตรวจรักษาผู้ป่วย เพื่อบริหารจัดการให้โรงพยาบาลศิริราชสามารถดำเนินการให้บริการผู้ป่วยของโรงพยาบาลศิริราชได้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังลดผลกระทบที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อโรงพยาบาลศิริราชในกรณีที่เกิดสภาวะวิกฤตหรือสภาวะฉุกเฉิน ในการดำเนินการดังกล่าวเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ผลกระทบทางธุรกิจ (Business Impact Analysis: BIA) เพื่อให้ทราบว่าหากระบบสารสนเทศเกิดการหยุดชะงักกิจกรรมใดบ้างที่ได้รับผลกระทบ และระดับความรุนแรงของผลกระทบมากน้อยเพียงใด กิจกรรมใดไม่สามารถดำเนินการได้หากไม่มีระบบสารสนเทศหรือกิจกรรมใดสามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีแบบดั้งเดิม (Manual) ตัวอย่างเช่น ปัจจุบันแพทย์สามารถเรียกดูข้อมูลประวัติการรักษาของผู้ป่วยผ่านระบบสารสนเทศของโรงพยาบาลศิริราชที่ชื่อ Si-iScan ซึ่งเมื่อระบบ Si-iScan หยุดชะงักไม่สามารถใช้งานได้ก็จะส่งผลให้แพทย์ไม่สามารถค้นหาหรือเรียกดูข้อมูลประวัติการรักษาของผู้ป่วยได้ จำเป็นจะต้องเรียกดูข้อมูลจากแฟ้มประวัติการรักษาของผู้ป่วยที่จัดเก็บในรูปแบบแฟ้มกระดาษ ดังนั้น กระบวนการที่งานเวชระเบียนจะนำแฟ้มประวัติการรักษาดังกล่าวไปส่งให้แพทย์ ณ ห้องตรวจต่าง ๆ จะต้องทำอย่างไร และมีขั้นตอนการดำเนินการอย่างไรต้องมีการกำหนดไว้ให้ชัดเจน

ทั้งนี้การทำงานระบบงานต่าง ๆ จะมีเงื่อนไขการยอมรับการหยุดชะงักของระบบสารสนเทศที่แตกต่างกัน เช่น ถ้าระบบการเรียกเก็บเงินต้นสังกัดจะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จภายในกี่วันหลังจากผู้ป่วยในออกจากโรงพยาบาล หรือการดำเนินการด้วยวิธีแบบดั้งเดิม (Manual) จะมีขีดความสามารถดำเนินการได้ในระยะช่วงเวลาหนึ่งก็จะทำให้ไม่สามารถให้บริการได้ทัน เช่นระบบการเงิน หากขณะที่ระบบทำงานได้ปกติสามารถออกใบเสร็จคิดค่าใช้จ่ายได้ภายใน 1 นาที เมื่อระบบสารสนเทศเกิดการหยุดชะงักไปจะต้องดำเนินการคิดค่าใช้จ่ายและใบเสร็จด้วยเจ้าหน้าที่การเงิน ซึ่งจะมีระยะเวลาการดำเนินการที่มากขึ้น ก็จะเกิดการรอคิวสะสม การคิดค่ารักษาพยาบาลจนไม่สามารถ

ดำเนินการให้แล้วเสร็จภายในวันได้ ระยะเวลาเช่นนี้จะถูกนำมาพิจารณาเป็นค่าระยะเวลาที่ระบบใช้งานไม่ได้ที่สามารถยอมรับได้ (MTPD)

สำหรับแนวทางการรับมือและการลดโอกาสเกิดกรณีที่เกิดสภาวะวิกฤตหรือสภาวะฉุกเฉินอันส่งผลให้ระบบสารสนเทศการให้บริการผู้ป่วย ฝ่ายสารสนเทศ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ได้ดำเนินการจัดทำกระบวนการเพื่อรองรับกับสถานการณ์ ดังนี้

1) การสร้างกระบวนการดูแลและบำรุงรักษาศูนย์ข้อมูลหลักอย่างเป็นระบบ โดยอ้างอิงมาตรฐานสากลสำหรับระบบการจัดความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล (Information Security Management System: ISMS) ซึ่งกำหนดให้มีการควบคุมระบบไฟฟ้า อุณหภูมิ การควบคุมความชื้นและการระบายอากาศ ระบบดับเพลิง การควบคุมพื้นที่และการเข้า-ออก ตลอดจนกำหนดให้มีเจ้าหน้าที่เฝ้าระวังคอยตรวจสอบและควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในศูนย์ข้อมูลหลัก

2) การดำเนินการสำรองข้อมูลอย่างเป็นระบบ คือ การจัดทำข้อตกลงระดับการให้บริการ (Service Level Agreement: SLA) ของการสำรองข้อมูลของระบบงานต่าง ๆ โดยแบ่งระดับการสำรองข้อมูลระบบงานเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ตารางที่ 2 ระดับการสำรองข้อมูลของระบบงาน

SLA	Disk			Tape		ระบบ
	Daily	Weekly	Monthly	Daily	Monthly	
	Retention Period			Retention Period		
L1 Critical	14D	1M	-	3M	1Y	ระบบ ERP (SAP), ระโรงพยาบาล
L2 High	7D	1M	-	3M	1Y	ระบบสำนักงาน , ระบบการศึกษา, ระบบ Web คณะฯลฯ
L3.1 Normal	-	1M	-	2M	-	ระบบ File server คณะ ระบบสำนักงานอื่นๆ
L3.2 Normal	-	1M	-	2M	-	เครื่องแม่ข่าย (VM)
L3.3 Normal	-	-	1M	2M		เครื่องแม่ข่ายของระบบงานที่อยู่ใน SLA L1,L2 ,L3.1 (VM)
L4 Low	-	1M	-	-	-	ฐานข้อมูล Test/UAT/Develop
L5 Lowest	-	-	1M	-	-	เครื่องแม่ข่าย Test/UAT/Develop (VM)

ตัวอย่างเช่น ระบบสแกนเอกสารเวชระเบียนของผู้ป่วยซึ่งมีรูปแบบการทำงานของระบบแบบ Windows Application มีการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูล MS-SQL และมี Web API ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล ดังนั้น การดำเนินการสำรองข้อมูลจะประกอบไปด้วย SLA L1, L3.2 และ L3.3 กล่าวคือ L1 เป็นฐานข้อมูล MS-SQL, L3.2 เครื่องแม่ข่าย (VM) สำหรับ Web service และ L3.3 เครื่องแม่ข่าย (VM) สำหรับติดตั้งฐานข้อมูล MS-SQL การสำรองข้อมูล SLA โดยที่ L1 จะทำการ Backup ทุก ๆ วัน โดยจัดทำเป็น Image Backup ในวันจันทร์-เสาร์ ให้เป็นการสำรองข้อมูลแบบรายวัน (Daily) และเก็บไว้บน Storage Appliance Deduplication หรือ Storage สำหรับเก็บข้อมูลการสำรองข้อมูลด้วยรูปแบบการจัดเก็บแบบหากพบ Image ใดที่มีรูปแบบที่ซ้ำกันจะเก็บเพียง Image เดียวและจัดทำดัชนีรายการกำกับไว้) และดำเนินการเก็บรักษา (Retention) ในส่วนของ Image Backup ไว้ทั้งสิ้น 14 วัน นับจาก Backup Success จะจัดทำเป็น Image Backup ในวันอาทิตย์ สัปดาห์ที่ 2-5 ให้เป็นการสำรองข้อมูลแบบรายสัปดาห์ (Weekly) และดำเนินการเก็บรักษา (Retention) ในส่วนของ Image Backup ไว้ทั้งสิ้น 1เดือน นับจาก Backup Success จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการเก็บข้อมูลของ Image Backup ในช่วงวันอาทิตย์ สัปดาห์แรกของเดือน ให้เป็นการสำรองข้อมูลแบบรายเดือน (Monthly) ซึ่งเป็นการจัดเก็บลงบน Physical tape จากนั้นเข้าสู่กระบวนการเก็บรักษาแบบราย 3 เดือน ต่อไป นอกจากนี้ทุก ๆ วันอาทิตย์ สัปดาห์แรกของปีระบบจะจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบรายปี (Yearly) อีก 1 ครั้ง สำหรับการสำรองข้อมูลในส่วนของ SLA อื่น ๆ จะมีความถี่การสำรองข้อมูลและการเก็บรักษาที่แตกต่างกันดังตารางที่ 2 ส่วนประเภทการสำรองข้อมูลจะเป็น Full back up, Increase mental, Differential ขึ้นกับระยะเวลาในการสำรองข้อมูลแล้วเสร็จที่มีปัจจัยมาจาก ขนาดของข้อมูลที่ทำการสำรองข้อมูล ความสามารถในการทำ Deduplication ของ Storage ที่ใช้จัดเก็บImage backup ความสามารถของ Backup Software และความสามารถของเครือข่าย ทั้งนี้จะปรับให้เหมาะสมกับระบบนั้น ๆ โดยเน้นการสำรองข้อมูลแบบ Full backup เป็นอันดับแรกเพื่อประสิทธิภาพการกู้คืนข้อมูล

Job Policy	Elapsed Time	Kilobytes	KB/Sec	Job Schedule
02_L3.1_DD_Fileserv...	02:29:35	14,366,954,202	1,639,937	Daily_Sched
02_L3.1_DD_Fileserv...	02:36:36	14,366,932,905	1,554,347	Daily_Sched
02_L3.1_DD_Fileserv...	02:27:35	14,335,261,307	1,654,826	Daily_Sched
02_L3.1_DD_Fileserv...	02:27:12	14,335,195,479	1,656,148	Daily_Sched
02_L3.1_DD_Fileserv...	02:31:10	14,331,810,875	1,613,348	Daily_Sched
02_L3.1_DD_Fileserv...	13:23:48	14,313,866,356	297,104	Weekly_Sched_Force

รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างผลการสำรองข้อมูลผ่าน NetBackup software

แสดงการสำรองข้อมูลแบบ Full Backup ของเครื่องแม่ข่ายเสมือน(Virtual Machine) ที่ทำหน้าที่เป็น File server มีขนาด 14 TB ใช้ระยะเวลาการสำรอง 2.5 ชั่วโมง และ 13.5 ชั่วโมง โดยประมาณ สาเหตุที่มีระยะเวลา 2 ค่า เพราะความสามารถของ Backup Software ที่สามารถ Backup ส่วนต่างแล้ว Merge เข้ากับ ข้อมูลที่มีการสำรองก่อนหน้าให้เป็นการสำรองข้อมูลเป็นแบบ Full Backup แต่ทั้งนี้เราต้องให้ระบบมีการสำรองข้อมูลแบบ Full Backup แบบอ่านข้อมูลต้นทางทั้งหมดอาทิตย์ละครั้งเพื่อเพิ่มความมั่นใจในข้อมูลที่ถูกสำรอง ข้อมูลที่ถูกสำรอง มีการเก็บทั้งใน Storge ที่ใช้สำรองข้อมูลภายใน Datacenter หลัก Tape สำรองข้อมูลที่จัดเก็บต่างอาคาร และ Storge ที่ใช้สำรองข้อมูล ที่ติดตั้งอยู่ที่ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน มีสำหรับข้อมูลบางระบบงาน (phase เริ่มต้น)

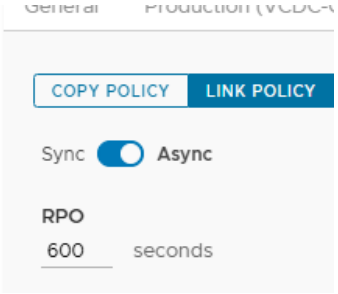
จากตาราง SLA เราจะพบว่า ค่า RPO (ระยะเวลาของข้อมูลสูญหายที่โรงพยาบาลศิริราชยอมรับได้ในช่วงเวลาหนึ่ง : Recovery Point Objective) ของระบบนั้น ๆ จะมีค่าเท่ากับความถี่ในการสำรองข้อมูล ตัวอย่างเช่น ถ้าเราสำรองข้อมูลทุกๆวันและมีการสำรองข้อมูลสำเร็จ นั่นหมายความว่า ค่า RPO จะมีค่ามากสุดคือ 24 ชั่วโมง ขึ้นกับเวลาที่เกิดเหตุระบบใช้งานไม่ได้ลบด้วยเวลาข้อมูลการสำรองข้อมูลครั้งล่าสุดที่สำเร็จ จะเป็นค่า RPO ที่ได้จากการกู้คืนข้อมูล ระยะเวลาการกู้คืนข้อมูลแปลผัน ตามขนาดข้อมูลที่ต้องการกู้คืน ความเร็วและความเสถียรของเครือข่าย ความสามารถและเทคนิคการกู้คืนที่ Backup Software สามารถดำเนินการได้สิ่งเหล่านี้จะต้องดำเนินการซักซ้อมเป็นประจำทุกปีเพื่อให้มั่นใจได้ว่าเมื่อเกิดเหตุระบบสามารถจะกู้คืนข้อมูลกลับมาได้ด้วยระยะเวลาเท่าไหร่

Job Id	Type	Elapsed ...	Kilobytes	KB/Sec
4001513	**Restore**	**02:49:10**		
40015	Restore	02:22:47	905,219,901	113,416
40021	Restore	00:00:18	108,000	92,703
40021	Restore	00:02:44	14,058,848	96,147
40022	Restore	00:00:23	539,744	110,286
40022	Restore	00:00:18	108,768	109,314
40022	Restore	00:00:19	128,224	107,932
40022	Restore	00:05:07	27,665,696	96,039
40022	Restore	00:00:33	1,515,168	113,623
40022	Restore	00:00:19	1,056	30,171
40022	Restore	00:00:17	18,528	61,554
40022	Restore	00:00:20	272,736	100,492
40022	Restore	00:00:17	4,768	103,652
40022	Restore	00:00:18	1,696	36,869
40022	Restore	00:00:17	34,464	77,972
40022	Restore	00:00:19	61,344	79,667
40022	Restore	00:00:17	8,416	125,611
40022	Restore	00:00:16	85,600	86,377
40022	Restore	00:00:18	70,240	104,213
40022	Restore	00:00:18	8,800	50,285
40022	Restore	00:00:18	17,248	68,717
40022	Restore	00:00:19	21,856	92,610

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างผลการกู้คืนข้อมูลผ่าน NetBackup software

ระยะเวลาการกู้คืนข้อมูลของระบบฐานข้อมูลที่มีขนาด 950 GB ผ่านการ สำรองข้อมูลแบบ Full Backup วันละหนึ่งครั้ง และมีการสำรองข้อมูล Transaction Log ทุก 1 ชั่วโมง ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ 2 ชั่วโมง 50 นาที นั่นแสดงให้เห็นว่า หากฐานข้อมูลชุดนี้เกิดความเสียหายไม่ว่ากรณีใด และต้องดำเนินการกู้คืนข้อมูล ระบบสารสนเทศที่มีการใช้ฐานข้อมูลชุดนี้จะการหยุดชะงักการให้บริการ อย่างน้อยที่สุด 2 ชั่วโมง 50 นาที ถ้ากระบบเสียหายเฉพาะตัวฐานข้อมูล

3) การจัดทำศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน ณ งานสารสนเทศ ศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก เนื่องจากเป็นหน่วยงานภายใต้สังกัดเดียวกัน และเป็นหน่วยงานที่ได้รับมาตรฐาน มาตรฐานสากล ISO/IEC27001:2013 โดยการดำเนินการเริ่มต้นจากการประเมินและคัดเลือก Application จากการวิเคราะห์ผลกระทบทางธุรกิจ (Business Impact Analysis: BIA) เพื่อตอบสนองความสำคัญด้านบริการขององค์กร และความปลอดภัยของผู้ป่วย รวมถึงให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นผู้กำหนดช่วงเวลาการหยุดชะงักของระบบสารสนเทศที่ยอมรับได้สูงสุด (MTPD) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ชม. และ ระยะข้อมูลการสูญหายของข้อมูลที่ยอมรับได้ (RPO) คือ 15 นาที ของแต่ระระบบงานที่กำหนดใน BIA และนำเสนอผู้บริหารเพื่อมีมติยอมรับค่าตัวเลขดังกล่าว หลังจากนั้นดำเนินการจัดหาระบบ ติดตั้งระบบ ดำเนินการผสานรวมข้อมูลและเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างศูนย์ข้อมูลหลักและศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดเหตุภัยฉุกเฉิน และทดสอบระบบเพื่อให้แน่ใจว่าระบบสามารถให้บริการได้ตามข้อกำหนด



รูปที่ 3 การตั้งค่า RPO ของเครื่องแม่ข่ายผ่าน Recovery Point Software

4) การทดสอบศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน ปีละ 1 ครั้ง ซึ่งมี 2 จุดประสงค์ ได้แก่ จุดประสงค์แรกเป็นการตรวจสอบระยะเวลาที่ใช้ทดสอบการกู้คืนระบบสารสนเทศ ณ ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน โดยการกำหนดเวลาสำหรับการทดสอบการกู้คืนระบบสารสนเทศ 3 ชุด คือ ระยะเวลาสูงสุดที่ใช้ใน

การกู้คืนข้อมูล (Recovery Time Objective: RTO) โดยเป็นการกู้ข้อมูลชุดสุดท้ายที่ดำเนินการสำรองเอาไว้ขึ้นมาใช้งาน ระยะเวลาในการตั้งค่าระบบต่าง ๆ (Work Recovery Time: WRT) รวมถึงการตรวจสอบข้อมูลที่กู้คืนว่าถูกต้องหรือไม่ ก่อนที่จะเริ่มเปิดใช้งานระบบอีกครั้ง และระยะเวลารวมทั้งหมดในการกู้คืนระบบก่อนจะเริ่มใช้งานจริง (Maximum Tolerable Downtime: MTD) จุดประสงค์ที่สอง คือ ร้อยละของจำนวนระบบที่ผ่านการทดสอบการกู้คืนระบบสารสนเทศ ณ ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน โดยกำหนดจำนวนระบบที่ดำเนินการทดสอบเทียบกับระบบที่ผ่านการทดสอบ

5) การซ้อมแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจในส่วนของระบบการให้บริการผู้ป่วย ปีละ 1 ครั้ง โดยการซ้อมแผนดังกล่าวเป็นการซักซ้อมขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่การพบเหตุการณ์ระบบสารสนเทศหยุดชะงัก การติดต่อประสานงานระหว่างผู้เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบและประเมินสถานการณ์ การแจ้งผู้บริหารเพื่อสั่งการและเรียกใช้แผนความต่อเนื่องทางธุรกิจของโรงพยาบาลศิริราช รวมถึงการดำเนินการของบุคลากรฝ่ายสารสนเทศที่เกี่ยวข้องเพื่อเปิดใช้งานระบบสารสนเทศสำหรับการให้บริการผู้ป่วยที่ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน ณ ศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก

ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่ากระบวนทั้ง 5 ข้อที่ฝ่ายสารสนเทศจัดทำขึ้นเพื่อให้มั่นใจว่าหากเกิดสภาวะวิกฤตหรือสภาวะฉุกเฉินขึ้นกับระบบสารสนเทศสำหรับการให้บริการผู้ป่วย ณ ศูนย์ข้อมูลหลัก ฝ่ายสารสนเทศจะสามารถเปิดใช้งานระบบดังกล่าวให้ใช้งานได้ตามปกติ ตามข้อตกลงที่ให้ไว้กับผู้ใช้งานของโรงพยาบาลศิริราช นอกจากกระบวนการทั้ง 5 ข้อนี้ ยังมีรายละเอียดอื่น ๆ ที่ต้องดำเนินการเพื่อให้ความต่อเนื่องในการให้บริการผู้ป่วยของโรงพยาบาลศิริราชมีประสิทธิภาพสูงสุด อาทิ การทบทวนและปรับปรุงรายชื่อบุคลากรที่เกี่ยวข้องทั้งหมดรวมถึงหมายเลขโทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ การกำหนดการสื่อสารตามช่องทางต่าง ๆ การแจ้งเหตุฉุกเฉินให้ผู้เกี่ยวข้องตามรายชื่อ (Call Tree) ที่ปรากฏในข้อมูลการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจทราบทั้งก่อนและหลังจากการสั่งการและเรียกใช้แผนความต่อเนื่องทางธุรกิจของโรงพยาบาลศิริราช ตลอดจนการสรุปผลการทดสอบศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน และการซ้อมแผนความต่อเนื่องทางธุรกิจในส่วนของระบบการให้บริการผู้ป่วย เพื่อนำสิ่งที่พบจากการทดสอบและการซ้อมแผนดังกล่าวมาทบทวนและพิจารณาปรับปรุง แก้ไข หรือเพิ่มเติมให้กระบวนการครบถ้วนและสมบูรณ์มากขึ้นหากเกิดเหตุการณ์ขึ้นจริง หรือในการซ้อมครั้งต่อไป

7. บทสรุป

การให้บริการผู้ป่วยในยุคดิจิทัลนั้นระบบสารสนเทศและเทคโนโลยีสารสนเทศมีส่วนช่วยในการอำนวยความสะดวก รวดเร็วในการให้บริการผู้ป่วย ดังนั้น เพื่อให้การให้บริการได้อย่างต่อเนื่ององค์กรควรพิจารณากระบวนการปฏิบัติงานของบุคลากรที่เกี่ยวข้องและระบบเทคโนโลยีสารสนเทศให้มีความต่อเนื่อง ไม่หยุดชะงัก เพื่อควบคุมความเสียหายในมิติต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบกับองค์กร ซึ่งการสำรองข้อมูลและการมีศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดสภาวะวิกฤตหรือสภาวะฉุกเฉินเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สามารถทำให้การดำเนินธุรกิจเป็นไปอย่างต่อเนื่องเมื่อเกิดสภาวะวิกฤติหรือสภาวะฉุกเฉิน การออกแบบศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดสภาวะวิกฤตหรือสภาวะฉุกเฉินให้เหมาะสมกับรูปแบบและกิจกรรมทางธุรกิจขององค์กรเป็นสิ่งที่องค์กรพึงกระทำ ทั้งนี้ องค์กรต้อง ประเมินระยะเวลาการยอมรับได้ของการหยุดชะงักระบบสารสนเทศและความคุ้มทุนในการลงทุนของศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดสภาวะวิกฤตหรือสภาวะฉุกเฉินให้เหมาะสมกับการให้บริการและบริบทขององค์กร

8. ข้อเสนอแนะ

8.1) องค์กรต้องให้ความสำคัญในการพิจารณาและทบทวนการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยเสี่ยงและเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ต่อธุรกิจ (Business Impact Analysis: BIA) ขององค์กรเอง ทั้งนี้ เพื่อให้องค์กรสามารถเลือกดำเนินการได้ตรงตามเป้าหมายขององค์กรที่กำหนดไว้ (ระบบอะไร การให้บริการใดที่สามารถรอได้ และไม่สามารถรอได้)

8.2) การกำหนดตัวเลข 3 ชุด ได้แก่ ระยะเวลาของข้อมูลสูญหายที่องค์กรยอมรับได้ในช่วงเวลาหนึ่ง (Recovery Point Objective: RPO) ระยะเวลาที่องค์กรยอมรับได้ในการกู้คืนระบบในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น (Recovery Time Objective: RTO) และระยะเวลารวมทั้งหมดในการกู้คืนระบบก่อนจะเริ่มใช้งานจริง (Maximum Tolerable Downtime: MTD) ซึ่งจะเป็นสิ่งสำคัญที่นำไปกำหนดการดำเนินการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความต่อเนื่องทางธุรกิจขององค์กร

8.3) งบประมาณและการลงทุนสำหรับความต่อเนื่องทางธุรกิจขององค์กร ตั้งแต่การจัดทำแผนการสำรองข้อมูล, เทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรองข้อมูล และการกำหนดรูปแบบตลอดจนสถานที่สำหรับศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน

8.4) ข้อควรพิจารณาเพิ่มเติมสำหรับการทดสอบศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน

- ระบบสารสนเทศที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างปี อาทิ การเพิ่มเส้นทางการเชื่อมต่อของระบบระหว่างปี และไม่ได้แจ้งให้ผู้เกี่ยวข้องทราบ ส่งผลให้สภาพแวดล้อมการทำงานของระบบสารสนเทศเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่เคยตั้งค่าหรือกำหนดค่าไว้
- อัตราการเจริญเติบโตของพื้นที่จัดเก็บข้อมูลอันเนื่องจากมีการปรับปรุงความสามารถของระบบเพิ่มขึ้น หรือมีปริมาณการใช้งานเพิ่มขึ้น ควรพิจารณาจัดสรรพื้นที่ให้เพียงพอ
- การเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์ระหว่างศูนย์ข้อมูลหลักและศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉิน หากเกิดเหตุฉุกเฉินหรือสภาวะวิกฤตขึ้นบริเวณจุดเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในศูนย์ข้อมูลหลักส่งผลให้ไม่สามารถเชื่อมต่อหรือเปิดใช้งานศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉินได้
- แหล่งจ่ายไฟที่ให้บริการเครื่องลูกข่าย (Client) หากไม่มีระบบไฟฟ้าสำรอง ถึงแม้จะสามารถเปิดใช้งานระบบสารสนเทศ ณ ศูนย์คอมพิวเตอร์สำรองสำหรับกรณีเกิดภัยฉุกเฉินได้ แต่จุดให้บริการผู้ป่วยจะไม่สามารถใช้งานได้และไม่สามารถให้บริการผู้ป่วยได้เช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

[1] ปริญญา หอมอเนก. “*Standard จับกระแสมาตรฐานการบริหารจัดการดำเนินธุรกิจอย่างต่อเนื่องภายใต้ภาวะวิกฤติ*,” [ออนไลน์]. https://www.acisonline.net/?p=1780 (เข้าถึงเมื่อ: 2 กันยายน 2567).

[2] กิตติพงศ์ จิรวัสวงศ์. “*BS 25999 มาตรฐานการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจ*,” [ออนไลน์]. https://www.gotoknow.org/posts/283403 (เข้าถึงเมื่อ: 3 กันยายน 2567).

[3] บริษัทดิจิตอล ดิสทริบิวชั่น จำกัด. “*เทคนิคและเทคโนโลยีการสำรองข้อมูล (Backup)*,” [ออนไลน์]. https://www.digitaldistribution.co.th/th/news-articles/ประเภท-เทคนิค-backup (เข้าถึงเมื่อ: 3 กันยายน 2567).

[4] บริษัท Veritas (Thailand) จำกัด. “*วิธีการ Backup ในรูปแบบต่าง ๆ*,” [ออนไลน์]. https://www.veritasthailand.com/วิธีในการ-backup-ในรูปแบบต่าง (เข้าถึงเมื่อ: 6 กันยายน 2567).

[5] นิพนธ์ นาชิน. “*3-2-1 Backup Rule: กฎทองปกป้องข้อมูลธุรกิจจากภัยไซเบอร์*,” [ออนไลน์]. https://www.alphasec.co.th/post/3-2-1-backup-rule-กฎทองปกป้องข้อมูลธุรกิจจากภัยไซเบอร์ (เข้าถึงเมื่อ: 20 กันยายน 2567).

เขียนโค้ดอย่างไรให้มั่นคงปลอดภัยตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 27001:2022

How to Secure Coding for Application with ISO/IEC 27001:2022

เลอพงศ์ แก้วอินทร์[1] และ กรรณิกา ละมั่งทอง[1]
Lerpong Kaewin[1] and Kannika Lamungthong[1]

[1]ฝ่ายสารสนเทศ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล 10700
[1]Siriraj Information Technology Department, Faculty of Medicine, Mahidol University, 10700

*Corresponding Author: lerpong.kaw@mahidol.ac.th

Received 28 มกราคม 2568; Revised 21 เมษายน 2568; Accepted 26 เมษายน 2568

บทคัดย่อ

มาตรฐานสากล ISO 27001 เป็นมาตรฐานสากลสำหรับระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ (Information Security Management System: ISMS) มุ่งเน้นให้องค์กรปกป้องข้อมูลสำคัญขององค์กรได้อย่างเป็นระบบซึ่งองค์กรสามารถนำกรอบการปฏิบัติงานตามหลักของ ISO 27001 มาใช้โดยการกำหนดให้องค์กรดำเนินการระบุความเสี่ยงตลอดจนการบริหารจัดการความเสี่ยงด้านความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศและมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันมาตรฐานสากล ISO 27001 ได้ปรับเปลี่ยนเวอร์ชันจาก ISO/IEC 27001:2013 มาเป็นเวอร์ชัน ISO/IEC 27001:2022 เพื่อให้ครอบคลุมในส่วนของความปลอดภัยทางไซเบอร์และการปกป้องความเป็นส่วนตัว โดยเพิ่ม 11 มาตรการควบคุมความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศให้ครอบคลุมมิติต่าง ๆ มากขึ้น ซึ่งบทความนี้ได้นำมาตรการควบคุมสำหรับการเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัยมาอธิบายเพื่อให้ผู้อ่านและผู้ที่ประกอบอาชีพเกี่ยวกับการพัฒนาแอปพลิเคชันได้มีความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น โดยนำ 8 ประเด็นสำคัญมาใช้สำหรับเป็นแนวทางการเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัยตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชัน

***คำหลัก**: การเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัย; ระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยของสารสนเทศ; ข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 27001:2022*

Abstract

The international standard ISO/IEC 27001 is a globally recognized framework for Information Security Management Systems (ISMS), aiming to help organizations systematically protect their critical information assets. Organizations can adopt the ISO/IEC 27001 framework by identifying and managing information security risks effectively.

Recently, ISO/IEC 27001 has been updated from the 2013 version to ISO/IEC 27001:2022 to better address cybersecurity and privacy protection. The revised standard introduces 11 new information security control measures that broaden the scope of protection across multiple dimensions. This article focuses on the security control related to secure coding practices. It aims to enhance the understanding of secure coding among readers and professionals in application development. The article presents eight key

principles as a guideline for writing secure code throughout the entire application development lifecycle—from initial design to deployment.

***Keywords**: Secure Coding; Information Security Management System; ISO/IEC 27001:2022*

1. บทนำ

ในโลกยุคดิจิทัลแอปพลิเคชันคือหัวใจสำคัญของการแข่งขันทางธุรกิจช่วยให้องค์กรหรือหน่วยงานต่าง ๆ สามารถดำเนินการทางธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่สำหรับโลกยุคดิจิทัลนั้นการโจมตีและภัยคุกคามทางไซเบอร์เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา อาทิ มัลแวร์ (Malware) ไวรัสคอมพิวเตอร์ (Computer Virus) บอท (Bot) และการโจมตีในรูปแบบอื่น ๆ อีกมากมายล้วนมีพัฒนาของการโจมตีอย่างต่อเนื่อง ระดับความรุนแรงเพิ่มขึ้น ภัยคุกคามทางไซเบอร์เหล่านี้สามารถเข้าไปแฝงตัวอยู่ในได้ทุกที่ทุกเวลา ทำให้ข้อมูลสำคัญทางธุรกิจที่องค์กรหรือหน่วยงานเก็บรักษาไว้สามารถถูกโจมตีสร้างความเสียหายได้เพียงชั่วข้ามคืน ภาพลักษณ์และชื่อเสียงที่สั่งสมมาอาจพังทลายภายในพริบตา

องค์กรหรือหน่วยงานจะทำอย่างไรจึงจะสามารถป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์และสร้างมั่นใจให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholder) ตั้งแต่จุดเริ่มต้นของการโจมตี คำตอบคือ “การเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัย” เพื่อให้มีความทนทานต่อการถูกโจมตีจากผู้ไม่ประสงค์ดี ซึ่งการเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัยได้รับการปรับปรุงและเพิ่มเติมเพื่อเป็นมาตรการควบคุมใหม่ 11 มาตรการ ในมาตรฐานความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ

บทความนี้นำเสนอหลักการและมาตรการควบคุมในส่วนของการเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัยตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 27001:2022 พร้อมรวบรวมวิธีการคิดและวิธีการเขียนโค้ดสำหรับผู้พัฒนาแอปพลิเคชันได้นำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัยและสามารถป้องกันการโจมตีทางไซเบอร์ได้

2. มาตรฐานสากล ISO/IEC 27001:2022

มาตรฐานสากล ISO/IEC 27001 ประกาศใช้ครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 2005 และปรับเปลี่ยนมาตรฐานครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 2013 และได้รับการปรับเปลี่ยนครั้งล่าสุดในปี ค.ศ. 2022 โดยมาตรฐานสากล ISO/IEC 27001 เป็นมาตรฐานสากลที่เน้นการจัดการความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศในองค์กร ซึ่งใช้กรอบการทำงานและแนวทางสำหรับการปรับปรุงความปลอดภัยของข้อมูลโดยการประเมินความเสี่ยงและการบริหารจัดการความเสี่ยงเพื่อป้องกัน ควบคุม ลดความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลและความปลอดภัยของข้อมูลสารสนเทศ หากบุคลากรขององค์กรหรือหน่วยงานมีความตระหนักและปฏิบัติงานได้สอดคล้องตามแนวทางที่กำหนดไว้ของมาตรฐาน ISO/IEC 27001:2022 ก็จะเป็นส่วนเสริมความแข็งแกร่งให้กับมาตรการรักษาความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ สร้างความมั่นใจและความน่าเชื่อถือให้กับลูกค้า พนักงาน คู่ค้า และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียขององค์กรหรือหน่วยงานได้อีกทางหนึ่งด้วย [1]

มาตรฐานสากล ISO/IEC 27001 เป็นข้อกำหนดในกลุ่มมาตรฐานความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศที่มุ่งเน้นการปกป้องข้อมูลสารสนเทศ 3 ประการ ได้แก่ การรักษาความลับ (Confidentiality) ความถูกต้องสมบูรณ์ (Integrity) และความพร้อมใช้งาน (Availability) [2]

มาตรฐานสากล ISO/IEC 27001 มีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องอยู่หลายฉบับ อาทิ ISO/IEC 27000:2018 กล่าวถึงนิยามและคำศัพท์, ISO/IEC 27001:2022 กล่าวถึงข้อกำหนดการบริหารจัดการความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ และ ISO/IEC 27002:2022 กล่าวถึงหลักปฏิบัติสำหรับการควบคุมความปลอดภัยของข้อมูล โดยการเปลี่ยนแปลงของมาตรฐานสากล ISO/IEC 27001:2013 มาเป็นมาตรฐานสากล ISO/IEC 27001:2022 นั้น มีการปรับเปลี่ยนเล็กน้อยในส่วนของข้อกำหนด 4.2 ความเข้าใจความจำเป็นความคาดหวังของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย, ข้อกำหนด 6.2 วัตถุประสงค์ความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศและแผนงานเพื่อทำให้บรรลุ, ข้อกำหนด 6.3 การวางแผนการเปลี่ยนแปลง, ข้อกำหนด 8.1 การวางแผนและควบคุมการดำเนินการ, ข้อกำหนด 9.2 แยกข้อกำหนดออกเป็น 9.2.1 และ 9.2.2 เนื้อหายังคงเหมือนเดิม และข้อกำหนด 9.3 แยกออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ 9.3.1 บททั่วไป, 9.3.2 ข้อมูลนำเข้าการทบทวน และ 9.3.3 ผลลัพธ์การทบทวน (ซึ่งในส่วนนี้

เพิ่มเติม 9.3.2 c) คือ การเปลี่ยนแปลงความต้องการและความคาดหวังของผู้มีส่วนได้เสียที่เกี่ยวข้องกับระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศซึ่งต้องมีการทบทวนโดยผู้บริหาร

ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงหลักที่เกี่ยวข้องโดยองค์กรหรือหน่วยงานต้องตระหนัก คือ รายละเอียดมาตรการควบคุมที่อ้างอิงใน Annex A โดยมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง รวมไปถึงมีการปรับปรุงให้สอดคล้องกับมาตรฐาน ISO/IEC 27002:2022 ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนและรวมตัวควบคุม (Control) ที่เกี่ยวข้องหรือเชื่อมโยงถึงกันไว้ด้วยกัน จากเดิมมาตรการควบคุมของมาตรฐานสากล ISO/IEC 27001:2013 มีจำนวน 114 รายการ ในส่วนของมาตรฐานสากล ISO/IEC 27001:2022 มาตรการควบคุมจะเหลือเพียง 93 รายการ [3]

มาตรการควบคุมใน Annex A ที่เพิ่มขึ้นสำหรับมาตรฐานสากล ISO/IEC 27001:2022 มีจำนวนทั้งสิ้น 11 รายการ ดังนี้

- A5.7 การวิเคราะห์เชิงลึกด้านภัยคุกคาม (Threat Intelligence)
- A5.23 การรักษาความปลอดภัยข้อมูลในการใช้บริการคลาวด์ (Information Security for Use of Cloud Services)
- A5.30 ความพร้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT Readiness for Business Continuity)
- A7.4 การเฝ้าระวังความมั่นคงปลอดภัยทางกายภาพ (Physical Security Monitoring)
- A8.9 การจัดการการตั้งค่า (Configuration Management)
- A8.10 การลบข้อมูล (Information Deletion)
- A8.11 การซ่อนข้อมูล (Data Masking)
- A8.12 การป้องกันข้อมูลรั่วไหล (Data Leakage Prevention)
- A8.16 การเฝ้าติดตามกิจกรรม (Monitoring Activities)
- A8.23 การกรองเว็บ (Web Filtering)
- A8.28 การเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัย (Secure Coding)

3. การเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัย (Secure Coding) คืออะไร

การเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัย (Secure Coding) คือ แนวทางการเขียนโค้ดให้มีความทนทานต่อการถูกโจมตีจากผู้ไม่ประสงค์ดี โดยแอปพลิเคชันนั้นจะต้องได้รับการออกแบบและพัฒนาตลอดจนได้รับการตรวจสอบแล้วว่าจะไม่สามารถถูกโจมตีหรือถูกเจาะด้วยเครื่องมือหรือภัยคุกคามที่เป็นที่รู้จักได้ง่าย สำหรับแอปพลิเคชันที่ไม่มีความมั่นคงปลอดภัยสามารถถูกเจาะได้ด้วยหลากหลายวิธีการ ซึ่งวิธีการต่าง ๆ มุ่งเน้นเพื่อเข้าถึงและควบคุมเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) ผ่านทางช่องโหว่ของแอปพลิเคชันต่าง ๆ อาทิ การปลอมตัวเป็นผู้ใช้งานแล้วปล่อยมัลแวร์เพื่อเจาะเข้าระบบ การปฏิเสธการให้บริการ (Denial of Service) การขโมยข้อมูลสำคัญขององค์กร

ดังนั้นการพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีความปลอดภัยไม่ใช่เพียงแค่การเพิ่มคุณสมบัติ (Feature) ด้านความปลอดภัย (Security) เท่านั้น แต่ต้องพิจารณาตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นด้วยการรวบรวมมิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ (Information Security) เทคนิควิธีการและเทคโนโลยีที่เลือกใช้ การควบคุมในทุกขั้นตอนการสร้างและดูแลบำรุงรักษาแอปพลิเคชัน หรืออาจกล่าวได้ว่า การเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัยเป็นควบคุมตั้งแต่กระบวนออกแบบจนไปสิ้นสุดถึงกระบวนการนำแอปพลิเคชันไปใช้งาน โดยปัจจุบันมีมาตรฐานการเขียนโค้ดที่ปลอดภัยและคู่มือความปลอดภัยในการเข้ารหัสหลายฉบับที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย อาทิ แนวทางการเข้ารหัสที่ปลอดภัยของ OWASP และมาตรฐานการเข้ารหัส SEI CERT สำหรับบทความนี้ได้รวบรวมแนวทางสำหรับการเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัย 8 แนวทาง [4] เพื่อใช้สำหรับควบคุมการเขียนโค้ดให้สอดคล้องกับ Annex A8.28 การเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัย ดังนี้

3.1. การออกแบบแอปพลิเคชันให้มีความปลอดภัย (Security Design)

สิ่งสำคัญที่สุดสำหรับองค์กรหรือหน่วยงานที่ต้องการนำแอปพลิเคชันต่าง ๆ เข้าไปช่วยในการดำเนินกิจการขององค์กร คือ การออกแบบแอปพลิเคชันให้มีความปลอดภัย ซึ่งแนวทางนี้จะให้ผลตอบแทนในระยะยาว โดยเป็นการ

บรรเทาความเสี่ยงและลดต้นทุนทางเทคนิคที่จะเกิดขึ้นในอนาคตหากถูกเจาะระบบหรือถูกโจมตีทางไซเบอร์ สำหรับการออกแบบแอปพลิเคชันให้มีความปลอดภัย ควรทำการวิเคราะห์การเขียนโค้ดต้นฉบับตลอดวงจรชีวิตการพัฒนาระบบ (Software Development Life Cycle: SDLC) และควรนำระบบอัตโนมัติด้านความปลอดภัยมาพิจารณาเพื่อใช้ประกอบการเขียนโค้ด [5] สำหรับแนวทางการออกแบบแอปพลิเคชันให้มีความปลอดภัย จะต้องคำนึงถึงชุดข้อมูล (Sessions) การเข้าถึงทางเดียว (Single Access Point) บทบาทของผู้ใช้ (Role) การจำกัดการมองเห็น (Limited View) และการกำหนดสิทธิ์เข้าถึงให้น้อยที่สุด (Least Privileged Access)

นอกจากนี้ยังต้องทบทวนหลักการต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบแอปพลิเคชันให้มีความปลอดภัย [6] ได้แก่

- การออกแบบแอปพลิเคชันให้มีความปลอดภัยให้เรียบง่ายและมีขนาดไม่ใหญ่จนเกินไป (Economy of Mechanism)
- การออกแบบให้แอปพลิเคชันตัดสินใจเรื่องการควบคุมการเข้าถึง (Fail-safe Default) โดยใช้หลัก Whitelist และ Blacklist ซึ่งหลัก Whitelist ได้แก่ ให้ใครทำอะไรบ้าง เข้าถึงแหล่งข้อมูลอะไร และเข้าใช้งานด้วยวิธีใด หากไม่ตรงตามหลักนี้ แอปพลิเคชันจะไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ใช้งานได้ สำหรับการใช้หลัก Blacklist เป็นการกำหนดไม่ให้ใครทำอะไรบ้าง ในระยะยาวการดูแลบำรุงรักษาแอปพลิเคชันจะทำได้ลำบากและมีความยุ่งยากในการบริหารจัดการ เนื่องจากมีหลากหลายวิธีที่จะหลีกเลี่ยงหลักการนี้ ซึ่งผู้ดูแลระบบต้องทบทวนและเพิ่มเติมเข้าไปใน Blacklist อย่างสม่ำเสมอ
- การตรวจสอบสิทธิ์ก่อนการเข้าถึง (Complete Mediation) เป็นการตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้แอปพลิเคชันก่อนที่จำเข้าถึงฐานข้อมูล (Database), ตาราง (Table) และรายการ (Record) ของข้อมูลที่ต้องการ
- การให้สิทธิ์ระดับต่ำสุด (Least privilege) เป็นการออกแบบโดยกำหนดให้ผู้ใช้แอปพลิเคชันได้รับสิทธิ์ในระดับต่ำสุดเท่าที่จำเป็นต่อการทำงาน เพื่อลดความเสี่ยงในหลากหลายรูปแบบและช่วยลดระดับความรุนแรงของความเสี่ยงได้อีกด้วย
- การจำกัดการใช้งานร่วมกัน (Least Common Mechanism) เป็นการออกแบบแอปพลิเคชันให้จำกัดจำนวนการใช้งาน การเข้าถึงทรัพยากรต่าง ๆ พร้อม ๆ กันของผู้ใช้ เพื่อป้องกันกรณีที่หากเกิดปัญหาขึ้นกับทรัพยากรดังกล่าว ก็จะกระทบกับผู้ใช้ในวงที่จำกัด
- การออกแบบแอปพลิเคชันให้ง่ายต่อการใช้งาน (Psychological Acceptability) ซึ่งจะไม่เป็นอุปสรรคต่อการตั้งค่าการใช้งาน ซึ่งหากออกแบบแอปพลิเคชันให้มีความซับซ้อน จะส่งผลกระทบและเป็นอุปสรรคต่อการตั้งค่าการใช้งาน และผู้ใช้ก็จะไม่ยอมใช้งานแอปพลิเคชันนั้น
- การจัดเก็บบันทึกการเข้าถึงแอปพลิเคชัน (Compromise Recording) เป็นการออกแบบแอปพลิเคชันให้มีการจัดเก็บบันทึกการเข้าถึงหรือการใช้งานแอปพลิเคชัน อาทิ การเข้าใช้งานระบบ (Login), การเข้าถึงข้อมูล (Access), การแก้ไขข้อมูล (Modify) เพื่อตรวจสอบกิจกรรมที่ไม่พึงประสงค์ และสามารถค้นหาร่องรอยย้อนหลังได้

3.2. การจัดการรหัสผ่าน (Password Management)

รหัสผ่านเป็นจุดอ่อนของแอปพลิเคชัน ซึ่งหากไม่บังคับข้อกำหนดของรหัสผ่านให้มีความยาวและความซับซ้อนมากพอ หรือไม่ปิดใช้งานการป้อนรหัสผ่านหลังจากพยายามเข้าสู่ระบบไม่ถูกต้องหลายครั้ง จะส่งผลให้สามารถคาดเดารหัสผ่านนั้น ๆ ได้ ปัจจุบันแอปพลิเคชันได้นำการยืนยันตัวตนโดยใช้หลายปัจจัย (Multi Factor Authentication: MFA) ซึ่งเป็นกระบวนการเข้าสู่แอปพลิเคชันแบบหลายขั้นตอน [7] โดยจะกำหนดให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลเพิ่มเติมนอกเหนือจากรหัสผ่าน อาทิ แอปพลิเคชันขอให้ผู้ใช้ป้อนรหัสที่ส่งไปยังอีเมล ตอบคำถามลับ หรือสแกนลายนิ้วมือร่วมกับการป้อนรหัสผ่าน ซึ่งการยืนยันตัวตนโดยใช้หลายปัจจัยช่วยป้องกันการเข้าถึงแอปพลิเคชันได้ในกรณีที่รหัสผ่านของผู้ใช้หลุดรอดออกไป วิธีการยืนยันตัวตนโดยใช้หลายปัจจัยจะพิจารณาในประเด็นต่าง ๆ คือ ปัจจัยสิ่งที่รู้ ปัจจัยสิ่งที่ครอบครอง และปัจจัยสิ่งที่เป็น

- ปัจจัยสิ่งที่รู้ ผู้ใช้แอปพลิเคชันต้องพิสูจน์ตัวตนของตนเองด้วยการเปิดเผยข้อมูลที่ไม่มีคนอื่นรู้

ตัวอย่างเช่น คำถามลับพร้อมคำตอบที่มีเพียงผู้ใช้ที่รู้ ชื่อของสัตว์เลี้ยงตัวแรก หรือพินสี่หลักสำหรับการเข้าถึงแอปพลิเคชัน

- ปัจจัยสิ่งที่ครอบครอง ผู้ใช้แอปพลิเคชันต้องระบุโดยใช้บางสิ่งบางอย่างที่มีไม่เหมือนใคร อาทิ โทรศัพท์มือถือ โทเค็นความปลอดภัย การ์ดแสดงผล กุญแจล็อกฮาร์ดแวร์ และกุญแจรักษาความปลอดภัย และอีเมล
- ปัจจัยสิ่งที่จำเป็น ผู้ใช้แอปพลิเคชันต้องพิสูจน์ตัวตนโดยใช้ข้อมูลที่ผู้ใช้มีอยู่ในตัว อาทิ ลายนิ้วมือ ม่านตา เสียง ใบหน้า หรือไบโอเมตริกเชิงพฤติกรรม เช่น ลักษณะของจังหวะการพิมพ์

3.3. การควบคุมการเข้าถึง (Access Control)

การควบคุมการเข้าถึง เป็นกระบวนการที่ช่วยควบคุมสิทธิ์การเข้าใช้แอปพลิเคชัน เพื่อป้องกันไม่ให้บุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาตใช้แอปพลิเคชันในการลบ แก้ไข หรือขโมยข้อมูล จนส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อองค์กร โดยแนวทางเบื้องต้นสำหรับการควบคุมการเข้าถึง คือ "ปฏิเสธโดยค่าเริ่มต้น" สำหรับข้อมูลที่ละเอียดอ่อน จำกัดสิทธิ์และจำกัดการเข้าถึงข้อมูลที่ปลอดภัยเฉพาะผู้ใช้ที่จำเป็นเท่านั้น นอกจากนี้การปฏิเสธการเข้าถึงสำหรับผู้ใช้ที่ไม่สามารถแสดงการอนุญาตได้ ตรวจสอบให้แน่ใจว่ามีการตรวจสอบคำขอข้อมูลที่ละเอียดอ่อนเพื่อยืนยันว่าผู้ใช้ได้รับอนุญาตให้เข้าถึงข้อมูลดังกล่าว โดยการควบคุมเข้าถึงแบ่งออกเป็น 4 ประเภท [8] ได้แก่

- การควบคุมการเข้าถึงทรัพยากรที่เจ้าของเป็นผู้ควบคุมอย่างสมบูรณ์ (Discretionary Access Control: DAC) คือ ผู้ดูแลแอปพลิเคชันสามารถกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงของผู้ใช้อื่น ๆ ได้ อาทิ การอนุญาตให้เข้าไปอ่าน หรือแก้ไขข้อมูล เมื่อมีการร้องขอขณะที่เข้าใช้แอปพลิเคชัน โดยผู้ดูแลแอปพลิเคชันสามารถพิจารณาอนุญาตหรือไม่อนุญาตตามการร้องขอนั้น ๆ นอกจากนี้ยังสามารถโอนสิทธิ์ความเป็นเจ้าของหรือผู้ดูแลแอปพลิเคชันให้กับผู้อื่นได้อีกด้วย ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมการเข้าถึงที่มีความยืดหยุ่น และจะไม่เหมาะสมหากนำไปใช้กับการปกป้องข้อมูลที่เป็นความลับ หรือทรัพยากรที่ต้องการความปลอดภัยในระดับสูง
- การควบคุมแบบส่วนกลาง (Mandatory Access Control: MAC) เป็นการกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้งานแอปพลิเคชันตามนโยบาย หรือตามระดับชั้นความปลอดภัยที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นการควบคุมโดยระบบไม่ใช่การควบคุมโดยผู้ดูแลระบบ ส่งผลให้ผู้ใช้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงนโยบายต่าง ๆ เหล่านั้นได้ การควบคุมการเข้าถึงประเภทนี้มักใช้กับแอปพลิเคชันที่มีความอ่อนไหวสูง
- การจัดการสิทธิ์ในการเข้าถึงระบบ (Role-based Access Control: RBAC) เป็นการกำหนดบทบาทให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงหน้าจอหรือข้อมูลส่วนใดได้บ้าง อาทิ กำหนดให้ผู้ใช้ ก สามารถเข้าไปลบแก้ไขข้อมูล และติดตั้งแอปพลิเคชันใหม่ได้ ในขณะที่ผู้ใช้ ข ได้รับอนุญาตให้ลบและแก้ไขข้อมูลได้เท่านั้น ไม่สามารถติดตั้งแอปพลิเคชันใหม่ได้ ผู้ใช้อื่น ๆ อาจได้รับสิทธิ์เพียงแค่อ่านข้อมูลเท่านั้น นอกจากนี้ผู้งานหนึ่งคนยังสามารถมีได้หลายบทบาท เช่น ผู้ใช้ ก ได้บทบาทผู้ดูแลระบบ (System Administrator) ของระบบ A แต่เป็นเพียงผู้ใช้ (User) ของระบบ B โดยการควบคุมการเข้าถึงประเภทนี้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง และสามารถนำไปใช้ร่วมกับการควบคุมทั้งแบบ DAC และ MAC ได้อีกด้วย
- การควบคุมการเข้าถึงโดยการคัดกรองจากคุณสมบัติของผู้ใช้ (Attribute-based Access Control: ABAC) เป็นการควบคุมการเข้าถึงทรัพยากรโดยคัดกรองจากคุณสมบัติของผู้ใช้บางประการ เช่น หากผู้ใช้เป็นพนักงานขององค์กรและปฏิบัติงานด้าน Security แผนกไอที จะสามารถเข้าถึงอุปกรณ์ Firewall ได้ หรือกำหนดให้ผู้จัดการมีสิทธิ์เข้าไปแก้ไขข้อมูลที่มีความอ่อนไหวได้ เป็นต้น

3.4. การจัดการและการบันทึกข้อผิดพลาด (Error Handling and Logging)

การจัดการและการบันทึกข้อผิดพลาดในกรณีเมื่อเกิดข้อผิดพลาด (Error) ของแอปพลิเคชันเป็นการเขียนโค้ดเพื่อแสดงสาเหตุของข้อผิดพลาดนั้นและทำให้แอปพลิเคชันสามารถทำงานต่อไปได้ ข้อผิดพลาดของแอปพลิเคชันมักบ่งชี้ถึงข้อบกพร่อง ซึ่งหลาย ๆ อย่างทำให้เกิดช่องโหว่ การ

จัดการข้อผิดพลาดและการบันทึกเป็นสองเทคนิคที่มีประโยชน์มากที่สุดในการลดผลกระทบ การจัดการข้อผิดพลาดพยายามตรวจจับข้อผิดพลาดในการเขียนโค้ดก่อนที่จะส่งผลให้เกิดความล้มเหลวร้ายแรง การบันทึกเอกสารข้อผิดพลาดจะช่วยให้นักพัฒนาสามารถวินิจฉัยและบรรเทาสาเหตุได้ ควรมีการนำเอกสารและการบันทึกความล้มเหลว ข้อยกเว้น และข้อผิดพลาดทั้งหมดไปใช้กับระบบที่เชื่อถือได้เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการเขียนโค้ดที่ปลอดภัย สำหรับตัวอย่างเทคนิคที่นำไปใช้ในการจัดการและบันทึกข้อผิดพลาด ได้แก่ เทคนิคการใช้ Middleware เพื่อจัดการข้อผิดพลาด เทคนิคการใช้ Try...Catch และเทคนิคการเขียน Custom Error

3.5. การกำหนดค่าระบบ (System Configuration)

การกำหนดค่าระบบ คือ การปรับปรุง (Update) แอปพลิเคชันรวมถึงการแพตช์ (Patch) ของแอปพลิเคชันให้เป็นรุ่น (Version) ปัจจุบันอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากแอปพลิเคชันที่ล้าสมัยเป็นแหล่งรวมช่องโหว่และการละเมิดความปลอดภัย ดังนั้นการกำหนดค่าระบบเป็นแนวทางสำหรับการแก้ไขช่องโหว่และลดความเสี่ยงของการถูกโจมตีได้ โดยการกำหนดค่าระบบเป็นการดำเนินการเพื่อให้ผู้ใช้มั่นใจได้ว่าแอปพลิเคชันที่ใช้งานได้รับการดูแลและบำรุงรักษา 4 ประเด็น ได้แก่

- ความปลอดภัย (Security) ผู้ใช้มั่นใจได้ว่าแอปพลิเคชันที่ใช้งานได้รับการปกป้องจากการละเมิดตามช่องโหว่ต่าง ๆ หลีกเลี่ยงความเสี่ยง ความเสียหาย และการสูญหายของข้อมูล
- นวัตกรรม (Innovation) ปัจจุบันการกำหนดค่าระบบไม่ได้ถูกสร้างมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของแอปพลิเคชันเท่านั้น บางแอปพลิเคชันได้มีการนำฟังก์ชันใหม่ ๆ เพิ่มเข้าไป หรือทดแทนฟังก์ชันการทำงานเดิมของแอปพลิเคชัน
- ประสิทธิภาพการทำงาน (Efficiency) สำหรับแอปพลิเคชันที่ล้าสมัย (Outdate) อาจทำให้อุปกรณ์ไม่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามวิถีปกติ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ใช้ลดลงหรือทำงานได้ไม่เต็มที่ โดยการกำหนดค่าระบบให้เป็นปัจจุบันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแอปพลิเคชันและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องได้อีกด้วย
- การตรวจสอบ (Audit) เป็นที่ประจักษ์กันดีในปัจจุบันว่า การทำ IT Audit มักมีข้อกำหนดให้ผู้ใช้และผู้ดูแลแอปพลิเคชันดำเนินการกำหนดค่าระบบให้เป็นปัจจุบัน หากไม่ปฏิบัติตามอาจส่งผลกระทบกับแอปพลิเคชันและเกิดบทลงโทษที่รุนแรงอันเนื่องจากการไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ (IT Security)

3.6. การสร้างแบบจำลองภัยคุกคาม (Threat Modeling)

การสร้างแบบจำลองภัยคุกคามเป็นการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองของภัยคุกคามเพื่อหาวิธีและเครื่องมือในการป้องกันที่เหมาะสม ซึ่งการสร้างแบบจำลองภัยคุกคามของแอปพลิเคชันจะทำให้สามารถเข้าแอปพลิเคชันมีส่วนใดที่สำคัญ แอปพลิเคชันมีช่องทางในการเข้าใช้งานและการติดต่อสื่อสารกับระบบอะไรบ้าง แอปพลิเคชันมีความเสี่ยงจากการโจมตีที่อาจขึ้นจากช่องทางการติดต่อสื่อสารกับระบบอื่น ๆ อย่างไร และสามารถหาวิธีป้องกันหรือลดช่องโหว่ของภัยคุกคามที่อาจเกิดขึ้นกับแอปพลิเคชันได้ การสร้างแบบจำลองภัยคุกคามสามารถทำได้ 4 ขั้นตอน [9] คือ

- ระบุอุปกรณ์ จำนวน และจัดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ที่ใช้งานแอปพลิเคชัน (Identify Assets)
- ระบุช่องทางการสื่อสารหรือเชื่อมต่อกับระบบอื่น ๆ ของแอปพลิเคชัน (Review Architecture)
- ระบุรูปแบบภัยคุกคามที่มีแนวโน้มจะโจมตีแอปพลิเคชัน (Identify Threats & Vulnerabilities)
- สรุปการโจมตีทั้งหมดที่อาจเกิดขึ้นกับแอปพลิเคชันเพื่อหาแนวทางการป้องกัน และเฝ้าระวังจากเส้นทางที่ถูกตรวจพบ (Document the Threats & Vulnerabilities)

3.7. การเข้ารหัสข้อมูล (Cryptographic Practices)

การเข้ารหัสข้อมูลเป็นแนวทางการปฏิบัติในการปกป้องข้อมูลโดยการแปรรูปข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ธรรมดาให้อยู่ในรูปที่บุคคลทั่วไปไม่สามารถอ่านเข้าใจได้ โดยทั่วไปการเข้ารหัสจะกระทำก่อนการจัดเก็บข้อมูลหรือก่อนการส่งข้อมูล โดยการนำข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์กับกุญแจ (Key) ซึ่งเป็นตัวเลขแบบสุ่มใด ๆ ไปผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผลที่ได้คือข้อมูลที่เข้ารหัส (Encryption) และเมื่อต้องการ

อ่านข้อมูลก็นำข้อมูลนั้นผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์อีกครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้คือข้อมูลดั้งเดิม ซึ่งเรียกว่าการถอดรหัส (Decryption) การเข้ารหัสข้อมูลแบ่งตามวิธีการใช้กุญแจได้ 2 วิธี [10] คือ

- การเข้ารหัสแบบกุญแจสมมาตร (Symmetric-key Cryptography) คือ การเข้ารหัสข้อมูลด้วยกุญแจเดี่ยว ทั้งผู้ส่งและผู้รับจะตกลงกันว่าจะใช้รูปแบบใดในการเข้ารหัสข้อมูล
- การเข้ารหัสแบบกุญแจอสมมาตร (Asymmetric-key Cryptography) คือ การเข้ารหัสและถอดรหัสด้วยกุญแจคู่ โดยกุญแจคู่ประกอบด้วยกุญแจส่วนตัว (Private Key) และกุญแจสาธารณะ (Public Key) โดยใช้หลักการหากใช้กุญแจใดเข้ารหัส ก็ต้องใช้กุญแจอีกลูกในการถอดรหัส

3.8. การตรวจสอบข้อมูลนำเข้าและการเข้ารหัสข้อมูลที่ส่งออกมา (Input Validation and Output Encoding)

การตรวจสอบข้อมูลนำเข้าเป็นกระบวนการเพื่อทำให้มั่นใจว่าข้อมูลที่นำเข้าสู่แอปพลิเคชัน สามารถทำให้แอปพลิเคชันทำงานได้ตรงตามที่คาดหวังหรือกำหนดไว้ โดยส่วนใหญ่การตรวจสอบข้อมูลนำเข้าจะตรวจสอบชนิดของข้อมูล รูปแบบของข้อมูล และขนาดของข้อมูล ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อการประมวลผลของแอปพลิเคชันทั้งสิ้น นอกจากนี้การตรวจสอบข้อมูลนำเข้ายังสามารถช่วยลดช่องโหว่ที่อาจสร้างความเสียหายต่อแอปพลิเคชัน หรือข้อมูลสำคัญได้ ตัวอย่างเช่น ช่องโหว่แบบ SQL Injection เป็นช่องโหว่ที่สามารถทำให้ผู้ไม่ประสงค์ดีทำการ Bypass Login หรือดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลได้โดยตรง ในส่วนของการป้องกันไม่ให้เกิดช่องโหว่ประเภทนี้สามารถใช้ Prepare Statement หรือใช้ Library ที่มีอยู่ในเครื่องมือสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการตรวจสอบข้อมูลนำเข้าด้วยการได้

การเข้ารหัสข้อมูลที่ส่งออกมาเป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบอื่น ๆ โดยที่ไม่มีการเข้ารหัสข้อมูล เช่น ASCII, UTF-8 เป็นต้น หรืออาจจะมีกระบวนการแปลงข้อมูลเป็นรูปแบบอื่นก็ได้ เช่น Base64 ซึ่งการ Encoding จะไม่เปลี่ยนความหมายหรือคุณสมบัติของข้อมูลเดิม แต่จะทำให้ข้อมูลมีรูปแบบที่แตกต่างไปจากรูปแบบเดิมเท่านั้น และสามารถแปลงกลับเป็นข้อมูลเดิมได้ (Decoding)

4. ข้อดีและข้อเสียของการเขียนโค้ดอย่างมั่นคงปลอดภัย

ข้อดี

- ลดความเสี่ยงจากการถูกโจมตีทางไซเบอร์
- สร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้งานและลูกค้า
- ปฏิบัติตามมาตรฐานสากลที่ยอมรับ

ข้อเสีย

- ใช้เวลามากขึ้นในกระบวนการพัฒนา
- อาจมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีที่สนับสนุน
- อาจต้องเปลี่ยนกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์เดิมหรือเพิ่มความซับซ้อนของการเขียนโค้ด

5. บทสรุป

การเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัยเป็นมาตรการควบคุมที่กำหนดไว้ในมาตรฐานสากล ISO/IEC 27001:2022 ซึ่งมุ่งเน้นการเขียนโค้ดสำหรับแอปพลิเคชันให้มีความทนทานต่อการถูกโจมตีจากผู้ไม่ประสงค์ดี โดยการเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัยจำเป็นต้องพิจารณาทุกขั้นตอนของกระบวนการพัฒนาระบบ (SDLC) เพื่อให้มั่นใจว่า แอปพลิเคชันตลอดจนข้อมูลที่จัดเก็บจากแอปพลิเคชันได้รับความคุ้มครองให้มีความมั่นคงปลอดภัยและสามารถป้องกันการโจมตีทางไซเบอร์ได้ สำหรับบทความนี้ได้นำเสนอแนวทางสำหรับการเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัย 8 แนวทาง แต่ละแนวทางมีวิธีการที่หลากหลาย และนอกจากแนวทางเหล่านี้ ยังมีแนวทางอื่น ๆ และวิธีการอื่น ๆ อีกมากมายที่สามารถนำมาใช้การเขียนโค้ดให้มีความมั่นคงปลอดภัยได้เช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

[1] บรรจง หะรังสี. “มาตรฐาน ISO/IEC 27001:2022 ฉบับภาษาไทย,” [ออนไลน์] https: / / www. tnetsecurity. com/ download/ มาตรฐาน-iso-iec-270012022. (เข้าถึงเมื่อ: 18 เมษายน 2568).

[2] UPSKILL UX. “ Designing for Security (การออกแบบเพื่อความปลอดภัย) คืออะไร?,” [ออนไลน์]. https://medium.com/upskill-ux/designing-for-

security-การออกแบบเพื่อความปลอดภัย-774e2da2f99c. (เข้าถึงเมื่อ: 15 ธันวาคม 2567).

[3] Equal Assurance (Thailand) Ltd. "ISO/IEC27001:2022 อัพเดทใหม่ มีอะไรเปลี่ยนแปลงบ้าง," [ออนไลน์]. https://eqathaitraining.com/archives/2208. (เข้าถึงเมื่อ: 6 มกราคม 2568).

[4] Tori Thurmond. (2023). "8 Best Secure Coding Practices," BLOG [Online]. https://kirkpatrickprice.com/blog/secure-coding-best-practices/. Accessed: Jan. 9, 2025).

[5] Nattaphon Bunsuwan. "10 วิธีเพิ่มความปลอดภัยในการพัฒนาซอฟต์แวร์," [ออนไลน์]. https://sennalabs.com/blog/10-ways-to-enhance-security-in-software-development. (เข้าถึงเมื่อ: 20 ธันวาคม 2567).

[6] Pornsook Kornkitichai. "หลักแห่งการออกแบบระบบอย่างมั่นคงปลอดภัย (Secure Design Principles," [ออนไลน์]. https://medium.com/incognitolab/หลักแห่งการออกแบบระบบอย่างมั่นคงปลอดภัย-secure-design-principles-64a5ba0c6142. (เข้าถึงเมื่อ 21 เมษายน 2568).

[7] AWS Ltd. "การยืนยันตัวตนโดยใช้หลายปัจจัย (MFA) คืออะไร," [ออนไลน์]. https://aws.amazon.com/th/what-is/mfa/. (เข้าถึงเมื่อ: 10 มกราคม 2568).

[8] NT cyfernce. "Access Control จุดเริ่มต้นของการปกป้องข้อมูลให้ปลอดภัย," [ออนไลน์]. https://www.cyfence.com/article/access-control-are-starting-protect-for-data-secure/. (เข้าถึงเมื่อ: 10 มกราคม 2568).

[9] MindPHP Ltd. "Cryptographic (เครบโทกราฟฟิก) คืออะไร," [ออนไลน์]. https://www.mindphp.com/บทความ/244-security/5376-cryptographic-security-antivirus-spyware.html. (เข้าถึงเมื่อ: 10 มกราคม 2568).

[10] Ditto Ltd. "ทำความเข้าใจเรื่อง Data Encryption การเข้ารหัสเพื่อความปลอดภัยของข้อมูลองค์กร," [ออนไลน์]. https://www.dittothailand.com/dittonews/what-is-data-encryption. (เข้าถึงเมื่อ: 10 มกราคม 2568).

การเปรียบเทียบคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์

A Comparison of the Quality of Website User Interface Design Between Humans and Artificial Intelligence

ณัฏฐา ผิวมา[1] และ พิชญ์สินี พุทธิทวีศรี[2]*
Nattha Phiwma[1] and Pichsinee Puttitaweesri[2]*

[1] สาขาวิชาความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 10300
[1] Division of Cyber Security, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, 10300
[2] สาขาวิชาสาขาวิชาธุรกิจสร้างสรรค์และเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 10300
[2] Division of Creative Business and Digital Technology, Faculty of Management Science, Suan Dusit University, 10300

*Corresponding Author: pichsinee_put@dusit.ac.th

Received 19 ธันวาคม 2567; Revised 20 กุมภาพันธ์ 2568; Accepted 4 มีนาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ประเภท Generative AI กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบเว็บไซต์ จำนวน 5 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้จำนวน 5 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) หน้าจอการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์จำนวน 30 รูป แบ่งเป็นการออกแบบโดยมนุษย์ จำนวน 10 รูปแบบ ออกแบบโดยใช้ Generative AI จำนวน 20 รูปแบบ ด้วยคำสั่งเดียวกัน 2) แบบประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ 3) เครื่องมือวิเคราะห์การมองเห็นโดยใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap 4) แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ ผลการวิจัย พบว่า การเปรียบเทียบคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ภาพรวมโดยมนุษย์กับ Generative AI ด้านรูปแบบ การจัดวางหน้าเว็บไซต์มีความเหมาะสม มีคุณภาพในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.20) ทั้ง 3 รูปแบบ คือ การออกแบบโดยมนุษย์ การออกแบบจากเว็บไซต์ Uizard และ การออกแบบจากเว็บไซต์ Figma ผลการวิเคราะห์การมองเห็นโดยใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดย Generative AI จากเว็บไซต์ https://figma.com มีคะแนนความชัดเจนมากที่สุด 72 คะแนน และมีคะแนนความสนใจ คือ 96 คะแนน และผลสรุปการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อดีของการออกแบบด้วย AI คือ สะดวกและรวดเร็ว การออกแบบมีโครงสร้างเว็บไซต์ที่ใช้งานง่าย มีข้อจำกัดเรื่องรายละเอียดที่มีผลต่ออารมณ์ความรู้สึกของมนุษย์ ซึ่งมนุษย์และปัญญาประดิษฐ์สามารถทำงานร่วมกันได้เพื่อให้การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้มีคุณภาพมากขึ้น

คำหลัก: *ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้; ปัญญาประดิษฐ์; เจเนอเรทีฟเอไอ; การออกแบบเว็บไซต์*

Abstract

This research aims to compare the quality of user interface design between websites created by humans and those created by Generative AI. The sample group in this study consisted of 5 web design

experts and 5 user interface design specialists. The research tools included: 1) 30 user interface design screenshots of websites, divided into 10 designs by humans and 20 designs by Generative AI using the same prompt, 2) A quality assessment form for user interface design of websites comparing human and AI designs, 3) AI-powered vision analysis tool simulates Eye-Tracking and Heatmap, and 4) An interview form about user interface design of websites comparing human and AI designs. The research findings show that the overall comparison of user interface design quality between human-designed and Generative AI-designed websites in terms of layout appropriateness was at the highest quality level (mean = 4.20) for all three types: human design, design from Uizard website, and design from Figma website. The results of the visibility analysis using AI-simulated Eye-Tracking and Heatmap for the user interface design of websites created by Generative AI on https://figma.com show the highest clarity score of 72 points and a focus score of 96 points. The expert interview summary revealed that the advantages of AI design are convenience and speed, with website structures that are easy to use. However, there are limitations in terms of details that affect human emotions. Nevertheless, both humans and AI can work together to improve the quality of user interface design.

Keywords: *User Interface; Artificial Intelligence; Generative AI; Web design*

1. บทนำ

การสร้างเว็บไซต์ขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ การออกแบบเว็บไซต์ ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ ได้แก่ การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience: UX) เป็นการออกแบบประสบการณ์การใช้งานที่มีการออกแบบส่วนต่อประสานเพื่อต้องการให้ผู้ใช้เกิดความประทับใจทำให้เกิดการจดจำอันและความรู้สึกเชิงบวกระหว่างการใช้งาน ส่งผลให้ผู้ใช้อยากกลับมาเยี่ยมชมเว็บไซต์อีกครั้ง ส่วนการออกแบบส่วนต่อประสานของผู้ใช้ (User Interface: UI) ของเว็บไซต์เกี่ยวข้องกับลักษณะที่มองเห็นได้ของเว็บไซต์ นั่นคือ ภาพลักษณ์ ส่วนต่อประสานของเว็บไซต์และวิธีที่ผู้ใช้โต้ตอบกับเว็บไซต์ การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ จะครอบคลุมเกี่ยวกับ การจัดเรียงเนื้อหา เค้าโครง สี แบบอักษร ไอคอน และองค์ประกอบการนำทาง ทั้งหมดนี้ต้องสอดคล้องกับเอกลักษณ์ของแบรนด์หรือหน่วยงานและองค์ประกอบต่างๆ จะต้องสอดคล้องกัน ดังนั้นเป้าหมายของการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ คือ การสร้างส่วนต่อประสานที่น่าดึงดูดและใช้งานง่าย การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ ให้ความสำคัญกับรายละเอียดภาพและสีที่ดึงดูดความสนใจของผู้ใช้ ทำให้เว็บไซต์เป็นมิตรต่อผู้ใช้มากขึ้นและช่วยลดความสับสนของผู้ใช้ ความสม่ำเสมอในการออกแบบยังช่วยสร้างความเชื่อมั่นและความน่าเชื่อถือให้กับผู้ใช้ เมื่อเว็บไซต์มีความสม่ำเสมอในการออกแบบ ผู้ใช้ก็มีแนวโน้มที่จะเชื่อถือข้อมูลที่นำเสนอ และยังช่วยสร้างเอกลักษณ์ของเว็บไซต์และการรักษาองค์ประกอบภาพ ช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจวิธีโต้ตอบกับส่วนต่อประสาน ทำให้เป็นมิตรต่อผู้ใช้มากขึ้น และเพิ่มโอกาสในการมีส่วนร่วมและรักษาผู้ใช้ไว้ในที่สุด จากงานวิจัยของสุคนธ์ทิพย์ และประภาพร [1] เน้นถึงความสำคัญของการทำความเข้าใจหลักการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (UI) และประสบการณ์ผู้ใช้ (UX) เพื่อสร้างแพลตฟอร์มที่ใช้งานง่ายและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจากงานวิจัยของ Sharma and Tiwari [2] ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้และประสบการณ์ผู้ใช้ สำรวจมุมมองและเครื่องมือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ UI โดย UX เน้นความสำคัญของการสร้างประสบการณ์ที่ดีที่สุดสำหรับผู้ใช้ทุกคนไม่ใช่แค่กลุ่มเดียว เพื่อให้ได้การออกแบบที่ดีที่สุด เน้นความรับผิดชอบของนักออกแบบ UI ในการสร้างส่วนต่อประสานที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ รวมถึงองค์ประกอบ เช่น สีไอคอนและวัตถุ จะเห็นได้ว่าการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้มีความสำคัญกับการสร้างเว็บไซต์ทุกรูปแบบ

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เข้ามามีบทบาทในการทำงานของมนุษย์มากขึ้นรวมถึงการออกแบบส่วนต่อประสานด้วยเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์คำสั่งจากข้อความให้เป็นรูปภาพได้ตามต้องการ เนื่องจากปัญญาประดิษฐ์มีหลายสาขา Generative AI ก็เป็นสาขา

หนึ่งที่ได้เปลี่ยนแปลงการออกแบบเว็บไซต์โดยการทำงานอัตโนมัติเพิ่มความเป็นตัวตนและสังเกตข้อมูลผู้ใช้ซึ่งนำไปสู่การโต้ตอบและประสบการณ์ของผู้ใช้ที่ดีขึ้น จะเห็นได้ว่า AI มีบทบาทสำคัญนำไปสู่วิธีการใหม่ในการออกแบบเว็บไซต์และปรับปรุงการโต้ตอบกับผู้ใช้ทำให้เป็นวิวัฒนาการที่จำเป็นเพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้น [3] การออกแบบและประเมินส่วนต่อประสานผู้ใช้ด้วยเทคนิค AI ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นและได้กลายเป็นตัวเลือกสำหรับการทำงานอัตโนมัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยด้านมนุษย์ที่เกี่ยวข้องในการทำงานด้านการพัฒนาและวิเคราะห์ UI และ การใช้ AI ในการออกแบบและประเมินการประยุกต์ใช้เทคนิค AI สำหรับการออกแบบและการประเมินส่วนต่อประสานผู้ใช้ในด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ [4] ผลกระทบของ AI ต่อกระบวนการสร้างสรรค์ในการออกแบบ UX/UI ซึ่งมีความสำคัญเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพโดยให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้ใช้สำหรับส่วนต่อประสานส่วนบุคคล AI มีบทบาทสำคัญในการพัฒนากระบวนการออกแบบ UX/UI แต่ต้องแก้ไขผลกระทบทางจริยธรรมและช่องว่างเพื่อการบูรณาการที่มีประสิทธิภาพและมีความรับผิดชอบ [5] การออกแบบ UX/UI ด้วย AI เป็นเครื่องมือสำคัญในยุคดิจิทัล ซึ่ง AI จะช่วยวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้จำนวนมากได้อย่างแม่นยำ ทำให้นักออกแบบสามารถสร้างส่วนต่อประสานที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้ได้ดียิ่งขึ้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการออกแบบด้วยการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็วและปรับแต่งองค์ประกอบต่างๆ ให้เหมาะสมกับผู้ใช้แต่ละกลุ่ม ซึ่ง AI ส่งเสริมนวัตกรรมและเพิ่มประสิทธิภาพประสบการณ์ของผู้ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสื่อดิจิทัล [6] ถึงแม้ว่า AI มีประโยชน์ในการออกแบบ UX/UI แต่ก็ยังมีความท้าทายที่ต้องปรับปรุงเพื่อให้การใช้งานมีจริยธรรมและประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้เทคโนโลยี AI ยังมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ผู้เชี่ยวชาญด้าน UX จำเป็นต้องปรับตัวอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ทันสมัยและใช้ศักยภาพของ AI ในการออกแบบที่เน้นผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7]

คุณภาพของการออกแบบเว็บไซต์ส่งผลต่อการรักษาลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญโดยการสร้างการออกแบบที่ดึงดูดสายตาและสร้างสรรค์ซึ่งส่งเสริมการเข้าชมซ้ำ เว็บไซต์ที่ออกแบบมาอย่างดีช่วยเพิ่มการเข้าถึงและความสามารถในการอ่านได้ [8] การออกแบบเว็บไซต์ที่มีคุณภาพต้องมีความสมดุลเหมาะสมซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อประสบการณ์ผู้ใช้เพื่อให้เข้าถึงผู้ใช้และสื่อสารความหมายได้อย่างชัดเจน การจัดวางหน้าเว็บไซต์ที่ดีควรมีโครงสร้างที่ชัดเจนและตรงตามหลักการ UX/UI เช่น การจัดวางหน้าเว็บไซต์ การจัดภาพประกอบอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม การใช้ไอคอน สื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ตัวอักษร ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ ซึ่งการเปรียบเทียบการออกแบบระหว่างนักออกแบบกับ AI จึงมีความสำคัญแสดงให้เห็นข้อดีและข้อจำกัดของการออกแบบส่วนต่อประสานช่วยในการเลือกวิธีการออกแบบที่ตอบโจทย์ผู้ใช้และเป้าหมายขององค์กรได้ดีที่สุด

ดังนั้น การที่ AI เข้ามามีบทบาทสำคัญในการออกแบบสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบส่วนต่อประสานจะเป็นการทดแทนการออกแบบที่ทำโดยมนุษย์ได้อย่างเต็มรูปแบบหรือไม่ หรือว่าทั้งสองแนวทางควรผสมผสานกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการพัฒนาเว็บไซต์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ ที่ออกแบบโดยมนุษย์และ Generative AI เพื่อนำผลการวิจัยนี้ไปปรับใช้ในการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ได้มีคุณภาพมากขึ้น

1.1วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ประเภท Generative AI

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสานด้วยวิธีการเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยใช้หลักการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) มาใช้ในการออกแบบของเว็บไซต์ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์โดยมนุษย์และปัญญาประดิษฐ์ประเภท Generative AI (จากเว็บไซต์ https://uizard.io และ เว็บไซต์ https://www.figma.com)

2.1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ได้แก่

- ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบเว็บไซต์ ประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ จำนวน 5 ท่าน

- ผู้เชี่ยวชาญผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ จำนวน 5 ท่าน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. รูปแบบหน้าจอการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเป็นเว็บไซต์หน้าจอหลักเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์

2. ประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์โดยผู้เชี่ยวชาญ

2.1) นำแบบประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ฯ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของข้อคำถาม

2.2) นำแบบประเมินที่ได้รับการตรวจสอบและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ มาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งถ้าค่า IOC มีค่า ≥ 0.50 หมายความว่า มีความเที่ยงตรงที่ยอมรับได้ ถ้ามีค่า IOC < 0.50 ควรตัดออกไปหรือนำไป ปรับปรุงแก้ไขใหม่ แล้วเลือกคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

2.3) คำนวณคาดัชนีความสอดคล่องรายข่อ คัดเลือกข่อคำถามที่มีคา IOC ตั้งแต .50 ขึ้นไป เพื่อนำไปสรางเป็นประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ฯ โดยคาดัชนีความสอดคล่องรายข่อต่ำสุด คือ 0.67 คาดัชนีความสอดคล่องรายข่อสูงสุด คือ 1.00 ซึ่งผานเกณฑ 0.50 ที่ตั้งไว

2.4) ได้แบบประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ พร้อมที่จะนำไปใช้สอบถามกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3. แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

3.1) นำแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ฯ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของข้อคำถาม

3.2) นำแบบประเมินที่ได้รับการตรวจสอบและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ มาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งถ้าค่า IOC มีค่า ≥ 0.50 หมายความว่า มีความเที่ยงตรงที่ยอมรับได้ ถ้ามีค่า IOC < 0.50 ควรตัดออกไปหรือนำไป ปรับปรุงแก้ไขใหม่ แล้วเลือกคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

3.3) คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อ คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต .50 ขึ้นไป เพื่อนำไปสร้างเป็นแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ฯ โดยค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อต่ำที่สุด คือ 0.67 ค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อสูงสุด คือ 1.00 ซึ่งผานเกณฑ์ 0.50 ที่ตั้งไว้

3.4) ได้แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ฯ พร้อมที่จะนำไปใช้สอบถามกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4. วิเคราะห์การมองเห็นหน้าหลักของเว็บไซต์โดยการใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap

4.1) นำภาพที่ได้จากการออกแบบหน้าจอหลักของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ไปทำการวิเคราะห์การมองเห็นโดยใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap [9]

4.2) นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์การมองเห็นโดยใช้โปรแกรม Attention Insight เป็นเครื่องมือ AI Eye-Tracking และสร้าง Heatmap ทำการวิเคราะห์ ดังนี้ [9]

- คะแนนความชัดเจน (Clarity Score) ของการออกแบบ โดยคะแนนความชัดเจนมีตั้งแต่ 1 ถึง 100 โดยมีเกณฑ์คะแนน ดังนี้

คะแนน 0-29 คะแนน ระดับความยากมาก

คะแนน 30-59 คะแนน ระดับความยากปานกลาง

คะแนน 60-94 คะแนน ความชัดเจนที่เหมาะสมที่สุด

คะแนน 95-100 คะแนน ง่ายเกินไป

- คะแนนความสนใจ (Focus Score) แสดงถึงการดึงดูดความสนใจของการออกแบบ โดยคะแนนความสนใจมีตั้งแต่ 1 ถึง 100 โดยมีเกณฑ์คะแนน ดังนี้ [9]

  - คะแนน 80 คะแนนขึ้นไป ระดับดี

- แผนที่ความร้อน (Heat Map) แสดงข้อมูลการเคลื่อนไหวของดวงตา เป็นการคาดการณ์ว่าเมื่อผู้ใช้เข้ามาที่เว็บไซต์จะมองที่ใดภายใน 4 ถึง 5 วินาทีแรกหลังจากเห็นการออกแบบ โดย [9]

  - สีโทนอุ่นแสดงถึงจุดที่ได้รับความสนใจจากผู้ใช้
  - สีโทนเย็นแสดงถึงจุดที่ที่ได้รับความสนใจน้อยกว่าเล็กน้อย
  - จุดที่ไม่มีสีจะแสดงที่ 0% หรือใกล้เคียง 0%

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย เป็นการทดสอบแบบไม่ระบุว่าการออกแบบเป็นของมนุษย์หรือGenerative AI ได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ทบทวนเอกสาร ตำรา เอกสารวิชาการ งานวิจัย และบทความทางวิชาการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวบข้อมูลมาเป็นแนวทาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในดำเนินการวิจัย
2. นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์
3. ออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ โดยจัดองค์ประกอบในหน้าหลัก การใช้สี โดยออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้โดยมนุษย์และใช้ Generative AI ด้วยคำสั่งเดียวกัน จำนวน 30 รูปแบบ
4. ประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ฯ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้เว็บไซต์ ด้วยแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น และวิเคราะห์การมองเห็นหน้าหลักของเว็บไซต์โดยการใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap
5. สัมภาษณ์เกี่ยวกับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้เว็บไซต์ ด้วยแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

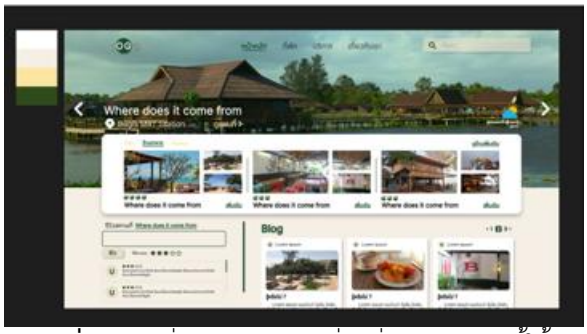
การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์โดยใช้คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

3.1 การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์

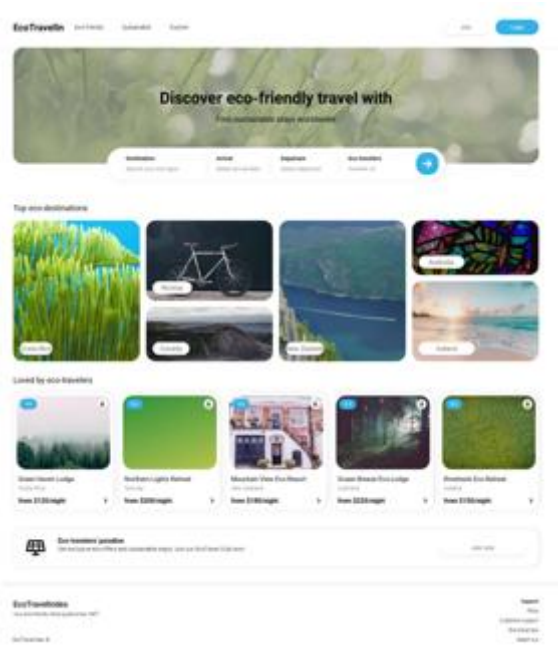
ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของหน้าจอหลักของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ จำนวน 30 รูปแบบ แบ่งเป็นการออกแบบโดยมนุษย์ จำนวน 10 รูปแบบ ออกแบบโดยใช้ Generative AI (จากเว็บไซต์ Uizard และเว็บไซต์ Figma) อย่างละ 10 รูปแบบ ด้วยคำสั่งเดียวกัน คือ ออกแบบเว็บไซต์หน้าจอหลักเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ โดยมีเงื่อนไข ดังนี้ 1) ชุดสี สีฟ้าและสีน้ำเงิน สีเขียว สีครีม สีขาว 2) navigation bar 3) บล็อกแสดงรูปภาพที่สวยงาม 4) แผนที่และข้อมูลการเดินทาง 5) รีวิวและคำแนะนำจากผู้ใช้ 6) ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพอากาศ 7) บล็อกหรือบทความ 8) ระบบค้นหา และ 9) ข้อมูลเกี่ยวกับที่พัก อาหาร กิจกรรม และแผนที่



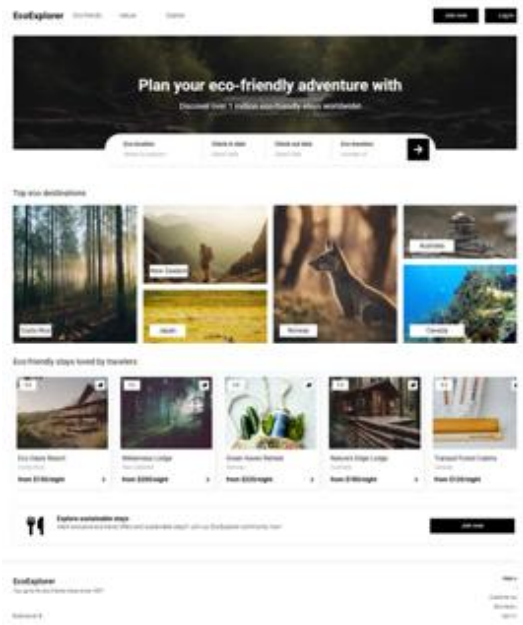
รูปที่ 1 ตัวอย่างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์ (1)

รูปที่ 2 ตัวอย่างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์ (2)

จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 เป็นตัวอย่างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์ด้วยคำสั่งเดียวกัน

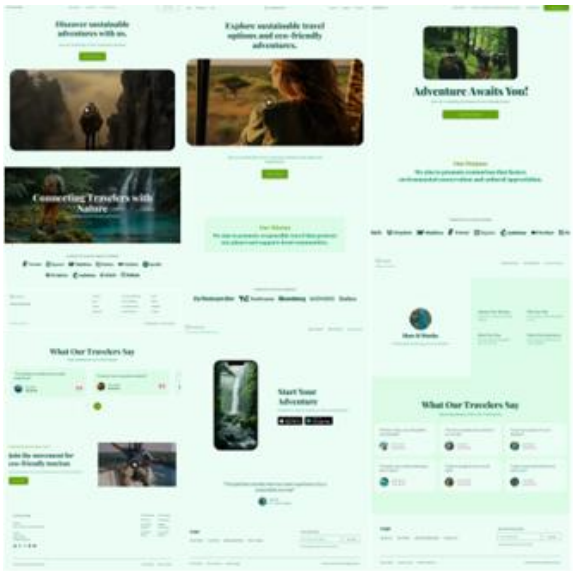


รูปที่ 3 ตัวอย่างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ (1)

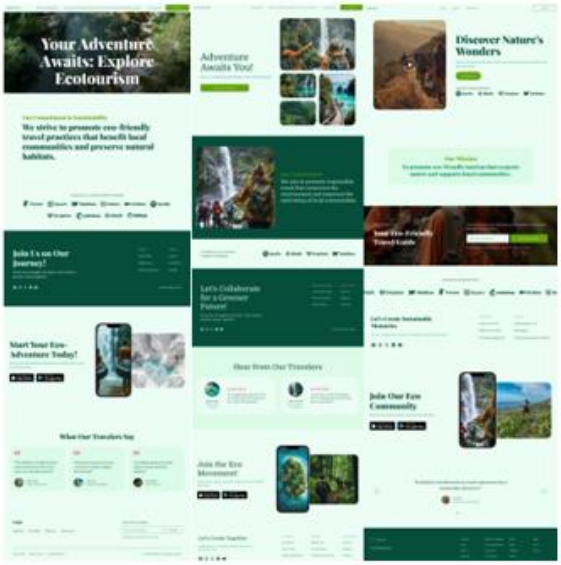


รูปที่ 4 ตัวอย่างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ (2)

จากรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 ตัวอย่างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ด้วย Generative AI จากเว็บไซต์ https://uizard.io



รูปที่ 5 ตัวอย่างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ (3)



รูปที่ 6 ตัวอย่างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ (4)

จากรูปที่ 5 และ รูปที่ 6 ตัวอย่างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ด้วย Generative AI จากเว็บไซต์ https://www.figma.com

3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์

ประเมินคุณภาพการผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้เว็บไซต์ จำนวน 5 ท่าน สรุปผลการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ดังนี้

จากตารางที่ 1 พบว่า คุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์ ผู้ทรงคุณวุฒิได้ประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์ คุณภาพโดยรวมแต่ละด้านอยู่ในระดับมาก เมื่อแยกเป็นรายด้านพบว่า ด้านความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.30, S.D. = 0.58471) รองลงมา คือ ด้านรูปแบบการจัดวางหน้าเว็บไซต์มีความเหมาะสม ($\bar{x}$= 4.20, S.D. = 0.58954) การจัดภาพประกอบอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม สื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ($\bar{x}$= 4.18, S.D. = 0.6438) ด้านการใช้ไอคอน สื่อความหมายชัดเจน ($\bar{x}$= 4.06, S.D. = 0.83202) ด้านขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านง่ายและสวยงาม ($\bar{x}$= 4.06, S.D. = 0.71266) และด้านสีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม ($\bar{x}$= 3.94, S.D. = 0.75685) ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์

ประเด็นคำถาม	1. รูปแบบการจัดวางหน้าเว็บไซต์มีความเหมาะสม		การจัดภาพประกอบอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม สื่อความหมายได้อย่างชัดเจน		3. การใช้ไอคอน สื่อความหมายชัดเจน		4. สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม		5. ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านง่ายและสวยงาม		6. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
ภาพที่ 1	3.80	0.7483	3.60	0.4899	4.40	0.8000	4.20	0.7483	4.20	0.9798	4.40	0.4899
ภาพที่ 2	4.40	0.4899	4.20	0.7483	4.20	0.9798	4.40	0.4899	4.40	0.8000	4.60	0.4899
ภาพที่ 3	4.20	0.7483	4.20	0.7483	4.00	0.8944	3.60	0.8000	4.00	0.6325	4.60	0.4899
ภาพที่ 4	4.20	0.4000	4.60	0.8000	4.00	0.6325	4.20	0.7483	4.00	0.8944	4.00	0.8944
ภาพที่ 5	4.40	0.4899	4.00	0.6325	4.00	0.8944	4.20	0.7483	4.00	0.6325	4.40	0.4899
ภาพที่ 6	4.20	0.4000	4.20	0.4000	3.80	0.7483	3.00	0.8944	4.00	0.6325	4.00	0.6325
ภาพที่ 7	4.20	0.7483	4.60	0.4899	4.00	0.8944	4.00	0.8944	4.00	0.6325	4.40	0.4899
ภาพที่ 8	4.20	0.7483	4.20	0.7483	4.20	0.7483	3.80	0.7483	3.60	0.8000	4.20	0.7483
ภาพที่ 9	4.00	0.6325	4.00	0.6325	3.80	0.9798	3.80	0.7483	4.00	0.6325	4.00	0.6325
ภาพที่10	4.40	0.4899	4.20	0.7483	4.20	0.7483	4.20	0.7483	4.40	0.4899	4.40	0.4899
คุณภาพโดยรวม	4.20	0.58954	4.18	0.6438	4.06	0.83202	3.94	0.75685	4.06	0.71266	4.30	0.58471

จากตารางที่ 2 พบว่า คุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์และปัญญาประดิษฐ์ ผู้ทรงคุณวุฒิได้ประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์ ภาพรวมแต่ละด้านอยู่ในระดับมาก เมื่อแยกเป็นรายด้านพบว่า ด้านขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านง่ายและสวยงามมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.02, S.D. = 0.6670) รองลงมา คือ ด้านความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ ($\bar{x}$= 3.92, S.D. = 0.7174) ด้านการจัดภาพประกอบอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม สื่อ

ความหมายได้อย่างชัดเจน ($\bar{x}$= 3.88, S.D. = 0.7912) ด้านสีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม ($\bar{x}$= 3.78, S.D. = 0.7971) ด้านรูปแบบการจัดวางหน้าเว็บไซต์มีความเหมาะสม ($\bar{x}$= 3.70, S.D. = 0.5316) และด้านการใช้ไอคอน สื่อความหมายชัดเจน ($\bar{x}$= 3.30, S.D. = 0.7031) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดย Generative AIจากเว็บไซต์ https://uizard.io

ประเด็นคำถาม	1. รูปแบบการจัดวางหน้าเว็บไซต์มีความเหมาะสม		2. การจัดภาพประกอบอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม สื่อความหมายได้อย่างชัดเจน		3. การใช้ไอคอน สื่อความหมายชัดเจน		4. สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม		5. ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านง่ายและสวยงาม		6. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
ภาพที่ 1	4.20	0.4000	4.00	0.6325	3.80	0.4000	4.20	0.7483	4.00	0.6325	4.20	0.7483
ภาพที่ 2	4.20	0.4000	4.20	0.7483	4.00	0.6325	4.40	0.4899	4.20	0.4000	4.20	0.4000
ภาพที่ 3	4.00	0.6325	4.20	0.7483	3.60	0.4899	4.20	0.7483	4.40	0.4899	4.20	0.7483
าพที่ 4	4.00	0.6325	4.00	0.6325	4.00	0.6325	4.00	0.6325	4.40	0.4899	4.20	0.7483
ภาพที่ 5	3.00	0.6325	3.20	0.9798	2.60	0.8000	3.20	0.9798	4.00	0.6325	3.60	0.8000
ภาพที่ 6	3.40	0.4899	4.00	0.8944	3.20	0.7483	3.80	0.9798	3.80	0.7483	3.80	0.7483
ภาพที่ 7	3.40	0.4899	3.20	0.9798	2.60	0.8000	3.20	0.9798	3.80	0.9798	3.60	0.8000
ภาพที่ 8	3.20	0.7483	3.80	0.7483	2.80	0.7483	3.60	0.8000	3.60	0.8000	3.80	0.7483
ภาพที่ 9	3.40	0.4899	3.80	0.7483	2.60	0.8000	3.20	0.9798	3.80	0.7483	3.60	0.8000
ภาพที่10	4.20	0.4000	4.40	0.8000	3.80	0.9798	4.00	0.6325	4.20	0.7483	4.00	0.6325
คุณภาพโดยรวม	3.70	0.5316	3.88	0.7912	3.3	0.7031	3.78	0.7971	4.02	0.6670	3.92	0.7174

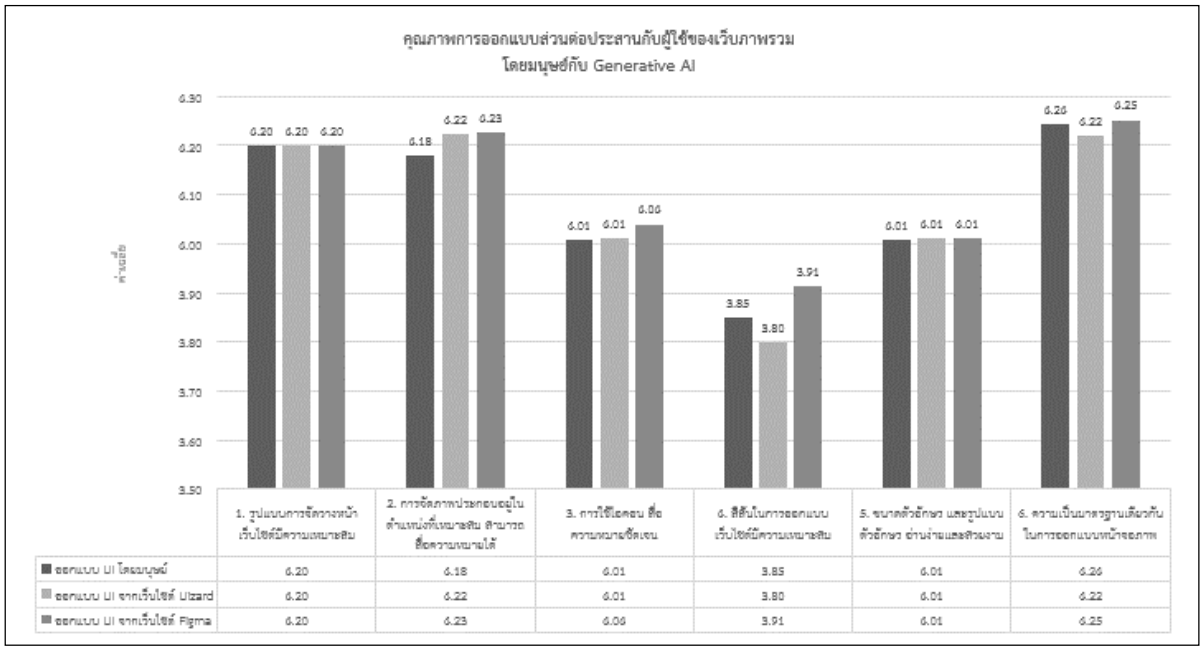
จากตารางที่ 3 พบว่า คุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์และปัญญาประดิษฐ์โดยผู้ทรงคุณวุฒิได้ประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์ ภาพรวมแต่ละด้านอยู่ในระดับมาก เมื่อแยกเป็นรายด้านพบว่า ด้านการจัดภาพประกอบอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม สามารถสื่อความหมายได้ ($\bar{x}$ = 4.20, S.D. = 0.78338) ด้านขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านง่ายและสวยงาม ($\bar{x}$ = 4.16, S.D. = 0.77111) ด้านความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.14, S.D. = 0.81191) ด้านสีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม ($\bar{x}$ = 4.10, S.D. = 0.9371) ด้านรูปแบบการจัดวางหน้าเว็บไซต์มีความเหมาะสม ($\bar{x}$ = 4.10, S.D. = 0.70819) ด้านการใช้ไอคอน สื่อความหมายชัดเจน ($\bar{x}$ = 3.78, S.D. = 0.76684) ตามลำดับ

จากรูปที่ 7 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ภาพรวมโดยมนุษย์กับ Generative AI ในแต่ละด้าน โดยแสดงการประเมินที่ได้คะแนนสูงสุด พบว่า ด้านรูปแบบการจัดวางหน้าเว็บไซต์มีความเหมาะสม การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ จากเว็บไซต์ Uizard ($\bar{x}$= 4.20, S.D. = 0.5310) ด้านการจัดภาพประกอบอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม สามารถสื่อความหมายได้ การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ จาก

เว็บไซต์ Figma ($\bar{x}$ = 4.23, S.D.=0.7820) ด้านการใช้ไอคอน สื่อความหมายชัดเจน การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ จากเว็บไซต์ Figma ($\bar{x}$= 4.04, S.D.=0.7710) ด้านสีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ จากเว็บไซต์ Figma ($\bar{x}$ = 3.91, S.D.=0.9350) ด้านขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษรอ่านง่ายและสวยงาม การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ จากเว็บไซต์ Uizard ($\bar{x}$= 4.01, S.D.=0.6670) และ การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ จากเว็บไซต์ Figma ($\bar{x}$ = 4.01, S.D.=0.7710) และ ด้านความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ และการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ จากเว็บไซต์ Figma ($\bar{x}$ = 4.25, S.D. = 0.8110)

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดย Generative AI จากเว็บไซต์ https://figma.com

ประเด็นคำถาม	1. รูปแบบการจัดวางหน้าเว็บไซต์มีความเหมาะสม		2. การจัดภาพประกอบอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม สื่อความหมายได้อย่างชัดเจน		3. การใช้ไอคอน สื่อความหมายชัดเจน		4. สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม		5. ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านง่ายและสวยงาม		6. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
ภาพที่ 1	4.20	0.7483	4.40	0.8000	3.80	0.7483	4.20	0.9798	4.40	0.8000	4.00	0.8944
ภาพที่ 2	4.20	0.7483	4.20	0.7483	3.80	0.7483	4.00	0.8944	4.20	0.7483	4.20	0.7483
ภาพที่ 3	3.80	0.9798	4.20	0.9798	3.60	0.8000	4.20	0.9798	4.20	0.7483	4.40	0.8000
ภาพที่ 4	4.20	0.7483	4.00	0.8944	4.00	0.8944	4.20	0.9798	4.20	0.7483	4.20	0.7483
ภาพที่ 5	4.40	0.4899	4.60	0.4899	4.00	0.6325	4.20	0.9798	4.20	0.7483	4.20	0.7483
ภาพที่ 6	3.80	0.7483	4.00	0.8944	3.60	0.8000	4.00	0.8944	4.00	0.6325	4.00	0.8944
ภาพที่ 7	3.80	0.7483	4.00	0.8944	3.80	0.7483	4.00	0.8944	4.00	0.8944	4.00	0.8944
ภาพที่ 8	4.20	0.7483	4.20	0.7483	3.80	0.7483	4.00	0.8944	4.00	0.8944	4.20	0.7483
ภาพที่ 9	4.40	0.4899	4.40	0.4899	3.80	0.7483	4.20	0.9798	4.20	0.7483	4.00	0.8944
ภาพที่10	4.00	0.6325	4.00	0.8944	3.60	0.8000	4.00	0.8944	4.20	0.7483	4.20	0.7483
คุณภาพโดยรวม	4.10	0.70819	4.20	0.78338	3.78	0.76684	4.10	0.9371	4.16	0.77111	4.14	0.81191



รูปที่ 7 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ภาพรวม โดยมนุษย์กับ Generative AI

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การมองเห็นหน้าหลักของเว็บไซต์โดยการใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap

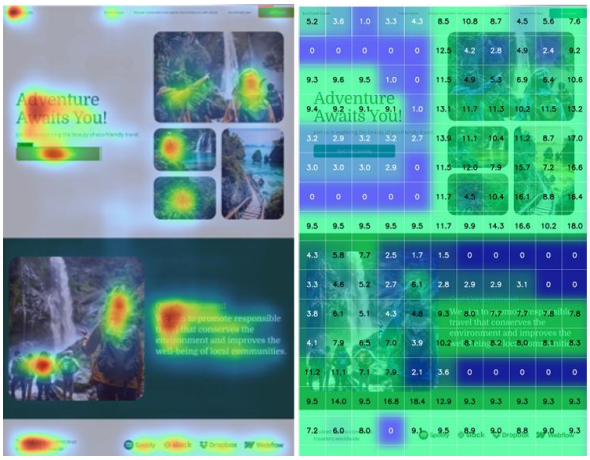
เว็บไซต์หน้าหลัก	ความชัดเจน (Clarity Score)	ความสนใจ (Focus Score)	แผนที่ความร้อน Heat map (%)					
			Header	Footer	Image	Logo	Menu	Content
สร้างจากเว็บไซต์ Figma	72	96	44.3	19.5	40.2	3.3	1.3	14.8
สร้างจากเว็บไซต์ Ulzard	67	68	7.9	11.13	4.6	6.2	2.7	33.4
สร้างจาก มนุษย์	63	60	13.4	12.4	21.4	4.9	12	11.1

3.3 ผลการวิเคราะห์การมองเห็นหน้าหลักของเว็บไซต์โดยการใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap

ผลวิเคราะห์การมองเห็นหน้าหลักของเว็บไซต์โดยการใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap ทำการวิเคราะห์โดยใช้โดยใช้เครื่องมือ AI Eye-Tracking และสร้าง Heatmap ดังตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการวิเคราะห์การมองเห็นหน้าหลักของเว็บไซต์โดยการใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap ผลการวิเคราะห์การมองเห็นที่มีคะแนนมากที่สุดของแต่ละการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดย Generative AI และมนุษย์ โดยการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดย Generative AI จากเว็บไซต์ https://figma.com มีคะแนนความชัดเจนมากที่สุด 72 คะแนน และมีคะแนนความสนใจ คือ 96 คะแนน รองลงมา คือ เว็บไซต์ที่สร้างโดย Generative AI จากเว็บไซต์ https://uizard.io มีคะแนนความชัดเจน 67 คะแนน และมีคะแนนความสนใจ คือ 68 คะแนน และเว็บไซต์ที่สร้างจากมนุษย์ มีคะแนนความชัดเจน 63 คะแนน

และมีคะแนนความสนใจ คือ 60 คะแนน ส่วน Heatmaps คือ ภาพที่แสดงจุดที่ผู้คนใช้เวลาดูหน้าเว็บมากที่สุดซึ่งแสดงให้เห็นการกระจายของจุดที่ผู้ใช้จ้องมอง โดยใช้โทนสีเขียว เหลือง และแดงเพื่อแสดงความหนาแน่นของจุดจ้องมองของผู้ใช้ในส่วนเฉพาะของพื้นที่ที่สนใจ ส่วนตัวอย่าง Heatmap ของหน้าจอหลักเว็บไซต์และContrast Map เป็นแผนที่จะแบ่งภาพออกเป็นโซนต่างๆ และวิเคราะห์สีหลักที่ตัดกันโดยปฏิบัติตามแนวทางการเข้าถึงเนื้อหาเว็บไซต์ล่าสุด (WCAG 2.2) โดยค่าที่สูงขึ้น หมายถึง คอนทราสต์ที่ดีกว่า ซึ่งจุดที่มีความหนาแน่นของจุดจ้องมองจะมีค่า Contrast อยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนคอนทราสต์อย่างน้อย 7.5:1 ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ต้องมีอย่างน้อย 3:1 ส่งผลต่อความสนใจข้อความ แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ตัวอย่าง Heatmap ของหน้าจอหลักเว็บไซต์

3.4 การสังเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกี่ยวกับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (UI) ของเว็บไซต์ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ประเภท Generative AI

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ สรุปได้ดังนี้

1. ในมุมมองของท่าน ความแตกต่างหลักระหว่างการออกแบบ ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ด้วยปัญญาประดิษฐ์กับการออกแบบโดยมนุษย์ต่างกันอย่างไร

ผู้เชี่ยวชาญ 1 ความแตกต่างหลักระหว่างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ด้วยปัญญาประดิษฐ์กับการออกแบบโดยมนุษย์เป็นเรื่องของความเป็นศิลปะและเอกลักษณ์ของคนออกแบบ

ผู้เชี่ยวชาญ 2 การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้หรือส่วนต่อประสานกับผู้ใช้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์สามารถตอบคำถามได้ทุกอย่างที่มนุษย์ไม่สามารถทำได้แล้วตอบคำถามได้เร็วกว่า

ผู้เชี่ยวชาญ 3 การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์สามารถมีความสะดวกรวดเร็ว

ผู้เชี่ยวชาญ 4 การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้มนุษย์ต้องเป็นผู้ป้อนข้อมูลและทำการออกแบบ แต่การออกแบบนั้นขาดอารมณ์และการจินตนาการ ส่วนการออกแบบโดยมนุษย์ จะมีความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการออกแบบที่สะท้อนความรู้สึกทางอารมณ์ในการออกแบบ

ผู้เชี่ยวชาญ 5 AI สามารถออกแบบ UX และ UI โดยสามารถเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกัน ประมวลผลด้วยความรวดเร็ว สามารถลดเวลาในการออกแบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นที่ต้องการของผู้ใช้ แต่การออกแบบโดยมนุษย์จะมีความละเอียดอ่อนในรูปแบบที่ไม่ใช้รูปแบบของ Template แต่จะเป็นรูปแบบเฉพาะของผู้ใช้งาน หรือองค์กร จะมี Concept ในการออกแบบ

2. ท่านคิดว่า AI สามารถสร้างสรรค์การออกแบบที่เป็นเอกลักษณ์และตรงตามความต้องการของผู้ใช้ได้ดีเท่ามนุษย์หรือไม่ เพราะเหตุใด

ผู้เชี่ยวชาญ 1 AI อาจจะออกแบบได้ดีแต่ความเป็นเอกลักษณ์บางอย่างของคนที่ออกแบบไม่เหมือนกัน

ผู้เชี่ยวชาญ 2 การออกแบบด้วย AI ไม่ดีเท่า100% เพราะมนุษย์สามารถปรับเปลี่ยนได้ตรงตามความต้องการมากกว่า

ผู้เชี่ยวชาญ 3 ได้เพราะ AI ถูกประดิษฐ์มาอย่างดีโดยมนุษย์ อาจทำได้เทียบเท่า

ผู้เชี่ยวชาญ 4 AI สามารถออกแบบได้ดี ออกแบบได้ตามความต้องการของมนุษย์ จากการป้อนข้อมูลของมนุษย์ออกแบบได้หลากหลายในเวลาอันสั้น

ผู้เชี่ยวชาญ 5 AI อาจจะออกแบบได้ดีแต่ความเป็นเอกลักษณ์บางอย่างของคนที่ออกแบบไม่เหมือนกัน

3. ท่านคิดว่ามนุษย์ยังมีบทบาทสำคัญหรือไม่ อย่างไรในการทำงานออกแบบ UI ร่วมกับ AI

ผู้เชี่ยวชาญ 1 มนุษย์ต้องเป็นคนคิดคำสั่ง บางคำสั่งเพื่อให้ AI ทำงานได้ง่ายขึ้น

ผู้เชี่ยวชาญ 2 จำเป็นต้องมีมนุษย์ในการป้อนข้อมูล

ผู้เชี่ยวชาญ 3 มนุษย์ต้องป้อนข้อมูลรายละเอียดที่ต้องการ

ผู้เชี่ยวชาญ 4 มนุษย์ถือว่ามีบทบาทสำคัญมากในการทำงานร่วมกับ AI ในการออกแบบ เพราะมนุษย์มีความคิดที่สร้างสรรค์และคิดนอกกรอบได้มากกว่า AI

ผู้เชี่ยวชาญ 5 มนุษย์มีกระบวนการคิดที่ละเอียดอ่อน ซับซ้อน เชื่อมโยงความรู้สึกของผู้ออกแบบกับผู้ใช้ มาสร้างสรรค์ผลงานในเชิง Concept ได้ดีกว่า AI แต่ผลงานจะสวยจะเร็วมนุษย์ยังต้องอาศัย AI ในการสร้างผลงาน

4. ท่านมองเห็นความท้าทายอย่างไรบ้างในการนำ AI มาใช้ในการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ ให้กับผู้ใช้

ผู้เชี่ยวชาญ 1 ถ้า AI สั่งการด้วยเสียงได้จะดีมาก

ผู้เชี่ยวชาญ 2 ต้องป้อนคำสั่งให้ตรงกับความต้องการให้ได้มากที่สุด

ผู้เชี่ยวชาญ 3 การเปิดประสบการณ์ใหม่

ผู้เชี่ยวชาญ 4 AI สามารถจัดการความหลากหลายของผู้ใช้ได้แต่ต้องเกิดจากการป้อนข้อมูลที่ได้รับจากมนุษย์ แต่มีความรวดเร็วในการออกแบบ ความท้าทายที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ อารมณ์ และความน่าเชื่อถือยังคงต้องการการทำงานร่วมกับมนุษย์

ผู้เชี่ยวชาญ 5 AI สามารถช่วยให้นักพัฒนา UI ที่ไม่มีความรู้ด้านการออกแบบ ให้สามารถทำงานได้ง่าย และเร็ว แต่หากนักพัฒนา UI มีความรู้ความชำนาญการออกแบบด้วยแล้ว AI จะช่วยสนับสนุนให้เกิดผลงานที่สมบูรณ์มายิ่งขึ้น และเร็วขึ้น

5. การใช้ AI ในการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ มีผลกระทบต่อความคิดสร้างสรรค์หรือการคิดนอกกรอบของนักออกแบบหรือไม่

ผู้เชี่ยวชาญ 1 มีผล

ผู้เชี่ยวชาญ 2 มีเพราะต้องใช้คำสั่งของมนุษย์ป้อนเข้าไป

ผู้เชี่ยวชาญ 3 ไม่มี เพราะ AI ยังไม่สามารถทำส่วนนั้นได้ดีเท่ามนุษย์

ผู้เชี่ยวชาญ 4 มีผลกระทบคือการจำกัดการคิดนอกรอบของนักออกแบบ เนื่องจาก AI จะยึดรูปแบบที่มีอยู่แล้ว สูญเสียความสามารถในการสร้างความคิดสร้างสรรค์ในงานออกแบบ

ผู้เชี่ยวชาญ 5 AI ช่วยอำนวยความสะดวกและรวดเร็ว ง่ายต่อการใช้งานจะทำให้นักพัฒนา UI ไม่ต้องคิดในรายละเอียดที่มีความซับซ้อน ขาดความแตกต่างที่สร้างสรรค์

6. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับอนาคตของการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ ที่ AI และมนุษย์

ผู้เชี่ยวชาญ 1 เป็นเรื่องที่ดีเพราะจะง่ายต่อการทำงานมากๆ

ผู้เชี่ยวชาญ 2 สามารถสร้างสรรค์ไอเดียใหม่ๆ ที่มนุษย์อาจจะยังไม่สามารถทำได้ในทันที

ผู้เชี่ยวชาญ 3 ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวดเร็วขึ้น แม่นยำขึ้น

ผู้เชี่ยวชาญ 4 ในอนาคตการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ จะเป็นการผสมผสานกันระหว่างความสามารถของ AI และความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ AI จะสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว และปรับแต่ง UI ให้เหมาะสมกับผู้ใช้แต่ละคน ขณะที่มนุษย์เน้นการตัดสินใจการสร้างอารมณ์และความรู้สึก และการคิดนอกกรอบ

ผู้เชี่ยวชาญ 5 ดี เพราะข้อจำกัดของมนุษย์จะถูกช่วยสนับสนุนโดย AI ให้สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

จากผลการประเมินคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์และปัญญาประดิษฐ์ พบว่า การเปรียบเทียบการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ระหว่างมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ประเภท Generative AI ในส่วนของการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้สอดคล้องกับงานวิจัยของ กุลชลี จงเจริญ และคณะ [10] ที่ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาเว็บไซต์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พบว่า ผลการประเมินคุณภาพเว็บไซต์ต้นแบบจากผู้เชี่ยวชาญ ด้านที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด คือ ด้านเนื้อหา คือ มีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ การประชาสัมพันธ์ข่าวสาร ภาพ ในเว็บไซต์มีความน่าสนใจปริมาณเนื้อหามีเพียงพอกับความต้องการ มีการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการค้นหาและทำความเข้าใจ และเนื้อหากับภาพมีความสอดคล้องกัน และข้อมูลมีการปรับปรุงอยู่เสมอ และจากงานวิจัยของ ภักศจีภรณ์ ขันทอง และคณะ [11] ซึ่งทำการออกแบบและพัฒนาส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานสำหรับคัดกรองโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน ผลการวิจัย พบว่า การออกแบบหน้าจอเมนูที่มี

สามส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป การตรวจสอบวัตถุประสงค์ และการตรวจร่างกาย ผลการประเมินความพึงพอใจ พบว่า ระดับความพึงพอใจสูงในทุกหัวข้อ โดยการใช้ภาษาได้คะแนนสูงสุด (4.35 ± 0.69 คะแนน) และส่วนต่อประสานความงามมีคะแนนต่ำสุด (3.92 ± 1.02 คะแนน) ซึ่งจากผลการวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าการออกแบบควรคำนึงส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานเพื่อให้เกิดการยอมรับเทคโนโลยีและนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ ขวัญใจ และคณะ [12] ได้ทำการศึกษาการออกแบบกราฟิกด้วยกลไกปัญญาประดิษฐ์เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าตามแนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ซึ่งผลการศึกษาความคิดเห็นต่อลวดลายกราฟิกที่ออกแบบด้วยกลไกปัญญาประดิษฐ์ พบว่า รูปแบบของลวดลายกราฟิกที่มีเอกลักษณ์ ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมากที่สุด การใช้สีมีความเหมาะสม สวยงาม ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก จะเห็นได้ว่าการออกแบบส่วนต่อประสานหน้าจอมีความสำคัญที่จะดึงดูดและสร้างความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์ ดังนั้นการออกแบบควรคำนึงถึงส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานเพื่อให้เกิดการยอมรับเทคโนโลยีและนำไปใช้ประโยชน์ได้ หากมีการออกแบบเว็บไซต์ที่ดีมีความจำเป็นที่ส่งผลถึงการใช้งานของผู้ใช้

ผลการวิเคราะห์การมองเห็นหน้าหลักของเว็บไซต์โดยการใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดย Generative AI จากเว็บไซต์ https://figma.com มีคะแนนความชัดเจนมากที่สุด หมายถึง การออกแบบหน้าหลักของเว็บไซต์นี้มีความชัดเจนที่เหมาะสมที่สุดทั้งองค์ประกอบและการใช้สี และมีคะแนนความสนใจที่อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งหมายถึงมีการให้ความสนใจไปยังพื้นที่ต่างๆ บนหน้าเว็บไซต์ เป็นการออกแบบที่มีจุดโฟกัส ส่วน Heatmap คือ ภาพที่แสดงจุดที่ผู้ใช้ใช้เวลาในการดูหน้าเว็บไซต์มากที่สุดซึ่งแสดงให้เห็นการกระจายของจุดที่ผู้ใช้จ้องมองโดยใช้โทนสีเขียว เหลือง และแดงเพื่อแสดงความหนาแน่นของจุดจ้องมองของผู้ใช้ในส่วนเฉพาะของพื้นที่ที่สนใจ ซึ่งการใช้แผนที่ความร้อน (Heatmap) และสแกนพาท (Scanpath) เพื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้บนเว็บไซต์ต่างๆ จะนำไปสู่ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้ใช้ [13] และเทคโนโลยีการติดตามดวงตา (Eye-Tracking) เป็นเครื่องมือที่ดีสำหรับการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้ ทำให้ค้นพบปัญหาการใช้งานที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์ของผู้ใช้ [14]

จากงานวิจัยของ Tula et al. [15] ได้แนะนำ Heatmap Explorer (HME) ซึ่งเป็นเครื่องมือแบบโต้ตอบที่ออกแบบมาสำหรับการมองเห็นข้อมูลเพื่อประเมินส่วนต่อประสานคอมพิวเตอร์ ทำให้นักออกแบบสามารถสังเกตรูปแบบความสนใจของผู้ใช้และระบุปัญหาการออกแบบส่วนต่อประสานได้ ดังนั้นการใช้ผลการวิเคราะห์การมองเห็นหน้าหลักของเว็บไซต์โดยการใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap จึงช่วยให้เห็นจุดแข็งและจุดอ่อนของการออกแบบได้อย่างชัดเจน ทำให้เห็นภาพรวมของพฤติกรรมผู้ใช้ และปรับแต่งหน้าหลักของเว็บไซต์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของเว็บไซต์ที่สร้างโดย Generative AI มีความสามารถในการวิเคราะห์และคาดการณ์พฤติกรรมผู้ใช้งานบนเว็บไซต์ล่วงหน้า เช่น เส้นทางการมองเห็น (Visual Pathway) หรือจุดสนใจที่สำคัญ (Key Focus Points) ทำให้สามารถออกแบบเว็บไซต์ที่ตรงกับความต้องการได้อย่างดี ส่วนการออกแบบโดยมนุษย์อาจมีอคติส่วนบุคคลหรือข้อจำกัดทางความคิดด้านอื่นๆ

จากผลการสัมภาษณ์ การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้โดยมนุษย์กับการออกแบบโดยปัญญาประดิษฐ์ มีความแตกต่างเรื่องของความเป็นศิลปะและเอกลักษณ์ของผู้ออกแบบ ซึ่ง AI สามารถออกแบบ UX และ UI โดยสามารถเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกัน สามารถลดเวลาในการออกแบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นที่ต้องการของผู้ใช้ แต่การออกแบบโดยมนุษย์จะมีความละเอียดอ่อนในรูปแบบที่ไม่ใช่รูปแบบของแม่แบบแต่จะเป็นรูปแบบเฉพาะของผู้ใช้งานหรือองค์กรซึ่งจะมีแนวคิดของตนเอง ดังนั้นความแตกต่างระหว่างการออกแบบโดยมนุษย์กับ AI จะอยู่ที่ศิลปะ อารมณ์ ความรู้สึก เอกลักษณ์ ต่างๆ นอกจากนี้ ความแตกต่างของรายละเอียดและความซับซ้อนด้านความสวยงามเป็นประเด็นสำคัญในการออกแบบ ซึ่ง AI อาจทำได้เทียบเท่ากับมนุษย์ การใช้ AI ในการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ ไม่ส่งผลต่อประสบการณ์ของผู้ใช้ (UX) มากนัก ซึ่ง Grigera et al. [4] ได้กล่าวถึง AI ในการออกแบบและประเมินส่วนต่อประสานผู้ใช้ในการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ เป็นการประเมินจากผู้ใช้จริงมักจะใช้เวลาและทรัพยากรอย่างมาก การนำ AI มาใช้ในการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ช่วยให้การทำงานเร็วขึ้น

ความท้าทายที่เกิดขึ้น คือ หากนักออกแบบ UI มีความรู้ความชำนาญการออกแบบและมีความรู้ในการใช้ AI จะช่วยสนับสนุนให้เกิดผลงานที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น การใช้ AI ในการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ มีผลกระทบต่อความคิดสร้างสรรค์หรือการคิดนอกกรอบของนักออกแบบในประเด็นที่หากมีการใช้ AI จะทำให้นักออกแบบใช้แม่แบบ ตามที่ AI ออกแบบมาซึ่งอาจจะทำให้ขาดการคิดนอกกรอบและการคิดสร้างสรรค์ สอดคล้องกับ Zhang [16] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของปัญญาประดิษฐ์ต่อการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ พบว่า AI โดยเฉพาะ ChatGPT มีผลกระทบต่อการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพคำแนะนำการออกแบบ สร้างภาพส่วนต่อประสาน ข้อเสนอแนะ และจำลองปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ การนำ AI มาใช้ในการออกแบบทำให้เกิดข้อดี คือ การหาตัวเลือกในการออกแบบรวดเร็ว เกิดความท้าทายด้านคุณภาพการออกแบบและความคิดสร้างสรรค์

อนาคตของการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ ที่ AI และมนุษย์ทำงานร่วมกัน เนื่องจากมนุษย์และ AI มีข้อดีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ดังนั้นหากมีการทำงานร่วมกันโดยข้อจำกัดของมนุษย์จะถูกช่วยสนับสนุนโดย AI และข้อจำกัดของ AI จะถูกช่วยสนับสนุนโดยมนุษย์ จะให้สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น Muthazhagu and Surendiran [17] ได้ทำการสำรวจบทบาทของ AI ในการออกแบบและการพัฒนาเว็บ พบว่า AI เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาออกแบบเว็บไซต์ ซึ่งอัลกอริทึมของ AI อนุญาตให้แปลงอินพุตของการออกแบบเป็นโค้ดเว็บที่มีประโยชน์ และเพื่อให้ AI ใช้ประโยชน์จากหลักการออกแบบและการแปลงเป็นส่วนต่อประสานเว็บแบบโต้ตอบที่เป็นรูปธรรม การส่งเสริมศักยภาพของ AI ในการเปลี่ยนแปลงการสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้แบบออนไลน์ ซึ่งอัลกอริทึม AI ยังคงเรียนรู้ ปรับตัว และปรับปรุง การผสมผสานระหว่างความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์และระบบอัตโนมัติที่ขับเคลื่อนโดย AI จะเป็นสัญญาณของอนาคตของการออกแบบเว็บที่มีคุณภาพ นอกจากนี้ Ganović, and Avdić [18] พบว่า การประยุกต์ใช้ Generative AI ในการออกแบบที่สร้างสรรค์ การปรับแต่งเนื้อหา และการปรับปรุงประสบการณ์ของผู้ใช้ทำให้สามารถสร้างเนื้อหาโดยอัตโนมัติ การปรับแต่งประสบการณ์ของผู้ใช้ และเพิ่มประสิทธิภาพของเว็บไซต์ การออกแบบโดยใช้รูปแบบเดิมมีความท้าทายในเรื่องเวลา ทรัพยากรที่จำกัด และการขาดการปรับแต่ง ในขณะที่การนำ Generative AI ไปใช้ทำให้กระบวนการออกแบบเป็นอัตโนมัติ สร้างเนื้อหาแบบไดนามิก และปรับให้เข้ากับความต้องการของผู้ใช้แต่ละคนได้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเว็บไซต์และประสบการณ์ของผู้ใช้ และ Wei et al. [19] กล่าวถึงส่วนต่อประสานผู้ใช้แบบกราฟิก เป็นวิธีหลักในการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับอุปกรณ์ แนวทางที่สำคัญในการใช้ AI เพื่อสนับสนุนให้นักออกแบบแอปพลิเคชัน สร้างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของแอปพลิเคชันที่หลากหลายขึ้น และสร้างสรรค์มากขึ้น สำหรับการสร้างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ที่สร้างแรงบันดาลใจเน้นว่า AI ควรสร้างแรงบันดาลใจและช่วยเหลือมากกว่าการออกแบบอัตโนมัติ แม้ว่าเทคนิค AI สามารถเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างมีนัยสำคัญโดยทำหน้าที่เป็นแรงบันดาลใจสำหรับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ แต่ก็ไม่สามารถแทนที่ความคิดสร้างสรรค์และประสบการณ์ของมนุษย์ได้การมีส่วนร่วมของมนุษย์รวมถึงนักออกแบบและนักพัฒนา ยังคงมีความสำคัญในกระบวนการออกแบบเพื่อให้ได้ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ที่มีคุณภาพดีและสวยงาม

4. สรุปผลการวิจัย

การเปรียบเทียบคุณภาพการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของหน้าหลักเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์ กับปัญญาประดิษฐ์ประเภท Generative AI ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของหน้าหลักเว็บไซต์ที่สร้างโดยมนุษย์กับปัญญาประดิษฐ์ จำนวน 30 รูปแบบ โดยแบ่งเป็นการออกแบบโดยมมุษย์ จำนวน 10 รูปแบบ ออกแบบโดยใช้ Generative AI (จากเว็บไซต์ Uizard และเว็บไซต์ Figma) อย่างละ 10 รูปแบบ ด้วยคำสั่งเดียวกัน และประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ผลความพึงพอใจภาพรวมการออกแบบโดยมนุษย์เปรียบเทียบกับการออกแบบโดย Generative AI ในแต่ละด้านมีความพึงพอใจมากทุกด้าน ผลการวิเคราะห์การมองเห็นหน้าหลักของเว็บไซต์โดยการใช้ AI จำลอง Eye-Tracking และ Heatmap พบว่า Generative AI มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูล ปรับปรุงการออกแบบ และคาดการณ์พฤติกรรมผู้ใช้ได้อย่างดี จึงสามารถสร้างการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ที่มีคะแนนความชัดเจนมากกว่าการออกแบบที่สร้างโดยมนุษย์ ซึ่งใช้ความคิดสร้างสรรค์และประสบการณ์ส่วน

บุคคลมากกว่า ส่วนของ Heatmap หรือ จุดที่ผู้ใช้ใช้เวลาดูหน้าเว็บไซต์มากที่สุดเนื่องจาก Generative AI มีความสามารถในการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ โดยอ้างอิงจากการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้และการกระจายความสนใจอย่างมีระบบ ทำให้ Heatmap ครอบคลุมพื้นที่ทุกจุดของหน้าเว็บ ในขณะที่การออกแบบโดยมนุษย์อาจมีข้อจำกัดจากมุมมองส่วนตัวและกระบวนการที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลเชิงลึกอย่างครอบคลุม และผลสรุปจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อดีของการออกแบบด้วย AI คือ ช่วยให้การทำงานที่สะดวกรวดเร็ว AI มีการออกแบบเว็บไซต์ที่มีโครงสร้างเว็บไซต์ที่ใช้งานง่าย แต่ข้อจำกัดเป็นเรื่องของรายละเอียดที่มีผลต่ออารมณ์ความรู้สึกของมนุษย์ แต่ในการทำงาน AI สามารถปรับแต่งการออกแบบให้เข้ากับผู้ใช้เป้าหมายได้ดี แต่การแก้ไขไม่ละเอียดเท่ากับการออกแบบโดยมนุษย์แต่สามารถทำงานร่วมกันได้เพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป จากผลการวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ สำหรับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้เฉพาะกลุ่มศึกษาการออกแบบ ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ที่มีความต้องการพิเศษ เช่น ผู้สูงอายุ เด็ก หรือผู้พิการ โดย Generative AI นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ Generative AI ในการปรับแต่งส่วนต่อประสานกับผู้ใช้แบบเรียลไทม์โดยพัฒนาแพลตฟอร์มเพื่อติดตามพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้ใช้ในขณะใช้งาน เช่น ปรับขนาดฟอนต์ สี หรือการจัดวางเนื้อหา ทั้งนี้มนุษย์ยังคงมีบทบาทสำคัญในการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ โดยเฉพาะในด้านที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ ความเข้าใจเชิงลึกและการตัดสินใจอย่างมีจริยธรรม ซึ่งแนวทางที่จะใช้ความสามารถของมนุษย์และ Generative AI ร่วมกันได้ เช่น การสร้างระบบ collaborative design ที่ผสมผสานความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์และความแม่นยำของ AI โดยการพัฒนาซอฟต์แวร์หรือแพลตฟอร์มที่ให้มนุษย์สามารถออกแบบ UX/UI พร้อมคำแนะนำและปรับปรุงโดย Generative AI

เอกสารอ้างอิง

[1] สุคนธ์ทิพย์ คำจันทร์ และประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย, “การรประยุกต์ใช้ User Interface (UI) และ User Experience (UX) ในการออกแบบแพลตฟอร์ม,” *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย*, ปีที่ 16, ฉบับที่ 2, หน้า 63-77, 2565.

[2] V. Sharma, and A.K. Tiwari, “A Study on User Interface and User Experience Designs and its Tools,” *World Journal of Research and Review (WJRR)*, vol. 12, no. 6, pp. 41-44, 2021.

[3] S. Kapoor, “The Impact of Artificial Intelligence on Modern Website Design,” *International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR),* vol. 6, no. 3, pp. 1-7, 2024.

[4] J. Grigera, J.P. Espada, and G. Rossi, “AI in User Interface Design and Evaluation,” in *IT Professional Published by the IEEE Computer Society*, May 5 2023, pp. 20-22.

[5] O. Allyneanhy, and G. MÉRILI, “The Impacts of Ai on Creative Processes In UX/ UI Project Development: A Comprehensive Review,” in *IX International Symposium on Innovation and Technology. Engineering and the Future of the Industry 2023*, Salvador - Bahia, Oct 25-27 2023, pp. 1-8.

[6] Y Liu, Y Xu, and R Song. (2024). “Transforming User Experience (UX) through Artificial Intelligence (AI) in Interactive Media Design,” *World Journal of Innovation and Modern Technology*, vol. 7, no. 5, pp. 30–39, Sep. 2024.

[7] A Vacanti, F Burlando, AI Paz Ortiz, M Menichinelli (2024) . “ Challenges and Responsibilities in the UX Design of Text-to-Image AI Models: A Discussion Through a Comparative Heuristics Evaluation”. *Temes de Disseny*, 40, 156–165.

[8] B. Singh . (2022). “Website quality effect on consumer online purchase behaviour in apparel industry: Implications and analysis. Nucleation and Atmospheric Aerosols,” in *Proceeding of AIP Conference Proceedings*, 21 October 2022, pp. 050014.

[9] Attention Insignt. (2024). "*Knowledge Base Category: Features,*" [Online]. https://attentioninsight.com/knowledgebase-category/features/ (Accessed: Dec. 9, 2024).

[10] กุลชลี จงเจริญ, สฤษดิ์พงษ์ ลิมปิษเฐียร, ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ, วัฒนา มัคคสมัน, จรีลักษณ์ รัตนาพันธ์ และศศิธร บัวทอง, "การพัฒนาเว็บไซต์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช," *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ*, ปีที่14, ฉบับที่ 2, หน้า 46-58, กรกฎาคม – ธันวาคม 2564.

[11] ภักศจีภรณ์ ขันทอง กชกร เจตินัย ปกรณ์ กัลปดี สุภารัตน์ สุขโท และ สุรศักดิ์ สุขสาย, "การออกแบบและพัฒนาส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานสำหรับคัดกรองโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน," *วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 18, ฉบับที่ 3, หน้า 73-87, กันยายน – ธันวาคม 2566.

[12] ขวัญใจ สุขก้อน, เศรษฐกาล โปร่งนุช, จิติมา เสือทอง และ สุภัทรา ลูกรักษ์, "การออกแบบกราฟิกด้วยกลไกปัญญาประดิษฐ์เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าตามแนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ กรณีศึกษา: ของที่ระลึกประเภทสินค้าไลฟ์สไตล์ ตลาดน้ำอัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม," *วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม*, ปีที่ 10, ฉบับที่ 2, หน้า 129-139, กรกฎาคม – ธันวาคม 2565.

[13] R. Menges, S. Kramer, S. Hill, M. Nisslmueller, C. Kumar, and S. Staab, "A Visualization Tool for Eye Tracking Data Analysis in the Web," in *ACM Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, pp. 1–5, Jun. 2020.

[14] J.S. Novák , J. Masner, P. Benda, P. Šimek and V. Merunka, "Eye Tracking, Usability, and User Experience: A Systematic Review," *International Journal of Human–Computer Interaction*, vol. 40, no. 17, pp. 4484–4500, 18 Jun 2023.

[15] A.D. Tula, A. Kurauchi, F. Coutinho, and C. Morimoto, "*Heatmap Explorer: an interactive gaze data visualization tool for the evaluation of computer interfaces*," LATIN [Online] https://latin.ime.usp.br/media/papers/pdf/heatmap-explorer.pdf. (Accessed: Dec. 15, 2024).

[16] R. Zhang, "The impact of artificial intelligence represented by ChatGPT on UI design," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Software Engineering and Machine Learning*, Chongqing, China, May 15 2024, pp. 56-62.

[17] V.H. Muthazhagu, and B. Surendiran, "Exploring the Role of AI in Web Design and Development: A Voyage through Automated Code Generation," in *Intelligent and Innovative Technologies in Computing, Electrical and Electronics (IITCEE),* Bangalore, India, Jan. 24-25 2024, pp. 1-8.

[18] M. Ganović, and A. Avdić, "Generative AI Tools in Web Design". in *International Scientific Conference on Information Technology, Computer Science, and Data Science,* Belgrade, Singidunum University, Serbia, May 16 2024, pp. 392-397.

[19] J. Wei, AL. Courbis, T. Lambolais, and G. Dray, "On AI-Inspired UI-Design," in *IEEE Computer Society*, Jun 19 2024, pp. 1-7.

ระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep Learning

Time Attendance System with Face Recognition Using CNN and Deep Learning

เกรียงศักดิ์ มะโนชัย[1] กฤษกร ริ้วสุนทร[1] พรฒณุษา แต้ภักดี[1*] และ ชนาเนตร อรรถยุกติ[1]

Kriangsak Manochai[1], Kitsakorn Riwsoontorn[1], Phornthanusa Tarepakdee[1*], and Chananate Arthayukti[1]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 10120

[1] Division of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep, 10120

*Corresponding Author: 645021000510@mail.rmutk.ac.th

Received 6 พฤศจิกายน 2567; Revised 18 มกราคม 2568; Accepted 24 กุมภาพันธ์ 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning และพัฒนาระบบลงชื่อด้วยการตรวจจับใบหน้า โดยลดข้อผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยโมเดลการจดจำใบหน้าที่พัฒนาโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก Convolutional Neural Networks (CNN) ร่วมกับเทคโนโลยีตรวจจับใบหน้า Histogram of Oriented Gradients (HOG) โปรแกรมประยุกต์ได้รับการพัฒนาด้วยPythonและส่วนของเว็บไซต์ถูกพัฒนาด้วยการใช้ PHP ร่วมกับ React.js ฐานข้อมูลผู้ใช้ และรายงานการเข้าเรียนถูกจัดเก็บไว้ใน MySQL ระบบได้รับการทดสอบภายใต้สภาพแสงภายในอาคารระยะการตรวจจับใบหน้า 2, 3, 4 และ 5 เมตร จำนวนใบหน้าเป้าหมาย 4, 6, 8, 10, 12, 14 และ 16 คน ทดสอบ 20 ครั้งภายใต้แต่ละเงื่อนไขการทดสอบ โดยสรุปผลการทดสอบได้ว่า 1) การใช้งานระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning ควรใช้รูปภาพที่มีรายละเอียดของใบหน้าชัดเจน (เช่น ดวงตา จมูก ปาก และหน้าผาก) จะทำให้ระบบตรวจจับใบหน้าทำงานได้อย่างแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ 2) การตรวจจับใบหน้าที่ระยะการตรวจจับที่ใกล้ (2 เมตร) และจำนวนของใบหน้าเป้าหมายในรูปภาพ ที่จำนวน 4 คน ต่อ 1 รูปภาพ จะให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำมากที่สุด โดยค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วงเฉลี่ยร้อยละ 100 3) การตรวจจับใบหน้าที่ระยะการตรวจจับที่ไกล (5 เมตร) และจำนวนของใบหน้าเป้าหมายในรูปภาพ ที่จำนวน 16 คน ต่อ 1 รูปภาพ จะให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำน้อยที่สุด โดยค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วงเฉลี่ยร้อยละ 30 4) ความแม่นยำในการตรวจจับใบหน้าขึ้นอยู่กับความละเอียดของใบหน้าในรูปภาพ หากความละเอียดของใบหน้าในรูปภาพน้อยลง ก็จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความแม่นยำน้อยลงเช่นกัน 5) การตรวจจับใบหน้าของผู้เข้าร่วมชั้นเรียนทั้งหมดมีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 75

คำหลัก: *การตรวจจับใบหน้า; ระบบเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน; การเรียนรู้เชิงลึก*

Abstract

This research aims to evaluate the accuracy and performance of a classroom attendance system utilizing facial detection with CNN and Deep Learning. It also aims to develop a facial recognition-based attendance system that effectively minimizes data recording errors. The facial recognition model was developed using Deep Learning techniques, particularly Convolutional Neural Networks (CNN), combined with the Histogram of Oriented Gradients (HOG) facial detection technology. The application was developed

using Python, while the website interface was built using PHP and React.js. User databases and attendance reports were stored in MySQL. The system was tested under indoor lighting conditions at face detection distances of 2, 3, 4, and 5 meters, with target face counts of 4, 6, 8, 10, 12, 14, and 16 people. Each condition was tested 20 times. The results can be summarized as follows: 1) For optimal accuracy and efficiency, the system requires clear facial features (e.g., eyes, nose, mouth, and forehead) for recognition. 2) The most accurate results were achieved at a detection distance of 2 meters with 4 target faces per image, yielding an average accuracy of 100%. 3) The least accurate results were observed at a detection distance of 5 meters with 16 target faces per image, with an average accuracy of 30%. 4) Facial detection accuracy decreases as the resolution of facial details in the image decreases. 5) The average facial detection accuracy across all test conditions was 75%.

***Keywords**: Facial detection; Time Attendance System; Deep Learning*

1. บทนำ

การเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการประเมินความรับผิดชอบ และการเข้าร่วมของนักเรียนในแต่ละวิชา แต่การเช็คชื่อในรูปแบบดั้งเดิม เช่น การเรียกชื่อ การสแกนลายนิ้วมือ การใช้ QR Code หรือการเช็คชื่อผ่านแบบฟอร์มทางออนไลน์ มักประสบกับปัญหาหลายประการ เช่น การใช้เวลาในการเช็คชื่อที่มากเกินไป ความผิดพลาดจากการลืมเช็คชื่อหรือแม้กระทั่งการโกงการเช็คชื่อโดยการให้บุคคลอื่นเช็คชื่อแทน

การนำเทคโนโลยีการจดจำใบหน้า (Facial Recognition) เข้ามาประยุกต์ใช้ในระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนถือเป็นหนึ่งในแนวทางที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถตรวจสอบและยืนยันตัวตนของนักศึกษาได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ เทคโนโลยีการจดจำใบหน้าใช้หลักการของการประมวลผลภาพ (Image Processing) ได้มีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลภาพที่ใช้ในการสร้างระบบตรวจจับและจดจำใบหน้า โดยเพิ่มความแม่นยำโดยอาศัยการวิเคราะห์ลักษณะใบหน้าที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล

การวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาระบบเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีการจดจำใบหน้า ซึ่งสามารถลดเวลาการเช็คชื่อ เพิ่มความแม่นยำในการยืนยันตัวตน และป้องกันการทุจริตในการเช็คชื่อ นอกจากนี้ยังเป็นการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ในการนำระบบนี้ไปใช้ในสถานศึกษา

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำ ระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning

1.1.2 พัฒนาระบบลงชื่อด้วยการตรวจจับใบหน้า

1.2 ขอบเขตของงาน

1.2.1. ระบบสามารถตรวจจับใบหน้าโดยวิเคราะห์จากภาพถ่ายและจำแนกข้อมูลของนักศึกษาเป็นรายบุคคล จากภาพถ่ายแบบกลุ่มได้

1.2.2 ระบบสามารถแสดงข้อมูลชื่อนามสกุลและรหัสนักศึกษาของนักศึกษาที่ระบบสามารถทำการตรวจจับใบหน้าจากรูปภาพได้

1.2.3 ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลนักศึกษา จัดการข้อมูลพื้นฐาน จัดการข้อมูลตารางสอน จัดการข้อมูลนักศึกษาในกลุ่มเรียนลงฐานข้อมูลได้

1.2.4 สามารถยืนยันตัวตนโดยใช้ระบบ Google Login ได้

1.2.5 สามารถสรุปข้อมูลการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 การเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าช่วยลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิด เช่น การเช็คชื่อแทนกัน

1.3.2 การเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้า ช่วยลดภาระงานของครูหรืออาจารย์ในการติดตามและตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนของนักเรียน

1.3.3 การเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้า ช่วยลดการใช้ทรัพยากรกระดาษ

1.4 การรู้จำใบหน้าด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning Facial Recognition)

การรู้จำใบหน้า (Facial Recognition) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการระบุหรือยืนยันตัวตนของบุคคลจากใบหน้า กระบวนการนี้มักจะเริ่มต้นจากการตรวจจับใบหน้าในภาพ จากนั้นทำการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบกับข้อมูลใบหน้าที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล การรู้จำใบหน้าด้วย Deep Learning เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ และได้รับความนิยมมาก เนื่องจากความสามารถในการเรียนรู้ลักษณะเฉพาะของใบหน้าได้อย่างละเอียดและแม่นยำ Deep Learning เป็นส่วนหนึ่งของ Machine Learning ที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) ที่มีหลายชั้นหรือที่เรียกว่า Deep Neural Networks การรู้จำใบหน้าด้วย Deep Learning แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

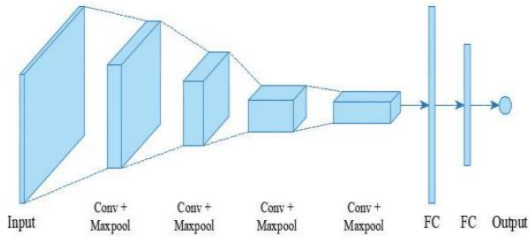
1) การตรวจจับใบหน้า (Face Detection) เป็นกระบวนการนำเข้าข้อมูลเพื่อค้นหาขอบเขตของใบหน้าจากภาพนิ่ง และทำการระบุตำแหน่งของใบหน้าบุคคลที่พบ

2) การแปลงใบหน้าเป็นเวกเตอร์ (Face Representation) เป็นกระบวนการแปลงใบหน้าให้เป็นเวกเตอร์เชิงตัวเลข (Feature Vector) ซึ่งเป็นการนำภาพใบหน้ามาผ่านโครงข่ายประสาทเทียมแบบลึก CNNs (Convolutional Neural Networks) โดยถูกใช้ในการแปลงใบหน้าให้เป็นเวกเตอร์ โดยโมเดลจะดึงฟีเจอร์สำคัญ เช่น รูปร่างของใบหน้า ขนาดของดวงตา และลักษณะอื่นๆ ที่เป็นเอกลักษณ์

3) การจับคู่ใบหน้า (Face Matching) เป็นกระบวนการเปรียบเทียบระหว่างชุดตัวเลขเวกเตอร์ใบหน้า (Face Embedding) ที่ตรวจจับได้กับชุดตัวเลขเวกเตอร์ใบหน้าในฐานข้อมูล (Face Template) เพื่อใช้ในการยืนยันตัวบุคคล โดยที่ระบบจะทำการคำนวณระยะห่าง (Distance) ระหว่างเวกเตอร์ของใบหน้านั้นกับเวกเตอร์ของใบหน้าที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล หากระยะห่างมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด (Threshold) ระบบจะทำการจับคู่ใบหน้านั้นกับใบหน้าที่ตรงกันในฐานข้อมูล [1]

1.5 Convolutional Neural Networks (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) เป็นประเภทหนึ่งของ Neural Networks เป็นโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งในกลุ่ม bio-inspired โดยที่จะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองพื้นที่เป็นที่ย่อย ๆ และนำกลุ่มของพื้นที่ย่อย ๆ มาผสานกัน [2]



รูปที่ 1 ส่วนประกอบด้วยชั้นหลักของ CNNs [3]

CNN มีส่วนประกอบด้วยชั้นหลัก ได้แก่

- Convolutional Layer เป็นชั้นหลักที่ใช้ในการเรียนรู้ฟีเจอร์ต่างๆ ของข้อมูล โดยจะใช้ฟิลเตอร์ (Filters) หรือเคอร์เนล (Kernels) ในการทำการ convolute กับข้อมูล โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นฟีเจอร์แมพ (Feature Map) ที่แสดงถึงการปรากฏของฟีเจอร์ต่างๆ ในข้อมูล [4]

- Activation Function หลังจากเลเยอร์การ convolute จะมีการใช้ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) เช่น ReLU (Rectified Linear Unit) เพื่อเพิ่มความไม่เป็นเชิงเส้นในโมเดล ทำให้โมเดลสามารถเรียนรู้ฟีเจอร์ที่ซับซ้อนได้ [5]

- Pooling Layer มีหน้าที่ลดขนาดของฟีเจอร์แมพที่เกิดขึ้นจากชั้นการ convolute โดยปกติจะใช้การดำเนินการประเภท Max Pooling หรือ Average Pooling เพื่อทำการย่อขนาดข้อมูลและลดจำนวนพารามิเตอร์ ในขณะเดียวกันยังคงรักษาข้อมูลที่สำคัญไว้ [6]

- Fully Connected Layer (Dense Layer) เป็นชั้นที่ใช้หลังจากเลเยอร์การ convoluteและการ pooling โดยจะเชื่อมต่อกับฟีเจอร์ที่ได้จากเลเยอร์ก่อนหน้า ซึ่งจะช่วยในการจำแนกประเภทข้อมูลออกเป็นคลาสต่างๆฟีเจอร์ที่ได้จากเล

เยอร์ก่อนหน้านี้จะถูกแบนลงเป็นเวกเตอร์ 1 มิติและส่งผ่านไปยังเลเยอร์นี้ [7]

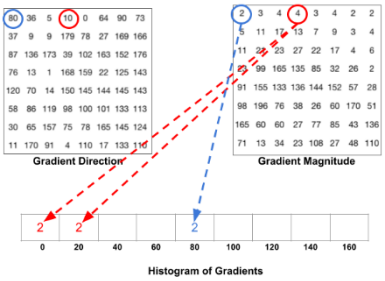
- Output Layer เป็นชั้นสุดท้ายที่ใช้ในการจำแนกประเภทหรือให้ผลลัพธ์ในรูปแบบที่ต้องการ เช่น การใช้ Softmax Function เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในรูปแบบของความน่าจะเป็นของแต่ละคลาส [8]

1.6 Histogram of Oriented Gradients (HOG)

Histogram of Oriented Gradients (HOG) เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการดึงคุณลักษณะของภาพ ทำงานโดยการคำนวณ ทิศทางของขอบเขต (gradients) ภายในภาพโดยเฉพาะขอบที่สำคัญ เช่น จุดรอยต่อระหว่างวัตถุและพื้นหลังของภาพแต่ละจุด แล้วนำข้อมูลทิศทางของขอบเขตเหล่านี้มาสร้างเป็น ฮิสโตแกรม ของทิศทางการเคลื่อนที่ของขอบเขต (gradients) ที่พบในแต่ละพื้นที่ของภาพ หลักการทำงานของ HOG แบ่งได้ดังนี้ [9]

1) การแบ่งภาพออกเป็นเซลล์ย่อย (Cell Division) โดยภาพจะถูกแบ่งเป็นกริดที่ประกอบด้วยเซลล์เล็กๆ เช่น 8x8 พิกเซล แต่ละเซลล์จะเป็นพื้นที่ที่คำนวณทิศทางของขอบเขต (gradient direction) [10]

2) การคำนวณ Gradient โดยการคำนวณ gradient ของแต่ละพิกเซลในเซลล์จะช่วยระบุทิศทางการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงในภาพ โดยปกติจะใช้ฟิลเตอร์ Sobel เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงในแนวนอน (X-axis) และแนวตั้ง (Y-axis) [11]

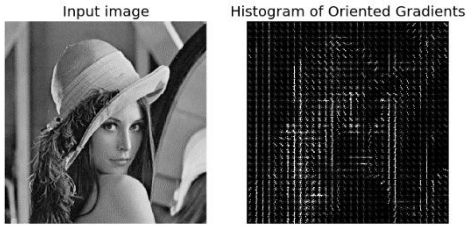


รูปที่ 2 ภาพการคำนวณทิศทางของขอบเขต (gradient direction) [11]

3) การสร้างฮิสโตแกรมของทิศทาง โดยทิศทางของ gradient ในแต่ละเซลล์จะถูกจัดเก็บในฮิสโตแกรมที่มี 9 ช่อง (bins) โดยแต่ละช่องจะเก็บค่าจำนวนพิกเซลที่มีทิศทาง gradient อยู่ในช่วงของมุมนั้น เช่น มุม 0 องศา, 20 องศา, 40 องศา เป็นต้น และค่าที่คำนวณได้จากฮิสโตแกรมนี้จะใช้เป็นคุณลักษณะของเซลล์นั้นๆ [12]

4) การรวมเซลล์ (Normalize Block) โดยการรวมเซลล์ฮิสโตแกรม เข้าด้วยกันเป็นบล็อกใหญ่ (เช่น 2x2 เซลล์) แล้วทำการปรับค่าของฮิสโตแกรม (Normalize) เพื่อจัดการกับความไม่สม่ำเสมอของแสงในภาพ [13]

5) การใช้คุณลักษณะในการตรวจจับใบหน้า เมื่อได้ฮิสโตแกรมที่ทำการรวมเซลล์แล้ว (Normalized) ของบล็อกทั้งหมดในภาพ HOG จะเปรียบเทียบคุณลักษณะของภาพนั้นกับแบบจำลองใบหน้าที่ถูกฝึกไว้ล่วงหน้า (pre-trained model) โดยใช้เครื่องมือจำแนก เพื่อตรวจจับว่ามีใบหน้าอยู่ในภาพหรือไม่ [14]



รูปที่ 3 ภาพการกำหนดทิศทางของขอบเขตด้วยจุดรอยต่อระหว่างวัตถุและพื้นหลังของภาพ [15]

1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.7.1 ชลิดา [16] ศึกษาระบบการจดจำใบหน้าของบุคคลโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกและการเรียนรู้ของเครื่องพร้อมเทคโนโลยีการประมวลผลภาพและการรู้จำใบหน้า วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบที่มีความแม่นยำสูงในการตรวจจับใบหน้า และลดการใช้ทรัพยากรในการประมวลผล วิธีการ เตรียมข้อมูลใบหน้าของบุคคล 15 คนในท่าทางต่าง ๆ รวม 8 แบบ จากนั้นใช้กระบวนการเรียนรู้เชิงลึกในการสกัดคุณลักษณะเด่นของใบหน้า และเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบตัวตน ผลสรุป อัลกอริทึมที่นำเสนอมีความแม่นยำสูง โดยใช้ GoogLeNet ร่วมกับ SVM และใช้จุดสำคัญ 13 จุดในการจดจำใบหน้า ทำให้ได้ค่าความแม่นยำถึง 93% ในขณะที่ CNN ทำได้ 80% และใช้เวลานานกว่า วิธีนี้มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพกว่าวิธีเดิม

1.7.2 เอกรัตน์ [17] ศึกษาระบบลงทะเบียนใบหน้าและตรวจสอบการเข้าห้องเรียนของนักศึกษาโดยใช้การประมวลผลภาพและเทคนิคการรู้จำใบหน้า วัตถุประสงค์ เพื่อสร้างระบบที่สามารถลงทะเบียนและตรวจสอบการเข้า

เรียนของนักศึกษาได้อย่างแม่นยำและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ วิธีการ ออกแบบระบบโดยใช้การค้นหาใบหน้า (Face Detection) และการหาขอบภาพ (Edge Detection) จากนั้นทดสอบการเปรียบเทียบใบหน้ากับฐานข้อมูลที่บันทึกไว้เพื่อยืนยันตัวตน ผลสรุป ระบบสามารถตรวจจับใบหน้าได้แม่นยำถึง 92% อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้งานกับกล้องวิดีโอแบบเวลาจริง อาจมีข้อผิดพลาดเนื่องจากการเคลื่อนไหวของใบหน้า แต่ระบบสามารถบันทึกข้อมูลการเข้าเรียนย้อนหลังและดึงข้อมูลมาใช้งานได้

1.7.3 ศันศนีย์ และจิระ [18] ศึกษาระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อยืนยันตัวบุคคลโดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพเพื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอาชญากร วัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบที่ช่วยยืนยันตัวบุคคลที่มีประวัติอาชญากรรมได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการสืบสวนคดีและเสริมความปลอดภัย วิธีการ ใช้ภาพนิ่งหน้าตรงที่มีสภาพแสงและการแสดงอารมณ์ที่หลากหลายมาเปรียบเทียบกับข้อมูลในทะเบียนอาชญากร ผลสรุป พบว่าจำนวนไอเกนเวกเตอร์ตั้งแต่ 10 แกนขึ้นไป ทำให้ระบบรู้จำใบหน้าได้ถูกต้องถึง 95.71%

1.7.4 ณัฐชนนท์ และคณะ [19] ศึกษาระบบลงเวลาปฏิบัติงานด้วยเทคโนโลยีการจดจำใบหน้าในช่วงการแพร่ระบาดของ COVID-19 วัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบลงเวลาที่ลดการสัมผัส เพิ่มความแม่นยำ และความรวดเร็วในการใช้งาน วิธีการ ใช้ MTCNN ในการตรวจจับใบหน้า FaceNet ในการสกัดคุณลักษณะ และ nu-SVC ในการสร้างแบบจำลอง ทดสอบระบบกับพนักงาน 42 คน เป็นเวลา 30 วัน ผลสรุป ระบบมีความแม่นยำ 100% ใช้เวลาเฉลี่ย 7.5 วินาทีต่อคน และได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน

1.7.5 อะดาว และคณะ [20] ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้าเพื่อบันทึกเวลาเข้าออกของพนักงาน วัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบการบันทึกเวลาเข้าออกของพนักงานด้วยเทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า ทดสอบประสิทธิภาพของกล้องวงจรปิด (CCTV) ในการตรวจจับใบหน้า และเปรียบเทียบเทคนิคการรู้จำใบหน้า Eigenface recognition และ Fisher face recognition รวมถึงการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน วิธีการ ใช้กล้องวงจรปิดตรวจจับใบหน้า และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสำหรับการจัดการข้อมูล พร้อมทั้งทดสอบกับพนักงานจำนวน 50 คน และประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบ 10 คน ผลสรุป พบว่า Eigenface recognition มีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ 92.15% เมื่อเทียบกับ Fisher face recognition ที่ 91.21% และระบบสามารถลดเวลาในการรอคอยการบันทึกเวลาเข้าออกได้เฉลี่ย 93.6% โดยความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับ "มากที่สุด" (ค่าเฉลี่ย 4.36)

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 สมมติฐานการวิจัย

2.1.1 ระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning มีความแม่นยำในการระบุใบหน้าของนักเรียนมากกว่า 60%

2.1.2 ระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning มีความแม่นยำในการตรวจจับใบหน้าสูงกว่าระบบการเช็คชื่อด้วยวิธีดั้งเดิม

2.1.3 ระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning สามารถใช้งานได้จริงในสถานการณ์ที่แสง และมุมมองแตกต่างกัน

2.2 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา

2.2.1 นักศึกษา ประชากรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นปีที่ 4 ที่เป็นผู้ใช้งานระบบเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนกลุ่มตัวอย่างสำหรับประเมินประสิทธิภาพ โดยคัดเลือกจากนักศึกษาคณะวิทยาศาตร์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นอาสาสมัครจำนวน 27 คน การเก็บรวบรวมรูปภาพที่ใช้ในการทดลองจะใช้วิธีการแบ่งกลุ่มนักศึกษาเพื่อถ่ายรูปแบบกลุ่ม โดยจำกัดนักศึกษาในรูปภาพเป็นจำนวน 4, 6, 8, 10, 12, 14 และ 16 คน และจำกัดระยะการถ่ายรูปภาพที่ระยะ 2, 3, 4, 5 เมตร โดยรูปที่ถ่ายเพื่อนำไปใช้ในการทดลองจะมีจำนวน 20 รูปต่อ 1 เงื่อนไขการทดลอง

2.2.2 ผู้สอน ผู้ใช้ระบบที่มีหน้าที่ในการจัดการ และตรวจสอบการเช็คชื่อของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างจะคัดเลือกจากอาจารย์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้ระบบ จำนวน 3 คน โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจงเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งานระบบจากมุมมองของผู้ใช้ระบบและผู้ดูแลระบบ

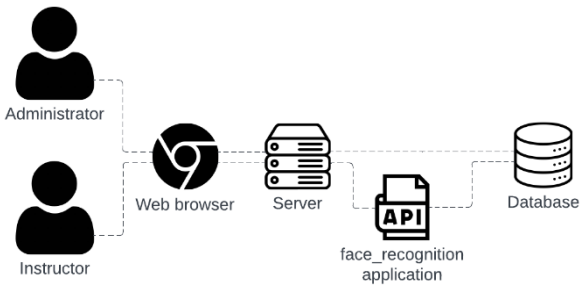
2.2.3 ผู้ดูแลระบบ ประชากรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพที่ทำหน้าที่ดูแลระบบ และตรวจสอบความถูกต้องของระบบการเช็คชื่อโดยกลุ่มตัวอย่างจะคัดเลือกจาก

ผู้ดูแลระบบจำนวน 1 คนโดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลและประเมินประสิทธิภาพของการจัดการระบบ

2.3 การวิเคราะห์ระบบ

การวิเคราะห์ระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

2.3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ



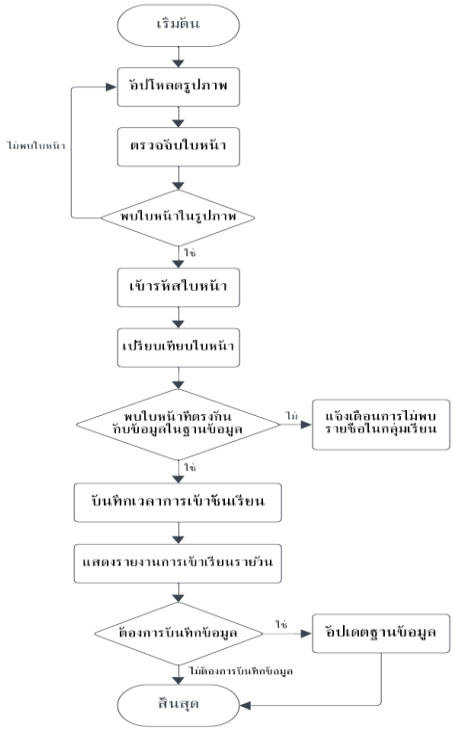
รูปที่ 4 ภาพรวมการทำงานระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning ด้วยเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application)

จากรูปที่ 4 ภาพรวมการทำงานระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning ด้วยเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) อธิบายได้ดังนี้

1) ผู้ดูแลระบบ เข้าใช้งานผ่านเว็บบราวเซอร์ (Web browser) โดยทำการเข้าสู่ระบบผ่านกูเกิ้ลล็อกอิน (Google Login) เพื่อไปยังหน้าเว็บไซต์ (Website) สำหรับการจัดการข้อมูลนักศึกษา ข้อมูลอาจารย์ ข้อมูลห้องเรียน ข้อมูลวิชาเรียน และข้อมูลตารางสอน จากนั้นบันทึกข้อมูลไปยังฐานข้อมูล

2) ผู้สอน เข้าใช้งานผ่านเว็บบราวเซอร์ (Web browser) โดยทำการเข้าสู่ระบบผ่านกูเกิ้ลล็อกอิน (Google Login) เพื่อไปยังหน้าเว็บไซต์ (Website) สำหรับการค้นหาตารางสอน และเลือกกลุ่มเรียนที่ต้องการเช็คชื่อ จากนั้นอัพโหลดรูปภาพนักศึกษาแบบกลุ่ม ระบบจะเรียกใช้ API (Application Programming Interface) face_recognition เพื่อนำรูปภาพนักศึกษาแบบกลุ่มที่ผู้สอนอัพโหลดมาทำการเข้ารหัส และนำไปเปรียบเทียบกับชุดรหัสใบหน้าที่รู้จักในฐานข้อมูล จากนั้นส่งผลลัพธ์กลับมายังเว็บบราวเซอร์ (Web browser)

2.3.2 การทำงานของระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning



รูปที่ 5 แผนภาพการทำงานของระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning

การทำงานระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning สามารถอธิบายได้ดังรูปภาพที่ 5 ได้ดังนี้

โดยเริ่มต้นจากการที่ผู้สอนทำการอัปโหลดรูปภาพนักศึกษาแบบกลุ่มเข้ามาในระบบจำนวน 1 รูป หรือมากกว่า เพื่อทำการตรวจจับใบหน้า (Face Detection) โดยมีข้อกำหนดการอัปโหลดรูปภาพ ดังนี้

1) รูปภาพต้องเป็นประเภทไฟล์เป็น JPG, JPEG หรือ PNG เท่านั้น

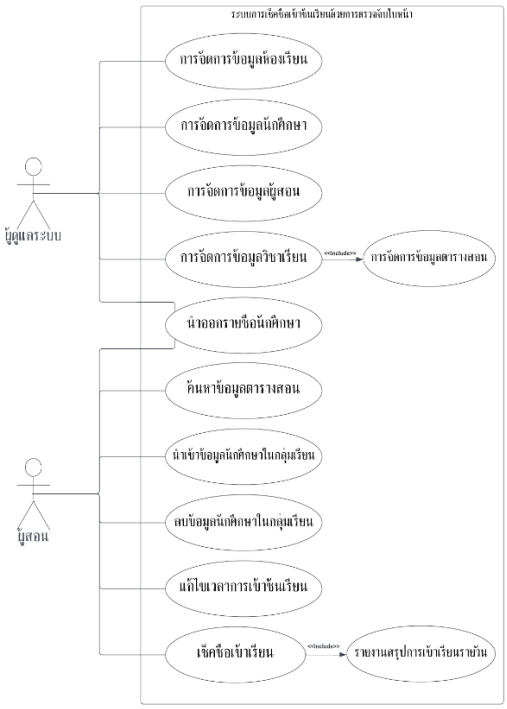
2) ความละเอียดของใบหน้าในรูปภาพขั้นต่ำ ควรมีความกว้าง (width) และ ความสูง (height) อย่างน้อย 40 x 40 พิกเซล

3) รูปภาพที่อัปโหลดแต่ละรูปต้องมีขนาดไฟล์ไม่เกิน 5 MB

จึงสามารถนำเข้าสู่ระบบได้ จากนั้นระบบจะทำการอ่านรูปภาพทีละรูป โดยมีเงื่อนไขหากพบใบหน้าในรูปภาพ ระบบจะทำการเข้าเข้ารหัสใบหน้า (Face Encoding)

เพื่อให้ได้ลักษณะเฉพาะของใบหน้า (Face Extraction) ออกมา แต่หากไม่พบใบหน้าในรูปภาพระบบจะให้ผู้สอนทำการอัพโหลดรูปภาพใหม่อีกครั้ง เมื่อได้ลักษณะเฉพาะของใบหน้า (Face Extraction) แล้วระบบจะนำรหัสใบหน้าไปเปรียบเทียบกับข้อมูลรหัสใบหน้าของบุคคลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล โดยกำหนดเงื่อนไขดังนี้ หากรหัสใบหน้ามีความใกล้เคียงกันกับรหัสใบหน้าในฐานข้อมูล โดยที่กำหนดค่าความคาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 ระบบจะทำการจับคู่ใบหน้าระหว่างรหัสใบหน้าที่ตรวจจับเจอในรูปภาพ และรหัสใบหน้าของบุคคลในฐานข้อมูล แต่หากรหัสของใบหน้าที่ตรวจจับเจอในรูปภาพ มีค่าความคลาดเคลื่อนเกิน 0.5 ระบบจะทำการส่งข้อความแจ้งเตือนการไม่พบรายชื่อในกลุ่มเรียน และเมื่อเปรียบเทียบใบหน้าสำเร็จแล้ว ระบบจะทำการบันทึกเวลาการเข้าเรียนพร้อมระบุสถานะ (เช่น ตรงเวลา มาสาย ขาดเรียน) โดยอ้างอิงจากเงื่อนไขเวลาที่กำหนดการเข้าเรียนในแต่ละสัปดาห์ จากนั้นแสดงผลออกมาในรูปแบบของรายงานการเข้าเรียนรายวัน เมื่อสรุปผลสำเร็จผู้สอนสามารถเลือกที่จะบันทึกรายงาน และอัปเดทฐานข้อมูล หรือไม่บันทึกรายงานและไม่อัปเดทฐานข้อมูลได้ จากนั้นสิ้นสุดการทำงาน

2.3.3 วิเคราะห์ระบบด้วยแผนภาพยูสเคส (Use case diagram)



รูปที่ 6 แผนภาพยูสเคสของระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning

จากรูปที่ 6 สามารถแบ่งกลุ่มผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบเป็น 2 กลุ่ม คือผู้ดูแลระบบและผู้สอนซึ่งอธิบายความต้องการของระบบได้ดังนี้

2.3.3.1 ส่วนของผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูลห้องเรียน ข้อมูลนักศึกษา ข้อมูลผู้สอน ข้อมูลวิชาเรียน ข้อมูลตารางสอน และสามารถนำออกรายชื่อนักศึกษา

2.3.3.2 ส่วนของผู้สอน สามารถนำออกรายชื่อนักศึกษารูปแบบไฟล์ .xlsx ค้นหาข้อมูลตารางสอน นำเข้าข้อมูลรายชื่อนักศึกษาในกลุ่มเรียนรูปแบบไฟล์ .xlsx ลบข้อมูลนักศึกษาในกลุ่มเรียน แก้ไขเวลาการเข้าชั้นเรียน เช็คชื่อเข้าชั้นเรียน และดูรายละเอียดผลสรุปการเข้าร่วมการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน

2.4 การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

2.4.1 การออกแบบระบบส่วนนำเข้าข้อมูล (Input Design) ประกอบด้วย

1) การจัดการข้อมูลนักศึกษา อาจารย์ ห้องเรียน วิชาเรียนและตารางสอน

2) การนำเข้าข้อมูลนักศึกษาในกลุ่มเรียน

3) การอัพโหลดรูปภาพนักศึกษาเพื่อการเช็คชื่อ

4) การแก้ไขเวลาการเข้าชั้นเรียน

2.4.2 การออกแบบระบบส่วนแสดงผลลัพธ์การทำงานข้อมูล (Output Design) ประกอบด้วย

1) การแสดงผลข้อมูลนักศึกษา อาจารย์ ห้องเรียนและวิชาเรียน

2) การนำออกรายชื่อนักศึกษา

3) การแสดงผลตารางสอนและกลุ่มเรียน

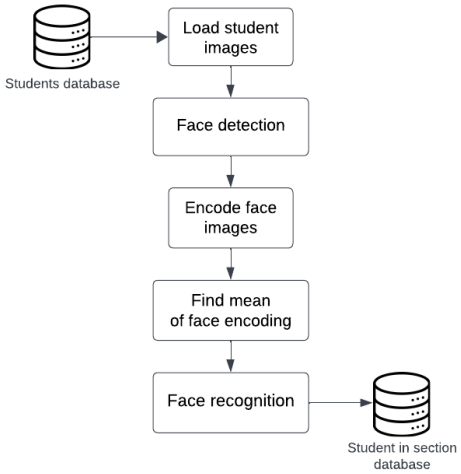
4) การแสดงผลตารางการเข้าเรียน 15 สัปดาห์

5) การแสดงผลรายงานการเข้าเรียนรายวัน

2.4.3 การออกแบบโมดูลการรู้จำใบหน้า

โมดูลการรู้จำใบหน้าเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้ในเรียนรู้ข้อมูลใบหน้า โดยจะทำการดึงข้อมูล

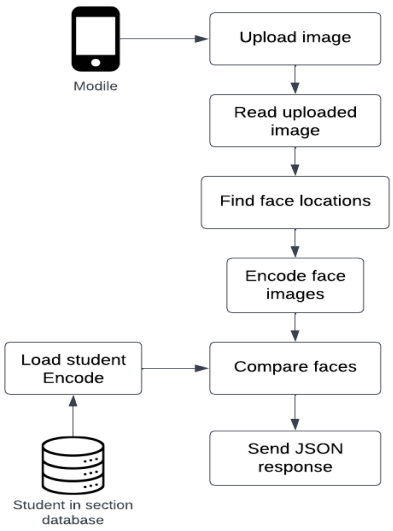
รูปภาพใบหน้าจากฐานข้อมูลนักศึกษา เพื่อนำไปสร้างรหัสชุดข้อมูลต้นแบบเฉพาะบุคคล และบันทึกลงฐานข้อมูลกลุ่มเรียน โดยมีแผนภาพแสดงการทำงาน (Flowchart) ของการออกแบบโมดูลการรู้จำใบหน้า ดังรูปภาพที่ 7



รูปที่ 7 แผนภาพการทำงานของโมดูลการรู้จำใบหน้า

2.4.4 การออกแบบโมดูลการตรวจจับและเปรียบเทียบใบหน้า

โมดูลการตรวจจับและเปรียบเทียบใบหน้าเป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบที่สำคัญในระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning โดยหน้าที่ของโมดูลนี้คือการระบุตำแหน่งใบหน้าที่ปรากฏในรูปภาพที่อัพโหลด จากนั้นทำการเข้ารหัสใบหน้า และนำไปเปรียบเทียบกับรหัสใบหน้าในฐานข้อมูล เพื่อใช้ระบุตัวตนของนักศึกษาในชั้นเรียนได้ โดยมีแผนภาพแสดงการทำงาน (Flowchart) ของการออกแบบโมดูลการตรวจจับและเปรียบเทียบใบหน้า ดังรูปภาพที่ 8



รูปที่ 8 แผนภาพการทำงานของโมดูลการตรวจจับและเปรียบเทียบใบหน้า

2.5 เทคโนโลยี/อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

2.5.1 พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้วยภาษา Python

2.5.2 พัฒนาด้วยการใช้ PHP ร่วมกับ React.js

2.5.3 กล้องบนอุปกรณ์มือถือ

2.5.4 MySQL สำหรับจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้และประวัติการเข้าร่วมเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน

2.5.5 Apache ทำหน้าที่เป็นเครื่องให้บริการเว็บ

2.5.6 HOG สำหรับช่วยให้การตรวจจับใบหน้ามีความแม่นยำมากขึ้น

รูปที่ 9 แผนภาพสถาปัตยกรรมระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning

2.6 การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแม่นยำ และความสมบูรณ์ของระบบว่าสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้หรือไม่ โดยพิจารณาว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้จริง รวมถึงสามารถตรวจจับ และระบุตัวตนบุคคลจากใบหน้าได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ผู้พัฒนาเลือกใช้วิธีการทดสอบระบบเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยเทคโนโลยีการตรวจจับใบหน้า ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) โดยเป็นการทดสอบในสถานการณ์จริง พร้อมใช้ข้อมูลจริงในการประเมินผล เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่คาดหวัง

2.6.1 การออกแบบการทดสอบ

เพื่อหาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning มีข้อกำหนดการทดลองภายในสภาพแวดล้อม ดังนี้

1) สภาพแสง (Lighting Conditions) เป็นพื้นที่ร่ม (Indoor) ที่มีแสงสว่างภายในอาคาร

2) ลักษณะของใบหน้าไม่สวมหมวก ไม่ใส่หน้ากากอนามัย

3) ท่าทางของใบหน้าหันหน้าตรง

4) เงื่อนไขการทดลอง

- ระยะการตรวจจับใบหน้า (Distance) ระหว่างโทรศัพท์มือถือกับใบหน้า ได้แก่ 2 เมตร, 3 เมตร, 4 เมตร และ 5 เมตร

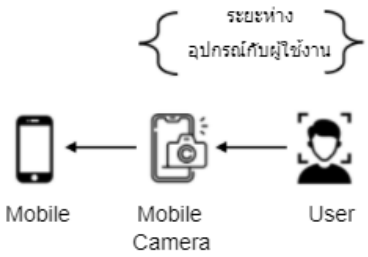
- จำนวนเป้าหมายใบหน้าในการตรวจจับแต่ละครั้ง (Number of target faces in each detection) ได้แก่ 4 คน, 6 คน, 8 คน, 10 คน, 12 คน, 14 คน และ 16 คน

- จำนวนภาพใบหน้าต้นแบบต่อคน (Number of prototype facial images per person) สามารถแบ่งได้ ดังนี้ รูปภาพที่ 1 มุมมองใบหน้าตรง รูปภาพที่ 2 มุมมองใบหน้าหันทางซ้าย 45 องศา และรูปภาพที่ 3 มุมมองใบหน้าหันทางขวา 45 องศาโดยมีเงื่อนไขในการเตรียมรูปภาพใบหน้าต้น ดังนี้

1) รูปภาพต้องเป็นประเภทไฟล์เป็น JPG, JPEG หรือ PNG เท่านั้น

2) ความละเอียดของใบหน้าในรูปภาพขั้นต่ำควรมีความกว้าง (width) และ ความสูง (height) อย่างน้อย 160 x 200 พิกเซล

3) รูปภาพที่อัปโหลดแต่ละรูปต้องมีขนาดไฟล์ไม่เกิน 5 MB



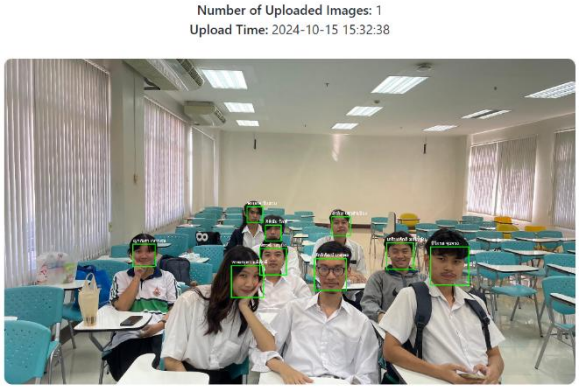
รูปที่ 10 แผนภาพแบบจำลองขณะใช้งานระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning

3. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

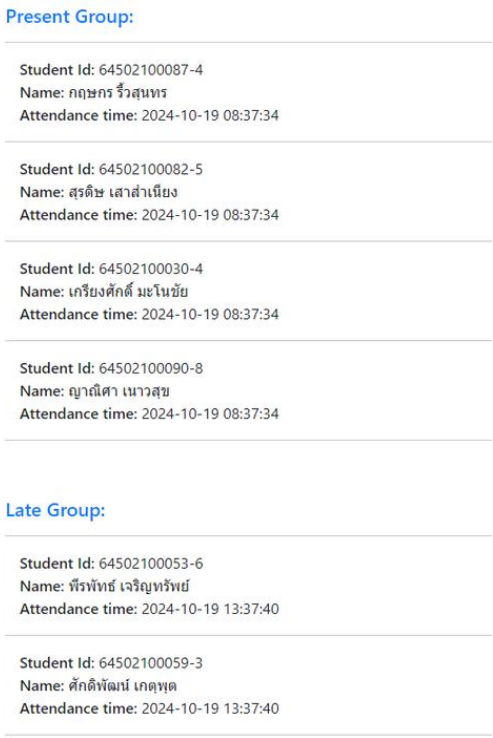
ผลที่ได้จากการพัฒนาระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning สามารถสรุปได้ดังนี้

3.1 ผลการพัฒนาระบบ

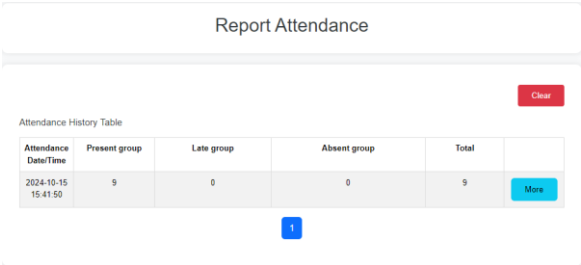
3.1.1 ผลที่ได้จากการพัฒนาระบบมีดังนี้



รูปที่ 11 หน้าจอแสดงผลการเข้าร่วมชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้า



รูปที่ 12 หน้าจอแสดงผลรายงานสรุปการเข้าชั้นเรียน



รูปที่ 13 หน้าจอแสดงประวัติการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน

3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโมดูลการตรวจจับใบหน้า

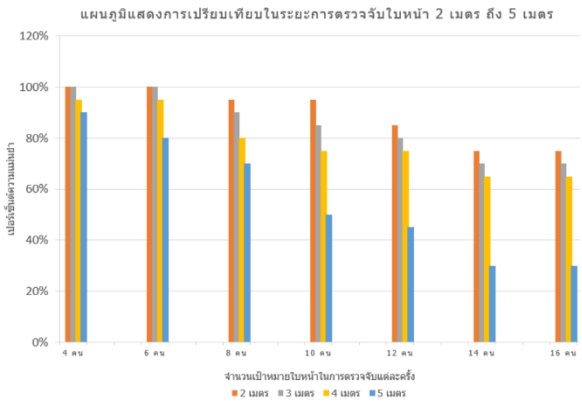
3.2.1 ผลการทดลองความแม่นยำ (Accuracy) ของโมเดลการตรวจจับใบหน้า สามารถคำนวณได้ดังสมการ Accuracy = จำนวนครั้งที่ตรวจจับใบหน้าถูกต้อง/จำนวนครั้งทดสอบทั้งหมด*100%

ตารางที่ 1 ตารางผลการทดสอบความแม่นยำ

ระยะการตรวจจับใบหน้า	จำนวนครั้งในการทดสอบ	จำนวนเป้าหมายใบหน้าในการตรวจจับแต่ละครั้ง	เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยความแม่นยำ
2 เมตร	140 ครั้ง	4 คน	100%
		6 คน	100%
		8 คน	95%
		10 คน	95%
		12 คน	85%
		14 คน	75%
		16 คน	75%
3 เมตร	140 ครั้ง	4 คน	100%
		6 คน	100%
		8 คน	90%
		10 คน	85%
		12 คน	80%
		14 คน	70%
		16 คน	70%
4 เมตร	140 ครั้ง	4 คน	95%
		6 คน	95%
		8 คน	80%
		10 คน	75%
		12 คน	75%
		14 คน	65%
		16 คน	65%
5 เมตร	140 ครั้ง	4 คน	90%
		6 คน	80%
		8 คน	70%
		10 คน	50%
		12 คน	45%
		14 คน	30%
		16 คน	30%

จากผลการทดสอบพบว่า

- ระยะการตรวจจับใบหน้าเป้าหมายในรูปภาพที่อยู่ในระยะ 2 เมตร มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำมากที่สุดในการตรวจจับใบหน้า และเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้นเป็น 3 เมตร 4 เมตร และ 5 เมตร ความแม่นยำในการตรวจจับใบหน้าจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด
- เมื่อจำนวนใบหน้าที่ระบบต้องตรวจจับในการทดลองแต่ละครั้งมี 4 คน ระบบสามารถตรวจจับได้แม่นยำกว่าเมื่อมีจำนวนเป้าหมายใบหน้าเพิ่มขึ้นเป็น 6 คน 8 คน 10 คน 12 คน 14 คน และ 16 คน ในการตรวจจับแต่ละครั้ง



รูปที่ 14 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระยะการตรวจจับใบหน้า 2 เมตร ถึง 5 เมตร

3.2.2 ผลการทดสอบเมตริกซ์ประสิทธิภาพ (Performance Metrics) ของโมเดลการตรวจจับใบหน้า สามารถคำนวณได้จาก Confusion Matrix Table

ตารางที่ 2 ตารางผลการทดสอบเมตริกซ์ประสิทธิภาพ

Predicted condition / Actual condition	Positive	Negative
Actual positive	True positive(TP)	False positive (FN)
Actual negative	False positive(FP)	True negative(TN)

1) Precision = สัดส่วนของจำนวนใบหน้าที่โมเดลตรวจจับและระบุได้อย่างถูกต้อง (True Positives) ต่อจำนวนใบหน้าที่โมเดลตรวจจับได้ทั้งหมด (True Positives + False Positives) โดยคำนวณได้ดังสมการ

Precision = (True Positives) / (True Positives + False Positives)

ในบริบทของการตรวจจับใบหน้า Precision จะแสดงถึงความแม่นยำของระบบในการตรวจจับใบหน้าที่แท้จริงโดยไม่มีการตรวจจับผิดพลาด เช่น การระบุวัตถุอื่นเป็นใบหน้า (False Positives)

2) Recall = สัดส่วนของจำนวนใบหน้าที่โมเดลตรวจจับและระบุได้อย่างถูกต้อง (True Positives) ต่อจำนวนใบหน้าทั้งหมดที่มีอยู่ในภาพ (True Positives + False Negatives) โดยคำนวณได้ดังสมการ

Recall = (True Positives) / (True Positives + False Negatives)

ในบริบทของการตรวจจับใบหน้า Recall จะแสดงถึงความสามารถของระบบในการตรวจจับใบหน้าทั้งหมดที่มีอยู่ในภาพ โดยไม่มีการพลาด (False Negatives)

3) F1-Score = ค่า Harmonic Mean ระหว่างค่าความถูกต้อง (Precision) และค่าความคลอบคลุม (Recall) ดังสมาการ

F1 Score = 2 * (Precision * Recall) / (Precision + Recall)

F1-Score สะท้อนถึงสมดุลระหว่างความถูกต้อง (Precision) และความครอบคลุม (Recall) ของการตรวจจับใบหน้า โดยเป็นตัวชี้วัดสำคัญสำหรับประเมินประสิทธิภาพของระบบในกรณีที่มีความไม่สมดุลระหว่างจำนวนใบหน้าที่ตรวจจับได้ถูกต้องกับจำนวนใบหน้าทั้งหมดในภาพ

ตารางที่ 3 ตารางผลการทดสอบเมตริกซ์ประสิทธิภาพ

ระยะการตรวจจับใบหน้า	จำนวนครั้งในการทดสอบ	จำนวนเป้าหมายใบหน้าในการตรวจจับแต่ละครั้ง	ค่า F1-Score	ค่า Precision	ค่า Recall
2 เมตร	140 ครั้ง	4 คน	1	1	1
		6 คน	1	0.95	0.97
		8 คน	1	0.90	0.95
		10 คน	0.90	0.85	0.87
		12 คน	0.91	0.85	0.88
		14 คน	0.91	0.70	0.79
		16 คน	0.85	0.70	0.77
3 เมตร	140 ครั้ง	4 คน	1	1	1
		6 คน	1	0.9	0.95
		8 คน	0.87	0.85	0.86
		10 คน	0.89	0.85	0.87
		12 คน	0.83	0.75	0.79
		14 คน	0.76	0.7	0.73
		16 คน	0.79	0.65	0.71
4 เมตร	140 ครั้ง	4 คน	0.79	0.90	0.84
		6 คน	0.74	0.85	0.79
		8 คน	0.76	0.80	0.78
		10 คน	0.71	0.70	0.70
		12 คน	0.69	0.65	0.67
		14 คน	0.69	0.65	0.67
		16 คน	0.67	0.60	0.63
5 เมตร	140 ครั้ง	4 คน	0.78	0.80	0.79
		6 คน	0.71	0.75	0.73
		8 คน	0.65	0.70	0.67
		10 คน	0.63	0.50	0.56
		12 คน	0.56	0.45	0.50
		14 คน	0.51	0.30	0.37
		16 คน	0.49	0.25	0.33

จากผลการทดสอบพบว่า

- ค่า F1-Score, Precision และ Recall สูงสุดที่เงื่อนไขการทดลองที่ระยะการตรวจจับใกล้ที่สุด (2 เมตร) และจำนวนเป้าหมายใบหน้าในการตรวจจับแต่ละครั้งน้อยที่สุด (4 คน) ซึ่งมีค่า F1-Score อยู่ที่ 1 Precision อยู่ที่ 1 และ Recall อยู่ที่ 1

- ค่า F1-Score, Precision และ Recall ต่ำสุดที่เงื่อนไขการทดลองที่ระยะการตรวจจับไกลที่สุด (5 เมตร) และจำนวนเป้าหมายใบหน้าในการตรวจจับแต่ละครั้งมากที่สุด (16 คน) ซึ่งมีค่า F1-Score อยู่ที่ 0.49 Precision อยู่ที่ 0.25 และ Recall อยู่ที่ 0.33

- ระยะการตรวจจับ และจำนวนเป้าหมายใบหน้าในการตรวจจับแต่ละครั้งมีผลต่อค่าเมติกซ์ประสิทธิภาพได้อย่างชัดเจน

- ระยะการตรวจจับใกล้ที่สุด (2 เมตร) ให้ค่าเมติกซ์ประสิทธิภาพสูงกว่าระยะการตรวจจับที่ไกลขึ้น (3 เมตร 4 เมตร และ 5 เมตร)

- จำนวนเป้าหมายใบหน้าในการตรวจจับแต่ละครั้งน้อยที่สุด (4 คน) ให้ค่าเมติกซ์ประสิทธิภาพสูงกว่าจำนวนเป้าหมายใบหน้าในการตรวจจับแต่ละครั้งมากขึ้น (6 คน 8 คน 10 คน 12 คน 14 คน และ 16 คน)

จากผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้ ระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning นี้แสดงถึงความเหมาะสมในเชิงเทคนิค และการใช้งานจริงในสถานศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีการจัดการอย่างเป็นระบบ และมีแสงเพียงพอ นอกจากนี้ระบบสามารถช่วยแก้ไขปัญหาที่พบในวิธีการเช็คชื่อแบบดั้งเดิม เช่น การเรียกชื่อ การสแกนลายนิ้วมือ การใช้ QR Code หรือการเช็คชื่อผ่านแบบฟอร์มทางออนไลน์ โดยใช้การยืนยันตัวตนด้วยใบหน้า ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ทำให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลการเข้าเรียนของนักศึกษาเป็นไปอย่างถูกต้องและโปร่งใส

4. สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning และพัฒนาระบบลงชื่อด้วยการตรวจจับใบหน้า โดยลดข้อผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ ดังนี้

การใช้งานระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning ควรใช้รูปภาพที่มีรายละเอียดของใบหน้าชัดเจน (เช่น ดวงตา จมูก ปาก และหน้าผาก) จะทำให้ระบบตรวจจับใบหน้าทำงานได้อย่างแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ จาก

การทดลองในตารางที่ 1 สรุปได้ว่าระยะการตรวจจับที่ใกล้ (2 เมตร) มีความแม่นยำสูงที่สุด โดยค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วงเฉลี่ยร้อยละ 75 ถึง 100 สำหรับกลุ่ม 4 ถึง 16 คน และเมื่อระยะการตรวจจับเพิ่มขึ้น (3, 4 และ 5 เมตร) ค่าความสอดคล้องลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อจำนวนคนในภาพเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของใบหน้าในรูปภาพ หากความละเอียดของใบหน้าในรูปภาพน้อยลง ก็จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความแม่นยำน้อยลงเช่นกัน

โดยสามารถสรุปได้ว่าใบหน้าเป้าหมายในรูปภาพที่อยู่ในระยะ 2 เมตร มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำมากที่สุด เนื่องจากมีความละเอียดของใบหน้าในรูปภาพสูง และใบหน้าเป้าหมายในรูปภาพที่อยู่ในระยะ 5 เมตร มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำน้อยที่สุด เนื่องจากมีความละเอียดของใบหน้าในรูปภาพต่ำจึงยากต่อการตรวจจับ และระบุตัวตนของบุคคลในรูปภาพโดยการตรวจจับใบหน้าของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมดมีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 75

โดยระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning มีข้อจำกัดในการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อย ภาพที่มีใบหน้าเป้าหมายอยู่ในระยะไกล และภาพที่มีความละเอียดต่ำ เนื่องจากอาจส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้าและยืนยันตัวตน นอกจากนี้การใช้งานระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนด้วยการตรวจจับใบหน้าโดยใช้ CNN และ Deep learning จำเป็นต้องได้รับความยินยอมจากผู้ใช้งานในการจัดเก็บรูปภาพใบหน้าต้นแบบ ซึ่งการได้รับความยินยอมดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งในการรักษาความเป็นส่วนตัว และปกป้องข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] A. A. M. Alshiha, M. W. Al-Neama, and A. R. Qubaa, " Parallel Hybrid Algorithm for Face Recognition Using Multi- Linear Methods," *International Journal of Electrical and Electronics Research*, vol. 11, no. 4, pp. 1013–1021, Nov. 2023.

[2] Z. Li, F. Liu, W. Yang, S. Peng and J. Zhou, " A Survey of Convolutional Neural Networks: Analysis, Applications, and Prospects," , *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 33, no. 12, pp. 6999-7019, Dec. 2022.

[3] S. Sakib, N. Ahmed, A. J. Kabir, and H. Ahmed, "An overview of convolutional neural network: Its architecture and applications," *Bangladesh: Preprints*, 2018.

[4] R. Yamashita, M. Nishio, R. K. G. Do, and K. Togashi, "Convolutional Neural networks: an Overview and Application in Radiology," *Insights into Imaging*, vol. 9, no. 4, pp. 611–629, Jun. 2018.

[5] S. R. Dubey, S. K. Singh, and B. B. Chaudhuri, " Activation functions in deep learning: A comprehensive survey and benchmark," *Neurocomputing*, vol. 503, pp. 93–108, Sep. 2022.

[6] A. Zafar, M. Aamir, N. Mohd Nawi, A. Arshad, S. Riaz, A. Alruban, A. K. Dutta, and S. Almotairi, " A Comparison of Pooling Methods for Convolutional Neural Networks," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 17, p. 8643, Jan. 2022.

[7] X. Zhao, L. Wang, Y. Zhang, X. Han, M. Deveci, and M. Parmar, "A review of convolutional neural networks in computer vision," *Artificial Intelligence Review*, vol. 57, pp. 99–142, Mar. 2024.

[8] Nwankpa, C. E., Ijomah, W., Gachagan, A., and Marshall, S. "Activation functions: comparison of trends in practice and research for deep learning," in *Proc. 2 nd International Conference on Computational Sciences and Technology*, Jamshoro, Pakistan. 2021. pp.123 - 133.

[9] P. Carcagnì, M. Del Coco, M. Leo, and C. Distante, " Facial expression recognition and histograms of oriented gradients: a comprehensive study," *SpringerPlus*, vol. 4, no. 645, pp. 1–25, 2015.

[10] W. Zhou, S. Gao, L. Zhang, and X. Lou, " Histogram of Oriented Gradients Feature Extraction from Raw Bayer Pattern Images," *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 67, no. 12, pp. 3502–3506, Dec. 2020.

[11] Chaiyadecha, S. , " Image Classification: Histogram of Oriented Gradients," *Medium*, Mar. 23, 2022. [Online] . Available: https: / / lengyi. medium. com/ image-classification-histogram-of-oriented-gradients-87ab7b657b6b.

[12] S. S. Umar, Z. S. Iro, A. Y. Zandam, and S. S. Shitu, " Accelerated Histogram of Oriented Gradients for Human Detection," *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences (DUJOPAS)*, vol. 9, no. 1a, pp. 44–56, Mar. 2023.

[13] L. Ke and Y. Luo, "A new pedestrian detection method based on histogram of oriented gradients and support vector data description," in *Electronics, Communications and Networks*, vol. 10, pp. 333–342, 2024.

[14] อรวรรณ เลียบศิริ, "การจำแนกอารมณ์ตัวการ์ตูนด้วยฮิสโตแกรมของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์," วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2559.

[15] Mahmoudi, K. , " Understanding Histogram of Oriented Gradients (HOG) for Face Detection," Kaamraan, Jan. 22, 2024. [Online]. Available: https: / / kaamraan. com/ understanding-histogram-of-oriented-gradients-hog-for-face-detection/?fbclid=IwY2xjawHm4VpleHRuA2FlbQIxMAABHScZFsJCy4 7 aTiivHij- tn9 OSpAqphhex2hSZ3QNv1WORKeIdA5T8q7jpA_aem_5X4rPpW9wc8LUBOho_Y5zg.

[16] ชลิดา ภัทรณิชกุล, "ระบบการจดจำใบหน้าของบุคคลโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกและการเรียนรู้ของเครื่อง" วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ, 2566.

[17] เอกรัตน์ สุขสุคนธ์, "ระบบลงทะเบียนใบหน้าและตรวจสอบนักศึกษาเข้าห้องเรียน ด้วยหลักการประมวลผลภาพร่วมกับเทคนิคการรู้จำใบหน้า," *วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย*, ปีที่ 10, ฉบับที่ 2, หน้า 30-39, กรกฎาคม – ธันวาคม, 2564.

[18] ศันศนีย์ หิรัญจันทร์ และจิระ ทิวถาวรวงศ์ (2563). "ระบบตรวจจับหน้าใบหน้าเพื่อยืนยันตัวบุคคลเพื่อสนับสนุนระบบทะเบียนอาชญากร," *วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 6, หน้า 1-7, พฤศจิกายน – ธันวาคม, 2563.

[19] ณัฐชนนท์ ภูกลาง, ณสิทธิ์ เหล่าเส็น, พิทา จารุพูนผล, และ ธนกฤษ จันทร์แสง, "ระบบลงเวลาการเข้าทำงานด้วยเทคโนโลยีการจดจำใบหน้าในช่วงการแพร่ระบาดของโควิด-19," ใน *รายงานการประชุมและนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติด้านการศึกษา ครั้งที่ 2,* มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ, 2565.

[20] อะดาว น้องวี, บุญชัย แซ่สิ้ว และศุภรัชชัย วรรัตน์, “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้าเพื่อบันทึกเวลาเข้าออกของพนักงาน,” *วารสารการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, ปีที่ 8, ฉบับที่ 1, หน้า 99–113, มกราคม–มิถุนายน, 2564.

การออกแบบเครื่องสับหยวกกล้วยสำหรับอาหารสัตว์แบบ 3 แหล่งพลังงาน

Design of Banana Stem Chopper for Animal Feed with 3 Energy Sources

ณัฐชฎา พิมพาภรณ์[1]* เดโชชัย สาพิมพ์[1] เพียร โตท่าโรง[1] พีรพล บุตรน้ำเพ็ชร[1] และ อานัส โต๊ะวัง[1]
Natchada Pimpaporn[1]*, Dechochai Saphim[1], Pian Totha Rong[1], Peeraphon Butnamphet[1], and Anas Towang[1]

[1] สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพสุวรรณภูมิ 10520
[1]Division of Industrial Management, Faculty of Science and Technology, Bangkok Suvarnabhumi University, 10520

*Corresponding Author: natchada.p@bsu.ac.th

Received 22 ธันวาคม 2567; Revised 24 กุมภาพันธ์ 2568; Accepted 24 เมษายน 2568

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโค ในพื้นที่ของจังหวัดนครนายกมีความสนใจใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น เช่น หยวกกล้วยเป็นอาหารสัตว์มากขึ้น เพื่อลดต้นทุนด้านการซื้ออาหารสัตว์ ซึ่งวิธีการสับหยวกกล้วยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ การใช้มีดสับด้วยแรงงานคนหรือการใช้เครื่องสับที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งมีราคาสูงและใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ส่งผลให้เกษตรกรบางกลุ่มไม่สามารถเข้าถึงได้ ทางคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาเครื่องสับหยวกกล้วยที่สามารถใช้พลังงานทดแทนได้เพื่อช่วยลดต้นทุนและประหยัดพลังงาน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องสับหยวกกล้วยสำหรับเป็นอาหารสัตว์แบบ 3 แหล่งพลังงาน โดยดำเนินการออกแบบเครื่อง คือ กว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 85 เซนติเมตร สูง 150 เซนติเมตร ส่วนโครงสร้างหลักของเครื่อง ได้แก่ 1. โครงสร้างตัวเครื่อง 2. ชุดสับหยวกกล้วย 3. พลังงานทดแทน 4. ระบบถ่ายทอดกำลัง โดยกำหนดขอบเขตชุดสับหยวกกล้วยใช้ใบมีด 2 ใบ ใช้พลังงาน คือ โซล่าเซลล์ กังหันลม และไฟฟ้า ใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1400 รอบต่อนาที และมุมใบมีดในการสับ เป็น 4 ระดับที่ 5 8 10 และ 13 มิลลิเมตร

สรุปผลการวิจัย พบว่า ผลการพัฒนาเครื่อง การทดสอบระบบการทำงานเครื่องสับอาหารสัตว์ แบบ3แหล่งพลังงาน ซึ่งจากการทดสอบเครื่องและระบบการทำงานของเครื่องใช้งานสับหยวกกล้วยสำหรับทำอาหารสัตว์ประเภทโคได้จริงตามที่ออกแบบไว้ทั้งในส่วนโครงสร้างเครื่องและระบบการทำงานของเครื่อง ผลการทดสอบการชาร์จด้วยกังหันลม กระแสไฟในการชาร์จโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.27 แอมแปร์ ใช้เวลาเฉลี่ยในการชาร์จเท่ากับ 11.44 ชั่วโมง และพลังงานที่เก็บสามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 542.22 กิโลวัตต์ สำหรับการชาร์จด้วยโซล่าเซลล์ มีกระแสไฟการชาร์จโดยเฉลี่ยเท่ากับ 9.05 แอมแปร์ ใช้เวลาเฉลี่ยในการชาร์จเท่ากับ 8.55 ชั่วโมง และพลังงานที่เก็บสามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 540.00 กิโลวัตต์ ซึ่งการชาร์จไฟจากระบบโซล่าเซลล์ชาร์จไฟฟ้าจนเต็มใช้เวลาน้อยกว่ากังหันลม 3 ชั่วโมง โดยสามารถนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้งานสับหยวกกล้วยได้ 14 ชั่วโมง ผลการทดสอบขนาดของใบมีด 4 ระดับ คือ 5 8 10 และ 13 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วของมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที การสับที่มุมใบมีดระดับ 10 มิลลิเมตร ได้ขนาดที่เหมาะสม 9.70 – 9.76 มิลลิเมตร กับการนำไปใช้งานเลี้ยงโค และมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในการสับน้อยที่สุด 0.01291 - 0.01480 กิโลวัตต์ และค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ 47 - 54 วินาที ผลการสมมติฐาน พบว่า ระยะเวลาในการเก็บพลังงานของกังหันลมและโซล่าเซลล์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 แอมแปร์ที่ชาร์จพลังงานได้ของกังหันลมและโซล่าเซลล์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และ พลังงานไฟฟ้าที่แปลงได้แล้วนำไปใช้สับหยวกกล้วยของกังหันลมและโซล่าเซลล์ไม่แตกต่างกัน ในส่วนของต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสับหยวกกล้วยสำหรับอาหารสัตว์แบบ 3 แหล่งพลังงาน อยู่ที่ 11,000 บาท ซึ่งเมื่อพิจารณาข้อมูลด้านต้นทุนของอาหารสัตว์ประเภทโค อยู่ที่ 9,398 บาท

***คำหลัก**: เครื่องสับ; หยวกกล้วย; อาหารสัตว์; แหล่งพลังงาน*

Abstract

At present, it was found that cattle farmers in Nakhon Nayok Province are more interested in using local raw materials such as banana stems as animal feed to reduce the cost of purchasing animal feed. The current methods of chopping banana stems include using a knife to chop with human labor or using a chopper available in the market, which is expensive and uses a lot of electricity. As a result, some farmers cannot access them. Therefore, the research team is interested in developing a banana stem chopper that can use alternative energy to help reduce costs and save energy. This study aims to design a banana stem chopper for animal feed with 3 energy sources. The machine was designed to be 80 centimeters wide, 85 centimeters long, and 150 centimeters high. The main structure of the machine includes 1. Machine structure 2. Banana stem chopper set 3. Alternative energy 4. Power transmission system By specifying the scope of the banana stalk chopper set using 2 blades, using energy from solar cells, wind turbines, and electricity, using a 2-horsepower motor, setting the motor speed at 1400 rpm, and setting the blade angle in chopping at 4 levels at 5, 8, 10, and 13 millimeters.

A summary of the research results found that the results of the machine development, testing the operating system of the animal feed chopper with 3 energy sources, which from testing the machine and the operating system of the machine can actually chop banana stalks for making animal feed for cattle as designed in both the machine structure and the operating system of the machine. The results of the test of charging with a wind turbine are that the average charging current is equal to 7.27 amps, the average charging time is 11.44 hours, and the stored energy can be converted to 542.22 kilowatts of electrical energy for charging with solar cells. It has an average charging current of 9.05 amps, an average charging time of 8.55 hours, and the stored energy can be converted to 540.00 kilowatts of electrical power. Charging the battery from a solar cell system to full charge takes less than 3 hours from a wind turbine. The electrical power can be used to chop banana stalks for 14 hours. The test results of the blade sizes at 4 levels 5, 8, 10, and 13 millimeters with a motor speed of 1400 revolutions per minute at a blade angle of 10 millimeters gave the appropriate size of 9.70–9.76 millimeters for use in cattle farming. And the lowest electricity consumption rate in chopping is 0.01291 - 0.01480 kilowatts, and the average time used is 47 - 54 seconds. The results of the hypothesis found that the energy storage period of wind turbines and solar cells is different at a statistical significance level of .01, the charging ampere of wind turbines and solar cells is different at a statistical significance level of .01, and the converted electricity used for chopping banana stalks of wind turbines and solar cells is not different. In terms of the cost of a banana stalk chopper for animal feed with 3 energy sources, it is 11,000 baht, which, when considering the cost data of cattle feed, is 9,398 baht.

Keywords: *Chopper; Banana Stalk; Animal Feed; Energy Source*

1. บทนำ

ปี 2561 – 2565 ความต้องการบริโภคเนื้อโคของไทยเพิ่มร้อยละ 0.15 ต่อปี และในปี 2565 คาดว่า ราคาส่งออกโคมีชีวิตตัวละ 20,817 บาท สูงขึ้นจากตัวละ 17,807 บาทของปี 2564 ร้อยละ 16.90 และราคาส่งออกเนื้อโค และผลิตภัณฑ์ กิโลกรัมละ 427.42 บาท สูงขึ้นจากกิโลกรัมละ 212.76 บาท ของปี 2564 ประมาณ 1 เท่า ปี 2566 โคเนื้อที่ผลิตได้จะใช้บริโภคในประเทศร้อยละ 97 โดยปี 2566 คาดว่าการบริโภคจะเพิ่มขึ้น จากสถานการณ์การแพร่ระบาด

ของโรคโควิด 19 คลี่คลายลง ทำให้ธุรกิจภาคบริการ การท่องเที่ยวและร้านอาหารสามารถดำเนินการได้ตามปกติ และการเพิ่มของจำนวนประชากร ทำให้ความต้องการบริโภคเนื้อโคเพิ่มขึ้น [1]

ในสถานการณ์ที่ผู้เลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะวัว ประสบปัญหาราคาอาหารสัตว์ที่ซื้อตามท้องตลาดมีราคาสูง ดังนั้นเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ทั้งฟาร์มขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่จำเป็นจะต้องหาวิธีการลดค่าใช้จ่ายหรือลดต้นทุนการเลี้ยงสัตว์ ทั้งนี้สิ่งที่เกษตรกรจะสามารถลดต้นทุนได้มากวิธีหนึ่งก็คือการลดในส่วนของค่าอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ ซึ่งหากเกษตรกรผสมอาหารสัตว์ใช้เองจะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้มาก โดยการใช้พืชที่หาได้ในชุมชน นอกจากนี้ยังมีการปลูกพืชเพื่อนำมาเป็นอาหารวัว รวมถึงการนำวัชพืชต่างๆมาเป็นส่วนผสมในการทำอาหารวัวได้อีกด้วย [2] ทั้งนี้ต้นทุนของอาหารสัตว์ประเภทโคเนื้อ จากรายงานการวิจัยกองอาหารสัตว์มีสัดส่วนต้นทุนค่าอาหาร คิดเป็นร้อยละ 70 ของต้นทุนทั้งหมด [3] ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงวัวมากขึ้น จึงต้องใช้พืชอาหารสัตว์เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่พืชมีไม่เพียงพอต่อการใช้เลี้ยงวัว ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพิ่มมูลค่าเกษตรร่วมกับศูนย์วิจัยพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี จึงได้ทดลองและค้นคว้าวิจัยต้นกล้วย ซึ่งจากเดิมเมื่อได้ผลผลิตเครือกล้วยแล้ว ก็ต้องตัดต้นทิ้ง แต่หากนำมาทำเป็นอาหารสัตว์จะช่วยลดต้นทุนของเกษตรกรที่เลี้ยงวัวได้ และยังช่วยสร้างความมั่นใจให้ผู้บริโภคว่าอาหารที่เลี้ยงวัวมาจากอินทรีย์ซึ่งจะมีความปลอดภัยกับผู้บริโภคด้วย ทางด้านประธานสมาพันธ์ SME ไทย จังหวัดเพชรบุรี กล่าวว่าจังหวัดเพชรบุรีปลูกกล้วยจำนวนมาก การนำต้นกล้วยมาพัฒนาเป็นพืชอาหารสัตว์โดยนำหยวกกล้วย นำมาผสมรวมกับวัตถุดิบอื่น เพื่อเพิ่มคุณค่าด้านธาตุอาหารให้เหมาะสมผลิตเป็นอาหารสัตว์จำหน่ายในพื้นที่และส่งขายในพื้นที่จังหวัดภาคใต้ จากเดิมต้นกล้วยหลังถูกตัดทิ้ง ต้องเป็นภาระของชาวสวนกล้วย แต่หลังจากการแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ส่งผลให้ต้นกล้วยมีราคาถึง ต้นละ 5 บาท นำส่งโรงงานทำการสับเข้าสู่กระบวนการหมักเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์ ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มขึ้น ต้นกล้วยได้รับการพัฒนาเป็นวัตถุดิบช่วยลดต้นทุนได้ ในส่วนข้อมูลของกล้วยเป็นพืชที่ปลูกง่าย มีการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์เร็ว ปลูกได้ในดินเกือบทุกชนิด นิยมปลูกทุกภาคของประเทศไทย[4]

จากข้อมูลข้างต้นทางคณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะออกแบบเครื่องสับหยวกกล้วยสำหรับเป็นอาหารสัตว์ประเภทโค โดยพิจารณาถึงวัตถุดิบที่มีในพื้นที่คือต้นกล้วย และพิจารณาด้านการใช้พลังงานทางเลือกร่วมด้วย ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม โดยคณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่หมู่บ้านแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก ซึ่งมีเกษตรกรเลี้ยงโคในพื้นที่นั้นส่วนใหญ่นิยมนำวัตถุดิบในท้องถิ่นมาใช้เพื่อลดต้นทุนในการเลี้ยง เกษตรกรบางกลุ่มใช้มีดสับ บางกลุ่มใช้เครื่องสับ แต่ในปัจจุบันตามท้องตลาดเครื่องสับนั้นมีราคาที่สูง และมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการออกแบบเครื่องสับหยวกกล้วยสำหรับทำเป็นอาหารสัตว์ที่มีราคาไม่สูง และลดอัตราการใช้ไฟฟ้าเพื่อช่วยลดต้นทุนด้านอาหารสัตว์ให้แก่เกษตรกรได้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อออกแบบเครื่องสับหยวกกล้วยแบบ 3 แหล่งพลังงาน
- เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องด้านการเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้า

สมมติฐานการวิจัย

- แหล่งพลังงานที่ต่างกันมีระยะเวลาในการชาร์จพลังงาน มีจำนวนแอมแปร์ที่เก็บพลังงานได้ และมีอัตราพลังงานไฟฟ้าที่แปลงได้แตกต่างกัน

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

เรียบเรียงโดยอธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลอง กำหนดขอบเขตการทดลองและบันทึกผลการทดลอง ตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังนี้ การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงาน ช่วยประหยัดเวลาและแรงงานคนในขั้นตอนการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ทำให้ต้นทุนการผลิตหญ้าอาหารสัตว์ของเกษตรกรลดลง ได้อาหารสัตว์ที่มีคุณภาพสูงเหมาะสำหรับความต้องการสารอาหารของสัตว์ และช่วยลดพื้นที่ในการจัดเก็บหญ้าอาหารสัตว์ ทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มจำนวนสัตว์เลี้ยงได้มากขึ้นในพื้นที่จำกัด เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ออกแบบและพัฒนา ประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 ส่วน ได้แก่ โครงเครื่อง ชุดย่อยหญ้า ชุดอัดหญ้า และ

ระบบถ่ายทอดกำลังชุดย่อยหญ้า ออกแบบให้มีใบมีด 4 ใบ ชุดอัดหญ้าประกอบด้วยกระบอกไฮดรอลิกส์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว และบล็อกสำหรับอัดหญ้า โดยใช้มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าเป็นต้นกำลังในทำงาน ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,300 1,500 และ 1,700 รอบต่อนาที ศึกษามุมองศาการใบมีดสำหรับย่อยหญ้า 3 ระดับที่ 15 30 และ 40 องศา โดยมีผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการอัดและย่อยหญ้าอาหารสัตว์ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ [5] การศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องสับวัสดุพืชเกษตรและเปลือกผลไม้ โดยเครื่องตัดที่พัฒนามีน้ำหนัก 45 กิโลกรัม มีส่วนประกอบ คือ โครงสร้างเหล็ก ถังป้อน ชุดใบมีดตัดแบบใบมีดโค้ง ยาว 160 มิลลิเมตร หนา 2.0 มิลลิเมตรจำนวน 23 ใบ ล้อช่วยแรงชุดส่งกำลัง รางรับวัสดุ และมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/3 แรงม้า ทดสอบการตัดพืช 7 ชนิด ได้แก่ ต้นตะไคร้ ใบตะไคร้ ใบเตย ผักบุ้งไทย หญ้าปักกิ่ง เปลือกเสาวรส และเปลือกส้มโอ ที่ความเร็วรอบใบมีดตัด 500 600 700 800 และ 900 รอบต่อนาที [6] การศึกษาการออกแบบและการพัฒนาเครื่องสับต้นข้าวโพดแบบ 4 ใบมีด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับผลิตอาหารสัตว์ ผลการทดสอบพบว่า มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.70 เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่า ด้านคุณสมบัติของเครื่อง มีค่าเฉลี่ย 4.89 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ด้านความเหมาะสมและการออกแบบ มีค่าเฉลี่ย 4.51 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ด้านการใช้งานเครื่อง มีค่าเฉลี่ย 4.66 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ด้านคู่มือการใช้งานของเครื่อง มีค่าเฉลี่ย 4.75 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ส่วนประสิทธิภาพของเครื่องมีประสิทธิภาพ 97.50 เปอร์เซ็นต์ [7] การศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องสับย่อยหญ้าเนเปียร์สำหรับผลิตอาหารสัตว์ โดยประกอบด้วยชุดใบมีดสับหญ้าใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 230 โวลต์ 1 แรงม้า 1,450 รอบต่อนาที และชุดลูกป้อนในการป้อนหญ้าเข้าสับโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ 350 วัตต์ 400 รอบต่อนาที ผลการทดสอบพบว่า สามารถปรับการทำงานการสับหญ้าได้ 2 ระดับ คือ สับย่อยหญ้าแบบละเอียดขนาดอยู่ที่ 0.1 - 1 เซนติเมตร อัตราเร็วในการสับแบบละเอียดอยู่ที่ 246 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องมีค่า 0.0044 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็นเงิน 0.013 บาทต่อกิโลกรัม และสับย่อยแบบหยาบขนาดอยู่ที่ 1-3 เซนติเมตร อัตราเร็วในการสับแบบหยาบอยู่ที่ 571.43 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องมีค่า 0.0014 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็นเงิน 0.0042 บาทต่อกิโลกรัม [8]

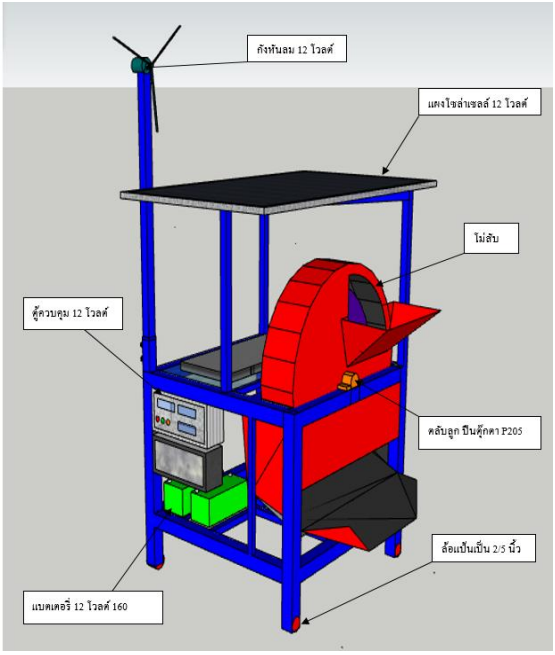
2.2. การออกแบบหลักการทำงานของเครื่อง

- หลักการทำงาน 3 แหล่งพลังงาน ประกอบด้วยพลังงานไฟฟ้า ได้กำหนดเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ทั้งนี้พลังงานจากโซล่าเซลล์และพลังงานลมจะถูกแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าจากการทำปฏิกิริยาของแสงอาทิตย์กับอิเล็กตรอนในแผงโซล่าเซลล์และกังหันลม โดยจะทำการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า และผลิตไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ผ่านตัวแปลงกระแสไฟฟ้าใช้กับมอเตอร์เพื่อให้ใช้งานได้ในสถานที่ที่มีไฟฟ้า และสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้า โดยพลังงานแสงอาทิตย์จากโซล่าเซลล์ ใช้ขนาดแผงโซล่าเซลล์ 120 x 60 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นขนาดมาตรฐานที่นิยมใช้และสอดคล้องกับขนาดภาพรวมของเครื่องต้นแบบในการศึกษาครั้งนี้ และพลังงานลม โดยใช้ใบพัดของกังหันลมขนาด 30 นิ้ว และตั้งสูงจากพื้น 320 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของเครื่องต้นแบบและสามารถเก็บพลังงานลมเข้าสู่แบตเตอรี่และทำงานจ่ายไฟฟ้าออกมาที่เครื่องต้นแบบในการสับหยวกกล้วยได้

- ระบบการเก็บและแปลงพลังงานไฟฟ้า คือ กังหันลมและโซล่าเซลล์จะเป็นตัวปั่นไฟ 12 โวลต์ ให้มาเข้าในเครื่องโซล่าชาร์จเจอร์ โดยการปรับเบรกเกอร์ไปที่ตำแหน่งออน และโซล่าชาร์จเจอร์จะแปลงเป็นกระแสไฟชาร์จเข้าไปที่แบตเตอรี่ ไฟจะจ่ายไปที่อินเวอร์เตอร์12 โวลต์ 6,000 วัตต์ และอินเวอร์เตอร์จะแปลงเป็น 220 โวลต์ เมื่อกดออนอินเวอร์เตอร์ไฟจะจ่ายไปที่มอเตอร์ ไฟก็จะแสดงสถานะว่าทำงานอยู่ และถ้าในสถานะที่พลังงานทดแทนไม่สามารถใช้งานได้ ให้ถอดปลั๊กจากอินเวอร์เตอร์ไปเสียบกับไฟบ้านก็จะสามารถใช้งานได้ปกติ

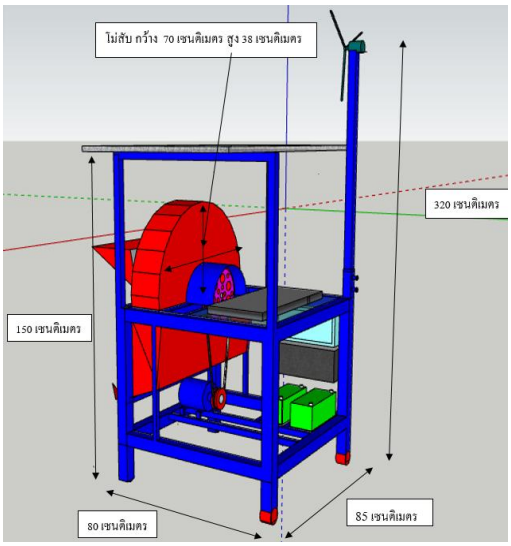
- หลักการทำงานของระบบสับ คือ นำต้นกล้วยมาใส่ในช่องใบมีด เมื่อใบมีดเริ่มทำงาน ต้นกล้วยจะไหลผ่านเข้าไปในช่องทางที่กำหนด โดยผู้ใช้งานเครื่องทำหน้าที่คอยจับประคองต้นกล้วยแล้วประมาณระยะให้ต้นกล้วยเหลือประมาณ 30 เซนติเมตร แล้วปล่อยมือ หลังจากนั้นให้หาถาดมารองต้นกล้วยที่ผ่านการสับไปแล้ว โดยจะไหลลงมา

ตามรางด้านล่างต้นกล้วยจะออกมาเป็นชิ้นตามขนาดที่ตั้งเอาไว้



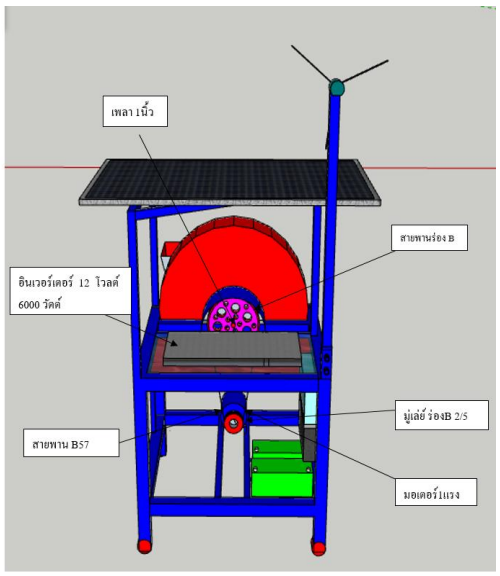
รูปที่ 1 โครงร่างเครื่องด้านหน้า

จากรูปที่ 1 แสดงรายละเอียดของแบบโครงร่างเครื่องในมุมมองด้านหน้าของตัวเครื่อง



รูปที่ 2 โครงร่างเครื่องด้านหลัง

จากรูปที่ 2 แสดงรายละเอียดของแบบโครงร่างเครื่องในมุมมองด้านหลังของตัวเครื่อง



รูปที่ 3 โครงร่างเครื่องด้านข้าง

จากรูปที่ 3 แสดงรายละเอียดของแบบโครงร่างเครื่องในมุมมองด้านข้างของตัวเครื่อง

รูปที่ 4 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง (1)

จากรูปที่ 4 ขั้นตอนการสร้างเครื่องขั้นที่ 1 การทำฐานตัวเครื่อง และขั้นที่ 2 การติดตั้งใบมีด

รูปที่ 5 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง (2)

จากรูปที่ 5 ขั้นตอนการสร้างเครื่องขั้นที่ 3 การใส่ล้อที่ฐานตัวเครื่อง และขั้นที่ 4 การประกอบฝาครอบส่วนใบมีด

รูปที่ 6 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง (3)

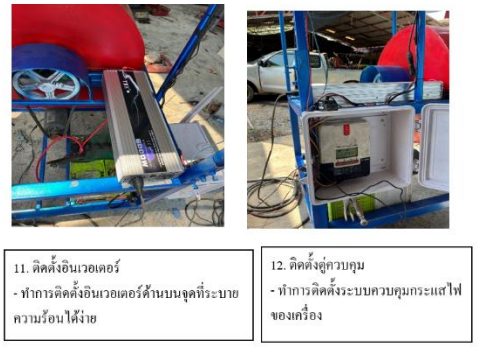
จากรูปที่ 6 ขั้นตอนการสร้างเครื่องขั้นที่ 5 การติดตั้งมู่เลย์ และขั้นที่ 6 การติดตั้งมอเตอร์

รูปที่ 7 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง (4)

จากรูปที่ 7 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง ขั้นตอนที่ 7 ติดตั้งตัวกักหยวกกล้วย และขั้นที่ 8 ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

รูปที่ 8 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง (5)

จากรูปที่ 8 ขั้นตอนการสร้างเครื่องขั้นที่ 9 ติดตั้งกังหันลม 2 ใบพัด และขั้นที่ 10 การทำสีตัวเครื่อง



รูปที่ 9 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง (6)

จากรูปที่ 9 ขั้นตอนการสร้างเครื่องขั้นที่ 11 ติดตั้งอินเวอเตอร์ และขั้นที่ 12 ติดตั้งตัวควบคุม

2.2 กำหนดแนวทางการทดสอบเครื่อง

ทางคณะผู้วิจัยกำหนดหัวข้อในการทดสอบ ได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพความพร้อมในการใช้งานของเครื่อง ทดสอบพลังงานจากโซล่าเซลล์ จากกังหันลม และจากพลังงานไฟฟ้า และทดสอบประสิทธิภาพในการสับหยวกกล้วยเพื่อหาระดับใบมีดในการสับที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้สูตรในการคำนวณ

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน=√3 (กระแสไฟฟ้า , แรงเคลื่อนไฟฟ้า, Power Factor 0.8) / 1000

$$E = \sqrt{3}\ \frac{IVPF}{1000} \quad (1)$$

โดยกำหนดขอบเขตในการทดสอบการใช้งานของเครื่อง ดังนี้

ปัจจัยที่ควบคุม

1. ขนาดใบมีด 12 x 1.75 นิ้ว
2. ขนาดแผงโซล่าเซลล์ 120 x 60 เซนติเมตร
3. มอเตอร์จ่ายไฟ ขนาด 12 โวลต์ 250 วัตต์
4. ขนาดใบพัดกังหันลม 30 นิ้ว

ปัจจัยผันแปร

1. การเก็บพลังงานไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ และกังหันลม เพื่อนำมาแปลงใช้เป็นกระแสฟ้าในการสับหยวกกล้วย

3. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

3.1 ผลการทดลอง

3.1.1 ผลการออกแบบเครื่อง การทดสอบระบบการทำงานเครื่อง โดยมีระบบพลังงานทดแทนแผงโซล่าเซลล์ กังหันลม การทำงานของพลังงานทั้งสอง ระบบการสับ ซึ่งจากการทดสอบเครื่องและระบบการทำงานทุกส่วนทั้งโครงสร้าง ระบบการทำงาน การเก็บพลังงานแสงแดด พลังงานลมมาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าและการใช้สับหยวกกล้วยสามารถใช้งานได้จริงตามที่ออกแบบไว้

รูปที่ 10 เครื่องที่สร้างขึ้นจริง

จากรูปที่ 10 แสดงภาพเครื่องที่สร้างเสร็จสมบูรณ์

3.1.2 ผลการทดสอบการเก็บและการใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่า การทดสอบการใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 ระบบจากโซล่าเซลล์ จากกังหันลม และจากไฟฟ้าปกติ พบว่าทุกรายการสามารถใช้งานได้จริงตามที่ออกแบบไว้โดยสมบูรณ์

ตารางที่ 1 ข้อมูลการเก็บและใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่อง

รายการ	ระยะเวลาเก็บแสง (ค่าเฉลี่ย) หน่วย : ชั่วโมง	พลังงานที่เก็บได้ (ค่าเฉลี่ย) หน่วย : แอมแปร์	แปลงเป็น พลังงานไฟฟ้าใช้ได้ (ค่าเฉลี่ย) หน่วย : กิโลวัตต์
กังหันลม	11.44	7.27	542.22
แผงโซล่าเซลล์	8.55	9.05	540.00

จากตารางที่ 1 การทดสอบของเครื่องสับหยวกกล้วยสำหรับเป็นอาหารสัตว์ ระบบการชาร์จ การชาร์จด้วยพลังงานทดแทนนั้นมีความแตกต่างกัน การชาร์จด้วยระบบกังหันลม กระแสไฟในการชาร์จโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.27 แอมแปร์ ใช้เวลาเฉลี่ยในการชาร์จเท่ากับ 11.44 ชั่วโมง และพลังงานที่เก็บสามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 542.22 กิโลวัตต์ สำหรับการชาร์จด้วยระบบโซล่าเซลล์ มีกระแสไฟการชาร์จโดยเฉลี่ยเท่ากับ 9.05 แอมแปร์ ใช้เวลาเฉลี่ยในการชาร์จเท่ากับ 8.55 ชั่วโมง และพลังงานที่เก็บสามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 540.00 กิโลวัตต์

ตารางที่ 2 ผลทดสอบการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจาก 3 แหล่ง

มุมของใบมีด	แบบกังหันลม ปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า	เวลาเฉลี่ยในการสับ	แบบโซลาเซลล์ ปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า	เวลาเฉลี่ยในการสับ	แบบไฟฟ้าปกติ ปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า	เวลาเฉลี่ยในการสับ
10 มิลลิเมตร	0.01480 กิโลวัตต์	54 วินาที	0.01297 กิโลวัตต์	47 วินาที	0.01291 กิโลวัตต์	47 วินาที

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานด้วยระบบกังหันลม โดยใช้ความเร็วมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที ในระดับของใบมีด 10 มิลลิเมตร ปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า 0.01480 กิโลวัตต์ มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ 54 วินาที และผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานด้วยระบบโซล่าเซลล์ ในระดับของใบมีด 10 มิลลิเมตร ปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า 0.01297 กิโลวัตต์ มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ 47 วินาที และผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานด้วยระบบไฟ AC 220 โวลต์ ในระดับของใบมีด 10 มิลลิเมตร ปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า 0.01291 กิโลวัตต์ มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ 47 วินาที

ค มุมใบมีด 10 มิลลิเมตร ง มุมใบมีด 13 มิลลิเมตร

รูปที่ 11 ชิ้นหยวกกล้วยที่ผ่านการสับจากเครื่อง

จากรูปที่ 11 การทดสอบเครื่องสับหยวกกล้วยสำหรับเป็นอาหารสัตว์ พบว่าขนาดชิ้นหยวกกล้วยที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้ใบมีดสับที่ระดับ 10 มิลลิเมตร ต้นกล้วยที่สับแล้วมีชิ้นขนาดเฉลี่ยที่ 9.74 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปทำเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ประเภทโค ซึ่งหากขนาดของชิ้นหยวกกล้วยที่สับออกมามีขนาดที่เล็กกว่าหรือมากกว่าขนาด 9.74 มิลลิเมตร ไม่เหมาะสมจะนำไปหมักหรือนำไปผสมรวมเพื่อทำอาหารของสัตว์ประเภทโค

อ้างอิงจากข้อมูล การเตรียมต้นกล้วยหมักโดยตัดต้นกล้วยมาสับเป็นชิ้นเล็กๆประมาณ 5-10 เซนติเมตร แล้วนำมาผสมน้ำหมักยีสต์และหรือนำหมัก EM โดยเตรียมตามวิธีการของ Nampukdee [9]

ตารางที่ 3 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างด้านระยะเวลาในการเก็บพลังงานของกังหันลมและโซล่าเซลล์

ปัจจัย	แหล่งพลังงาน	N	$\bar{x}$	t	Sig
เวลาในการเก็บพลังงาน	กังหันลม	15	11.7333	4.870	.000
	โซลาเซลล์	15	8.5333		

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า ระยะเวลาในการเก็บพลังงานของกังหันลมและโซล่าเซลล์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

ตารางที่ 4 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างด้านแอมแปร์ที่ชาร์จพลังงานได้ของกังหันลมและโซล่าเซลล์

ปัจจัย	แหล่งพลังงาน	N	$\bar{x}$	t	Sig
แอมแปร์ที่ชาร์จได้	กังหันลม	15	7.3000	-6.714	.000
	โซลาเซลล์	15	9.1667		

จากตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า แอมแปร์ที่ชาร์จพลังงานได้ของกังหันลมและโซล่าเซลล์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

ตารางที่ 5 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างด้านพลังงานไฟฟ้าที่แปลงได้ของกังหันลมและโซล่าเซลล์

ปัจจัย	แหล่งพลังงาน	N	$\bar{x}$	t	Sig
พลังงานไฟฟ้าที่แปลงได้นำไปใช้ในการสับ	กังหันลม	15	539.3333	- .222	.826
	โซลาเซลล์	15	540.6667		

จากตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า พลังงานไฟฟ้าที่แปลงได้แล้วนำไปใช้สับหยวกกล้วยของกังหันลมและโซล่าเซลล์ไม่แตกต่างกัน

3.2 อภิปรายผลการวิจัย

3.2.1 ผลการทดสอบระบบการทำงานเครื่องสับอาหารสัตว์ แบบ3แหล่งพลังงาน ซึ่งจากการทดสอบเครื่องและระบบการทำงานของเครื่อง ใช้งานสับหยวกกล้วยสำหรับทำอาหารสัตว์ประเภทโคได้จริงตามที่ออกแบบไว้ทั้งในส่วนโครงสร้างเครื่อง การเก็บพลังงานและระบบการทำงานของเครื่อง

3.2.2 ผลการทดสอบของเครื่องสับหยวกกล้วยสำหรับเป็นอาหารสัตว์

3.2.2.1 การชาร์จด้วยกังหันลม กระแสไฟในการชาร์จโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.27 แอมแปร์ ใช้เวลาเฉลี่ยในการชาร์จเท่ากับ 11.44 ชั่วโมง และพลังงานที่เก็บสามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 542.22 กิโลวัตต์ สำหรับการชาร์จด้วยโซล่าเซลล์ มีกระแสไฟการชาร์จโดยเฉลี่ยเท่ากับ 9.05 แอมแปร์ ใช้เวลาเฉลี่ยในการชาร์จเท่ากับ 8.55 ชั่วโมง และพลังงานที่เก็บสามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 540.00 กิโลวัตต์ ซึ่งจากผลการทดสอบระบบการชาร์จไฟจากระบบโซล่าเซลล์ ระบบกังหันลม สามารถชาร์จไฟได้ปกติโดยการชาร์จด้วยระบบโซล่าเซลล์ใช้เวลาในการชาร์จไฟฟ้าจนเต็มเป็นเวลา 7 ชั่วโมง และการชาร์จด้วยระบบกังหันลมใช้เวลาในการชาร์จไฟฟ้าจนเต็มเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิชิต [5] ที่ได้ศึกษาระบบการชาร์จด้วยพลังงานทดแทน พบว่า การชาร์จด้วยพลังงานทดแทนทั้ง 2 ระบบ ทำงานในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

3.2.2.2 จากผลการทดลองขนาดของใบมีด 4 แบบด้วยความเร็วของมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที โดยมีใบมีด 5 8 10 และ 13 มิลลิเมตร พบว่าที่มุมใบมีดระดับ 10 มิลลิเมตร ได้ขนาดชิ้นหยวกกล้วยที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานเลี้ยงสัตว์ ขนาด 9.74 และมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในการสับน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Nampukdee et. al. [10] การศึกษาข้อมูลการเตรียมต้นกล้วยหมักโดยตัดต้นกล้วยมาสับเป็นชิ้นเล็กๆประมาณ 5-10 เซนติเมตร แล้วนำมาผสมน้ำหมักยีสต์และหรือนำหมัก EM สำหรับทำเป็นอาหารสัตว์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของณพล [6] การศึกษาเรื่อง การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ โดยมีค่าผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถ ในการอัดและย่อยหญ้าอาหารสัตว์ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของวิชิต [5] การศึกษาเรื่องการออกแบบและพัฒนาเครื่องสับวัสดุพืชเกษตรและเปลือกผลไม้ ผลการทดสอบการตัดพืช 7 ชนิด ได้แก่ ต้นตะไคร้ ใบตะไคร้ ใบเตย ผักบุ้งไทย หญ้าปักกิ่ง เปลือกเสาวรส และ เปลือกส้มโอ ที่ความเร็วรอบใบมีดตัด 500 600 700 800 และ 900 รอบต่อนาที และสอดคล้อง

กับงานวิจัยของสมศักดิ์ [7] ศึกษาเรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องสับย่อยหญ้าเนเปียร์สำหรับผลิตอาหารสัตว์ ผลการทดสอบพบว่า สามารถปรับการทำงานการสับหญ้าได้ 2 ระดับ คือ สับย่อยหญ้าแบบละเอียดขนาดอยู่ที่ 0.1 - 1 เซนติเมตร อัตราเร็วในการสับแบบละเอียดอยู่ที่ 246 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องมีค่า 0.0044 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็นเงิน 0.013 บาทต่อกิโลกรัม และสับย่อยแบบหยาบขนาดอยู่ที่ 1-3 เซนติเมตร อัตราเร็วในการสับแบบหยาบอยู่ที่ 571.43 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องมีค่า 0.0014 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็นเงิน 0.0042 บาทต่อกิโลกรัม

4. สรุปผลการวิจัย

การทดสอบระบบการทำงานเครื่องสับหยวกกล้วยสำหรับอาหารสัตว์แบบ 3 แหล่งพลังงาน โดยมีระบบพลังงานทดแทนแผงโซล่าเซลล์ กังหันลม การทำงานของพลังงานทั้งสองระบบการสับ ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องและระบบการทำงานทุกส่วน รวมถึงการทดสอบการใช้ไฟฟ้าจากทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ โซล่าเซลล์ กังหันลม และไฟฟ้าปกติ พบว่าทุกรายการทดสอบแล้วสามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าได้จริงและสามารถนำไปใช้งานในการสับต้นกล้วยได้จริงตามที่ออกแบบไว้โดยสมบูรณ์ โดยการชาร์จด้วยระบบโซล่าเซลล์มีประสิทธิภาพด้านเวลามากกว่าการชาร์จด้วยระบบกังหันลม เพราะใช้เวลาในการชาร์จไฟฟ้าจนเต็มน้อยกว่ากังหันลม เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งการชาร์จไฟฟ้าในแต่ละครั้งของทั้ง 2 ระบบ ขึ้นอยู่กับปริมาณแดดและลมของวันนั้นๆ ซึ่งการชาร์จไฟฟ้าเต็ม 1 ครั้ง สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าไปใช้กับเครื่องสับหยวกกล้วยได้ 14 ชั่วโมง สรุปด้านผลการทดสอบการสับหยวกกล้วย ด้วยความเร็วของมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที โดยขนาดของใบมีด 4 ขนาด พบว่าการสับที่มุมใบมีดระดับ 10 มิลลิเมตร ได้ขนาดอาหารที่เหมาะสมที่สุดที่ขนาด 9.70 – 9.76 มิลลิเมตร กับการนำไปใช้งานเลี้ยงสัตว์ และมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในการสับน้อยที่สุด 0.01291 - 0.01480 กิโลวัตต์ และค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ 47 - 54 วินาที

สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ระยะเวลาในการเก็บพลังงานของกังหันลมและโซล่าเซลล์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า แอมแปร์ที่ชาร์จพลังงานได้ของกังหันลมและโซล่าเซลล์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และผลการเปรียบเทียบ พบว่า พลังงานไฟฟ้าที่แปลงได้แล้วนำไปใช้สับหยวกกล้วยของกังหันลมและโซล่าเซลล์ไม่แตกต่างกัน

ในส่วนของต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องสับหยวกกล้วยสำหรับอาหารสัตว์แบบ 3 แหล่งพลังงาน อยู่ที่ 11,000 บาท ซึ่งเมื่อพิจารณาข้อมูลด้านต้นทุนของอาหารสัตว์ประเภทโค อยู่ที่ 9,398 บาท หากเกษตรกรนำเครื่องนี้เข้าไปช่วยในการทำอาหารโค จะช่วยลดต้นทุนและมีการคืนทุนในระยะเวลาสั้นๆได้ โดยผลจากการศึกษาครั้งนี้ช่วยให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ประเภทโคหรืออื่นๆ ที่มีความสนใจจะใช้ต้นกล้วยไปทำเป็นอาหารสัตว์ เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ และช่วยเพิ่มโอกาสให้เกษตรกรเข้าถึงเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีราคาไม่สูงและใช้งานได้ง่าย ตลอดจนเป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือกทั้งจากแสงอาทิตย์โดยโซล่าเซลล์ และพลังงานลมจากกังหันลมได้อีกด้วย อีกทั้งการพัฒนาเครื่องสับหยวกกล้วยสำหรับอาหารสัตว์แบบ 3 แหล่งพลังงานนี้ยังสามารถต่อยอดและพัฒนารายละเอียดเพิ่มเติมในเชิงพาณิชย์ได้อีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมปศุสัตว์, “*สถานการณ์การผลิต นำเข้า ส่งออกและการบริโภคเนื้อโค,*” [ออนไลน์]. https://dld.go.th/th/index.php/th/newsflash/341-news-hotissue/24675-nut090365. (เข้าถึงเมื่อ: 12 พ.ย. 2566).

[2] กรมปศุสัตว์, *รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี พ.ศ. 2554*, กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2554.

[3] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, “*สถานการณ์และแนวโน้มโคเนื้อ ปี 2566 ไทยและต่างประเทศ,*” [ออนไลน์]. http://www.pasusart.com. (เข้าถึงเมื่อ: 12 พ.ย. 2566).

[4] พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, *หลักการอาหารสัตว์,* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2539.

[5] วิชิต มาลาเวช, “ชุดสาธิตการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน,” *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, ปีที่ 16, ฉบับที่ 3, หน้า 29–38, ฉบับพิเศษ, 2556.

[6] ณพล เหลืองพิพัฒน์สร, "*การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์*," วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, กรุงเทพฯ, 2561.

[7] สมศักดิ์ คำมา, "การออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยเศษพืชผักในครัวเรือน." *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, ปีที่ 38, ฉบับที่ 1, หน้า 82-95, มกราคม-เมษายน 2563.

[8] ภาณุวัฒน์ วงค์แสงน้อย, "การออกแบบและการพัฒนาเครื่องสับต้นข้าวโพดแบบ 4 ใบมีดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับผลิตอาหารสัตว์."*วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์,* ปีที่ 15, ฉบับที่ 1, หน้า 15-31, มกราคม – มิถุนายน 2563.

[9] วรัญญู ทองเพชร และคณะ, "การออกแบบและพัฒนาเครื่องสับย่อยหญ้าเนเปียร์สำหรับผลิตอาหารสัตว์," *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, ปีที่ 3, ฉบับที่ 2, หน้า 20–29, กรกฎาคม–ธันวาคม 2564.

[10] R. Nampukdee, S. Polyorach, M. Wanapat, S. Kang, A. Cherdthong, P. Gunun, N. Gunun, and R. Sitthigripong,. " Effects of microbial fermented liquid (MFL) supplementation on gas production kinetics and digestibility using in vitro gas production technique," *International Journal of Agricultural Technology*., no. 7, pp. 1495–1504, 2018.

ภาคผนวก

คำแนะนำการส่งบทความ

ในขั้นตอนการส่งบทความ ผู้แต่งต้องตรวจสอบและปฏิบัติตามข้อกำหนดรายการตรวจสอบการส่งทุกข้อดังต่อไปนี้ และบทความอาจถูกส่งคืนให้กับผู้แต่งกรณีที่ไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดทั้งหมด

1. บทความเรื่องนี้ยังไม่เคยตีพิมพ์หรืออยู่ในระหว่างการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารอื่น (หากมีกรุณาอธิบายในข้อความถึงบรรณาธิการ)
2. บทความเตรียมตามข้อกำหนด ทั้งในด้านของรูปแบบและการเขียนเอกสารอ้างอิง ตามคำแนะนำสำหรับผู้แต่ง (Author Guidelines)
3. บทความต้นฉบับเตรียมในรูปแบบของไฟล์ Microsoft Word และต้องแนบ "แบบฟอร์มการส่งบทความ" มาพร้อมกับบทความต้นฉบับ
4. ความรับผิดชอบของเนื้อหาต้นฉบับเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน และผู้เขียนได้ปฏิบัติตามจริยธรรมการตีพิมพ์ในการแผยแพร่บทความตามบทบาทและหน้าที่ของผู้เขียน ตามแนวทางของวารสารฯ
5. การแจ้งสถานะของบทความ การติดต่อผู้แต่งเพื่อการแก้ไขบทความ การตอบรับ/ปฏิเสธ การตีพิมพ์ จะดำเนินการผ่านระบบวารสารออนไลน์

การส่งต้นฉบับ

ส่งต้นฉบับบทความวิจัยและบทความวิชาการผ่านระบบออนไลน์ Thaijo ที่เว็บไซต์ https://li04.tci-thaijo.org/index.php/stjrmutk/index และสามารถติดตามสถานะในเว็บไซต์ได้

การเตรียมต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์

คำแนะนำสำหรับผู้แต่ง (Author Guidelines)

การจัดเตรียมต้นฉบับ

ผู้แต่งมีหน้าที่จัดเตรียมต้นฉบับให้เป็นไปตามมาตรฐานของวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ต้นฉบับควรจัดพิมพ์ด้วยโปรแกรมพิมพ์เอกสาร เช่น Microsoft word มีความยาวไม่เกิน 15 หน้ากระดาษ A4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบ

1.1 ขนาดและการตั้งค่าหน้ากระดาษ

ขนาดของกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์กำหนดให้มีขนาดมาตรฐาน A4 โดยส่วนที่นอกเหนือจากส่วนของชื่อบทความ ชื่อและที่อยู่ของผู้เขียนบทความ บทคัดย่อ และคำสำคัญ ให้พิมพ์แบบ 2 คอลัมน์ (Column) ซึ่งกำหนด การตั้งค่าหน้ากระดาษดังนี้

ริมขอบกระดาษด้านบน	2 ซม.
ริมขอบกระดาษด้านล่าง	2 ซม.
ริมขอบกระดาษด้านซ้าย	3 ซม.
ริมขอบกระดาษด้านขวา	2 ซม.
ระยะห่างระหว่างคอลัมน์	7 มม.

1.2 แบบอักษรและขนาด

ใช้รูปแบบตัวอักษร TH Sarabun PSK ในส่วนประกอบต่าง ๆ ของต้นฉบับ ดังนี้

ส่วนประกอบ	ขนาด	รูปแบบ	หมายเหตุ
ชื่อบทความภาษาไทยและอังกฤษ	18	ตัวหนา	แต่ละคำในชื่อภาษาอังกฤษให้พิมพ์อักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ ยกเว้น คำนำหน้านาม (articles; a, an, the) คำสันธาน (coordinate conjunctions; for, and, nor, but, or, yet, so) และ คำบุพบท (prepositions; in, on, at, etc.) นอกจากคำเหล่านี้จะถูกใช้นำชื่อเรื่อง
ชื่อผู้เขียนภาษาไทยและอังกฤษ	14	ปกติ	กำกับด้วยตัวเลขที่พิมพ์แบบยกสูง (Superscript) ไว้หลังชื่อของผู้เขียน เพื่อระบุที่อยู่ของผู้เขียนแต่ละคน และผู้ที่เป็นผู้นิพนธ์ประสานงาน (Corresponding Author) ให้พิมพ์เครื่องหมายดอกจันทน์ (*) ไว้หลังชื่อ

ส่วนประกอบ	ขนาด	รูปแบบ	หมายเหตุ
หน่วยงานของผู้เขียนภาษาไทยและอังกฤษ	12	ปกติ	กำกับด้วยตัวเลขเดียวกับที่อยู่ด้านหลังชื่อผู้เขียน โดยใช้ตัวเลขพิมพ์แบบยกสูง (Superscript) วางไว้ด้านหน้าหน่วยงานของผู้เขียน
ผู้นิพนธ์ประสานงาน	14	ปกติ	จัดกลางหน้ากระดาษ
บทคัดย่อ	14	ปกติ	จัดรูปแบบกระจายแบบไทย (Thai Distributed) ระยะห่างระหว่างบรรทัด (Line spacing) 1.0 บรรทัด
คำสำคัญ	14	ปกติ	แยกคำหลักด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;)
หัวข้อหลัก	16	ตัวหนา	พิมพ์ชิดริมซ้ายของคอลัมน์ กำหนดเป็นตัวเลข เรียงตามลำดับ เช่น 1., 2., 3.
หัวข้อย่อย	14	ตัวหนา	พิมพ์ชิดริมซ้ายของคอลัมน์ กำหนดเป็นตัวเลข เช่น 1.1, 1.2
หัวข้อย่อยรองลงมา	14	ตัวหนา	พิมพ์ชิดริมซ้ายของคอลัมน์ โดยเยื้องเข้ามา 0.25 นิ้ว กำหนดหัวข้อเป็นตัวเลข เช่น 1.1.1, 1.1.2, 1.2.1, 1.2.2
เนื้อหา	14	ปกติ	จัดรูปแบบการพิมพ์กระจายแบบไทย (Thai Distributed) ระยะห่างระหว่างบรรทัด (Line spacing) 1.0 บรรทัด

1.3 รูปภาพ ตาราง และสมการ

การนำเสนอรูปภาพและตารางสามารถนำเสนอต่อจากข้อความที่กล่าวถึงหรืออาจนำเสนอภายหลังจากจบหัวข้อหรือนำเสนอในหน้าใหม่ ขนาดของรูปภาพและตารางไม่ควรเกินกรอบของคอลัมน์ แต่หากรูปภาพและตารางมีขนาดใหญ่สามารถวางรูปและตารางให้ครอบคลุมพื้นที่ของทั้ง 2 คอลัมน์ได้ แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินกรอบของการตั้งค่าหน้ากระดาษที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 1.1

- ทั้งรูปภาพและตารางจะต้องมีคำอธิบาย โดยคำอธิบายของรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพและอยู่กึ่งกลางคอลัมน์หรือกึ่งกลางหน้ากระดาษ หากรูปภาพใดถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ให้มีการระบุคำอธิบายของแต่ละส่วนโดยอาศัยตัวอักษรภาษาไทยในวงเล็บเรียงตามลำดับ เช่น (ก) และ (ข) และภาพควรมีความละเอียดเพียงพอที่กำลังขยาย 100% ส่วนคำอธิบายตารางให้พิมพ์ไว้เหนือตารางและชิดริมซ้ายของคอลัมน์หรือชิดริมซ้ายของกระดาษ

- การเรียงลำดับรูปภาพและตารางให้แยกการเรียงลำดับออกจากกัน พร้อมทั้งระบุหมายเลขลำดับรูปภาพและตารางในบทความให้เป็น รูปที่ และตารางที่ เช่น รูปที่ 1 รูปที่ 1 – 3 ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 1 – 3 เป็นต้น

- การเขียนสมการให้เขียนไว้ประมาณกลางคอลัมน์และระบุลำดับของสมการโดยใช้ตัวเลขที่พิมพ์อยู่ในวงเล็บ เช่น (1), (2) เป็นต้น การกล่าวถึงสมการในบทความให้เป็น สมการที่ เช่น สมการที่ (1) และ สมการที่ (1) – (3) เป็นต้น การนิยามความหมายของสัญลักษณ์ให้เขียนไว้ก่อนแสดงสมการ หรือเขียนหลังจากแสดงสมการทันที

2. การจัดเรียงลำดับ

2.1 บทความวิจัย ควรมีส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นลำดับ ดังนี้

1) ชื่อบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และมีความกระชับ
2) ชื่อผู้เขียน ระบุชื่อเต็มของผู้เขียน ทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
3) หน่วยงานของผู้เขียน ระบุชื่อหน่วยงาน ที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
4) บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 300 คำ และระบุคำสำคัญจำนวน 3-5 คำ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
5) บทนำ เรียบเรียงโดยแสดงถึงความสำคัญและที่มาของงานวิจัย วิจารณ์วรรณกรรมหรือทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้อง และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย
6) วิธีดำเนินงานวิจัย เรียบเรียงโดยแสดงวิธีการศึกษาตามขั้นตอน อธิบายหน่วยทดลองและแผนการทดลองที่ใช้ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง แสดงสมการเชิงสถิติพร้อมคำอธิบาย และระบุสถานที่ทดลองหรือสถานที่จัดเก็บตัวอย่างและข้อมูล
7) ผลและการอภิปรายผลการวิจัย เรียบเรียงผลการทดลองตามลำดับของวัตถุประสงค์ที่ศึกษาและวิธีการที่กำหนด และวิจารณ์ผลการทดลองเป็นการวิจารณ์ข้อค้นพบและอ้างอิงเอกสารหรืองานวิจัยของผู้ที่ศึกษามาก่อนหน้านี้
8) สรุปผลการวิจัย เป็นการสรุปสาระสำคัญของงานวิจัย และ/หรือประโยชน์ของการประยุกต์ผลค้นพบที่ได้
9) กิตติกรรมประกาศ อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เรียบเรียงย่อหน้าเดียวแบบกระชับ ระบุแหล่งทุนวิจัย บุคคลและหน่วยงานที่ให้ความอนุเคราะห์หรือมีส่วนร่วมในงานวิจัย
10) เอกสารอ้างอิง เป็นการระบุแหล่งที่มาของข้อมูลที่ผู้เขียนอ้างถึงในบทความ ใช้การอ้างอิงแบบตัวเลข ตามรูปแบบของ IEEE

2.2 บทความวิชาการ ควรมีส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นลำดับ ดังนี้

1) ชื่อบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และมีความกระชับ
2) ชื่อผู้เขียน ระบุชื่อเต็มของผู้เขียน ทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3) หน่วยงานของผู้เขียน ระบุชื่อหน่วยงาน ที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
4) บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 300 คำ และระบุคำสำคัญจำนวน 3-5 คำ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
5) บทนำ เรียบเรียงโดยแสดงหลักการและเหตุผล หรือความเป็นมาหรือภูมิหลัง หรือความสำคัญของเรื่องที่เขียน รวมทั้งวัตถุประสงค์ ขอบเขตของเรื่อง หรือคำจำกัดความหรือนิยามต่าง ๆ
6) เนื้อเรื่อง เรียบเรียงโดยมีการจัดลำดับเนื้อหาสาระให้มีความต่อเนื่องกัน การใช้เทคนิคนำเสนอแบบต่าง ๆ เช่น กราฟ แผนภูมิ ตาราง หรือแผนภาพ มีการวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ อย่างมีหลักการ และมีการใช้หลักฐานอ้างอิงอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ คำนึงถึงการใช้ภาษาและการสะกดให้ถูกต้องตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน
7) บทสรุป เป็นการสรุปประเด็นสำคัญของเรื่องนั้น ๆ อาจมีการสรุปในลักษณะใดลักษณะหนึ่งดังนี้ เช่น การบอกถึงความสำคัญของผลลัพท์และการนำไปใช้ การตั้งคำถามหรือประเด็นทิ้งท้ายให้ผู้อ่านนำไปพัฒนาต่อได้ เป็นต้น
8) กิตติกรรมประกาศ อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เรียบเรียงย่อหน้าเดียวแบบกระชับเพื่อขอบคุณบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
9) เอกสารอ้างอิง เป็นการระบุแหล่งที่มาของข้อมูลที่ผู้เขียนอ้างถึงในบทความ ใช้การอ้างอิงแบบตัวเลข ตามรูปแบบของ IEEE

3. การอ้างอิง

เขียนอ้างอิงตามรูปแบบของ IEEE

3.1 การเขียนอ้างอิงในส่วนของเนื้อหา (In-text citation)

เขียนอ้างอิงตามรูปแบบของ IEEE การอ้างอิงในส่วนของเนื้อหา ใช้การอ้างอิงแบบตัวเลขประกอบด้วยตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บเหลี่ยม ซึ่งสอดคล้องกับรายการอ้างอิงในเอกสารอ้างอิง (references) โดยมีหลักการดังนี้

1) ใส่ตัวเลขในวงเล็บเหลี่ยม [ ] โดยเริ่มต้นหมายเลขอ้างอิงในข้อความด้วยหมายเลข 1 เช่น [1] และเรียงลำดับจากน้อยไปมากจนจบบทความ วางในตำแหน่งท้ายข้อความและอยู่ในระดับเดียวกันกับเนื้อหา เช่น การประเมินประสิทธิภาพของระบบและการประเมินความพึงพอใจใช้สถิติ [2] หรือวางในตำแหน่งท้ายชื่อบุคคลที่อ้างอิง เช่น Brown and Jones [3] หรือ Wood *et al*. [4]
2) การอ้างอิงซ้ำให้ใช้หมายเลขเดิมที่ใช้อ้างมาก่อนหน้านี้ในบทความ
3) การอ้างอิงเอกสารหลายรายการพร้อมกัน ใช้วิธีการดังนี้

- อ้างอิง 2 รายการพร้อมกัน ให้ใส่เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่น เช่น [1], [4]
- อ้างอิงมากกว่า 2 รายการ ที่ต่อเนื่องกัน ให้ใช้เครื่องหมายยัติภังค์ (-) คั่น เช่น [3]-[5]
- อ้างอิงมากกว่า 2 รายการ ที่ต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ให้ใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่น ในกรณีต่อเนื่อง และใช้เครื่องหมายยัติภังค์ (-) คั่นในกรณีที่ไม่ต่อเนื่อง เช่น [1]-[3], [17]

3.2 การเขียนอ้างอิงในส่วนของเอกสารอ้างอิง (References)

1) หนังสือ (Books)

รูปแบบ	[#] ชื่อผู้แต่ง, *ชื่อหนังสือ*, ครั้งที่พิมพ์, เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์, ปีที่พิมพ์.
Format	[#] Author. *Title of Book*, ed. Location: Publisher, Year, Pages.

[1] R.H. Myers and D.C. Montgomery, *Response Surface Methodology: Process and product optimization using designed experiments*, New York: John Wiley & Sons, 1995.

[2] Y.D. Goswami, F. Kreith and J.F. Kreider, *Principles of Solar Engineering*, 2nd ed, Philadelphia: Taylor & Francis, 1999.

[3] สมชาย ประสิทธิ์จูตระกูล, *การออกแบบและวิเคราะห์อัลกอริทึม*, กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC), 2553.

2) บทความจากวารสาร (Journal Articles)

รูปแบบ	[#] ชื่อผู้แต่ง, “ชื่อบทความ,” *ชื่อวารสาร*, ฉบับที่, ปีที่, หน้า, เดือน ปี.
Format	[#] Author, “Title of Article,” *Title of Journal*, Volume, Issue, Pages. Month. Year.

[4] S.D. Waszkiewics, M.J. Tierney and H.S. Scott, “Development of coated, annular fins for adsorption chillers,” *Applied Thermal Engineering*, vol. 29, no. 11-12, pp. 2222 – 2227, Aug. 2009.

[5] พลอยพัทธ์ ศุภรัตน์ธัญญา สุมนมาลย์ จันทร์เอี่ยม ภาณุพันธ์ ลิมปชยาพร และจิตนภา ศิริรักษ์, “การศึกษาจลนศาสตร์และไอโซเทอมของการดูดซับบราซิลีนจากฝางด้วยมอนต์มอริลโลไนท์,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 27, ฉบับที่ 6, หน้า 989-1001, พฤศจิกายน –ธันวาคม 2562.

3) บทความจากการประชุมวิชาการ (Conference Proceedings in Print)

รูปแบบ	[#] ชื่อผู้แต่ง, “ชื่อบทความ,” ใน *ชื่อการประชุมวิชาการ*, วัน เดือน ปี ที่จัด, หน้า.

Format	[#] Author, “Title of paper,” in *Title of Conference*, City, Country of conference, Month. Date Year, page.

[6] S. Müller, D. Bermbach, S. Tai, and F. Pallas, “Benchmarking the Performance Impact of Transport Layer Security in Cloud Database Systems,” in *Proceeding of 2014 IEEE International Conference on Cloud Engineering*, Boston, Massachusetts, Mar. 11-14 2014, pp. 27-36.

[7] นิอัฟฟาน บินนิโซะ, นูรอิน สะมะแอ, กฤษณ์วรา รัตนโอภาส และสารภี จุลแก้ว, “ระบบเครือข่ายภายในเสมือน 10 Gigabit Ethernet บนเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะด้วยเทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชั่น,” ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 8*, จังหวัดภูเก็ต, 15 ธันวาคม 2559, หน้า 726-735.

4) เว็บไซต์ (Websites)

รูปแบบ	[#] ชื่อผู้แต่ง, “*ชื่อเรื่อง*,” ชื่อเว็บไซต์ (ถ้ามี) [ออนไลน์]. http://.... (เข้าถึงเมื่อ: วัน เดือน ปี).
Format	[#] Author, “*Page Title*,” Website Title [Online]. http://.... (Retrieved Date Accessed).

[8] V. Gill. “*Tyrannosaur’s last meal was two baby dinosaurs*,” BBC News [Online]. https://www.bbc.com/news/science-environment-67642374. (Accessed: Dec. 9, 2023).

[9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. “*การดำเนินงานด้านพลังงานและการจัดการก๊าซเรือนกระจก*,” [ออนไลน์]. https://www.dede.go.th/articles?id=191&menu_id=1. (เข้าถึงเมื่อ: 9 ธันวาคม 2566).

5) วิทยานิพนธ์ (Theses and Dissertations)

รูปแบบ	[#] ชื่อผู้แต่ง, “ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์,” วิทยานิพนธ์ ชื่อย่อปริญญา (สาขา), ชื่อมหาวิทยาลัย, ชื่อเมือง, ชื่อประเทศ, ปีที่พิมพ์.
Format	[#] Author, “Title of dissertation,” Ph.D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year. [#] Author, “Title of dissertation,” M.S. Thesis, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

[10] J. O. Williams, “Narrow-band analyzer,” Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, 1993.

[11] ปรินทร เต็มญารศิลป์, “การเตรียมและการวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงและไผ่หมาจู๋,” วิทยานิพนธ์ วท.บ. (เคมี), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2551.

6) มาตรฐาน (Standard)

Format	[#] *Title of Standard*, Standard number, date.

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

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

7) คู่มือ (Handbook)

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

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

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

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

การส่งต้นฉบับ

ส่งต้นฉบับบทความวิจัยและบทความวิชาการผ่านระบบออนไลน์ Thaijo ที่ https://li04.tci-thaijo.org/index.php/stjrmutk/about/submissions และสามารถติดตามสถานะในเว็บไซต์ดังกล่าวได้

การตรวจแก้ไขและการยอมรับการตีพิมพ์

1) การแจ้งสถานะของบทความ การติดต่อผู้แต่งเพื่อการแก้ไขบทความ การตอบรับ/ปฏิเสธ การตีพิมพ์ จะดำเนินการผ่านระบบวารสารออนไลน์
2) บทความที่ยอมรับให้ตีพิมพ์ในวารสารจะต้องได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์จากผู้ทรงคุณวุฒิฯ หรือผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้อง (ทั้งภายในและภายนอก) อย่างน้อย 2 ท่าน

3) กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขบทความทุกเรื่องก่อนการพิมพ์ตามที่เห็นสมควร และจะส่งบทความที่แก้ไขแล้วให้ผู้แต่งเห็นชอบก่อนการพิมพ์

ข้อความลิขสิทธิ์ (Copyright text)

1) บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เป็นลิขสิทธิ์ของวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ อนุญาตให้นำข้อความ เนื้อหา รูปภาพ ไปพิมพ์เผยแพร่ได้ แต่ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ หรือมีเจตนาเอื้อผลประโยชน์ในทางธุรกิจใด ๆ
2) ข้อความที่ปรากฏในบทความแต่ละเรื่องเป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้แต่งแต่ละท่าน หากมีความผิดพลาดใด ๆ ผู้แต่งแต่ละท่านจะรับผิดชอบบทความของตนเองแต่ผู้เดียว

จริยธรรมการตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการ (Publication Ethics)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ถือเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานวิชาการระหว่างผู้นิพนธ์ นักวิจัย และสาธารณะ ดังนั้นเพื่อให้เกิดการสื่อสารทางวิชาการเป็นไปอย่างถูกต้อง มีคุณภาพ และโปร่งใส สอดคล้องกับมาตรฐานการตีพิมพ์ทั้งในระดับชาติและนานาชาติ จึงได้กำหนดแนวทาง วิธีปฏิบัติที่ดี และจริยธรรมของการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยหรือผลงานวิชาการตามแนวทางของวารสารฯ Committee on Publication Ethics (COPE) ไว้ดังนี้

1. บทบาทและหน้าที่ของกองบรรณาธิการ (Editor)

1.1 บรรณาธิการต้องยึดมั่นในหลักจริยธรรมการตีพิมพ์ และดำเนินการเพื่อให้เกิดการรับรองคุณภาพของบทความและมาตรฐานของวารสารฯ

1.2 บรรณาธิการมีหน้าที่สนับสนุนความถูกต้องทางวิชาการของบทความที่ตีพิมพ์ในวารสาร ดังนี้

- พิจารณารูปแบบ ความครบถ้วนสมบูรณ์ คุณภาพของผลงาน ความทันสมัย และความชัดเจนของเนื้อหา
- เป็นผู้ประเมินบทความเบื้องต้นและคัดเลือกบทความเข้าสู่กระบวนการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยพิจารณาจากความสอดคล้องกับนโยบายและขอบเขตของวารสาร
- จัดให้มีการประเมินบทความโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้นๆ และมีระบบการปกปิดความลับของข้อมูลในบทความ และข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เขียนบทความในระหว่างระยะเวลาการประเมิน
- หากพบความไม่ถูกต้องในบทความที่ตีพิมพ์ไปแล้ว หรือข้อความที่ทำให้เกิดความเข้าใจผิดหรือข้อมูลที่บิดเบือน บรรณาธิการต้องทำการแก้ไขทันทีด้วยความชัดเจน
- บรรณาธิการมีหน้าที่ตรวจสอบบทความไม่ให้มีการคัดลอกผลงานของผู้อื่น

1.3 บรรณาธิการต้องมีความโปร่งใส และไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนและผู้ประเมินบทความ

1.4 บรรณาธิการต้องเป็นผู้ตัดสินใจในการยอมรับหรือปฏิเสธการตีพิมพ์เผยแพร่บทความ

1.5 บรรณาธิการต้องไม่ปฏิเสธการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด หรือเพราะความสงสัยหรือไม่แน่ใจ จนกว่าจะมีหลักฐานพิสูจน์ข้อสงสัยเหล่านั้น

1.6 บรรณาธิการต้องไม่เปลี่ยนแปลงการตัดสินใจในการยอมรับหรือปฏิเสธการตีพิมพ์เผยแพร่บทความที่มีการตัดสินไปแล้ว ยกเว้นมีการพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริงหรือปัญหาที่เกิดขึ้น

1.7 บรรณาธิการต้องให้โอกาสแก่ผู้เขียนในการอุทธรณ์ได้ หากผู้เขียนมีความคิดเห็นแตกต่างจากการตัดสินใจของบรรณาธิการ และสามารถชี้แจงหรือพิสูจน์คำตัดสินได้

2. บทบาทหน้าที่ของผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ (Reviewer)

2.1 ผู้ประเมินต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความที่ส่งมาพิจารณาแก่บุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องในระหว่างที่บทความอยู่ในขั้นตอนการประเมิน

2.2 ผู้ประเมินควรรับประเมินบทความเฉพาะในสาขาวิชาที่ตนเชี่ยวชาญ โดยให้ความสำคัญกับการพิจารณาเนื้อหา ในบทความที่จะมีต่อสาขาวิชานั้นๆ คุณภาพของระเบียบวิธีวิจัยและการวิเคราะห์ และความเข้มข้นของเนื้อหา

2.3 ผู้ประเมินต้องประเมินบทความด้วยความเที่ยงตรง และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์และมีเหตุผลทางวิชาการ ไม่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีเหตุผลทางวิชาการมารองรับมาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา

2.4 ผู้ประเมินต้องไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียน อันที่จะไม่สามารถทำให้ประเมินหรือให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอิสระได้

3. บทบาทหน้าที่ของผู้เขียน (Author)

3.1 ต้นฉบับที่ส่งมาให้วารสารฯ พิจารณาจะต้องไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน

3.2 ผู้เขียนต้องไม่นำต้นฉบับที่อยู่ในระหว่างการประเมินของวารสารฯ ส่งไปยังวารสารอื่น

3.3 ผู้เขียนต้องนำเสนอข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงจากการวิจัย และไม่คัดลอกงานของผู้อื่นหรือทำให้ผู้อื่นเข้าใจผิดว่าเป็นผลงานเขียนของตนเอง

3.4 ผู้เขียนต้องระบุรายชื่อผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัย (ถ้ามี) และแหล่งทุนสนับสนุน

3.5 ผู้เขียนต้องจัดเตรียมต้นฉบับบทความตามรูปแบบและข้อกำหนดของกองบรรณาธิการวารสารฯ

3.6 ผู้เขียนต้องยอมรับคำวิจารณ์ และต้องแก้ไขบทความ ชี้แจงตอบกลับ ในกรณีที่ผู้ประเมินอิสระมีมติให้ปรับปรุงแก้ไขต้นฉบับ

3.7 ผู้เขียนต้องอ้างอิงผลงานวิจัยของผู้อื่นหากมีการนำงานวิจัยเหล่านั้นมาใช้ในงานวิจัยของตนเอง และต้องจัดทำรายการอ้างอิงตามรูปแบบของวารสาร

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY KRUNGTHEP

PTINT ISSN 2392-5647

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
เลขที่ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
โทร. 0-287-9600 ต่อ 2111, มือถือ 08-6415-2558
Email: science.st@mail.rmutk.ac.th