

ISSN : 2586-8101

ISSN : 2697-6447 (Online)



JSci&Tech
RMUTSB

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มทร.สุวรรณภูมิ

Journal of Science and Technology **RMUTSB**

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ



วารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มทร.สุพรรณภูมิ

ชื่อหนังสือ วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุพรรณภูมิ (Journal of science and technology RMUTSB)

Print ISSN: 2586-8101

Online ISSN: 2697-6447

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุพรรณภูมิ

วัตถุประสงค์และขอบเขต

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุพรรณภูมิ เป็นวารสารด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ราย 4 เดือน (ปีละ 3 ฉบับ) ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-เมษายน ฉบับที่ 2 เดือน พฤษภาคม-สิงหาคม ฉบับที่ 3 เดือน กันยายน-ธันวาคม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดผลงานวิจัยและผลงานวิชาการในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย เรื่องที่จะลงตีพิมพ์ต้องเป็นบทความวิจัย หรือบทความวิชาการ (ภาษาของบทความ ได้แก่ ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ) ที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ไหนมาก่อน และหรืออยู่ระหว่างการรอพิจารณาจากวารสารอื่น รวมทั้งผู้พิมพ์ต้องไม่ละเมิดหรือคัดลอกผลงานของผู้อื่นหากนำผลงานของผู้อื่นมาใช้จะต้องมีการจัดทำอ้างอิงตามรูปแบบที่วารสารกำหนด บทความที่จะลงตีพิมพ์จะได้รับการพิจารณาลักษณะแบบปกปิด (Double blinded) โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญในสาขานั้นๆ จากหลากหลายสถาบัน และไม่อยู่ในสังกัดเดียวกันกับผู้พิมพ์ ทั้งนี้บทความ ข้อความ ภาพประกอบ และตาราง ที่ลงตีพิมพ์ในวารสารเป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้พิมพ์ กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป และไม่มีส่วนรับผิดชอบใดๆ ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้พิมพ์แต่เพียงผู้เดียว

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุพรรณภูมิ จะเก็บค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความจำนวน 5,000 บาท ต่อ 1 บทความ

ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ประมุข อุณหเลขกะ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุฤติ ตุ่มทอง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา จันทร์ผา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประดิษฐ์ สงค์แสงยศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยชินวัตร

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัตต์ คุ่มกลาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

กองบรรณาธิการ

ดร.อดุลย์ หาญวังมั่ง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. น้ำอ้อย ปัญญา

ดร.อภิญา อุตระชัย

ดร.วาทธี กันแก้ว

รองศาสตราจารย์ ดร. สรชัย ขวรางกูร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิระศักดิ์ พุ่มเจริญ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา พุ่มเจริญ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชรัตน์ นุชประยูร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จงสวัสดิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยชนะ ใจบุญ

ดร.ชยาคมน์ ปุริมศักดิ์

รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปรการเจริญ

รองศาสตราจารย์ ดร.ภาคภูมิ มุกดาสนิท

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัมปนาท คูศิริรัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรินทร์ อุ่มไกร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาณัติ รัตนถิรกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุตาสวรรค์ งามมงคลวงศ์

รองศาสตราจารย์ ดร. สบสันต์ มหานิยม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิมพ์ประภา อินทะหล่อ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศินุพล พิมพ์พก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์บางกอก

มหาวิทยาลัยชินวัตร

มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ

มหาวิทยาลัยราชชมงคลล้านนา

ผู้ประสานงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. น้ำอ้อย ปัญญา

สำนักงาน

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ เลขที่ 60 หมู่ที่ 3

ถนนสายเอเชีย ตำบลหันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

โทรศัพท์ 035-709095 โทรสาร 035-709095 E-mail: sci@rmutsb.ac.th

สารจากบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ (Journal of science and technology RMUTSB) เป็นวารสารของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ เป็นวารสารด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ราย 4 เดือน (ปีละ 3 ฉบับ) ได้มีการเผยแพร่ฉบับปฐมฤกษ์ในปี พ.ศ. 2560 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอด ผลงานวิจัยและผลงานวิชาการในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย โดยไม่เก็บค่าใช้จ่า่ย ทั้งนี้ได้ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการ อ้างอิงวารสารไทย หรือ TCI กลุ่มที่ 2 (ผลประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 5 พ.ศ. 2568-2572)

วารสารฯ ฉบับนี้เป็นเล่มประจำปีี่ 10 ฉบับที่ 2 เดือน พฤษภาคม 2569 ถึง สิงหาคม 2569 ทาง วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิจะเริ่มเก็บค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความจำนวน 5,000 บาท ต่อ 1 บทความ ตั้งแต่ฉบับนี้เป็นต้นไป โดยได้มีการประกาศแจ้งล่วงหน้าทางเว็บไซต์ ทางวารสารยัง มุ่งมั่นพัฒนาคุณภาพทางวิชาการอย่างต่อเนื่องเพื่อเป็นแหล่งเผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีมาตรฐาน ในฉบับนี้มี บทความวิจัยจากทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 9 เรื่อง มีเนื้อหาทางวิชาการที่หลากหลายและ ครอบคลุมศาสตร์ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร วิทยาศาสตร์ประยุกต์ พลั ศึกษาศาสตร์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณิตศาสตร์และสถิติ การศึกษาและสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องที่สามารถนำไป ประยุกต์ใช้กับศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้

ในนามของกองบรรณาธิการ ใคร่ขอขอบพระคุณผู้สนับสนุนทุกท่านที่ได้ให้ความสนใจส่งผลงานตีพิมพ์ เผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความ อนุเคราะห์ประเมินคุณภาพบทความมาโดยตลอด และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อ นักวิชาการ นักวิจัยและผู้สนใจทุกท่าน สุดท้ายนี้ขอเชิญชวนผู้สนใจทุกท่านส่งผลงานตีพิมพ์เผยแพร่บทความ วิจัยและบทความวิชาการลงวารสาร รายละเอียดตามเว็บไซต์ <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/JSciTech>



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นฤภัสส์ คุ้มกลาง

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความ	หน้า
สมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - p^y = z^2$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ ศิริจันทร์ เวสารัชชาติ และคณะ	1
การพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วย เพื่อนและการมองเห็นคุณค่าในตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี จำรัส ชี้อตรง	9
การพัฒนาระบบติดตามการดำเนินงานของบุคลากร มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา Nguyen Hoang Anh เนาวรัตน์ ปิ่นอำนาจ และชลิต กิมชวาณิช	25
การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด วรารณ บุตรวงษ์, สมพล พวงสั้น และพูนศรี รัตนวงษ์	39
PROFESSIONAL ABILITY OF COUNSELORS IN PRIVATE UNIVERSITIES IN GUIZHOU PROVINCE Yun Xie, et al.	49
A MIXED-INTEGER LINEAR PROGRAMMING MODEL FOR THE FACULTY-ROOM ASSIGNMENT PROBLEM WITH DISCRETE PREFERENCE CONSTRAINTS Rissaphop Treesuwan and Anan Butrat	62
การศึกษาผลกระทบจากเครื่องติดฉลากแบบใช้กาวด้วยเซ็นเซอร์แบบอินฟราเรด รัตนภรณ์ บุญเจริญ และกิตติคม นนท์ประสาท	83
การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการตรวจจับการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้า นภธร พูลเพียร	96

สารบัญ (ต่อ)

บทความ	หน้า
การพัฒนาระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมสุขภาพ ผู้สูงอายุและลดภาระผู้บริหารในระดับชุมชน <i>Nguyen Hoang Anh และเนาวรัตน์ ปิ่นอำนาจ</i>	113

สมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - p^y = z^2$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะON THE DIOPHANTINE EQUATION $12^x - p^y = z^2$ WHERE p IS PRIMEศิริจันทร์ เวสารัชศาศต^{*1} นิชนันท์ ปันวงศ์¹ อจิรวดี ผ่านพิณ¹ สุปรียา ใฝ่งาม¹Sirichan Vesarachasart^{*1}, Nichanan Panwong¹, Achirawadee Panphinit¹, Supreeya Paingam¹^{*1}สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์^{*1} Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Thammasat University^{*} E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): sirichan@mathstat.sci.tu.ac.th

วันที่รับบทความ 10 พฤศจิกายน 2568 วันที่แก้ไขบทความ 8 พฤษภาคม 2569 วันที่ตอบรับบทความ 14 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

การศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางจากนักคณิตศาสตร์และนักวิจัย สมการไดโอแฟนไทน์รูปแบบที่ได้รับความสนใจศึกษาเป็นอย่างมาก คือ สมการเลขชี้กำลังที่อยู่ในรูป $a^x + b^y = z^2$ เมื่อ a, b เป็นจำนวนเต็มบวก และ x, y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ หรือสนใจศึกษากรณีที่ a, b, x, y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบางประการ ต่อมาผู้วิจัยได้เริ่มหันมาศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ที่อยู่ในรูปแบบ $a^x - b^y = z^2$ โดยที่ a, b, x, y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบที่มีสมบัติบางประการ ซึ่งส่วนใหญ่มักพิจารณาในกรณี a, b เป็นจำนวนเฉพาะ ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - p^y = z^2$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ และ x, y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบที่ $x + y \leq 4$ สำหรับการศึกษานี้อาศัยความรู้ทางทฤษฎีจำนวนเฉพาะ สมภาค โดยแบ่งการพิจารณาเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณี $x = 0$ กรณี $y = 0$ และกรณี $0 < x + y \leq 4$ ผลจากการศึกษาพบว่า กรณี $x = 0$ หรือ $y = 0$ สมการนี้มีผลเฉลย คือ $(p, x, y, z) = (p, 0, 0, 0)$ ส่วนกรณี $0 < x + y \leq 4$ พบว่า สมการนี้มีผลเฉลย (p, x, y, z) ที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบทั้งหมด 13 ผลเฉลย และในตอนท้ายยังได้พิจารณากรณี x เป็นจำนวนเต็มคู่ ซึ่งพบผลเฉลย (p, x, y, z) เพิ่มขึ้นอีก 1 ผลเฉลย คือ $(2, 4, 13, 112)$

คำสำคัญ: สมการไดโอแฟนไทน์; จำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ; จำนวนเฉพาะ

ABSTRACT

The study of Diophantine equations has attracted substantial attention from mathematicians and researchers. A prominent form of the exponential equation $a^x + b^y = z^2$ where a, b are positive integers and x, y, z are non-negative integers, or a, b, x, y, z are non-negative integers satisfying certain additional constraints. More recently, research interest has shifted towards the form of Diophantine equation, namely $a^x - b^y = z^2$ under various conditions imposed on non-

negative integers a, b, x, y and z , frequently with a and b are prime numbers. In this study, we focus on the Diophantine equation $12^x - p^y = z^2$ where p is a prime number and x, y, z are non-negative integers with $x + y \leq 4$. The investigation relies on concepts of number theory, prime number, congruence and we have divided into three cases, $x = 0, y = 0$ and $0 < x + y \leq 4$. The results of this study show that in the case $x = 0$ or $y = 0$, the solution is $(p, x, y, z) = (p, 0, 0, 0)$. For the case $0 < x + y \leq 4$, the equation has exactly 13 non-negative integers solutions (x, y, z, p) . Furthermore, the study extends its consideration to cases where x is an even integer, revealing an additional solution $(p, x, y, z) = (2, 4, 13, 112)$.

Keywords: Diophantine equation; non-negative integer; prime number

1. บทนำ

สมการไดโอแฟนไทน์เป็นหัวข้อวิจัยที่มีผู้ให้ความสนใจศึกษาเป็นจำนวนมาก มีการศึกษาวิจัยมากมายเพื่อแสดงวิธีการหาผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ในปี ค.ศ. 2012 Sroysang [1] ได้ศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ $3^x + 5^y = z^2$ ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าสมการนี้มีผลเฉลย (x, y, z) ที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียว คือ $(1, 0, 2)$ ในปีถัดมา [2] เขาได้พิสูจน์ว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $5^x + 7^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลย x, y, z ที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ หลังจากนั้นในปีต่อมา [3] เขายังได้ศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ในรูปแบบคล้ายกัน คือ $3^x + 45^y = z^2$ ซึ่งเขาพบว่าสมการนี้มีผลเฉลยเพียงผลเฉลยเดียวเท่านั้น คือ $(x, y, z) = (1, 0, 2)$ ในปีเดียวกันนี้ [4] เขายังได้ศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ $5^x + 43^y = z^2$ โดยเขาได้แสดงว่าสมการนี้ไม่มีผลเฉลย x, y, z ที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าสมการไดโอแฟนไทน์ข้างต้นจะอยู่ในรูปแบบ $q^x + p^y = z^2$ โดยที่ p และ q เป็นจำนวนเฉพาะที่มีค่าแตกต่างกันไป

ในปี ค.ศ. 2018 Fergy และ Rabago [5] ได้หาผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์ในรูปแบบอื่นที่ต่างจากเดิม คือ สมการ $4^x - p^y = 3z^2$ เมื่อ $p \equiv 3 \pmod{4}$ เป็นจำนวนเฉพาะ พวกเขาพบว่าสมการนี้มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียง 2 ผลเฉลยเท่านั้น คือ $(x, y, z) = (0, 0, 0), (1, 0, 1)$ ต่อมาปี ค.ศ. 2019 Thongnak, Chuayjang และ Kaewong [6] ได้ศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ $2^x - 3^y = z^2$ พวกเขาพบว่าสมการนี้มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียง 3 ผลเฉลยเท่านั้น คือ $(x, y, z) = (0, 0, 0), (1, 0, 1)$ และ $(2, 1, 1)$ ในปี ค.ศ. 2021 Thongnak, Chuanyjan และ Kaewong [7] ได้พิสูจน์ว่า สมการไดโอแฟนไทน์ $7^x - 5^y = z^2$ มีผลเฉลย (x, y, z) ที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียว คือ $(0, 0, 0)$ และในปี ค.ศ. 2023 Tadee [8] ได้แสดงการหาผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์ $3^x - 2^y = z^2$ และ $3^x - p^y = z^2$ โดยที่ p เป็นจำนวนเฉพาะที่มีสอดคล้องเงื่อนไขบางประการ ได้แก่ กรณี $p \equiv 1 \pmod{3}$, กรณี $p \equiv 2 \pmod{3}$ และ y เป็นจำนวนเต็มคู่, กรณี $p \equiv 29 \pmod{60}$, กรณี $p \equiv 5 \pmod{12}$ และมีจำนวนเฉพาะ $q \neq 2, 3$ ที่ทำให้ $p \equiv -1 \pmod{q}$, กรณี $p \equiv 11 \pmod{12}$ และ x เป็นจำนวนเต็มคู่ ซึ่งสังเกตได้ว่า สมการไดโอแฟนไทน์ที่ศึกษามาแล้วนั้นอยู่ในรูป $q^x - p^y = z^2$ โดยที่ p และ q เป็นจำนวนเฉพาะ

สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - p^y = z^2$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ x, y และ z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบที่ $x + y \leq 4$ ซึ่งเป็นสมการไดโอแฟนไทน์ที่ยังไม่เคยมีการศึกษามา

ก่อน ในการพิจารณาหาผลเฉลยทั้งหมดของสมการนี้อาศัยความรู้พื้นฐานของทฤษฎีจำนวนและบทตั้งซึ่งจะได้พิสูจน์ไว้ในหัวข้อถัดไปมาช่วยในการพิจารณาร่วมด้วย นอกจากนี้ในการศึกษารั้งนี้ยังเป็นการขยายรูปแบบสมการไดโอแฟนไทน์ $q^x - p^y = z^2$ โดยที่ p เป็นจำนวนเฉพาะ และ q ไม่จำเป็นต้องเป็นจำนวนเฉพาะเท่านั้นอีกด้วย

2. ความรู้พื้นฐาน

การศึกษาและบทพิสูจน์ในบทความวิจัยนี้อาศัยความรู้พื้นฐานของทฤษฎีจำนวน ทฤษฎีบทของมิไฮเลสคู (Mihailescu's Theorem) และสมบัติบางประการซึ่งได้กล่าวไว้ในทฤษฎีบทรวมถึงบทตั้งดังต่อไปนี้

บทนิยาม 2.1. [9] ให้ n เป็นจำนวนเต็มบวก จะกล่าวว่าจำนวนเต็ม a สมภาค (congruent) กับ b มอดุโล n แทนด้วย $a \equiv b \pmod{n}$ ถ้า n หาร $a - b$ ลงตัว นั่นคือ $a - b = kn$ สำหรับบางจำนวนเต็ม k

ทฤษฎีบท 2.2. [9] ให้ a, b, c, d, n เป็นจำนวนเต็ม และ $n > 0$ จะได้ว่า

- (1) $a \equiv a \pmod{n}$
- (2) ถ้า $a \equiv b \pmod{n}$ แล้ว $b \equiv a \pmod{n}$
- (3) ถ้า $a \equiv b \pmod{n}$ และ $b \equiv c \pmod{n}$ แล้ว $a \equiv c \pmod{n}$
- (4) ถ้า $a \equiv b \pmod{n}$ และ $c \equiv d \pmod{n}$ แล้ว $a + c \equiv b + d \pmod{n}$ และ $ac \equiv bd \pmod{n}$
- (5) ถ้า $a \equiv b \pmod{n}$ แล้ว $a + c \equiv b + c \pmod{n}$ และ $ac \equiv bc \pmod{n}$
- (6) ถ้า $a \equiv b \pmod{n}$ แล้ว $a^k \equiv b^k \pmod{n}$ สำหรับทุกจำนวนเต็มบวก k

สังเกตเห็นได้ว่าจากทฤษฎีบท 2.2. ข้อ (6) จะเห็นได้ว่า ถ้า $k = 0$ แล้ว $a^k = 1 = b^k$ ทำให้ได้ $1 \equiv 1 \pmod{n}$ ดังนั้นข้อ (6) เป็นจริงสำหรับทุก ๆ k ที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

ทฤษฎีบท 2.3. ทฤษฎีบทของมิไฮเลสคู (Mihailescu's Theorem) [10] สมการ $a^x - b^y = 1$ เมื่อ a, b, x, y เป็นจำนวนเต็มที่ $\min(a, b, x, y) > 1$ มีผลเฉลยเพียงผลเฉลยเดียว คือ $(a, b, x, y) = (3, 2, 2, 3)$

นอกจากบทนิยามและทฤษฎีบทข้างต้นนี้แล้ว เรายังอาศัยบทตั้งต่อไปนี้ช่วยในการพิจารณาหาผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - p^y = z^2$ อีกด้วย สำหรับการพิสูจน์บทตั้งได้แสดงไว้ ดังนี้

บทตั้ง 2.4. ถ้า a เป็นจำนวนเต็ม แล้ว $a^2 \equiv 0, 1 \pmod{3}$

พิสูจน์ ให้ a เป็นจำนวนเต็ม จะได้ว่า $a = 3q + r$ สำหรับบางจำนวนเต็ม q และ r โดยที่ $0 \leq r < 3$ นั่นคือ $a - r = 3q$ หรือ $a \equiv r \pmod{3}$

ถ้า $r = 0$ แล้ว $a \equiv 0 \pmod{3}$ โดยทฤษฎีบท 2.2. ข้อ (6) ทำให้ได้ว่า $a^2 \equiv 0 \pmod{3}$

ถ้า $r = 1$ แล้ว $a \equiv 1 \pmod{3}$ โดยทฤษฎีบท 2.2. ข้อ (6) ทำให้ได้ว่า $a^2 \equiv 1 \pmod{3}$

ถ้า $r = 2$ แล้ว $a \equiv 2 \pmod{3}$ โดยทฤษฎีบท 2.2. ข้อ (6) ทำให้ได้ว่า $a^2 \equiv 4 \equiv 1 \pmod{3}$

ดังนั้น $a^2 \equiv 0, 1 \pmod{3}$

3. ผลการวิจัย

พิจารณาสมการไดโอแฟนไทน์

$$12^x - p^y = z^2 \quad (1)$$

เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะและ x, y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

ในการศึกษาเราได้แบ่งการพิจารณาผลเฉลยของสมการ (1) ออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณี $x = 0$ กรณี $y = 0$ และกรณี $0 < x + y \leq 4$ สำหรับกรณีแรก เมื่อแทน $x = 0$ ลงในสมการ (1) ได้สมการไดโอแฟนไทน์ $1 - p^y = z^2$ จากการศึกษาพบว่าสมการนี้มีผลเฉลยเป็น $(p, y, z) = (p, 0, 0)$ ซึ่งได้พิสูจน์ไว้ในทฤษฎีบท 3.1. ถ้าแทน $y = 0$ ลงในสมการ (1) จากการศึกษาพบว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - 1 = z^2$ มีผลเฉลย คือ $(x, z) = (0, 0)$ โดยได้แสดงไว้ในทฤษฎีบท 3.2. สำหรับกรณีสุดท้ายทำการหาผลเฉลยของสมการ (1) ภายใต้ง่อนไข $0 < x + y \leq 4$ โดยแบ่งกรณีย่อยอีก 3 กรณี คือ $x = 1, x = 2$ และ $x = 3$ ซึ่งได้แสดงไว้ในทฤษฎีบท 3.3.

ทฤษฎีบท 3.1. สมการไดโอแฟนไทน์

$$1 - p^y = z^2 \quad (2)$$

เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ และ y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ มีผลเฉลย คือ $(p, y, z) = (p, 0, 0)$

พิสูจน์ ให้ y และ z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ เนื่องจาก p เป็นจำนวนเฉพาะ จึงทำให้ $1 - p^y \leq 0$ แต่ $z^2 \geq 0$ จึงได้ว่า $1 - p^y = 0$ ซึ่งทำให้ได้ $y = 0$ และ $z = 0$ ดังนั้นผลเฉลยของสมการ (2) คือ $(p, y, z) = (p, 0, 0)$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ

ต่อไปพิจารณา $y = 0$ เมื่อแทนลงในสมการ (1) จะได้สมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - 1 = z^2$ ผลการศึกษาพบว่า สมการนี้มีผลเฉลยเพียงผลเฉลยเดียวซึ่งได้พิสูจน์ไว้ในทฤษฎีบทถัดไป

ทฤษฎีบท 3.2. สมการไดโอแฟนไทน์

$$12^x - 1 = z^2 \quad (3)$$

เมื่อ x, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ มีผลเฉลยเพียงผลเฉลยเดียวคือ $(x, z) = (0, 0)$

พิสูจน์ ให้ x และ z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ถ้า $x \geq 1$ เนื่องจาก $12 \equiv 0 \pmod{3}$ ทำให้ $12^x \equiv 0 \pmod{3}$ ด้วย และได้ว่า $12^x - 1 \equiv -1 \equiv 2 \pmod{3}$ จึงได้ $z^2 \equiv 2 \pmod{3}$ ซึ่งเกิดข้อขัดแย้งกับบทตั้ง 2.4. ดังนั้น $x = 0$ เมื่อแทนลงในสมการ (3) ทำให้ได้ $z = 0$ ดังนั้นผลเฉลยของสมการ (3) คือ $(x, z) = (0, 0)$

สำหรับทฤษฎีบท 3.3. ได้จากการพิจารณาสมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - p^y = z^2$ เมื่อ x, y, z เป็นจำนวนเต็มบวกภายใต้ง่อนไข $x + y \leq 4$ ผลจากการศึกษาพบว่า สมการนี้มีผลเฉลยทั้งหมด 13 ผลเฉลยด้วยกัน โดยได้แสดงวิธีการหาผลเฉลยไว้ในทฤษฎีบทต่อไป

ทฤษฎีบท 3.3. สมการไดโอแฟนไทน์ (1) โดยที่ x, y, z เป็นจำนวนเต็มบวกที่ $x + y \leq 4$ มีผลเฉลย คือ

$$(p, x, y, z) = (3, 1, 1, 3), (11, 1, 1, 1), (2, 1, 3, 2), (23, 2, 1, 11), (1607, 3, 1, 11), (1559, 3, 1, 13), (1439, 3, 1, 17), \\ (1367, 3, 1, 19), (1103, 3, 1, 25), (887, 3, 1, 29), (503, 3, 1, 35), (359, 3, 1, 37), (47, 3, 1, 41)$$

พิสูจน์ ให้ x, y และ z เป็นจำนวนเต็มบวก เนื่องจาก $x + y \leq 4$ จึงสามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 กรณีใหญ่ ๆ ได้แก่ $x = 1, x = 2$ และ $x = 3$

กรณี 1 $x = 1$ แทนลงในสมการ (1) จะได้

$$12 - p^y = z^2 \quad (4)$$

เนื่องจาก $z^2 \geq 0$ ทำให้ $12 - p^y \geq 0$ หรือ $p^y \leq 12$ แบ่งพิจารณาเป็น 3 กรณีย่อย ได้แก่ $y = 1, y = 2$ และ $y = 3$

กรณี 1.1. $y = 1$ จาก $p \leq 12$ ได้ว่าจำนวนเฉพาะ p ที่เป็นไปได้ คือ 2, 3, 5, 7 และ 11 แต่กรณี $p = 2, 5, 7$ ทำให้ z ไม่เป็นจำนวนเต็ม สำหรับ $p = 3$ เมื่อแทนลงในสมการ (4) จะได้ $z = 3$ และถ้า $p = 11$ เมื่อแทนลงในสมการ (4) ทำให้ได้ $z = 1$ ดังนั้นผลเฉลยของกรณีนี้ คือ $(p, x, y, z) = (3, 1, 1, 3), (11, 1, 1, 1)$

กรณี 1.2. $y = 2$ จาก $p^2 \leq 12$ ได้ว่าจำนวนเฉพาะ p ที่เป็นไปได้ คือ 2 และ 3 เมื่อแทนลงในสมการ (4) ทำให้ได้ $z^2 = 8$ และ 3 ตามลำดับ ซึ่งทำให้ z ไม่เป็นจำนวนเต็ม ดังนั้นกรณีนี้จึงไม่มีผลเฉลย

กรณี 1.3. $y = 3$ จาก $p^3 \leq 12$ ได้ว่าจำนวนเฉพาะ p ที่เป็นไปได้มีเพียงจำนวนเดียว คือ $p = 2$ เมื่อแทนลงในสมการ (4) ทำให้ได้ $z = 2$ ดังนั้นผลเฉลยในกรณีนี้ คือ $(p, x, y, z) = (2, 1, 3, 2)$

ดังนั้นสำหรับกรณี $x = 1$ สรุปได้ว่าสมการ (1) มีผลเฉลยเป็น $(p, x, y, z) = (3, 1, 1, 3), (11, 1, 1, 1), (2, 1, 3, 2)$

กรณี 2 $x = 2$ เมื่อแทนลงในสมการ (1) จะได้ $12^2 - p^y = z^2$ ทำให้ $p^y = 12^2 - z^2 = (12 - z)(12 + z)$ จึงได้ว่ามีจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ $0 \leq u < v \leq y$ ที่ทำให้ $12 - z = p^u$ และ $12 + z = p^v$ โดยที่ $y = u + v$ และเนื่องจาก $3 \leq 2 + y \leq 4$ จึงสามารถแบ่งการพิจารณาได้อีก 2 กรณีย่อย ดังนี้

กรณี 2.1. $y = 1$ ทำให้ $u = 0$ จะได้ $z = 11$ และ $p = 23$

กรณี 2.2. $y = 2$ ทำให้ $u = 0$ เช่นกัน จึงได้ $v = 2$ และยังได้ว่า $p^2 + 1 = (12 + z) + (12 - z) = 24$ ทำให้ $p^2 = 23$ ซึ่งเกิดข้อขัดแย้ง

ดังนั้นในกรณีนี้สมการ (1) มีผลเฉลย คือ $(p, x, y, z) = (23, 2, 1, 11)$

กรณี 3 $x = 3$ เนื่องจาก $x + y \leq 4$ ทำให้ได้ $y = 1$ เมื่อแทนลงในสมการ (1) จะได้ว่า $p = 12^3 - z^2$ ดังนั้น $z^2 \leq 1726$ นั่นคือ $1 \leq z \leq 41$ ซึ่งพบว่า (p, z) ที่สอดคล้องกับสมการ (1) ได้แก่ $(1607, 11), (1559, 13), (1439, 17), (1367, 19), (1103, 25), (887, 29), (503, 35), (359, 37)$ และ $(47, 41)$ ดังนั้นผลเฉลย (p, x, y, z) ทั้งหมดของสมการ (1) สำหรับกรณีนี้ได้แก่ $(1607, 3, 1, 11), (1559, 3, 1, 13), (1439, 3, 1, 17), (1367, 3, 1, 19), (1103, 3, 1, 25), (887, 3, 1, 29), (503, 3, 1, 35), (359, 3, 1, 37)$ และ $(47, 3, 1, 41)$

ผลที่ได้จากทฤษฎีบท 3.1.-3.3. ทำให้เราสามารถหาผลเฉลย (p, x, y, z) ที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ทั้งหมดของสมการไดโอแฟนไทน์ (1) เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ และ $x + y \leq 4$ ได้ซึ่งแสดงไว้ในทฤษฎีบทต่อไปนี้

ทฤษฎีบท 3.4. สมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - p^y = z^2$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ และ x, y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบที่ $x + y \leq 4$ มีผลเฉลย (p, x, y, z) คือ $(p, 0, 0, 0), (3, 1, 1, 3), (11, 1, 1, 1), (2, 1, 3, 2), (23, 2, 1, 11), (1607, 3, 1, 11), (1559, 3, 1, 13), (1439, 3, 1, 17), (1367, 3, 1, 19), (1103, 3, 1, 25), (887, 3, 1, 29), (503, 3, 1, 35), (359, 3, 1, 37), (47, 3, 1, 41)$

พิสูจน์ ให้ x, y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบที่ $x + y \leq 4$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ แบ่งพิจารณาเป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณี 1 $x = 0$ อาศัยทฤษฎีบท 3.1. ได้ว่า สมการนี้มีผลเฉลย คือ $(p, x, y, z) = (p, 0, 0, 0)$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ

กรณี 2 $y = 0$ อาศัยทฤษฎีบท 3.2. ได้ว่า สมการนี้มีผลเฉลย คือ $(p, x, y, z) = (p, 0, 0, 0)$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ เช่นกัน

กรณี 3 $x, y > 0$ และ $x + y \leq 4$ โดยทฤษฎีบท 3.3. ได้ว่าสมการนี้มีผลเฉลย (p, x, y, z) ทั้งหมด 13 ผลเฉลย คือ $(3, 1, 1, 3), (11, 1, 1, 1), (2, 1, 3, 2), (23, 2, 1, 11), (1607, 3, 1, 11), (1559, 3, 1, 13), (1439, 3, 1, 17), (1367, 3, 1, 19), (1103, 3, 1, 25), (887, 3, 1, 29), (503, 3, 1, 35), (359, 3, 1, 37)$ และ $(47, 3, 1, 41)$

นอกจากนี้เรายังพบว่า สำหรับกรณี $x = 1$ ทำให้ $p^y > 12$ สำหรับทุก ๆ $y \geq 4$ จึงได้ว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - p^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลย ซึ่งแสดงไว้ในบทแทรก 3.5.

บทแทรก 3.5. สมการไดโอแฟนไทน์ $12 - p^y = z^2$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ ไม่มีผลเฉลย y, z ที่เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้า $y \geq 4$

พิสูจน์ เนื่องจาก $y \geq 4$ ทำให้ $p^y > 12$ จึงได้ $12 - p^y < 0$ ซึ่งเกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้นสมการนี้จึงไม่มีผลเฉลย

บทแทรก 3.6. สมการไดโอแฟนไทน์ $12 - p^y = z^2$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ และ y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ มีผลเฉลย (p, y, z) คือ $(3, 1, 3), (11, 1, 1)$ และ $(2, 3, 2)$

พิสูจน์ ถ้า $y = 0$ แล้วจะได้ $z^2 = 11$ ทำให้ z ไม่เป็นจำนวนเต็ม สำหรับ $0 < y < 4$ โดยทฤษฎีบท 3.3. ได้ว่าสมการ $12 - p^y = z^2$ มีผลเฉลย (p, y, z) เป็น $(3, 1, 3), (11, 1, 1)$ และ $(2, 3, 2)$ และถ้า $y \geq 4$ โดยบทแทรก 3.5. ได้ว่าสมการนี้ไม่มีผลเฉลย ดังนั้นผลเฉลยทั้งหมดของสมการ $12 - p^y = z^2$ คือ $(p, y, z) = (3, 1, 3), (11, 1, 1), (2, 3, 2)$

สำหรับกรณี $x = 2$ และ $y > 2$ พบว่า $(p, y, z) = (2, 7, 4)$ เป็นอีกหนึ่งผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์ $12^2 - p^y = z^2$ ด้วยดังได้แสดงไว้ในบทแทรก 3.7.

บทแทรก 3.7. สมการไดโอแฟนไทน์ $12^2 - p^y = z^2$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ มีผลเฉลย (p, y, z) ที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงสองผลเฉลย คือ $(2, 7, 4)$ และ $(23, 1, 11)$

พิสูจน์ ถ้า $y = 0$ แล้วจะได้ $z^2 = 143$ ซึ่งทำให้ z ไม่เป็นจำนวนเต็ม จึงเกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น $y > 0$ จากสมการ $12^2 - p^y = z^2$ ได้ว่า $p^y = 12^2 - z^2 = (12 - z)(12 + z)$ จึงได้ว่า $12 - z = p^u$ และ $12 + z = p^v$ สำหรับบางจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ $u < v \leq y$ โดยที่ $y = u + v$ แบ่งพิจารณาเป็น 2 กรณี

กรณี 1 $u = 0$ จากทฤษฎีบท 3.3. ได้ว่า $(p, y, z) = (23, 1, 11)$ เป็นผลเฉลยของสมการ $12^2 - p^y = z^2$

กรณี 2 $u \geq 1$ เนื่องจาก $12 - z = p^u$ และ $12 + z = p^v$ ทำให้ได้ $24 = (12 - z) + (12 + z) = p^u + p^v = p^u(1 + p^{v-u})$ นั่นคือ $2^3 \cdot 3 = p^u(1 + p^{v-u})$ พบว่าจำนวนเฉพาะ p ที่เป็นไปได้คือ 2 และ 3 ถ้า $p = 3$ ทำให้ได้ $u = 1$ และ $1 + p^{v-u} = 8$ ซึ่งจะได้ $3^{v-1} = 7$ เกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น $p = 2$ จะทำให้ $u = 3$ และ $1 + 2^{v-3} = 3$ ซึ่งจะได้ $v = 4$ และได้ว่า $y = 7, z = 4$ ดังนั้นสำหรับกรณี $u \geq 1$ สมการนี้มีผลเฉลยเป็น $(p, y, z) = (2, 7, 4)$

จากทั้ง 2 กรณีจึงสรุปได้ว่า สมการ $12^2 - p^y = z^2$ มีผลเฉลย (p, y, z) ทั้งหมด คือ $(2, 7, 4)$ และ $(23, 1, 11)$

และท้ายนี้เราได้พิจารณาเพิ่มเติมในกรณี x เป็นจำนวนเต็มคู่ พบว่า $(p, x, y, z) = (2, 4, 13, 112)$ เป็นอีกหนึ่งผลเฉลยของสมการ (1) ด้วย เมื่ออาศัยผลจากทฤษฎีบท 3.1-3.3. รวมถึงบทตั้ง 3.7. จะได้ว่า สมการ (1) มีผลเฉลย (p, x, y, z) ที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ คือ $(p, 0, 0, 0), (23, 2, 1, 11)$ และ $(2, 4, 13, 112)$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ โดยได้แสดงไว้ในทฤษฎีบท 3.8.

ทฤษฎีบท 3.8. ให้ p เป็นจำนวนเฉพาะ และ x, y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ถ้า x เป็นจำนวนเต็มคู่ แล้วสมการไดโอแฟนไทน์ (1) มีผลเฉลยเป็น $(p, x, y, z) = (p, 0, 0, 0), (23, 2, 1, 11), (2, 4, 13, 112)$

พิสูจน์ เนื่องจาก x เป็นจำนวนเต็มคู่ จึงได้ $x = 2m$ สำหรับบางจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ m จากสมการ (1) จะได้ $12^{2m} - p^y = z^2$ แบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 กรณี

กรณี 1 $m = 0$ จะได้ $z^2 + p^y = 1$ ถ้า $y = 0$ แล้ว $z = 0$ จึงได้ว่าผลเฉลย (p, x, y, z) ของสมการ (1) คือ $(p, 0, 0, 0)$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ ซึ่งยังคงเป็นไปตามทฤษฎีบท 3.1 และ 3.2. ส่วนถ้า $y \geq 1$ ทำให้ $p^y > 1$ ดังนั้น $z^2 + p^y > 1$ จึงเกิดข้อขัดแย้ง

กรณี 2 $m = 1$ จากบทแทรก 3.7. จะได้สมการ (1) มีผลเฉลย (p, x, y, z) เป็น $(2, 2, 7, 4)$ และ $(23, 2, 1, 11)$

กรณี 3 $m > 1$ จาก $12^{2m} - p^y = z^2$ ทำให้ $p^y = 12^{2m} - z^2 = (12^m - z)(12^m + z)$ จึงได้ว่า มีจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ u ที่ทำให้ $p^u = 12^m - z$ และ $p^{y-u} = 12^m + z$ โดยที่ $y > 2u$ ดังนั้น

$$p^u(1 + p^{y-2u}) = (12^m - z) + (12^m + z) = 2^{2m+1} \cdot 3^m$$

แบ่งพิจารณาออกเป็น 2 กรณีย่อย ดังนี้

กรณี 3.1. $p^u = 2^{2m+1}$ และ $1 + p^{y-2u} = 3^m$ จึงได้ $p = 2, u = 2m + 1$ เนื่องจาก $y > 2u$ ทำให้ $y - 2u \geq 1$ ถ้า $y - 2u = 1$ แล้ว $3 = 1 + 2^1 = 3^m$ ทำให้ $m = 1$ เกิดข้อขัดแย้ง ดังนั้น $y - 2u > 1$ จึงได้ $\max\{m, y - 2u\} > 1$ และจากสมการ $3^m - 2^{y-2u} = 1$ โดยทฤษฎีบท 2.3. ได้ว่า $m = 2$ และ $y - 2u = 3$ ทำให้ได้ $x = 4, y = 13, z = 112$ ดังนั้นผลเฉลยในกรณีนี้ คือ $(p, x, y, z) = (2, 4, 13, 112)$

กรณี 3.2. $p^u = 3^m$ และ $1 + p^{y-2u} = 2^{2m+1}$ จึงได้ว่า $p = 3$ และ $u = m$ ถ้า $y - 2u = 1$ แล้ว $4 = 1 + 3^1 = 2^{2m+1}$ จะได้ $2m + 1 = 2$ ทำให้ m ไม่เป็นจำนวนเต็ม ซึ่งเกิดข้อขัดแย้ง สำหรับกรณีนี้จึงไม่มีผลเฉลยจากทั้ง 3 กรณี จึงสรุปว่า ถ้า x เป็นจำนวนเต็มคู่ แล้วสมการ (1) มีผลเฉลย (p, x, y, z) ที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ คือ $(p, 0, 0, 0), (23, 2, 1, 11)$ และ $(2, 4, 13, 112)$

4. สรุปและอภิปรายผล

ในบทความวิจัยนี้ได้ศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - p^y = z^2$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ และ x, y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ซึ่งเป็นการขยายรูปแบบการศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ $q^x - p^y = z^2$ ที่แต่เดิมมักพิจารณาในกรณีที่ q เป็นจำนวนเฉพาะ โดยในที่นี้เราให้ $q = 12$ ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นจำนวนเฉพาะเท่านั้น ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า กรณี $x = 0$ หรือ $y = 0$ สมการนี้มีผลเฉลย (p, x, y, z) เป็น $(p, 0, 0, 0)$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ สำหรับกรณี x, y, z เป็นจำนวนเต็มบวกและ $x + y \leq 4$ พบว่าสมการนี้มีผลเฉลยทั้งหมด 13 ผลเฉลยด้วยกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์ $12^x - p^y = z^2$ เมื่อ $0 < x + y \leq 4$

p	x	y	z
3	1	1	3
11	1	1	1
2	1	3	2
23	2	1	11
1607	3	1	11
1559	3	1	13
1439	3	1	17
1367	3	1	19
1103	3	1	25
887	3	1	29
503	3	1	35
359	3	1	37
47	3	1	41

กรณี $x = 1$ สมการนี้มีผลเฉลย (p, x, y, z) ที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียง 3 ผลเฉลยเท่านั้น คือ $(3, 1, 1, 3), (11, 1, 1, 1)$ และ $(2, 1, 3, 2)$ และในทฤษฎีบทสุดท้ายเราได้ขยายขอบเขตของ x โดยพิจารณากรณี x เป็นจำนวนเต็มคู่ ผลจากการศึกษาพบว่า สมการนี้มีผลเฉลย (p, x, y, z) เป็น $(p, 0, 0, 0), (23, 2, 1, 11)$ และ $(2, 4, 13, 112)$

เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ ซึ่งเห็นได้ว่ามีผลเฉลยเพิ่มขึ้นจากในทฤษฎีบท 3.1., 3.2. และบทตั้ง 3.7. อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดในการพิจารณาผลเฉลยอยู่ เนื่องจากพิจารณาเฉพาะกรณีที่ x และ y เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบภายใต้เงื่อนไข $x + y \leq 4$ และกรณี x เป็นจำนวนเต็มคู่เท่านั้น สำหรับกรณีอื่น เช่น $x > 4$ เป็นจำนวนเต็มคี่ สมการนี้จะมีผลเฉลยหรือไม่ และมีผลเฉลยเป็นอย่างไร ซึ่งเป็นหัวข้องานวิจัยที่น่าสนใจศึกษาต่อไปในอนาคต

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Sroysang, B. (2012). On the Diophantine equation $3^x + 5^y = z^2$. International Journal of Pure and Applied Mathematics, 81(4), p.p.605-608.
- [2] Sroysang, B. (2013). On the Diophantine equation $5^x + 7^y = z^2$. International Journal of Pure and Applied Mathematics, 89(1), p.p.115-118.
- [3] Sroysang, B. (2014). On the Diophantine equation $3^x + 45^y = z^2$. International Journal of Pure and Applied Mathematics, 91(2), p.p.269-272.
- [4] Sroysang, B. (2014). On the Diophantine equation $5^x + 43^y = z^2$. International Journal of Pure and Applied Mathematics, 91(1), p.p.537-540.
- [5] Fergy, J. and Rabago, T. (2018). On the Diophantine Equation $4^x - p^y = 3z^2$ where p is a Prime. Thai Journal of Mathematics, 16(3), p.p.642-650.
- [6] Thongnak, S., Chuayjan, W. and Kaewong, T. (2019). On the Exponential Diophantine Equation $2^x - 3^y = z^2$. Southeast Asian Journal of Science, 7(1), p.p.1-4.
- [7] Thongnak, S., Chuayjan, W. and Kaewong, T. (2021). The solution of the exponential Diophantine equation $7^x - 5^y = z^2$. Mathematical Journal by The Mathematical Association of Thailand Under the Patronage of His Majesty the King. 66(703), p.p.62-67.
- [8] Tadee, S. (2023). On the Diophantine equation $3^x - p^y = z^2$ where p is prime. Journal of Science and Technology Thonburi University, 7(1), 1-6.
- [9] Devid M. Burton. (2010). Elementary Number Theory. 7th edition, New York: McGraw-Hill.
- [10] Mihailescu, P. (2004). Primary cyclotomic units and a proof of Catalan's Conjecture. Journal für die reine angewandte Mathematik., 572, p.p.167-195.

การพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบ
โดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนและการมองเห็นคุณค่าในตนเอง
ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี

WRITING SKILL DEVELOPMENT WITH STORY IMITATION WRITING
BY IMPLEMENTATION OF PEER-ASSISTED LEARNING STRATEGIES AND
SELF-ESTEEM OF UNDERGRADUATE STUDENTS OF RAJAMANGALA UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY SUVARNABHUMI SUPHANBURI

จำรัก สือตรง

Jamrak Suetrong

^{*1} คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

^{*1} Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): jumrak.s@rmutsb.ac.th

วันที่รับบทความ 5 มกราคม 2569 วันที่แก้ไขบทความ 13 พฤษภาคม 2569 วันที่ตอบรับบทความ 6 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจในการเขียนภาษาอังกฤษด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน 2) เพื่อศึกษาการมองเห็นคุณค่าในตนเองของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน และ 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน กลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ที่กำลังเรียนวิชาการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร (รหัสวิชา 603-22-01) จำนวน 106 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน แบบฝึกการพัฒนาทักษะการเขียน แบบทดสอบวัดการเห็นคุณค่าในตนเอง และแบบสอบถามความคิดเห็น สถิติที่ใช้คือ ค่าผลต่าง ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษามีความเข้าใจในการเขียนภาษาอังกฤษด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบเพิ่มขึ้นหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน โดยมีคะแนนทดสอบหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน จำนวน 67 คน คิดเป็นร้อยละ 63.20 การมองเห็นคุณค่าในตนเองด้านการมองอัตลักษณ์ก่อนการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 74 คน คิดเป็นร้อยละ 69.90 และหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 77 คน คิดเป็นร้อยละ 72.70 โดยภาพรวม นักศึกษามองเห็นคุณค่าในตนเองสูงขึ้น ความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.35, S.D. = 0.65)

คำสำคัญ: ทักษะการเขียน; การเขียนเรื่องเลียนแบบ; กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน;
การมองเห็นคุณค่าในตนเอง

ABSTRACT

This research article aimed to: 1) compare students' English writing comprehension through story imitation writing before and after the implementation of peer-assisted learning strategies, 2) investigate students' self-esteem before and after the implementation of peer-assisted learning strategies and 3) examine students' opinions toward the development of writing skills through story imitation writing using peer-assisted learning strategies. The target group consisted of 106 undergraduate students from Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Suphanburi who were enrolled in the course Communicative English Writing (Course Code: 603-22-01). The research instruments included a pretest and posttest, writing skill development exercises, a self-esteem assessment and a questionnaire on students' opinions. The statistical methods were difference, frequency, percentage, mean, and standard deviation.

The research findings revealed that students' English writing comprehension through story imitation writing improved after the implementation of peer-assisted learning strategies. A total of 67 students (63.20%) obtained higher posttest scores than pretest scores. Regarding self-esteem in terms of self-concept before the implementation of peer-assisted learning strategies, 74 students (69.90%) were at a moderate level. After the implementation, 77 students (72.70%) remained at a moderate level. Overall, students' self-esteem showed an increase. Students' opinions toward the development of writing skills through story imitation writing using peer-assisted learning strategies were at a high level ($\bar{X}$ =4.35, S.D.=0.65).

Keywords: writing skill; story imitation writing; peer-assisted learning strategies; self-esteem

1. บทนำ

ภาษาอังกฤษได้เข้ามามีบทบาทในสังคมเป็นที่ยอมรับให้เป็นภาษาสากลที่ใช้ติดต่อสื่อสารกันทั่วโลก การมีทักษะภาษาอังกฤษจึงมีความสำคัญในการดำเนินชีวิตในสังคมยุคปัจจุบันเป็นอย่างมาก ดังที่ [1] ในปัจจุบันการศึกษามีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน เพราะการศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตมนุษย์และเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในแต่ละด้าน นอกจากนี้ การศึกษายังเป็นเครื่องมือในการพัฒนามนุษย์ให้มีคุณภาพและสามารถเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศให้พัฒนาขึ้นได้ สอดคล้องกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ได้มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อพัฒนาให้มีความเป็นเลิศด้านวิชาชีพเทียบเท่ามาตรฐานสากลที่มีคุณภาพทั้งต่อตนเองและสังคมโดยมุ่งหวังให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในขณะที่ [2] ผู้เรียนจะมีคุณภาพได้นั้นจำเป็นต้องจะต้องได้รับ

การศึกษา อบรม สั่งสอนจากครูที่มีคุณภาพและระบบการศึกษาที่มีคุณภาพ ดังนั้น หากจะกล่าวถึงการศึกษาในอนาคต ความหมายของคำว่า “การศึกษา” ในที่นี้ควรหมายถึงการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพ

จากประสบการณ์การสอนภาษาอังกฤษมากกว่า 28 ปี พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีความเข้าใจในทักษะการเขียนน้อยกว่าทักษะอื่น ยังสับสนในเรื่องหน้าที่และชนิดของคำในประโยค การสะกดคำผิด การวางลำดับคำในประโยค การจัดกลุ่มคำภาษาอังกฤษ ความรู้ด้านไวยากรณ์และขาดการกระตุ้นให้เกิดการสร้างสรรค์งานเขียนด้วยตนเอง เป็นปัญหาในการเขียนภาษาอังกฤษส่งผลกระทบต่อทักษะการเรียนรู้อื่นอย่างแยกกันไม่ออก ดังที่ [3] การเขียนภาษาอังกฤษเป็นทักษะที่มีความซับซ้อน และเป็นหนึ่งในทักษะที่ผู้เรียนภาษาอังกฤษในฐานะภาษาต่างประเทศต้องใช้ความพยายามและการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในบริบทของการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษา ซึ่งการเขียนมิได้เป็นเพียงการใช้ภาษา หากแต่เป็นกระบวนการถ่ายทอดความคิดเชิงวิชาการอย่างมีระบบและมีความหมาย

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ผ่านมาเน้นการสอนเขียนภาษาอังกฤษแบบทั่วไป โดยมุ่งพัฒนาไวยากรณ์ คำศัพท์ โครงสร้างประโยค หรือการฝึกเขียนตามแบบทั่วไปเป็นหลัก อีกทั้ง งานวิจัยที่ผ่านมาโดยมากมุ่งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพียงด้านเดียว ขณะที่การใช้การเขียนเรื่องเลียนแบบร่วมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน เพื่อพัฒนาทั้งทักษะการเขียนและการเห็นคุณค่าในตนเองยังมีการศึกษาน้อย และมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะในบริบทนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่มีพื้นฐานความสามารถทางภาษาอังกฤษแตกต่างกัน อีกทั้ง ยังขาดการบูรณาการที่พัฒนาทั้งทักษะภาษา ความคิดสร้างสรรค์ การเรียนรู้ร่วมกัน และความเชื่อมั่นในตนเอง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำแนวทางดังกล่าวมาใช้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุกและพัฒนาผู้เรียนอย่างรอบด้าน เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาด้านแบบงานเขียน ฝึกปฏิบัติร่วมกับเพื่อน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน จึงอาจเป็นแนวทางสำคัญในการช่วยพัฒนาทักษะการเขียนภาษาอังกฤษได้อย่างเหมาะสม โดยงานวิจัยนี้มีความใหม่ในด้านการบูรณาการการเขียนเรื่องเลียนแบบร่วมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน ซึ่งเป็นการผสมผสานแนวคิดการเรียนรู้เชิงภาษาและการเรียนรู้ทางสังคมเข้าด้วยกัน เพื่อพัฒนาทักษะการเขียนภาษาอังกฤษของผู้เรียนในระดับอุดมศึกษา โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากต้นแบบ ฝึกปฏิบัติจริง และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการใช้ภาษา ความคิดสร้างสรรค์ และความเชื่อมั่นในตนเองไปพร้อมกัน เพื่อส่งเสริมทั้งทักษะทางภาษาและการเห็นคุณค่าในตนเองของผู้เรียนควบคู่กันอย่างเป็นระบบ

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาทักษะการเขียนโดยใช้วิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบ โดยมีเนื้อหาภาษาอังกฤษเป็นต้นแบบให้นักศึกษาได้ฝึกอ่านและเขียนตามต้นฉบับ การเขียนเรื่องเลียนแบบจะช่วยให้ นักศึกษารู้สึกผ่อนคลายเนื่องจากมีต้นฉบับไว้ดูเป็นตัวอย่าง ได้ฝึกภาษาเพิ่มเติม ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในงานเขียนของตนเอง ทำให้รู้คำศัพท์ หน้าที่และชนิดของคำและประโยค เป็นการต่อยอดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษให้ดียิ่งขึ้น ร่วมกับการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนระหว่างผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนภาษาอังกฤษสูงกับผู้เรียนที่มีความสามารถทางภาษาอังกฤษต่ำ เป็นการส่งเสริมความสามารถทางการเรียนภาษาอังกฤษและส่งเสริมให้ผู้เรียนมองเห็นคุณค่าในตนเองอีกด้วย เนื่องจากการมองเห็นคุณค่าในตนเองเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในตนเอง สามารถรับมือกับปัญหาที่เกิดขึ้นได้ รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นซึ่งนำไปสู่ชีวิตที่มีความสุขและประสบความสำเร็จมากขึ้น และยังมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้ของนักศึกษาตามความสามารถของแต่ละคนให้ดีขึ้นตามลำดับ และใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนด้านการพัฒนาทักษะการเขียนได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจในการเขียนภาษาอังกฤษด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน
2. เพื่อศึกษาการมองเห็นคุณค่าในตนเองของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายของการเขียน

นักภาษาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการเขียนหลายท่านได้ให้ความหมายของการเขียนในทำนองเดียวกัน ดังนี้ [4] การเขียนคือ การถ่ายทอดความรู้สึก ความรู้ ความคิด ประสบการณ์ จินตนาการและข่าวสาร โดยใช้ตัวหนังสือและเครื่องหมายต่าง ๆ เป็นสัญลักษณ์ ในขณะที่ [5] การเขียนเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องมีการกลั่นกรองในของเนื้อหาสาระ โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ของผู้เขียน เพื่อให้การสื่อสารบรรลุผล

กล่าวโดยสรุป การเขียนเป็นทักษะหนึ่งที่มีความสำคัญในชีวิต เพราะเป็นเครื่องมือบันทึกและถ่ายทอดเรื่องราวต่าง ๆ ทั้งสำหรับตนเองและผู้อื่นอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร จุดเริ่มต้นของการเขียนอยู่ที่ความคิด เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพของการเขียนย่อมขึ้นอยู่กับสมรรถภาพทางความคิด นอกจากนี้ ความสามารถในการเขียนก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่ง เพราะถ้ามีความคิดที่ดีแต่ไม่สามารถใช้ภาษาในการสื่อความคิดได้ตรงตามที่ต้องการ ก็ไม่เกิดประโยชน์อันใด ดังนั้นจึงควรใช้ภาษาที่สามารถถ่ายทอดความคิดให้ผู้อ่านเข้าใจตรงตามความต้องการของผู้เขียน

แนวคิดการสอนทักษะการเขียนภาษาอังกฤษ

แนวคิดนี้เน้นการสร้างพื้นฐานที่แข็งแกร่งทั้งด้านไวยากรณ์ คำศัพท์ และโครงสร้างประโยคควบคู่ไปกับการฝึกฝนผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การเขียนตามกิจวัตรประจำวัน การเขียนแบบอิสระ การเขียนจดหมาย หรือ การเขียนบล็อก เป็นต้น รวมถึงการเขียนเรื่องเลียนแบบซึ่งเป็นการฝึกทักษะการเขียนโดยอ่านเนื้อหาของเรื่องต้นแบบให้เข้าใจแล้วดำเนินการเขียน โดยเปลี่ยนข้อมูลตามที่คุณสอนได้กำหนดไว้ ดังที่ [6] ทักษะการเขียนภาษาอังกฤษเป็นทักษะแบบ Productive Skill ที่แตกต่างจากทักษะการพูด ทักษะการเขียนนั้นมุ่งเน้นการถ่ายทอดความคิดและความถูกต้องในการใช้ภาษาเพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจเจตนาารมณ์ของผู้เขียน จึงถือว่าทักษะการเขียนเป็นทักษะที่ยากที่สุดและเป็นทักษะที่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนภาษาอังกฤษบ่อยครั้งด้วยเหตุผลหลายประการมีผลต่อทัศนคติในเชิงลบต่อภาษาอังกฤษระยะยาว

จะเห็นได้ว่า การส่งเสริมการสอนทักษะการเขียนด้วยการสอนผ่านกิจกรรมหลายรูปแบบจะช่วยพัฒนาความสามารถของผู้เรียนและช่วยลดข้อบกพร่องของการเขียนได้ อีกทั้ง ผู้เรียนจะต้องสร้างแรงจูงใจในการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยตนเองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเขียนให้ดียิ่งขึ้น

แนวคิดกลวิธีการเรียนรู้แบบเพื่อนช่วยเพื่อน

กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน โดยการปฏิบัติกิจกรรมเป็นคู่ระหว่างผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนสูงกับผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ เป็นกลวิธีการสอนที่ช่วยสร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียนให้มีความกระตือรือร้นสอดคล้องกับ [7] การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันผู้สอนต้องให้ความสำคัญกับผู้เรียน โดยคำนึงถึงความต้องการ

ของผู้เรียนเป็นสำคัญ สร้างกระบวนการมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และการทำกิจกรรมร่วมกันและมีการสนับสนุนให้ มีการช่วยเหลือกันภายในชั้นเรียน โดยที่เด็กเก่งสามารถช่วยเหลือเด็กอ่อน มีความสามัคคีช่วยเหลือ และเห็นอกเห็นใจกัน การเรียนการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงสอนเพื่อนผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เรียกว่า การสอนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน

จะเห็นได้ว่า แนวคิดนี้สอดคล้องกับการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลและการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมร่วมกัน ผู้เรียนที่มีความสามารถสูงช่วยอธิบายและแนะนำเพื่อนที่อ่อนกว่า ส่งผลให้เกิดบรรยากาศแห่งความร่วมมือ ความสามัคคี และความเห็นอกเห็นใจ อีกทั้งยังช่วยพัฒนาความมั่นใจและความรับผิดชอบของผู้เรียนทั้งสองฝ่าย

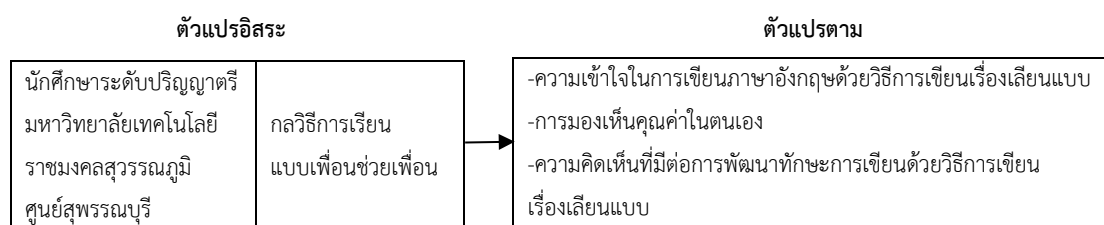
แนวความคิดมองเห็นคุณค่าในตนเอง

การมองเห็นคุณค่าในตนเอง เป็นความรู้สึกเกี่ยวกับการประเมินคุณค่าในตนเอง ยอมรับตนเอง มองตนเองในทางบวก มองตนเองว่าเป็นคนมีความสามารถและเป็นที่ยอมรับของสังคม ดังที่ [8] ลักษณะของผู้ที่มองเห็นคุณค่าในตนเองสูงนั้นเป็นลักษณะพื้นฐานสำคัญเนื่องจากเมื่อบุคคลมีการเห็นคุณค่าในตนเองแล้วก็จะ สามารถพัฒนาบุคลิกภาพ ความรู้ ความสามารถ การบริหารตนเอง มนุษยสัมพันธ์ สุขภาพ ตลอดจนคุณธรรมจริยธรรมของบุคคลนั้นได้ดีเพราะบุคคลเมื่อมีการเห็นคุณค่าในตนเองแล้วก็จะมีความเชื่อ มีกำลังใจที่คิดว่าตนสามารถที่จะพัฒนาได้ในทุก ๆ ด้าน

จะเห็นได้ว่า แนวคิดการมองเห็นคุณค่าในตนเอง เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งเสริมการพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านวิชาการ อารมณ์ และสังคม เป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเชื่อมั่นในตนเอง มีแรงจูงใจในการพัฒนา และสามารถปรับตัวอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างเหมาะสม

กล่าวโดยสรุป การพัฒนาทักษะการเขียนภาษาอังกฤษต้องอาศัยความรู้ภาษา การฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง และแรงจูงใจ โดยการเรียนรู้ผ่านต้นแบบและการลงมือปฏิบัติช่วยให้เข้าใจโครงสร้างภาษาและพัฒนาความคิดในการเขียนได้ดีขึ้น อีกทั้งการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนช่วยลดความกังวล เพิ่มการมีส่วนร่วม และสร้างความมั่นใจให้ผู้เรียนที่มีความสามารถต่างกัน รวมถึงการเห็นคุณค่าในตนเองที่ช่วยเสริมแรงจูงใจและความกล้าแสดงออก ส่งผลให้การเรียนรู้ภาษาอังกฤษพัฒนาได้อย่างรอบด้าน

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3. วิธีการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ One-Group Pretest Posttest เป็นงานวิจัยที่มีการทดสอบ 2 ครั้ง คือ Pretest (T1) และ Posttest (T2) ส่วน Treatment แทนด้วยสัญลักษณ์ X (T1 X T2) [9]

3.1 กลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ที่กำลังเรียนวิชาการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร (รหัสวิชา 603-22-01) จำนวน 106 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) 2) แบบฝึกการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบ 3) แบบทดสอบวัดการเห็นคุณค่าในตนเอง Rubin's Self Esteem Scale และ 4) แบบสอบถามความคิดเห็น

3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

3.3.1 แบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน (Pretest-Posttest)

ผู้วิจัยคัดเลือกเนื้อหาภาษาอังกฤษที่เหมาะสมกับการเขียนสำหรับนักศึกษาที่เริ่มเรียนและพัฒนาทักษะการเขียนจากหนังสือเรียนชื่อ Great Writing: Foundations [10] จำนวน 1 เรื่อง

3.3.2 แบบฝึกการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบ

1) ผู้วิจัยคัดเลือกเนื้อหาบทอ่านภาษาอังกฤษที่เหมาะสมกับการพัฒนาทักษะการเขียนในระดับเริ่มต้นสำหรับนักศึกษาจากหนังสือเรียนชื่อ Great Writing: Foundations จำนวน 10 เรื่อง

2) ผู้วิจัยคัดเลือกเนื้อหาบทอ่านภาษาอังกฤษโดยเรียงจากความสนใจและความต้องการเรียนการพัฒนาทักษะการเขียนได้จำนวน 6 เรื่องจากทั้งหมด 10 เรื่อง เนื่องจากผู้วิจัยใช้เวลาในการเรียน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 เรื่อง เพื่อให้ทันต่อกำหนดระยะเวลาก่อนการสอบปลายภาคเรียน

3) ผู้วิจัยใช้เนื้อหาบทอ่านภาษาอังกฤษจำนวน 6 เรื่องที่นักศึกษาทุกกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดได้เลือกมา โดยเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยากและใช้เป็นแบบฝึกการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบต่อไป

3.3.3 ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดการเห็นคุณค่าในตนเอง Rubin's Self Esteem Scale [11] เพื่อทดสอบการมองเห็นคุณค่าในตนเองก่อนและหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน

3.3.4 แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน

1) สร้างแบบสอบถามตามแนวคิดและทฤษฎีที่ได้จากการศึกษาให้ได้เนื้อหาครอบคลุม

2) นำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องแล้วนำผลการตรวจสอบมาคำนวณหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเนื้อหา โดยใช้สถิติความตรงเชิงเนื้อหา (Item-Objective Congruence Index: IOC) [12] เพื่อความถูกต้องตรงประเด็นและครบถ้วนสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา เท่ากับ 0.95 แปลผลว่าแบบสอบถามนำไปใช้ได้

3) แก้ไขและปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน

4) จัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นฉบับสมบูรณ์

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 ขั้นเตรียมการ ก่อนการเก็บข้อมูลผู้วิจัยอธิบายรายละเอียดของโครงการวิจัยโดยอธิบายวัตถุประสงค์ วิธีการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล โดยยืนยันว่าการเข้าร่วมโครงการวิจัยจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ทั้งต่อการเรียนและการใช้ชีวิตทั่วไป ชื่อและข้อมูลส่วนตัวจะถูกเก็บเป็นความลับ ผลที่ได้ คือ นักศึกษายินดีเข้าร่วมงานวิจัยและยินยอมให้ทำสำเนาใบงานเพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.4.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

ตารางที่ 1 แผนการเรียนรู้ เรื่องการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบ

ลำดับที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หมายเหตุ
1-5	จัดการเรียนการสอนตามปกติในวิชาการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร (รหัสวิชา 603-22-01)	
6	-ทดสอบนักศึกษาก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) เป็นแบบฝึกที่มีเนื้อหาบทอ่านภาษาอังกฤษที่เหมาะสมกับการเขียนในระดับเริ่มต้นสำหรับนักศึกษาที่เริ่มการพัฒนาทักษะการเขียนจากหนังสือชื่อ Great Writing: Foundations จำนวน 1 เรื่อง จากนั้นให้นักศึกษาค้นหาและทำความเข้าใจ-นำเนื้อหาบทอ่านภาษาอังกฤษเรื่องเดิม ให้นักศึกษาเติมคำที่ต่างจากต้นฉบับ แต่มีความหมายเหมือนหรือคล้ายกับคำที่ปรากฏในต้นฉบับ จำนวน 10 คำ	
7	ใช้แบบทดสอบคุณค่าในตนเอง Rubin's Self-Esteem Scale ทดสอบวัดการเห็นคุณค่าในตนเองของนักศึกษาก่อนเรียนและก่อนการใช้กลวิธีการเขียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน	
8	สอบกลางภาคเรียนตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด	
9-14	-จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกการพัฒนาทักษะการเขียนที่มีเนื้อหาจากง่ายไปยาก โดยเรียนในชั้นเรียนประกอบในช่วงไม่เรียน -จัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามวิธีการสอนและปรับขั้นตอนการใช้กลวิธีการเขียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนให้เหมาะสมกับการสอนเขียนของนักศึกษา โดยมีแนวคิดมาจากขั้นตอนของ Miller, Barbetta & Heron, 1994 และ Fulk & King, 2001 (อ้างถึงใน [13]) เพื่อให้เหมาะสมกับการสอนการเขียนของนักศึกษา ดังนี้ 1. ขั้นฝึกอบรม -ชี้แจงรายละเอียดให้นักศึกษาทราบ 2. ขั้นจับคู่ -จับคู่กับนักศึกษามีคะแนนสอบกลางภาคมากกับนักศึกษามีคะแนนสอบกลางภาคน้อย 3. ขั้นก่อนการเขียน -ให้นักศึกษาแต่ละคู่อ่านบทอ่านภาษาอังกฤษให้เข้าใจ 4. ขั้นฝึกการเขียน -สอนวิธีการทำแบบฝึกการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยให้ฝึกการใช้คำแทน การเพิ่มคำ การลดคำ การเปลี่ยนคำ การปรับรูปประโยค เป็นต้น เมื่อเขียนแล้วต้องมีความหมายเหมือนหรือคล้ายกับต้นฉบับ จำนวน 6 เรื่อง ร่วมกับการใช้กลวิธีการเขียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน	เริ่มการเรียนรู้ในลำดับที่ 9-14 เนื่องจากผู้วิจัยต้องดูแลคะแนนการสอบกลางภาคเรียนของนักศึกษารายบุคคล
15	-วัดผลสัมฤทธิ์ความรู้และทักษะในการเขียนภาษาอังกฤษหลังเรียน (Posttest) หลังการฝึกเขียนโดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนเรียน -วิเคราะห์ผลการพัฒนาการเรียนด้วยการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนก่อนเรียน (Pretest) และหลังเรียน (Posttest) รายบุคคล	
16	-ใช้แบบทดสอบคุณค่าในตนเอง Rubin's Self-Esteem Scale [11] เพื่อนำไปทดสอบวัดการเห็นคุณค่าในตนเองของนักศึกษาหลังเรียนและหลังการใช้กลวิธีการเขียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน -ใช้แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยการใช้กลวิธีการเขียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนหลังการเรียนรู้	
17	สอบปลายภาคเรียนตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด	

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ข้อมูลแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) เป็นแบบทดสอบชุดเดียวกัน โดยใช้เกณฑ์การตอบคือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าผลต่างค่าความถี่ และค่าร้อยละ

2) ข้อมูลแบบทดสอบคุณค่าในตนเอง Rubin's Self-Esteem Scale จำนวน 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อความเกี่ยวกับอัตมโนทัศน์ (Self Concept) จำนวน 30 ข้อ

เมื่อข้อความมีลักษณะทางบวก จำนวน 13 ข้อ ถ้าตอบ “ใช่” ได้ 2 คะแนน และถ้าตอบ “ไม่ใช่” ได้ 1 คะแนน และเมื่อข้อความมีลักษณะทางลบ จำนวน 17 ข้อ ถ้าตอบ “ใช่” ได้ 1 คะแนน และถ้าตอบ “ไม่ใช่” ได้ 2 คะแนน

ตอนที่ 2 แบบทดสอบความรู้สึกเห็นคุณค่าในตนเอง (Self-Esteem Scales) จำนวน 10 ข้อ

เมื่อข้อความมีลักษณะทางบวก จำนวน 5 ข้อ ถ้าตอบ “ก” หรือ “ข” ได้ 2 คะแนน และถ้าตอบ “ค” หรือ “ง” ได้ 1 คะแนน และเมื่อข้อความมีลักษณะทางลบ จำนวน 5 ข้อ ถ้าตอบ “ก” หรือ “ข” ได้ 1 คะแนน และถ้าตอบ “ค” หรือ “ง” ได้ 2 คะแนน

ตอนที่ 3 การประเมินอัตมโนทัศน์ (Self Concept Rating) จำนวน 22 ข้อ

เมื่อข้อความมีลักษณะทางบวก จำนวน 19 ข้อ ถ้าตอบ 1 จะได้ 1 คะแนน, ถ้าตอบ 2 จะได้ 2 คะแนน, ถ้าตอบ 3 จะได้ 3 คะแนน, ถ้าตอบ 4 จะได้ 4 คะแนน และถ้าตอบ 5 จะได้ 5 คะแนน และเมื่อข้อความมีลักษณะทางลบ จำนวน 3 ข้อ ถ้าตอบ 1 จะได้ 5 คะแนน, ถ้าตอบ 2 จะได้ 4 คะแนน, ถ้าตอบ 3 จะได้ 3 คะแนน, ถ้าตอบ 4 จะได้ 2 คะแนน และถ้าตอบ 5 จะได้ 1 คะแนน วิเคราะห์ข้อมูลตามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และแปลผลตามระดับคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

4.21-5.00	หมายถึง มีเกณฑ์ระดับมากที่สุด
3.41-4.20	หมายถึง มีเกณฑ์ระดับมาก
2.61-3.40	หมายถึง มีเกณฑ์ระดับปานกลาง
1.81-2.60	หมายถึง มีเกณฑ์ระดับน้อย
1.00-1.80	หมายถึง มีเกณฑ์ระดับน้อยที่สุด

3) ข้อมูลความคิดเห็นที่มีต่อการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน วิเคราะห์ข้อมูลตามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [14]

3.6 สรุปผลโครงการวิจัย

4. ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลด้านความเข้าใจในการเขียนภาษาอังกฤษด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบของ

นักศึกษา ก่อนและหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลต่างของคะแนนทดสอบก่อนและหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน

รายการ	จำนวนคน	ร้อยละ
คะแนนทดสอบก่อนเรียนน้อยกว่าคะแนนทดสอบหลังเรียน	67	63.20
คะแนนทดสอบก่อนเรียนเท่ากับคะแนนทดสอบหลังเรียน	17	16.04
คะแนนทดสอบก่อนเรียนมากกว่าคะแนนทดสอบหลังเรียน	22	20.76
รวม	106	100

จากตารางที่ 2 พบว่า นักศึกษาได้คะแนนทดสอบก่อนเรียนน้อยกว่าหลังเรียน จำนวน 67 คน ร้อยละ 63.20 รองลงมาคือ ได้คะแนนทดสอบก่อนเรียนมากกว่าหลังเรียน จำนวน 22 คน ร้อยละ 20.76 และได้คะแนนทดสอบหลังเรียนเท่ากับก่อนเรียน จำนวน 17 คน ร้อยละ 16.04 ตามลำดับ

ผลการศึกษาชี้ว่า การเขียนเรื่องเลียนแบบรวมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนช่วยพัฒนาทักษะการเขียนภาษาอังกฤษ ลดความกังวล และเพิ่มความกล้าในการใช้ภาษาอังกฤษผ่านการเรียนรู้จากต้นแบบและการแลกเปลี่ยนกับเพื่อน

อย่างไรก็ตาม นักศึกษาบางส่วนมีผลคะแนนคงเดิมหรือลดลงจากความแตกต่างด้านพื้นฐาน แรงจูงใจ และระยะเวลาในการฝึกฝน จึงชี้ว่าการพัฒนาทักษะการเขียนต้องอาศัยการฝึกอย่างต่อเนื่องและกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านการมองเห็นคุณค่าในตนเองของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน

ตอนที่ 1 ข้อความเกี่ยวกับอัตมโนทัศน์ (Self Concept)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของนักศึกษาก่อนและหลังเรียนโดยใช้กลวิธีแบบเพื่อนช่วยเพื่อนจำแนกตามการมองอัตมโนทัศน์

ข้อความ	ก่อนเรียน (จำนวนผู้ตอบใช่)	ก่อนเรียน (จำนวนผู้ตอบไม่ใช่)	หลังเรียน (จำนวนผู้ตอบใช่)	หลังเรียน (จำนวนผู้ตอบไม่ใช่)
1. ฉันทำสิ่งที่ไม่ดีมาาก	20	86	28	78
2. ฉันเป็นคนไม่เชื่อฟังเวลาที่อยู่ที่บ้าน	15	91	11	95
3. ฉันเคยได้รับความลำบากเสมอ	41	65	54	52
4. ฉันคิดไปในด้านอหุศลเสมอ	12	94	6	100
5. ฉันเป็นคนที่ไม่ไ้ใจได้	68	38	92	14
6. ฉันเป็นคนเรียนดี	25	81	44	62
7. ฉันเป็นคนฉลาด	24	82	38	68
8. ฉันไม่ค่อยจะรู้เรื่องอะไรเลย	28	78	31	75
9. ฉันเป็นนักเรียนที่ดี	34	72	50	56
10. ฉันเรียนอะไรแล้วก็ลืมหมด	32	76	48	58
11. ฉันเป็นคนหน้าตาดี	30	76	48	58
12. ฉันมีหน้าตาแฉ่งใสเสมอ	62	44	90	16
13. ฉันมีรูปร่างไม่ดี	20	86	38	68
14. ฉันเป็นคนแข็งแรง	61	45	83	22
15. ฉันเป็นผู้รู้ในการเล่นและการกีฬา	20	86	36	70
16. ฉันร้องไห้เก่ง	19	87	28	78
17. ฉันเป็นคนชอบวิตกกังวล	50	56	51	55
18. ฉันหวาดกลัวบ่อย ๆ	20	86	28	78
19. ฉันจะว่าวุ่นใจเมื่อมีคนเรียกฉัน	21	85	20	86
20. ฉันเป็นคนซัดใจ	36	70	43	63
21. คนมักเลือกฉันในการเล่นเกมนต่าง ๆ	32	74	46	70
22. ฉันเป็นคนสุดท้ายที่ได้รับเลือกให้เล่นเกม	33	73	16	90
23. ฉันลำบากใจที่จะเป็นเพื่อนกับใคร	8	98	7	99
24. ฉันมีเพื่อนมาก	54	53	75	31
25. ฉันเป็นคนที่ถูกกลั่น	13	93	16	90
26. ฉันเป็นคนที่มีความสุข	67	39	88	18
27. ฉันเป็นคนที่ไม่มีความสุข	7	99	10	96
28. ฉันพอใจในสภาพตัวเองขณะนี้	57	49	80	26
29. ฉันอยากเป็นอย่างอื่นที่ไม่ใช่ตัวฉันตอนนี้	11	95	14	92
30. ฉันเป็นคนร่าเริง	79	36	91	15

ตารางที่ 4 ผลสรุปข้อมูลของนักศึกษาก่อนและหลังเรียนโดยใช้กลวิธีแบบเพื่อนช่วยเพื่อนจำแนกตาม
การมองอัตมโนทัศน์

ระดับคะแนนอัตมโนทัศน์ (Self Concept)	จำนวนคน (ก่อนเรียน)	ร้อยละ	จำนวนคน (หลังเรียน)	ร้อยละ
การมองอัตมโนทัศน์ระดับต่ำ (35-45 คะแนน)	13	12.20	14	13.20
การมองอัตมโนทัศน์ระดับปานกลาง (46-54 คะแนน)	74	69.90	77	72.70
การมองอัตมโนทัศน์ระดับสูง (55-60 คะแนน)	19	17.90	15	14.10
รวม	106	100	106	100

จากตารางที่ 4 พบว่า คะแนนรวมจำแนกตามการมองอัตมโนทัศน์ก่อนเรียน เมื่อนำคะแนนของนักศึกษามาจัดเรียงจากคะแนนเต็ม 60 คะแนน นักศึกษาจำนวน 74 คน ร้อยละ 69.90 มีการมองอัตมโนทัศน์ อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนหลังเรียนนักศึกษามีจำนวน 77 คน ร้อยละ 72.70 มีการมองอัตมโนทัศน์ อยู่ในระดับปานกลางเหมือนกัน

เมื่ออัตมโนทัศน์ของนักศึกษาส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับปานกลางทั้งก่อนและหลังเรียน แต่พบแนวโน้มเชิงบวกด้านความมั่นใจและการแสดงความคิดเห็นจากกิจกรรมร่วมกับเพื่อน อย่างไรก็ตาม อัตมโนทัศน์เป็นลักษณะทางจิตวิทยาที่ต้องใช้เวลาและได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย จึงยังไม่เปลี่ยนแปลงชัดเจนในระยะสั้น ทั้งนี้ การเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนร่วมกับการเขียนเรื่องเลียนแบบช่วยสร้างบรรยากาศเชิงบวกและส่งเสริมการยอมรับและเห็นคุณค่าในตนเองของนักศึกษา

ตอนที่ 2 ข้อความเกี่ยวกับความรู้สึกเห็นคุณค่าในตนเอง

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน
จำแนกตามความรู้สึกเห็นคุณค่าในตนเอง

ข้อความ	เห็นด้วย อย่างยิ่ง ก (ก่อนเรียน)	เห็นด้วย อย่างยิ่ง ก (หลังเรียน)	เห็นด้วย ข (ก่อนเรียน)	เห็นด้วย ข (หลังเรียน)	ไม่เห็นด้วย ค (ก่อนเรียน)	ไม่เห็นด้วย ค (หลังเรียน)	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง ง (ก่อนเรียน)	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง ง (หลังเรียน)
1. ฉันเป็นคนมีคุณค่าเท่ากับผู้อื่น	36	37	54	62	9	6	7	1
2. ฉันเป็นคนมีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่าง	18	16	60	69	24	20	4	1
3. ฉันรู้สึกว่ามันทำอะไรไม่สำเร็จเลย	13	6	22	29	63	52	8	19
4. ฉันมีความสามารถทำสิ่งต่าง ๆ ได้ดีเท่าผู้อื่น	27	27	58	61	15	15	6	3
5. ฉันมีความภาคภูมิใจในตนเองน้อยเหลือเกิน	14	9	18	32	54	42	20	23
6. ฉันคิดถึงตนเองในทางที่ดี	39	32	55	68	7	4	5	2
7. โดยทั่วไปแล้วฉันมีความพอใจในตัวเอง	37	38	48	61	13	7	8	0
8. ฉันหวังว่าฉันสามารถนับถือตัวเองได้มากกว่านี้	19	34	64	59	19	13	8	0
9. ขณะนี้ฉันรู้สึกว่าคุณค่าตนเองเป็นประโยชน์	9	3	12	15	31	50	54	38
10. บางครั้งฉันคิดว่าฉันไม่มีอะไรดีเลย	16	4	21	24	44	43	25	5

ตารางที่ 6 ผลสรุปข้อมูลของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนจำแนกตามความรู้สึกมองเห็นคุณค่าในตนเอง

ระดับคุณค่าในตนเอง (Self-Esteem Scale)	จำนวนคน (ก่อนเรียน)	ร้อยละ	จำนวนคน (หลังเรียน)	ร้อยละ
คุณค่าในตนเองระดับต่ำ (12-14 คะแนน)	14	13.20	6	5.70
คุณค่าในตนเองระดับปานกลาง (15-17 คะแนน)	43	40.60	39	36.80
คุณค่าในตนเองระดับสูง (18 คะแนนขึ้นไป)	49	46.20	61	57.50
รวม	106	100	106	100

จากตารางที่ 6 พบว่า คะแนนรวมจำแนกตามการมองเห็นคุณค่าในตนเองก่อนเรียน เมื่อนำคะแนนของนักศึกษามาจัดเรียงจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน นักศึกษาจำนวน 49 คน ร้อยละ 46.20 มีการมองเห็นคุณค่าในตนเอง อยู่ในระดับสูง ส่วนหลังเรียนนักศึกษามีจำนวน 61 คน ร้อยละ 57.50 มีการมองเห็นคุณค่าในตนเอง อยู่ในระดับสูง โดยภาพรวม ผลสรุปข้อมูลของนักศึกษหลังการเรียนรู้อยู่โดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน มีการมองเห็นคุณค่าในตนเองในระดับสูงขึ้น

ผลการวิจัยชี้ว่า การเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนร่วมกับการเขียนเรื่องเลียนแบบช่วยสร้างบรรยากาศที่เป็นมิตร ลดความกังวล และเพิ่มความมั่นใจในการเรียนภาษาอังกฤษผ่านการแลกเปลี่ยนกับเพื่อน แม้การเห็นคุณค่าในตนเองของบางคนยังคงเดิมจากความแตกต่างระหว่างบุคคล แต่กิจกรรมที่เน้นปฏิสัมพันธ์ยังช่วยส่งเสริมพัฒนาการด้านจิตวิทยาเชิงบวกและการยอมรับคุณค่าในตนเอง ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษา

ตอนที่ 3 การประเมินอัตมโนทัศน์ (Self Concept Rating)

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของนักศึกษาก่อนและหลังเรียนโดยใช้กลวิธีแบบเพื่อนช่วยเพื่อนจำแนกตามการประเมินอัตมโนทัศน์

ข้อความ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน (ก่อนเรียน)	$\bar{X}$	S.D.	ระดับการประเมิน (หลังเรียน)
1. ฉันเป็นเพื่อนกับทุก ๆ คน	4.16	1.00	มาก	4.06	1.20	มาก
2. ฉันมีความสุข	4.16	0.74	มาก	4.20	1.14	มาก
3. ฉันมีความกรุณา	3.94	0.86	มาก	3.98	1.06	มาก
4. ฉันเป็นคนกล้า	3.33	0.98	ปานกลาง	3.69	1.05	มาก
5. ฉันเป็นคนซื่อสัตย์	4.21	0.81	มากที่สุด	4.32	0.96	มากที่สุด
6. คนทั่ว ๆ ไปชอบฉัน	3.30	0.90	ปานกลาง	3.33	0.98	ปานกลาง
7. ฉันเป็นคนที่มีใจได้	4.18	0.81	มาก	4.41	0.93	มากที่สุด
8. ฉันเป็นคนดี	3.99	0.92	มาก	3.88	1.00	มาก
9. ฉันภาคภูมิใจในตัวฉัน	4.19	0.83	มาก	4.02	0.94	มาก
10. ฉันเป็นคนเกียจคร้าน	3.06	1.03	ปานกลาง	3.03	1.17	ปานกลาง
11. ฉันให้ความร่วมมือกับทุกคนเสมอ	3.92	0.73	มาก	3.85	1.02	มาก
12. ฉันเป็นคนร่าเริงแจ่มใส	4.20	0.77	มาก	4.12	0.93	มาก
13. ฉันเป็นคนมีความคิด	3.70	0.82	มาก	3.75	0.88	มาก
14. ฉันเป็นที่รู้จักของคนทั่วไป	3.73	2.06	มาก	3.72	0.86	มาก
15. ฉันเป็นคนอ่อนโยน	3.72	0.82	มาก	3.81	0.85	มาก
16. ฉันเป็นคนซื่อสัตย์	3.76	1.10	มาก	3.86	1.17	มาก
17. ฉันเป็นคนที่ไม่ดีดัง	3.23	1.05	ปานกลาง	3.09	1.05	ปานกลาง
18. ฉันเป็นคนสุภาพ	3.73	0.85	มาก	3.81	0.80	มาก
19. ฉันเป็นคนซื่อสัตย์	2.61	0.99	ปานกลาง	2.63	1.08	ปานกลาง
20. ฉันเป็นคนสะอาด	4.13	0.79	มาก	4.02	0.88	มาก
21. ฉันเป็นคนมีประโยชน์ต่อผู้อื่น	3.53	0.81	มาก	3.70	0.92	มาก
22. ฉันเป็นคนมีความกตัญญู	4.57	0.68	มากที่สุด	4.47	0.81	มากที่สุด
รวม	3.78	0.92	มาก	3.79	0.98	มาก

จากตารางที่ 7 พบว่า ระดับการประเมินอัตมโนทัศน์ของนักศึกษาก่อนเรียน ข้อความลักษณะทางลบ ฉันเป็นคนขี้อิจฉา อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.76$, S.D.=1.10) ข้อความลักษณะทางบวก ฉันเป็นคนซื่อสัตย์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.21$, S.D.=0.81) โดยภาพรวม การประเมินอัตมโนทัศน์ของนักศึกษาก่อนเรียน มีระดับการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.78$, S.D.=0.92) ส่วนหลังเรียน ข้อความลักษณะทางลบ ฉันเป็นคนขี้อิจฉา อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.86$, S.D.=1.17) ข้อความลักษณะทางบวก ฉันเป็นคนมีความกตัญญู อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.47$, S.D.=0.81) โดยภาพรวม การประเมินอัตมโนทัศน์ของนักศึกษาหลังเรียน มีระดับการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.79$, S.D.=0.98) ส่วนใหญ่ระดับการประเมินข้อมูลของนักศึกษาจำแนกตามการประเมินอัตมโนทัศน์ก่อนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน มีระดับการประเมินที่เปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น คือ ฉันเป็นคนกล้า ระดับการประเมินก่อนเรียน อยู่ในระดับปานกลาง และหลังเรียน อยู่ในระดับมาก และฉันเป็นคนที่ไม่ใจได้ ระดับการประเมินก่อนเรียน อยู่ในระดับมาก และหลังเรียน อยู่ในระดับมากที่สุด

ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตมโนทัศน์ก่อนและหลังเรียนใกล้เคียงกัน แสดงว่าโดยรวมยังคงค่อนข้างคงที่ แม้บางด้าน เช่น ความกล้าและความน่าไว้วางใจ จะดีขึ้น ซึ่งสะท้อนว่าการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนช่วยเสริมความมั่นใจและพฤติกรรมเชิงสังคมได้บางส่วน อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงโดยรวมยังไม่ชัดเจน เนื่องจากอัตมโนทัศน์เป็นลักษณะทางจิตวิทยาที่ต้องใช้เวลาและประสบการณ์ต่อเนื่องในการพัฒนา รวมถึงต้องอาศัยการสะท้อนคิดในระยะยาว

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านความคิดเห็นที่มีต่อการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความคิดเห็นที่มีต่อการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน

ข้อความ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. นักศึกษาคิดว่าเนื้อหาที่ฝึกการเขียนเรื่องเลียนแบบ มีความชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับชั้น	4.36	0.66	มาก
2. นักศึกษาคิดว่าแบบฝึกการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบ เป็นลำดับขั้นโดยเริ่มจากแบบฝึกที่ง่ายไปสู่แบบฝึกที่ยากขึ้นตามลำดับ	4.33	0.56	มาก
3. นักศึกษาคิดว่าระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกการเขียนเรื่องเลียนแบบ มีความเหมาะสม	4.28	0.68	มาก
4. นักศึกษาคิดว่าได้รับความรู้จากการฝึกเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน	4.39	0.70	มาก
5. นักศึกษาพอใจกับกลวิธีการกระบวนการเรียนการสอน โดยการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน	4.48	0.66	มาก
6. แบบฝึกการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบ ช่วยให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวัน	4.25	0.67	มาก
7. หลังจากได้พัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบแล้วนักศึกษาคิดว่าควรฝึกพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบต่อไป	4.41	0.64	มาก
รวม	4.35	0.65	มาก

จากตารางที่ 8 พบว่า หลังการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน นักศึกษาพอใจกับกลวิธีการกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.48$, S.D.=0.66) โดยภาพรวม ระดับความคิดเห็นของนักศึกษา อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.35$, S.D.=0.65)

ผลการศึกษาสะท้อนว่า นักศึกษามีทัศนคติที่ดีและความพึงพอใจสูงต่อการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากกิจกรรมมีขั้นตอนชัดเจน ใช้ต้นแบบภาษา การฝึกเขียนอย่างเป็นระบบ และการแลกเปลี่ยนกับเพื่อน ช่วยลดความกดดันและ

เพิ่มความมั่นใจในการใช้ภาษาอังกฤษ อีกทั้ง การเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนยังสร้างบรรยากาศที่เป็นกันเองและส่งเสริมการมีส่วนร่วม อย่างไรก็ตาม ผู้เรียนยังมีความคาดหวังให้พัฒนากิจกรรมเพิ่มเติม เช่น ความหลากหลายของแบบฝึก สื่อที่ทันสมัย และระยะเวลาฝึกที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ให้มากขึ้น

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ข้อมูลด้านความเข้าใจในการเขียนภาษาอังกฤษด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบของนักศึกษา ก่อนและหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน พบว่า นักศึกษามีความเข้าใจในการเขียนภาษาอังกฤษด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนมากกว่าก่อนการเรียน โดยมีคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนเกินครึ่งหนึ่งของจำนวนนักศึกษา ทำให้ทราบว่ากลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนช่วยให้เกิดความเข้าใจเนื้อหาหลักซึ่งขึ้นจากการอธิบายและแลกเปลี่ยนมุมมอง เสริมสร้างทักษะการสื่อสารการทำงานร่วมกัน ช่วยเพิ่มความมั่นใจ สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เป็นมิตรและสนุกสนานโดยเกิดจากการเรียนรู้จากเพื่อนที่อยู่ในวัยเดียวกัน ทำให้เข้าใจง่าย และเกิดความรับผิดชอบร่วมกันสอดคล้องกับ [15] การนำวิธีการเรียนรู้แบบเพื่อนช่วยเพื่อนมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ถือว่าเป็นวิธีสอนที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนแบบช่วยเหลือกัน เนื่องจากเป็นวิธีการเรียนรู้ทักษะที่ให้ผู้เรียนร่วมกันและช่วยเหลือกันทำกิจกรรมเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ทางการเรียนร่วมกันและการเรียนตามแบบอย่างที่ทำให้ผู้เรียนสอนกันเองจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากกว่าการเรียนรู้จากผู้สอน เนื่องจากการเรียนจากเพื่อนหรือมีเพื่อนคอยแนะนำนั้นผู้เรียนไม่มีแรงกดดันที่เกิดจากความประหม่า ผู้เรียนกล้าที่จะซักถามและกล้าแสดงออกมากขึ้น ผู้สอนมีหน้าที่คอยชี้แนะจัดเตรียมแบบฝึกทักษะหรือกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึงคอยกระตุ้นเสริมแรงให้แก่ผู้เรียนนอกจากกลวิธีการเรียนรู้แบบเพื่อนช่วยเพื่อน

ผลการวิจัยชี้ว่า การเขียนเรื่องเลียนแบบช่วยลดความกังวลในการเขียนภาษาอังกฤษ เพราะผู้เรียนมีต้นแบบด้านโครงสร้างภาษา คำศัพท์ และการลำดับความคิด ทำให้พัฒนาทักษะการเขียนได้เป็นขั้นตอนขณะเดียวกัน การเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนช่วยสร้างบรรยากาศที่เป็นกันเอง ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความกล้าแสดงออก และการเรียนรู้เชิงรุก ซึ่งช่วยพัฒนาทักษะการเขียนได้ดียิ่งขึ้น

แม้ว่างานวิจัยนี้จะสอดคล้องกับงานวิจัยของ [15] ที่พบว่า การเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่ผลการวิจัยครั้งนี้ยังสะท้อนให้เห็นเพิ่มเติมว่า การผสมผสานระหว่างการเขียนเรื่องเลียนแบบและการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนสามารถช่วยพัฒนาความมั่นใจและการมองเห็นคุณค่าในตนเองของผู้เรียนได้ควบคู่กัน ซึ่งเป็นประเด็นที่งานวิจัยก่อนหน้านี้ยังกล่าวถึงไม่มากนัก ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าจุดเด่นของงานวิจัยนี้คือการบูรณาการระหว่างการเขียนเรื่องเลียนแบบและกลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน ซึ่งช่วยเสริมทั้งความเข้าใจทางภาษา ทักษะการเขียน และความมั่นใจของผู้เรียนไปพร้อมกัน

2. ข้อมูลด้านการศึกษาการมองเห็นคุณค่าในตนเองก่อนและหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน พบว่า ส่วนใหญ่มีอัตมโนทัศน์อยู่ในระดับปานกลาง และมีความรู้สึกเห็นคุณค่าในตนเองอยู่ในระดับสูงโดยภาพรวม การประเมินอัตมโนทัศน์ของนักศึกษาหลังเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีขึ้นกว่าก่อนเรียนหลังจากผ่านกระบวนการเรียนรู้แล้ว ทำให้ทราบว่านักศึกษามีความเข้าใจในการเขียนภาษาอังกฤษด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบเพิ่มขึ้นหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน มีประสิทธิภาพและสัมฤทธิ์ผลตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ อีกทั้ง นักศึกษามองเห็นคุณค่าในตนเองอยู่ในเกณฑ์ดีขึ้นหลังการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน

สอดคล้องกับ [16] ถ้านิสิตเห็นคุณค่าในตนเองที่ดีแล้วก็สามารถต่อสู้กับปัญหา ผ่านอุปสรรคต่าง ๆ ในชีวิตได้ สามารถยอมรับสถานการณ์ที่ทำให้ตนเองรู้สึกผิดหวังและท้อแท้ใจด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง สิ่งเหล่านี้เปรียบเสมือนพลังพื้นฐานสำคัญที่จะช่วยให้ นิสิตมีกำลังใจ กำลังกาย มีความรู้สึกภาคภูมิใจในตนเอง ซึ่งสามารถทำให้เกิดการพัฒนาทักษะการปรับตัวในสังคมไปในทางที่ดี มีความเข้มแข็งทางจิตใจและสามารถช่วยเหลือตนเอง รวมถึงบุคคลรอบข้างได้อีกด้วย และยังสอดคล้องกับ [17] การจัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่เอื้อให้เกิดการสะท้อนคิดใคร่ครวญภายในตนเองด้วยรูปแบบการเรียนรู้อย่างมีส่วนร่วม ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีสำหรับนักศึกษา ระดับอุดมศึกษา และเนื้อหาเพื่อนำมาใช้เป็นจุดตั้งต้นของการเขียนตัวเลือกหรือประสบการณ์ที่ใกล้ตัวนักศึกษาเพื่อเชื่อมโยงการสะท้อนคิดใคร่ครวญในตนเอง ทำให้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าความแตกต่างของผลการวิจัยครั้งนี้กับงานวิจัยก่อนหน้า คือการบูรณาการระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือกับการฝึกทักษะการเขียนภาษาอังกฤษ ซึ่งไม่เพียงส่งผลต่อทักษะทางภาษา แต่ยังช่วยส่งเสริมการพัฒนาทางด้านจิตใจของผู้เรียนไปพร้อมกัน อันถือเป็นจุดเด่นและความใหม่ของงานวิจัยครั้งนี้

3. ข้อมูลด้านความคิดเห็นที่มีต่อการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน พบว่า นักศึกษาพอใจกับการเรียนการสอนโดยใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนหลังจากได้พัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยใช้แบบฝึกการพัฒนาทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบ นักศึกษาคิดว่าได้รับความรู้จากการฝึกเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบโดยการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนซึ่งเนื้อหาที่ใช้ฝึกเขียนเรื่องเลียนแบบมีความชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับชั้น มีความเป็นลำดับขั้น โดยเริ่มจากแบบฝึกที่ง่ายไปยาก รวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกเขียนมีความเหมาะสม และนักศึกษาต้องการฝึกทักษะการเขียนด้วยวิธีการเขียนเรื่องเลียนแบบต่อไป สอดคล้องกับ [18] การนำแบบฝึกทักษะมาใช้ในการเรียนการสอน มีความจำเป็นต่อการพัฒนาทักษะทางภาษาของผู้เรียนเป็นอย่างมาก เพราะแบบฝึกเป็นสิ่งที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบ ก่อนนำไปใช้พัฒนาทักษะของผู้เรียนย่อมส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจในบทเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

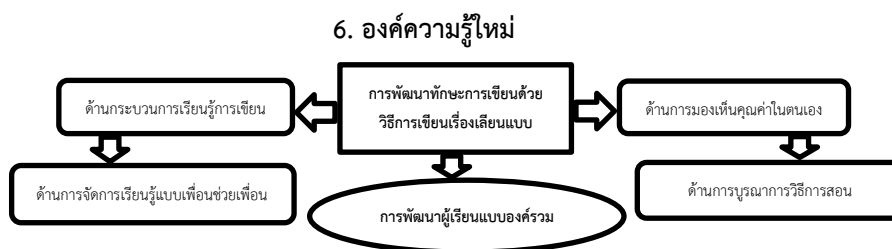
ผลการวิจัยสะท้อนว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาเกิดจากการผสมผสานการเรียนรู้จากต้นแบบ การเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน และการมีส่วนร่วมในกิจกรรม ซึ่งช่วยลดความกดดันและเพิ่มความมั่นใจในการเขียนภาษาอังกฤษ แม้ความพึงพอใจอยู่ในระดับสูง แต่ยังเสนอให้เพิ่มความหลากหลายของกิจกรรม เช่น สื่อดิจิทัลหรือกิจกรรมเชิงโต้ตอบ เพื่อเพิ่มความน่าสนใจในการเรียนรู้

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยเดียว อาจไม่สามารถอ้างอิงผลไปยังบริบทอื่นได้ทั้งหมด
2. การทดลองใช้ระยะเวลาเพียง 6 สัปดาห์ อาจไม่เพียงพอต่อการพัฒนาทักษะการเขียนในระยะยาว
3. การวิจัยใช้รูปแบบ One-Group Pretest-Posttest ซึ่งไม่มีกลุ่มควบคุม จึงอาจมีปัจจัยแทรกซ้อนอื่นที่ส่งผลต่อผลการวิจัยได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรเพิ่มการแปลภาษาไทยในเนื้อหาบทอ่านภาษาอังกฤษ เพื่อให้เข้าใจด้านความหมายมากขึ้น
2. ควรเพิ่มการสอนคำศัพท์ เนื่องจากนิสิตคำศัพท์ในการเขียนไม่ออก ทำให้มีข้อจำกัดในการเขียน
3. ควรศึกษาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เช่น แรงจูงใจในการเรียนภาษาอังกฤษ ความวิตกกังวลในการเขียน หรือความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้เข้าใจการพัฒนาทักษะการเขียนของผู้เรียนอย่างครอบคลุม



ภาพที่ 2 องค์ความรู้ใหม่

องค์ความรู้ที่ได้สามารถนำไปปรับใช้ในการเรียนการเขียน ส่งผลเชิงบวกด้านการพัฒนาทักษะการเขียนเชิงสร้างสรรค์เพื่อสร้างงานเขียนของตนเอง เมื่อนักศึกษามีต้นแบบในการเขียนจะช่วยลดความกังวลและเพิ่มความกล้าในการเขียนมากขึ้นร่วมกับการใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นให้ข้อเสนอแนะ แก่ไขงาน เห็นความสัมพันธ์ของการเห็นคุณค่าในตนเอง มีความเชื่อมั่น ยอมรับการปรับปรุงงาน เกิดการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น เกิดการพัฒนาผู้เรียนแบบองค์รวม เห็นผลการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถและคุณลักษณะทางจิตใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกองทุนส่งเสริมงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญ คณาจารย์ นักศึกษา และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ คำแนะนำ และความร่วมมือเป็นอย่างดีในงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สิทธิชัย ทองชู และสุรตนา อติพัฒน์. (2565). การพัฒนาทักษะการเขียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษโดยใช้สื่อการสอนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. *วารสารพัฒนาการเรียนรู้สมัยใหม่*. 7(4). 1-9.
<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jomld/issue/view/17342>
- [2] กัญกร เอี่ยมพญา และคณะ. (2564). ทิศทางการศึกษาไทยตาม (ร่าง) พระราชบัญญัติการศึกษา. *วารสารครุศาสตร์ปริทรรศน์ฯ*. 8(1), 390-403.
<https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDMCU/article/view/246728/167950>
- [3] ชญาณัช เกตุชาติ และรตัญญา หลงรัก. (2569). ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการเขียนภาษาอังกฤษของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาภาษาอังกฤษ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี. *วารสารเสียงธรรมจากมหายาน*. 12(2), 176-185.
<https://so09.tci-thaijo.org/index.php/nsc/article/view/8275>

- [4] คณาจารย์ภาควิชาภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. (2541). *ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร*. ดอกหญ้า.
- [5] ดวงใจ ไทยอุบุญ. (2543). *ทักษะการเขียนภาษาไทย*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] ธนทร์รัฐ นาคทั้ง, ชีระวรรณ บุญไชยโรจน์ และภานุพงศ์ ศิลสังวร. (2566). ทักษะการเขียนภาษาอังกฤษที่เน้นกระบวนการ: หลักการ ปัญหาและการแก้ไข. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา*. 5(2). 1-15.
<https://so01.tci-thaijo.org/index.php/ejes/article/view/266992/174195>
- [7] ทิสนา แคมมณี. (2556). *ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [8] ดวงมล ทองอยู่. (2557). แนวทางการพัฒนาการเห็นคุณค่าในตนเองของวัยรุ่นตามทฤษฎีการรับรู้ความสามารถของตน. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์*. 4(2). 179-190
<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/var/article/view/30299/26122>
- [9] บำรุง ไตรรัตน์. (2534). *การออกแบบงานวิจัยสาขาภาษาศาสตร์ประยุกต์*. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [10] Folse, K. S. (2014). *Great writing: Foundations*. Boston: Cengage Learning.
- [11] ชานนท์ โกมลมาลย์. (2551). การใช้แบบทดสอบ Rubin's Self Esteem Scale ในการปฏิบัติงานสังคมสงเคราะห์: ศึกษาเฉพาะกรณีผู้ได้รับการคุ้มครองในสถานคุ้มครองและพัฒนาอาชีพบ้านเกร็ดตระการ. *คณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*.
- [12] สุวิมล ติรภานันท์. (2546). *ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์: แนวทางสู่การปฏิบัติ*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [13] ชีวัน บุญตัน. (2546). การใช้กลวิธีการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนเพื่อเพิ่มพูนความเข้าใจในการอ่านภาษาอังกฤษและการมองเห็นคุณค่าในตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 [วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [14] ณรงค์ โพธิ์พุกขานันท์. (2546). *ระเบียบวิธีวิจัย*. ดวงแก้ว.
- [15] สายสุตา ปันตระกูล. (2563). การจัดการเรียนรู้แบบเพื่อนช่วยเพื่อนของผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการได้ยินและผู้เรียนปกติ. *วารสารร่มพญักษ์*. 38(2). 36-48
<https://so05.tci-thaijo.org/index.php/romphruekj/article/view/242325>
- [16] พิระภัทร ตามประดิษฐ์. (2567). การเห็นคุณค่าในตนเองกับการปรับตัวในสังคมของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. *วารสารวิชาการสถาบันพัฒนาพระวิทยากร*. 7(3). 564-580 <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/tmd/article/view/272200/185246>
- [17] ฐานันดรวิทย์ ศรีสยาม และสมเกียรติ สุทธิธนากร. (2568). การพัฒนาทักษะการเขียนของนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา โดยกระบวนการสะท้อนคิดและหลักคิดโยนิโสมนสิการ. *วารสารพุทธสังคมวิทยาปริทรรศน์*. 10(2). 13-26.
<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/BSJ/article/view/273295/190070>
- [18] พระมหาโยธิน ไกรสร (2565) การพัฒนาทักษะการเขียนสวดคำที่มีตัวสะกดไม่ตรงตามมาตรา โดยใช้แบบฝึกทักษะสระการเรียนรู้ภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิจัยวิชาการ* 5(6). 15-24
<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jra/article/view/256280>

การพัฒนาระบบติดตามการดำเนินงานของบุคลากร มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา

DEVELOPMENT OF A PERSONNEL PERFORMANCE MONITORING SYSTEM AT CHAOPRAYA UNIVERSITY

Nguyen Hoang Anh ^{*1} เนาวรัตน์ ปิ่นอำนาจ ¹ ชวลิต กิมชวานิช ¹
Nguyen Hoang Anh ^{*1}, Nawarat Pinamnaj ¹ Chawalit Kimchuwanit ¹

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา

¹ Faculty of Science and Technology, Chaopraya University

* E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): nguyen.h@cpu.ac.th

วันที่รับบทความ 27 มกราคม 2569 วันที่แก้ไขบทความ 11 พฤษภาคม 2569 วันที่ตอบรับบทความ 13 พฤษภาคม 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบติดตามการดำเนินงานของบุคลากร มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา ให้สามารถจัดเก็บข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลภาระงานของบุคลากรได้อย่างเป็นระบบ มีมาตรฐาน และรองรับการติดตามผลการปฏิบัติงานแบบเรียลไทม์ ระบบถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาการจัดเก็บข้อมูลที่กระจัดกระจาย การใช้เอกสารจำนวนมาก และการขาดข้อมูลสรุปสำหรับใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงบริหารของผู้บริหารมหาวิทยาลัย การวิจัยเรื่องนี้เป็นงานวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) โดยใช้กระบวนการพัฒนาระบบตามแนวทาง Agile Software Development โดยจัดเก็บข้อมูลความต้องการจากบุคลากร หัวหน้าหน่วยงาน และผู้บริหาร เพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบระบบติดตามการดำเนินงานตามหลักการของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหาร (MIS) และระบบสารสนเทศทรัพยากรมนุษย์ (HRIS) ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นเว็บแอปพลิเคชัน ประกอบด้วย 4 โมดูลหลัก ได้แก่ 1) โมดูลบุคลากรสำหรับบันทึกและอัปเดตภาระงาน 2) โมดูลหัวหน้าหน่วยงานสำหรับตรวจสอบและอนุมัติข้อมูล 3) โมดูลผู้บริหารสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลผ่าน Dashboard และ 4) โมดูลผู้ดูแลระบบสำหรับจัดการโครงสร้างข้อมูล และการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน นอกจากนี้ยังมีระบบแสดงข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น เวรคุมสอบ รายวิชาที่ได้รับมอบหมายสอน หรือข้อมูลนักศึกษาปัจจุบัน เป็นต้น เพื่อสนับสนุนภารกิจของบุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุน ผลการทดสอบระบบพบว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและเสถียร ทั้งในส่วนการบันทึกข้อมูล การประมวลผล การสร้างรายงาน และการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบ Dashboard ขณะที่ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจำนวน 25 คน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับ “มาก” (ค่าเฉลี่ย 4.46) โดยเฉพาะด้านประโยชน์ต่อการทำงาน มีผลความพึงพอใจอยู่ระดับสูงสุด (4.60) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบตอบสนองความต้องการใช้งานจริงในมหาวิทยาลัย และสามารถสนับสนุนการวางแผนกำลังคน การติดตามผลการดำเนินงาน และการบริหารทรัพยากรมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สรุปได้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงในมหาวิทยาลัย

เจ้าพระยา และมีศักยภาพในการขยายผลสู่การเชื่อมต่อกับระบบสารสนเทศอื่น ๆ เช่น ระบบวิชาการ ระบบบุคลากร (HRIS) และระบบการประเมินผลบุคลากรในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหาร; การติดตามผลการปฏิบัติงาน; การบริหารทรัพยากรมนุษย์

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a "Personnel Performance Monitoring System" for Chaopraya University to facilitate the systematic and standardized storage of personnel profiles and workload data, supporting real-time performance monitoring. The system was developed to address issues regarding fragmented data storage, excessive paperwork, and the lack of summarized data for executive decision-making. The research methodology employed Agile Software Development, gathering requirements from staff, department heads, and executives to analyze and design the system based on Management Information System (MIS) and Human Resource Information System (HRIS) principles. The developed system is a web application consisting of four main modules: 1) Personnel Module for recording and updating workload; 2) Department Head Module for verifying and approving data; 3) Executive Module for data analysis via a Dashboard; and 4) Administrator Module for managing data structure and user permissions. Additionally, the system integrates data from various units, such as exam proctoring schedules, assigned teaching subjects, and current student information, to support the missions of both academic and support staff. System testing results indicated that the system functions accurately and stably in terms of data recording, processing, reporting, and Dashboard visualization. Meanwhile, the user satisfaction evaluation involving 25 participants revealed a "High" level of satisfaction (Mean = 4.46), with the aspect of usefulness receiving the highest score (4.60). This reflects that the system meets the actual needs of the university and effectively supports manpower planning, performance monitoring, and human resource management. In conclusion, the developed system is suitable for practical implementation at Chaopraya University and holds potential for future expansion to integrate with other information systems, such as academic systems, HRIS, and personnel evaluation systems.

Keywords: Management Information System; Performance Monitoring; Human Resource Management

1. บทนำ

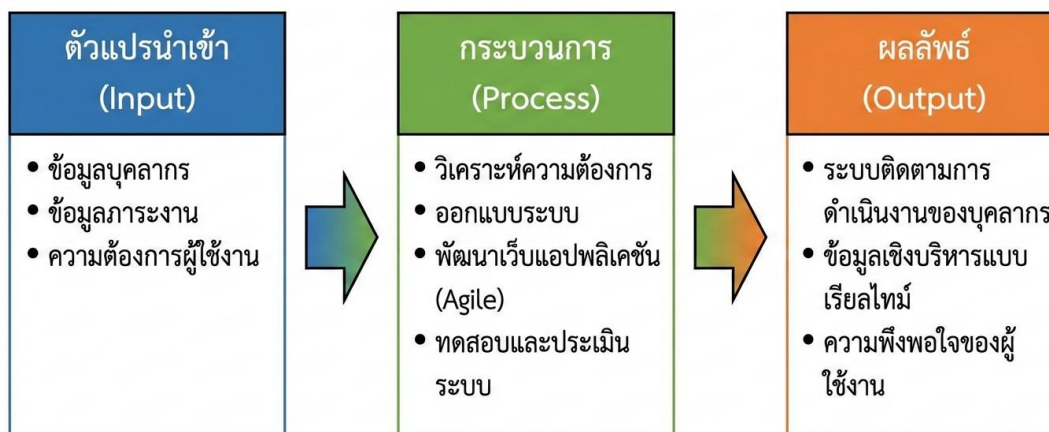
ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการดำเนินงานและการบริหารจัดการขององค์กรในทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน เทคโนโลยีดิจิทัลได้พัฒนาจากเครื่องมือสนับสนุนงานธุรการสู่โครงสร้างพื้นฐานที่เชื่อมโยงกระบวนการทำงานและส่งเสริมการตัดสินใจของผู้บริหาร [1] โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำระบบสารสนเทศเพื่อการบริหาร (Management Information System: MIS) มาช่วยในการรวบรวม ประมวลผล และนำเสนอข้อมูลเพื่อสนับสนุนการวางแผนและกำกับติดตามผลการดำเนินงาน [2], [3] อย่างไรก็ตาม การบริหารทรัพยากรบุคคลในสถาบันอุดมศึกษา ถือว่ามีความซับซ้อนค่อนข้างมาก เนื่องจากบุคลากรต้องปฏิบัติภารกิจหลากหลายทั้งด้านวิชาการและงานสนับสนุน การจัดเก็บข้อมูลด้วยวิธีการเดิมหรือการใช้ระบบที่แสดงผลเพียงรายงานรายปี จึงไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงยุทธศาสตร์และการวางแผนพัฒนาศักยภาพบุคลากร [4], [5]

จากการศึกษาบริบทการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยเจ้าพระยา พบปัญหาสำคัญด้านการบริหารจัดการข้อมูลบุคลากรที่ยังมีความกระจัดกระจายและยังดำเนินการด้านเอกสารจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดความล่าช้า ขาดความเชื่อมโยงของข้อมูล และไม่สามารถติดตามภาระงานของบุคลากรได้อย่างเป็นปัจจุบัน (Real-time) นอกจากนี้ ผู้บริหารและหัวหน้าหน่วยงานยังขาดเครื่องมือที่ช่วยสรุปภาพรวมสมรรถนะและการปฏิบัติงานของบุคลากรเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาความดีความชอบหรือการวางแผนกำลังคนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การขาดระบบติดตามที่มีประสิทธิภาพ จึงอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพขององค์กรโดยรวม [6]

จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาระบบติดตามการดำเนินงานของบุคลากร มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบติดตามการดำเนินงานของบุคลากร มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) โดยประยุกต์ใช้แนวทางการพัฒนาแบบ Agile Software Development ร่วมกับหลักการระบบสารสนเทศเพื่อการบริหาร (MIS) และระบบสารสนเทศทรัพยากรมนุษย์ (HRIS) เพื่อให้ได้ระบบที่สามารถจัดเก็บข้อมูลภาระงานครอบคลุมทั้งงานสอน งานวิจัย และงานสนับสนุน เชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นระบบ และแสดงผลผ่านแดชบอร์ด (Dashboard) สำหรับผู้บริหาร ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มุ่งหวังให้เป็นเครื่องมือสำคัญในการลดภาระงานเอกสาร เพิ่มความโปร่งใสในการตรวจสอบข้อมูล และสนับสนุนการยกระดับการบริหารงานบุคคลของมหาวิทยาลัยให้ก้าวสู่การเป็นมหาวิทยาลัยอัจฉริยะ (Smart University) ต่อไปในอนาคต [7]

กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัย (Research Conceptual Framework)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาการติดตามการดำเนินงานของบุคลากรในสถาบันอุดมศึกษา จำเป็นต้องบูรณาการองค์ความรู้จากหลายมิติ ทั้งด้านระบบสารสนเทศ การบริหารทรัพยากรมนุษย์ และเทคโนโลยีการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยมีฐานแนวคิดสำคัญเริ่มจาก ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหาร (MIS) ซึ่งทำหน้าที่รวบรวมและประมวลผลข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหาร ช่วยลดความซ้ำซ้อนและทำให้มองเห็นภาพรวมขององค์กรได้ชัดเจนขึ้น [3] สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุมา ศรีอินทร์ และคณะ [8] ที่พบว่า การพัฒนาระบบบริหารจัดการทรัพยากรมนุษย์แบบบูรณาการในสถาบันอุดมศึกษา ช่วยแก้ปัญหาความล่าช้า ลดต้นทุนการใช้ทรัพยากรกระดาษ และลดความผิดพลาดจากการจัดเก็บข้อมูลด้วยรูปแบบเอกสารแบบเดิม เมื่อเชื่อมโยงเข้ากับ ระบบสารสนเทศทรัพยากรมนุษย์ (HRIS) จะช่วยยกระดับการจัดการข้อมูลบุคลากรให้ครบวงจรตั้งแต่ประวัติการทำงานไปจนถึงการวางแผนพัฒนาศักยภาพ [9] ซึ่ง Jaelani [5] ยืนยันว่าการนำ HRIS มาใช้ในระดับอุดมศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ระบบจำเป็นต้องมีการบูรณาการข้อมูลบุคลากรแบบรวมศูนย์ (Centralized data integration) เพื่อทำงานร่วมกับระบบบริหารจัดการอื่น ๆ และสนับสนุนการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของมหาวิทยาลัย

ในบริบทของการพัฒนาสู่สถาบันอุดมศึกษาอัจฉริยะ (Smart University) งานวิจัยในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การวางโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัลและการบูรณาการข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) เพื่อสร้างกรอบการทำงานและโซลูชันที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7], [10] ควบคู่ไปกับการนำเสนอข้อมูลผ่านหน้าปัดการทำงาน (Dashboard) ซึ่งช่วยให้ผู้บริหารสามารถวิเคราะห์และเข้าใจสถานการณ์ภาพรวมได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การตัดสินใจเชิงกลยุทธ์มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ทั้งยังเป็นการพลิกโฉมกระบวนการทำงานจากแบบเอกสารกระดาษไปสู่การติดตามประเมินผลด้วยระบบดิจิทัลที่ทันสมัย [2]

สำหรับด้านเทคนิคและการพัฒนา การออกแบบโครงสร้างข้อมูล ถือเป็นหัวใจสำคัญที่ต้องคำนึงถึงความถูกต้อง ความสอดคล้อง และความปลอดภัย เพื่อรองรับข้อมูลภาระงานที่ซับซ้อน [11] โดยเลือกใช้เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ที่เข้าถึงได้ง่ายจากทุกที่และบำรุงรักษาได้จากส่วนกลาง [12], [13] ดำเนินการพัฒนาภายใต้แนวคิด Agile Software Development ที่เน้นรอบการพัฒนาสั้น ๆ และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามข้อเสนอแนะของผู้ใช้ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบที่ได้จะตอบสนองต่อการใช้งานจริงอย่างมีประสิทธิภาพ [13], [14]

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) เพื่อพัฒนาระบบติดตามการดำเนินงานของบุคลากร มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ครอบคลุมการศึกษาประชากร การเก็บรวบรวมข้อมูล การพัฒนาระบบตามแนวทาง Agile และการวิเคราะห์ผล ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ บุคลากรของมหาวิทยาลัยเจ้าพระยา ประกอบด้วย กลุ่มผู้บริหาร อาจารย์ประจำ และเจ้าหน้าที่สายสนับสนุน รวมจำนวนทั้งสิ้นประมาณ 100 คน โดยผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจที่มีต่อระบบ จำนวน 25 คน ซึ่งใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากประชากรดังกล่าว โดยคัดเลือกจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้งานระบบโดยตรง ได้แก่ ผู้บริหารที่รับผิดชอบด้านการบริหารงานบุคคล (อาทิ คณบดี และผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมวิชาการ) ตลอดจนบุคลากรสายปฏิบัติการที่มีหน้าที่จัดทำรายงานภาระงานเป็นประจำ

3.2 เครื่องมือและการพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ตามวงจรการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ Agile (Agile Software Development) ซึ่งเน้นความยืดหยุ่นและการส่งมอบงานเป็นรอบ (Sprint) เพื่อให้สามารถปรับปรุงระบบตามข้อเสนอแนะของผู้ใช้ได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ:** เริ่มจากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ให้ข้อมูลหลักจำนวน 7 คน เพื่อรวบรวมความต้องการ (Requirements) และปัญหาจากการทำงานเดิม นำไปสู่การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบแบบ Client-Server ออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) โดยใช้หลักการ Normalization เพื่อลดความซ้ำซ้อน และออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI/UX) ที่เน้นความง่ายในการใช้งาน
2. **เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา:**
 - **ฝั่งผู้ใช้งาน (Client Side):** พัฒนาด้วย HTML, CSS (Tailwind Framework) และ JavaScript
 - **ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server Side):** ประมวลผลด้วยภาษา PHP 7.4.33 และใช้ Web Server Apache
 - **การจัดการฐานข้อมูล:** ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MariaDB/MySQL

- **เครื่องมือพัฒนา:** Visual Studio Code บนระบบปฏิบัติการ Windows 11

3. กระบวนการพัฒนา (Development Sprints): แบ่งการพัฒนาออกเป็น 5 รอบ (Sprints) ได้แก่
 - (1) ระบบบัญชีผู้ใช้และการจัดการสิทธิ์ (2) โมดูลบันทึกภาระงานทั้ง 4 ด้าน (สอน, วิจัย, บริการวิชาการ, อบรม) (3) โมดูลข้อมูลจากหน่วยงาน เช่น ระบบคุมสอบและแผนพัฒนาตนเอง (ID Plan) (4) แดชบอร์ดสำหรับผู้บริหารเพื่อแสดงผลภาพรวมและตัวชี้วัด และ (5) การปรับปรุงระบบ (Refining) ตามผลการทดสอบและความคิดเห็นผู้ใช้

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาระบบ เป็นการรวบรวมข้อมูลภาระงานจริงจากบุคลากรจำนวน 50 คน เพื่อนำมาทดสอบการบันทึกและประมวลผลในฐานข้อมูล MySQL ให้มั่นใจว่าระบบรองรับโครงสร้างข้อมูลที่ซับซ้อนได้ และ ระยะที่ 2 การเก็บข้อมูลประเมินผล ดำเนินการหลังจากติดตั้งระบบบนเครื่องแม่ข่าย (Server) ของมหาวิทยาลัยและอบรมการใช้งานแล้ว โดยให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานจริงและตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) สำหรับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีพึงพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มีพึงพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง มีพึงพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง มีพึงพอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง มีพึงพอใจน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

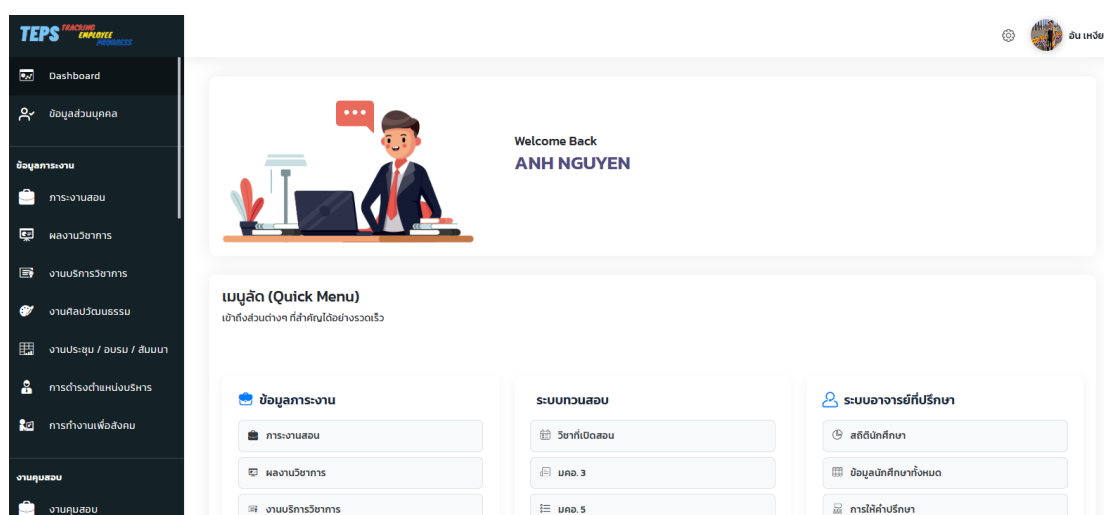
การวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนงานติดตามการดำเนินงานของบุคลากร มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา ได้ดำเนินการพัฒนาตามกระบวนการ Agile Software Development จนได้ระบบที่สมบูรณ์และผ่านการทดสอบประสิทธิภาพ โดยมีผลการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ผลการพัฒนาและออกแบบระบบ และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาและออกแบบระบบ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ที่รองรับการทำงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยระบบถูกออกแบบให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน 4 กลุ่มหลัก ตามผลการวิเคราะห์ Use Case Diagram ได้แก่ (1) บุคลากร (2) หัวหน้าหน่วยงาน (3) ผู้บริหาร และ (4) ผู้ดูแลระบบ โดยมีการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) ที่ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

ข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลภาระงาน (งานสอน วิจัย บริการวิชาการ ฯลฯ) และข้อมูลสนับสนุนจากหน่วยงานอื่น เพื่อให้การจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูลมีความถูกต้องและลดความซ้ำซ้อน

ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 4 โมดูลหลักที่ทำงานเชื่อมโยงกัน ดังนี้

1. โมดูลบุคลากร (Personnel Module): เป็นส่วนงานหลักสำหรับบุคลากรในการบันทึกและอัปเดตข้อมูลส่วนตัวและภาระงาน 7 ด้าน ได้แก่ งานสอน, ผลงานวิชาการ, งานบริการวิชาการ, งานศิลปวัฒนธรรม, การอบรมสัมมนา, ตำแหน่งบริหาร และงานเพื่อสังคม รวมถึงรองรับการจัดทำแผนพัฒนารายบุคคล (ID Plan) และการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย เช่น ตารางคุมสอบและรายชื่อนักศึกษาในที่ปรึกษา (ดังภาพที่ 2)



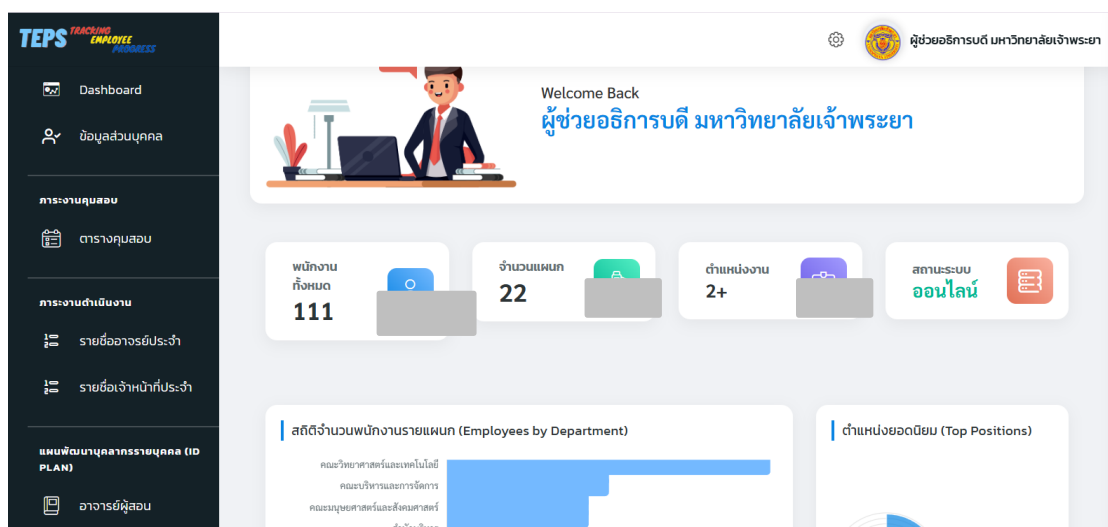
ภาพที่ 2 หน้าจอของสิทธิ์การใช้งานของบุคลากรทั่วไป

2. โมดูลหัวหน้าหน่วยงาน (Head of Department Module): สำหรับติดตามและตรวจสอบการดำเนินงานของบุคลากรในสังกัด หัวหน้าหน่วยงานสามารถดูภาพรวมภาระงาน อนุมัติแผน ID Plan และมอบหมายงานเฉพาะกิจ เช่น การจัดตารางคุมสอบ หรือการตรวจสอบเอกสารประกันคุณภาพ ผ่าน Dashboard ที่แสดงผลเป็นหมวดหมู่



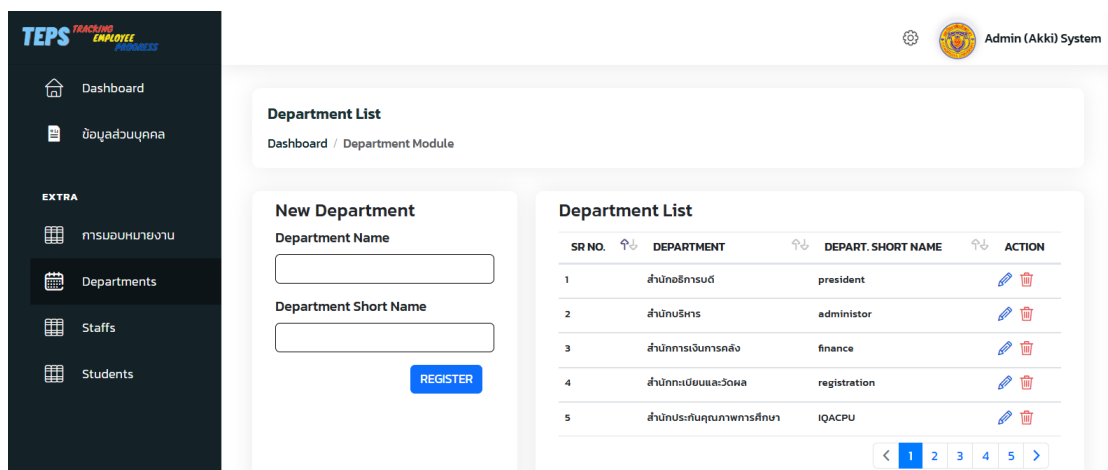
ภาพที่ 3 หน้าจอของสิทธิ์การใช้งานของหัวหน้าหน่วยงาน

3. โมดูลผู้บริหาร (Executive Module): เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจระดับกลยุทธ์ โดยระบบจะประมวลผลข้อมูลทั้งหมดและนำเสนอในรูปแบบ Dashboard และกราฟสถิติ (Analytical Charts) แสดงภาพรวมกำลังคน การระงาน และข้อมูลนักศึกษา เพื่อใช้ในการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรของมหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4 หน้าจอของสิทธิ์การใช้งานของผู้บริหาร

4. โมดูลผู้ดูแลระบบ (Administrator Module): สำหรับบริหารจัดการโครงสร้างข้อมูลหลัก (Master Data) กำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน และการตั้งค่าของระบบ



ภาพที่ 5 หน้าจอของสิทธิ์การใช้งานของผู้ดูแลระบบ

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานระบบจริงจำนวน 25 คน ประกอบด้วยเพศหญิงร้อยละ 68 และเพศชายร้อยละ 32 โดยจำแนกตามสิทธิ์การเข้าใช้งานได้เป็น กลุ่มบุคลากรสายวิชาการและสายสนับสนุน (ผู้ใช้งานทั่วไป) จำนวน 20 คน (ร้อยละ 80) และ กลุ่มผู้บริหารและหัวหน้าหน่วยงาน จำนวน 5 คน (ร้อยละ 20)

ผลการประเมินความพึงพอใจจำแนกตามกลุ่มผู้ใช้งาน สรุปได้ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลความพึงพอใจของ กลุ่มบุคลากรผู้ปฏิบัติงาน (n=20)

ลำดับ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ผลการประเมิน
1	ด้านประสิทธิภาพระบบ (System Efficiency)	4.50	0.60	มาก
1.1	ระบบสามารถเก็บข้อมูลภาระงานได้ครบถ้วน	4.50	0.51	มาก
1.2	ความถูกต้องของข้อมูลที่ประมวลผลโดยระบบ	4.50	0.51	มาก
1.3	ระบบช่วยให้เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว	4.55	0.60	มากที่สุด
1.4	ความเสถียรและความรวดเร็วในการทำงาน	4.45	0.76	มาก
1.5	ความถูกต้องของการสรุปผลและรายงานต่าง ๆ	4.50	0.61	มาก
2	ด้านการออกแบบ (System Design)	4.42	0.66	มาก

2.1	ความสวยงามและความเหมาะสมของรูปแบบหน้าจอ	4.50	0.61	มาก
2.2	ความง่ายในการใช้งานเมนูและการนำทาง	4.25	0.72	มาก
2.3	ขนาดตัวอักษรและการจัดวางองค์ประกอบเหมาะสม	4.50	0.69	มาก
2.4	ความเร็วในการแสดงข้อมูลบนหน้าจอ	4.45	0.60	มาก
2.5	ระบบตอบสนองต่ออุปกรณ์หลายประเภท (RESPONSIVE)	4.40	0.68	มาก
3	ด้านประโยชน์ต่อการทำงาน (SYSTEM USEFULNESS)	4.60	0.57	มากที่สุด
3.1	ระบบช่วยลดเวลาการบันทึกและจัดการภาระงาน	4.55	0.51	มากที่สุด
3.2	ระบบช่วยให้การตรวจสอบข้อมูลเป็นระบบมากขึ้น	4.65	0.59	มากที่สุด
3.3	ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบที่พัฒนาขึ้น	4.60	0.60	มากที่สุด

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มบุคลากรมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยเมื่อพิจารณารายละเอียดพบว่าประเด็นที่ได้รับคะแนนประเมินสูงสุด ได้แก่ ความสามารถของระบบในการช่วยให้กระบวนการตรวจสอบข้อมูลมีความเป็นระบบมากยิ่งขึ้น ($\bar{X} = 4.65$) รองลงมาคือความพึงพอใจในภาพรวมที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น ($\bar{X} = 4.60$) ซึ่งผลการประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินด้านการออกแบบระบบได้รับคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับด้านอื่นๆ ($\bar{X} = 4.42$) ซึ่งถือเป็นประเด็นที่ควรนำไปพิจารณาเพื่อปรับปรุงและพัฒนาส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน (User Interface) ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้นในอนาคต

ตารางที่ 2 ผลความพึงพอใจของ กลุ่มผู้บริหารและหัวหน้าหน่วยงาน (n=5)

ลำดับ	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ผลการประเมิน
1	ด้านประสิทธิภาพระบบ (System Efficiency)	4.44	0.61	มาก
1.1	ระบบสามารถเก็บข้อมูลภาระงานได้ครบถ้วน	4.20	0.84	มาก

1.2	ความถูกต้องของข้อมูลที่ประมวลผลโดยระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
1.3	ระบบช่วยให้เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว	4.60	0.55	มากที่สุด
1.4	ความเสถียรและความรวดเร็วในการทำงาน	4.40	0.55	มาก
1.5	ความถูกต้องของการสรุปผลและรายงานต่าง ๆ	4.40	0.55	มาก
2	ด้านการออกแบบ (System Design)	4.40	0.44	มาก
2.1	ความสวยงามและความเหมาะสมของรูปแบบหน้าจอ	4.0	0	มาก
2.2	ความง่ายในการใช้งานเมนูและการนำทาง	4.40	0.55	มาก
2.3	ขนาดตัวอักษรและการจัดวางองค์ประกอบเหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
2.4	ความเร็วในการแสดงข้อมูลบนหน้าจอ	4.40	0.55	มาก
2.5	ระบบตอบสนองต่ออุปกรณ์หลายประเภท (RESPONSIVE)	4.60	0.55	มากที่สุด
3	ด้านประโยชน์ต่อการทำงาน (SYSTEM USEFULNESS)	4.40	0.52	มาก
3.1	ระบบช่วยลดเวลาการบันทึกและจัดการภาระงาน	4.20	0.45	มาก
3.2	ระบบช่วยให้การตรวจสอบข้อมูลเป็นระบบมากขึ้น	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3	ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบที่พัฒนาขึ้น	4.40	0.55	มาก
3.4	ระบบสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงบริหารได้จริง	4.40	0.55	มาก

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 2 พบว่า กลุ่มผู้บริหารและหัวหน้าหน่วยงานมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายละเอียดพบว่าประเด็นที่ได้รับคะแนนประเมินสูงสุด ($\bar{X} = 4.60$) ได้แก่ ความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลที่ประมวลผลโดยระบบ ความสะดวกรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล และประสิทธิภาพของระบบที่ช่วยให้กระบวนการตรวจสอบข้อมูลมีความเป็นระบบมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลการประเมิน

ดังกล่าวสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริหารที่ให้ความสำคัญกับความถูกต้องและความรวดเร็วของสารสนเทศ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงบริหาร

นอกจากนี้ ในด้านการออกแบบระบบ พบว่าประเด็นเรื่องความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรและการจัดวางองค์ประกอบ รวมถึงความสามารถในการตอบสนองต่ออุปกรณ์ที่หลากหลาย (Responsive Design) ได้รับคะแนนประเมินในระดับสูง ($\bar{X} = 4.60$) เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบดังกล่าวช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้บริหารสามารถเข้าถึงและตรวจสอบข้อมูลได้อย่างชัดเจน รวดเร็ว และไร้ข้อจำกัดด้านสถานที่และเวลา

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนวิธีตามการดำเนินงานของบุคลากร มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับบริหารจัดการข้อมูลภาระงานบุคลากรให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยเน้นการลดความซ้ำซ้อนของการจัดเก็บข้อมูลและสนับสนุนการติดตามผลแบบเรียลไทม์ ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และให้ข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแก้ไขปัญหาการจัดเก็บข้อมูลที่กระจัดกระจายได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยรวบรวมข้อมูลภาระงานทุกด้านไว้ในฐานข้อมูลกลาง ทำให้บุคลากรสามารถบันทึกและอัปเดตข้อมูลได้สะดวก รวดเร็ว ลดภาระงานเอกสาร และช่วยให้หัวหน้าหน่วยงานสามารถอนุมัติและตรวจสอบข้อมูลได้อย่างโปร่งใส สำหรับผู้บริหารระบบมี Dashboard แสดงผลข้อมูลเชิงวิเคราะห์แบบเรียลไทม์ ช่วยให้เห็นภาพรวมภาระงานและสมรรถนะของบุคลากรรายบุคคลและรายหน่วยงาน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนกำลังคน ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานพบว่ามีความพึงพอใจในระดับ “มาก” ($\bar{X} = 4.60$) โดยเฉพาะด้านประโยชน์ต่อการทำงานที่ได้รับคะแนนสูงสุด สะท้อนว่าระบบสามารถตอบสนองความต้องการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ระบบติดตามการดำเนินงานของบุคลากรช่วยยกระดับการบริหารจัดการข้อมูลของมหาวิทยาลัยให้มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดระบบสารสนเทศเพื่อการบริหาร (MIS) ที่เน้นความถูกต้องและเป็นปัจจุบันของข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ [3] และสอดคล้องกับแนวคิดระบบสารสนเทศทรัพยากรมนุษย์ (HRIS) ที่ช่วยเพิ่มความโปร่งใส ลดความซ้ำซ้อนในกระบวนการทำงานด้านเอกสาร และสนับสนุนธรรมาภิบาลในสถาบันอุดมศึกษา [5], [9] การนำเสนอข้อมูลผ่าน Dashboard ช่วยให้ผู้บริหารวิเคราะห์สถานการณ์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของการก้าวสู่มหาวิทยาลัยอัจฉริยะ (Smart University) [7]

นอกจากนี้ ผลความพึงพอใจด้านประโยชน์ต่อการทำงานที่อยู่ในระดับสูง ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Armstrong [6] ที่ระบุว่าระบบติดตามผลที่ดีต้องช่วยลดภาระงานซ้ำซ้อนและสนับสนุนการประเมินผลที่ยืดหยุ่น รวมถึงกระบวนการพัฒนาแบบ Agile ที่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานมีส่วนร่วมในการให้ข้อเสนอแนะ ส่งผลให้ระบบมีความยืดหยุ่นและตรงกับความต้องการใช้งานจริงมากที่สุด [13], [14]

อีกประเด็นสำคัญที่พบจากการศึกษา คือ การปรับตัวของบุคลากรเมื่อต้องเปลี่ยนผ่านจากการทำงานด้วยเอกสาร (Paper-based) มาเป็นระบบดิจิทัล (Digitalization) แม้การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำงานอาจสร้างความท้าทายในการเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ในช่วงเริ่มต้น แต่ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า การที่ระบบถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่ายและลดภาระงานซ้ำซ้อน ช่วยสร้างแรงจูงใจและทัศนคติเชิงบวกต่อผู้ใช้งาน ทำให้บุคลากรลดความต้านทาน

ต่อการเปลี่ยนแปลง (Resistance to Change) และสามารถปรับตัวเข้ากับการทำงานบนระบบสารสนเทศได้อย่างราบรื่น ซึ่งความสำเร็จในการปรับตัวของบุคลากรนี้ ถือเป็นปัจจัยรากฐานที่สำคัญอย่างยิ่งในการขับเคลื่อนองค์กรไปสู่การทำ Digital Transformation อย่างยั่งยืน

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาและทดสอบระบบ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้และพัฒนาต่อยอด ดังนี้

1. **การนำไปใช้งานจริง:** ควรพัฒนาระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ (Notifications) ผ่าน Line Notify หรืออีเมล เพื่อแจ้งเตือนเมื่อมีภาระงานที่ต้องอนุมัติหรือถึงกำหนดส่งรายงาน และควรเชื่อมต่อข้อมูลกับระบบลงเวลาปฏิบัติงานเพื่อความสะดวกของข้อมูล
2. **การพัฒนาต่อยอด:** ควรพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Application) เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน และเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลภายนอก เช่น Google Scholar หรือ Scopus เพื่อดึงข้อมูลผลงานวิจัยโดยอัตโนมัติ รวมถึงการพัฒนาระบบประเมินผลการปฏิบัติงานออนไลน์ที่เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลภาระงานโดยตรง เพื่อสนับสนุนการบริหารทรัพยากรมนุษย์อย่างครบวงจร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. W. W. Norton & Company.
- [2] Davenport, T. H., Harris, J. G., & Morison, R. (2010). Analytics at work: Smarter decisions, better results. Harvard Business Press.
- [3] Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2018). Management information systems: Managing the digital firm (15th ed.). Pearson.
- [4] Kavanagh, M. J., Thite, M., & Johnson, R. D. (2017). Human resource information systems: Basics, applications, and future directions (4th ed.). SAGE Publications.
- [5] Jaelani, D. (2025). The Role of HRIS Technology in Human Resource Management Efficiency in Higher Education. Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia (JIM-ID), 4(10), 1507-1516.
- [6] Armstrong, M. (2014). Armstrong's handbook of human resource management practice (13th ed.). Kogan Page.
- [7] Mbombo, A. B., & Cavus, N. (2021). Smart university: A systematic review. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 12(5), 706-714.
- [8] อรุณา ศรีอินทร์, อติชาต ดิษฐานนท์, และอัศววิทย์ คงมัลย์. (2567). ระบบบริหารจัดการทรัพยากรมนุษย์แบบบูรณาการ หอสมุดแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (TULIB-HR). PULINET Journal, 11(2), 54-71.
- [9] Hendrickson, A. R. (2003). Human resource information systems: Backbone technology of contemporary human resources. Journal of Labor Research, 24(3), 381-394.

- [10] Dong, Z. Y., Zhang, Y., Yip, C., Swift, S., & Beswick, K. (2020). Smart campus: definition, framework, technologies, and services. *IET Smart Cities*, 2(1), 43-54.
<https://doi.org/10.1049/iet-smc.2019.0072>
- [11] Connolly, T. M., & Begg, C. E. (2005). *Database systems: A practical approach to design, implementation, and management* (4th ed.). Addison-Wesley.
- [12] Pressman, R. S. (2005). *Software engineering: A practitioner's approach* (6th ed.). McGraw-Hill.
- [13] Sommerville, I. (2016). *Software engineering* (10th ed.). Pearson.
- [14] Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., ... & Thomas, D. (2001). *Manifesto for agile software development*. Agile Alliance.
<http://agilemanifesto.org/>

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICS LEARNING ACHIEVEMENTS ON RATIOS,
PROPORTIONS, AND PERCENTAGES AMONG MATHAYOMSUKSA 1 STUDENTS BY
SKILL PRACTICE PACKAGES COMBINED WITH THINK-PAIR-SHARE TECHNIQUE

วราภรณ์ บุตรวงศ์¹, สมพล พวงสัน^{*2}, พูนศรี รัตนวงศ์³

Waraporn Butwong¹, Sompon Puangsun², Poonsri Rattanawong³

¹ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

^{*2} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

³ โรงเรียนพนมสารคาม “พนมอดุลวิทยา”

¹ Faculty of Education, Rajabhat Rajanagarindra University

^{*2} Faculty of Science and Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

³ Phanomsarakham “Phanom Adun Witthaya” School

^{*} E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): sompon.ps@gmail.com

วันที่รับบทความ

14 มีนาคม 2569

วันที่แก้ไขบทความ

10 มิถุนายน 2569

วันที่ตอบรับบทความ

14 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามเกณฑ์ 80/80 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด และ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดกับเกณฑ์ร้อยละ 80 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนพนมสารคาม “พนมอดุลวิทยา” ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 40 คน จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย ชุดฝึกทักษะ แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที

ผลการวิจัย พบว่า 1) การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.13/85.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และ 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ชุดฝึกทักษะ; เทคนิคเพื่อนคู่คิด; อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ

ABSTRACT

The aims of this research were to 1) study the efficiency of the learning management by skill practice packages combined with the think-pair-share technique on ratios, proportions, and percentages for Mathayomsuksa 1 students with the criteria of 80/80; 2) compare the mathematics learning achievement on ratios, proportions, and percentages among Mathayomsuksa 1 students between before and after learning by skill practice packages combined with the think-pair-share technique; and 3) compare the mathematics learning achievement on ratios, proportions, and percentages among Mathayomsuksa 1 students after learning by skill practice packages combined with the think-pair-share technique with the criteria of 80 percent. The sample of this research consisted of 40 Mathayomsuksa 1 students at Phanomsarakham “Phanom Adun Witthaya” School during the second semester of the academic year 2025, obtained by cluster random sampling. The research instruments included skill practice packages, lesson plans, and a mathematics achievement test. The statistics used in this research included percentages, means, standard deviations, and t-tests.

The results of the research revealed that: 1) The learning management by skill practice packages combined with the think-pair-share technique on ratios, proportions, and percentages for Mathayomsuksa 1 students had an efficiency of 84.13/85.50, which met the criteria of 80/80. 2) The mathematics learning achievement on ratios, proportions, and percentages among Mathayomsuksa 1 students after learning by skill practice packages combined with the think-pair-share technique was higher than before learning, with statistical significance at the .05 level. 3) The mathematics learning achievement on ratios, proportions, and percentages among Mathayomsuksa 1 students after learning by skill practice packages combined with the think-pair-share technique was higher than the criteria of 80 percent, with statistical significance at the .05 level.

Keywords: Skill Practice Package; Think-Pair-Share Technique; Ratios, Proportions, and Percentages

1. บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน เนื่องด้วยวิชาคณิตศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบและมีแบบแผน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และยังสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1] รวมทั้งวิชาคณิตศาสตร์ยังเป็นพื้นฐานของการพัฒนาศาสตร์สาขาอื่นในฐานะเป็นเครื่องมือสำหรับการคิด การทำงาน และการสร้างองค์ความรู้ เช่น วิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ แพทยศาสตร์ สถิติศาสตร์ สังคมศาสตร์ [2] จึงต้องให้ความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานซึ่งจำเป็นต้องใช้ความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการศึกษาต่อและนำไปประยุกต์ใช้ตามบริบทในชีวิตประจำวัน

อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ เป็นหน่วยการเรียนรู้ที่มีความสำคัญหนึ่งของวิชาคณิตศาสตร์เนื่องจากเนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้นี้เป็นความรู้พื้นฐานในการใช้ชีวิตจริง เช่น การคิดดอกเบี้ย การลดราคาสินค้า การตวงส่วนผสมของอาหาร และยังเป็นความรู้พื้นฐานในการเรียนวิชาอื่น ๆ เช่น การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในวิชาวิทยาศาสตร์ การอ่านมาตราส่วนของแผนที่ในวิชาภูมิศาสตร์ โดยจากการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในปีการศึกษาที่ผ่านมา พบว่านักเรียนส่วนหนึ่งยังไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานของอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ รวมถึงยังมีนักเรียนอีกส่วนหนึ่งมีปัญหาในการแยกแยะหรือยังสับสนระหว่างอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ซึ่งทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ได้ จนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ไม่ถึงเกณฑ์ร้อยละ 80

ชุดฝึกทักษะเป็นนวัตกรรมที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมที่เป็นการทบทวนหรือเพิ่มเติมความรู้ให้แก่ผู้เรียน รวมถึงผู้เรียนยังได้ฝึกทักษะการเรียนรู้ในด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ปัญหา และการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 [3] โดยชุดฝึกทักษะมีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ ทั้งช่วยลดภาระของผู้สอนและเป็นเครื่องมือทบทวนความรู้ให้ผู้เรียนได้เข้าใจในบทเรียนมากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้เรียนจะได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง [4] โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ชุดฝึกทักษะเป็นนวัตกรรมที่สามารถช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงขึ้นได้ [5] อนึ่ง ด้วยความแตกต่างของผู้เรียนแต่ละคนซึ่งอาจส่งผลต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง ผู้สอนจึงควรประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยเทคนิคเพื่อนคู่คิด (think-pair-share) เป็นหนึ่งในเทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ผู้สอนจะตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาให้แก่ผู้เรียนซึ่งอาจเป็นใบงานหรือแบบฝึกหัด แล้วให้ผู้เรียนแต่ละคนคิดหาคำตอบของตนเอง จากนั้นจึงจับคู่กับเพื่อนเพื่ออภิปรายหาคำตอบร่วมกัน เมื่อมั่นใจในคำตอบของตนเองแล้ว จึงนำคำตอบไปอภิปรายร่วมกับเพื่อนทั้งชั้นเรียน [6] ซึ่งเทคนิคเพื่อนคู่คิดจะกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียนมากขึ้นและยังช่วยให้ผู้เรียนจดจำอยู่ปฏิบัติงานได้ดียิ่งขึ้น [7] จึงทำให้เทคนิคเพื่อนคู่คิดเป็นหนึ่งในเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับชุดฝึกทักษะ

ด้วยความสำคัญและเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ชุดฝึกทักษะร่วมกับการประยุกต์ใช้แนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิด ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะด้วยตนเอง พร้อมได้

แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันทั้งกับเพื่อนคู่ของตนเองและกับเพื่อนทั้งชั้นเรียน จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและมีทักษะมากยิ่งขึ้น แล้วจะส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงขึ้นและเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามเกณฑ์ 80/80
- 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด
- 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดกับเกณฑ์ร้อยละ 80

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชุดฝึกทักษะเป็นสื่อหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียนหรือเรื่องที่กำลังศึกษา โดยการที่ผู้สอนได้ออกแบบชุดฝึกทักษะเพื่อฝึกทักษะการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนนั้น ย่อมทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามศักยภาพของตนเอง นอกจากนี้ ยังเป็นการเสริมสร้างคุณลักษณะของผู้เรียนให้คิดเป็น มีความรับผิดชอบ และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ ซึ่งในการนำชุดฝึกทักษะไปใช้นั้น ผู้สอนควรนำชุดฝึกทักษะไปใช้ร่วมกับนวัตกรรมการเรียนการสอนประเภทอื่นหรือนำไปใช้ประกอบในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนด้วยเทคนิคต่าง ๆ [3] โดย รัชนิกร เย็นใจ [8] ได้ดำเนินการวิจัยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน ด้วยชุดฝึกทักษะประกอบการใช้สื่อออนไลน์ ซึ่งผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะประกอบการใช้สื่อออนไลน์สูงกว่าก่อนเรียน และผู้เรียนยังมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ในขณะที่ วิชาพิมพ์ สัมมา และพันธุ์ธัช ศรีทิพพันธุ์ [9] ได้ดำเนินการวิจัยพัฒนาแบบฝึกเสริมทักษะคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยม และเศษส่วน ร่วมกับเทคนิค STAD ซึ่งผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยแบบฝึกเสริมทักษะร่วมกับเทคนิค STAD สูงกว่าก่อนเรียน และผู้เรียนยังมีความพึงพอใจต่อการเรียนโดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะร่วมกับเทคนิค STAD โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

เทคนิคเพื่อนคู่คิดเป็นเทคนิคที่ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก การพัฒนาทักษะการคิดและทักษะทางสังคม และการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน [10] โดย ขนิษฐา นุ่มอ่อน [11] ได้สังเคราะห์และนำเสนอกระบวนการของเทคนิคเพื่อนคู่คิดเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการคิด (think) เป็นขั้นในการทำให้ผู้เรียนสนใจโดยการสร้างคำถามให้ผู้เรียนฝึกคิดด้วยตนเอง 2) ขั้นการจับคู่ (pair) เป็นขั้นให้ผู้เรียนแต่ละคนจับคู่กับเพื่อนเพื่อให้คำแนะนำปรึกษาหารือ แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ระหว่างคู่เพื่อนของตน และ 3) ขั้นการแลกเปลี่ยน (share) เป็นขั้นให้ผู้เรียนแบ่งปันความคิดกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน สนทนากับเพื่อนคนอื่น ๆ ช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วม เน้นความสนใจและทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียน ในขณะที่ วีรดา ไชยมนตรี และมนตรี เด่นดวง [12] ได้ดำเนินการวิจัยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แนวคิดการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลเชิงตรรกะ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกม ซึ่งผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วน สุภัตตรา เห่งโสภา และคณะ [13] ได้ดำเนินการวิจัยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิด

ร่วมกับแบบฝึกทักษะ ซึ่งผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับแบบฝึกทักษะสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยดำเนินการวิจัยตามแบบแผนการทดลองกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน (one-group pretest-posttest only design) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนพนมสารคาม “พนมอดุลวิทยา” จังหวัดฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 15 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งหมด 555 คน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนพนมสารคาม “พนมอดุลวิทยา” จังหวัดฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 40 คน (1 ห้องเรียน) ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) ชุดฝึกทักษะ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 4 ชุด ประกอบด้วย ชุดที่ 1 อัตราส่วน ชุดที่ 2 สัดส่วน ชุดที่ 3 ร้อยละ และชุดที่ 4 บทประยุกต์ ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ทั้งนี้ จากการตรวจสอบคุณภาพของชุดฝึกทักษะโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พบว่า ความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะมีค่าเฉลี่ยโดยรวมตั้งแต่ 4.73 ถึง 4.77 ซึ่งชุดฝึกทักษะแต่ละชุดมีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

2) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 4 แผน (แผนละ 1 คาบ) ประกอบด้วย แผนที่ 1 อัตราส่วน แผนที่ 2 สัดส่วน แผนที่ 3 ร้อยละ และแผนที่ 4 บทประยุกต์ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย ขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุป โดยในขั้นสอนจะเน้นใช้ชุดฝึกทักษะในการจัดการเรียนรู้ร่วมกับกระบวนการของเทคนิคเพื่อนคู่คิดเป็นขั้นตอนย่อยซึ่งได้แก่ ขั้นการคิด ขั้นการจับคู่ และขั้นการแลกเปลี่ยน ทั้งนี้ จากการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พบว่า ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.87 ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนมีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ทั้งนี้ จากการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบจำนวน 30 ข้อ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พบว่า ข้อสอบจำนวน 29 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) ตั้งแต่ 0.67 ถึง 1.00 ซึ่งแต่ละข้อมีค่ามากกว่า 0.50 แต่มีข้อสอบจำนวน 1 ข้อ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) เท่ากับ 0.33 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.50 ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงข้อสอบข้อนี้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วเลือกข้อสอบมาใช้จำนวน 20 ข้อ ซึ่งพบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ฉบับนี้มีค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.23 ถึง 0.65 ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 ทุกข้อ และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.23 ถึง 0.69 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.20 ทุกข้อ รวมทั้งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนคณิตศาสตร์ฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่น (KR-20) เท่ากับ 0.74 ซึ่งถือว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ฉบับนี้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไปได้

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ดำเนินการทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ จำนวน 1 คาบ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนที่ผ่านการเรียน เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ด้วยวิธีการสอนแบบปกติมาแล้ว โดยผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นคะแนนก่อนเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด

2) ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 4 คาบ โดยในแต่ละคาบ ผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นคะแนนระหว่างเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด

3) ดำเนินการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ จำนวน 1 คาบ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นคะแนนหลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้สูตร E_1/E_2

2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด โดยใช้การทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples)

3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดกับเกณฑ์ร้อยละ 80 โดยใช้การทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่ม (t-test for one sample)

4. ผลการวิจัย

1) ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

คะแนน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2)
ระหว่างเรียน	40	33.65	84.13	84.13/85.50
หลังเรียน	20	17.10	85.50	

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.13/85.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

2) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดเป็นดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์	n	คะแนน เต็ม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	t	Sig. (1-tailed)
ก่อนเรียน	40	20	11.28	2.06	18.93	0.0000*
หลังเรียน	40	20	17.10	1.84		

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.28 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.06 ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.10 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.84 โดยจะเห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม หรือ 16 คะแนน เป็นดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดกับเกณฑ์ร้อยละ 80

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์	n	คะแนน เต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	t	Sig. (1-tailed)
หลังเรียน	40	20	17.10	85.50	3.79	0.0003*

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.10 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 85.50 ของคะแนนเต็ม โดยจะเห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 84.13/85.50 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

ทั้งนี้ เป็นเพราะชุดฝึกทักษะทั้ง 4 ชุด ผ่านการสร้างขึ้นมาอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมเนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จึงช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเองตาม ความสามารถของนักเรียนแต่ละคน อีกทั้งด้วยกระบวนการของเทคนิคเพื่อนคู่คิดในระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละคนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดและคำตอบระหว่างเพื่อนคู่ของตนเอง ซึ่งจะได้ทวนคิดและแก้ไขข้อผิดพลาด ในการหาคำตอบร่วมกันก่อนจะได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนทั้งชั้นเรียน ทำให้นักเรียนเกิดเข้าใจในเนื้อหาอย่างเป็น ระบบและประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสามารถ ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ทั้งในระหว่างเรียนและหลังเรียน จึงส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะ ร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพ เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชซาพิมพ์ สัมมา และพันธุ์ธัช ศรีทิพพันธุ์ [9] ที่พบว่า การจัดการ เรียนรู้ด้วยแบบฝึกเสริมทักษะคณิตศาสตร์ร่วมกับเทคนิค STAD เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 81.13/83.83 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และยังสอดคล้องกับงานวิจัย ของ นิตยา จงจิตร และคณะ [14] ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนของโพลยาพร้อมกับเทคนิคเพื่อน คู่คิด เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 81.04/83.10 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และ ร้อยละ หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 11.28 และ 17.10 ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นเพราะนักเรียนแต่ละคนได้เรียนรู้ผ่านการฝึกคิดและการลงปฏิบัติชุดฝึก ทักษะด้วยตนเอง รวมถึงเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนคู่ของตนเองและกับเพื่อน ทั้งชั้นเรียนผ่านกระบวนการของเทคนิคเพื่อนคู่คิด ทำให้นักเรียนแต่ละคนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้ ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดยังอาจมีส่วนช่วยแก้ปัญหาโน้ตที่คลาดเคลื่อน หรือความสับสนในเนื้อหา เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนได้อีกด้วย จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนหลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าก่อนเรียน โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภัตตรา เหมงาโสภา และคณะ [13] ที่พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น หลังเรียนด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับแบบฝึกทักษะสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ กาญจนา หวดขุนทด และกานต์วี บุษยานนท์ [15] ที่พบว่า นักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปเรขาคณิตสามมิติ หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะ ร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และ ร้อยละ หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.10 หรือ คิดเป็นร้อยละ 85.50 ของคะแนนเต็ม ทั้งนี้ เป็นเพราะชุดฝึกทักษะที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีการลำดับเนื้อหาที่ชัดเจนและมี

การเรียงเนื้อหาจากง่ายไปหายาก ซึ่งทำให้นักเรียนแต่ละคนสามารถทบทวนความรู้หรือเพิ่มเติมความรู้ของตนเอง จากชุดฝึกทักษะได้ รวมถึงยังได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ไปพร้อมกับเพื่อนตามเทคนิคเพื่อนคู่คิด อนึ่ง การจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดฝึกทักษะที่เน้นการฝึกฝนเป็นรายบุคคลบูรณาการด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดที่เป็นการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ อาจช่วยให้เด็กเกิดความรู้ความเข้าใจในการเรียนรู้และสามารถประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ จึงส่งผลให้นักเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ วีรดา ไชยมนตรี และมนตรี เตนดวง [12] ที่พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แนวคิดการแก้ปัญหา ด้วยเหตุผลเชิงตรรกะ หลังเรียนด้วยเทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วริศรา สืบรอด และนันทิมา นาคาพงศ์ศุวรักษ์ [16] ที่พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว หลังเรียน ด้วยแบบฝึกทักษะสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะการวิจัย

ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย

- 1) ควรใช้ชุดฝึกทักษะที่มีเนื้อหาสัมพันธ์หรือเชื่อมโยงกับบริบทชีวิตจริงของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นความสนใจ และช่วยให้ผู้เรียนเห็นถึงประโยชน์ของคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาจริง
- 2) ในกระบวนการของเทคนิคเพื่อนคู่คิด ผู้สอนควรบริหารจัดการเวลาในชั้นการจับคู่หรืออภิปรายเป็นคู่ ให้เหมาะสม โดยเฉพาะชุดฝึกทักษะที่มีความซับซ้อน ควรให้เวลาที่เพียงพอเพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยน แนวคิดและตรวจสอบคำตอบร่วมกัน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

- 1) ควรมีการศึกษาค้นคว้าผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดต่อทักษะและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเชื่อมโยง การคิดสร้างสรรค์
- 2) ควรมีการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกทักษะร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคอื่นหรือ ร่วมกับโปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนนครินทร์ที่สนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- [2] อัมพร ม้าคะนอง. (2555). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] สุคนธ์ สิ้นพานนท์. (2561). นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. 9119 เทคนิคพรินต์.
- [4] ธัญพร มีทองแสน. (2566). การพัฒนาชุดฝึกทักษะคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยม โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ ร่วมมือเทคนิค STAD และ TGT สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร]. SNRU e-Thesis. <https://gsmis.snru.ac.th/e-thesis/>

-
- [5] ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2558). 80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (พิมพ์ครั้งที่ 6). วีพริ้นท์ (1991).
- [6] สุคนธ์ สินธพานนท์, พงษ์จันทร์ สุขยิ่ง, จินตนา วีรเกียรติสุนทร, และพิวัสสา นภารัตน์. (2562). หลากหลายวิธีสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพเยาวชนไทย. 9119 เทคนิคพรินต์ติ้ง.
- [7] Tanujaya, B., & Mumu, J. (2019). Implementation of think-pair-share to mathematics instruction. *Journal of Education and Learning*, 13(4), 510-517.
- [8] รัชนิกร เอ็นใจ. (2568). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน โดยใช้ชุดฝึกทักษะประกอบการใช้สื่อออนไลน์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านท่าไท. *วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม*, 12(2), 127-138.
- [9] ชซาพิมพ์ สัมมา และพันธุ์ธัช ศรีทิพพันธุ์. (2562). การพัฒนาแบบฝึกเสริมทักษะคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้ด้วยเทคนิค STAD. *วารสารสถาบันวิจัยฐานสังวร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 10(1), 37-53.
- [10] Ramadhani, A., Karida, M. P., & Wahyuningsih, W. (2025). Understanding the role of think-pair-share strategy in mathematics classroom. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 5(3), 1027-1039.
- [11] ชนิษฐา นุ่มอ่อน. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. SWU IR. <https://hdl.handle.net/20.500.14740/53046>
- [12] วีรดา ไชยมนตรี และมนตรี เด่นดวง. (2568). การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แนวคิดการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลเชิงตรรกะ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 19(1), 118-134.
- [13] สุภัตตรา เห่งโสภา, สุวรรณวัฒน์ เทียนยุทธกุล, และปวีณา ชันธิ์สีลา. (2566). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับแบบฝึกทักษะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารราชภัฏสุรินทร์วิชาการ*, 1(4), 39-52.
- [14] นิตยา จงจิตร, อัญชลี แสงอาวุธ, และธัญญา กาสรุณ. (2568). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนของโพลยาพร้อมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไชยวิทยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาจุฬาลงกรณ*, 12(3), 441-454.
- [15] กาญจนา หวดขุนทด และกานต์วี บุษยานนท์. (2568). การพัฒนาชุดฝึกทักษะคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปเรขาคณิตสามมิติ ร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร*, 16(1), 85-99.
- [16] รวิสร่า สืบรอด และนันทิมา นาคาพงศ์อัครวิทย์. (2565). การพัฒนาแบบฝึกทักษะ เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว รายวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *ครูสภาวิทยากร*, 3(3), 48-63.

PROFESSIONAL ABILITY OF COUNSELORS IN PRIVATE UNIVERSITIES IN GUIZHOU PROVINCE

Yun Xie ¹, Thanaphan Boonyarutkalin ^{*2}, Dowroong Wacharinrat ¹, Pradit Songsangyos ³

¹ Faculty of Education, Shinawatra University, Thailand

² Faculty of Liberal Arts, Shinawatra University, Thailand

³ Faculty of Engineering and Technology, Shinawatra University, Thailand

* E-mail (Corresponding Author): thanaphan.b@siu.ac.th

วันที่รับบทความ 5 เมษายน 2569 วันที่แก้ไขบทความ 1 มิถุนายน 2569 วันที่ตอบรับบทความ 8 มิถุนายน 2569

ABSTRACT

Counselors in private higher education play an irreplaceable role in advancing the high-quality development of higher education. Their professional ability directly impacts the quality of students' cultivation and the overall effectiveness of ideological and political education work. The objectives of this research were to explore the current status of counselors' professional ability in private universities in Guizhou Province. A mixed-method design, incorporating both quantitative and qualitative research methodologies, was adopted in this study. The sample consisted of 278 counselors and 20 participants. The statistical methods used for data analysis include descriptive statistics analysis. This study found that the overall professional ability of counselors was reported at a high level. Communication and Expression and Theoretical Instruction received higher scores, whereas Student Relationships, Psychological Well-being, and Daily Administrative Affairs scored comparatively lower.

Keywords: Counselor; Professional Ability; Private Universities

1. Introduction

Enhancing the quality of higher education has become a strategic priority in China, with ideological and political education increasingly being progressively integrated into higher education reform. Counselors play a key role in implementing ideological and political education and guiding students' overall development in universities and colleges. Compared with public universities, private universities lag behind in institutional development, management systems, recruitment mechanisms, resource guarantee, and so on [1][2]. Existing researches have shown that counselors in private universities often exhibited weaker professional ability, lower professional identity and

higher turnover rates [3][4][5]. These can be attributed to heavy workloads, high-pressure work environments, underdeveloped incentive and evaluation systems, and insufficient professional training, which have constrained counselors' professional growth and development [6][7][8]. In the era of artificial intelligence, counselors were increasingly confronted with diverse academic, psychological, and career development needs from students, which expanded work boundaries and raised new demands for professional adaptability [9]. Therefore, counselors are required to develop diverse professional ability to adapt to ongoing social and technological changes as well as students' evolving needs.

As mentioned above, although in-depth studies have made on counselors' professional ability from the perspectives of components, requirements and problems, those based on quantitative data are still far from adequate. Therefore, this study employed an empirical approach to examine the current situation of counselors' professional ability in private universities. It aims to propose strategies for private universities to strengthen the development of counselors' professional abilities and to promote the specialization and professionalization of the counselor team.

2. Literature Review

2.1 Theory Framework

This study was grounded in an Ecological Systems Theory [10] and Holland's Theory of Career Choice [11][12]. Ecological Systems Theory conceptualizes counselors' professional ability as influenced by interactions among university, faculty, and individual factors. Holland's theory highlights the importance of person-role congruence in sustaining professional identity and long-term career commitment.

2.2 Concepts of Counselor

The counselor refers to student affairs administrators or educators in higher education institutions in Western countries. With professional training in psychology, counseling, or related fields, they assist students in managing personal, academic, and emotional challenges, aiming to enhance student well-being and promote academic success [13][14][15][16][17]. In China, counselors are positioned as the backbone of ideological and political education and the primary implementers of student affairs, with the expectation that they act as life mentors and trusted companions supporting students' healthy growth [18][19][20][21].

2.3 Researches on The Professional Ability of Counselors

Existing researches conceptualize counselors' professional ability as a multi-dimensional component that integrates management competency, organizational capacity, psychological counseling support, communication skills, and so on [22][23]. Subsequently, some studies further

emphasize cultural responsiveness and alignment with specific institutional settings and student characteristics, as exemplified by university frameworks, such as UCLA's College Counseling Competency Model [24][25]. In China, scholars define counselors' professional ability as the integrated knowledge and skills required to fulfill educational, administrative, and student support responsibilities [5][21][26][27], commonly categorizing it into core, basic, specialized, and developmental dimensions [6][28][29][30].

3. Research Methodology

This study adopted a mixed-methods approach. Quantitative analysis was conducted to describe the current status. Qualitative interviews were used to further interpret the quantitative findings and to propose guidelines for enhancing counselors' professional ability.

The quantitative study focused on counselors employed in private universities in Guizhou Province, with a total population of 998. According to Krejcie and Morgan [31], 278 counselors were selected to ensure representativeness. A total of 290 questionnaires were distributed via the online survey platform Wenjuanxing, and 278 valid questionnaires were retained after data screening, corresponding to a valid response rate of 95.8%. The questionnaire consisted of 78 items was measured on a 5-point Likert scale (highest, high, moderate, low, lowest). The questionnaire's content validity was evaluated by three experts, with an Item Objective Congruence (IOC) index ranging from 0.75 to 0.96, indicating satisfactory content validity. The KMO values for all scales exceeded 0.8, indicating sufficient inter-item correlations. Bartlett's test of sphericity was statistically significant for all constructs ($p < 0.001$), confirming that the correlation matrices were appropriate for factor analysis. The overall reliability of the instrument, as determined by Cronbach's Alpha Coefficient, was 0.89, indicating a good internal consistency. Quantitative data were analyzed using statistical software, including descriptive statistics, independent-samples t-tests, and one-way ANOVA for group comparisons.

Qualitative data were collected through semi-structured interviews with 20 participants and analyzed using thematic analysis. Purposive sampling was used to recruit 20 participants closely related to counselors' work, including 5 vice presidents responsible for student affairs, 5 directors of the student affairs office, 5 outstanding counselors, and 5 general counselors.

4. Results

This section revealed the results of the study on counselors' professional ability in private universities in Guizhou Province, as follows:

4.1 The Results of the Current Status of the Professional Ability of College Counselors in Guizhou Province

The current status of counselors' professional ability was examined using descriptive statistical analysis. Mean values and standard deviations were calculated to assess the overall level of professional ability and the distribution of its dimensions among counselors in private universities in Guizhou Province.

Table 4.1 Descriptive Statistics of Professional Ability of Counselors (n = 278)

Dimension	$\bar{x}$	S.D.	Level
Basic Ability	3.62	0.76	High
Specialized Ability	3.71	0.80	High
Work Ability	3.71	0.78	High
Overall	3.70	0.91	High

Table 4.1 showed that the overall professional ability of counselors was at a high level ($\bar{x} = 3.70$, S.D. = 0.91). Professional ability was composed of basic ability, specialized ability and work ability. At the dimensional level, basic ability ($\bar{x} = 3.62$, S.D. = 0.76), specialized ability ($\bar{x} = 3.71$, S.D. = 0.80), and work ability ($\bar{x} = 3.71$, S.D. = 0.78) were all classified within the high range. Among them, specialized ability and work ability recorded the highest mean, whereas basic ability was comparatively lower.

Based on the dimensional analysis, item-level descriptive statistics were further examined to provide a detailed understanding of the internal structure of counselors' professional ability. The results were presented in Table 4.2., Table 4.3. and Table 4.4.

Table 4.2 Descriptive Statistics of Counselors' Basic Ability (n = 278)

Dimension	$\bar{x}$	S.D.	Level	Rank
Student Relationships	3.52	0.94	High	5
Colleague Relationships	3.53	0.90	High	4
Communication and Expression	3.79	0.94	High	1
Emotional Regulation	3.74	0.93	High	2
Psychological Well-being	3.54	0.96	High	3

Table 4.2 presented the descriptive statistics of counselors' basic ability. All five dimensions were at a high level, with $\bar{x}$ ranging from 3.52 to 3.79. Communication and Expression obtained the highest mean score ($\bar{x} = 3.79$, S.D. = 0.94), highlighting counselors' perceived strength in communication related skills. Emotional Regulation followed ($\bar{x} = 3.74$, S.D. = 0.93), reflecting a

solid ability for emotional management. Psychological Well-being ($\bar{x} = 3.54$, S.D. = 0.96) ranked third and showed the greatest variability among the five dimensions. By comparison, Student Relationships ($\bar{x} = 3.52$, S.D. = 0.94) and Colleague Relationships ($\bar{x} = 3.53$, S.D. = 0.90) received relatively lower rate, suggesting that relational competencies were less developed than other dimensions of professional ability. Overall, although counselors demonstrated strong basic abilities, the results revealed differentiated strengths, with greater prominence in communication-related competency than in relational and well-being domains.

Table 4.3 Descriptive Statistics of Counselors' Specialized Ability of Counselors (n = 278)

Dimension	$\bar{x}$	S.D.	Level
Crisis Response	3.64	0.94	High
Career Planning	3.79	0.92	High
Employment Guidance	3.63	0.95	High
Theoretical Research	3.80	0.92	High

Table 4.3 showed that all four dimensions were at a high level, with $\bar{x}$ ranging from 3.63 to 3.80, indicating generally strong specialized competencies. Theoretical Research obtained the highest mean score ($\bar{x} = 3.80$, S.D. = 0.92), followed closely by Career Planning ($\bar{x} = 3.79$, S.D. = 0.92), suggesting relatively stronger performance in researching and career development related domains. In contrast, Crisis Response ($\bar{x} = 3.64$, S.D. = 0.94) and Employment Guidance ($\bar{x} = 3.63$, S.D. = 0.95) received comparatively lower rate, reflecting that ability related to immediate intervention and employment services was comparatively less prominent within the whole specialized ability.

Table 4.4 Descriptive Statistics of Counselors' Work Ability (n = 278)

Dimension	$\bar{x}$	S.D.	Level	Rank
Ideological Guidance	3.71	0.94	High	3
Value Integration	3.65	0.90	High	5
Theoretical Instruction	3.82	0.90	High	1
Cadre Training and Development of Students	3.82	0.92	High	1
Academic Guidance	3.68	0.94	High	4
Daily Administrative Affairs	3.54	0.95	High	6
Online Ideological and Political Education	3.73	0.92	High	2

As Table 4.4 illustrated, all seven dimensions were at a high level, with $\bar{x}$ ranging from 3.54 to 3.82. Theoretical Instruction ($\bar{x} = 3.82$, S.D. = 0.90) and Cadre Training and Development of Students ($\bar{x} = 3.82$, S.D. = 0.92) obtained the highest scores, suggesting that counselors demonstrated relatively strong performance in instructional and student development functions. Online Ideological and Political Education ($\bar{x} = 3.73$, S.D. = 0.92) ranked second, followed by Ideological Guidance ($\bar{x} = 3.73$, S.D. = 0.92). Daily Administrative Affairs ($\bar{x} = 3.54$, S.D. = 0.95) recorded the lowest mean score, followed by Value Integration ($\bar{x} = 3.65$, S.D. = 0.90), indicating comparatively lower ratings in routine administrative and integrative coordination functions.

Group difference analyses were conducted to examine variations in counselors' professional ability across demographic information, as shown in Table 4.5.

Table 4.5 Group Differences in Overall Professional Ability of Counselors (n = 278)

Dimension		N	$\bar{X}$	S.D.	t/F	p	Significant Pairwise Differences
Gender	Male	125	3.79	0.81	t= 2.046	.042*	Male > Female
	Female	154	3.60	0.71			
Education Degree	Bachelor	106	3.60	0.75	F=4.873	.008**	Master > Bachelor, Doctor
	Master	153	3.80	0.76			
	Doctor	19	3.34	0.73			
Major	Student affairs-related majors (e.g., ideological and political education, education, psychology, sociology)	69	3.57	0.71	F=4.873	0.004**	Science & Engineering > Humanities
	Other humanities and social sciences	168	3.64	0.78			
	Science and engineering	41	4.04	0.66			
Professional Qualifications Obtained	Psychological counselor	31	4.03	0.64	F=3.093	.016*	Psychological counselor > None
	Employment guidance counselor	16	3.79	0.90			

	Global Career Development Facilitator	37	3.84	0.67			
	Other relevant qualifications	53	3.68	0.76			
	None	141	3.56	0.77			
Years of Work Experience	≤ 1 year	19	3.31	0.97	F=2.426	.048*	6–10 years > ≤1 year
	1–3 years	87	3.67	0.67			
	3–6 years	123	3.66	0.8			
	6–10 years	45	3.91	0.66			
	> 10 years	4	4.02	0.85			
Number of Students Managed	≤ 150 students	69	3.54	0.82	F=4.758	.003**	301–400 students > ≤150 students, 151–200 students, 201–300 students groups
	151 - 200 students	98	3.63	0.74			
	201 - 300 students	43	3.58	0.81			
	301 - 400 students	68	3.97	0.63			
Administrative Rank	Division director	24	3.96	0.75	F=2.666	.033*	Overall significant, but no stable pairwise differences. Group effect without robust contrasts
	Deputy division director	52	3.52	0.79			
	Section chief	44	3.50	0.85			
	Deputy section chief	48	3.63	0.76			
	None	110	3.79	0.69			
Professional Title	Professor	14	4.20	0.67	F=4.299	.002**	Professor, None > Lecturer
	Associate professor	25	3.65	0.65			
	Lecturer	83	3.46	0.82			
	Assistant lecturer	81	3.70	0.81			
	None	75	3.83	0.62			
Satisfaction With Current Income	Strongly satisfied	22	3.29	0.64	F=4.224	.002**	Completely dissatisfied > strongly satisfied, satisfied groups
	Satisfied	63	3.48	0.76			
	Average	77	3.76	0.73			
	Dissatisfied	81	3.77	0.77			
	Completely dissatisfied	35	3.93	0.74			

Note: *p < .05; **p < .01; ***p < .001.

Female counselors accounted for 55%, while male counselors represented 45%. There was a significant gender difference in overall professional ability, $t = 2.046$, $p = .042$. Male counselors ($\bar{x} = 3.79$, S.D. = 0.81) scored higher than female counselors ($\bar{x} = 3.60$, S.D. = 0.71).

In relation to education degree, more than half of the respondents held a master's degree (55%), followed by those with a bachelor's degree (38.12%) and doctoral degree (6.88%), indicating that a master's degree was the most common educational qualification among counselors. It showed a significant effect, $F = 4.873$, $p = .008$. Counselors with a master's degree ($\bar{x} = 3.80$, S.D. = 0.76) reported higher professional ability than those with a bachelors' degree ($\bar{x} = 3.56$, S.D. = 0.75) and doctoral degree ($\bar{x} = 3.34$, S.D. = 0.73).

In terms of major, 24.82% of counselors reported majors directly related to student affairs, 60.43% were from other humanities and social science disciplines, while 14.7% were academic backgrounds in science and engineering. Significant differences were also found across majors, $F = 4.873$, $p = .004$. Counselors with science and engineering backgrounds ($\bar{x} = 4.04$, S.D. = 0.66) reported higher professional ability than those from humanities and social sciences ($\bar{x} = 3.64$, S.D. = 0.78) and student affairs-related majors ($\bar{x} = 3.57$, S.D. = 0.71).

Regarding professional qualifications, over half of the counselors (50.73%) indicated that they did not possess any formal professional qualification certificates. Qualifications of global career development facilitator accounted for 13.31%, the qualifications of psychological counselor were 11.15%, and qualifications of employment guidance counselor were 5.75%. Professional qualifications demonstrated a significant effect, $F = 3.093$, $p = .016$. Counselors holding psychological counselor certification ($\bar{x} = 4.03$, S.D. = 0.64) reported higher ability levels than those without relevant qualifications ($\bar{x} = 3.56$, S.D. = 0.77).

Working experience as counselors was generally concentrated in the early to middle career stages. The largest proportion of respondents reported 3-6 years of experience (44.24%), followed by 1-3 years (31.3%) and 6-10 years (16.19%). Only a small proportion of counselors had one year or less of experience (6.83%) or more than 10 years (1.44%). It also showed significant differences, $F = 2.426$, $p = .048$. Counselors with 6-10 years of experience ($\bar{x} = 3.91$, S.D. = 0.66) reported higher professional ability than those with one year or less of experience ($\bar{x} = 3.31$, S.D. = 0.97).

The largest group reported managing 151-200 students accounted for 35.25%, followed by 150 students or fewer (24.82%), 301-400 students (24.56%) and 300 students (15.47%). The number of students managed significantly influenced professional ability, $F = 4.758$, $p = .003$. Counselors responsible for 301-400 students ($\bar{x} = 3.97$, S.D. = 0.63) reported higher ability levels

than those managing 150 or fewer students ($\bar{x} = 3.54$, S.D. = 0.82), 151-200 students ($\bar{x} = 3.63$, S.D. = 0.74), and 201-300 students ($\bar{x} = 3.58$, S.D. = 0.81).

As for administrative rank, counselors with no administrative position accounted for 39.57%, deputy division director was 18.71%, deputy section chief was 17.27%, section chief was 15.82%, and division director was 8.63%. It showed a significant overall effect on counselors' professional ability ($F = 2.666$, $p = .033$). Division directors reported the highest level ($\bar{x} = 3.96$, S.D. = 0.75), whereas deputy division directors ($\bar{x} = 3.52$, S.D. = 0.79) and section chiefs ($\bar{x} = 3.50$, S.D. = 0.85) scored lower. Deputy section chiefs showed a moderate level ($\bar{x} = 3.63$, S.D. = 0.76), and counselors without administrative rank performed relatively well ($\bar{x} = 3.79$, S.D. = 0.69). Nevertheless, Tukey's HSD post hoc test revealed no significant pairwise differences (all $p > .05$), indicating that the overall effect was not attributable to stable contrasts between specific ranks. This result suggested that, despite the presence of an overall group effect, the differences between individual administrative ranks were not sufficiently pronounced to withstand conservative adjustment for multiple comparisons.

Regarding professional title, Lecturers (29.85%) and assistant lecturers (29.13%) constituted the largest groups in terms of academic titles, while 27.03% held no academic title. It also revealed a significant overall effect, $F = 4.299$, $p = .002$. Professional title significantly affected professional ability, $F = 4.299$, $p = .002$. Professors ($\bar{x} = 4.20$, S.D. = 0.67) and those without professional titles ($\bar{x} = 3.83$, S.D. = 0.62) reported higher ability levels than lecturers ($\bar{x} = 3.46$, S.D. = 0.82).

Counselors reported annual incomes between 80,000 and 100,000 yuan accounted for 28.05%, followed by those earning between 100,000 and 150,000 yuan (24.46%). Satisfaction with current income was significantly associated with professional ability, $F = 4.224$, $p = .002$. Counselors who were completely dissatisfied ($\bar{x} = 3.93$, S.D. = 0.74) reported higher ability levels than those who were strongly satisfied ($\bar{x} = 3.29$, S.D. = 0.64) and satisfied ($\bar{x} = 3.48$, S.D. = 0.76).

Overall, the findings indicated that professional ability varied significantly across several demographic and occupational characteristics. Differences were particularly evident in educational degree, major background, professional qualification, years of work experience, number of students managed, professional title, income satisfaction, and gender. These results suggested that both individual background factors and job-related structural conditions were associated with variations in counselors' professional ability, thereby highlighting the multidimensional nature of professional ability development.

Qualitative interview findings further illuminated the existing problems underlying these quantitative data. Participants frequently reported excessive administrative workload, blurred role

boundaries between teacher and administrative executor, insufficient practical training systems, limited promotion channels, and inadequate institutional support for counselors' development. Many counselors reported that routine management tasks consumed substantial time and energy, leaving little time for theoretical study and long-term professional growth. As a result, while counselors generally demonstrated adequate ability in daily administration tasks, their basic and developmental ability remained relatively constrained.

In summary, counselors in private universities in Guizhou Province exhibited a high level of professional ability, with comparatively stronger practice-oriented dimensions and relatively weaker basic competencies. Counselors were characterized by youthfulness, short tenure, and heavy workload pressure, and professional ability varied significantly across demographic information. Existing problems primarily manifested as structural constraints, role strain, limited systematic training, insufficient career-development support and so on, all of which restricted the advancement of professionalization and specialization of counselors.

5. Conclusion

The demographic statistics showed that counselors' overall professional ability remained at a high level ($\bar{x} = 3.70$, $S.D = 0.91$), consistent with prior studies suggesting that institutionalized professional standards and policies contributed to the enhancement of professional ability [20][5]. At the dimensional level, Communication and Expression, Theoretical Instruction, and Student Cadre Development were comparatively higher scores. These corresponded closely with policy-defined responsibilities emphasizing ideological education and instructional functions [32]. On the contrary, Student Relationships, Psychological Well-being, and Daily Administrative Affairs were rated lower. Existing researches showed that counselors are often confronted with high administrative workloads and ambiguous role boundaries, which might limit long-term engagement with students [28]. Another study further suggested that excessive administrative duties led to occupational burnout [33].

Furthermore, consistent with Ecological Systems Theory and Holland's theory. Ecological Systems Theory suggested that professional ability development resulted from the alignment or misalignment across these nested systems. When institutional factors, faculty-level environments, and individual motivation operated in concert, they create mutually reinforcing conditions that supported sustainable professional growth. Conversely, inconsistencies across levels could weaken developmental trajectories. Holland's theory strengthened professional identity helping align personal values with occupational roles. When counselors perceived a stronger fit between their personal aspirations and professional responsibilities, they were more likely to maintain

engagement and pursue long-term development. On the contrary, unresolved role ambiguity or weak identification might undermine sustained effort.

Therefore, enhancing counselors' professional ability requires cooperation at university, faculty, and individual levels. From the perspective of the university, it should clarify career development pathways, establish scientific evaluation and incentive systems, strengthen systematic training and career-stage development, and reducing excessive administrative burden. Furthermore, priority should be given to maintaining a stable and supportive counseling team, clarifying task allocation and coordination, and promoting continuous professional development. Regarding to personal factors, counselors should strengthen professional identity and career planning, enhance professional knowledge and obtain relevant certifications, cultivate resilience and sustained learning engagement, and accumulate practical experience to better adapt to their professional roles. In conclusion, sustainable improvement depends on the alignment of institutional policies, organizational support, and individual engagement.

While this study provided empirical evidence for a multi-level framework of counselors' professional ability, several directions remain for future research. Future studies may expand the sample to include public and vocational institutions in order to examine the generalizability of the framework. Longitudinal designs could further clarify developmental trajectories and potential causal relationships. Influencing factors of counselors' professional ability could be explored, such as institutional factors, psychological factors, and so on.

6. References

- [1] Pan, J., & Zhao, B. (2024). Research on the path to improve the professional competence of college counselors: From the perspective of individual growth. *University*, 34, 160-164.
- [2] Shi, Y. (2025). The value implication, realistic dilemma, and practical path of private university counselors' team building in the new era. *Journal of Hubei Open Vocational College*, 8.
- [3] Ren, X. (2018). A study on counselor turnover in independent colleges (Master's thesis). Fujian Normal University.
- [4] Yang, Y. (2023). Identity and value reconstruction of university counselors. *Heilongjiang Higher Education Research*, 41(11), 108-113.
- [5] Zhang, Y. (2023). Exploration on the current situation and improvement path of counselors' professional ability in vocational colleges: Based on the background of diverse student sources. *Journal of Chongqing College of Electronic Engineering*, 32(4).
- [6] Zeng, Y. C. (2022). An empirical study on the relationship between growth mechanism, professional identity, and professional ability of counselors in higher vocational colleges. *China Vocational and Technical Education*, 35, 48-53.

-
- [7] Luo, M., Fu, Q., & Pan, Q. (2023). Research on the endogenous driving force of improving the quality and ability of college counselors: Based on ROST-CM text mining analysis. *Popular Science and Technology*, 25(8), 192-195.
- [8] Gao, S. (2024). Research on the construction of high-quality university counselor teams in the new era: A case study of Hohhot Vocational College. *Advances in Vocational and Technical Education*, 6(3), 192-198.
- [9] Zhang, J. (2024). Due to relatively limited resource input in private institutions, counselors' salaries, career development, and training systems differ significantly from public institutions, affecting the stability and attractiveness of private counselor teams. (Doctor Dissertation).
- [10] Lent, R. W., Brown, S. D., & Hackett, G. (1994). Toward a unifying social cognitive theory of career and academic interest, choice, and performance. *Journal of Vocational Behavior*, 45(1), 79-122. <https://doi.org/10.1006/jvbe.1994.1027>
- [11] Holland, J. L. (1959). A theory of vocational choice. *Journal of Counseling Psychology*, 6(1), 35-45. <https://doi.org/10.1037/h0045624>
- [12] Holland, J. L. (1973). *Making vocational choices: A theory of careers*. Prentice-Hall.
- [13] Hacker, A. H., & Hayes, A. (2017). Within and beyond: Some implications of developmental contexts for reframing school psychology. *Psychology in the Schools*, 54(10), 1252-1259.
- [14] Crothers, L. M., Hughes, T. L., Kolbert, J. B., & Schmitt, A. J. (2020). *Theory and cases in school-based consultation: A resource for school psychologists, school counselors, special educators, and other mental health professionals*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429398277>
- [15] Zyromski, B., Wolfe, T. E., Choi, J., Shrewsbury, S., & Hamilton, M. (2022). Applying an advocating student-environment lens to foster protective factors: School counselors' role in buffering ACES. *Journal of Child and Adolescent Counseling*, 8(1), 1-15.
- [16] Hatton, C. E., Kurz, C. A., & Greiner, A. (2023). It's a team effort: Collaboration between teachers and professional school counselors. In *Engaging students with disabilities in remote learning environments* (pp. 164-184).
- [17] Knight, J. C. (2024). University counselor experiences with the surge in mental healthcare demand in the United States (Doctoral dissertation). Walden University.
- [18] Lou, Y. (2021). Re-recognition of the professional role of college counselors. *School Party Building and Ideological Education*, 13.
- [19] Chen, X., & Wang, F. (2021). The paradox of the dual promotion system for university counselors: A grounded theory study. *Educational Research*, 42(2), 80-89.
- [20] Gong, W. (2023). The historical evolution and development direction of the role of college counselors. *Journal of College Counselors*, 15(6), 12-17.

-
- [21] Zhao, S. (2024). Basic characteristics of the professional competence structure of college counselors in the new era. *Journal of Jilin Provincial Institute of Education*, 40(7), 24-30.
- [22] Waple, J. N. (2006). An assessment of skills and competencies necessary for entry-level student affairs work. *NASPA Journal*, 43(1), 1-18.
- [23] Warner, D., & Palfreyman, D. (Eds.). (1996). *Higher education management: The key elements*. Open University Press.
- [24] López, S. R., Ribas, A. C., Sheinbaum, T., Santos, M. M., Benalcizar, A., Garro, L., & Kopelowicz, A. (2020). Defining and assessing key behavioral indicators of the shifting cultural lenses model of cultural competence. *Transcultural Psychiatry*, 57(4), 594-609.
- [25] Gonzalez-Voller, J., Crunk, A. E., Barden, S. M., Harris, S., & Belser, C. T. (2020). A preliminary longitudinal study of multicultural competence in counselor education. *Journal of Counseling and Development*, 98(3), 308–318. <https://doi.org/10.1002/jcad.12345>
- [26] Hua, L., Jiang, N., & Zhang, Y. (2020). Thoughts on improving the professional competence of counselors in application-oriented universities. *Education and Vocation*, 6.
- [27] Fan, Y. (2022). Exploration on the path to improve the professional ability of counselors in private higher vocational colleges. *University: Research and Management*, 25, 181-184.
- [28] Gu, W. (2020). Discussion on the composition and improvement of counselors' professional competence in higher vocational colleges. *Tiantian Ai Kexue (Teaching Research)*, 12, 161.
- [29] Ma, S. (2024). Research on the current situation and countermeasures of vocational college counselors' ability development under the concept of "big ideological and political course". *Journal of Jiamusi Vocational College*, 11.
- [30] Wang, W., & Li, K. (2025). Research on strategies to improve the professional ability of college counselors in the new era. *Journal of Hunan Institute of Science and Technology (Natural Sciences)*, 38(2).
- [31] Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607-610. <https://doi.org/10.1177/001316447003000308>
- [32] Shao, Z. (2023). Research on the path to improve the professional competence of college counselors in the new era. *Teacher*, 26, 81-83.
- [33] Wang, Q., & Zhao, C. (2024). Strategies for the construction and development of counselor teams in private universities. *Journal of Changchun Normal University*, 43(1), 142-144.

A MIXED-INTEGER LINEAR PROGRAMMING MODEL FOR THE FACULTY-ROOM ASSIGNMENT PROBLEM WITH DISCRETE PREFERENCE CONSTRAINTS

Rissaphop Treesuwan^{*1}, Anan Butrat¹

^{*1} *Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn
Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathum Thani 13180, Thailand*

**E-mail Corresponding Author: rissaphop.tree@vru.ac.th*

วันที่รับบทความ 11 พฤษภาคม 2569 วันที่แก้ไขบทความ 3 มิถุนายน 2569 วันที่ตอบรับบทความ 12 มิถุนายน 2569

ABSTRACT

This study addresses the University Course Timetabling Problem (UCTP) in resource-constrained environments using a Mixed-Integer Linear Programming (MILP) model based on Utility Maximization. Distinct from penalty-based cost-minimization frameworks, this model employs a weighted-sum objective function to reward satisfied binary faculty preferences while enforcing capacity constraints. Testing across three behavioral datasets—Baseline, Compressed Week, and Polarized Preferences—reveals that in over-constrained environments (32 subjects vs. 27 slots), physical limitations dictate schedule volume, forcing convergence to maximum utilization regardless of weighting strategies. However, in balanced scenarios, the weighting mechanism proved critical for fine-tuning assignments and strategically resolving high-demand conflicts. This research provides a transparent tool to quantify the trade-off between institutional efficiency and faculty well-being to manage scarce academic resources.

Keywords: University Course Timetabling Problem; Utility Maximization; Mixed-Integer Linear Programming; Faculty Preferences; Resource-Constrained Scheduling; Engineering Education

1. INTRODUCTION

The advent of the Thailand 4.0 policy has catalyzed a paradigm shift in engineering education, prioritizing practical, computer-aided instruction over traditional theoretical models. Core competencies such as Computer-Aided Design (CAD) and Artificial Intelligence (AI) have become central to the curriculum; however, this transition has created significant infrastructure bottlenecks. The demand for specialized computer laboratories now frequently exceeds available supply, severely complicating the University Course Timetabling Problem (UCTP). This challenge is further intensified by the need to accommodate complex faculty preferences, as instructors must balance teaching loads with research and consultancy obligations. Academic administrators face a

critical trade-off: disregarding faculty preferences risks professional burnout, while strict adherence may lead to scheduling infeasibility or institutional inefficiency.

From an organizational behavior perspective, the challenge of scheduling can be understood through the lens of the Job Demands-Resources (JD-R) model. According to this theory, disruptive teaching schedules and poor resource allocation act as significant "job demands" that accelerate physical and emotional exhaustion, ultimately leading to faculty burnout. Conversely, granting instructors control over their schedules—by satisfying temporal preferences—acts as a vital "job resource" that buffers against these demands and fosters academic engagement. Furthermore, principles of Resource Management Theory dictate that in environments with fixed infrastructure (such as specialized CAD laboratories), the strategic allocation of these scarce resources is not merely a logistical puzzle, but a critical driver of overall organizational effectiveness.

While existing approaches to UCTP typically focus on minimizing "penalty costs" or dissatisfaction, such frameworks remain inherently reactive. This research addresses the limitations of traditional models by proposing a Mixed-Integer Linear Programming (MILP) model designed for Utility Maximization. Unlike standard penalty-based or fuzzy models, this approach utilizes a weighted-sum objective function to actively reward the satisfaction of binary preferences. By quantifying the trade-off between institutional efficiency and faculty satisfaction, the model provides a robust decision-making tool for the optimal allocation of scarce resources.

This study develops a mathematical framework that optimizes the utilization of scarce computer laboratory resources while simultaneously addressing the multi-dimensional preferences of faculty members. Specifically, the research seeks to maximize the efficiency of fixed-supply facilities against the burgeoning demand for computer-based engineering subjects, thereby eliminating scheduling conflicts such as double-bookings and reducing underutilization during peak hours.

The study aims to integrate diverse faculty requirements—including temporal preferences for morning or afternoon sessions and specific teaching days—into the scheduling process. By employing a weighted-sum utility function within a Mixed-Integer Linear Programming (MILP) model, the research ensures that institutional resource management and individual faculty satisfaction are balanced through a proactive, utility-based approach.

2. Literature Review

2.1 Evolution of UCTP Modeling Paradigms

The theoretical foundation of the University Course Timetabling Problem (UCTP) in academic literature is primarily established as a constraint-satisfaction challenge. Early and

foundational research focuses on the mathematical necessity of fitting academic events into a finite spatial-temporal grid. However, as noted by Babaei et al. [1] and Chen et al. [2] in their comprehensive surveys, the problem is inherently NP-hard, meaning that as variables such as student numbers and specialized room requirements increase, finding an optimal solution becomes exponentially difficult. This difficulty has historically led researchers to prioritize "hard" constraints—such as physical room capacity and the prevention of double-booking—while treating qualitative factors like faculty satisfaction as secondary "soft" constraints that can be traded off for mathematical feasibility.

When examining the UCTP within the Southeast Asian context, and Thailand specifically, the constraints are distinctly physical and developmental [3]. Regional institutions are rapidly adapting to support national initiatives, such as the 'Thailand 4.0' policy, which emphasizes STEM, AI, and computer-aided education. However, this pedagogical shift often outpaces infrastructural expansion. Recent regional studies highlight this friction. For instance, research conducted at Prince of Songkla University in Thailand demonstrated the necessity of binary integer programming to manage strict teacher preferences against a limited supply of specialized laboratory rooms [4]. Similarly, broader Southeast Asian research, such as studies from Pancasila University in Indonesia [8], underscores that as the volume of technical and lab-based activities increases while physical spaces remain static, scheduling transitions from a mere timetabling issue to a critical resource allocation bottleneck. While these regional studies successfully highlight the need to balance localized constraints and faculty preferences, many still rely heavily on manual post-solution adjustments or reactive heuristics, reinforcing the need for the proactive, exact MILP approach proposed in this study.

In the realm of penalty-based modeling, classical studies have focused on minimizing the "cost" of schedule disruptions. Davison et al. [5] recently expanded this by considering the added complexity of hybrid teaching environments, while Ceschia et al. [6] provided state-of-the-art benchmarks for these educational models. The dominant strategy used by researchers like El Halaby [7] and Burke et al. [8] involves the use of Max-SAT formulations and decomposition techniques to minimize "penalty costs." This standard OR approach aligns closely with Simon's theory of Bounded Rationality and "Satisficing" [9], which posits that complex administrative decisions often default to finding solutions that are merely "good enough" by avoiding negative thresholds. Under these frameworks, every violated faculty preference is assigned a numeric penalty; the goal of the algorithm is to produce a schedule with the lowest possible aggregate penalty. Consequently, these models are theoretically and operationally reactive—they are designed defensively to mitigate dissatisfaction and penalize constraint violations, rather than proactively generating positive utility or maximizing faculty well-being.

As institutional requirements have grown more diverse, the literature has shifted toward multi-objective and multi-section considerations. Ozkan et al. [10] highlighted the necessity of room stability and lecturer preferences within the context of business schools, while Darmawan et al. [11] explored multi-objective modeling as a way to reconcile conflicting departmental goals. These studies acknowledge that a single objective—such as cost-minimization—is often insufficient to capture the nuanced needs of a modern university. By modeling several objectives simultaneously, these researchers attempt to find a "Pareto optimal" balance where no single stakeholder's needs are completely ignored, yet the focus remains largely on finding an acceptable compromise rather than a high-utility outcome.

Finally, recent advancements in the field have introduced sophisticated computational intelligence to handle environmental ambiguity. Maspiyanti et al. [12] and Muklason [13] have demonstrated the efficacy of genetic algorithms, fuzzy cross-over, and tabu-simulated annealing hyper-heuristics in navigating complex datasets. Furthermore, Hua et al. [14] surveyed evolutionary algorithms specifically designed for irregular Pareto fronts, offering tools to solve multi-objective problems that traditional linear methods cannot reach. Despite these technical leaps, a critical conceptual gap remains: the majority of these advanced models are reactive. They prioritize the mitigation of dissatisfaction and the management of irregular variables rather than the proactive maximization of institutional and faculty utility. This research identifies that while the "tools" for solving UCTP have evolved, the "philosophy" must shift toward utility-based optimization to meet the demands of modern engineering education.

2.2 Comparing Penalty-Based and Utility-Based Paradigms

The fundamental distinction between traditional penalty-based frameworks [6, 10] and the proposed utility-based approach lies in both their mathematical formulation and organizational philosophy. In penalty-based models, the scheduling environment is inherently deficit-oriented. The objective function is formulated to minimize aggregate cost, typically expressed as $\min Z = \sum(p_i \times v_i)$, where p_i represents the penalty weight and v_i represents a constraint violation [8]. Consequently, faculty preferences are treated mathematically as liabilities; the algorithm seeks the "least bad" schedule by mitigating the most severe violations, a methodology closely aligned with defensive "satisficing" behavior [9]. In contrast, the utility-based paradigm is asset-oriented. The objective function is designed to maximize aggregate satisfaction, formulated as $\min Z = \sum(w_i \times u_i)$, where w_i is the strategic weight and u_i is the achieved preference utility. Rather than penalizing failure, this model actively rewards the fulfillment of discrete preference constraints. From an organizational behavior perspective, transitioning from penalty to utility transforms the algorithm from a reactive damage-control mechanism into a proactive value-creation tool, generating a vital "job resource" that fosters faculty

well-being [13-14]. While both models may yield mathematically similar spatial-temporal grids in highly constrained scenarios, the utility-based model provides a more transparent, positive decision-support framework that aligns institutional efficiency with faculty well-being. A detailed comparison of these paradigms is summarized in Table 1.

Table 1. Theoretical and Mathematical Comparison of UCTP Modeling Paradigms

Feature	Penalty-Based Approaches (Traditional)	Utility-Based Approach (Proposed MILP)
Primary Objective	Mitigate dissatisfaction and avoid conflicts.	Maximize resource efficiency and faculty satisfaction.
Mathematical Goal	Minimize Total Cost: $\min Z = \sum(p_i \times v_i)$	Maximize Total Utility: $\min Z = \sum(w_i \times u_i)$
Organizational Philosophy	Deficit-oriented (Reactive formulation).	Asset-oriented (Proactive formulation).
Treatment of Preferences	Viewed as "soft constraints" resulting in penalties if broken.	Viewed as active goals yielding reward scores if met.
Decision Transparency	Obscures trade-offs by combining varied penalties into a single "cost."	Clearly quantifies the trade-off between institutional policy and faculty needs.

3. Research Methodology

3.1 Data Collection

The scheduling horizon T is discretized into 9 distinct time slots per week. The specific mapping of time slots to actual weekdays is defined as follows: Monday (Slots 1-2), Tuesday (Slots 3-4), Wednesday (Slot 5), Thursday (Slots 6-7), and Friday (Slots 8-9). Note that Wednesday afternoon is excluded from the set T , reserved for faculty-wide activities. To enforce the faculty's administrative policy of "Early-Week Utilization," a priority score (P_t) is assigned to each time slot. The policy dictates that courses should be filled from the beginning of the week (Monday Morning) to the end (Friday Afternoon) to maximize energy efficiency and operational flow. Therefore, Monday Morning ($t = 1$) is assigned the highest priority (9), while Friday Afternoon ($t = 9$) is assigned the lowest (1), as detailed in Table 2.

Teaching assignments define the demand for 25 course sections distributed among 19 instructors (A1–A19), as detailed in Table 3. Instructor preferences, derived from historical schedules, establish two parameters for each faculty member i a Preferred Time (t_{pref}) and a Least Preferred Time (t_{avoid}). This data drives the optimization model, designed to maximize assignments to t_{pref} while minimizing allocations to t_{avoid} to enhance faculty satisfaction.

Furthermore, the objective function of the MILP model is a Weighted Sum that balances two conflicting goals: satisfying the administrative policy (Time Priority) and satisfying the faculty members (Instructor Preference). For this experimental setup, the weights are determined based on the department's strategic focus, as Table 4.

Table 2. Time Slot Mapping and Priority Scores (P_t)

Time Slot (t)	Day / Session	Priority Score (P_t)	Rationale
1	Monday Morning	9	Highest Priority (Start of week)
2	Monday Afternoon	8	Mid-week
3	Tuesday Morning	7	
4	Tuesday Afternoon	6	
5	Wednesday Morning	5	
6	Thursday Morning	4	
7	Thursday Afternoon	3	
8	Friday Morning	2	
9	Friday Afternoon	1	Lowest Priority (End of week)

Table 3. Instructor Preference and Instructor-Subject Assignment Mapping

Instructor (i)	Preferred Time (t_{pref})	Least Preferred (t_{avoid})	Subject (s)
A1	3 (Tue AM)	9 (Fri PM)	S1
A2	3 (Tue AM)	1 (Mon AM)	S2
A3	6 (Thu AM)	9 (Fri PM)	S3
A4	5 (Wed AM)	1 (Mon AM)	S4
A5	5 (Wed AM)	8 (Fri AM)	S5
A6	4 (Tue PM)	1 (Mon AM)	S6
A7	7 (Thu PM)	9 (Fri PM)	S7
A8	2 (Mon PM)	5 (Wed AM)	S8
A9	1 (Mon AM)	9 (Fri PM)	S9, S10
A10	3 (Tue AM)	9 (Fri PM)	S11
A11	6 (Thu AM)	2 (Mon PM)	S12
A12	4 (Tue PM)	8 (Fri AM)	S13
A13	5 (Wed AM)	9 (Fri PM)	S14, S15
A14	2 (Mon PM)	1 (Mon AM)	S16
A15	3 (Tue AM)	9 (Fri PM)	S17
A16	7 (Thu PM)	4 (Tue PM)	S18
A17	6 (Thu AM)	1 (Mon AM)	S19
A18	8 (Fri AM)	9 (Fri PM)	S20
A19	4 (Tue PM)	1 (Mon AM)	S21, S22

Table 4. Objective Function Weights

Parameter	Symbol	Value	Description
Time Weight	w_{time}	0.7	The high importance of the administrative policy to fill early-week slots.
Preference Weight	w_{pref}	0.3	The secondary goal of accommodating individual instructor requests.

3.2 Mathematical Model Formulation

This section details of University Course Timetabling Problem (UCTP) using Mixed-Integer Linear Programming (MILP). The mathematical model fundamentally separates non-negotiable physical limitations (Hard Constraints) from desirable behavioral goals (Soft Constraints). Soft Constraints and the Objective Function: Faculty preferences and administrative time priorities represent Soft Constraints. Rather than formulating these as traditional inequalities that trigger penalties if broken, they are integrated into the Objective Function as Equation (1). This allows the solver to maximize Total Weighted Utility (Z) by fulfilling as many Soft Constraints as physically possible.

Hard Constraints: Equations (3), (4), and (5) represent the Hard Constraints of the UCTP. The solver must achieve a 100% satisfaction ratio for these conditions; any violation renders the schedule mathematically infeasible. Constraint 2 (Equation 3) is the Room Capacity Constraint, ensuring $\sum x \leq 1$ Constraint 3 (Equation 4) is the Instructor Availability Constraint, ensuring an instructor cannot be scheduled in two different rooms simultaneously. Constraint 4 (Equation 5) restricts the decision variables to binary values.

The Mathematical Logic of Dropped Subjects: Constraint 1 (Equation 2), the Subject Assignment Limit, is deliberately formulated as an inequality ($\sum x \leq 1$) rather than a strict equality ($=1$). In an over-constrained environment where the total Demand exceeds total Capacity, enforcing an equality would cause the MILP solver to return an "Infeasible" status. By utilizing the ≤ 1 inequality, the solver is permitted to assign a value of 0 to a subject across all time slots and rooms, effectively "dropping" it. Because the objective function seeks to maximize Z, the algorithm will naturally assign as many subjects as the Hard Constraints permit. The specific subjects chosen to be dropped are those whose inclusion would block other high-utility assignments, thus minimizing the overall loss to the system's total aggregate utility.

Indices

- I : Set for Instructors, $i \in \{A1, A2, \dots, A19\}$
- S_i : Set for Subjects taught by instructor i
- T : Set for Available time slots, $t \in \{1, 2, \dots, 9\}$
- R : Set for Computer rooms, $r \in \{1, 2, 3\}$

Parameters

- w_{time} : Weight assigned to time priority (0.7)
- w_{pref} : Weight assigned to instructor preference (0.3)
- P_t : The priority score of time slot t (based on administrative policy, 9...1)
- U_{it} : The preference utility of instructor i for time slot t , defined as:

$$U_{it} = \begin{cases} 1 & \text{if } t = t_{pref} \text{ (Preferred)} \\ -1 & \text{if } t = t_{avoid} \text{ (Least Preferred)} \\ 0 & \text{otherwise (Neutral)} \end{cases}$$

Decision Variables

x_{istr} : is 1 if instructor i teaches subject s at time t in room r , 0 otherwise

Objective Function

$$\text{Maximize } Z = \sum_{i \in I} \sum_{s \in S_i} \sum_{t \in T} \sum_{r \in R} ((w_{time} \times P_t) + (w_{pref} \times U_{it})) \times x_{istr} \quad (1)$$

Constraints 1

$$\sum_{t \in T} \sum_{r \in R} x_{istr} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall s \in S_i \quad (2)$$

Constraints 2

$$\sum_{i \in I} \sum_{s \in S_i} x_{istr} \leq 1 \quad \forall t \in T, \forall r \in R \quad (3)$$

Constraints 3

$$\sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{istr} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall t \in T \quad (4)$$

Constraints 4

$$x_{istr} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall s \in S_i, \forall t \in T, \forall r \in R \quad (5)$$

The objective Function as Equation (1) is to maximize the Total Weighted Utility (Z), which is the sum of the administrative time efficiency and the individual instructor satisfaction. The term $(w_{time} \times P_t)$ rewards the assignment of classes to high-priority slots (e.g., Monday Morning). The term $(w_{pref} \times U_{it})$ rewards assigning an instructor to their preferred slot (+0.3) and penalizes assigning them to their least preferred slot (-0.3). Constraints 1 as Equation (2), named Subject Assignment Limit, that each subject s taught by instructor i may be assigned to at most one time slot and room. This inequality allows the solver to leave a subject unassigned ($x = 0$) if no feasible slot exists, preventing infeasibility in overcrowded scenarios. Constraints 2 as Equation (3), named Room Capacity Constraint, that each computer room r can accommodate at most one subject at any specific time slot t . Constraints 3 as Equation (4), named Instructor Availability, that an instructor i cannot teach more than one subject at the same time t . This prevents the model from scheduling a multi-section instructor (e.g., A9) to two different rooms simultaneously. Constraints 4 as Equation (5), named Binary Variable Constraint, that this constraint defines the domain of the decision variables, restricting them to binary values. It ensures that the scheduling decision is discrete and definitive: a value of 1 indicates that a specific assignment (Instructor i teaching Subject s at Time t in Room r) is active, while 0 indicates it is not.

3.3 Computational Implementation

To implement the proposed optimization framework, the mathematical model was developed using the Python programming language, chosen for its extensive support in data manipulation and scientific computing. The PuLP library served as the linear programming modeler, providing the interface to define the decision variables, objective function, and constraints within a Python environment. To solve the resulting Mixed-Integer Linear Programming (MILP) problem, the CBC (Coin-OR Branch and Cut) solver engine was employed. This solver was selected for its capability to efficiently process binary constraints and guarantee an exact optimal solution for the scheduling parameters defined in this study.

3.4 Scenario Testing

To evaluate the robustness of the proposed model and understand the trade-offs between institutional policy and faculty satisfaction, a sensitivity analysis was conducted. The model was solved under five distinct weight scenarios, ranging from a balanced approach to a strong bias toward either time priority or instructor preference. The objective is to observe how changing the weights (W_{time} and W_{pref}) affects the final schedule structure. The five scenarios defined for this experiment are detailed in Table 5.

Moreover, Table 6 presents two distinct datasets designed to stress-test the robustness of the proposed scheduling model under extreme behavioral scenarios. These datasets represent conflicting faculty cultures that create specific mathematical challenges for the optimization algorithm.

Compressed Week (High Conflict) simulates a scenario where the majority of faculty members compete for the same "prime time" slots. As observed in the table, nearly all instructors (A1–A26) strictly prefer mid-week sessions (Tuesday, Wednesday, and Thursday), specifically time slots 3, 4, 5, 6, and 7. Conversely, there is a universal aversion to the "edge" slots of the week, with almost every instructor listing Monday Morning (Slot 1) or Friday Afternoon (Slot 9) as their least preferred time. This dataset creates a high-congestion environment that tests the model's ability to maximize utility when ideal resources are scarce and forcing assignments into unpopular slots is unavoidable.

AM vs. PM Split (Polarized) represents a divided faculty culture. In this scenario, the instructors are split into two distinct groups with opposing preferences. The senior group (A1–A13) exclusively prefers morning sessions (Slots 1, 3, 5, 6, 8) and avoids afternoons, while the junior group (A14–A26) prefers afternoon sessions (Slots 2, 4, 7, 9) and avoids mornings. This dataset tests the model's capacity to handle temporal segregation and effectively implement "block scheduling" without creating gaps or conflicts between the two groups.

Table 5. Weight Scenarios for Sensitivity Analysis

Scenario Weight	Time Weight (w_{time})	Preference Weight (w_{pref})	Description
SW1	0.5	0.5	Balanced: Equal importance to policy and people
SW2	0.4	0.6	Preference-Leaning: Slight bias toward faculty needs
SW3	0.6	0.4	Time-Leaning: Slight bias toward administrative policy
SW4	0.3	0.7	Faculty-Centric: Strong focus on individual satisfaction
SW5	0.7	0.3	Policy-Centric: Strong focus on maximizing priority time slots

Table 6. Instructor Preference Datasets for Robustness Testing

Inst.	Scenario Preference			
	SP 1: Compressed Week		SP 2: AM vs. PM Split	
	Preferred (t_{pref})	Least Preferred (t_{avoid})	Preferred (t_{pref})	Least Preferred (t_{avoid})
A1	3 (Tue AM)	1 (Mon AM)	1 (Mon AM)	2 (Mon PM)
A2	4 (Tue PM)	9 (Fri PM)	3 (Tue AM)	4 (Tue PM)
A3	5 (Wed AM)	1 (Mon AM)	5 (Wed AM)	7 (Thu PM)
A4	6 (Thu AM)	9 (Fri PM)	6 (Thu AM)	9 (Fri PM)
A5	7 (Thu PM)	1 (Mon AM)	8 (Fri AM)	2 (Mon PM)
A6	3 (Tue AM)	9 (Fri PM)	1 (Mon AM)	4 (Tue PM)
A7	4 (Tue PM)	1 (Mon AM)	3 (Tue AM)	7 (Thu PM)
A8	5 (Wed AM)	9 (Fri PM)	5 (Wed AM)	9 (Fri PM)
A9	6 (Thu AM)	1 (Mon AM)	6 (Thu AM)	2 (Mon PM)
A10	7 (Thu PM)	9 (Fri PM)	8 (Fri AM)	4 (Tue PM)
A11	3 (Tue AM)	1 (Mon AM)	1 (Mon AM)	7 (Thu PM)
A12	4 (Tue PM)	9 (Fri PM)	3 (Tue AM)	9 (Fri PM)
A13	5 (Wed AM)	1 (Mon AM)	5 (Wed AM)	2 (Mon PM)
A14	6 (Thu AM)	9 (Fri PM)	2 (Mon PM)	1 (Mon AM)
A15	7 (Thu PM)	1 (Mon AM)	4 (Tue PM)	3 (Tue AM)
A16	3 (Tue AM)	9 (Fri PM)	7 (Thu PM)	5 (Wed AM)
A17	4 (Tue PM)	1 (Mon AM)	9 (Fri PM)	6 (Thu AM)
A18	5 (Wed AM)	9 (Fri PM)	2 (Mon PM)	8 (Fri AM)
A19	6 (Thu AM)	1 (Mon AM)	4 (Tue PM)	1 (Mon AM)
A20	7 (Thu PM)	9 (Fri PM)	7 (Thu PM)	3 (Tue AM)
A21	3 (Tue AM)	1 (Mon AM)	9 (Fri PM)	5 (Wed AM)
A22	4 (Tue PM)	9 (Fri PM)	2 (Mon PM)	6 (Thu AM)
A23	5 (Wed AM)	1 (Mon AM)	4 (Tue PM)	8 (Fri AM)
A24	6 (Thu AM)	9 (Fri PM)	7 (Thu PM)	1 (Mon AM)
A25	7 (Thu PM)	1 (Mon AM)	9 (Fri PM)	3 (Tue AM)
A26	3 (Tue AM)	9 (Fri PM)	2 (Mon PM)	5 (Wed AM)

4. Results

4.1 Comparative Analysis of Preference Scenarios and Weighting Scenarios

Table 8 provides a comprehensive summary of the optimization outcomes across three distinct preference datasets (SP0, SP1, SP2) and varying objective function weights. Crucially, capacity structurally converged across all scenarios, regardless of the faculty preference distribution or weight settings, the model consistently achieved the maximum possible resource utilization (27 assigned slots) and the maximum theoretical Time Score (135). This confirms that in an over-constrained environment (32 subjects vs. 27 slots), the physical limitations of the facility dictate the overall volume of the schedule.

Dropped Subject consistency: While the number of dropped subjects remained fixed at 5 (due to the 27-slot capacity), the identity of these subjects varied by dataset. This confirms that the specific combination of dropped courses is a function of the local conflicts created by specific preference overlaps in each dataset.

Table 7. Summary of Preference Scenarios and Weighting Scenarios

Scenario		Assigned	Time Score	Pref Score	Dropped Subject
Preference	Weight				
SP0	SW1, SW3, SW5	27	135	21	5 (A1-S1, A9-S9, A13-S14, A19-S22, A21-S24)
SP0	SW2, SW4	27	135	21	5 (A1-S1, A9-S9, A13-S15, A19-S22, A21-S24)
SP1	All Sce.	27	135	15	5 (A9-S9, A10-S11, A18-S20, A19-S22, A26-S32)
SP2	All Sce.	27	135	25	5 (A9-S9, A13-S15, A19-S22, A25-S29, A26-S32)

4.2 Comparative Analysis of Scheduling Outcomes

The comparison within the SP0 (Baseline) dataset reveals that the schedule remains highly stable across different weight distributions, with approximately 95% of assignments remaining identical. However, a critical trade-off emerges between Policy-Dominant scenarios (SW1, SW3, SW5) and Faculty-Centric scenarios (SW2, SW4) regarding the allocation of the high-demand Wednesday Morning slots. In the Policy-Dominant patterns (Table 8, the algorithm prioritizes Instructor A4 (Subject S4) for Room 3 on Wednesday morning, forcing Instructor A5 (Subject S5) into the low-priority Friday Afternoon slot. Conversely, when the model leans towards faculty preferences (Table 9), it successfully reconfigures the schedule to grant A5 their preferred Wednesday morning slot. This adjustment creates a ripple effect: Instructor A4 is displaced to Friday Afternoon, and the multi-section Instructor A13 swaps which specific section is dropped (retaining S14 in the first pattern versus S15 in the second). This demonstrates that while resource saturation

dictates the overall structure, increasing the preference weight (W_{pref}) allows the model to fine-tune specific "winning" assignments at the margins.

Beyond the baseline fine-tuning, the model's structural adaptability to extreme faculty cultures is evident in the remaining datasets. Table 10 illustrates the schedule topology for the Compressed Week dataset (SP1), where all weight scenarios converged into a single identical schedule. This demonstrates that heavily avoided Monday and Friday slots are populated entirely due to capacity limitations rather than preference. Similarly, Table 11 presents the Polarized AM vs. PM dataset (SP2), which generates a distinct, converged topology that strictly clusters specific instructors into morning blocks while reserving afternoon blocks for the opposing group. The total convergence observed in both Table 10 and Table 11 confirms that in highly constrained behavioral environments, physical resource limitations completely override the algorithmic weighting parameters.

Table 8. Schedule Topology of the Polarized AM vs. PM Dataset SP0 with weight SW1, SW3, SW5

Days	Time	Room 1	Room 2	Room 3
Mon	AM	A24 (S27)	A9 (S10)	A15 (S17)
	PM	A20 (S23)	A8 (S8)	A14 (S16)
Tue	AM	A2 (S2)	A24 (S28)	A10 (S11)
	PM	A19 (S21)	A12 (S13)	A6 (S6)
Wed	AM	A25 (S29)	A13 (S14)	A4 (S4)
Thu	AM	A22 (S25)	A3 (S3)	A17 (S19)
	PM	A26 (S32)	A16 (S18)	A7 (S7)
Fri	AM	A26 (S31)	A18 (S20)	A23 (S26)
	PM	A5 (S5)	A11 (S12)	A25 (S30)

Table 9. Schedule Topology of the Polarized AM vs. PM Dataset SP0 with weight SW1, SW3, SW5

Days	Time	Room 1	Room 2	Room 3
Mon	AM	A24 (S27)	A9 (S10)	A15 (S17)
	PM	A20 (S23)	A8 (S8)	A14 (S16)
Tue	AM	A2 (S2)	A24 (S28)	A10 (S11)
	PM	A19 (S21)	A12 (S13)	A6 (S6)
Wed	AM	A25 (S29)	A5 (S5)	A13 (S15)
Thu	AM	A22 (S25)	A3 (S3)	A17 (S19)
	PM	A26 (S32)	A16 (S18)	A7 (S7)
Fri	AM	A26 (S31)	A18 (S20)	A23 (S26)
	PM	A4 (S4)	A11 (S12)	A25 (S30)

Table 10. Schedule Topology of the Polarized AM vs. PM Dataset SP1 with All Scenario

Days	Time	Room 1	Room 2	Room 3
Mon	AM	A26 (S31)	A14 (S16)	A6 (S6)
	PM	A21 (S24)	A25 (S29)	A7 (S7)
Tue	AM	A1 (S1)	A16 (S18)	A11 (S12)
	PM	A22 (S25)	A12 (S13)	A2 (S2)
Wed	AM	A23 (S26)	A3 (S3)	A13 (S15)
Thu	AM	A19 (S21)	A4 (S4)	A24 (S27)
	PM	A25 (S30)	A5 (S5)	A20 (S23)
Fri	AM	A17 (S19)	A8 (S8)	A24 (S28)
	PM	A15 (S17)	A13 (S14)	A9 (S10)

Table 11. Schedule Topology of the Polarized AM vs. PM Dataset SP0 with All Scenario

Days	Time	Room 1	Room 2	Room 3
Mon	AM	A6 (S6)	A11 (S12)	A1 (S1)
	PM	A18 (S20)	A22 (S25)	A14 (S16)
Tue	AM	A2 (S2)	A12 (S13)	A7 (S7)
	PM	A15 (S17)	A19 (S21)	A23 (S26)
Wed	AM	A3 (S3)	A13 (S14)	A8 (S8)
Thu	AM	A9 (S10)	A4 (S4)	A24 (S27)
	PM	A20 (S23)	A16 (S18)	A24 (S28)
Fri	AM	A26 (S31)	A5 (S5)	A10 (S11)
	PM	A17 (S19)	A25 (S30)	A21 (S24)

4.3 Varying Physical Constraints

Table 12 summarizes the macroscopic outcomes of the extended sensitivity analysis, demonstrating that these structural results remain entirely invariant across all five weighting scenarios (SW1 through SW5). In the under-constrained Resource Expansion condition (36 available slots), the model successfully accommodates all 32 required subjects, yielding zero unassigned courses and an 88.8% resource utilization rate. However, when subjected to the over-constrained Baseline (27 slots relative to 32 subjects) and Demand Inflation (27 slots relative to 40 subjects) conditions, rigid physical limitations enforce a strict 100% utilization ceiling, mathematically compelling the solver to drop exactly 5 and 13 subjects, respectively. The fact that the exact same volume of scheduled and dropped subjects occurs regardless of whether the algorithm is configured to be highly faculty-centric (SW4) or policy-centric (SW5) substantiates the primary thesis: irrespective of the strategic priority an institution assigns, absolute physical capacity strictly dictates the aggregate schedule volume, leaving algorithmic weights to govern only the micro-level allocation of finite resources.

Table 12. Impact of Varying Physical Constraints on Model Outcomes (SW1 – SW5)

Scenarios	Supply (Slots)	Demand (Subjects)	Subjects Assigned	Subjects Dropped	Resource Utilization	Algorithmic Flexibility
Resource Expansion (+1 Room)	36	32	32	0	88.80%	High
Baseline (Original)	27	32	27	5	100%	Low
Demand Inflation (+8 Subjects)	27	40	27	13	100%	Negligible

4.4 Theoretical Interpretation of Utility Maximization

The outcomes of the model provide a clear empirical demonstration of Utility Maximization theory in an operational context. In classical microeconomics, a rational agent allocates scarce resources to maximize overall satisfaction, evaluating decisions based on *marginal utility*—the additional satisfaction gained from one specific choice over another. The MILP model acts as this rational agent.

This theoretical mechanism is perfectly illustrated by the "Wednesday War" observed in the Baseline (SP0) dataset. Because the environment is heavily constrained by physical capacity (enforcing a strict ceiling on total assignments), the optimization algorithm cannot increase total utility by simply assigning more courses. Instead, it must evaluate the marginal utility of swapping discrete assignments. Under Policy-Dominant weights, the model calculates that the utility gained from fulfilling the administrative "early-week" policy outweighs the disutility of instructor A5's dissatisfaction. Conversely, under Faculty-Centric weights, the marginal utility of satisfying A5's specific temporal preference mathematically surpasses the time-priority score, triggering a strategic swap that displaces instructor A4.

This confirms that the model does not merely "satisfice" or randomly assign remaining slots once capacity is reached. Instead, the weighted-sum objective function strictly enforces utility-maximizing behavior, dynamically reallocating resources at the margins to ensure the highest possible aggregate value is extracted from the fixed physical infrastructure based on the institution's stated priorities.

As shown in Table 13, under Policy-Dominant weights, the model calculates that fulfilling the administrative early-week policy generates a higher aggregate score, forcing A5 into an unfavorable slot. Conversely, under Faculty-Centric weights, satisfying A5's specific temporal preference provides a superior mathematical return, displacing A4.

This confirms that the model does not merely "satisfice" or randomly assign remaining slots once capacity is reached. Instead, the weighted-sum objective function strictly enforces utility-maximizing behavior, dynamically reallocating resources at the margins to ensure the highest

possible aggregate value is extracted from the fixed physical infrastructure based on the institution's explicitly stated priorities.

Table 13. Marginal Utility Trade-offs in the "Wednesday War" (Baseline Dataset SP0)

Weighting Strategy	Primary Optimization Focus	Wednesday AM Allocation (Prime Slot)	Friday PM Allocation (Low Priority)	Marginal Utility Rationale
Policy-Dominant	Administrative early-week policy	Instructor A4	Instructor A5	The utility gained from maximizing the administrative time-priority score mathematically outweighs the disutility of Instructor A5's dissatisfaction.
Faculty-Centric	Individual instructor preferences	Instructor A5	Instructor A4	The marginal utility of satisfying Instructor A5's specific temporal preference surpasses the institutional time-priority score, triggering a strategic swap.

4.5 Computational Performance and Scalability

To evaluate the computational efficiency of the proposed MILP model, execution times were recorded across the primary behavioral datasets (SP0, SP1, SP2) and the five sensitivity weighting scenarios (SW1–SW5). The Python-based model, utilizing the CBC solver, was executed on a standard computational environment featuring an AMD Ryzen 7 4700U processor (2.00 GHz) with 16.0 GB RAM. The performance metrics, all based on the fixed departmental problem size of 32 subjects versus 27 available slots, are summarized in Table 14.

The CBC solver proved highly efficient for this departmental-scale problem, successfully achieving mathematical optimality in under 0.3 seconds across every tested configuration. The minor variations in CPU time (ranging from 0.2564 seconds to 0.2960 seconds) indicate that neither the faculty behavioral culture (SP1 vs. SP2) nor the applied algorithmic weights (SW1–SW5) introduced significant computational friction at this scale.

Table 14. CPU Execution Time (Seconds) Across Datasets and Weight Scenarios

Dataset (32 Subjects vs. 27 Slots)	SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	Optimality Status
SP0: Baseline	0.2652	0.2566	0.2588	0.2564	0.2694	Optimal
SP1: Compressed Week	0.2728	0.2674	0.296	0.2679	0.2819	Optimal
SP2: Polarized Split	0.2636	0.285	0.2623	0.2613	0.2611	Optimal

4.6 Mathematical Proof of Constraint Satisfaction and Subject Dropping

To provide operational transparency for academic administrators managing over-constrained environments, it is necessary to mathematically quantify the system's constraint

satisfaction parameters. In all tested scenarios, the Hard Constraint Satisfaction Ratio was strictly maintained at 100%, as the CBC solver is programmed to intrinsically reject any physical overlaps, such as double-bookings or room capacity violations. Consequently, the necessity of dropping subjects is not an algorithmic flaw, but a direct mathematical consequence of the system's geometric boundaries. The relationship between the physical capacity of the scheduling environment and the instructional demand for the Baseline dataset is detailed in Table 15.

As demonstrated in the table, the system is mathematically constrained to a maximum of 27 assignments, rendering the baseline volume of 5 dropped subjects an unavoidable constant. While the quantity of dropped subjects is dictated entirely by these structural Hard Constraints, the specific identity of the dropped subjects is dictated by the Soft Constraints embedded within the objective function. The MILP algorithm evaluates the potential marginal utility of all possible combinations and isolates the precise subjects that generate the most severe scheduling conflicts. For example, if a multi-section instructor possesses highly restrictive temporal preferences that directly conflict with the administrative early-week policy, the algorithm will drop one of their sections to free up prime-time capacity for instructors whose preferences align more efficiently with the institutional utility weights. This transparent mathematical logic guarantees administrators that dropped subjects are not selected arbitrarily, but are the result of an exact optimization process calculating the minimum possible disruption to overall system utility.

Table 15. Mathematical Derivation of System Capacity and Unassigned Subjects

Parameters	Definitions	Calculation / Value
Physical Capacity (C)	Available Rooms X Time Slots	R
Instructional Demand (D)	Total required subject sections	S
Feasible Assignments	Maximum allowable volume: $\min(D, C)$	$\min(32, 27) = 27$ assignments
Unassigned Subjects (U)	Baseline dropped volume: $\max(0, D - C)$	$\max(0, 32 - 27) = 5$ dropped subjects

4.7 Discussion and Comparative Analysis

Comparing the schedules across the three datasets (SP0, SP1, and SP2) highlights the model's structural adaptability to extreme faculty cultures. While SP0 shows a balanced distribution, SP1 (The Compressed Week) results in a schedule where Monday and Friday slots are utilized purely for capacity reasons rather than preference. For instance, slots like Monday Morning and Friday Afternoon are populated effectively despite universal aversion to these times. In contrast, SP2 (The Polarized Split) generates a completely distinct topology that respects the "AM vs. PM" tribal division, heavily clustering specific instructors into distinct morning and afternoon blocks. Notably, both the SP1 and SP2 datasets resulted in total convergence for all scenarios, indicating that in highly constrained behavioral environments, the physical limitations of the facility

(27 slots vs. 32 subjects) override the weighting parameters, forcing the model into a single, geometrically optimal solution to maximize resource utilization.

While physical constraints dictated the schedule's volume, weighting strategies proved critical for fine-tuning assignment quality at the margins, particularly in the Baseline (SP0) dataset. The analysis highlighted a specific trade-off—the "Wednesday War"—where shifting weights determined the allocation of prime slots between Instructors A4 and A5. Policy-Dominant weights forced A5 to a Friday afternoon, whereas Faculty-Centric weights granted A5 the Wednesday slot. This demonstrates the model's value as a fine-tuning instrument that distributes inevitable sacrifices according to specific administrative priorities.

To contextualize the efficacy of the proposed utility-maximizing MILP model, it is essential to compare these outcomes with established findings in the University Course Timetabling Problem (UCTP) literature. The results of this study demonstrate both critical consistencies with regional infrastructural constraints and significant functional divergences from traditional penalty-based methodologies.

- Consistency Regarding Physical Bottlenecks: The finding that extreme physical constraints dictate schedule volume—forcing algorithmic convergence regardless of preference weights—is highly consistent with recent regional studies. Similar to the findings by Choosawang et al. [4] at Prince of Songkla University and Maspiyanti et al. [13] in Indonesia, this study confirms that in developing or rapidly expanding technological faculties, physical space (supply) represents an absolute hard constraint that easily overrides soft preference variables.
- Consistency in Multi-Objective Trade-offs: The model's ability to fine-tune assignments at the margins aligns with the multi-objective observations made by Darmawan et al. [12] and Ozkan et al. [11]. These prior studies noted that a single objective is insufficient for modern universities, and our findings corroborate that adjusting strategic weights allows administrators to successfully navigate competing departmental goals without causing systemic scheduling failure.
- Divergence in Mathematical Philosophy and Transparency: Where this study strongly diverges from the classical literature is in its operational philosophy and mathematical transparency. Foundational UCTP models, such as those by Burke et al. [10], Ceschia et al. [7], and Davison et al. [1], rely heavily on deficit-oriented, penalty-based heuristics. While those reactive models successfully identify "least bad" schedules by minimizing constraint violations, they obscure specific trade-offs by aggregating penalties into a single "cost." In contrast, our

proposed utility-based MILP model proved divergent by operating as a transparent, proactive tool. It quantified the exact marginal utility of satisfying a faculty member versus an administrative policy, actively generating scheduling value rather than merely mitigating scheduling damage.

Ultimately, while the geometric realities of scheduling remain consistent with broader academic consensus, the utility-maximization approach offers a divergent, highly transparent decision-support mechanism that is better suited for managing faculty well-being in resource-scarce environments.

Despite its strengths, this study has limitations. First, the model uses binary preferences, failing to account for degrees of desire handled better by fuzzy logic models (Maspiyanti et al. [13]). Second, as an exact MILP formulation, scalability poses a challenge compared to the heuristic speeds of algorithms reviewed by Chen et al. [6] and Muklason [14]. Finally, the framework assumes a static environment and does not currently account for dynamic disruptions such as maintenance or schedule changes.

5. Conclusion

This research addressed the critical bottleneck of computer laboratory scarcity in Thai engineering education by proposing a Mixed-Integer Linear Programming (MILP) model focused on Utility Maximization. Unlike traditional cost-minimization approaches that penalize soft constraint violations, this study utilized a weighted-sum objective function to actively reward the satisfaction of faculty preferences while adhering to strict physical capacity limits. Key Findings:

- Dominance of Physical Constraints: In over-constrained environments where demand exceeds supply (32 subjects vs. 27 slots), physical infrastructure dictates the schedule's volume. The model consistently achieved maximum resource utilization (100%) across all scenarios, confirming that facility limitations override algorithmic weighting regarding total capacity.
- Convergence in Extreme Scenarios: Under rigid behavioral constraints—such as the "Compressed Week" (SP1) or "Polarized" preferences (SP2)—the solution space converged to a single optimal geometric arrangement. This indicates that when resources are scarce and preferences are highly correlated, the trade-off between administrative policy and faculty preference becomes negligible.
- Marginal Utility and Fine-Tuning: In balanced environments (Baseline SP0), the weighting strategy proved critical for resolving specific conflicts at the margins. Administrators successfully used the model to "fine-tune" high-demand allocations (e.g., the "Wednesday

War"), distributing inevitable sacrifices based on set priorities without compromising overall system efficiency.

- Transparency of Trade-offs: The shift from penalty-based logic to positive utility maximization offers a psychological and administrative advantage. It allows decision-makers to explicitly visualize the "cost" of favoring policy over preference, transforming the scheduling process from a damage-control exercise into a value-creation mechanism.
- Validation of Algorithmic Flexibility Thresholds: Extended physical sensitivity analysis confirmed that the weighting mechanism's effectiveness is inversely proportional to resource saturation. In under-constrained environments (e.g., expanded room capacity), the utility objective function freely optimizes faculty preferences. However, as demand inflation pushes utilization toward 100%, the model shifts mathematically from a preference-optimizer to a strict capacity-packing algorithm.

Future Research Directions

- Fuzzy Preference Integration: Future work should extend the objective function to include Fuzzy Preference Weights, enabling faculty to rank their time slots (e.g., 1st choice vs. 2nd choice) rather than relying on a simple binary selection.
- Pareto Frontier Analysis: Integrating Pareto Frontier analysis could help visualize the set of optimal solutions, providing administrators with a menu of "non-dominated" schedules rather than a single static output.
- Hybrid Environment Application: Applying this model to a hybrid environment—mixing restricted computer laboratories with general lecture halls—would test its versatility and effectiveness across broader academic departments.
- Scalability and Hybrid Algorithms: To deploy this utility-maximization framework at a university-wide scale, future research should explore hybridizing this MILP formulation with meta-heuristic algorithms (such as Genetic Algorithms or Simulated Annealing) to overcome the exponential computational time of NP-hard environments.

6. References

- [1] Davison, M., Kheiri, A., & Zografos, K. G. (2025). Modelling and solving the university course timetabling problem with hybrid teaching considerations. *Journal of Scheduling* , 28 (2), 195–215. <https://doi.org/10.1007/s10951-024-00817-w>
- [2] Hua, Y., Liu, Q., Hao, K., & Jin, Y. (2021). A survey of evolutionary algorithms for multi-objective optimization problems with irregular Pareto fronts. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica* , 8 (2), 303–318. <https://doi.org/10.1109/JAS.2021.1003817>

-
- [3] Kruesri, S., Thongkamton, P., Sudawan, M., & Youngnoi, R. (2025). Planning a Timetable for Deciding to Registration in Course. *Journal of Science Ladkrabang*, 34(1), 128. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/science_kmitl/article/view/266381/180381
- [4] Choosawang, S., Hamu, N., Doloh, S., & Nualnil, S. (2024). Solving the University Timetabling Problem Considering Teachers' Preferences: Modeling and Solution Using Binary Integer Programming. *International Journal of Information Management Sciences*, 8(1), 18-30. <https://ijims.org/index.php/home/article/view/82>
- [5] Babaei, H., Karimpour, J., & Hadidi, A. (2015). A survey of approaches for university course timetabling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 86, 43-59. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.11.010>
- [6] Chen, M. C., Sze, S. N., Goh, S. L., Sabar, N. R., & Kendall, G. (2021). A survey of university course timetabling problem: Perspectives, trends and opportunities. *IEEE Access*, 9, 102047-102061. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3100613>
- [7] Ceschia, S., Di Gaspero, L., & Schaerf, A. (2023). Educational timetabling: Problems, benchmarks, and state-of-the-art results. *European Journal of Operational Research*, 308 (1), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.07.011>
- [8] El Halaby, M. (2018). Solving the course-timetabling problem of Cairo University using Max-SAT . *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1803.05027>
- [9] Simon, H. A. (1956). Rational choice and the structure of the environment. *Psychological Review*, 63(2), 129-138. <https://doi.org/10.1037/h0042769>
- [10] Burke, E. K., Mareček, J., Parkes, A. J., & Rudová, H. (2010). Decomposition, reformulation, and diving in university course timetabling. *Computers & Operations Research*, 37 (3), 582-597. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2009.02.023>
- [11] Ozkan, A., Ulucan, A., Dirik, C., & Atici, K. B. (2025). University course timetabling with multi-section courses, room stability and lecturer preferences: an application in a business school. *Computational Management Science*, 22 (1). <https://doi.org/10.1007/s10287-025-00529-2>
- [12] Darmawan, V. E. B., Chen, Y., Larasati, A., Prastyo, D., & Dwiastuti, A. (2019). Multi- objective Modeling for a Course Timetabling Problem. In *Proceedings of the International Conference on Creative Economics, Tourism and Information Management - Volume 1: ICCETIM* (pp. 10-14). <https://doi.org/10.5220/0009857300100014>
- [13] Maspiyanti, F., Gatc, J., Nursari, S. R. C., & Murtako, A. (2025). Course timetabling using genetic algorithm and fuzzy cross-over. *International Journal on Informatics Visualization (JOIV)*, 9 (5). <http://dx.doi.org/10.62527/joiv.9.5.3196>

- [14] Muklason, A. (2024). Automated course timetabling optimization using tabu-simulated annealing hyper-heuristics algorithm. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika* , 10 (1). <https://doi.org/10.23917/khif.v10i1.4835>
- [15] Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., & Schaufeli, W. B. (2001). The job demands-resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology*, 86(3), 499–512. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.3.499>
- [16] Barney, J. B., & Clark, D. N. (2007). *Resource-based theory: Creating and sustaining competitive advantage*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199277681.001.0001>

การศึกษาผลกระทบจากเครื่องติดฉลากแบบใช้กาวด้วยเซ็นเซอร์

แบบอินฟราเรด

A STUDY ON THE IMPACT OF A GLUE-BASED LABELING MACHINE USING AN INFRARED SENSOR

รัตนภรณ์ บุญเจริญ^{*1} กิตติคม นนท์ประสาธ²Rattanaporn Booncharen¹ Kittikom Nontprasat²^{*1,2} คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา การจัดการอุตสาหกรรม, วิทยาลัยเชียงราย^{*1,2} Faculty of Industrial Engineering, Chiang Rai College^{*} E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): rattanaporn.14032540@gmail.com

วันที่รับบทความ 23 มิถุนายน 2569 วันที่แก้ไขบทความ 18 สิงหาคม 2569 วันที่ตอบรับบทความ 24 สิงหาคม 2569

บทคัดย่อ

กระบวนการติดฉลากบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรมอาหารประกอบประสบปัญหาความไม่เสถียรและเกิดของเสียจากการผลิต เช่น ฉลากพับและฉลากเหลื่อม ปัญหานี้มีสาเหตุหลักมาจากระบบควบคุมแบบวงเปิดขาดความแม่นยำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของมุมเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่มีต่อประสิทธิภาพและเสถียรภาพของกระบวนการติดฉลากประกอบในสายการผลิตจริง ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แนวคิดการควบคุมกระบวนการทางสถิติเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนและประเมินประสิทธิภาพของระบบ การทดลองทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเครื่องติดฉลากเดิมกับเครื่องต้นแบบที่ติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่มุม 35 องศา 25 องศา และ 15 องศา การทดสอบทำมุมละ 4 ครั้ง ครั้งละ 30 กระป๋อง รวม 120 กระป๋องต่อสภาวะภายใต้สภาวะการทำงานเดียวกันในสายการผลิตจริง ข้อมูลจำนวนกระป๋องที่ติดฉลากถูกต้องถูกรวบรวมและวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า การติดตั้งเซ็นเซอร์ที่มุม 15 องศาให้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยติดฉลากสมบูรณ์เฉลี่ย 28.50 กระป๋องต่อรอบ (S.D. = 1.29) หรือร้อยละ 95.00 การปรับปรุงนี้ลดอัตราการเกิดของเสียรวมลงเหลือร้อยละ 5.00 ระบบเดิมที่ไม่มีการควบคุมมุมพบของเสียร้อยละ 72.50 (ติดฉลากสมบูรณ์เฉลี่ย 8.25 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 1.50) การติดตั้งที่มุม 15 องศาไม่พบปัญหาฉลากป็นตะเข็บ ฉลากเหลื่อม และฉลากฉีกขาด การติดตั้งเซ็นเซอร์มุม 15 องศาสามารถเพิ่มความแม่นยำในการระบุตำแหน่งเริ่มต้น (Home Position) และลดสัญญาณรบกวนจากการสะท้อนของผิวโลหะ กระบวนการผลิตมีความเสถียรและลดต้นทุนการสูญเสียวัสดุฉลากในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

คำสำคัญ : เซ็นเซอร์อินฟราเรด; เครื่องติดฉลากแบบใช้กาว; ฉลากติดอาหารกระป๋อง; การลดของเสีย

Abstract

The packaging labeling process in the canned food industry faces instability and production waste, such as folded or misaligned labels, caused by the lack of precision in traditional open-loop control systems. This research investigates the effect of infrared sensor installation angles on the efficiency and stability of the can labeling process in an actual production line. Statistical Process Control (SPC) techniques were applied to analyze process variation and assess production system performance. The experiment compared a conventional labeling machine with an improved prototype equipped with infrared sensors installed at angles of 35°, 25°, and 15°. Each condition underwent 4 experimental runs with 30 cans per run, totaling 120 cans per condition under identical operating conditions in the actual production environment. The quantity of correctly labeled cans was analyzed using descriptive statistics, including mean and standard deviation. The results showed that the 15-degree installation angle achieved the highest performance, completing an average of 28.50 correctly labeled cans per run (S.D. = 1.29), or a 95.00% success rate. This modification decreased the total defect rate to 5.00%. The original system exhibited a waste rate of 72.50% (averaging 8.25 correctly labeled cans per run, S.D. = 1.50). The 15-degree installation angle completely eliminated overlapped seam, misalignment, and label tearing defects. Positioning the sensor at 15 degrees enhanced the accuracy of identifying the initial labeling position (Home Position) and reduced optical noise from specular reflections off metal surfaces. Consequently, the production process attained higher stability and reduced material loss costs in the packaging industry.

Keywords: Infrared Sensor; Glue-Based Labeling Machine; Paper Labels in Canned Food Packaging; Waste Reduction

1. บทนำ

อุตสาหกรรมอาหารกระป๋องนับเป็นหนึ่งในภาคการผลิตที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบเศรษฐกิจทั้งในระดับประเทศและระดับโลก เนื่องจากการขยายตัวของจำนวนประชากรและการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของผู้คนที่ต้องการความสะดวกรวดเร็วในการบริโภค กระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนและบรรจุลงในกระป๋องโลหะช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ ปกป้องอาหารจากปัจจัยภายนอก และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ [1] อีกทั้งยังช่วยปกป้องคุณภาพของอาหารจากปัจจัยภายนอก เช่น แสงแดด อากาศ และความชื้น ทำให้สามารถขนส่งผลิตภัณฑ์กระจายออกไปสู่ตลาดที่อยู่ห่างไกลได้อย่างปลอดภัย อุตสาหกรรมอาหารแปรรูปและอาหารกระป๋องของไทยสร้างมูลค่าการส่งออกกว่า 6.5 แสนล้านบาทต่อปี และมีปริมาณการผลิตขยายตัวอย่างต่อเนื่อง [2] ซึ่งความสำเร็จของอุตสาหกรรมนี้ไม่ได้พึ่งพาเพียงแค่คุณภาพของวัตถุดิบภายในกระป๋องเท่านั้น แต่ยังต้องอาศัยการบริหารจัดการระบบการผลิตและเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ที่มีมาตรฐานสูง เพื่อให้สามารถรองรับกำลังการผลิตขนาดใหญ่

บรรจุภัณฑ์มีหน้าที่หลักในการปกป้องและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่อีกหน้าที่ที่สำคัญในสภาวะการแข่งขันที่รุนแรงคือบทบาทเหมือนพนักงานขายที่คอยสื่อสารกับผู้ซื้อ ณ จุดจำหน่าย [1] สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร กระป๋อง ตัวกระป๋องโลหะมักจะมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกัน ไม่สามารถมองเห็นลักษณะของอาหารที่อยู่ภายในได้ ดังนั้น องค์ประกอบที่จะเข้ามาทำหน้าที่สื่อสารและสร้างความโดดเด่นให้กับผลิตภัณฑ์ก็คือ "ฉลากบรรจุภัณฑ์" ฉลากจะต้องแสดงรายละเอียดที่จำเป็นตามกฎหมายและเป็นพื้นที่สร้างภาพลักษณ์ตราสินค้า [3] หากฉลากบนกระป๋องมีสภาพที่ไม่สมบูรณ์ เช่น มีรอยย่น หยดลอก ฉีกขาด หรือติดเบี้ยวไม่ได้สัดส่วน ผู้บริโภคย่อมเกิดความคลางแคลงใจต่อกระบวนการผลิตและอาจประเมินไปถึงคุณภาพของอาหารที่อยู่ภายในว่าอาจไม่ได้มาตรฐานตามไปด้วย [4]

กระบวนการติดฉลากลงบนบรรจุภัณฑ์กระป๋องจึงถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายของสายการผลิตที่มีความสำคัญและท้าทายอย่างยิ่ง ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ต้องผลิตอาหารกระป๋องจำนวนหลายแสนชิ้นต่อวัน ผู้ผลิตจำเป็นต้องพึ่งพาเครื่องจักรกลอัตโนมัติ เทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมคือเครื่องติดฉลากแบบใช้กาว (Glue Labeling System) ซึ่งมีความยืดหยุ่นสูง รองรับกระป๋องที่มีขนาดแตกต่างกันได้ และประหยัดต้นทุนเมื่อผลิตในปริมาณมาก [5], [6] อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่มักพบในกระบวนการนี้มีความเชื่อมโยงโดยตรงกับการเกิดของเสีย ซึ่งสืบเนื่องมาจากความไม่สมบูรณ์ของระบบควบคุมทางกลศาสตร์และพารามิเตอร์การทำงานของเครื่องจักร ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน เช่น ฉลากพับ ฉลากเหลื่อม ฉลากปิดไม่สนิท หรือฉลากป็นตะเข็บ [7] สาเหตุหลักมักเกิดจากระบบควบคุมแบบดั้งเดิมที่เป็นระบบควบคุมแบบวงเปิด (Open-loop control) ที่ขาดกลไกตรวจสอบและปรับแก้แบบเรียลไทม์ ทำให้เมื่อเกิดความผันผวนของความตึงฉลากหรืออุณหภูมิ กาว เครื่องจักรไม่สามารถชดเชยความคลาดเคลื่อนได้ [8]

เพื่อก้าวข้ามข้อจำกัดทางกลศาสตร์และแก้ไขปัญหของเสียอย่างเด็ดขาด การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้าสู่ระบบควบคุมแบบวงปิด (Closed-loop control) การติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดเข้ากับระบบควบคุมของเครื่องจักรเป็นแนวทางที่มีความเป็นไปได้ในการลดของเสียจากการติดฉลาก [9] ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมีความมุ่งหมายที่จะศึกษาพฤติกรรมของการเกิดของเสียจากเครื่องติดฉลากแบบใช้กาวอย่างเจาะลึก พร้อมทั้งประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์อินฟราเรดเพื่อกำหนดพารามิเตอร์ตำแหน่งที่แม่นยำ เพื่อลดปริมาณของเสียและยกระดับประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุภัณฑ์ให้ก้าวหน้าอย่างยั่งยืน ซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุของการผิดพลาดในการติดฉลาก
2. เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสำหรับการควบคุมที่แม่นยำในการจัดการพารามิเตอร์ของระบบการจ่ายกาว
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการควบคุมในการลดสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องติดฉลาก

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องติดฉลากแบบใช้กาว (Glue Labeling System) มีความยืดหยุ่นสูง รองรับบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดแตกต่างกันได้ดี และช่วยประหยัดต้นทุนเมื่อผลิตในปริมาณมาก [5], [6] ความบกพร่องในกระบวนการติดฉลากมักก่อให้เกิดปัญหาทางกายภาพ เช่น ปัญหาฉลากพับและฉลากเหลื่อม [7] ปัญหานี้สืบเนื่องมาจากระบบควบคุมแบบวงเปิด (Open-loop Control) ดั้งเดิมที่ขาดกลไกการตรวจสอบและปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนแบบเรียลไทม์ [8] ปัญหาการกระเจิงของแสงสะท้อนบนวัตถุที่มีพื้นผิวโลหะมันวาวสูงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อความแม่นยำของเซ็นเซอร์

ตรวจจับในงานอุตสาหกรรม การปรับปรุงมาตรการติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดช่วยแก้ปัญหาการสะท้อนระเบียบของแสงบนผิวโค้งโลหะของกระป๋องเข้าสู่ตัวรับสัญญาณ [10], [11] งานวิจัยก่อนหน้านี้ใช้วิธีการปรับตั้งมุมเอียงของเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่ระดับ 35 องศา 25 องศา และ 15 องศา เข้าหาขอบกระป๋องในสายการผลิตจริง [11], [12] ผลการทดลองพบว่าการติดตั้งเซ็นเซอร์ที่มุม 15 องศาให้ประสิทธิภาพสูงสุดโดยควบคุมตำแหน่งเริ่มต้นของการติดฉลากได้แม่นยำที่สุดและลดอัตราของเสียฉลากเหลื่อมลงได้ดีกว่ามุม 35 องศาและ 25 องศาอย่างชัดเจน [10], [11], [13] ความชื้นในอากาศภายในโรงงานส่งผลต่อการขยายตัวของวัสดุเซลล์ลูโลสหรือฉลากกระดาษทำให้เกิดการฉีกขาดได้ง่ายภายใต้แรงดึงที่ไม่คงที่ของเครื่องจักร [14] คุณสมบัติความเหนียวของกาวอุตสาหกรรมแปรผันตามอุณหภูมิส่งผลต่อแรงยึดเกาะของฉลากบนผิวกระป๋อง [11] การบูรณาการระบบควบคุมอัตโนมัติช่วยยกระดับขีดความสามารถและเสถียรภาพของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมการบรรจุได้อย่างมีประสิทธิภาพ [12] การจัดการกระบวนการด้วยระบบอัตโนมัติช่วยลดของเสียและควบคุมต้นทุนการผลิตตามแนวทางสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ [15], [16], [17], [18]

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ในสายการผลิตจริง ณ บริษัท กู๊ดเซอร์วิส-เทค จำกัด ตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร ประเทศไทย การทดลองใช้กระป๋องโลหะเคลือบสีทึบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร น้ำหนัก 170 กรัม สำหรับบรรจุอาหารสัตว์ฉลากที่ใช้เป็นฉลากกระดาษอุตสาหกรรมแบบติดกาวขนาดหน้ากว้าง 31 มิลลิเมตร ยาว 270 มิลลิเมตร ความหนา 80 กรัมต่อตารางเมตร ทิศทางเส้นใยกระดาษขนานกับแนวแกนหมุนของกระป๋องเพื่อลดการบวมพองและการฉีกขาด [10] สารยึดติดที่ใช้คือกาวร้อนอุตสาหกรรม (Hot Melt) ชนิด พอลิไวนิลแอสเตต (Polyvinyl acetate: PVA) ควบคุมอุณหภูมิใช้งานคงที่ 150 องศาเซลเซียส [11] เครื่องจักรที่ใช้ทดสอบคือเครื่องติดฉลากอัตโนมัติความเร็วสูงรุ่น SUP-GRADE 603-2 HDP รหัสเครื่อง LL-OS-15-68 ผลิตโดยบริษัท กู๊ดเซอร์วิส-เทค จำกัด ประเทศไทย ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 0.75 กิโลวัตต์ ใช้ชุดทำความร้อนขนาด 1,500 วัตต์ และแรงดันลม 4–6 บาร์ [5], [6]

การกำหนดแผนการทดลองประกอบด้วยตัวแปรต้นคือตำแหน่งมุมการติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่ระดับ 15 องศา 25 องศา และ 35 องศา ตัวแปรตามคือจำนวนกระป๋องที่ติดฉลากถูกต้องและอัตราการเกิดของเสียในกระบวนการ ตัวแปรควบคุมประกอบด้วยความเร็วสายพานลำเลียงที่ 60 กระป๋องต่อนาที อุณหภูมิของกาวที่ 150 องศาเซลเซียส ชนิดของกระป๋อง และชนิดของฉลาก [11] เซ็นเซอร์ที่ใช้คือเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุแบบสะท้อนกลับ (Retro-reflective) รุ่น E3Z-R81 ของยี่ห้อ OMRON จำนวน 1 ตัว พร้อมแผ่นสะท้อนแสง มีระยะตรวจจับ 100–500 มิลลิเมตร อุปกรณ์ถูกติดตั้งเข้ากับโครงยึดปรับมุมบริเวณก่อนถึงชุดจ่ายฉลากเพื่อส่งสัญญาณตรวจจับขอบกระป๋องเข้าสู่ชุดควบคุม [9] การระบุมุมติดตั้งเซ็นเซอร์ใช้สมการทางตรีโกณมิติ ดังนี้

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h}{d}\right)$$

โดยที่ θ คือ มุมเซ็นเซอร์ (องศา), h คือ ความสูงของเซ็นเซอร์ และ d คือ ระยะห่างในแนวนอน

เซ็นเซอร์อินฟราเรดถูกติดตั้งเข้ากับโครงยึดปรับมุมบริเวณก่อนถึงชุดจ่ายฉลากเพื่อส่งสัญญาณตรวจจับขอบกระป๋องเข้าสู่ชุดควบคุม [9]

ขั้นตอนการทดลองดำเนินการโดยปล่อยกระป๋องเข้าสู่สายพานลำเลียงรอบละ 30 กระป๋อง ทำซ้ำจำนวน 4 ครั้งต่อหนึ่งระดับมุม รวมทั้งสิ้น 120 กระป๋องต่อสภาวะการทดสอบ กระป๋องจะเคลื่อนที่ผ่านเซ็นเซอร์ตรวจจับเพื่อสั่งการหัวจ่ายกาวและลูกกลิ้งรีดฉลากให้แนบสนิทกับตัวกระป๋อง [5], [6] การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานหลังการผลิตใช้การตรวจพินิจทางกายภาพแบบ 100% (Full Inspection) ทุกชิ้นงาน [19] การจำแนกประเภทของเสียครอบคลุมปัญหาฉลากพับ (Folded Label) ปัญหาฉลากป็นตะเข็บ (Overlapped Seam) ปัญหาฉลากปิดไม่สนิท (Flagging) และปัญหาฉลากฉีกขาด (Tearing) ตามนิยามข้อบกพร่องบรรจุภัณฑ์ [7] การวัดระยะเหลื่อมของฉลาก (Misalignment) ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ความละเอียด ± 0.02 มิลลิเมตร วัดบริเวณรอยต่อของฉลากจำนวน 3 ครั้งต่อกระป๋อง แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยกำหนดเกณฑ์ยอมรับความคลาดเคลื่อนต้องไม่เกิน 1 มิลลิเมตร หากเกินกำหนดจะบันทึกเป็นของเสีย [8], [20]

ข้อมูลการทดลองทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อประเมินความสม่ำเสมอและเสถียรภาพของกระบวนการผลิต [20] การวิเคราะห์จัดลำดับความสำคัญและควมถี่ของลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิตใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) ตามหลักการควบคุมคุณภาพ [19]



ภาพที่ 1 แผนผังกระบวนการติดฉลาก (Process Flow Diagram)

(ภาพประกอบสร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยี Gemini)

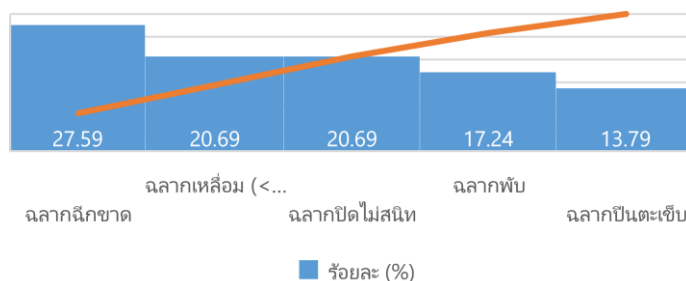
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

จากการวิเคราะห์สภาพปัญหาในสายการผลิตจริงด้วยแผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) การสังเกตการณ์ และการวิเคราะห์สาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) พบว่า สาเหตุหลักของความผิดพลาดเกิดจากระบบควบคุมเดิมเป็นแบบวงเปิด (Open-loop) ซึ่งไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างระหว่างกระป๋องและความไม่สม่ำเสมอของการปล่อยกาวได้ พบว่า จากการทดสอบระบบเดิมพบของเสียทั้งหมด 87 ชิ้น จากจำนวนการผลิต 120 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 72.50 ของจำนวนการผลิตทั้งหมด สาเหตุของปัญหาคือ ปัญหาฉลากฉีกขาด ฉลากเหลื่อม (< 1 มม.) และฉลากปิดไม่สนิทรวมกันมีจำนวน 60 ชิ้น ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 68.97 ของของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด เมื่อจำแนกลำดับความสำคัญตามแผนภูมิพาเรโตพบว่า ปัญหาฉลากฉีกขาดมีสัดส่วนร้อยละ 27.59 ปัญหาฉลากเหลื่อมมีร้อยละสะสมเพิ่มเป็นร้อยละ 48.28 ปัญหาฉลากปิดไม่สนิทมีร้อยละสะสมเป็นร้อยละ 68.97 ปัญหาฉลากพับมีร้อยละสะสมเป็นร้อยละ 86.21 และปัญหาฉลากป็นตะเข็บส่งผลให้ร้อยละสะสมครบ 100.00 (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1)

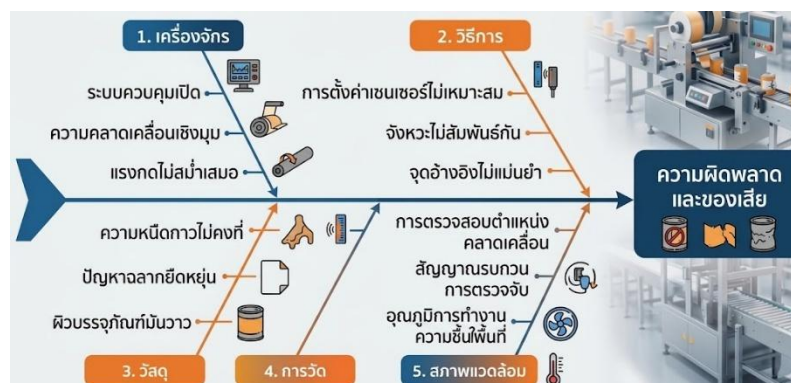
ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของเสียจำแนกตามประเภทความผิดพลาด (ระบบเดิม)

ประเภทความผิดพลาด	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	รวมจำนวนเสีย	ร้อยละ (%)	ร้อยละสะสม (%)
ปริมาณกระป๋องที่สามารถติดฉลาก	7	7	10	9	33	-	-
ฉลากปิ่นตะเข็บ	3	4	2	3	12	13.79	13.79
ฉลากเหลื่อม	5	6	4	3	18	20.69	34.48
ฉลากพับ	4	3	4	4	15	17.24	51.72
ฉลากฉีกขาด	7	5	6	6	24	27.59	79.31
ฉลากปิดไม่สนิท	4	5	4	5	18	20.69	100.00
รวม	30	30	30	30	87	100.00	-



ภาพที่ 1 แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับความสำคัญของปัญหาความผิดพลาดในการติดฉลาก

นำข้อมูลมาวิเคราะห์สาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ของความผิดพลาดในกระบวนการติดฉลากกระป๋องโลหะ โดยใช้โครงสร้าง 4M 1E พบปัญหาหลักเกิดจากปัจจัยสำคัญ คือ 1) ด้านเครื่องจักร (Machine) ระบบควบคุมเดิมเป็นแบบวงเปิดซึ่งขาดกลไกตรวจสอบและปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนได้ทันที อีกทั้งระบบป้อนฉลากยังมีความคลาดเคลื่อนเชิงมุมร่วมกับแรงดึงที่ไม่เสถียร รวมถึงแรงกดจากกระบอกหนีบที่มากเกินไปส่งผลให้ฉลากเกิดความเสียหาย 2) ด้านวิธีการ (Method) การติดตั้งเซ็นเซอร์ในมุมที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดสัญญาณรบกวนจากการสะท้อนของผิวโลหะจนระบบประมวลผลผิดพลาด และจังหวะการจ่ายกาวไม่สัมพันธ์กับความเร็วยรอบของเครื่องจักร 3) ด้านวัสดุ (Material) คุณสมบัติความหนืดของกาวเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิทำให้เกิดปัญหาการยึดเกาะและการขยายตัวของกระดาษฉลากเมื่อได้รับความชื้นจนเกิดรอยบวมพอง 4) ด้านการวัด (Measurement) เซ็นเซอร์เดิมมีความแม่นยำต่ำในการระบุตำแหน่งเริ่มต้นของการติดฉลากทำให้เกิดปัญหาฉลากปิ่นตะเข็บและเหลื่อม และ 5) ด้านสภาพแวดล้อม (Environment) ทั้งอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงงานส่งผลโดยตรงต่อเสถียรภาพของกาวและวัสดุฉลากในระหว่างกระบวนการผลิต ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงระบบควบคุมเป็นแบบวงปิดและการปรับมุมเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่ 15 องศาเป็นแนวทางที่ตรงประเด็นที่สุดในการขจัดสาเหตุรากเหง้าสามารถจำแนกได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงสาเหตุและผลวิเคราะห์สาเหตุความผิดพลาดในกระบวนการติดฉลาก

จากการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการติดฉลากโดยมุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่ระบบการตรวจจับตำแหน่ง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดของเสียร้อยละ 82.11 แนวทางการแก้ไขเริ่มต้นด้วยการเปลี่ยนระบบควบคุมจากวงเปิดเป็นระบบควบคุมแบบวงปิด (Closed-loop Control) ผ่านการติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการระบุตำแหน่งเริ่มต้นของการติดฉลากแบบเรียลไทม์ หัวใจสำคัญของการปรับปรุงคือการแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนจากการสะท้อนของผิวโลหะกระป๋อง (Specular Surface) โดยการทดลองหาจุดติดตั้งและมุมตกกระทบที่เหมาะสมที่สุด ผลการศึกษาพบว่า การปรับมุมเซ็นเซอร์ให้เอียงทำมุม 15 องศา กับแนวระดับเป็นตำแหน่งที่ช่วยลดการกระเจิงของแสงสะท้อนและเพิ่มเสถียรภาพในการส่งสัญญาณป้อนกลับไปยังชุดควบคุมได้ดีที่สุด ซึ่งนำไปสู่การกำหนดมาตรฐานการติดตั้งเซ็นเซอร์ดังแสดงในภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3 แนวทางการแก้ปัญหา และมุมการติดตั้งเซ็นเซอร์

4.2 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

จากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสำหรับการควบคุมที่แม่นยำในการจัดการพารามิเตอร์ของระบบการจ่ายกาว พบว่า 1) การทดสอบที่มุม 35 องศา พบว่า ติดฉลากผ่านมาตรฐานรวม 53 กระป๋อง คิดเป็นร้อยละ 44.17 (เฉลี่ย 13.25 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 4.27) ข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดคือปัญหาฉลากฉีกขาดจำนวน 26 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ

ละ 21.67 (เฉลี่ย 2.50 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 1.29) ปัญหาฉลากเหลื่อมพบจำนวน 12 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 10.00 (เฉลี่ย 2.00 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 0.82) ปัญหาฉลากป็นตะเข็บพบจำนวน 11 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 9.17 (เฉลี่ย 3.00 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 0.82) ปัญหาฉลากปิดไม่สนิทพบจำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 8.33 (เฉลี่ย 6.50 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 3.11) ปัญหาฉลากพับพบจำนวน 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 6.67 (เฉลี่ย 2.75 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 0.50) 2) การลดมุมเซ็นเซอร์ลงเหลือ 25 องศา พบว่า ติดฉลากผ่านมาตรฐานเพิ่มขึ้นเป็น 70 กระป๋อง คิดเป็นร้อยละ 58.33 (เฉลี่ย 17.50 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 3.32) ปัญหาฉลากฉีกขาดและฉลากปิดไม่สนิทพบจำนวน 11 ชิ้นเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 9.17 (เฉลี่ย 2.75 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 0.96) ปัญหาฉลากป็นตะเข็บพบจำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 8.33 (เฉลี่ย 2.50 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 1.00) ปัญหาฉลากเหลื่อมพบจำนวน 10 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 8.33 (เฉลี่ย 2.00 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 0.82) ปัญหาฉลากพับพบจำนวน 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 6.67 (เฉลี่ย 2.50 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 0.58) และ 3) มุมเซ็นเซอร์ 15 องศา พบว่า ให้ประสิทธิภาพการติดฉลากสูงสุด โดยติดฉลากผ่านมาตรฐานรวม 114 กระป๋อง คิดเป็นร้อยละ 95.00 (เฉลี่ย 28.50 กระป๋องต่อรอบ, S.D. = 1.92) การติดตั้งที่มุม 15 องศา ไม่พบปัญหาฉลากป็นตะเข็บ ฉลากเหลื่อม และฉลากฉีกขาด ($\bar{X}$ = 0.00, S.D. = 0.00) ของเสียที่ยังหลงเหลือมีเพียงปัญหาฉลากพับจำนวน 2 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 1.67 ($\bar{X}$ = 0.50, S.D. = 1.00) และปัญหาฉลากปิดไม่สนิทจำนวน 4 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 3.33 ($\bar{X}$ = 1.00, S.D. = 0.82) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเสียจำแนกตามประเภทความผิดพลาดตามแนวทางการปรับตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์

ประเภทความผิดพลาด	ตำแหน่งเซ็นเซอร์ (องศา: °)											
	35°				25°				15°			
	จำนวน	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	จำนวน	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	จำนวน	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.
ติดฉลากผ่านมาตรฐาน	53	44.17	13.25	4.27	70	58.33	17.50	3.32	114	95.00	28.50	1.92
ฉลากป็นตะเข็บ	11	9.17	3.00	0.82	10	8.33	2.50	1.00	0	0.00	0.00	0.00
ฉลากเหลื่อม	12	10.00	2.00	0.82	10	8.33	2.00	0.82	0	0.00	0.00	0.00
ฉลากพับ	8	6.67	2.75	0.50	8	6.67	2.50	0.58	2	1.67	0.50	1.00
ฉลากฉีกขาด	26	21.67	2.50	1.29	11	9.17	2.75	0.96	0	0.00	0.00	0.00
ฉลากปิดไม่สนิท	10	8.33	6.50	3.11	11	9.17	2.75	0.96	4	3.33	1.00	0.82
รวม	120	100.00			120	100.00			120	100.00		

4.3 ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3

การเปรียบเทียบสัดส่วนข้อบกพร่องระหว่างระบบควบคุมแบบวงเปิดเดิมกับการปรับตำแหน่งมุมติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดแสดงผลในตารางที่ 3 ระบบเดิมมีอัตราการติดฉลากผ่านมาตรฐานร้อยละ 27.50 การติดตั้งเซ็นเซอร์ที่มุม 35 องศา และ 25 องศา ช่วยเพิ่มอัตราการติดฉลากผ่านมาตรฐานเป็นร้อยละ 44.17 และ 58.33 ตามลำดับ ซึ่งมีผลต่างเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.67 และ 30.83 เมื่อเทียบกับระบบเดิม การติดตั้งเซ็นเซอร์ที่มุม 15 องศา ให้ประสิทธิภาพสูงสุดโดยมีอัตราการติดฉลากผ่านมาตรฐานร้อยละ 95.00 ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 67.50 จากระบบเดิม การติดตั้งที่มุม 15 องศา ขจัดปัญหาฉลากป็นตะเข็บ ปัญหาฉลากเหลื่อม และปัญหาฉลากฉีกขาดได้อย่างสมบูรณ์ โดยลดสัดส่วนของเสียลงได้ร้อยละ 13.79 ร้อยละ 20.69 และร้อยละ 27.59 ตามลำดับ ของเสียที่มุม 15 องศา

คงเหลือเพียงปัญหาฉลากพับร้อยละ 1.67 (ลดลงร้อยละ 15.57) และปัญหาฉลากปิดไม่สนิทร้อยละ 3.33 (ลดลงร้อยละ 17.36) พบว่ามอดิตั้ง 15 องศา สามารถลดความผิดพลาดในการติดฉลากรวมลงได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับระบบควบคุมแบบเดิม (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบสัดส่วนของเสียจำแนกตามประเภทความผิดพลาดและตำแหน่งมุมเซ็นเซอร์เทียบกับระบบเดิม

ประเภทความผิดพลาด	แบบเดิม	ความถูกต้องและผิดพลาด จำแนกตามตำแหน่งเซ็นเซอร์ (องศา: °)			อัตราส่วนผลแตกต่าง เทียบกับแบบเดิม		
		35°	25°	15°	35°	25°	15°
ติดฉลากผ่านมาตรฐาน	27.50	44.17	58.33	95.00	16.67	30.83	67.50
ฉลากปิ่นตะเข็บ	13.79	9.17	8.33	0.00	-4.62	-5.46	-13.79
ฉลากเหลื่อม	20.69	10.00	8.33	0.00	-10.69	-12.36	-20.69
ฉลากพับ	17.24	6.67	6.67	1.67	-10.57	-10.57	-15.57
ฉลากฉีกขาด	27.59	21.67	9.17	0.00	-5.92	-18.42	-27.59
ฉลากปิดไม่สนิท	20.69	8.33	9.17	3.33	-12.36	-11.52	-17.36
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ที่ 1 การวิเคราะห์สาเหตุและปัญหาในกระบวนการติดฉลากพบว่า ปัจจัยด้านเครื่องจักรและวิธีการทำงานเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสียร้อยละ 82.11 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ระบุว่าความบกพร่องในสายการผลิตมักเกิดจากระบบควบคุมที่ไม่สามารถรองรับความผันแปรของพารามิเตอร์ได้ โดยเฉพาะระบบควบคุมแบบวงเปิด (Open-loop Control) ของเครื่องเดิมที่ไม่สามารถปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนได้ทันทีตามสถานะจริง [21] สอดคล้องกับข้อสังเกตที่เกี่ยวกับความสำคัญของการจัดการเครื่องจักรเพื่อให้กระบวนการผลิตมีความต่อเนื่อง [22]

ปัญหาการสะท้อนของผิวโลหะ (Specular Surface) บนตัวกระป๋องส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำของเซ็นเซอร์เดิม ซึ่งได้อธิบายไว้ว่าการกระเจิงของแสงบนวัตถุที่มีความมันวาวสูงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อระบบวิชันและเซ็นเซอร์ตรวจจับในงานอุตสาหกรรม [10] ปัญหานี้ทำให้ตำแหน่งการระบุจุดเริ่มต้น (Home Position) ผิดเพี้ยนจนเกิดฉลากเหลื่อมและฉลากพับ ซึ่งเป็นความสูญเสียในกระบวนการที่ให้ความสำคัญในการปรับปรุงเพื่อลดต้นทุนการผลิต [15]

ปัจจัยด้านสภาวะแวดล้อม เช่น ความร้อนและความชื้นในโรงงาน มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ โดยเฉพาะความหนืดของกาวที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ สอดคล้องกับงานของ [11] ที่ระบุว่าสารยึดติดในงานอุตสาหกรรมมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีตามสภาพแวดล้อม และสอดคล้องกับ ที่พบว่าความชื้นในอากาศส่งผลต่อการขยายตัวของวัสดุเซลลูโลสหรือฉลากกระดาษ ทำให้ฉลากฉีกขาดง่ายขณะกาวเซ็ทตัวภายใต้แรงดึงที่ไม่คงที่ของเครื่องจักรเดิม

แนวทางการแก้ไขโดยการเปลี่ยนเป็นระบบควบคุมแบบวงปิด (Closed-loop Control) ด้วยเซ็นเซอร์อินฟราเรด เป็นการแก้ปัญหาที่ตรงจุดตามหลักการของ [9] ที่เน้นการนำเซ็นเซอร์มาประยุกต์ใช้เพื่อยกระดับโรงงานสู่ระบบอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยลดข้อบกพร่องจากการติดฉลากที่ [13] เคยระบุว่าเป็นจุดวิกฤตของบรรจุภัณฑ์อาหารกระป๋อง การระบุสาเหตุรากเหง้าผ่านผังแสดงเหตุและผลในงานวิจัยนี้จึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้การออกแบบ

การทดลองในลำดับถัดไปมีความแม่นยำและสามารถลดของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานการบริหารจัดการคุณภาพ [19]

จากวัตถุประสงค์ที่ 2 จากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสำหรับการควบคุมที่แม่นยำในการจัดการพารามิเตอร์ของระบบการจ่ายแกว พบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์อินฟราเรดเพื่อปรับเปลี่ยนระบบควบคุมเป็นแบบวงปิด (Closed-loop Control) ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการระบุตำแหน่งเริ่มต้นของการติดฉลาก (Home Position) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่ามอดิตตั้งเซ็นเซอร์ที่ 15 องศา เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากช่วยลดสัญญาณรบกวนจากการสะท้อนของผิวโลหะ (Specular Surface) บนตัวกระป๋อง ซึ่ง [10] อธิบายว่าการกระเจิงของแสงบนวัตถุที่มีความมันวาวสูงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อระบบวิชันและเซ็นเซอร์ในงานอุตสาหกรรม การเลือกมุมตกกระทบที่เหมาะสมจึงส่งผลโดยตรงต่อความถูกต้องของสัญญาณป้อนกลับ (Feedback Signal) ทำให้ระบบสามารถคำนวณจังหวะการจ่ายฉลากได้อย่างเที่ยงตรง

ประสิทธิภาพการติดฉลากที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการลดลงของของเสียอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะปัญหาฉลากหลวมและฉลากพับซึ่งลดลงตามลำดับเมื่อปรับมุมเซ็นเซอร์ให้เข้าใกล้ 15 องศา ข้อมูลนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ [16] ที่ให้ความสำคัญกับการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดความสูญเสียและต้นทุนการผลิต นอกจากนี้ ความแม่นยำในการตรวจจับยังช่วยลดปัญหาฉลากฉีกขาดที่มักเกิดจากแรงดึงไม่คงที่ในขณะกาวเซตตัว และสภาวะแวดล้อมเช่น ความชื้นส่งผลต่อการขยายตัวของวัสดุฉลากกระดาษ ซึ่งการควบคุมตำแหน่งที่แม่นยำจะช่วยลดผลกระทบทางกายภาพได้ [14]

ความเสถียรของระบบที่มุม 15 องศา สะท้อนผ่านค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ที่ต่ำที่สุด ซึ่งแสดงถึงสมรรถนะของกระบวนการ (Process Capability) ที่สูงขึ้น การปรับปรุงนี้สอดคล้องกับงานของ [11] เกี่ยวกับการจัดการคุณสมบัติทางเคมีของสารยึดติดที่ไวต่อสภาพแวดล้อม เนื่องจากจังหวะการจ่ายแกวที่สัมพันธ์กับตำแหน่งขอบกระป๋องช่วยให้การทำงานได้เต็มประสิทธิภาพภายใต้อุณหภูมิโรงงานที่สูง สรุปได้ว่าการบูรณาการเซ็นเซอร์เข้ากับระบบควบคุมอัตโนมัติช่วยเปลี่ยนเกณฑ์การตัดสินใจจากประสบการณ์เป็นการใช้ข้อมูลเชิงตัวเลขที่ตรวจสอบได้จริง

จากวัตถุประสงค์ที่ 3 การประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการควบคุมในการลดสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องติดฉลาก ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง ยืนยันว่า ประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าเครื่องจักรระบบเดิม การปรับปรุงระบบควบคุมเป็นแบบวงปิดช่วยลดอัตราการเกิดของเสียรวมลงจากร้อยละ 72.50 เหลือเพียงร้อยละ 5.00 ในเชิงทัศนศาสตร์และฟิสิกส์ของการสะท้อนแสงตามกฎของสเนลล์ (Snell's Law) มุมตกกระทบย่อมเท่ากับมุมสะท้อน ($\theta_i = \theta_r$) บนระนาบสัมผัสของผิวโค้งกระป๋องโลหะ [9] การตรวจจับที่มุมเอียงขนาดใหญ่เดิม (35 องศา) ส่งผลให้ลำแสงอินฟราเรด (Optical beam) เกิดการสะท้อนระนาบ (Specular reflection) เข้าสู่ตัวรับสัญญาณ (Receiver) ของเซ็นเซอร์โดยตรงจนเกิดสัญญาณหลอกรบกวนจังหวะการจ่ายฉลาก [9] การปรับมุมติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่ระดับ 15 องศาช่วยเปลี่ยนแนวการสะท้อนระนาบให้เบี่ยงทิศทางออกไปทางด้านข้างของตัวรับสัญญาณ ตัวรับสัญญาณของเซ็นเซอร์จึงตรวจจับเฉพาะลำแสงสะท้อนกระเจิง (Diffuse reflection) จากการตัดผ่านของขอบกระป๋องได้อย่างคมชัดและเสถียร [9], [15]

ความแม่นยำของการระบุตำแหน่งเริ่มต้น (Home Position) ทำให้ระบบขจัดปัญหาฉลากหลวมและฉลากป็นตะเข็บได้อย่างสมบูรณ์ การควบคุมจังหวะการหมุนที่เที่ยงตรงยังช่วยลดแรงดึงกระชากและขจัดปัญหาฉลากฉีกขาดในสภาวะที่มีการขยายตัวของวัสดุกระดาษ [10], [15] ความสำเร็จในการเพิ่มประสิทธิภาพนี้สอดคล้องกับ ที่

ระบุว่า การบูรณาการระบบควบคุมอัตโนมัติช่วยยกระดับขีดความสามารถของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมบรรจุความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นช่วยลดต้นทุนการผลิตและเสริมสร้างศักยภาพการแข่งขันให้กับธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม [11], [20] ระบบที่ปรับปรุงใหม่ควบคุมความแปรปรวนของตำแหน่งฉลากให้คงที่มากกว่าระบบวงเปิดเดิม การจัดการคุณภาพด้วยข้อมูลทางสถิติช่วยให้โรงงานควบคุมมาตรฐานการผลิตได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด [21] การลดจำนวนของเสียจริงในสายการผลิตสอดคล้องกับแนวทางการลดความสูญเสียในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มบรรจุขวด [22] การประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์และการติดตามอัตโนมัติช่วยกำจัดการสูญเสียตามแนวคิดการผลิตแบบลีน [23] สอดรับกับการยกระดับเทคโนโลยีเครื่องจักรบรรจุภัณฑ์ในครั้งนี้เป็นไปตามคำแนะนำของคู่มือบรรจุภัณฑ์มาตรฐานสำหรับผู้ประกอบการอาหาร SME [24]

ข้อเสนอแนะเชิงประยุกต์

ผู้ประกอบการควรเลือกกำหนดมุมการติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่ระดับ 15 องศา เพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานในการปฏิบัติงานสำหรับกระบวนการติดตามการป้องกันโลหะที่มีลักษณะพื้นผิวสะท้อนแสง ทั้งนี้ควรมีการจัดทำแผนภูมิควบคุม (Control Chart) เพื่อติดตามเสถียรภาพของกระบวนการผลิตในลักษณะเรียลไทม์ควบคู่ไปกับการประเมินดัชนีสมรรถนะกระบวนการ (Cp, Cpk) เป็นระยะ เพื่อยืนยันว่าความแม่นยำในการติดฉลากยังคงอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติตามมาตรฐานที่กำหนด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาในลำดับถัดไปควรให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยร่วม (Interaction Effects) ที่ส่งผลต่อคุณภาพการติดฉลาก เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วสายพานลำเลียง ระยะห่างของจุดติดตั้งเซ็นเซอร์ และลักษณะทางกายภาพของวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทอื่น โดยควรประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการระบุค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ควรมีการพัฒนาแบบจำลองเชิงควบคุม (Control Model) เพื่อใช้ในการทำนายพฤติกรรมของระบบและยกระดับสู่กระบวนการผลิตอัตโนมัติที่มีความยืดหยุ่นภายใต้เงื่อนไขการผลิตที่หลากหลายต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2561). *รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมไทยปี 2561 และแนวโน้มปี 2562*. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. <https://www.oie.go.th/assets/portals/1/fileups/2/files/Industry%20conditions/annual2018.pdf>
- [2] Coles, R., McDowell, D., & Kirwan, M. J. (2003). *Food packaging technology*. CRC Press.
- [3] Kotler, P., & Armstrong, G. (2009). *Principles of marketing* (13th ed.). Pearson College Div.
- [4] จันทรจิรา ฉัตรวานิช, และประสพชัย พสุนนท์. (2563). การวิเคราะห์กลุ่มผู้บริโภคตามพฤติกรรมการยอมรับนวัตกรรมที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้ออาหารสำเร็จรูปพร้อมรับประทานรูปแบบใหม่ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี จังหวัดนนทบุรี. *วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร*, 17(2), 41–65. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/journalmbmut/article/view/248060>
- [5] VKPAK. (ม.ป.ป.). *Automatic wet glue labeling machine, cold glue labelling machine*. <https://www.vkpak.com/automatic-labeling-machine/automatic-wet-glue-labeling-machine.html>

-
- [6] VKPAK. (ม.ป.ป.). *Labeling machine, label applicator machines*.
<https://www.vkpak.com/labeling-machine.html>
- [7] Marino, D. (ม.ป.ป.). *Troubleshooting common label application issues: A diagnostic guide*.
 Ahearn & Soper | proVision WMS. <https://www.ahearn.com/troubleshooting-common-label-application-issues-a-diagnostic-guide/>
- [8] ศิริขวัญ กองสิน. (2565). *การพัฒนาการตรวจสอบผลจากผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิค Bounding box* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทหรือเอกที่ไม่ได้รับการตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
<http://www.repository.rmutt.ac.th/dspace/bitstream/123456789/4298/1/RMUTT-175904.pdf>
- [9] ฤกษ์ชนะ ชินสาร. (2550). *การประมวลผลข้อมูลภาพ (Digital Image Processing)*. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
<https://staff.informatics.buu.ac.th/~krisana/310457/handout/book310453.pdf>
- [10] Lindner, M. (2018). Factors affecting the hygroexpansion of paper. *Journal of Materials Science*, 53(1), 1–26. <https://doi.org/10.1007/s10853-017-1358-1>
- [11] สุพิชญา ฉัตรพัฒนศิริ, และประจวบ กล่อมจิตร. (2568). การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มบรรจุขวดแก้ว โดยใช้การบำรุงรักษาด้วยตนเอง. *วารสารวิจัย มช. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 25(1), 52–62. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/gskku/article/view/252916>
- [12] Tümay, M., Demirdelen, T., Bal, S., Kayaalp, R. İ., Doğru, B., & Aksoy, M. (2017). A review of magnetically controlled shunt reactor for power quality improvement with renewable energy applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 215–228.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.008>
- [13] ธวัชชัย บัวระภา, ศักดิ์ชาย รักการ, และพจนีย์ ศรีวิเชียร. (2564). การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องดื่ม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ*, 5, 23–33. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/JSciTech/article/view/352>
- [14] Gładysz, B., Buczaccki, A., & Haskins, C. (2020). Lean management approach to reduce waste in HoReCa food services. *Resources*, 9(12), 12. <https://doi.org/10.3390/resources9120144>
- [15] กิตติกร มั่งคั่ง. (2566). *เคมีอุตสาหกรรมและสารยึดติด*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [16] Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Rab, S., & Suman, R. (2021). Significance of sensors for industry 4.0: Roles, capabilities, and applications. *Sensors International*, 2, 100110.
<https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100110>
- [17] สมจินต์ อักษรธรรม. (2562). การลดข้อบกพร่องในขั้นตอนการติดฉลากขวดแก้ว: กรณีศึกษาโรงงานน้ำตาลสดสตอร์โลส. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 2(1), 9–21.
https://www.thonburi-u.ac.th/Journal_SIT/Vol2_No3_2.pdf
- [18] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2550). *หลักการการควบคุมคุณภาพ*. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
<https://www.car.chula.ac.th/display7.php?bib=1751634>

-
- [19] ฝนธรรม เจริญสุขรุ่งโรจน์. (2563). *การลดของเสียจากกระบวนการผลิต* [งานนิพนธ์ปริญญาโทที่ไม่ได้รับการตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
<https://buuir.buu.ac.th/bitstream/1234567890/10174/1/61920186.pdf>
- [20] ธนภัทร กันทวงค์, กัสมา กาซ็อน, วิไลลักษณ์ วงศ์ชัย, นิรุทธิ์ ชัยโชค, และพีระพล ศรีวิชัย. (2568). การพัฒนาแนวทางการลดต้นทุนการผลิต เพื่อยกระดับผลิตภาพของวิสาหกิจชุมชนในตำบลป่าแดด อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย. *วารสารบัญชีปริทัศน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย*, 10(2), 1–20.
https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JAR_CRRU/article/view/278602
- [21] กิตติพงศ์ มะลิทอง. (2564). *การจัดการคุณภาพและสถิติในโรงงานอุตสาหกรรม*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [22] กษม กลิ่นขจร, ภูวพัฒน์ เอ็นดู, ภัทราภรณ์ แสงสุริยวงษ์, และจันทิมา พึ่งบุญลือ. (2569). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตพลาสติกและการลำเลียงภายในโรงงานของพลาสติกกลุ่มเครื่องดื่มผลิตภัณฑ์น้ำชา กรณีศึกษา: บริษัทผลิตพลาสติกเครื่องดื่มแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี. *วารสารนวัตกรรมการศึกษาในอนาคต*, 5(1), 12–22. <https://so09.tci-thaijo.org/index.php/FEIJ/article/view/8405>
- [23] Miller, G., Pawloski, J., & Standridge, C. (2010). A case study of lean, sustainable manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 3(1), 11-32.
<https://doi.org/10.3926/jiem.v3n1.p11-32>
- [24] มยุรี ภาคลำเจียก. (2560). *คู่มือบรรจุมัธยมศึกษาสำหรับผู้ประกอบการอาหาร SME*. จินดาสาส์นการพิมพ์. <https://www.chulabook.com/engineering-book/110067>

การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการตรวจจับการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้า

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR DETECTION OF FACIAL MUSCLE TWITCHING

นภธร พูลเพียร^{*1}Napathorn Punpain^{*1}^{*1} วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต^{*1} College of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University^{*} E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): kanyarat.pun@dpu.ac.th

วันที่รับบทความ 30 เมษายน 2569 วันที่แก้ไขบทความ 11 มิถุนายน 2569 วันที่ตอบรับบทความ 26 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

การกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้าเป็นสัญญาณเชิงสรีรวิทยาที่มีลักษณะเป็นการเคลื่อนไหวขนาดเล็กและเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ซึ่งยากต่อการตรวจจับด้วยสายตามนุษย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของใบหน้า และเสนอกรอบแนวคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับระบบคัดกรองความผิดปกติทางระบบประสาท โดยดำเนินการตามแนวทาง PRISMA จากการคัดเลือกบทความจำนวน 320 บทความ พบว่ามีบทความที่ผ่านเกณฑ์และนำมาวิเคราะห์จำนวน 35 บทความ

ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง Convolutional Neural Networks (CNN) ถูกนำมาใช้มากที่สุดคิดเป็นประมาณร้อยละ 60 รองลงมาคือ Long Short-Term Memory (LSTM) ร้อยละ 25 และแบบจำลองแบบผสมผสาน CNN-LSTM ร้อยละ 15 โดยมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 82–86%, 78–84% และ 88–92% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม มากกว่าร้อยละ 70 ของงานวิจัยยังใช้ชุดข้อมูล micro-expression เช่น CASME II และมีเพียงส่วนน้อยที่ได้รับการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง งานวิจัยนี้จึงเสนอกรอบแนวคิดของระบบคัดกรองที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก พร้อมทั้งสังเคราะห์ข้อจำกัดของชุดข้อมูลและแบบจำลองที่ใช้ในงานวิจัยปัจจุบัน ตลอดจนชี้ให้เห็นแนวโน้มของเทคนิคสมัยใหม่ เช่น Transformer-based, Graph-based และ Diffusion-based models เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาระบบคัดกรองทางระบบประสาทในอนาคต

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์; การกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้า; คอมพิวเตอร์วิทัศน์; การคัดกรองระบบประสาท; การเรียนรู้เชิงลึก

ABSTRACT

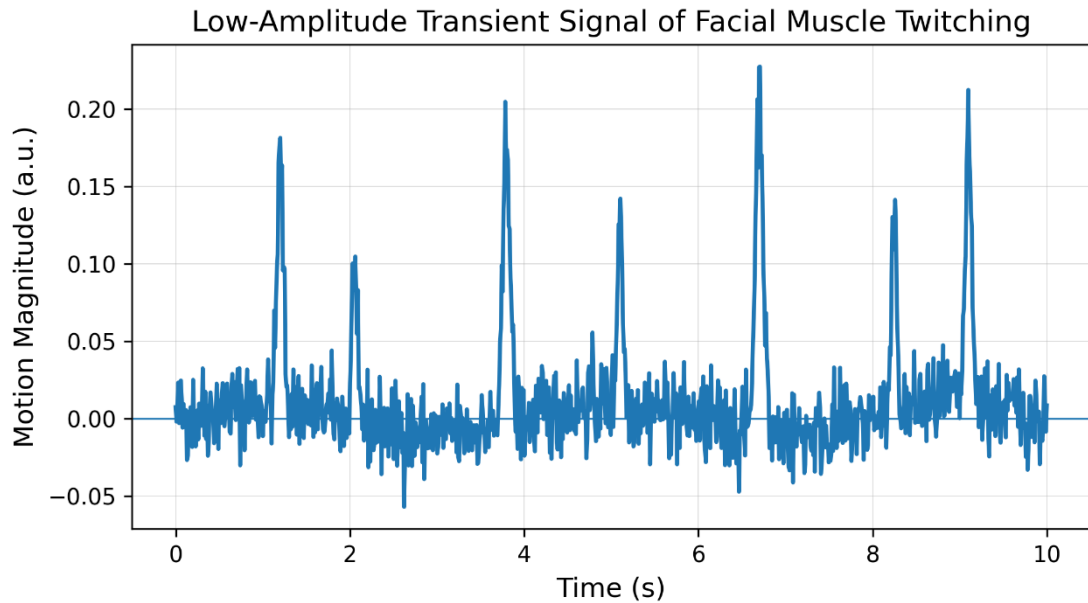
Facial muscle twitching is a physiological signal characterized by subtle, low-amplitude, and short-duration facial movements, making it difficult to detect through conventional visual observation. This study aims to systematically review the application of artificial intelligence in facial movement analysis and to propose an engineering-based framework for neuromuscular screening systems. The review was conducted following the PRISMA guidelines. From an initial pool of 320 articles, 35 studies met the inclusion criteria and were selected for detailed analysis.

The findings indicate that Convolutional Neural Networks (CNNs) were the most frequently used models, accounting for approximately 60% of the reviewed studies, followed by Long Short-Term Memory (LSTM) models at 25% and hybrid CNN-LSTM models at 15%. The reported accuracy ranges were 82–86%, 78–84%, and 88–92%, respectively. However, more than 70% of the studies still relied on micro-expression datasets such as CASME II, and only a limited number of studies were validated in real-world environments. Therefore, this study proposes a six-stage screening framework and synthesizes the limitations of current datasets and models, as well as emerging trends in modern techniques such as Transformer-based, Graph-based, and Diffusion-based models. These findings provide guidance for the future development of neuromuscular screening systems.

Keywords: Artificial intelligence; Facial muscle twitching; Computer vision; Neuromuscular screening; Deep learning

1. บทนำ

การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อใบหน้าเป็นสัญญาณทางชีวกลศาสตร์ที่สะท้อนการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้า (facial muscle twitching) ซึ่งมีลักษณะเป็นการเคลื่อนไหวขนาดเล็ก เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น และมีแอมพลิจูดต่ำ ทำให้ยากต่อการตรวจจับด้วยการสังเกตด้วยสายตามนุษย์ ลักษณะของสัญญาณดังกล่าวมีความไม่ต่อเนื่องและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังภาพที่ 1 ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นข้อจำกัดสำคัญในการตรวจจับด้วยวิธีดั้งเดิม และเป็นเหตุผลหลักในการนำเทคนิคปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการวิเคราะห์



ภาพที่ 1 สัญญาณการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้าในรูปแบบ time-series

ในเชิงวิศวกรรม การตรวจจับสัญญาณการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้าถือเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน เนื่องจากสัญญาณมีขนาดเล็กและเกิดแบบไม่ต่อเนื่อง งานวิจัยที่ผ่านมาได้ใช้แนวทาง Systematic Review ตามหลัก PRISMA ในการสังเคราะห์องค์ความรู้เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา [1] พร้อมทั้งนำเทคนิคปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงภาพและเชิงเวลา โดยแบบจำลอง Convolutional Neural Networks (CNN) สามารถสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่จากภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2] ขณะที่ Long Short-Term Memory (LSTM) มีความเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ลำดับข้อมูลเชิงเวลา [3]

นอกจากนี้ งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าแบบจำลองแบบผสมผสาน CNN-LSTM สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบจำลองเดี่ยว เนื่องจากสามารถเรียนรู้ทั้ง spatial และ temporal features ได้พร้อมกัน [4] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังอาศัยชุดข้อมูล micro-expression เช่น CASME II และ SAMM ซึ่งถูกออกแบบเพื่อศึกษาการแสดงออกทางอารมณ์มากกว่าการตรวจจับการกระตุกของกล้ามเนื้อโดยตรง [5], [6] อีกทั้งยังขาดการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและเสนอกรอบแนวคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับระบบคัดกรองการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้า

1.1 คุณูปการของงานวิจัย

บทความนี้มีคุณูปการสำคัญในเชิงวิชาการและเชิงวิศวกรรม ดังนี้

1. บทความนี้รวบรวมและสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวขนาดเล็กของกล้ามเนื้อใบหน้าอย่างเป็นระบบ โดยคัดเลือกบทความจำนวน 35 บทความจากฐานข้อมูลวิชาการหลัก ได้แก่ Scopus, IEEE Xplore และ PubMed ตามแนวทาง PRISMA
2. บทความนี้นำเสนอการเปรียบเทียบเชิงวิพากษ์ของชุดข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยด้าน micro-expression และ facial motion analysis เช่น CASME II, SAMM และชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อชี้ให้เห็นข้อจำกัดของการนำชุดข้อมูลเหล่านั้นมาใช้เป็นตัวแทนของการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้าโดยตรง

3. บทความนี้สังเคราะห์วิวัฒนาการของแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของใบหน้า ตั้งแต่แบบจำลองกลุ่ม CNN, LSTM และ CNN-LSTM ไปจนถึงแนวทางสมัยใหม่ เช่น Transformer-based models, graph-based representation และ diffusion-based models ซึ่งเป็นแนวโน้มสำคัญของงานวิจัยในอนาคต
4. บทความนี้วิเคราะห์ข้อจำกัดเชิงเทคนิคของแต่ละแนวทาง ได้แก่ ความสามารถในการสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่ ความสามารถในการเรียนรู้ลำดับเวลา ความซับซ้อนของแบบจำลอง ความต้องการข้อมูลฝึกสอน และความเหมาะสมต่อการใช้งานแบบ real-time
5. บทความนี้เสนอกรอบแนวคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับระบบคัดกรองการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้า โดยเชื่อมโยงกระบวนการตั้งแต่การรับข้อมูลวิดีโอ การตรวจจับใบหน้า การขยายสัญญาณการเคลื่อนไหว การสกัดคุณลักษณะ การวิเคราะห์เชิงเวลา และการจำแนกระดับความเสี่ยง เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาระบบในอนาคต

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

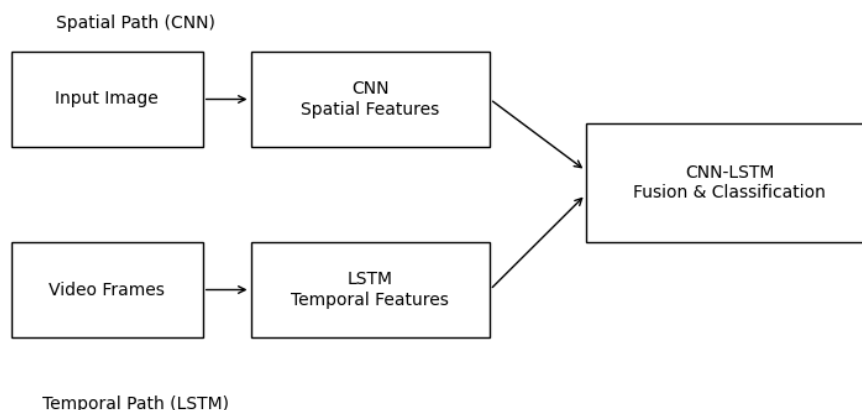
การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อใบหน้าในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้พัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในบริบทของ micro-expression และ facial behavior analysis ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นตัวแทนของการเคลื่อนไหวระดับไมโครของใบหน้า [7], [8] แม้ว่าการวิจัยเหล่านี้จะช่วยผลักดันความก้าวหน้าด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์และการเรียนรู้เชิงลึกอย่างมีนัยสำคัญ แต่แนวทางส่วนใหญ่ยังคงเน้นไปที่การจำแนกอารมณ์มากกว่าการตรวจจับความผิดปกติของกล้ามเนื้อโดยตรง ส่งผลให้การนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทของการคัดกรองทางระบบประสาทยังมีข้อจำกัดอย่างชัดเจน นอกจากนี้ การประเมินผลของแบบจำลองมักดำเนินการบนชุดข้อมูลที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมสูง ซึ่งอาจไม่สะท้อนสถานะจริงของการใช้งาน

2.1 ชุดข้อมูลการเคลื่อนไหวของใบหน้า (Facial Motion Datasets)

ชุดข้อมูลมาตรฐาน เช่น CASME II และ SAMM ได้รับการใช้อย่างแพร่หลายในการฝึกและประเมินแบบจำลอง เนื่องจากมีการบันทึกวิดีโอความละเอียดสูงและมีการระบุช่วงเวลาของการเคลื่อนไหวอย่างละเอียด [7], [8] อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดสำคัญของชุดข้อมูลเหล่านี้คือการออกแบบเพื่อศึกษาการแสดงออกทางอารมณ์มากกว่าการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้าโดยเฉพาะ ส่งผลให้ลักษณะของสัญญาณที่ได้อาจไม่สอดคล้องกับลักษณะทางคลินิก นอกจากนี้ จำนวนข้อมูลยังมีจำกัด และมักถูกรวบรวมภายใต้สภาพแวดล้อมที่ควบคุมอย่างเข้มงวด ทำให้เกิดปัญหา domain shift เมื่อนำไปใช้กับข้อมูลในสภาพแวดล้อมจริง

2.2 แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning Models)

แบบจำลอง CNN ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่จากภาพใบหน้า เนื่องจากมีความสามารถในการเรียนรู้รูปแบบเชิงลึกของข้อมูลภาพได้ดี [9] ขณะที่แบบจำลองเชิงเวลา เช่น RNN และ LSTM มีความสามารถในการวิเคราะห์ลำดับข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา [10] อย่างไรก็ตาม การใช้แบบจำลองเดี่ยวมักไม่สามารถจับลักษณะของการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนและมีความแปรปรวนสูงได้อย่างครบถ้วน ทำให้เกิดการพัฒนารูปแบบจำลองแบบผสมผสาน เช่น CNN-LSTM ซึ่งสามารถเรียนรู้ทั้ง spatial และ temporal features ได้พร้อมกัน และให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้น [11] การผสมผสานแบบจำลอง CNN และ LSTM ทำให้สามารถเรียนรู้ทั้งคุณลักษณะเชิงพื้นที่และเชิงเวลาได้พร้อมกัน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบแนวคิดของแบบจำลอง CNN, LSTM และ CNN-LSTM

ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพของโมเดลผสมจะสูงกว่า แต่ก็แลกมาด้วยความซับซ้อนของโครงสร้างและต้นทุนการประมวลผลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้งานจริง โดยเฉพาะในระบบที่ต้องการการประมวลผลแบบ real-time

2.3 เทคนิคการวิเคราะห์สัญญาณการเคลื่อนไหว (Motion Analysis Techniques)

เพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจจับสัญญาณที่มีแอมพลิจูดต่ำ งานวิจัยได้พัฒนาเทคนิคเสริม เช่น การขยายสัญญาณการเคลื่อนไหว (motion amplification) และการวิเคราะห์ความแตกต่างของเฟรมภาพ (frame differencing) ซึ่งช่วยเน้นการเปลี่ยนแปลงเล็ก ๆ ของกล้ามเนื้อใบหน้า [12] อย่างไรก็ตาม เทคนิคเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดด้านความไวต่อสัญญาณรบกวน (noise sensitivity) และอาจขยายสัญญาณรบกวนควบคู่ไปกับสัญญาณที่ต้องการ นอกจากนี้ การเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมยังมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งยังไม่มีแนวทางมาตรฐานที่ชัดเจนในงานวิจัยปัจจุบัน

2.4 ช่องว่างของงานวิจัย (Research Gap)

จากการวิเคราะห์วรรณกรรมพบว่า แม้งานวิจัยด้านนี้จะมีความก้าวหน้าในหลายมิติ แต่ยังมีข้อจำกัดสำคัญ ได้แก่ (1) การขาดชุดข้อมูลเฉพาะสำหรับการกระตุ้นของกล้ามเนื้อใบหน้า (2) การพึ่งพาชุดข้อมูล micro-expression ที่ไม่สะท้อนสภาพการใช้งานจริง (3) ความซับซ้อนของแบบจำลองที่อาจไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริง และ (4) การขาดกรอบแนวคิดเชิงระบบที่รวมกระบวนการตั้งแต่การรับข้อมูลจนถึงการจำแนกระดับความเสี่ยงอย่างครบถ้วน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าวโดยการเสนอกรอบแนวคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับระบบคัดกรองการกระตุ้นของกล้ามเนื้อใบหน้าในลำดับถัดไป

2.5 การวิเคราะห์เชิงวิพากษ์และแนวโน้มงานวิจัยในอนาคต (Critical Analysis and Future Research Trends)

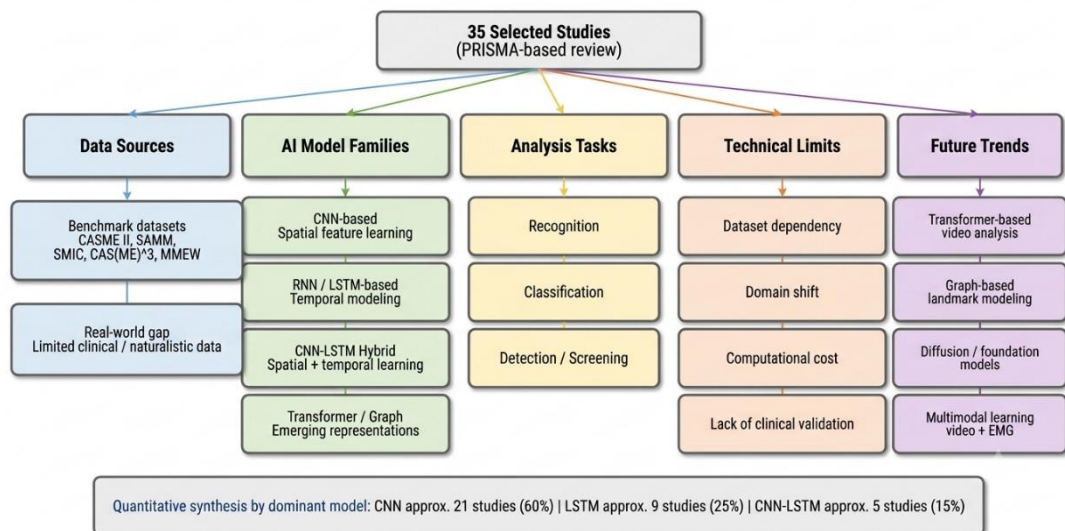
เพื่อให้เห็นพัฒนาการของเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวขนาดเล็กของกล้ามเนื้อใบหน้า รวมถึงจุดเด่นและข้อจำกัดของแต่ละแนวทาง งานวิจัยที่ผ่านการคัดเลือกจึงถูกสังเคราะห์และเปรียบเทียบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบงานวิจัยด้านการตรวจจับการเคลื่อนไหวขนาดเล็กของกล้ามเนื้อใบหน้าด้วยปัญญาประดิษฐ์

กลุ่มเทคนิค	เอกสารอ้างอิง ตัวแทน	ชุดข้อมูลที่ใช้	จุดเด่น	ข้อจำกัด
CNN-based Models	[2], [3], [8], [9]	CASME II, SAMM	สามารถสกัดคุณลักษณะ เชิงพื้นที่จากภาพใบหน้า ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีโครงสร้างที่ เหมาะสมกับงานด้าน คอมพิวเตอร์วิทัศน์	ไม่สามารถเรียนรู้ ความสัมพันธ์เชิงเวลาได้ โดยตรง ทำให้ ประสิทธิภาพลดลงเมื่อ วิเคราะห์การ เปลี่ยนแปลง แบบต่อเนื่อง
LSTM-based Models	[10], [11]	CASME II, SAMM	สามารถเรียนรู้รูปแบบ การเปลี่ยนแปลงของ ข้อมูลเชิงเวลาได้ดี เหมาะกับการวิเคราะห์ ลำดับเฟรมวิดีโอ	ขาดความสามารถในการ สกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่ ที่ซับซ้อน และมี ประสิทธิภาพต่ำเมื่อใช้ เพียงแบบจำลองเดี่ยว
CNN-LSTM Hybrid Models	[4], [11]	CASME II, SAMM, SMIC	ผสมข้อดีของ CNN และ LSTM ทำให้สามารถ วิเคราะห์ทั้งคุณลักษณะ เชิงพื้นที่และเชิงเวลาได้ พร้อมกัน	มีความซับซ้อนสูง ใช้ เวลาในการฝึกสอนมาก และต้องการข้อมูล จำนวนมาก
Motion Amplification- based Methods	[12]	Video Sequences	ช่วยขยายการเคลื่อนไหว ขนาดเล็กที่สังเกตได้ยาก เพิ่มความชัดเจนของ สัญญาณก่อนเข้าสู่ ขั้นตอนการวิเคราะห์	มีความไวต่อสัญญาณ รบกวน และอาจขยาย การเคลื่อนไหวที่ไม่ เกี่ยวข้องร่วมด้วย
Transformer- based Models	[13]	CAS(ME) ³ , MMEW	สามารถเรียนรู้ ความสัมพันธ์ระยะยาว ของข้อมูลและลด ข้อจำกัดของโครงสร้าง ลำดับแบบดั้งเดิม	ต้องการข้อมูลฝึกสอน จำนวนมากและ ทรัพยากรการ ประมวลผลสูง
Graph-based Models	[14]	Facial Landmark Datasets	สามารถเรียนรู้ ความสัมพันธ์ระหว่าง จุดสำคัญบนใบหน้าได้ โดยตรง ทำให้เหมาะกับการ วิเคราะห์การ เคลื่อนไหวเชิงโครงสร้าง	ความแม่นยำขึ้นอยู่กับ คุณภาพของการตรวจจับ landmark

Future Directions	[15]	Multimodal Datasets	มุ่งสู่การผสมผสานข้อมูลจากภาพ วิดีโอ และสัญญาณชีวภาพ (EMG) รวมถึงการใช้ Diffusion Models และ Foundation Models	ยังมีข้อจำกัดด้านชุดข้อมูลมาตรฐานและการประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมจริง
-------------------	------	---------------------	--	---

จากตารางที่ 1 พบว่าแนวทางการพัฒนาแบบจำลองมีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่องจากการใช้ CNN สำหรับการสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่ ไปสู่การใช้ CNN-LSTM เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเวลา และเริ่มขยายไปสู่ Transformer-based และ Graph-based models ซึ่งมีศักยภาพในการเรียนรู้ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ความท้าทายสำคัญยังคงอยู่ที่การขาดชุดข้อมูลเฉพาะสำหรับการกระตุ้นของกล้ามเนื้อใบหน้าและการประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมจริง จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่ผ่านการคัดเลือก สามารถจัดหมวดหมู่เทคนิคปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อใบหน้าออกเป็นหลายกลุ่มตามลักษณะของสถาปัตยกรรมและแนวทางการเรียนรู้ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ภาพรวมเชิงระบบของงานวิจัยด้านการตรวจจับการกระตุ้นของกล้ามเนื้อใบหน้าด้วยปัญญาประดิษฐ์

จากภาพที่ 3 สามารถสรุปมิติสำคัญของงานวิจัยที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 35 บทความ ครอบคลุมชุดข้อมูล กลุ่มแบบจำลอง งานวิเคราะห์ ข้อจำกัดเชิงเทคนิค และแนวโน้มการวิจัยในอนาคต ภาพดังกล่าวสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูล กลุ่มแบบจำลอง งานวิเคราะห์ ข้อจำกัดเชิงเทคนิค และแนวโน้มการวิจัยในอนาคต ซึ่งช่วยให้เห็นพัฒนาการขององค์ความรู้จากงานวิจัยที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 35 บทความในมุมมองเชิงระบบ

3. วิธีการวิจัย

การศึกษานี้ดำเนินการตามแนวทาง Systematic Literature Review (SLR) เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อใบหน้า โดยใช้หลักเกณฑ์ของ

PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) เพื่อให้กระบวนการคัดเลือกและวิเคราะห์งานวิจัยมีความโปร่งใสและสามารถตรวจสอบได้ [1] กระบวนการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การสืบค้นข้อมูล การคัดเลือกบทความ และการสังเคราะห์ข้อมูลเชิงวิศวกรรม

3.1 การสืบค้นข้อมูล (Literature Search Strategy)

การสืบค้นบทความดำเนินการจากฐานข้อมูลวิชาการหลัก ได้แก่ Scopus, IEEE Xplore และ PubMed โดยใช้คำค้น (keywords) ที่เกี่ยวข้อง เช่น facial twitching, micro-expression, facial motion analysis และ deep learning ซึ่งครอบคลุมช่วงปี ค.ศ. 2015–2025 งานวิจัยที่ถูกเลือกต้องเป็นบทความวิจัยฉบับเต็ม (full-text) ที่มีการประยุกต์ใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์หรือการเรียนรู้ของเครื่องในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพหรือวิดีโอของใบหน้า [16]

3.2 เกณฑ์การคัดเลือกบทความ (Inclusion and Exclusion Criteria)

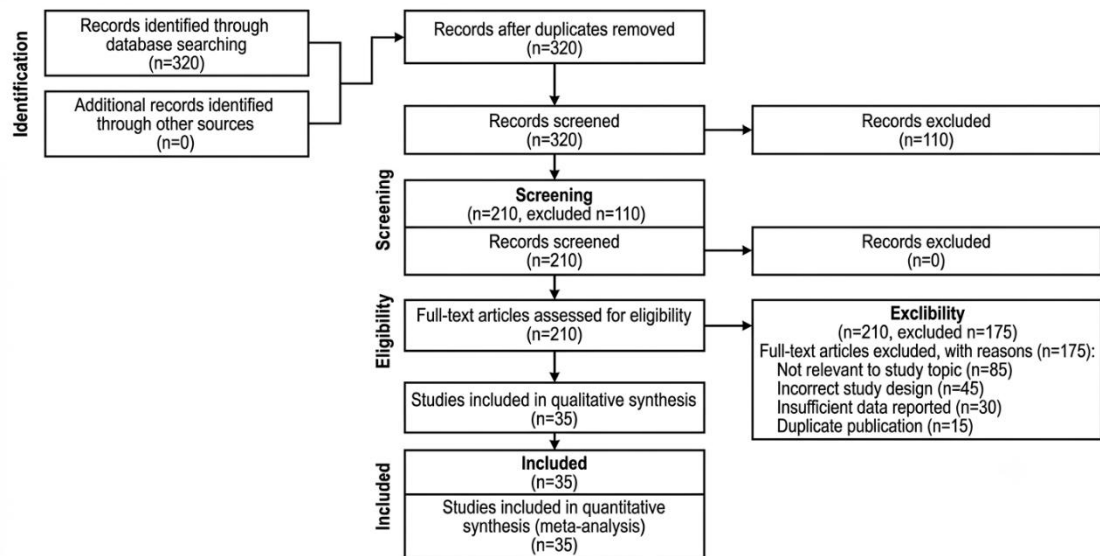
บทความที่นำมาพิจารณาจะต้องเป็นงานวิจัยที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่

- (1) ใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์หรือการเรียนรู้เชิงลึก
- (2) วิเคราะห์การเคลื่อนไหวของใบหน้าในรูปแบบภาพหรือวิดีโอ
- (3) มีผลลัพธ์เชิงปริมาณ เช่น accuracy หรือ performance metric

ขณะที่เกณฑ์การคัดออก ได้แก่

- (1) บทความที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของใบหน้า
- (2) บทความที่เป็นบทความทบทวน (review) หรือบทความที่ไม่มีข้อมูลเชิงทดลอง
- (3) บทความที่ไม่สามารถเข้าถึงข้อความเต็มได้

จากกระบวนการคัดเลือก พบว่ามีบทความเริ่มต้นจำนวน 320 บทความ ถูกคัดออกในขั้น screening จำนวน 110 บทความ เหลือ 210 บทความ จากนั้นมีการประเมินบทความฉบับเต็มจำนวน 210 บทความ และคัดออกในขั้น eligibility จำนวน 175 บทความ เหลือบทความที่นำมาวิเคราะห์จำนวน 35 บทความ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการคัดเลือกรายงานวิจัยเชิงระบบในงานด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ข้อมูล [17] กระบวนการคัดเลือกบทความดำเนินการตามแนวทาง PRISMA ดังภาพที่ 4 โดยกระบวนการดังกล่าวช่วยลดอคติในการคัดเลือกข้อมูล (selection bias) เพิ่มความโปร่งใสของกระบวนการวิจัย และเสริมความน่าเชื่อถือของผลการสังเคราะห์เชิงระบบ (systematic synthesis)



ภาพที่ 4 แผนผังกระบวนการคัดเลือกบทความตามแนวทาง PRISMA

และเพื่อให้กระบวนการคัดเลือกบทความมีความชัดเจนและสามารถตรวจสอบได้ รายละเอียดเกณฑ์

การคัดเลือกบทความสรุปไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การคัดเลือกบทความ

ประเภทเกณฑ์	รายละเอียด
เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion Criteria)	
1. ประเภทบทความ	เป็นบทความวิจัย (Research Article) ฉบับเต็ม (Full-text) ที่ผ่านการตีพิมพ์ในวารสารหรือการประชุมวิชาการ
2. เนื้อหาที่ศึกษา	มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของใบหน้า เช่น facial motion, micro-expression หรือ facial twitching
3. วิธีการที่ใช้	มีการประยุกต์ใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง หรือการเรียนรู้เชิงลึก เช่น CNN, LSTM หรือแบบจำลองผสม
4. ประเภทข้อมูล	ใช้ข้อมูลภาพหรือวิดีโอของใบหน้าในการวิเคราะห์
5. ผลลัพธ์เชิงปริมาณ	มีการรายงานผลลัพธ์เชิงตัวเลข เช่น accuracy, precision, recall หรือ performance metrics อื่น ๆ
6. ช่วงปีที่เผยแพร่	ตีพิมพ์ในช่วงปี ค.ศ. 2015–2025 เพื่อให้ครอบคลุมเทคโนโลยีสมัยใหม่
เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria)	
1. ประเภทบทความ	เป็นบทความทบทวน (Review), บทความสั้น (Short paper) หรือบทความที่ไม่มีการทดลอง

2. ความเกี่ยวข้อง	เนื้อหาไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของใบหน้า หรือไม่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สัญญาณ
3. การเข้าถึงข้อมูล	ไม่สามารถเข้าถึงบทความฉบับเต็มได้
4. คุณภาพข้อมูล	ไม่มีการรายงานผลลัพธ์เชิงปริมาณ หรือไม่มีรายละเอียดของวิธีการอย่างเพียงพอ

เกณฑ์ดังกล่าวถูกกำหนดเพื่อควบคุมคุณภาพของบทความที่นำมาวิเคราะห์และลดความเอนเอียงในการคัดเลือกข้อมูล

3.3 การสังเคราะห์ข้อมูล (Data Extraction and Synthesis)

บทความที่ผ่านการคัดเลือกจะถูกนำมาสกัดข้อมูลในด้านสำคัญ ได้แก่ ประเภทของแบบจำลอง (CNN, LSTM, CNN-LSTM) ชุดข้อมูลที่ใช้ วิธีการประมวลผล และค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง เช่น accuracy และ precision จากนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของแบบจำลองและประสิทธิภาพของระบบ การวิเคราะห์นี้มุ่งเน้นการสังเคราะห์เชิงวิศวกรรม โดยพิจารณาทั้งโครงสร้างของแบบจำลอง และลักษณะของข้อมูล เพื่อระบุแนวโน้มของเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อการตรวจจับการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้า [18]

3.4 การพัฒนารอบแนวคิด (Framework Development)

จากผลการสังเคราะห์ข้อมูล งานวิจัยนี้ได้พัฒนารอบแนวคิดของระบบคัดกรองที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

- (1) การรับข้อมูลวิดีโอ
- (2) การตรวจจับใบหน้าและจุดสำคัญ (landmark detection)
- (3) การขยายสัญญาณการเคลื่อนไหว (motion amplification)
- (4) การสกัดคุณลักษณะด้วยแบบจำลอง CNN
- (5) การวิเคราะห์เชิงเวลาด้วย LSTM
- (6) การจำแนกระดับความเสี่ยง

กรอบแนวคิดดังกล่าวถูกออกแบบโดยอ้างอิงจากแนวทางการพัฒนาระบบประมวลผลสัญญาณและคอมพิวเตอร์วิทัศน์สมัยใหม่ เพื่อให้สามารถรองรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นสัญญาณขนาดเล็กและมีความไม่ต่อเนื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ [19]

4. ผลการวิจัย

4.1 ภาพรวมของบทความที่นำมาวิเคราะห์

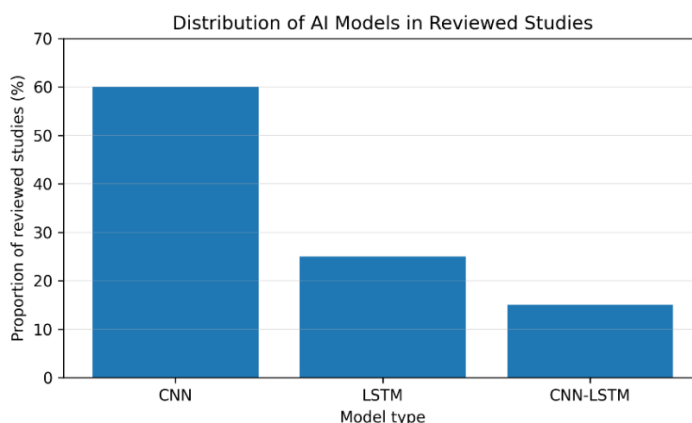
จากกระบวนการคัดเลือกบทความตามแนวทาง PRISMA พบว่ามีบทความที่ผ่านเกณฑ์และนำมาวิเคราะห์จำนวน 35 บทความ จากบทความเริ่มต้นทั้งหมด 320 บทความ ซึ่งสะท้อนถึงการคัดเลือกที่มีความเข้มงวดและเป็นระบบ งานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ส่วนใหญ่เป็นบทความที่เผยแพร่ในวารสารและการประชุมวิชาการ ด้านปัญญาประดิษฐ์ คอมพิวเตอร์วิทัศน์ และวิศวกรรมชีวการแพทย์ โดยมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของงานวิจัยในช่วงปี ค.ศ. 2018–2024 อย่างต่อเนื่อง

4.2 การวิเคราะห์สัดส่วนการใช้แบบจำลอง

จากการสังเคราะห์บทความที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจำนวน 35 บทความ พบว่าแนวทางการพัฒนาแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวขนาดเล็กของกล้ามเนื้อใบหน้ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก โดยในช่วงแรกของการวิจัย งานส่วนใหญ่มุ่งเน้นการใช้แบบจำลองที่สามารถสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่จากภาพใบหน้า เช่น Convolutional Neural Network (CNN) เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้ลักษณะเฉพาะของการเปลี่ยนแปลงบนใบหน้า อย่างไรก็ตาม เมื่อการวิเคราะห์ micro-expression และการเคลื่อนไหวขนาดเล็กของกล้ามเนื้อใบหน้าต้องอาศัยข้อมูลลำดับเวลา งานวิจัยจึงเริ่มนำแบบจำลอง Recurrent Neural Network (RNN) และ Long Short-Term Memory (LSTM) มาใช้เพื่อเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้การเปลี่ยนแปลงระหว่างเฟรมวิดีโอ

ต่อมา ได้มีการพัฒนาแบบจำลองแบบผสมผสาน (Hybrid Models) โดยเฉพาะ CNN-LSTM ซึ่งสามารถรวมข้อดีของการสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเวลาไว้ในแบบจำลองเดียว ส่งผลให้แนวทางดังกล่าวได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในงานวิจัยด้านการตรวจจับ micro-expression และการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของใบหน้า นอกจากนี้ งานวิจัยในช่วงหลังยังเริ่มให้ความสนใจกับสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ เช่น Transformer-based models และ Graph-based representations ซึ่งมีศักยภาพในการเรียนรู้ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงเวลาได้ดียิ่งขึ้น

การจัดกลุ่มแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ในงานวิจัยนี้ดำเนินการจากบทความจำนวน 35 บทความที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกตามแนวทาง PRISMA โดยพิจารณาจากสถาปัตยกรรมหลักที่รายงานในแต่ละงานวิจัยและจัดประเภทออกเป็นกลุ่ม CNN-based, LSTM-based และ CNN-LSTM hybrid models รายละเอียดของการจัดกลุ่มและคุณลักษณะของแต่ละแนวทางสรุปไว้ในตารางที่ 1 ทั้งนี้ คำร้อยละที่รายงานในภาพที่ 5 เป็นผลจากการสังเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารที่ผ่านการคัดเลือก มิใช่ผลจากการทดลองที่ผู้วิจัยดำเนินการเอง



ภาพที่ 5 สัดส่วนของแบบจำลองที่ใช้ในบทความจำนวน 35 บทความ โดย CNN มีสัดส่วนสูงที่สุด

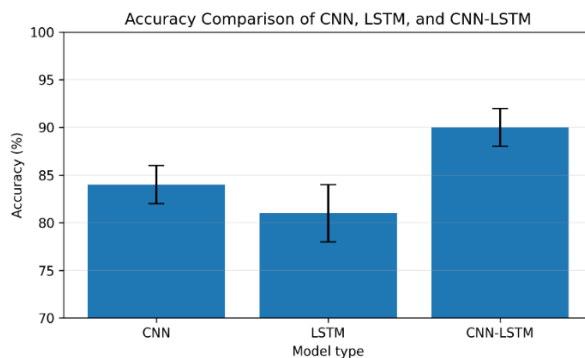
ภาพที่ 5 แสดงสัดส่วนของแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้ในบทความที่ผ่านการคัดเลือก พบว่าแบบจำลองกลุ่ม CNN มีสัดส่วนสูงที่สุดประมาณร้อยละ 60 ของงานวิจัยทั้งหมด รองลงมาคือแบบจำลอง LSTM ร้อยละ 25 และแบบจำลอง CNN-LSTM ร้อยละ 15 ตามลำดับ สัดส่วนดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า CNN ยังคงเป็น

สถาปัตยกรรมพื้นฐานที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความสามารถในการสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถประยุกต์ใช้กับชุดข้อมูลมาตรฐานได้หลากหลาย

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในเชิงวิพากษ์ พบว่าแบบจำลอง CNN เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวขนาดเล็กของกล้ามเนื้อใบหน้าที่มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงเวลา ส่งผลให้เกิดการพัฒนาแบบจำลอง LSTM และ CNN-LSTM เพื่อเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลระหว่างเฟรมวิดีโอ ขณะที่งานวิจัยสมัยใหม่เริ่มมุ่งไปสู่การประยุกต์ใช้ Transformer-based models [13] และ Graph-based models [14] ซึ่งสามารถจัดการความสัมพันธ์ระยะยาวและโครงสร้างเชิงพื้นที่ของใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น แนวโน้มดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงทิศทางการพัฒนาของงานวิจัยจากการเรียนรู้คุณลักษณะเชิงพื้นที่เพียงอย่างเดียว ไปสู่การเรียนรู้เชิงพื้นที่-เวลา (spatio-temporal learning) และการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนมากขึ้นสำหรับการประยุกต์ใช้ในระบบสุขภาพอัจฉริยะในอนาคต แม้ว่า CNN-LSTM จะยังคงเป็นแนวทางหลักที่ได้รับความนิยมในวรรณกรรมปัจจุบัน แต่แนวโน้มของงานวิจัยล่าสุดสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนผ่านไปสู่สถาปัตยกรรมที่สามารถเรียนรู้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่-เวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น Transformer-based และ Graph-based models ซึ่งอาจกลายเป็นแนวทางหลักของงานวิจัยในอนาคต

4.3 การเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของแบบจำลอง

จากการสังเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณของบทความที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 35 บทความ พบว่าแบบจำลองแต่ละประเภทมีช่วงค่าความแม่นยำ (accuracy range) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยแบบจำลอง Convolutional Neural Networks (CNN) มีค่าความแม่นยำอยู่ในช่วง 82–86% ขณะที่ Long Short-Term Memory (LSTM) มีค่าความแม่นยำอยู่ในช่วง 78–84% และแบบจำลองแบบผสมผสาน CNN-LSTM ให้ค่าความแม่นยำสูงที่สุดอยู่ในช่วง 88–92% ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของแบบจำลอง CNN, LSTM และ CNN-LSTM

แสดงช่วงค่าความแม่นยำของแบบจำลองจากบทความที่ผ่านการคัดเลือก โดย CNN-LSTM มีช่วงค่าที่สูงกว่าแบบจำลองเดี่ยว

ค่าความแม่นยำดังกล่าวได้มาจากการรวบรวมผลลัพธ์ที่รายงานในแต่ละบทความ และจัดกลุ่มตามประเภทของแบบจำลองหลัก จากนั้นจึงทำการสังเคราะห์ในรูปของช่วงค่า (range-based synthesis) แทนการใช้ค่าเฉลี่ยเพียงค่าเดียว เพื่อสะท้อนความแปรปรวนของผลลัพธ์ที่เกิดจากความแตกต่างของชุดข้อมูล วิธีการทดลองและเงื่อนไขการประเมินในแต่ละงานวิจัย ทั้งนี้ บทความที่นำมาวิเคราะห์ใช้ชุดข้อมูลที่หลากหลาย เช่น CASME II, SAMM และ dataset เฉพาะของแต่ละงาน ซึ่งมีผลต่อระดับความยากของปัญหาและค่าความแม่นยำที่รายงาน ควรสังเกตว่าค่าความแม่นยำที่นำมาเปรียบเทียบในภาพที่ 6 เป็นค่าที่รายงานจากงานวิจัยแต่ละฉบับ ซึ่งมีความแตกต่าง

กันทั้งด้านชุดข้อมูล วิธีการประเมินผล และเงื่อนไขการทดลอง ดังนั้น ผลการเปรียบเทียบดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อสะท้อนแนวโน้มโดยรวมของแบบจำลองที่ได้รับความนิยมในวรรณกรรม มากกว่าการเปรียบเทียบเชิงสถิติระหว่างงานวิจัยโดยตรง

ในเชิงวิศวกรรม ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่าแบบจำลอง CNN มีความสามารถในการสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่ (spatial features) จากภาพใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา ขณะที่ LSTM สามารถเรียนรู้ลำดับข้อมูลเชิงเวลา (temporal dynamics) ได้ดี แต่ขาดความสามารถในการสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่อย่างละเอียด การผสานทั้งสองแนวทางในแบบจำลอง CNN-LSTM จึงช่วยให้สามารถเรียนรู้ทั้ง spatial และ temporal features ได้พร้อมกัน ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเคลื่อนไหวขนาดเล็กของกล้ามเนื้อใบหน้าได้ดียิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาว่าการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำในงานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบเชิงสังเคราะห์ (comparative synthesis) ไม่ใช่การทดลองภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ดังนั้น ค่าความแม่นยำที่รายงานจึงไม่สามารถใช้เปรียบเทียบเชิงสถิติแบบตรงตัวได้ นอกจากนี้ ความแตกต่างของวิธีการประเมิน เช่น cross-validation, train-test split และ metric ที่ใช้ (accuracy, F1-score) อาจส่งผลต่อค่าที่รายงานในแต่ละงานวิจัย

ผลการวิเคราะห์นี้จึงชี้ให้เห็นแนวโน้มโดยรวมว่าแบบจำลอง CNN-LSTM มีศักยภาพสูงในการประยุกต์ใช้กับปัญหาการตรวจจับการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้า อย่างไรก็ตาม การพัฒนาแบบจำลองในอนาคตควรคำนึงถึงทั้งประสิทธิภาพและข้อจำกัดด้านการประมวลผล รวมถึงการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงเพื่อยืนยันความสามารถของระบบอย่างแท้จริง

4.4 การวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมของผลลัพธ์

จากมุมมองเชิงวิศวกรรม พบว่า CNN มีความเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ข้อมูลภาพนิ่งหรือข้อมูลที่มีโครงสร้างเชิงพื้นที่ชัดเจน ขณะที่ LSTM เหมาะสมกับข้อมูลลำดับเวลา แต่มีข้อจำกัดในการสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่ เมื่อพิจารณาร่วมกัน แบบจำลอง CNN-LSTM สามารถแก้ไขข้อจำกัดของแต่ละแบบจำลองได้โดยการรวมจุดแข็งของทั้งสองเทคนิค

อย่างไรก็ตาม ความซับซ้อนของแบบจำลอง CNN-LSTM ส่งผลให้ต้นทุนการประมวลผลสูง และอาจไม่เหมาะสมกับระบบที่ต้องการการทำงานแบบ real-time นอกจากนี้ การฝึกแบบจำลองยังต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญในกรณีที่ไม่มีชุดข้อมูลเฉพาะสำหรับการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้า

4.5 ข้อจำกัดของผลการวิจัย

แม้ว่าผลการศึกษานี้จะชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มที่ชัดเจนของแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ยังมีข้อจำกัดที่สำคัญ ได้แก่

- (1) การพึ่งพาชุดข้อมูล micro-expression ซึ่งไม่สะท้อนสภาพจริง
- (2) การขาดการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง
- (3) ความแตกต่างของวิธีการทดลองในแต่ละงานวิจัย

ข้อจำกัดเหล่านี้ส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงเชิงคลินิกได้โดยตรง และจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมในงานวิจัยในอนาคต

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

5.1 การอภิปรายผลเชิงวิศวกรรม (Engineering Interpretation)

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง CNN-LSTM มีประสิทธิภาพสูงสุดในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวขนาดเล็กของกล้ามเนื้อใบหน้า โดยให้ค่าความแม่นยำอยู่ในช่วง 88–92% ซึ่งสูงกว่า CNN (82–86%) และ LSTM (78–84%) อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ในเชิงวิศวกรรมว่า CNN มีความสามารถในการสกัดคุณลักษณะเชิงพื้นที่จากภาพใบหน้า ขณะที่ LSTM มีความสามารถในการเรียนรู้รูปแบบเชิงเวลา การผสานทั้งสองเทคนิคจึงช่วยเพิ่มความไวของระบบต่อการตรวจจับสัญญาณที่มีแอมพลิจูดต่ำและเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น

อย่างไรก็ตาม แม้แบบจำลอง CNN-LSTM จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า แต่ยังมีข้อจำกัดด้านความซับซ้อนของโมเดลและต้นทุนการประมวลผล ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานในระบบที่ต้องการการทำงานแบบ real-time

ในเชิงวิพากษ์ แม้แบบจำลอง CNN-LSTM จะมีข้อได้เปรียบด้านการเรียนรู้คุณลักษณะเชิงพื้นที่และเชิงเวลา แต่ข้อได้เปรียบดังกล่าวแลกมาด้วยความซับซ้อนของโครงสร้างแบบจำลอง ความต้องการข้อมูลฝึกสอนจำนวนมาก และความยากในการนำไปใช้งานกับระบบประมวลผลแบบเวลาจริง โดยเฉพาะในบริบทของการคัดกรองการกระตุกของกล้ามเนื้อใบหน้าที่สัญญาณมีขนาดเล็ก เกิดไม่ต่อเนื่อง และมีความไวต่อสัญญาณรบกวนสูง ดังนั้น การเลือกใช้แบบจำลองจึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะค่าความแม่นยำเท่านั้น แต่ควรพิจารณาควบคู่กับต้นทุนการประมวลผล ความสามารถในการอธิบายผล ความทนทานต่อสัญญาณรบกวน และความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงด้วย

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการทบทวนแบบจำลอง CNN, LSTM และ CNN-LSTM เป็นหลัก โดยไม่ครอบคลุมสถาปัตยกรรมแบบ Transformer และ Vision Transformer (ViT) ซึ่งเริ่มมีการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ภาพและวิดีโออย่างแพร่หลายในช่วงหลังปี ค.ศ. 2020 ทั้งนี้เนื่องจากการประยุกต์ใช้ Transformer ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวระดับไมโครของใบหน้ายังอยู่ในระยะเริ่มต้น และงานวิจัยที่มีการรายงานผลลัพธ์เชิงปริมาณอย่างชัดเจนในบริบทนี้ยังมีจำนวนจำกัด จึงไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกที่กำหนดไว้ในงานศึกษานี้ อย่างไรก็ตาม Transformer ถือเป็นทิศทางที่มีศักยภาพสูงสำหรับงานวิจัยในอนาคต โดยเฉพาะในแง่ของความสามารถในการจับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเชิงเวลาในระยะยาวได้ดีกว่า CNN-LSTM

สำหรับกรอบแนวคิดเชิงวิศวกรรมที่เสนอในงานวิจัยนี้ ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลักนั้น ได้รับการออกแบบโดยอิงจากหลักการที่ปรากฏในงานวิจัยที่ผ่านการทบทวน กล่าวคือ ขั้นตอนการตรวจจับใบหน้าและ landmark detection อ้างอิงจากแนวทางของ Pfister et al. [7] และ Liong et al. [8] ขั้นตอนการขยายสัญญาณ (motion amplification) อ้างอิงจาก Wu et al. [12] และขั้นตอนการสกัดคุณลักษณะและจำแนกผลอ้างอิงจากสถาปัตยกรรม CNN-LSTM ของ Donahue et al. [11] กรอบแนวคิดนี้จึงเป็นการสังเคราะห์แนวปฏิบัติที่ดีที่สุดจากงานวิจัยที่มีอยู่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาระบบคัดกรองในขั้นต่อไป มิใช่ระบบที่ผ่านการทดสอบเชิงประจักษ์แล้ว ข้อจำกัดนี้ได้รับการยอมรับและถือเป็นทิศทางสำคัญสำหรับงานวิจัยในอนาคต

5.2 การเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Comparison with Previous Studies)

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการใช้แบบจำลองผสมผสาน เช่น CNN-LSTM มีความสอดคล้องกับทิศทางของงานวิจัยสมัยใหม่ในด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเวลา อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังพึ่งพาชุดข้อมูล micro-expression เช่น CASME II และ SAMM ซึ่งไม่ได้ออกแบบมาเพื่อการตรวจจับการกระตุกของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะ ส่งผลให้ความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมจริงยังมีข้อจำกัด

5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย (Limitations)

ข้อจำกัดสำคัญของงานวิจัยนี้ ได้แก่

- (1) การใช้ข้อมูลจากงานวิจัยรอง ซึ่งอาจมีความแตกต่างของเงื่อนไขการทดลอง
- (2) การขาดชุดข้อมูลเฉพาะสำหรับการกระตุ้นของกล้ามเนื้อใบหน้า
- (3) การขาดการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง

ข้อจำกัดดังกล่าวส่งผลให้ผลการวิเคราะห์ยังไม่สามารถนำไปใช้ในเชิงคลินิกได้โดยตรง

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต (Future Research Directions)

เพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบ ควรมีการพัฒนาในด้านต่าง ๆ ได้แก่

- (1) การสร้างชุดข้อมูลเฉพาะสำหรับ facial twitching
- (2) การปรับปรุงแบบจำลองให้รองรับ real-time processing
- (3) การผสานข้อมูลจากหลายแหล่ง เช่น วัตถุและสัญญาณชีวภาพ (EMG)
- (4) การทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงและเชิงคลินิก

6. สรุปผล (Conclusion)

จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม พบว่าแบบจำลองที่สามารถผสมผสานการเรียนรู้เชิงพื้นที่และเชิงเวลา เช่น CNN-LSTM มีศักยภาพสูงสุดในการตรวจจับการกระตุ้นของกล้ามเนื้อใบหน้า โดยให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 88–92% ซึ่งสูงกว่าแบบจำลองเดี่ยวอย่างชัดเจน ขณะเดียวกันงานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงมีข้อจำกัดด้านชุดข้อมูลและการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง ส่งผลให้ยังไม่สามารถนำไปใช้งานในระดับคลินิกได้โดยตรง

ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้เสนอกรอบแนวคิดเชิงวิศวกรรมสำหรับระบบคัดกรองการกระตุ้นของกล้ามเนื้อใบหน้า ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาระบบสุขภาพอัจฉริยะในอนาคต โดยผลการศึกษานี้มีศักยภาพในการสนับสนุนการตรวจจับความผิดปกติทางระบบประสาทในระยะเริ่มต้น และสามารถต่อยอดไปสู่การพัฒนาระบบที่มีความแม่นยำและใช้งานได้จริงในระดับอุตสาหกรรมและการแพทย์ต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. PLOS Medicine, 6(7), e1000097.
- [2] Khor, H. Q., See, J., Phan, R. C. W., & Lin, W. (2019). Dual-stream shallow networks for facial micro-expression recognition. Image and Vision Computing, 81, 1–11.
- [3] Li, X., Hong, X., Moilanen, A., Huang, X., Pfister, T., Zhao, G., & Pietikäinen, M. (2018). Towards reading hidden emotions: A comparative study of micro-expression spotting and recognition methods. IEEE Transactions on Affective Computing, 9(4), 563–577.
- [4] Wang, Y., See, J., Phan, R. C. W., & Oh, Y. H. (2020). Efficient spatio-temporal networks for micro-expression recognition. Pattern Recognition, 107, 107468.

-
- [5] Yan, W.-J., Li, X., Wang, S.-J., Zhao, G., Liu, Y.-J., Chen, Y.-H., & Fu, X. (2014). CASME II: An improved spontaneous micro-expression database and baseline evaluation. *PLOS ONE*, 9(1), e86041.
- [6] Davison, A. K., Lansley, C., Costen, N., Tan, K., & Yap, M. H. (2018). SAMM: A spontaneous micro-facial movement dataset. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 9(1), 116–129.
- [7] Pfister, T., Li, X., Zhao, G., & Pietikäinen, M. (2011). Recognising spontaneous facial micro-expressions. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp. 1449–1456.
- [8] Liong, S. T., See, J., Wong, K., & Phan, R. C. W. (2016). Less is more: Micro-expression recognition from video using apex frame. *Signal Processing: Image Communication*, 62, 82–92.
- [9] Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 25, 1097–1105.
- [10] Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735–1780.
- [11] Donahue, J., Hendricks, L. A., Rohrbach, M., Venugopalan, S., Guadarrama, S., Saenko, K., & Darrell, T. (2017). Long-term recurrent convolutional networks for visual recognition and description. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(4), 677–691.
- [12] Wu, H. Y., Rubinstein, M., Shih, E., Gutttag, J., Durand, F., & Freeman, W. T. (2012). Eulerian video magnification for revealing subtle changes in the world. *ACM Transactions on Graphics*, 31(4), Article 65.
- [13] Dosovitskiy, A., Beyer, L., Kolesnikov, A., Weissenborn, D., Zhai, X., Unterthiner, T., Dehghani, M., Minderer, M., Heigold, G., Gelly, S., Uszkoreit, J., & Houlsby, N. (2021). An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale. *International Conference on Learning Representations*.
- [14] Yan, S., Xiong, Y., & Lin, D. (2018). Spatial temporal graph convolutional networks for skeleton-based action recognition. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 32(1), 7444–7452.
- [15] Ho, J., Jain, A., & Abbeel, P. (2020). Denoising diffusion probabilistic models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 6840–6851.
- [16] Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. *Keele University Technical Report*.
- [17] Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222.

[18] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.

[19] Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.

**การพัฒนาระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์
เพื่อส่งเสริมสุขภาวะผู้สูงอายุและลดภาระผู้บริบาลในระดับชุมชน**

**DEVELOPMENT OF A GENERATIVE AI-BASED INTELLIGENT COUNSELING SYSTEM
TO PROMOTE ELDERLY WELL-BEING AND REDUCE CAREGIVER BURDEN AT THE
COMMUNITY LEVEL**

Nguyen Hoang Anh ^{*1} เนาวรัตน์ ปิ่นอำนาจ ¹

Nguyen Hoang Anh ^{*1}, Nawarat Pinamnaj ¹

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา

¹ Faculty of Science and Technology, Chaopraya University

* E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): nguyen.h@cpu.ac.th

วันที่รับบทความ 28 พฤษภาคม 2569 วันที่แก้ไขบทความ 21 มิถุนายน 2569 วันที่ตอบรับบทความ 26 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่อง "การพัฒนาระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมสุขภาวะผู้สูงอายุและลดภาระผู้บริบาลในระดับชุมชน" มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ (1) พัฒนาและประยุกต์ใช้นวัตกรรมปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) ในการสร้างระบบสนับสนุนการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุ (2) เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและสุขภาวะโดยรวมของผู้สูงอายุให้ดียิ่งขึ้น และ (3) เพื่อลดภาระการบริบาลของญาติและผู้ดูแลในพื้นที่ตำบลหัวดงและตำบลเจริญผล จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นพื้นที่เป้าหมายที่ก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัยระดับสมบูรณ์ กระบวนการดำเนินงานวิจัยใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุมชนเป็นฐาน (Community Based Learning: CBL) บูรณาการร่วมกับการพัฒนาเทคโนโลยีเชิงรุก ผ่าน 6 กิจกรรมหลัก เริ่มจากการสำรวจ วิเคราะห์บริบทชุมชน และการพัฒนาระบบแชตบอตอัจฉริยะ (Line Bot) บนแพลตฟอร์ม LINE Official Account (LINE OA) ที่เชื่อมต่อกับเทคโนโลยี Gemini AI ผ่านระบบ Webhook ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถโต้ตอบด้วยภาษาธรรมชาติและเข้าถึงฐานข้อมูลโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) ได้อย่างแม่นยำ ผลการวิจัยพบว่า นวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีผู้สูงอายุสมัครเข้าใช้งานระบบสำเร็จจำนวน 161 คน จากเป้าหมาย 200 คน (คิดเป็นร้อยละ 80.50) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลหลังการใช้งานโดยได้รับการประเมินจาก 105 คน พบว่า ร้อยละ 54.29 ของผู้ใช้งานมีการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ทันทีหลังการอบรม และสามารถลดปัญหาด้านสุขภาพลงได้ร้อยละ 34.29 นอกจากนี้ ผลการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีและการนำระบบไปใช้ประโยชน์จริงอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.37$) แสดงให้เห็นว่าระบบเครื่องมือคัดกรองและให้คำแนะนำสุขภาพเบื้องต้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สรุปได้ว่าการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ กับแพลตฟอร์มที่ใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้สูงอายุสามารถจัดการสุขภาพตนเองได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดภาระเชิงระบบของบุคลากร

สาธารณสุขและผู้ดูแล แต่ยังเป็นต้นแบบสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมดิจิทัลเพื่อรองรับความท้าทายของสังคมสูงวัยในอนาคตได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: สังคมสูงวัย; ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI); การดูแลสุขภาพทางไกล; ผู้สูงอายุ; ไลน์โอเอ (LINE OA)

ABSTRACT

This study, *Development of a Generative AI-Based Intelligent Counseling System to Promote Elderly Well-being and Reduce Caregiver Burden at the Community Level*, aimed to (1) develop and implement a Generative AI-based health support system for older adults, (2) enhance their quality of life and overall well-being, and (3) reduce the caregiving burden on family members and caregivers in Hua Dong and Charoen Phon Subdistricts, Nakhon Sawan Province, Thailand, where the population has entered a complete aging society. The research adopted a Community-Based Learning (CBL) approach integrated with proactive technology development through six major activities. The process began with community surveys and needs assessment, followed by the development of an intelligent LINE chatbot deployed on the LINE Official Account (LINE OA) platform. The chatbot was connected to Google's Gemini AI through a webhook architecture, enabling natural language interactions and accurate retrieval of information from a knowledge base on non-communicable diseases (NCDs). The results demonstrated that the developed system effectively reached the target population. A total of 161 older adults successfully registered and used the system, representing 80.50% of the target sample (200 participants). Post-implementation evaluation, based on responses from 105 participants, revealed that 54.29% of users immediately applied the health knowledge gained after the training, while 34.29% reported improvements in managing their health-related problems. In addition, users expressed a high level of technology acceptance and practical usefulness of the system, with an overall mean score of 4.37, indicating that the AI-powered health screening and preliminary consultation tool was effective and well accepted. In conclusion, integrating Generative AI with a widely used daily communication platform can empower older adults to manage their own health more effectively. The system not only helps reduce the workload of healthcare professionals and family caregivers but also serves as a practical model for developing sustainable digital health innovations to address the challenges of an aging society.

Keywords: Aging Society; Generative Artificial Intelligence (Generative AI); Telehealth Care; Older Adults; LINE Official Account (LINE OA)

1. บทนำ

การเตรียมความพร้อมรับมือสังคมสูงวัยของประเทศไทยถือว่าเป็นประเด็นสำคัญและเร่งด่วน เนื่องจากประเทศกำลังก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ และมีแนวโน้มจะเข้าสู่สังคมสูงวัยในอนาคตอันใกล้ การขับเคลื่อนงานด้านผู้สูงอายุจึงควรยึดผู้สูงอายุเป็นศูนย์กลาง ทั้งในด้านการออกแบบระบบบริการ สุขภาพ สวัสดิการ และสภาพแวดล้อมทางสังคมให้สอดคล้องกับความต้องการของประชากรสูงอายุในปัจจุบันและอนาคต

ประเทศไทยมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปประมาณ 12.5 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 18.9 ของประชากรทั้งหมด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรอย่างชัดเจน [16] สำหรับจังหวัดนครสวรรค์ มีประชากรผู้สูงอายุจำนวน 218,041 คน คิดเป็นร้อยละ 21.06 ของประชากรทั้งจังหวัด แสดงให้เห็นว่าจังหวัดนครสวรรค์ได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มรูปแบบ นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้สูงอายุส่วนหนึ่งอยู่ในสถานะที่เปราะบาง เช่น ได้รับเบี้ยยังชีพ ผู้ที่ช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ ไม่มีผู้ดูแล ไม่มีรายได้ หรือมีภาวะเจ็บป่วยเรื้อรัง รวมถึงกลุ่มที่อาศัยอยู่ลำพังและกลุ่มที่เผชิญความรุนแรงทางร่างกายหรือจิตใจ [17]

ในระดับพื้นที่ องค์การบริหารส่วนตำบลห้วยดง อำเภอเก้าเลี้ยว มีผู้สูงอายุจำนวน 2,000 คน และองค์การบริหารส่วนตำบลเจริญผล อำเภอบรรพตพิสัย มีผู้สูงอายุจำนวน 1,381 คน ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ทั้งสองแห่งมีประชากรผู้สูงอายุในสัดส่วนที่สำคัญ และจำเป็นต้องได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม [19], [20]

เมื่อประชากรสูงอายุเพิ่มมากขึ้น ความต้องการการดูแลแบบต่อเนื่องก็เพิ่มตามไปด้วย โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุวัย 80 ปีขึ้นไป และกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะเจ็บป่วยซับซ้อน ซึ่งส่วนใหญ่มักเผชิญกับข้อจำกัดในการเข้าถึงบริการสุขภาพ สิทธิ ในการรักษาพยาบาล และการดูแลที่เหมาะสม ภาครัฐจึงให้ความสำคัญกับเป้าหมายการสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีในวัยชรา โดยเน้นการดูแลที่มีผู้สูงวัยเป็นศูนย์กลาง โครงการ AI เพื่อนคู่หูวัยเก๋า ปลอดภัยจากโรค หรือ AI Companion for the Elderly: Safe from Disease จึงมุ่งพัฒนาและประยุกต์ใช้ Generative AI เพื่อสนับสนุนการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุ ยกระดับคุณภาพชีวิต ลดภาระของครอบครัวและผู้ดูแล และส่งเสริมการบูรณาการความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเจ้าพระยา องค์การบริหารส่วนตำบลห้วยดง องค์การบริหารส่วนตำบลเจริญผล และภาคีเครือข่ายสุขภาพในพื้นที่

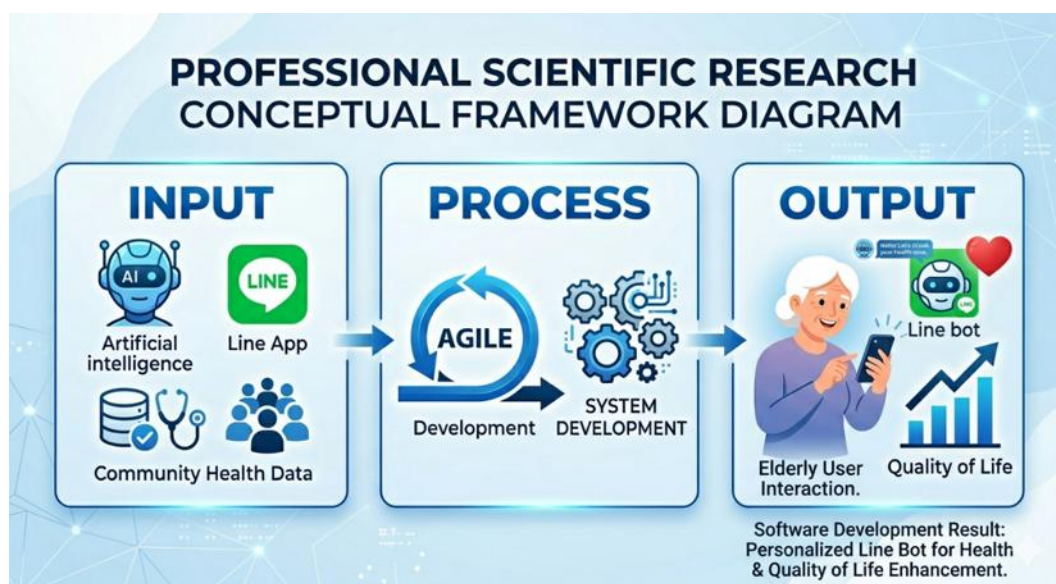
นอกจากนี้ การเปลี่ยนผ่านเข้าสู่สังคมผู้สูงวัยยังส่งผลต่อโครงสร้างทางเศรษฐกิจและระบบการดูแลในระดับครัวเรือน โดย Kantachote และ Wiroomsri [8] อธิบายว่า การเพิ่มขึ้นของประชากรผู้สูงอายุส่งผลให้ความต้องการด้านสุขภาพและการดูแลเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลเข้ามาช่วยสนับสนุนระบบบริการสุขภาพและการดูแลผู้สูงอายุในอนาคต ขณะเดียวกัน เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และระบบสุขภาพดิจิทัลเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมสุขภาวะของผู้สูงอายุ โดยเฉพาะการติดตามภาวะสุขภาพ การให้คำแนะนำเบื้องต้น และการลดภาวะความเสี่ยงด้านสุขภาพ จากงานวิจัยของ Chaipunko และคณะ [5] พบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับการฝึกทางกายภาพและการรับรู้ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของสมองและส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุได้อย่างมีนัยสำคัญ

แม้ว่าเทคโนโลยีดิจิทัลด้านสุขภาพจะมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แต่ผู้สูงอายุในชุมชนท้องถิ่นจำนวนมากยังประสบปัญหาการเข้าถึงข้อมูลด้านสุขภาพที่ถูกต้อง การติดตามอาการอย่างต่อเนื่อง และข้อจำกัดด้านบุคลากรทางการแพทย์ ส่งผลให้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ผ่านแพลตฟอร์มที่ประชาชนคุ้นเคย เช่น LINE Official Account (LINE OA) กลายเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการยกระดับระบบสุขภาพชุมชนและเพิ่มประสิทธิภาพการดูแลผู้สูงอายุในยุคสังคมผู้สูงวัย

จากบริบทดังกล่าว มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา ในฐานะสถาบันอุดมศึกษาที่มีบทบาทในการขับเคลื่อนสังคมด้วยองค์ความรู้และนวัตกรรม จึงได้จัดทำงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุและลดภาระผู้บริบาลในระดับชุมชนขึ้น โดยมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) ร่วมกับระบบแชทบอตอัจฉริยะผ่านแพลตฟอร์ม LINE Official Account (LINE OA) เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการดูแลสุขภาพทางไกล (Telehealth Support System) สำหรับผู้สูงอายุในพื้นที่ตำบลหัวดงและตำบลเจริญผล จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งมีจำนวนผู้สูงอายุรวมกันมากกว่า 3,381 คน [21]

ระบบดังกล่าวถูกออกแบบให้สามารถติดตามอาการเบื้องต้น ให้ข้อมูลสุขภาพที่ถูกต้อง เข้าใจง่าย และสามารถตอบโต้กับผู้ใช้งานด้วยภาษาธรรมชาติผ่านเทคโนโลยี Generative AI อีกทั้งยังช่วยเฝ้าระวังความเสี่ยงด้านสุขภาพในระยะเริ่มต้น การนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ ไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตและส่งเสริมการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุเท่านั้น แต่ยังสามารถช่วยลดภาระของญาติ ผู้ดูแล และบุคลากรทางการแพทย์ อันจะนำไปสู่การสร้างระบบนิเวศด้านสุขภาพชุมชนที่มีความเข้มแข็งและยั่งยืนในอนาคต

กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

จากภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัยที่ใช้ในการพัฒนาระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุและลดภาระผู้บริบาลในระดับชุมชน โดยกรอบแนวคิดประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) Input ประกอบด้วยเทคโนโลยี Generative AI แอปพลิเคชัน LINE และข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุในระดับชุมชน (2) Process เป็นการพัฒนาระบบตามแนวคิด Agile และกระบวนการพัฒนาระบบ เพื่อออกแบบ พัฒนา ทดสอบ และปรับปรุงระบบให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน และ (3) Output คือระบบ LINE Chatbot สำหรับให้คำปรึกษาด้านสุขภาพที่สามารถสนับสนุนการดูแลสุขภาพ ส่งเสริมคุณภาพชีวิต และลดภาระของผู้บริบาลในระดับชุมชน กรอบแนวคิดดังกล่าวแสดงความเชื่อมโยง

ระหว่างเทคโนโลยี ข้อมูล และกระบวนการพัฒนาระบบ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการสร้างนวัตกรรมด้านสุขภาพดิจิทัล สำหรับการดูแลผู้สูงอายุในชุมชน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและลดภาระผู้บริบาลในระดับชุมชน" ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการรอบแนวคิดและแนวทางในการพัฒนาระบบ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดด้านระบบสุขภาพดิจิทัลและการจัดการข้อมูลสุขภาพ

การพัฒนาระบบสุขภาพในยุคสังคมสูงวัยจำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีสารสนเทศในการสนับสนุนการตัดสินใจ และเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการข้อมูลสุขภาพเพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [7] นอกจากนี้ การออกแบบโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลสารสนเทศด้านสุขภาพยังต้องให้ความสำคัญกับความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล (Data Integrity) เป็นอันดับแรก เพื่อให้ระบบสามารถจัดเก็บ ดึงข้อมูล และนำไปประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความน่าเชื่อถือ และปลอดภัย [6]

2.2 เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และระบบสุขภาพอัจฉริยะทางไกล

ปัจจุบันเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และระบบสุขภาพดิจิทัลเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญในการยกระดับการดูแลสุขภาพทางไกลและประสบการณ์ของผู้ใช้งาน [11] การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) และโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (LLMs) ในรูปแบบระบบแชทบอตอัจฉริยะ ช่วยสนับสนุนการให้ข้อมูลสุขภาพและการโต้ตอบกับผู้ใช้งานแบบเรียลไทม์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1] ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการนำปัญญาประดิษฐ์เข้ามาขับเคลื่อนระบบบริการสุขภาพและการสื่อสารระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักรในยุคปัจจุบัน [2] โดยเฉพาะโมเดลภาษาขนาดใหญ่ที่มีศักยภาพสูงในการวิเคราะห์ข้อมูลทางการแพทย์และสร้างคำตอบที่สอดคล้องกับบริบทเฉพาะบุคคล [10] นอกจากนี้ การพัฒนาระบบตอบสนองอัตโนมัติผ่านการเชื่อมต่อ Webhook ในแวดวงเทคโนโลยีสุขภาพ (HealthTech) ยังช่วยให้ระบบสามารถส่งมอบบริการสุขภาพในลักษณะเฉพาะบุคคล (Personalization) ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดตลอด 24 ชั่วโมง [18]

2.3 การออกแบบเทคโนโลยีและการยอมรับเทคโนโลยีของผู้สูงอายุ

การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับกลุ่มผู้สูงอายุมีข้อจำกัดและเงื่อนไขเฉพาะที่ต้องพิจารณาอย่างถี่ถ้วน โดยต้องคำนึงถึงความพร้อมในการใช้งาน ความง่าย และการยอมรับเทคโนโลยีของผู้สูงอายุเป็นสำคัญ [9] กระบวนการพัฒนาจึงควรใช้แนวทางการออกแบบระบบแบบมีส่วนร่วม (Participatory Design) ที่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเข้ามามีบทบาทในกระบวนการวิเคราะห์ความต้องการ เพื่อให้วัตกรรมการดิจิทัลสอดคล้องกับบริบทและวิถีชีวิตจริงของชุมชน [4] ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานแล้ว ยังเป็นแนวทางสำคัญในการลดความเหลื่อมล้ำและการถูกเอาเปรียบในการเข้าถึงสวัสดิการทางสังคมและบริการสุขภาพดิจิทัลของผู้สูงอายุในชุมชนท้องถิ่นได้อย่างแท้จริง [14]

2.4 การประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันเพื่อการสื่อสารในงานสุขภาพชุมชน

การเลือกใช้แพลตฟอร์มการสื่อสารออนไลน์ที่ประชาชนมีความคุ้นเคย เช่น แพลตฟอร์ม LINE Official Account (LINE OA) เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพสูงในการเข้าถึงผู้ใช้งานในระดับชุมชน โดยการประยุกต์ใช้ LINE OA ในงานบริการสุขภาพชุมชนช่วยส่งเสริมความรอบรู้ด้านสุขภาพ การติดตามอาการอย่างต่อเนื่อง และสนับสนุน

โปรแกรมการจัดการตนเองของผู้ป่วยโรคเรื้อรังได้อย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังช่วยลดอุปสรรคเชิงเทคโนโลยีสำหรับผู้สูงอายุและเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสารในระดับท้องถิ่นได้อย่างเป็นรูปธรรม [13], [15]

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) ผสานกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) และแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุมชนเป็นฐาน (Community-Based Learning: CBL) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมดิจิทัล "ระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและลดภาระผู้บริบาลในระดับชุมชน" ซึ่งเป็นระบบสนับสนุนการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุทางไกลผ่านเทคโนโลยีดิจิทัลในระดับพื้นที่ โดยมีระเบียบวิธีวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ประชาชนและผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลหัวดง อำเภอเก้าเลี้ยว และองค์การบริหารส่วนตำบลเจริญผล อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งครอบคลุมกลุ่มผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงด้านสุขภาพ ญาติหรือผู้ดูแลผู้สูงอายุ ผู้นำชุมชน อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) และบุคลากรของหน่วยงานท้องถิ่นที่มีบทบาทในการส่งเสริมสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ เพื่อให้ครอบคลุมบริบทและความต้องการที่แท้จริงของชุมชน

สำหรับกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยกำหนดจำนวน 200 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากกลุ่มผู้สูงอายุและผู้ดูแลที่สามารถเข้าถึงสมาร์ตโฟนและใช้งานแอปพลิเคชัน LINE ได้ รวมถึงผู้นำชุมชนและ อสม. ที่มีบทบาทเป็นแกนนำด้านสุขภาพในพื้นที่ ซึ่งมีความพร้อมในการใช้งานและการทดสอบระบบนวัตกรรมดิจิทัล

3.2 เครื่องมือและการพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบในรูปแบบแชทบอตอัจฉริยะ (Smart Chatbot) ผ่านแพลตฟอร์ม LINE Official Account (LINE OA) โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI: Gemini) ร่วมกับระบบ Webhook เพื่อเชื่อมต่อการทำงานระหว่างผู้ใช้งาน ฐานข้อมูล และระบบประมวลผลอัจฉริยะ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

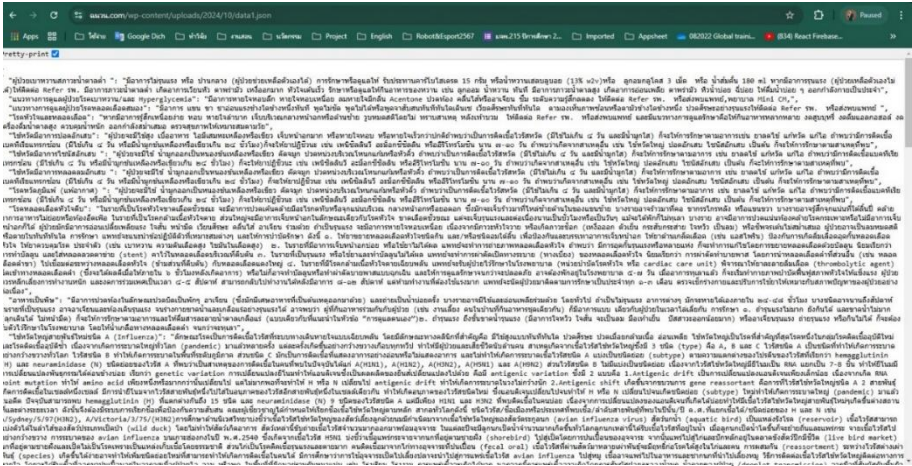
3.2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจและสัมภาษณ์ผู้สูงอายุในตำบลหัวดงและตำบลเจริญผล เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีและอุปสรรคในการเข้าถึงข้อมูลสุขภาพ ก่อนนำชุดข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดข้อกำหนดของระบบ (System Requirements) โดยระบบได้รับการออกแบบให้รองรับผู้ใช้งานหลัก 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้สูงอายุ ญาติหรือผู้ดูแล และเจ้าหน้าที่/ผู้ดูแลระบบ (Admin) ซึ่งต้องสามารถให้คำปรึกษาด้านสุขภาพเบื้องต้น ตอบคำถามเกี่ยวกับโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) และช่วยลดความกังวลด้านสุขภาพได้อย่างรวดเร็วผ่านแพลตฟอร์มที่ผู้ใช้งานคุ้นเคย

3.2.2 ขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลและองค์ความรู้ด้านสุขภาพ

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลความรู้ด้านสุขภาพและโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) จากเอกสารทางการแพทย์ นำมาแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ JSON (JavaScript Object Notation) (ภาพที่ 2) เพื่อให้ระบบสามารถเรียกใช้

ข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยไฟล์ JSON ถูกจัดเก็บบนคลาวด์แพลตฟอร์มเพื่อรองรับการเข้าถึงข้อมูลแบบเรียลไทม์และรักษาความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูล (Data Integrity)



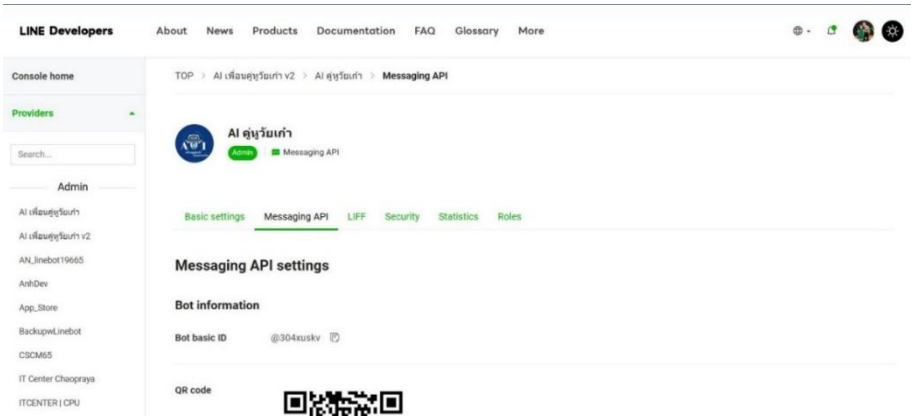
ภาพที่ 2 ไฟล์ JSON รองรับกรเข้าถึงข้อมูลโรคและค่าปรึกษาด้านสุขภาพเบื้องต้นแบบเรียลไทม์

3.2.3 ขั้นตอนการพัฒนา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบโดยมุ่งเน้นการเชื่อมต่อระหว่างปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์และแพลตฟอร์มการสื่อสารออนไลน์ มีรายละเอียดทางเทคนิคดังนี้

1. การสร้างระบบ LINE Official Account (LINE OA)

ผู้วิจัยได้สร้างบัญชี LINE OA เพื่อใช้เป็นอินเทอร์เฟซหลักในการโต้ตอบกับผู้ใช้ โดยออกแบบเมนูและรูปแบบการแสดงผลให้ง่ายต่อการใช้งานของผู้สูงอายุ เพื่อลดอุปสรรคเชิงเทคโนโลยี (ภาพที่ 3)



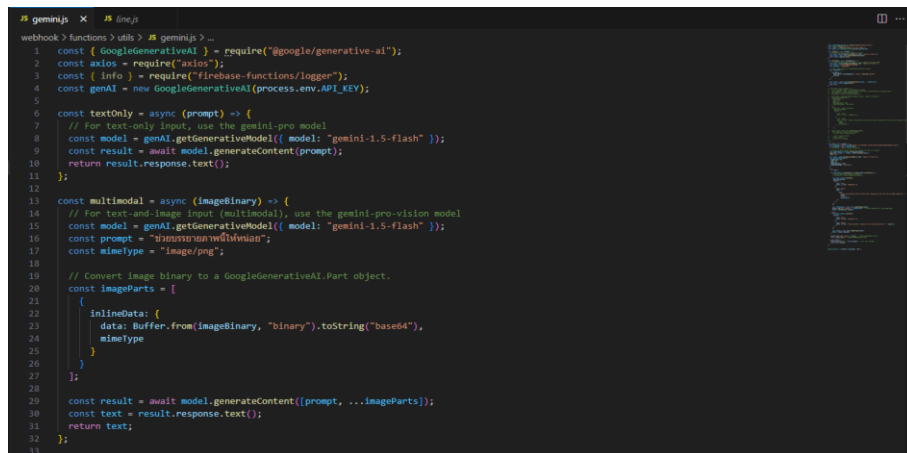
ภาพที่ 3 สร้าง Line OA เป็นช่องทางในการสื่อสารกับผู้ใช้

2. การพัฒนาระบบ Webhook และการเชื่อมต่อกับ Gemini AI

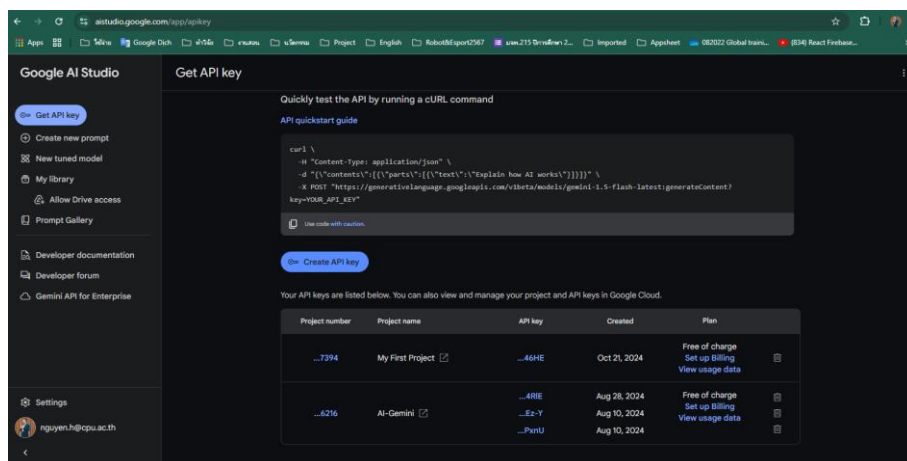
ผู้วิจัยได้เขียนโค้ดสร้าง Webhook เพื่อเป็นตัวกลางเชื่อมต่อระหว่าง LINE OA กับระบบ Generative AI (Gemini) ผ่าน API (Application Programming Interface) สำหรับรับ-ส่งข้อมูลแบบอัตโนมัติ

โดยกระบวนการทำงานของระบบแบ่งออกเป็น 2 กรณีหลัก คือ

1. การดึงข้อมูลความรู้จากฐานข้อมูล JSON ภายในที่ผู้วิจัยจัดเตรียมไว้ (ภาพที่ 4)
2. การดึงข้อมูลเพิ่มเติมจากอินเทอร์เน็ตในกรณีที่ไม่มีพบข้อมูลในคลังความรู้ภายนอกนี้ ผู้วิจัยได้สร้าง API Key ผ่านระบบ Google AI Studio (ภาพที่ 5) เพื่อเรียกใช้งานโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Gemini AI) ในการวิเคราะห์เจตนาของคำถามและประมวลผลคำตอบในรูปแบบภาษาธรรมชาติที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุ



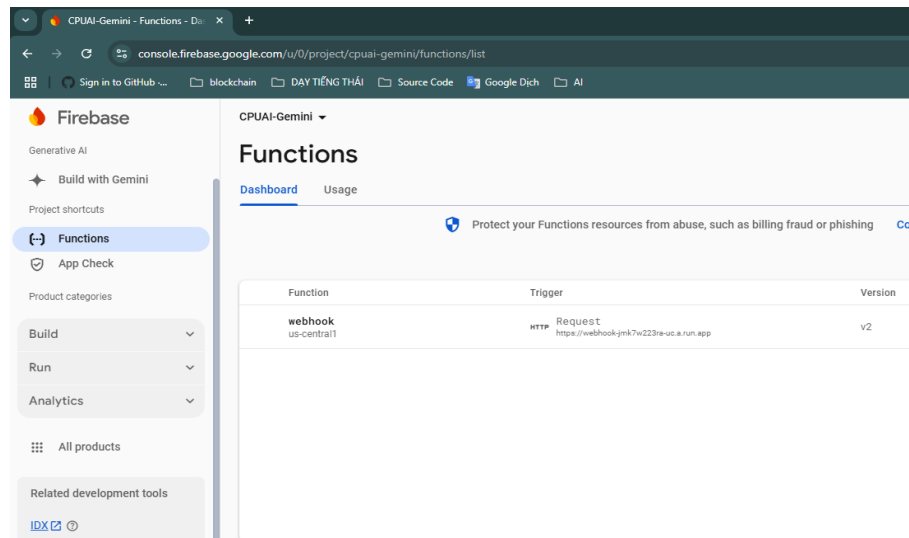
ภาพที่ 4 สร้าง Webhook เพื่อการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล JSON หรือ ดึงข้อมูลเพิ่มเติมจากอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ 5 เชื่อมต่อกับ Gemini AI ผ่าน API

3.2.4 การติดตั้งและเผยแพร่ระบบ (Deployment)

หลังจากพัฒนาระบบเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการ Deploy ระบบขึ้นสู่ Firebase Hosting (ภาพที่ 6) เพื่อให้ระบบสามารถออนไลน์และเข้าถึงได้ผ่าน URL ของ Webhook และเชื่อมต่อกับ LINE OA เพื่อเปิดใช้งานระบบอย่างสมบูรณ์ รองรับการใช้งานของผู้ใช้ได้ตลอด 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 6 ฝาก link webhook บน Firebase ในการออนไลน์ไฟล์ webhook

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

ในการพัฒนาระบบครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ชุดเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์เพื่อชุมชน ดังนี้

3.3.1 ในส่วนของการโต้ตอบกับผู้ใช้งาน (User Interface)

ได้เลือกใช้ LINE Official Account (LINE OA) เป็นช่องทางหลักในการสื่อสาร เนื่องจากเป็นแอปพลิเคชันที่เข้าถึงง่ายและกลุ่มผู้สูงอายุมีความคุ้นเคยในการใช้งาน

3.3.2 ในส่วนของประมวลผลอัจฉริยะ (AI Processing)

ใช้ Generative AI (Gemini) ผ่านการ เชื่อมต่อ API (Application Programming Interface) เพื่อทำหน้าที่ประมวลผลภาษาธรรมชาติและสร้างคำตอบให้กับผู้ใช้งาน

3.3.3 ในส่วนของการเชื่อมต่อและเซิร์ฟเวอร์ (Integration & Hosting)

มีการเขียนโค้ดเพื่อสร้าง Webhook และนำลิงก์ (Link) ไปฝากไว้บนคลาวด์แพลตฟอร์ม Firebase เพื่อรองรับการทำงานของระบบให้มีความเสถียรและสามารถตอบสนองผู้ใช้ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

3.3.4 ในด้านการจัดการข้อมูล (Data Management)

ใช้การจัดเก็บข้อมูลแบบ JSON (JavaScript Object Notation) ซึ่งเป็นรูปแบบไฟล์ที่ระบบคอมพิวเตอร์ สามารถอ่านและดึงข้อมูลไปประมวลผลร่วมกับ AI ได้อย่างรวดเร็ว

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ถูกแบ่งออกเป็น 2 ระยะหลัก เพื่อให้ครอบคลุมทั้งกระบวนการพัฒนานวัตกรรมและการประเมินผล ดังนี้

ระยะที่ 1 การเก็บข้อมูลเพื่อประกอบการพัฒนาระบบ: เป็นการลงพื้นที่สำรวจบริบทชุมชน พฤติกรรมการดูแลสุขภาพ และข้อจำกัดในการใช้เทคโนโลยีของผู้สูงอายุในพื้นที่ตำบลหัวตงและตำบลเจริญผล โดยใช้วิธีการสำรวจและสัมภาษณ์เชิงลึก ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เป็นข้อกำหนดในการออกแบบคลังความรู้ด้านโรค (Knowledge Base) และแนวทางการโต้ตอบของ AI ให้เหมาะสมกับผู้ใช้งาน

ระยะที่ 2 การเก็บข้อมูลเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์: ดำเนินการภายหลังจากที่พัฒนาระบบเสร็จสมบูรณ์ และเปิดให้กลุ่มเป้าหมายทดลองใช้งานจริงในพื้นที่ โดยผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ เพื่อวัดระดับความพึงพอใจ ความรู้ความเข้าใจด้านสุขภาพที่เพิ่มขึ้น ตลอดจนการลดลงของความเสี่ยงด้านสุขภาพและระดับคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาตรวจสอบความสมบูรณ์และวิเคราะห์ผล ด้วยวิธีการทางสถิติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics): ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม พฤติกรรมการใช้งานระบบ และสัดส่วนการเข้าถึงนวัตกรรมของกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้ค่าสถิติแจกแจงความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) เพื่ออธิบายลักษณะภาพรวมของกลุ่มตัวอย่าง

การประเมินระดับความพึงพอใจและการนำไปใช้ประโยชน์: วิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นและระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean: $\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) จากแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (5-Point Likert Scale)

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ยที่ได้ เพื่อชี้วัดระดับความพึงพอใจและประโยชน์ที่ได้รับ โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- คะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง ความพึงพอใจ / การใช้ประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ ระดับมากที่สุด
- คะแนนเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง ความพึงพอใจ / การใช้ประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ ระดับมาก
- คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง ความพึงพอใจ / การใช้ประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ ระดับปานกลาง
- คะแนนเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง ความพึงพอใจ / การใช้ประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ ระดับน้อย
- คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง ความพึงพอใจ / การใช้ประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ ระดับน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและลดภาระผู้บริบาลในระดับชุมชน โดยดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบบอจิล (Agile Development) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุมชนเป็นฐาน (Community-Based Learning) ตั้งแต่การวิเคราะห์บริบทพื้นที่ การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (UI) ไปจนถึงการบูรณาการเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) ผลการดำเนินงานสามารถนำเสนอแบ่งออกเป็น 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ ผลการพัฒนาและคุณลักษณะของระบบ และผลการประเมินประสิทธิภาพความพึงพอใจจากการใช้งานจริง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ผลการพัฒนาและออกแบบระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นคือระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและลดภาระผู้บริบาลในระดับชุมชน โดยใช้ชื่อระบบว่า "AI เพื่อนคู่หูวัยเก๋า ปลอดภัยจากโรค" ซึ่งเป็นแชทบอตอัจฉริยะที่ทำงานบนแพลตฟอร์ม LINE Official Account (LINE OA) โดยการเลือกใช้แพลตฟอร์มดังกล่าวช่วยลดข้อจำกัดด้านการเข้าถึงเทคโนโลยีของผู้สูงอายุ และเพิ่มโอกาสในการใช้งานจริงในระดับ

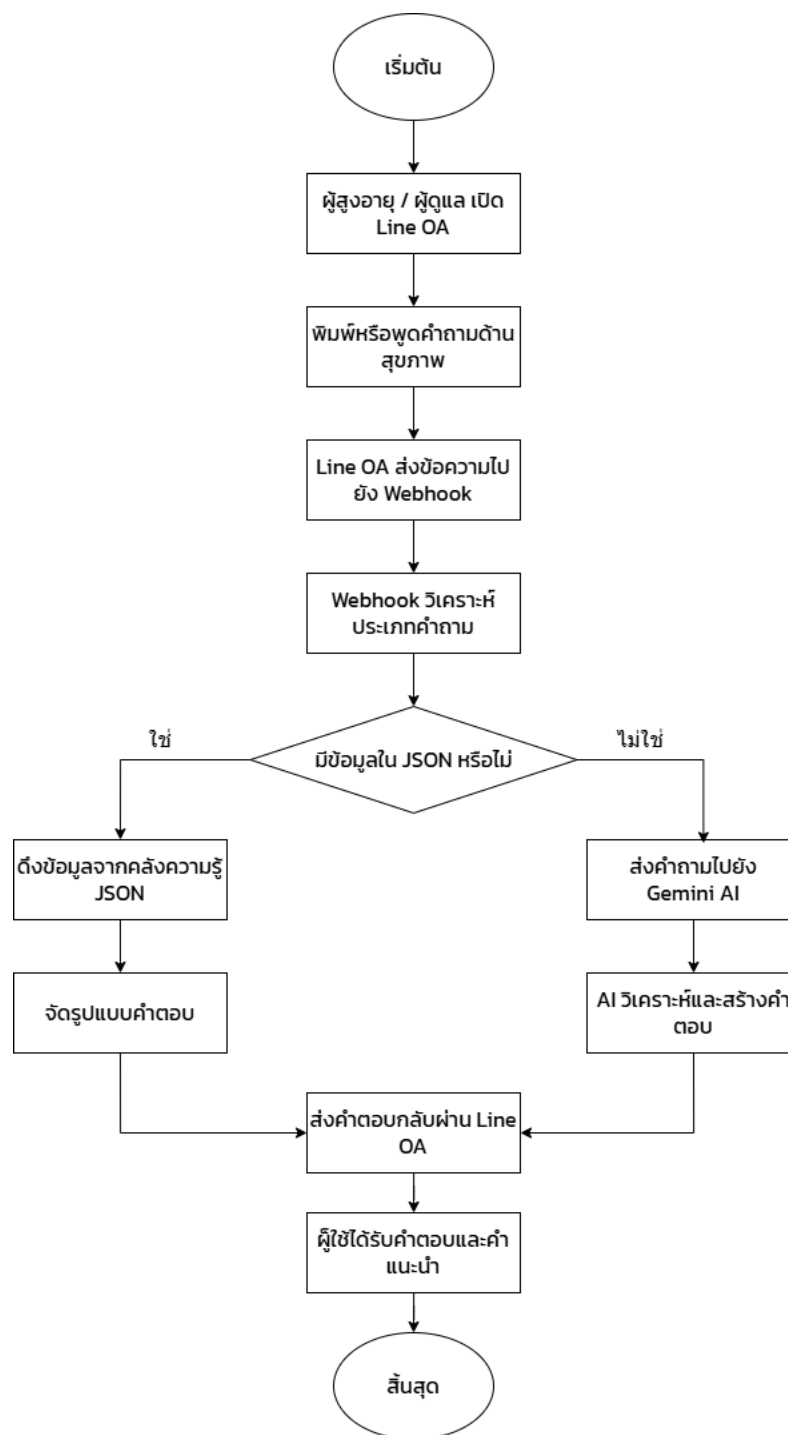
ระบบถูกออกแบบให้ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือคัดกรองสุขภาพเบื้องต้นและให้คำแนะนำในการดูแลตนเองสำหรับโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) โดยใช้ความสามารถของ Generative AI ในการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) เพื่อสร้างการโต้ตอบที่ใกล้เคียงกับการสื่อสารของมนุษย์

จากการออกแบบระบบโดยคำนึงถึงความต้องการของกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่ตำบลหัวดงและตำบลเจริญผล ระบบสามารถรองรับผู้ใช้งานได้ 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

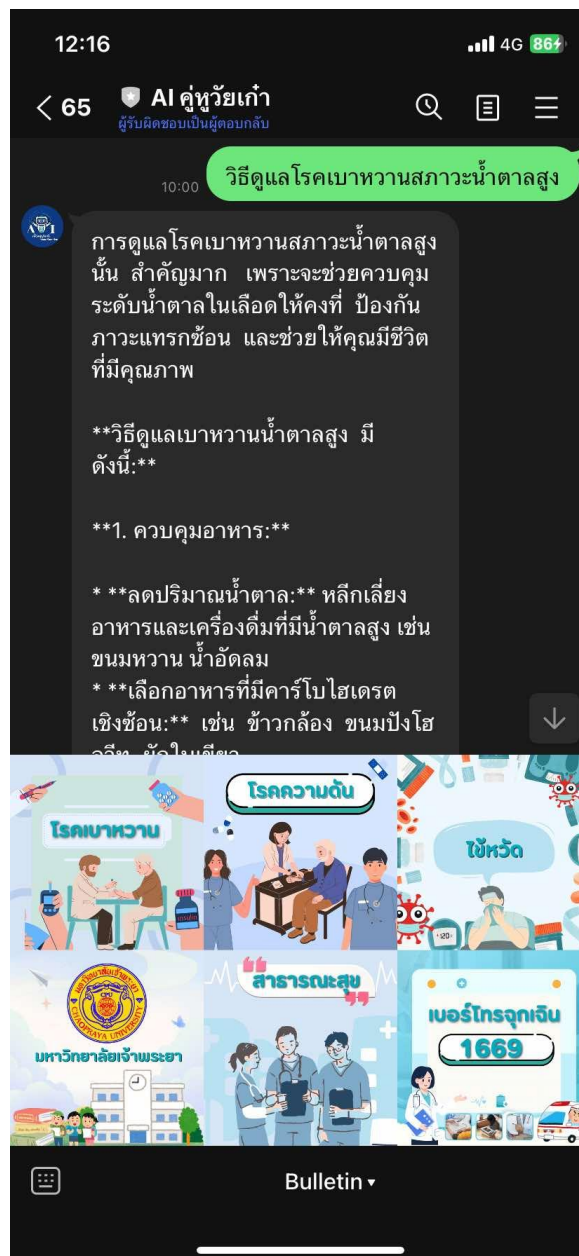
- 1.1 **กลุ่มผู้สูงอายุและญาติ:** สามารถสอบถามข้อมูลสุขภาพ ปรีกษาอาการเบื้องต้น และรับข้อมูลการดูแลตนเองผ่านภาษาธรรมชาติ (Natural Language)
- 1.2 **กลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุข (อสม.):** ใช้เป็นเครื่องมือเสริมในการให้ความรู้และติดตามอาการของคนในชุมชนได้อย่างรวดเร็ว
- 1.3 **ผู้ดูแลระบบ (Admin):** สามารถจัดการและปรับปรุงฐานข้อมูลองค์ความรู้ (Knowledge Base) ในรูปแบบ JSON เพื่อให้ AI มีความแม่นยำและทันสมัยอยู่เสมอ

ในส่วนของการทำงาน ระบบถูกแบ่งออกเป็นโมดูล (Module) สำคัญเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ ดังนี้:

- **โมดูลการสื่อสารอัจฉริยะ (Smart Conversational Module):** ทำหน้าที่เป็นส่วนหน้าในการรับคำถามและโต้ตอบกับผู้สูงอายุผ่านระบบ Webhook ที่เชื่อมต่อกับ Gemini AI
- **โมดูลจัดการองค์ความรู้ท้องถิ่น (Knowledge Management Module):** เป็นส่วนการจัดเก็บข้อมูลโรคและคำแนะนำด้านสุขภาพที่คัดกรองแล้ว เพื่อให้ AI ดึงข้อมูลมาตอบเป็นลำดับแรกก่อนการสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต
- **โมดูลสื่อสารและประชาสัมพันธ์ (Broadcasting Module):** ใช้สำหรับส่งข้อมูลข่าวสารสุขภาพและแจ้งเตือนกิจกรรมด้านสุขภาพให้แก่สมาชิกในกลุ่มเป้าหมายได้อย่างทั่วถึง



ภาพที่ 7 แสดงแผนภาพที่แสดงลำดับการทำงานของระบบ Line Chatbot



ภาพที่ 8 แสดงตัว Line OA ที่สามารถตอบคำถามของผู้ใช้

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

หลังจากการพัฒนาระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและลดภาระผู้บริหารในระดับชุมชนเสริมจัน ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำระบบไปให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานจริงในชีวิตประจำวัน ซึ่งประกอบด้วย ผู้สูงอายุ ญาติผู้ดูแล รวมถึงผู้นำชุมชนและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถาม (จากผู้สมัครใช้งานสำเร็จจำนวน 161 คน)

จากการประเมินผู้ใช้งานที่ตอบแบบสอบถามจำนวน 105 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจและเห็นประโยชน์ต่อระบบในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยรวม $\bar{x} = 4.37$) โดยเฉพาะในด้านความ

สะดวกในการเข้าถึงข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน LINE ที่คุ้นเคย และความสามารถของระบบ AI ที่ช่วยลดความวิตกกังวลด้านสุขภาพได้อย่างรวดเร็ว ผลการประเมินความพึงพอใจสามารถจำแนกตามกลุ่มผู้ใช้งานหลัก สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของ กลุ่มผู้สูงอายุและญาติผู้ดูแล (n=105)

แบบติดตามประเมินผลการนำไปใช้ประโยชน์ "AI เพื่อนคู่หูวัยเก่า ปลอดภัยจากโรค" (หลังใช้ AI 1 เดือน)

แบบติดตามประเมินผลการนำไปใช้ประโยชน์	$\bar{X}$	SD	ร ะ ต บ ความพึง พอใจ
1. ความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจและระดับประโยชน์ของการนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้			
1.1 ได้นำเครื่องมือ "AI เพื่อนคู่หูวัยเก่า ปลอดภัยจากโรค" ไปใช้ในการสอบถามเรื่องสุขภาพ	4.27	0.75	มาก
1.2 ได้รับความรู้ที่ทันสมัยและเป็นปัจจุบัน	4.33	0.73	มาก
1.3 สามารถนำความรู้และทักษะการใช้เครื่องมือไปถ่ายทอด และขยายผลต่อได้	4.50	0.72	มาก
ภาพรวมของความพึงพอใจทั้งหมด	4.37	0.73	มาก
แบบติดตามประเมินผลการนำไปใช้ประโยชน์ "AI เพื่อนคู่หูวัยเก่า ปลอดภัยจากโรค"	จำนวน	ค่าร้อยละ	
2. หลังจากที่ท่านได้ผ่านการอบรมช่วยให้ท่านสามารถใช้งานในการหาข้อมูลทางด้านสุขภาพได้ดีขึ้นหรือไม่			
ใช้งานได้ดี	82	78.10	
ยังใช้งานไม่ได้	23	21.90	
3. ท่านได้นำความรู้/ทักษะจากการอบรมไปใช้ประโยชน์หรือไม่			
นำไปใช้ประโยชน์	74	70.48	
ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์	31	29.52	
4. ท่านเริ่มนำความรู้ไปใช้ประโยชน์			
หลังการอบรมทันที	57	54.29	
หลังการอบรมแล้ว 15 วัน	36	34.29	
หลังการอบรมแล้ว 30 วัน	8	7.62	
หลังการอบรมแล้ว 45 วัน	4	3.81	
5. ท่านนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ที่ไหน			
ใช้ในครอบครัว	60	57.14	

ใช้ในชุมชน/กลุ่ม	32	30.48
ใช้ในที่ทำงาน	7	6.67
ใช้เมื่อมีโอกาส	6	5.71
6. ท่านนำความรู้ไปขยายผลต่อในด้านใด		
ประยุกต์เป็นองค์ความรู้ใหม่	28	26.67
ให้คำปรึกษา/บริการ	10	9.52
เป็นวิทยากรถ่ายทอดเทคโนโลยี/เผยแพร่ต่อ	9	8.57
ใช้ในการประกอบอาชีพ	29	27.62
ใช้ในชีวิตประจำวัน	26	24.76
อื่นๆ	3	2.86
7. หลังจากที่ท่านได้ใช้แอปพลิเคชัน “AI เพื่อนคู่หูวัยเก๋า ปลอดภัยจากโรค” ปัญหาด้านสุขภาพลดลง หรือไม่		
ลดลง	36	34.29
ไม่ลดลง	69	65.71

จากตารางพบว่า ในระยะเวลา 1 เดือนหลังจากนำแอปพลิเคชันไปถ่ายทอดให้แก่ผู้สูงอายุในชุมชน ผู้วิจัยได้ติดตามผลการนำแอปพลิเคชันไปใช้ประโยชน์ของผู้เข้าร่วมโครงการ พบว่า ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจ และระดับประโยชน์ของการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ อยู่ในระดับมาก โดยผู้เข้าร่วมโครงการเห็นว่าการอบรมช่วยให้สามารถค้นหาข้อมูลด้านสุขภาพได้ดีขึ้น คิดเป็นร้อยละ 78.10 ผู้เข้าร่วมได้นำความรู้และทักษะจากการอบรมไปใช้ประโยชน์ คิดเป็นร้อยละ 70.48 มีการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ทันทีหลังการอบรม คิดเป็นร้อยละ 54.29 และนำแอปพลิเคชันไปใช้กับสมาชิกในครอบครัว คิดเป็นร้อยละ 57.14 นอกจากนี้ ผู้เข้าร่วมโครงการร้อยละ 34.29 เห็นว่าการใช้แอปพลิเคชัน “AI เพื่อนคู่หูวัยเก๋า ปลอดภัยจากโรค” ช่วยแก้ปัญหาสุขภาพลดลง อย่างไรก็ตาม ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ จำนวน 69 คน (ร้อยละ 65.71) ระบุว่าปัญหาสุขภาพยังไม่ลดลง ซึ่งอาจอธิบายได้ว่า การประเมินผลภายหลังการใช้งานเพียง 1 เดือนอาจเป็นช่วงเวลาที่สั้นเกินกว่าจะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของภาวะสุขภาพ โดยเฉพาะในผู้สูงอายุที่ส่วนใหญ่มีโรคเรื้อรังหรือข้อจำกัดด้านสุขภาพซึ่งต้องอาศัยการดูแลรักษา และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ แอปพลิเคชันมีบทบาทหลักในการให้ข้อมูล ให้คำแนะนำ และสนับสนุนการตัดสินใจด้านสุขภาพ มากกว่าการรักษาโรคโดยตรง ดังนั้น ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจึงอาจสะท้อนการเพิ่มพูนความรู้ ความตระหนัก และการเข้าถึงข้อมูลสุขภาพ มากกว่าการเปลี่ยนแปลงของอาการหรือภาวะสุขภาพในระยะสั้น อีกทั้งผลลัพธ์ด้านสุขภาพยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่น เช่น ความสม่ำเสมอในการใช้งาน การปฏิบัติตามคำแนะนำ พฤติกรรมการดูแลสุขภาพเดิม การสนับสนุนจากผู้บริหาร และการเข้าถึงบริการทางการแพทย์ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่อยู่นอกเหนือขอบเขตของแอปพลิเคชันเพียงอย่างเดียว

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนาระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและลดภาระผู้บริหารในระดับชุมชน” มุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่ร่วมกับ

กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน เพื่อพัฒนาระบบแชทบอตอัจฉริยะผ่านแพลตฟอร์ม LINE Official Account (LINE OA) ในการยกระดับการเข้าถึงข้อมูลสุขภาพทางไกลของผู้สูงอายุ ภายหลังจากการวิเคราะห์ระบบ ออกแบบ ติดติดตั้ง และทดลองใช้งานจริงร่วมกับกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้ประมวลผลข้อมูลและนำมาสรุปผลการวิจัย ตลอดจนอภิปรายผลลัพธ์ที่ค้นพบเชื่อมโยงกับกรอบแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่ข้อเสนอแนะในการนำนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์และการวิจัยในอนาคต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาระบบพบว่า ระบบแชทบอตอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) บนแพลตฟอร์ม LINE Official Account (LINE OA) เพื่อสนับสนุนการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุในระดับชุมชน สามารถนำไปใช้งานได้จริง โดยมีกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่เข้ามาใช้งานจำนวน 161 คน จากทั้งหมด 200 คน คิดเป็นร้อยละ 80.50 ทั้งนี้ระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการให้ข้อมูลสุขภาพที่ถูกต้อง การคัดกรองอาการเบื้องต้น และการสื่อสารข้อมูลสาธารณสุขในชุมชน

สำหรับผลการติดตามภายหลังการใช้งานเป็นระยะเวลา 1 เดือน จากการประเมินของผู้ใช้งาน 105 คน พบว่าผู้สูงอายุมีระดับการนำความรู้ไปใช้ในระดับมาก โดยร้อยละ 78.10 สามารถค้นหาข้อมูลด้านสุขภาพได้ดีขึ้น และร้อยละ 70.48 ได้นำความรู้หรือทักษะจากการอบรมไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ขณะเดียวกัน ผู้เข้าร่วมวิจัยร้อยละ 54.29 มีการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ทันทีหลังการอบรม และร้อยละ 57.14 ได้นำไปใช้ในการดูแลสุขภาพของสมาชิกในครอบครัว นอกจากนี้ การใช้งานระบบสารสนเทศดังกล่าวยังช่วยลดปัญหาด้านสุขภาพและความวิตกกังวลของผู้สูงอายุลงได้ถึงร้อยละ 34.29 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิผลของนวัตกรรมดิจิทัลในการส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพและการดูแลตนเองของผู้สูงอายุในระดับท้องถิ่นได้อย่างเป็นรูปธรรม

5.2 อภิปรายผล

การบูรณาการเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) เข้ากับแพลตฟอร์มการสื่อสารออนไลน์ที่ผู้สูงอายุมีความคุ้นเคยอยู่แล้วในชีวิตประจำวันอย่าง LINE Official Account (LINE OA) ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ระบบได้รับการยอมรับและสามารถนำไปใช้งานได้จริง ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบระบบบนแพลตฟอร์มดังกล่าวช่วยลดความซับซ้อนในการเข้าถึงเทคโนโลยี และเอื้อต่อการสื่อสารโต้ตอบด้วยภาษาธรรมชาติ (Natural Language) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบเทคโนโลยีสำหรับผู้สูงอายุที่ต้องคำนึงถึงความง่าย พฤติกรรมการใช้งาน และการยอมรับนวัตกรรมดิจิทัลของกลุ่มผู้ใช้เป็นสำคัญ [9] นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับแนวคิดเกี่ยวกับบทบาทของแชทบอตปัญญาประดิษฐ์ (AI Chatbot) ในการทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสนับสนุนระบบสุขภาพชุมชน ช่วยให้คำปรึกษา แนะนำข้อมูลการดูแลตัวเอง และส่งเสริมการมีส่วนร่วมทางสังคมของผู้สูงอายุในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1]

ประเด็นที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งที่ถูกชี้ให้เห็นคือการตั้งระบบโดยยึดแนวทางการเรียนรู้แบบใช้ชุมชนเป็นฐาน (Community Based Learning: CBL) และการเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมกับพันธมิตรเครือข่ายสุขภาพในท้องถิ่น เข้ามามีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) สิ่งนี้มีความสำคัญต่อการทำให้ระบบสามารถพัฒนาและออกแบบให้สร้าง “ฐานความรู้” ที่สอดคล้องและตั้งอยู่บนบริบทของชุมชน ความต้องการ และข้อจำกัดในโลกความเป็นจริงได้อย่างแท้จริง ดังนั้น ด้วยการพัฒนาและปรับปรุงนวัตกรรมดิจิทัลอย่างต่อเนื่อง ระบบนี้จึงเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการยกระดับสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของผู้สูงอายุ นอกจากนี้ยังช่วยจัดการกับภาระทางกายและทางจิตใจของผู้ดูแลในท้องถิ่นบนพื้นฐานที่ยั่งยืน

อย่างไรก็ตาม แม้ว่า Generative AI จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้คำแนะนำด้านสุขภาพพื้นฐานได้ แต่ระบบลักษณะนี้ยังต้องระมัดระวังความถูกต้องของข้อมูล เพราะแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่บางครั้งอาจสร้างคำตอบที่ไม่ถูกต้องตามมิติข้อมูลของผู้ป่วย ประเภท และพยาธิสภาพหรือโรค (AI Hallucination) ดังนั้น ระบบที่เสนอจึงถูกออกแบบให้คัดกรองเอกสารทางการแพทย์ในรูปแบบ JSON โดยใช้ความรู้ด้านสุขภาพเป็นแหล่งข้อมูลหลัก ก่อนที่จะมีการเข้าถึงการอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลภายนอกได้จากฐานข้อมูลอื่น ระบบยังต้องให้คำตอบในรูปแบบ “คำแนะนำเบื้องต้น” ไม่ใช่การวินิจฉัยโรคหรือคำสั่งสำหรับการรักษาทางการแพทย์ ในกรณีที่ตรวจพบอาการรุนแรงหรือเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน ระบบจะให้คำแนะนำแก่ผู้ใช้ให้ติดต่อบุคลากรทางการแพทย์หรือเข้ารับบริการโดยตรงผ่านระบบทางคลินิก เพื่อความปลอดภัยของผู้สูงอายุและลดการตีความข้อมูลผิดพลาด

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำระบบไปใช้งาน

ควรจัดทำคู่มือการใช้งานในรูปแบบภาพประกอบและคลิปวิดีโอสำหรับผู้สูงอายุและญาติ เพื่อช่วยทบทวนและสร้างความคุ้นเคยในการใช้งานระบบอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ผู้นำชุมชนและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ควรมีบทบาทในการส่งเสริมและติดตามให้ผู้สูงอายุใช้งานระบบอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้ ควรมีการปรับปรุงฐานข้อมูล JSON ให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ เพื่อให้ระบบปัญญาประดิษฐ์สามารถให้ข้อมูลด้านสุขภาพที่ถูกต้อง ทันสมัย และเชื่อถือได้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาในอนาคต

จากผลการศึกษา นักวิจัยเสนอให้มีการนำระบบให้คำปรึกษาอัจฉริยะที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์มาใช้ หน่วยงานสาธารณสุขในพื้นที่ต้องพัฒนาระบบที่บูรณาการไว้ในภารกิจอบรมพื้นฐานของ “อสม. (อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน)” และความรู้เท่าทันดิจิทัล เพื่อดูแลกระบวนการสร้างความเป็นอยู่ที่ดีเชิงรุกสำหรับผู้สูงอายุในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยในทิศทางนี้ ส่วนติดต่อผู้ใช้ของแอปพลิเคชันดังกล่าวควรออกแบบให้มีความใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่รู้จักในวงกว้าง เพื่อให้การใช้งานแอปพลิเคชันเหล่านี้เป็นภาระน้อยลง

ระบบควรได้รับการพัฒนาเพื่อรองรับคำสั่งด้วยเสียงอย่างเต็มรูปแบบและการประมวลผลภาษาถิ่นสำหรับการวิจัยและพัฒนาต่อไป เพื่อให้สามารถนำไปใช้กับผู้ใช้สูงอายุได้ นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาแนวทางในการเชื่อมโยงข้อมูลการคัดกรองสุขภาพจากระบบนี้เข้ากับฐานข้อมูลของโรงพยาบาลที่ส่งเสริมสุขภาพ (รพ. สต.) ให้สอดคล้องกับมาตรฐานพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA) เพื่อช่วยในการวินิจฉัยและการติดตามผู้ป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCD) อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งควรประเมินความคุ้มค่าด้านต้นทุนในงานสาธารณสุข และผลกระทบต่อภาวะหมดไฟของผู้ดูแล ผ่านการศึกษาระยะยาวสำหรับการดูแลผู้สูงอายุในระดับชุมชน

นอกจากนี้ ในฐานะรูปแบบหนึ่งของการประเมินตามข้อกำหนด (specification-based evaluation) ที่ช่วยให้สามารถใช้งานระบบได้ต่อเนื่องหลังสิ้นสุดโครงการ ควรบรรจุแผนการอย่างเป็นรูปธรรมเพื่อความยั่งยืนของระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การจัดการค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับ Generative AI (Gemini) APIs และค่าบริการ Cloud Hosting บนแพลตฟอร์ม Firebase ซึ่งอาจเพิ่มขึ้นตามจำนวนผู้ใช้งานที่ขยายตัวในอนาคต กำหนดประเภทของการสนับสนุนงบประมาณ การแบ่งปันทรัพยากร หรือการประยุกต์ใช้แพ็คเกจบริการในช่วงเวลาที่ใช้งานจริง ทั้งโดยหน่วยงานท้องถิ่นหรือความร่วมมือเครือข่ายสุขภาพ อีกทั้งควรกำหนดให้มีการมอบหมายความรับผิดชอบในการดำรงรักษาฐานข้อมูลสุขภาพและการอัปเดตความรู้ด้านการแพทย์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ข้อมูลมีความแม่นยำ

และทันต่อการเปลี่ยนแปลง อีกทั้งออกแบบให้เป็นต้นแบบเพื่อขยายผลในระยะยาวไปสู่ชุมชนอื่น (หรือหน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่น)

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Alhajj, R. (2025). The role of LLM-powered chatbots in assisting elderly people: systematic review. **Network Modeling Analysis in Health Informatics and Bioinformatics**, 15(1), 26. <https://doi.org/10.1007/s13721-025-00698-9>
- [2] Alhur, A. (2024). Redefining healthcare with artificial intelligence (AI): The contributions of ChatGPT, Gemini, and Co-pilot. **Cureus**, 16(4), e57795. <https://doi.org/10.7759/cureus.57795>
- [3] Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., & Thomas, D. (2021). **Manifesto for Agile Software Development**. Agile Alliance.
- [4] Chan, K. H., Oh, L. E., Bao, H., & Lee, E. W. J. (2025). Co-developing SingaporeWALK mobile health app: Enhancing physical health and mental well-being among current and future older adults through inclusive technology. **Digital Health**. <https://doi.org/10.1177/20552076251390573>
- [5] Chaipunko, S., Ammawat, W., Oanmun, K., Hongnaphadol, W., Sorasak, S., & Makmee, P. (2024). A pretest- posttest pilot study for augmented reality-based physical-cognitive training in community-dwelling older adults at risk of mild cognitive impairment. **arXiv**. Available from: <https://arxiv.org/abs/2404.18970>
- [6] Connolly, T., & Begg, C. (2015). **Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management** (6th ed.). Pearson Education.
- [7] Davenport, T. H., Harris, J. G., & Morison, R. (2010). **Analytics at Work: Smarter Decisions, Better Results**. Harvard Business Press.
- [8] Kantachote, K., & Wiroonsri, N. (2022). Do elderly want to work? Modeling elderly's decision to fight aging Thailand. **arXiv**. Available from: <https://arxiv.org/abs/2206.00193>
- [9] Enam, M., Murmu, C., & Dixon, E. (2025). "Artificial Intelligence - Carrying us into the Future": A Study of Older Adults' Perceptions of LLM-Based Chatbots. **International Journal of Human- Computer Interaction**, 41, 13747–13770. <https://doi.org/10.1080/10447318.2025.2476710>
- [10] Fattah, F. H., Salih, A. M., Salih, A. M., Asaad, S. K., Ghafour, A. K., Bapir, R., ... Kakamad, F. H. (2025). Comparative analysis of ChatGPT and Gemini (Bard) in medical inquiry: a scoping review. **Frontiers in Digital Health**, 7, 1482712. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2025.1482712>

-
- [11] Gupta, A., Sawhney, S., & Ahmed, S. (2024). CareTaker.ai—A Smart Health-Monitoring and Caretaker- Assistant System for Elder Healthcare. *Sensors*, **24**(24), 7857. <https://doi.org/10.3390/s24247857>
- [12] Sun, S. (2025). Unlocking engagement: exploring the drivers of elderly participation in digital backfeeding through community education. *Frontiers in Psychology*, **16**, 1524373. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1524373>
- [13] พรชนก บาร์มี, วรวรรณ สายงาม, และ เปรมจิตร แจ้เจนกิจ. (2566). ผลของโปรแกรมสนับสนุนการจัดการตนเองโดยเภสัชกรผ่านช่องทางไลน์แอปพลิเคชันในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง. *วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน*, **18**(1), 45-58. <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/pharm/article/view/15184>
- [14] ปัญจธรรมเจริญ, น., และ ฝึกฝน, ก. (2566). ความเหลื่อมล้ำและการถูกเอาเปรียบในการเข้าถึงสวัสดิการทางสังคมด้วย เทคโนโลยีดิจิทัลของผู้สูงอายุ: การวิจัยเชิงคุณภาพ. *วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระจอมเกล้า จังหวัดเพชรบุรี*, **6**(3), 46–58
- [15] สมุทรอาลัย เล่ห์สิงห์. (2567). การใช้แอปพลิเคชัน LINE เพื่อส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพในผู้ป่วยโรคหัวใจขาดเลือดเรื้อรัง [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/12850/>
- [16] สถาบันวิจัยเศรษฐกิจป๋วย อึ๊งภากรณ์. (2566). การสร้างคุณภาพชีวิตที่ดียามชราภาพ โดยเน้นผู้สูงวัยเป็นศูนย์กลาง. *วาระศัตวรรษที่ 25*. สุวรรณระดา.
- [17] สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์จังหวัดนครสวรรค์. (2566). รายงานสถานการณ์ทางสังคม จังหวัดนครสวรรค์ ประจำปี 2566. กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์.
- [18] Techsauce. (2563, 20 ตุลาคม). LINE OA กับบทบาทใหม่ในโลก HealthTech ตัวช่วยยกระดับบริการสุขภาพไทย. <https://techsauce.co/pr-news/line-oa-role-in-healthtech>
- [19] ที่ว่าการอำเภอเก่าเลี้ยว. (2567). รายงานข้อมูลสถิติจำนวนประชากรและกลุ่มเปราะบางในพื้นที่อำเภอเก่าเลี้ยว ประจำปี งบประมาณ พ.ศ. 2567. ที่ว่าการอำเภอเก่าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์
- [20] ที่ว่าการอำเภอบรรพตพิสัย. (2567). รายงานสรุปข้อมูลสถิติผู้สูงอายุและสวัสดิการสังคมในพื้นที่อำเภอบรรพตพิสัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567. ที่ว่าการอำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์.
- [21] องค์การบริหารส่วนตำบลห้วยดง. (2566). ข้อมูลสถิติประชากรผู้สูงอายุในพื้นที่ตำบลห้วยดงและตำบลเจริญผล. นครสวรรค์: องค์การบริหารส่วนตำบลห้วยดง.