



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2568)

ISSN (Online) 2773-9120

JOURNAL OF SCIENCE TECHNOLOGY

Southeast Bangkok University

Vol.5 No.2

(July – December 2025)





สารบัญ

กองบรรณาธิการ (Editorial team)

บรรณาธิการแถลง (Editor note)

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviewers)

บทความวิจัย

- การพัฒนาแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ที่มีการโค้ชเชิงปัญญาภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส
สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี 1-14

DEVELOPMENT OF THE LEARNING MODEL TO ENHANCE COMPUTATIONAL THINKING BY USING COGNITIVE COACHING BASED
ON UBIQUITOUS ENVIRONMENT FOR UNDERGRADUATE STUDENTS

วรางคณา บุญญาพัฒนางศ์, ประวิทย์ สิมมาทัน และ ทรงศักดิ์ สองสนิท

- การพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติ๊กต็อก FM99 Active Radio 15-29
THE DEVELOPMENT OF PROGRAM TYPE VIDEO CONTENT TO PROMOTE FOOTBALL AWARENESS ON THE TIKTOK PLATFORM
OF FM99 ACTIVE RADIO

ธีรดา เอี่ยมสำอางค์, ปิยนุช พันบาท, ภัทรวดี โจนกระโทก, กุลธิดา ธรรมวิวัฒน์, และ พรปภัสสร ปริญาญกุล

- การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมตัดคำภาษาไทยในการวิเคราะห์ความรู้สึกของผู้ใช้แอปพลิเคชันติ๊กต็อก 30-41
COMPARISON OF THAI WORD SEGMENTATION ALGORITHMS FOR SENTIMENT ANALYSIS OF TIKTOK APPLICATION USERS
ปฐวิติ พินิจสุวรรณ และ ศรัณย์ นาคถนอม

- การปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการขนส่งสินค้าของบริษัท โดยประยุกต์ใช้แนวคิด Vehicle Routing Problem (VRP) : 42-60
กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด

IMPROVING AND ENHANCING TRANSPORTATION MANAGEMENT BY APPLYING THE VEHICLE ROUTING PROBLEM (VRP) CONCEPT
: A CASE STUDY OF ABC COMPANY LIMITED

เปรมมิการ์ จินวงษ์ และ ปิยะเนตร นาคสีดี

- การพัฒนาแบบจำลองการแนะนำชมรมของนักศึกษาโดยประยุกต์เทคนิคเคมีนส์และต้นไม้ตัดสินใจ 61-77
THE DEVELOPMENT OF A STUDENT CLUB RECOMMENDATION MODEL USING K-MEANS CLUSTERING AND
DECISION TREE ALGORITHMS

อุษณีย์ ยี่สุนแก้ว และ สุดาสวรรค์ งามมงคลวงศ์



สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ต่อ)

การพัฒนาเฟรมเวิร์กความปลอดภัยทางไซเบอร์ในสภาพแวดล้อมเวอร์ชวลไลเซชัน

78-93

FRAMEWORK DEVELOPMENT OF CYBERSECURITY IN A VIRTUALIZATION ENVIRONMENT

ยศวิศ คำทอง และ ทรงพล นครศรีเรืองศักดิ์

บทความวิชาการ

คลังต้นไม้ภาษาไทย: แนวคิด การสร้าง และการประยุกต์ใช้

94-105

THAI TREEBANK: CONCEPTS, CONSTRUCTION, AND APPLICATIONS

ธีระพล ลิ้มศรีธรา



ที่ปรึกษา

ดร.สมศักดิ์ รุ่งเรือง

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาสวรรค์ งามมงคลวงศ์

คณบดีคณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม

กองบรรณาธิการ

1. ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ณมน จีรังสุวรรณ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เปรมพร เขมาวุฒม์
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ทิพย์จักร์ตัน
5. รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปราการเจริญ
6. รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ สวัสดิ์นะที
7. รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏธรงค์ จตุรัส
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งทิวา เสาร์สิงห์
9. รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย รังสินันท์
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา สังข์พุ่ม
11. ศาสตราจารย์ พล.ร.ต.หญิง ยุวดี เปรมวิชัย
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลยา ชูประดิษฐ์
13. รองศาสตราจารย์ ดร.กนก เจนจิระพงศ์เวช
14. รองศาสตราจารย์ พรศักดิ์ อรรถวานิช
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุโกศล วโนทยาพิทักษ์
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวมพร ทองรัมย์ โอนเนส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา
มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

ฝ่ายจัดการวารสารและพิสูจน์อักษร

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญาณวัฒน์ พลอยเทศ
2. อาจารย์เยาวภาณี รอดเพชร
3. อาจารย์นฤทธิตา สกฤติจันสาร
4. อาจารย์วัชรินทร์ จิตกุล



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2568) ฉบับนี้เป็นฉบับที่ 12 ประกอบด้วยบทความวิจัย 6 เรื่อง บทความวิชาการ 1 เรื่อง ซึ่งมีเนื้อหาสาระที่ครอบคลุมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สาขาเทคโนโลยีมัลติมีเดียและแอนิเมชัน สาขานวัตกรรมการศึกษาและเทคโนโลยีทางการศึกษา สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ/เทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขานวัตกรรมทางธุรกิจ และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงสาขาต่างๆ ที่มีการบูรณาการข้ามศาสตร์ที่เกี่ยวข้องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ หรือโดรน (Unmanned Aerial Vehicles: UAVs) ได้รับการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด จากอุปกรณ์ที่ต้องอาศัยการควบคุมจากระยะไกลโดยมนุษย์ ไปสู่ระบบอัตโนมัติที่มีความสามารถในการรับรู้ วิเคราะห์ และตัดสินใจได้ด้วยตนเอง ความก้าวหน้าดังกล่าวเกิดจากการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เข้ากับระบบโดรน ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ยกระดับบทบาทของโดรนให้มีความสำคัญเชิงกลยุทธ์ในหลายภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ ความมั่นคง หรือสังคม โดรนที่ขับเคลื่อนด้วย AI มีความสามารถในการรับรู้สภาพแวดล้อมอย่างชาญฉลาดผ่านการประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ กล้อง และระบบระบุตำแหน่งต่าง ๆ โดยอัลกอริทึม AI ช่วยแปลงข้อมูลดิบจำนวนมากให้กลายเป็นสารสนเทศที่มีความหมายต่อการตัดสินใจ เช่น การตรวจจับและจำแนกวัตถุ การติดตามเป้าหมาย และการประเมินสภาพพื้นที่แบบเรียลไทม์ ความสามารถเหล่านี้ช่วยให้โดรนสามารถปฏิบัติภารกิจในสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อนหรือมีความเสี่ยงสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม การนำโดรนที่ขับเคลื่อนด้วย AI มาใช้งานยังคงเผชิญกับความท้าทายหลายประการ โดยเฉพาะประเด็นด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล และความน่าเชื่อถือของระบบอัตโนมัติ หากอัลกอริทึมเกิดความผิดพลาด หรือระบบถูกโจมตีจากภัยคุกคามทางไซเบอร์ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อความปลอดภัยของบุคคล องค์กร และสังคมในวงกว้าง ดังนั้น การพัฒนาและประยุกต์ใช้โดรน AI จึงจำเป็นต้องดำเนินควบคู่ไปกับการกำหนดมาตรฐานด้านจริยธรรม กฎหมาย และมาตรการด้านความมั่นคงปลอดภัยอย่างรอบด้าน เพื่อให้การใช้เทคโนโลยีดังกล่าวเป็นไปอย่างรับผิดชอบและยั่งยืน

สุดท้ายนี้ขอเชิญชวนคณาจารย์ นักวิชาการ และนิสิต นักศึกษา รวมถึงผู้สนใจทั่วไปส่งบทความวิจัย บทความวิชาการ บทความวิจารณ์หนังสือ เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในฉบับต่อ ๆ ไปของเรา โดยท่านสามารถส่งผลงานได้ผ่านทางช่องทางออนไลน์ของวารสาร Link: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSCI>

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาสวรรค์ งามมงคลวงศ์

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก [JSCI-SBU]



รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (Peer Reviewers)

ประจำวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอกปีที่ 5 ฉบับที่ 2

1	รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตันตวงค์วานิช	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2	รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ทิพย์จักรรัตน์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3	รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ สวัสดิ์นะที	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
4	รองศาสตราจารย์ ดร.กอบเกียรติ สระอุบล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ตั้งวรรณวิทย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
6	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพล เจนสุทธิเวชกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
7	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑิยา รัตนศิริวงศ์วุฒิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
8	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิวลัย จินเจือ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
9	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล จุงจิตร	มหาวิทยาลัยทักษิณ
10	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา ทวีศักดิ์ศรี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
11	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลิดา ชาญวิจิตร	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
12	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรชาติ บัวชุม	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
13	ดร.ธนวรรณ โยชนะนัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
14	ดร.สถาพร อยู่สมบูรณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
15	ดร.สันติ โสภাপระดิษฐ์	มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
16	ดร.อรรณพ ปิยะสินธ์ชาติ	มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

JSCI-SBU

บทความวิจัยที่นำมาตีพิมพ์ในแต่ละฉบับ กองบรรณาธิการจะตรวจสอบเป็นขั้นตอนแรก และจัดให้มีการกรรมการภายนอกตรวจประเมินคุณภาพบทความตามเกณฑ์ และรูปแบบที่กำหนดในลักษณะวารสารแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 3 ท่านที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับบทความ เพื่อประเมินบทความ โดยวารสารจะรักษาความลับทั้งด้านผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เขียนบทความ (Double Blind) คือ ปกปิดรายชื่อผู้เขียนบทความและผู้เกี่ยวข้อง ดังนั้นทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย บรรณาธิการ (Editor) ผู้เขียนบทความ (Authors) และผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ (Reviewer) รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายจะต้องปฏิบัติตามหลักการและมาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์บทความ

การพัฒนาแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ
ที่มีการโค้ชเชิงปัญญา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
DEVELOPMENT OF THE LEARNING MODEL
TO ENHANCE COMPUTATIONAL THINKING BY USING COGNITIVE COACHING
BASED ON UBIQUITOUS ENVIRONMENT FOR UNDERGRADUATE STUDENTS

วารังคณา บุญญาพัฒนานพงศ์^{1*}, ประวิทย์ สิมมาตัน² และ ทรงศักดิ์ สองสนธิ³
Warangkana Bunyapattanapong¹, Prawit Simmatun² and Songsak Songsanit³

คอมพิวเตอร์ศึกษา คุรุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2,3}
Computer Education, Faculty of Education, Rajabhat Mahasarakham University^{1,2,3}

Author email: warangkana.v@pkru.ac.th*, prawitsimmatun@gmail.com², songsaksong2018@gmail.com³

Received: June 27, 2025

Revised: August 26, 2025

Accepted: September 4, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัจจุบัน ความต้องการ และสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี 2) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณที่มีการโค้ชเชิงปัญญา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี และ 3) การประเมินผลการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (R&D) 3 ระยะ ได้แก่ (1) ศึกษาสภาพปัจจุบัน ความต้องการ และสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ (2) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้และประเมินรูปแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ และ (3) ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามสภาพปัจจุบันและความต้องการ แบบบันทึกการรายงานเชิงสังเคราะห์ แบบสัมภาษณ์เชิงลึก แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ ระบบการเรียนรู้แบบยูบิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ แบบทดสอบวัดการคิดเชิงคำนวณ แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ PNI และการทดสอบ t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) สภาพปัจจุบันโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางถึงน้อย ในขณะที่ความต้องการของผู้เรียนอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุดทุกด้าน และแนวทางการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ คือการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning ใช้กิจกรรมที่กระตุ้นการมีส่วนร่วมทางความคิด ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่าน Problem-Based Learning สนับสนุนการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้แบบยืดหยุ่น ใช้กระบวนการโค้ช การประเมินผลครอบคลุมทั้งกระบวนการและผลลัพธ์ และออกแบบให้ครอบคลุมองค์ประกอบหลักของการคิดเชิงคำนวณ 2) รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมี 4 องค์ประกอบ มีผลการประเมินรูปแบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.31$, S.D. = 0.47) และ 3) ระบบการเรียนรู้แบบยูบิควิตัส ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.72/88.62 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าความพึงพอใจสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การคิดเชิงคำนวณ, การโค้ชเชิงปัญญา, สภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบยูบิควิตัส, การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้

Abstract

This research aimed to: 1) investigate the current situation and needs, and synthesize learning management approaches that promote computational thinking among undergraduate students; 2) develop a learning model that enhances computational thinking through cognitive coaching within a ubiquitous learning environment; and 3) evaluate the effectiveness of the developed model. The study employed a three-phase research and development (R&D) design consisting of: 1) analysis of the current situation, needs, and synthesis of learning management strategies; 2) model development and expert validation; and 3) implementation with a target group. The research instruments included a needs assessment questionnaire, synthesis record forms, in-depth interview protocols, model evaluation forms, a ubiquitous learning system, a computational thinking test, and a satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean, standard deviation, Priority Needs Index (PNI), and *t*-test.

The results revealed that: 1) the current state of learning management was at a moderate to low level, whereas students' needs were high to very high across all aspects. The synthesized approach emphasized active learning through problem-based strategies, flexible technology integration, cognitive coaching, and comprehensive assessment aligned with core computational thinking components; 2) the developed learning model comprised four components and was evaluated at a high level of appropriateness ($\bar{X}=4.31$, S.D. = 0.47); and 3) the ubiquitous learning system demonstrated high efficiency (86.72/88.62). Students' post-test computational thinking scores were significantly higher than their pre-test scores at the .05 level of significance. Furthermore, students' satisfaction levels were significantly higher than the predetermined criterion of 4 at the .05 level of statistical significance.

Keywords: Computational Thinking, Cognitive Coaching, Ubiquitous Learning Environment, Learning Model Development

บทนำ

ในยุคของการเปลี่ยนผ่านจากระบบเศรษฐกิจอุตสาหกรรมไปสู่โลกดิจิทัล โครงสร้างของตลาดแรงงานทั่วโลกได้เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ จากรายงาน Future of Jobs Report 2025 ของ World Economic Forum (2025) ระบุว่า เทคโนโลยีสมัยใหม่ อาทิ ปัญญาประดิษฐ์ (AI) การประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และระบบอัตโนมัติ (Automation) กำลังเข้ามามีบทบาทในภาคการจ้างงานมากขึ้น ส่งผลให้ผู้ประกอบการลดการพึ่งพาแรงงานมนุษย์และหันมาใช้เทคโนโลยีแทนที่ หากผู้สำเร็จการศึกษาไม่มีทักษะที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน ย่อมเผชิญกับความเสี่ยงต่อการว่างงานสูง [1] ในบริบทดังกล่าว ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking: CT) จึงถือเป็นทักษะสำคัญในการคิดอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์ปัญหา และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ [2] เพื่อให้สามารถแข่งขันในตลาดแรงงานระดับโลกได้ สถานศึกษาระดับอุดมศึกษาในฐานะหน่วยผลิตกำลังคนจึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยน

แนวทางการจัดการเรียนรู้ให้ตอบโจทย์ยุคสมัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามข้อกำหนดของพระราชบัญญัติการอุดมศึกษา พ.ศ. 2562 [3] ที่มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะที่จำเป็น ปรับตัวได้ และเรียนรู้ตลอดชีวิต

จากผลการศึกษาสภาพปัจจุบันและสภาพปัญหา พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณในระดับอุดมศึกษายังขาดความชัดเจนและเป็นระบบ ทั้งในมิติของกิจกรรม กระบวนการเรียนรู้ และบทบาทของผู้สอน ส่งผลให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการพัฒนาทักษะอย่างเป็นลำดับขั้นและมีความยืดหยุ่นเพียงพอ ขณะเดียวกันการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณควรบูรณาการแนวทาง Active Learning ร่วมกับ Cognitive Coaching ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่ช่วยส่งเสริมการสะท้อนคิด (Reflective Thinking) และการเรียนรู้เชิงลึก โดยอาศัยการตั้งคำถาม การสนทนา และปฏิสัมพันธ์ทางความคิดระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน [4] นอกจากนี้ การนำสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบยูบิควิตัส (Ubiquitous Learning Environment) มาใช้ยังเอื้อต่อการเรียนรู้ที่ต่อเนื่อง ยืดหยุ่น และสอดคล้องกับวิถีการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเน้นการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) และการเรียนรู้ตามบริบทส่วนบุคคล (Personalized Learning) [5]

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ โดยบูรณาการแนวคิดการโค้ชเชิงปัญญา และสภาพแวดล้อมยูบิควิตัสอย่างเป็นระบบ ผ่านขั้นตอนที่ชัดเจน และทดลองใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดเชิงคำนวณให้ผู้เรียนสามารถปรับตัวรับมือกับการเปลี่ยนแปลง และพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันในโลกแห่งอนาคตได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการ และสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ที่มีการโค้ชเชิงปัญญา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
3. เพื่อประเมินผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ที่มีการโค้ชเชิงปัญญา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) แบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการ และสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

1. การศึกษาสภาพปัจจุบัน และความต้องการ การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามสภาพปัจจุบันและความต้องการ เพื่อสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาระดับปริญญาตรีเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันและความต้องการในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ โดยดำเนินการดังนี้

ประชากร คือ นักศึกษาปริญญาตรีทั่วประเทศทั้งหมด 1,707,250 คน [6] ได้กลุ่มตัวอย่าง 400 คน จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Sampling) โดยคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ Yamane [7] ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

แบ่งเป็น ภาคกลาง 140 คน ภาคเหนือ 80 คน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 120 คน ภาคใต้ 60 คน ได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามสภาพปัจจุบันและความต้องการ แบ่งรายการประเมินเป็น 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2) ด้านรูปแบบการเรียนรู้ 3) ด้านบทบาทผู้สอน 4) ด้านการใช้เทคโนโลยีแหล่งเรียนรู้ และ 5) ด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 25 ข้อ ผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนตามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตาม Likert Scale [8] ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีค่า IOC เท่ากับ 0.77 และทำการ try out พบว่ามีค่า Cronbach's Alpha เท่ากับ 0.86

การเก็บรวบรวมข้อมูล นำแบบสอบถามสภาพปัจจุบันและความต้องการไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างให้คำแนะนำก่อนตอบแบบสอบถาม และชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความต้องการจำเป็นในการพัฒนา (PNI Modified) มีสูตรดังสมการที่ 1

$$PNI_{\text{modified}} = \frac{(I-D)}{D} \quad (1)$$

โดยที่ I = ค่าเฉลี่ยของความต้องการ (Importance)
 D = ค่าเฉลี่ยของสภาพปัจจุบัน (Present Situation)

2. การศึกษาสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้

กลุ่มตัวอย่าง คัดเลือกเอกสารและงานวิจัยจำนวน 15 ฉบับ ด้วยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบบันทึกรายการเชิงสังเคราะห์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการสังเคราะห์เชิงเนื้อหา จำแนกข้อความตามหมวดหมู่ พร้อมแปลความหมาย แล้วสรุปเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ที่มีการโค้ชเชิงปัญญา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ และ 2) เพื่อประเมินรูปแบบการเรียนรู้ มีขั้นตอนดำเนินการวิจัย ดังนี้ ผู้วิจัยนำผลการศึกษาในระยะที่ 1 มาวิเคราะห์เพื่อร่างองค์ประกอบหลัก และกระบวนการของรูปแบบการเรียนรู้ แล้วพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน ได้มาโดยวิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์เชิงลึก เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูล ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา จำแนกข้อมูลตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำมาปรับปรุงและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ให้มีความสมบูรณ์ แล้วนำรูปแบบการเรียนรู้ ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูล ด้วย $\bar{X}$ และ S.D

ระยะที่ 3 การประเมินผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ที่มีการโค้ชเชิงปัญญา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

เป็นการทดลองรูปแบบการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่าง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบการเรียนรู้แบบยูบิควิตัส ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณตามรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนา 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้แบบยูบิควิตัส

ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ 3) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียน และ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน สมมุติฐานการวิจัย (1) ระบบการเรียนรู้แบบยูนิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (80/80) (2) ผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบยูนิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยระบบการเรียนรู้แบบยูนิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณในระดับมากขึ้นไป แตกต่างจากค่ามาตรฐานที่กำหนดที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1. การพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบยูนิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

เพื่อทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาจึงได้ทำการพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบยูนิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณมาใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยออกแบบตามองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น แล้วสร้างระบบการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดของ ADDIE Model [9] ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นวิเคราะห์ (Analysis) ทำการศึกษาองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบในรายวิชา 1123304 การโปรแกรมสำหรับวิทยาการคำนวณ 2 และศึกษาเครื่องมือสำหรับการพัฒนาระบบ โดยเลือกเป็น google sites ที่สามารถรองรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้จากทุกแพลตฟอร์ม เหมาะสำห้รนำมาเป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมยูนิควิตัส

1.2 ขั้นตอนออกแบบ (Design) ออกแบบระบบการเรียนรู้ ตามองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ โดยกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ออกแบบโครงสร้างกระบวนการเรียนรู้ และการโค้ชเชิงปัญญา

1.3 ขั้นพัฒนา (Development) นำการออกแบบในขั้นตอนที่ 2 มาสร้างเป็นระบบการเรียนรู้แบบยูนิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ใส่เนื้อหา เชื่อมโยงฟังก์ชันสนับสนุนการเรียนรู้

1.4 ขั้นทดลองใช้ (Implementation) นำระบบการเรียนรู้แบบยูนิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม ที่มีบริบทที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ 1) ทดลองใช้แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One Testing) และ การทดสอบกลุ่มเล็ก (Small Group Testing) จากการทดลองพบว่า ผู้เรียนสามารถเรียนตามระบบการเรียนรู้แบบยูนิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบมีความเสถียร เนื้อหาสอดคล้องกับลำดับกิจกรรม และสามารถส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณได้ในระดับน่าพึงพอใจ

1.5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) นำระบบการเรียนรู้แบบยูนิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณไปประเมินหาคุณภาพ โดยการวิเคราะห์ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มีรายการประเมินแบ่งเป็น 4 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหา และการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ 2) ด้านการออกแบบระบบและการใช้งาน 3) ด้านการสนับสนุนและการโค้ชเชิงปัญญา 4) ด้านเทคนิคและสื่อสนับสนุน ใช้วิธีการประเมินในรูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามวิธีของ Likert Scale

2. การทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ที่มีการโค้ชเชิงปัญญา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูนิควิตัส สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 1123304 การโปรแกรมสำหรับวิทยาการคำนวณ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 29 คน ใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบการเรียนรู้แบบยูนิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ 2) แบบทดสอบวัดการคิดเชิงคำนวณ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ แบ่งเป็น 4 ด้านตามองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ คือ การย่อยปัญหา (Decomposition) การจดจำรูปแบบ (Pattern) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และการออกแบบ

ขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) ด้านละ 5 ข้อ ผ่านการประเมินค่า IOC จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าเท่ากับ 0.87 และการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบจากการทดลองใช้ (Try-out) มีค่าดัชนีความยากง่าย (Difficulty Index: P) เท่ากับ 0.58 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index: D) เท่ากับ 0.44 และค่าความเชื่อมั่น KR-20 เท่ากับ 0.81 และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ผ่านการตรวจสอบค่า IOC จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านมีค่าเท่ากับ 0.92

การเก็บรวบรวมข้อมูล ใช้แผนการวิจัยแบบ One Group Pretest–Posttest Design [10] โดยมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) เลือกกลุ่มทดลอง (E) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา จำนวน 29 คน พร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย และอธิบายเพื่อทำความเข้าใจกับผู้เรียนถึงขั้นตอนการเรียนรู้
- 2) ทดสอบก่อนเรียน (O_1) ดำเนินการทดสอบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน (Pretest) เพื่อวัดระดับความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนก่อนใช้รูปแบบการเรียนรู้
- 3) ทดลอง (x) จัดรูปแบบการเรียนรู้ด้วยระบบการเรียนรู้แบบยูบิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณที่ออกแบบมาจากรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น จำนวน 6 สัปดาห์ และทำการเก็บข้อมูลประเมินผลระหว่างเรียน จากแบบฝึกหัดทุกสัปดาห์
- 4) ทดสอบหลังเรียน (O_2) ดำเนินการทดสอบวัดการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน (Posttest) และให้ผู้เรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจหลังเรียนด้วยระบบการเรียนรู้แบบยูบิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

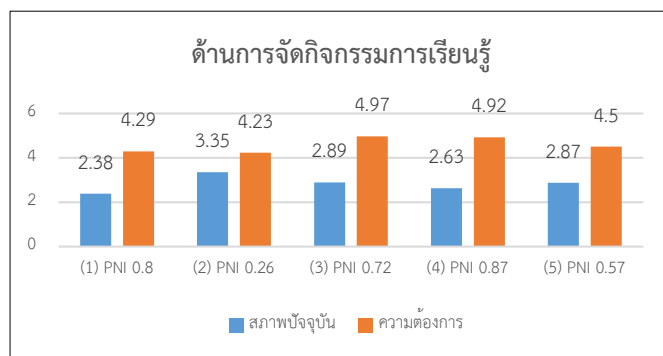
การวิเคราะห์ข้อมูล 1) การหาประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้แบบยูบิควิตัส ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณคำนวณตามเกณฑ์ E1/E2 กำหนดเกณฑ์ไว้ที่ 80/80 2) การเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียน ใช้ t-test แบบ Dependent Sample ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) การศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้ ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ สถิติ One Sample t-test กำหนดค่ามาตรฐานไว้ที่ 4 เทียบเกณฑ์นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน ความต้องการ และสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

1.1 ผลจากการศึกษาสภาพปัจจุบัน และความต้องการ การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

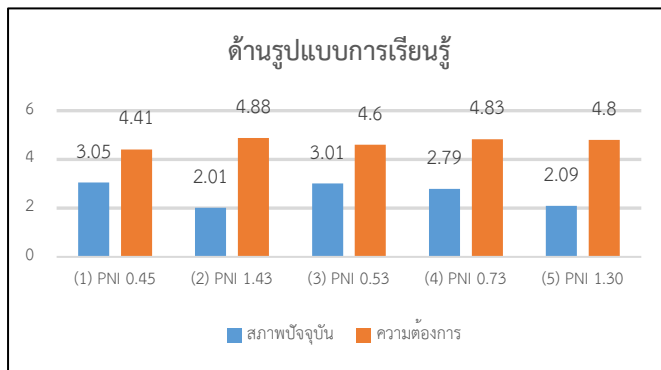
1) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่าสภาพปัจจุบันโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางถึงน้อย ในขณะที่ความต้องการของผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด และค่า PNI อันดับ 1 ถึง 3 อยู่ที่รายการกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างเป็นระบบ และมีกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง



- (1) มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างเป็นระบบ
- (2) มีการใช้สถานการณ์ปัญหาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมาเป็นโจทย์ในการเรียนรู้
- (3) มีกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง
- (4) มีกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่
- (5) การเรียนการสอนมีการใช้สื่อหรือเทคโนโลยีที่ทันสมัย

รูปที่ 1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และดัชนีลำดับความต้องการจำเป็นด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

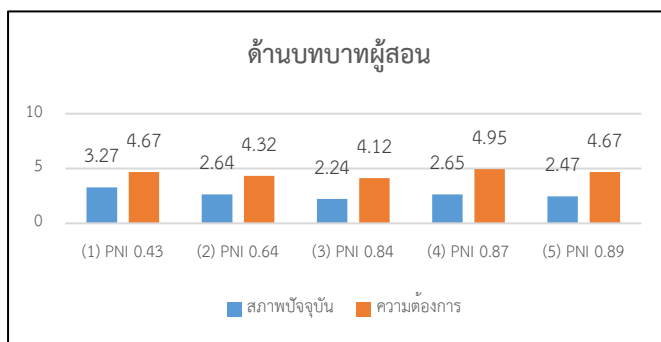
2) ด้านรูปแบบการเรียนรู้ พบว่าสภาพปัจจุบันโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อยถึงปานกลาง ในขณะที่ผู้เรียนมีความต้องการมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด และค่า PNI อันดับ 1 ถึง 3 อยู่ที่ยุทธศาสตร์การเรียนรู้ที่ได้รับ เป้าหมายของรายวิชาช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้ มีกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการคิดเชิงระบบ เพื่อต่อยอดไปสู่การแก้ปัญหา และการเขียนโปรแกรม และมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง



- (1) มีกิจกรรมที่ดึงดูดผู้เรียนให้มีความสนใจ ตื่นเต้นและอยากมีส่วนร่วมไปกับการเรียน
- (2) ความรู้ที่ได้รับ เป้าหมายของรายวิชาช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้
- (3) มีกิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากแสดงความคิดเห็นมากขึ้น
- (4) มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง
- (5) มีกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการคิดเชิงระบบ เพื่อต่อยอดไปสู่การแก้ปัญหา และการเขียนโปรแกรม

รูปที่ 2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และดัชนีลำดับความต้องการจำเป็นด้านรูปแบบการเรียนรู้

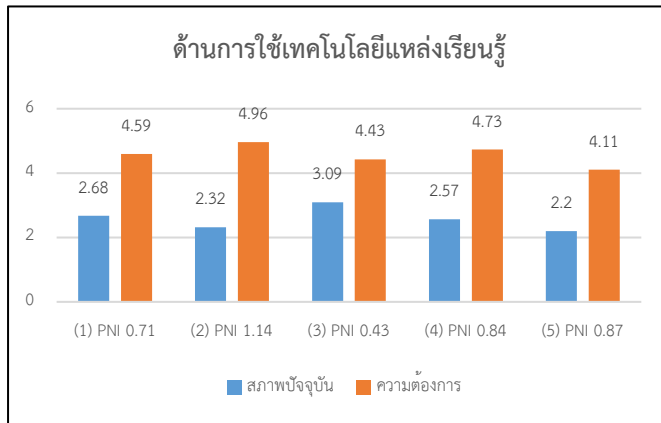
3) ด้านบทบาทผู้สอน พบว่าสภาพปัจจุบันโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อยถึงปานกลาง ในขณะที่ความต้องการมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด และค่า PNI อันดับ 1 ถึง 3 อยู่ที่ยุทธศาสตร์ผู้สอนมีการประเมินกระบวนการคิดของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ผู้สอนมีเทคนิคช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดได้ด้วยตนเอง และผู้สอนมีการกระตุ้นตั้งคำถามหรือให้ผู้เรียนได้อภิปราย



- (1) ผู้สอนพร้อมให้คำปรึกษาด้านการเรียนอย่างสม่ำเสมอ
- (2) ผู้สอนมีการติดตามผู้เรียนอย่างใกล้ชิด
- (3) ผู้สอนมีการกระตุ้นตั้งคำถามหรือให้ผู้เรียนได้อภิปราย
- (4) ผู้สอนมีเทคนิคช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดได้ด้วยตนเอง
- (5) ผู้สอนมีการประเมินกระบวนการคิดของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และดัชนีลำดับความต้องการจำเป็นด้านรูปแบบการเรียนรู้

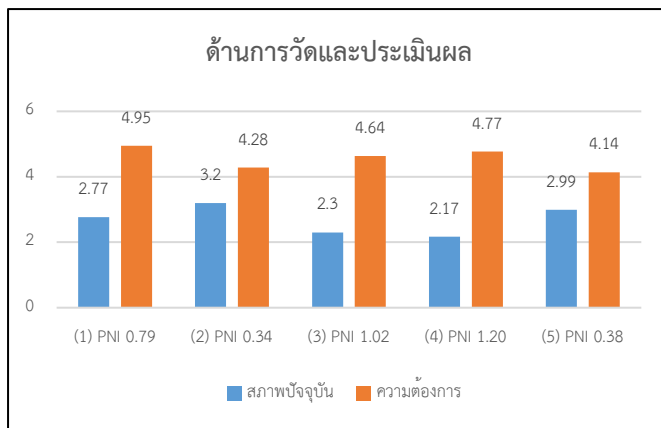
4) ด้านการใช้เทคโนโลยีแหล่งเรียนรู้ พบว่าสภาพปัจจุบันโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อยถึงปานกลาง ในขณะที่ความต้องการมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด และค่า PNI อันดับ 1 ถึง 3 อยู่ที่ยุทธศาสตร์มีแหล่งเรียนรู้ที่สามารถเชื่อมโยงความรู้อื่นนอกห้องเรียนได้ มีบทเรียนที่สนับสนุนให้ผู้เรียนเรียนรู้และทำกิจกรรมออนไลน์ได้ และมีอุปกรณ์การเรียนการสอนและเทคโนโลยีที่ทันสมัยเหมาะสมสำหรับการเรียนรู้



- (1) มีรูปแบบการเรียนรู้ที่เป็นสื่อหรือเทคโนโลยี
- (2) มีแหล่งเรียนรู้ที่สามารถเชื่อมโยงความรู้อื่นนอกห้องเรียนได้
- (3) มีรูปแบบการเรียนรู้ที่เป็นระบบดิจิทัลที่สามารถฝึกทักษะการคิดเชิงคำนวณได้จากนอกห้องเรียน
- (4) มีอุปกรณ์การเรียนการสอนและเทคโนโลยีที่ทันสมัยเหมาะสมสำหรับการเรียนรู้
- (5) มีบทเรียนที่สนับสนุนให้ผู้เรียนเรียนรู้และทำกิจกรรมออนไลน์ได้

รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และดัชนีลำดับความต้องการจำเป็นด้านการใช้เทคโนโลยีแหล่งเรียนรู้

5) ด้านการวัดและประเมินผล พบว่าสภาพปัจจุบันโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อยถึงปานกลาง ในขณะที่ผู้เรียนมีความต้องการมีค่าเฉลี่ยที่มากถึงมากที่สุด และค่า PNI อันดับ 1 ถึง 3 อยู่ที่ยุทธศาสตร์การเรียนรู้ได้รับแจ้งผลคะแนนและข้อเสนอแนะอย่างรวดเร็ว มีการใช้วิธีประเมินที่หลากหลาย และเกณฑ์การประเมินผลมีความชัดเจนและสามารถเข้าใจได้ง่าย



- (1) เกณฑ์การประเมินผลมีความชัดเจนและสามารถเข้าใจได้ง่าย
- (2) การประเมินผลสะท้อนความรู้และทักษะที่เรียนจริง
- (3) มีการใช้วิธีประเมินที่หลากหลาย
- (4) ผู้เรียนได้รับแจ้งผลคะแนนและข้อเสนอแนะอย่างรวดเร็ว
- (5) ผู้เรียนรู้สึกมีส่วนร่วมและเข้าใจในกระบวนการประเมิน

รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย และดัชนีลำดับความต้องการจำเป็นด้านการใช้เทคโนโลยีแหล่งเรียนรู้

1.2 ผลจากการศึกษาสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สรุปผลการศึกษาได้เป็น 3 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

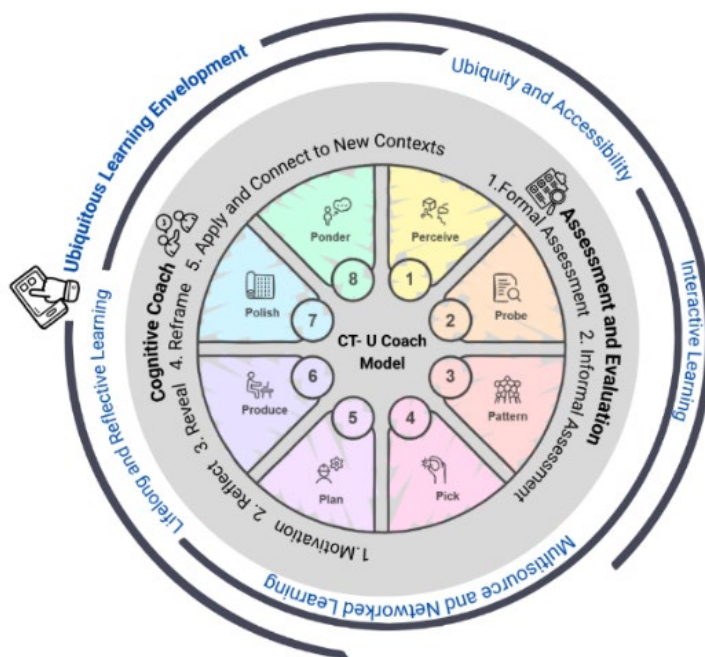
1.2.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ กิจกรรมการเรียนรู้ควรถูกออกแบบให้ครอบคลุม องค์ประกอบหลักของการคิดเชิงคำนวณ โดยเฉพาะในรูปแบบของการเรียนรู้เชิงรุก ที่เน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง การใช้แนวคิด ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เป็นแนวทางหลักของการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 กิจกรรมควรเชื่อมโยงกับบริบทหรือสถานการณ์จริง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งควรมีการบูรณาการกิจกรรมฐานปัญหา และกิจกรรมฐานโครงงาน เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง

1.2.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณที่ควรส่งเสริม พบว่า การคิดเชิงคำนวณควรประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ การย่อยปัญหา (Decomposition) การจดจำรูปแบบ (Pattern) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และ

การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm Design) ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้เป็นแนวทางที่ชัดเจนในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีระบบ ตั้งแต่การเข้าใจปัญหาไปจนถึงการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้น

1.2.3. แนวโน้มที่เหมาะสมต่อการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ มีดังนี้ การจัดการเรียนรู้ควรให้ความสำคัญกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อสร้าง สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา โดยเฉพาะการใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลและเครื่องมือออนไลน์ที่ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ควรส่งเสริมการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดผ่านกระบวนการ โค้ชเชิงปัญญาที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสำรวจแนวคิดของตนเอง ตั้งเป้าหมายการคิด และพัฒนาการคิดอย่างลึกซึ้งจากการได้รับคำถามและคำชี้แนะจากผู้สอนที่ทำหน้าที่เป็นโค้ช ในด้านการวัดและประเมินผลต้องครอบคลุมทั้งกระบวนการเรียนรู้และผลลัพธ์ (Process and Product) เพื่อให้สามารถสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงทางความคิดและพฤติกรรมของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ

2. ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ รูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ที่มีการโค้ชเชิงปัญญา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี มีองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 สภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบยูบิควิตัส (Ubiquitous Learning Envelopment) องค์ประกอบที่ 2 กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการคิดเชิงคำนวณ (Learning Activities Emphasizing Computational Thinking) องค์ประกอบที่ 3 โค้ชทางปัญญา (Cognitive Coach) องค์ประกอบที่ 4 การวัดและประเมินผล (Assessment and Evaluation) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนภาพโมเดลแสดงรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ที่มีการโค้ชเชิงปัญญา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

จากรูปที่ 6 เขียนอธิบายรูปแบบการเรียนรู้แต่ละองค์ประกอบได้ ดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 สภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบยูบิควิตัส เป็นพื้นที่การเรียนรู้ที่ออกแบบให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาและมีปฏิสัมพันธ์กับกระบวนการเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา ผ่านการบูรณาการเทคโนโลยีและทรัพยากรการเรียนรู้ที่หลากหลาย ประกอบด้วย 1) เข้าถึงการเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา

(Ubiquity and Accessibility) 2) เรียนรู้แบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive Learning) 3) เรียนรู้ผ่านแหล่งข้อมูลและเครือข่ายที่หลากหลาย (Multisource and Networked Learning) 4) เรียนรู้แบบต่อเนื่องและสะท้อนคิด (Lifelong and Reflective Learning) องค์ประกอบที่ 2 กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการคิดเชิงคำนวณ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ในแต่ละขั้นตอนจะมีการออกแบบกิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเสริมทักษะโดยใช้กระบวนการคิดเชิงคำนวณ ดังนี้ ขั้นที่ 1 ได้รับความสนใจด้วยสถานการณ์ปัญหา (Perceive) ขั้นที่ 2 วิเคราะห์องค์ประกอบของปัญหา (Probe) ขั้นที่ 3 สังเคราะห์แบบแผนความรู้ (Pattern) ขั้นที่ 4 เลือกแก่นความรู้ (Pick) ขั้นที่ 5 ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา (Plan) ขั้นที่ 6 สร้างผลงาน (Produce) ขั้นที่ 7 ทดสอบและปรับปรุง (Polish) ขั้นที่ 8 สะท้อนคิดและสรุปทบทวน (Ponder) องค์ประกอบที่ 3 โค้ชทางปัญญา (Cognitive Coach) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 สร้างความไว้วางใจและแรงจูงใจ (Motivation) ขั้นที่ 2 ช่วยผู้เรียนตั้งเป้าหมายการคิด (Reflect) ขั้นที่ 3 สำรวจแนวทางการคิดของผู้เรียน (Reveal) ขั้นที่ 4 กระตุ้นให้สะท้อนคิด (Reframe) ขั้นที่ 5 ขยายกรอบความคิดและเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ (Apply and Connect to New Contexts) องค์ประกอบที่ 4 การวัดและประเมินผล ใช้หลักการประเมินผลตามสภาพจริง

ตารางที่ 1 ผลการประเมินรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ที่มีการโค้ชเชิงปัญญา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี

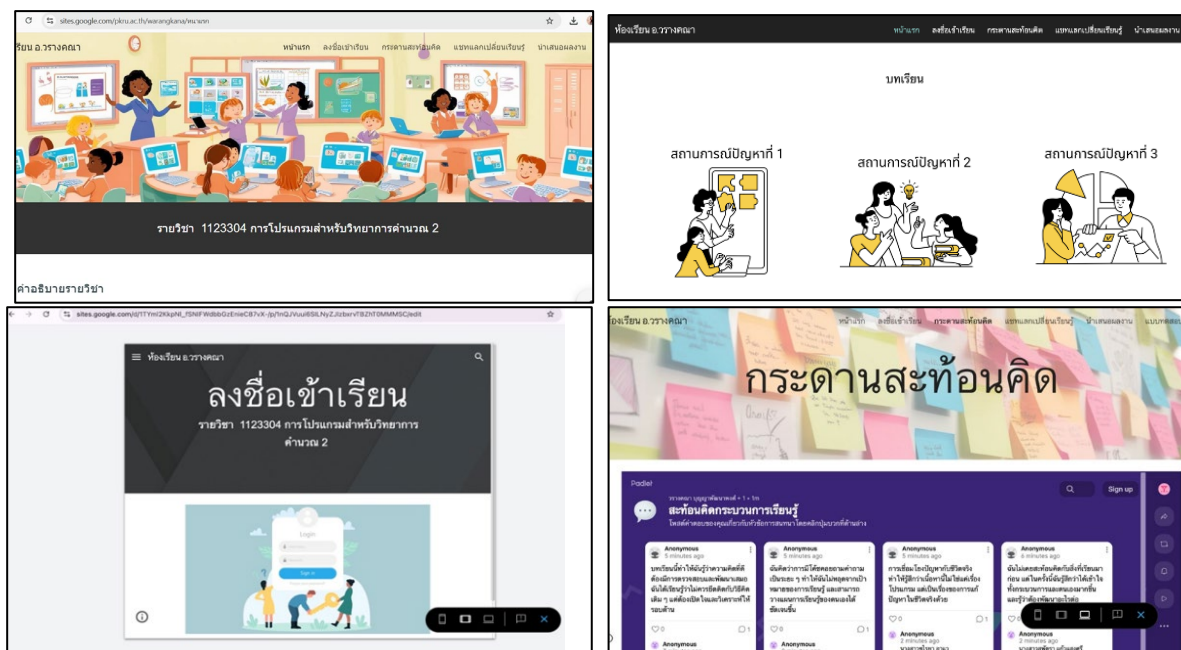
รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับความคิดเห็น
	$\bar{X}$	S.D.	
ด้านความเป็นไปได้	4.32	0.57	เป็นไปได้มาก
ด้านความถูกต้อง	4.30	0.44	ถูกต้องมาก
ด้านความเหมาะสม	4.32	0.45	เหมาะสมมาก
ด้านความเป็นประโยชน์	4.28	0.44	เป็นประโยชน์มาก
เฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.31	0.47	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินรูปแบบการเรียนรู้ฯ พบว่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน ($\bar{X}$ = 4.31, S.D.=0.47) อยู่ในระดับมาก

3. ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้

3.1 ผลการพัฒนาระบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

รายวิชา 1123304 การโปรแกรมสำหรับวิทยาการคำนวณ 2 เนื้อหาบทเรียนประกอบด้วย คำสั่งควบคุมโปรแกรม การเปรียบเทียบและกำหนดเงื่อนไข การทำวนซ้ำแบบวนรอบ และการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์ ที่พัฒนาด้วยเครื่องมือของ Google Sites โดยผู้เรียนสามารถเข้าถึงเว็บไซต์ได้จากทุกแพลตฟอร์ม เรียนรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา มีปฏิสัมพันธ์กับแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และมีช่องทางให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิด ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงหน้าจอระบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

3.2 ผลการหาประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้แบบปฏิบัติที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

ตารางที่ 2 แสดงผลการหาประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้

จำนวนผู้เรียน	คะแนนระหว่างเรียน		คะแนนหลังเรียน		E1/E2
	คะแนนเต็ม	คะแนนรวม	คะแนนเต็ม	คะแนนรวม	
29	60	52.03	20	17.72	86.72/88.62

จากตารางที่ 2 ผลการหาประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 86.72/88.62 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80

3.3 ผลของการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	29	20	8.48	2.85	15.6	0.0001
หลังเรียน	29	20	16.52	3.40		

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าผู้เรียนมีคะแนนค่าเฉลี่ยของทักษะการคิดเชิงคำนวณ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.4 ผลของการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน

ตารางที่ 4 แสดงผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน

การทดสอบ	จำนวนผู้เรียน	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ความพึงพอใจ	29	4.24	0.37	3.47	0.0017

จากตารางที่ 4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน พบว่า ค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจ ($\bar{X} = 4.24$, S.D. = 0.37) สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนรู้ในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการที่พบว่า สภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนการสอนยังอยู่ในระดับปานกลางถึงน้อย ในขณะที่ผู้เรียนมีความต้องการในระดับมากถึงมากที่สุดทุกด้าน โดยเฉพาะด้านกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ลงมือปฏิบัติ และได้รับการโค้ชหรือสะท้อนคิดอย่างต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษายังขาดระบบในการส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ ส่งผลให้นักศึกษามีความต้องการในระดับสูงต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย และการได้รับข้อเสนอแนะแบบทันทีทันใด สอดคล้องกับงานวิจัยของประทีป ผลจันทร์งาม [11] ที่พบว่านักศึกษาต้องการกิจกรรมที่มีลักษณะเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงและส่งเสริมการคิดอย่างมีระบบ โดยจากการสังเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ พบว่า การเรียนรู้ควรมีลักษณะเป็น Active Learning ใช้บริบทของปัญหาเป็นฐานในการเรียนรู้ มีระบบสนับสนุนด้วยเทคโนโลยี และควรมีการประยุกต์ใช้กระบวนการโค้ชเชิงปัญญาเพื่อส่งเสริมการสะท้อนคิด (Reflective Thinking) ซึ่งสอดคล้องกับสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา [12] ที่เสนอแนวทางในการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนวิทยาการคำนวณ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย เน้นการลงมือปฏิบัติ ผึกคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ผลการวิจัยของนิศริน พรหมปลัด [13] และวัชร สุทธิสุวรรณ [14] สนับสนุนว่าการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลควบคู่กับกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีความหมายส่งผลให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น มีการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมถึงสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม และการสะท้อนคิด

ผลจากการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมพบว่าควรใช้การจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning และ Problem-Based Learning ผสานกับการใช้เทคโนโลยีในสภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส (Ubiquitous Learning Environment) พร้อมประยุกต์ใช้กระบวนการโค้ชเชิงปัญญา (Cognitive Coaching) และออกแบบกิจกรรมให้ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญของการคิดเชิงคำนวณ ได้แก่ การย่อปัญหา การจดจำรูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธีจึงได้ทำการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ที่มีการโค้ชเชิงปัญญา ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัส สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) สภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบยูบิควิตัส (2) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ (3) กระบวนการโค้ชเชิงปัญญา และ (4) การวัดและประเมินผล โดยผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้ พบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการคิดเชิงคำนวณสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้แบบยูบิควิตัสที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และมีความพึงพอใจในระดับมาก แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมและศักยภาพของรูปแบบในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณในบริบทจริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสิรภพ เทพพิทักษ์ [15] ที่นำบทบาทของโค้ชเชิงปัญญาในการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักศึกษาครูพบว่าสามารถส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านการคิดอย่างมีประสิทธิภาพในทุกด้าน และผลการวิจัยในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐสิทธิ์ เศรษฐบุตร และทิพย์วรรณ ศรีสุข [16] ที่พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และพบว่าหากออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการคิด พร้อมทั้งสนับสนุนการสะท้อนคิดภายใต้ระบบที่มีความยืดหยุ่นและมีปฏิสัมพันธ์ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการทางความคิดได้อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบยูบิควิตัส ที่เน้นการโค้ชทางปัญญาและกิจกรรมที่ครอบคลุมกระบวนการคิดเชิงคำนวณ

โดยออกแบบให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างอิสระ ตอบสนองการเรียนรู้เฉพาะบุคคล และสามารถสะท้อนคิดผ่านระบบที่ออกแบบมาเพื่อกระตุ้นการคิดอย่างมีเป้าหมาย ทำให้กระบวนการเรียนรู้สามารถส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณได้อย่างมีประสิทธิภาพในบริบทของโลกยุคดิจิทัล สอดคล้องกับงานวิจัยของ Masrek et al. [17] ที่พบว่าสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบยูบิควิตัสช่วยสนับสนุนการเรียนรู้แบบต่อเนื่อง เพิ่มความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ และช่วยให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ และงานของ Zeng & Su [18] ที่พบว่าเทคโนโลยีในระบบของสภาพการเรียนรู้แบบยูบิควิตัสช่วยกระตุ้นการเรียนรู้เชิงรุก และเพิ่มแรงจูงใจของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และงานวิจัยของ Urooj & Farooq [19] ยังสนับสนุนอีกว่าสภาพแวดล้อมแบบยูบิควิตัสมีศักยภาพในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ดังนั้นผลการวิจัยจึงสรุปได้ว่า การส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณในระดับอุดมศึกษาควรดำเนินการผ่านระบบการเรียนรู้ที่มีการออกแบบอย่างเป็นระบบ บูรณาการเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเรียนรู้แบบยืดหยุ่น และใช้กระบวนการโค้ชเชิงปัญญาอย่างต่อเนื่อง เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และบริบทของการศึกษาดิจิทัลในประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาที่มุ่งเน้นการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ โดยเฉพาะวิชาที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมแบบยืดหยุ่น ให้เหมาะสมกับบริบทของรายวิชาและกลุ่มเป้าหมาย

2. ควรพัฒนาระบบเทคโนโลยีเพิ่มเติมที่รองรับรูปแบบการเรียนรู้ เช่น ระบบโค้ชอัตโนมัติ (Intelligent Coaching System) และสร้างแพลตฟอร์มที่มีฟังก์ชันวิเคราะห์การสะท้อนคิดของผู้เรียนจะช่วยให้กระบวนการโค้ชเชิงปัญญาเป็นระบบมากขึ้นและทันเวลา

เอกสารอ้างอิง

- [1] World Economic Forum, *The Future of Jobs Report 2023*. Geneva: World Economic Forum, 2023. [Online]. Available: <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/>. [Accessed: Jun. 26, 2025].
- [2] Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, *STEM Education Instructional Management Manual for Primary to Secondary Levels: Concepts of Computational Thinking*. Bangkok: IPST, 2019. (in Thai)
- [3] Office of the Education Council, *Higher Education Act B.E. 2562 (2019)*. Bangkok: OEC, 2019. (in Thai).
- [4] A. L. Costa and R. J. Garmston, *Cognitive Coaching: A Foundation for Renaissance Schools*, 2nd ed. Norwood, MA: Christopher-Gordon Publishers, 2002.
- [5] N. Prompalat, "Development of a ubiquitous learning model to enhance analytical thinking," *Journal of Mass Communication Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 45–58, 2021. (in Thai)
- [6] Office of the Permanent Secretary, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, *Thai Higher Education Situation Report, Academic Year 2020*. Bangkok: OPS MHESI, 2021. (in Thai)
- [7] T. Yamane, *Statistics: An Introductory Analysis*, 2nd ed. New York: Harper and Row, 1967.
- [8] R. Likert, "A technique for the measurement of attitudes," *Archives of Psychology*, vol. 22, no. 140, pp. 1–55, 1932.

- [9] M. Thianthong, *Instructional Design and Development: ADDIE Model*. Bangkok: Kasetsart University Press, 2011. (in Thai)
- [10] D. T. Campbell and J. C. Stanley, *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Chicago, IL: Rand McNally College Publishing Company, 1973
- [11] P. Pholchan-ngam, "Ubiquitous learning management to enhance computational thinking skills of secondary school students," *Journal of Research and Development Yala Rajabhat University*, vol. 14, no. 41, pp. 50–60, 2022.
- [12] Office of the Education Council, *Guidelines for Promoting the Teaching and Learning of Computer Science and Coding to Develop 21st Century Learners' Skills*. Bangkok: 21 Century, 2021.
- [13] N. Prompalat, "Development of a blended learning model to enhance higher-order thinking skills," *Naresuan University Journal of Education*, vol. 23, no. 2, pp. 95–108, 2021.
- [14] W. Sutthisuwan, "Development of an online problem-based learning model to enhance systems thinking," *Khon Kaen University Journal of Education*, vol. 43, no. 2, pp. 75–90, 2020.
- [15] S. Thepphitak, "Development of a learning model using cognitive coaching to enhance analytical thinking," *Journal of Educational Technology and Communication*, vol. 10, no. 2, pp. 11–23, 2020.
- [16] N. Setteebutr and T. Srisuk, "Development of an online instructional model to promote critical thinking processes for pre-service teachers," *Journal of Health Systems Research*, vol. 15, no. 2, pp. 228–241, 2022.
- [17] M. N. Masrek, M. S. Harun, M. N. B. Rahman, and H. Hassan, "Ubiquitous learning environment (ULE): A review of literature," *Education and Information Technologies*, vol. 27, pp. 1813–1839, 2022, doi: 10.1007/s10639-021-10696-0.
- [18] G. Zeng and Y. Su, "Exploring ubiquitous learning from a perspective of 'Internet+education': A bibliometric analysis," *Smart Learning Environments*, vol. 8, no. 1, pp. 1–18, 2021, doi: 10.1186/s40561-021-00145-1.
- [19] S. Urooj and U. Farooq, "Impact of ubiquitous learning environment on student motivation and engagement," *Journal of Educational Technology & Online Learning*, vol. 3, no. 1, pp. 45–55, 2020.

การพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการ
เพื่อส่งเสริมการรับรู้ เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติ๊กต็อก FM99 Active Radio
THE DEVELOPMENT OF PROGRAM TYPE VIDEO CONTENT
TO PROMOTE FOOTBALL AWARENESS ON THE TIKTOK PLATFORM
OF FM99 ACTIVE RADIO

ธีรดา เอี่ยมสำอางค์¹, ปิยนุช พินบาท², ภัทรวดี โจนกระโทก³, กุลธิดา ธรรมวิวัฒน์⁴, และ พรปภัสสร ปริญาญกุล⁵

Theerada Aiamsamang¹, Piyanut Puenbat², Phattarawadee Konkrathok³, Kuntida Thamwipat⁴,
and Pornpapatsorn Princhankol⁵

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี^{1,2,3,4,5}

Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi^{1,2,3,4,5}

Author email: theerada.aiam@kmutt.ac.th¹, piyanut.pue@kmutt.ac.th², phattarawadee.kon@kmutt.ac.th³,
kuntida.tha@kmutt.ac.th^{4*}, pornpapatsorn.pri@kmutt.ac.th⁵

Received: July 18, 2025

Revised: September 26, 2025

Accepted: October 16, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติ๊กต็อก FM99 Active Radio 2) เพื่อประเมินคุณภาพชุดวิดีโอคอนเทนต์ 3) เพื่อประเมินผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่าง และ 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติ๊กต็อก FM99 Active Radio กลุ่มตัวอย่างที่ใช้การศึกษา ได้แก่ ผู้ที่กดติดตามเพจติ๊กต็อก FM99 Active Radio ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบสะดวกจากผู้ติดตามเพจติ๊กต็อก FM99 Active Radio ที่ได้รับชมชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติ๊กต็อก FM99 Active Radio และยินดีตอบแบบสอบถาม จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติ๊กต็อก FM99 Active Radio 2) แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านสื่อการนำเสนอ 3) แบบประเมินผลการรับรู้ และ 4) แบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้พัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการจำนวน 5 เรื่อง 2) ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.46$, S.D. = 0.71) ด้านสื่อการนำเสนออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.73) 3) ผลการประเมินการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.69) และ 4) ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.55)

คำสำคัญ: วิดีโอคอนเทนต์, กีฬาฟุตบอล, แพลตฟอร์มติ๊กต็อก

Abstract

This research aimed to 1) develop program-type video content to promote football awareness on the TikTok platform of FM99 Active Radio, 2) evaluate the quality of the developed video content, 3) assess the level of awareness among the sample group, and 4) evaluate the satisfaction of the sample group toward the program-type video content promoting football awareness on FM99 Active Radio's TikTok platform. The sample group consisted of 40 individuals who followed the TikTok page of FM99 Active Radio. They were selected through convenience sampling from the followers who had viewed the program-type video content and voluntarily responded to the questionnaire. The research instruments included 1) program-type video content promoting football awareness on FM99 Active Radio's TikTok platform, 2) a content and media quality assessment form, 3) an awareness assessment form, and 4) a satisfaction assessment form. The statistical methods used in the study were mean and standard deviation. The research findings were as follows: 1) Five program-type video content episodes were successfully developed, 2) The content quality was rated at a good level ($\bar{X}$ = 4.46, S.D. = 0.71), and the media presentation quality was rated at a very good level ($\bar{X}$ = 4.53, S.D. = 0.73), 3) The level of football awareness among the sample group was rated at the highest level ($\bar{X}$ = 4.59, S.D. = 0.69), and 4) The satisfaction level of the sample group toward the video content was rated at the highest level ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.55).

Keywords: Video Content, Football, TikTok Platform

บทนำ

ในปัจจุบันสื่อสังคมออนไลน์เข้ามามีบทบาทสำคัญในวงกว้างต่อระบบการสื่อสาร ทำให้เราสามารถเชื่อมต่อหรือสานสัมพันธ์กันได้เป็นวงกว้าง ไม่มีการจำกัดเวลา สถานที่ และอุปกรณ์ ทำให้เราได้ทราบข้อมูลข่าวสารและการสื่อสารถึงกันได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็วเรียกได้ว่าสื่อสังคมออนไลน์ได้ก้าวเข้ามาเปลี่ยนแปลงโลกแห่งการสื่อสาร ที่สามารถเข้าถึงผู้คนได้เป็นจำนวนมาก โดยในปัจจุบันมีการติดต่อสื่อสารกันอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะกับกลุ่มนักเรียนหรือนักศึกษา ตลอดจนส่งผลกระทบไปยังระบบการศึกษาอีกด้วย ซึ่งครูและอาจารย์ในทุกวันนี้ สามารถประยุกต์ใช้สื่อสังคมออนไลน์กับการศึกษา และสามารถนำมาเป็นช่องทางในการจัดการเรียนการสอนอย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพเพื่อให้ทันต่อยุคสมัยแห่งการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดประเด็นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคม ดังนั้น สื่อออนไลน์จึงมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนพฤติกรรมและการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารของผู้คนในยุคปัจจุบัน [1] วิดีโอคอนเทนต์ (Video Content) เป็นสารสนเทศที่มีรูปแบบภาพและเสียง มีการเคลื่อนไหวโดยอาศัยการแสดงเนื้อหาผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารซึ่งวิดีโอคอนเทนต์ประกอบไปด้วย แอนิเมชัน (Animation) เกม (Game) สื่ออิเล็กทรอนิกส์เพื่อการเรียนรู้ (e-Learning) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI) และเนื้อหาต่าง ๆ บนโทรศัพท์มือถือรวมถึงการออกแบบเว็บ (Web Design) โดยเนื้อหาของวิดีโอคอนเทนต์ในแต่ละรูปแบบ ทางผู้ผลิตต่างต้องการที่จะเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร ความบันเทิง การเรียนรู้และการประชาสัมพันธ์ เพื่อให้ผู้คนเกิดการรับรู้ได้ทั่วถึงและเข้าใจตรงกัน [2] ขณะที่ในยุคสมัยที่วิดีโอคอนเทนต์กำลังเฟื่องฟู คอนเทนต์เรื่องกีฬาจำนวนมากก็ได้รับความสนใจจากประชากรทั่วทุกมุมโลกมากยิ่งขึ้น ทำให้สื่อออนไลน์ในแวดวงกีฬา ถูกแพร่กระจายออกไปอย่างกว้างขวาง

ซึ่งในปี 2023 ที่ผ่านมามีการเติบโตของดีกติกการกีฬา สูงถึง 95% โดยมีกีฬาที่คนไทยติดตามมากที่สุดบนดีกติก คือ ฟุตบอล 95% วอลเลย์บอล 60% มวยไทย 57% แบดมินตัน 51% และ แข่งรถ 49% โดยประชาชนชาวไทยในปัจจุบันนี้ ได้ให้ความสำคัญกับกีฬาฟุตบอลมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะแฟนกีฬาที่มีความคาดหวังและโอกาสของวงการฟุตบอล ทำให้ดีกติกประเทศไทยต้องการจะผลักดันให้แพลตฟอร์มเป็นพื้นที่ที่ครีเอเตอร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านกีฬา และผู้ใช้สามารถทำคอนเทนต์ แลกเปลี่ยนข้อมูล ข่าวสาร มอบความบันเทิงที่เกี่ยวกับกีฬาร่วมกันได้อย่างครบวงจร [3] บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) หรือ (บมจ. อสมท) ดำเนินธุรกิจหลักด้านสื่อสารมวลชน สถานะเป็นรัฐวิสาหกิจสังกัด สำนักนายกรัฐมนตรี และเป็นบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย กลุ่มบริการ (Service) หมวดสื่อและสิ่งพิมพ์ (Media) โดยแปลงสภาพจากองค์การสื่อสารมวลชนแห่งประเทศไทย (อ.ส.ม.ท.) ตามพระราชบัญญัติทุนรัฐวิสาหกิจ พ.ศ. 2542 จดทะเบียนจัดตั้งเป็นบริษัทมหาชนจำกัดกับกระทรวงพาณิชย์เมื่อวันที่ 17 สิงหาคม 2547 ต่อมาได้จดทะเบียนเป็นบริษัทในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (ตลาดหลักทรัพย์ฯ) เมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2547 [4] บมจ. อสมท ประกอบธุรกิจสื่อสารมวลชนอันประกอบด้วย [5] 1) กิจกรรมวิทยุโทรทัศน์ แพร่ภาพออกอากาศตลอด 24 ชั่วโมง จากสถานีแม่ข่ายในกรุงเทพมหานครไปยังสถานีเครือข่ายในภูมิภาค 53 สถานี มีพื้นที่ให้บริการครอบคลุมเกือบทั่วประเทศไทย 2) กิจกรรมวิทยุกระจายเสียงส่งกระจายเสียงด้วยระบบเอฟเอ็มทั้งในส่วนกลาง และส่วนภูมิภาค จำนวน 53 สถานี และในระบบเอเอ็ม ในส่วนกลาง 2 สถานี และ 3) สำนักข่าวไทย ดำเนินการผลิต รวบรวม จัดเก็บ และวิเคราะห์ข่าวสาร ทั้งทางสื่อโทรทัศน์ และวิทยุกระจายเสียงรวมถึงสื่ออิเล็กทรอนิกส์ แต่ละกิจกรรมก็มีหน้าที่แตกต่างกันไป เช่น กิจกรรมวิทยุโทรทัศน์ ประกอบไปด้วยฝ่าย 9 MCOT HD ฝ่ายผลิตรายการ และฝ่ายสนับสนุนการผลิต ซึ่งแต่ละฝ่ายประกอบไปด้วยหลาย ๆ ส่วนงาน ในที่นี้ส่วนส่งเสริมรายการ ถือเป็นส่วนงานหนึ่งที่อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของฝ่าย 9 MCOT HD ด้วยเช่นกัน หน่วยงานดังกล่าวทำหน้าที่หลัก ๆ ได้แก่ ดูแลภาพรวมของทีวีช่อง 9 ทั้งหมด เช่น Spot Promote, Biz News, Next Prog./Ending News/News Ticker เป็นต้น สำหรับแพลตฟอร์มดีกติก FM99 Active Radio เป็นแพลตฟอร์มสำหรับลงข่าวสารการกีฬาท่องเที่ยว สุขภาพ ประจำคลื่น FM99 Active Radio ของบริษัทอสมท จำกัด (มหาชน) หรือ (บมจ.อสมท) ทั้งนี้ คลื่น FM99 Active Radio เป็นสถานีที่มีจุดเด่นด้านการนำเสนอเนื้อหาด้านกีฬาและสุขภาพที่หลากหลายและเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้ฟังเฉพาะทาง [6]

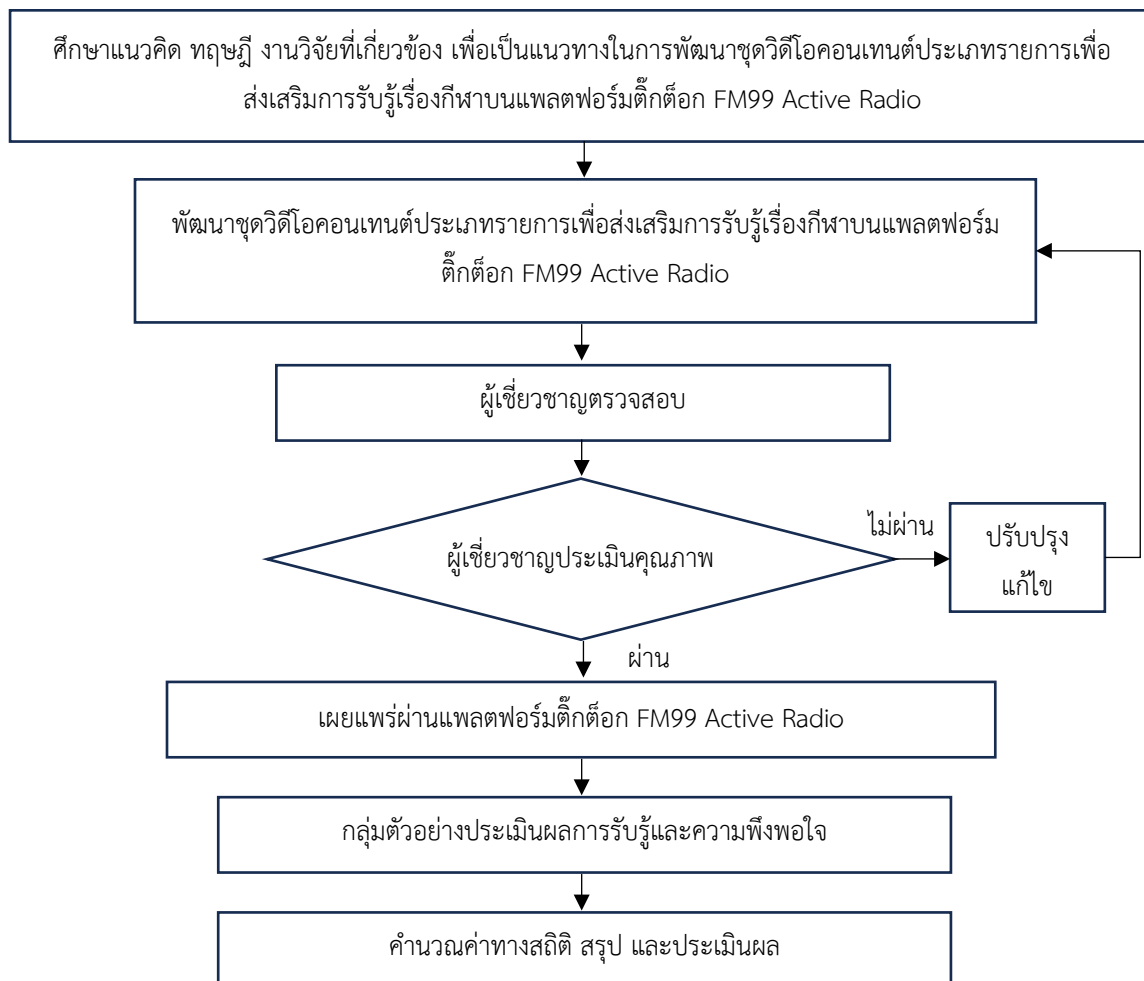
จากการศึกษาข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่าการสื่อสารรูปแบบวิดีโอคอนเทนต์โดยนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับกีฬา เผยแพร่ผ่านแพลตฟอร์มดีกติก ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน สามารถสื่อสารและส่งข้อมูลสาระต่าง ๆ ไปยังผู้รับสารได้สะดวกและน่าสนใจ โดยเฉพาะเรื่องราวในแวดวงกีฬา แต่แพลตฟอร์มดีกติก “FM99 Active Radio” ของบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ยังไม่มีชุดวิดีโอคอนเทนต์ที่ให้เกร็ดความรู้เกี่ยวกับกีฬา คลื่น FM99 Active Radio จึงมอบหมายให้คณะผู้วิจัยในฐานะที่ศึกษาในสาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ให้ดำเนินการพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ให้กับแพลตฟอร์มดีกติก FM99 Active Radio ซึ่งเป็นช่องทางเผยแพร่เนื้อหาเกี่ยวกับกีฬาที่คนไทยสนใจได้อย่างรวดเร็วของหน่วยงานในรูปแบบวิดีโอคอนเทนต์ ทั้งนี้หน่วยงานที่รับผิดชอบคือ คลื่น FM99 Active Radio คาดว่าชุดวิดีโอคอนเทนต์ที่พัฒนาและเผยแพร่นี้จะทำให้ผู้รับสารได้รับรู้เรื่องราวการกีฬาทั้งในและต่างประเทศมากยิ่งขึ้น ในเบื้องต้นจึงมีแนวทางการพัฒนาโดยเริ่มจากข่าวสารของกีฬาประเภทฟุตบอล เนื่องจากเป็นประเภทกีฬาที่ได้รับความนิยมสูงสุด [3] โดยกำหนดแนวทางการพัฒนา 5 ขั้นตอน ได้แก่ วิเคราะห์ความต้องการขององค์กร ออกแบบและพัฒนาสื่อ การเผยแพร่บนแพลตฟอร์มดีกติกและประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้ชม ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงดำเนินการออกแบบและพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ เรื่อง การพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดีกติก FM99 Active Radio ของบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) และดำเนินการวิจัยและพัฒนาต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดวิทยุไอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio
2. เพื่อประเมินคุณภาพชุดวิทยุไอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio
3. เพื่อประเมินผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดวิทยุไอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio
4. เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดวิทยุไอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio

วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างเครื่องมือเพื่อศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดวิทยุไอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio ผู้ศึกษาได้ดำเนินการดังนี้



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ สมาชิกที่ติดตามเพจติกต็อก FM99 Active Radio มีจำนวน 3,409 คน ข้อมูล ณ วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2568 [7]

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ สมาชิกที่ติดตามเพจติกต็อก FM99 Active Radio ดำเนินการโดยวิธีเลือกแบบสุ่มแบบสะดวกจากสมาชิกที่ติดตามเพจติกต็อก FM99 Active Radio ที่ยินดีตอบแบบสอบถาม จำนวน 40 คน โดยอิงจากแนวคิดของ Borg & Gall (1979) ที่กล่าวถึงการวิจัยเน้นการพัฒนา (Research Based Development) [8] ที่ใช้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยภาคสนามขั้นปฏิบัติการที่จำนวนไม่ต่ำกว่า 40 คน [9] โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคการศึกษา 2/2567

2. ผู้เชี่ยวชาญ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้มีผู้เชี่ยวชาญที่ดำเนินการประเมินคุณภาพสื่อและเครื่องมือวัด ประเมินผล ดังต่อไปนี้

2.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา คือ ผู้ที่มีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาตรีหรือเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์เกี่ยวกับการประชาสัมพันธ์/กีฬาไม่ต่ำกว่า 5 ปี เพื่อประเมินคุณภาพของชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติกต็อก FM99 Active Radio จำนวน 3 ท่านโดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2.2 ผู้เชี่ยวชาญคุณภาพด้านสื่อการนำเสนอ คือ ผู้ที่มีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาตรีหรือเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์ในการทำงานไม่ต่ำกว่า 5 ปี เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการผลิตสื่อเพื่อการนำเสนอของชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติกต็อก FM99 Active Radio จำนวน 3 ท่าน โดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล คือ ผู้ที่มีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรีหรือเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์ในการทำงานเป็นเวลา 5 ปี ขึ้นไป เพื่อประเมินคุณภาพด้านการวัดและประเมินผลของการพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติกต็อก FM99 Active Radio จำนวน 3 ท่าน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น

ชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติกต็อก FM99 Active Radio

3.2 ตัวแปรตาม

1) คุณภาพของชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติกต็อก FM99 Active Radio

2) ผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติกต็อก FM99 Active Radio

3) ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติกต็อก FM99 Active Radio

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio ประกอบด้วยเครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

4.1 ชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio

4.2 แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านสื่อการพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

4.3 แบบประเมินผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

4.4 แบบประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

ทั้งนี้ เครื่องมือทุกชิ้นได้ผ่านการประเมินค่า IOC จากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล โดยมีค่าตั้งแต่ 0.50 - 1.00 มีความเที่ยงตรงอยู่ในระดับใช้ได้ตามเกณฑ์ [10] จึงนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และ คำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยมีการแปลความหมายดังนี้ [11]

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ดีมาก หรือ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ดี หรือ มาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า น้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า น้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการออกแบบและพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์

ผลการพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio โดยเนื้อหาของชุดสื่อนำเสนอประกอบไปด้วย 1) สโมสรฟุตบอลทั่วโลกที่ชื่นชอบ 2) สโมสรอะไรจะได้เป็นแชมป์พรีเมียร์ลีก 2024/25 3) ทีมชาติฟุตบอลโลกที่ชื่นชอบ 4) ในทีมฟุตบอลตำแหน่งไหนที่ยากเล่น และ 5) ชอบเสื้อฟุตบอลทีมเหย้าหรือทีมเยือน โดยคณะผู้จัดทำได้มีขั้นตอนการวางแผนและออกแบบเนื้อหา ภาพรวมวิดีโอ รวมถึงการจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ ให้มีความถูกต้องเหมาะสมชัดเจน และเข้าใจง่าย ตามแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบของ ADDIE Model [12] ดังแสดงภาพตัวอย่างต่อไปนี้



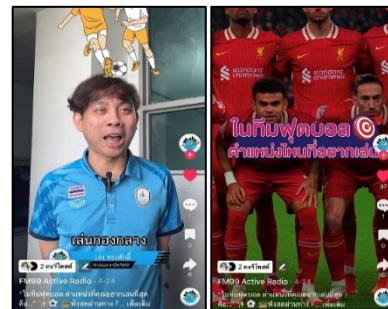
1. สโมสรฟุตบอลทั่วโลกที่ชื่นชอบ



2. สโมสรอะไรจะได้เป็นแชมป์พรีเมียร์ลีก 2024/25



3. ทีมชาติฟุตบอลโลกที่ชื่นชอบ



4. ในทีมฟุตบอลตำแหน่งไหนที่อยากเล่น



5. ชอบเสื้อฟุตบอลทีมเหย้าหรือทีมเยือน

รูปที่ 2-11 แสดงตัวอย่างชุดวิดีโอคอนเทนต์



1. สโมสรฟุตบอลทั่วโลกที่ชื่นชอบ



2. สโมสรอะไรจะได้เป็นแชมป์พรีเมียร์ลีก 2024/25



3. ทีมชาติฟุตบอลโลกที่ชื่นชอบ



4. ในทีมฟุตบอลตำแหน่งไหนที่อยากเล่น



5. ชอบเสื้อฟุตบอลทีมเหย้าหรือทีมเยือน

รูปที่ 13-17 แสดงคิวอาร์โค้ดเข้าชมวิดีโอคอนเทนต์

2. ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเนื้อหา	4.40	0.78	ดี
1.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	4.50	0.84	ดี
1.2 เนื้อหามีความกระชับ เข้าใจง่าย และน่าสนใจ	4.33	1.03	ดี
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย	4.83	0.41	ดีมาก
1.4 ความถูกต้องของศัพท์เฉพาะที่ใช้ในเรื่องกีฬา	4.33	0.82	ดี
2. ด้านการใช้ภาษาและภาพประกอบเนื้อหา	4.42	0.65	ดี
2.1 ภาษาที่ใช้ถูกต้องและมีความเหมาะสม	4.33	0.82	ดี
2.2 ข้อความที่ใช้สื่อความหมายได้ชัดเจน	4.33	0.52	ดี
2.3 ภาพประกอบกับเนื้อหา มีความสอดคล้องกัน	4.33	0.82	ดี
2.4 ภาพประกอบมีความเหมาะสมและถูกต้อง	4.67	0.52	ดีมาก
ผลรวมค่าเฉลี่ย	4.46	0.71	ดี

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เรื่อง การพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภท รายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้พบว่า มีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.46$, S.D. = 0.71) เมื่อพิจารณาเป็นคุณภาพในแต่ละด้านพบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยอันดับแรก ได้แก่ ด้านการใช้ภาษาและภาพประกอบเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.42$, S.D. = 0.65) และค่าเฉลี่ยรองลงมาคือด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.78) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อการนำเสนอ

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านภาพ	4.44	0.78	ดี
1.1 ภาพที่ใช้มีความเหมาะสม น่าสนใจ	4.50	0.84	ดี
1.2 ภาพที่ใช้สื่อความหมายได้ชัดเจน	4.33	0.82	ดี
1.3 ภาพที่ใช้มีความสอดคล้องกับเนื้อหา	4.50	0.84	ดี

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
2. ด้านเสียง	4.78	0.43	ดีมาก
2.1 ระดับความดังของเสียงมีความเหมาะสม	4.83	0.41	ดีมาก
2.2 เสียงมีความชัดเจน ไม่สะดุด	4.83	0.41	ดีมาก
2.3 เสียงที่ใช้ประกอบมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.67	0.52	ดีมาก
3. ด้านอักษรและการใช้สี	4.39	0.78	ดี
3.1 ขนาดของตัวอักษร อ่านง่าย และชัดเจน	4.50	0.84	ดี
3.2 สีและรูปแบบของตัวอักษร สวยงาม	4.33	0.82	ดี
3.3 ตัวอักษรมีการจัดวางอย่างเหมาะสม และสวยงาม	4.33	0.82	ดี
4. ด้านการนำเสนอ	4.50	0.86	ดี
4.1 รูปแบบการนำเสนอมีความกระชับ และเข้าใจง่าย	4.50	0.84	ดี
4.2 การนำเสนอโดยใช้ชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio มีความเหมาะสม และน่าสนใจ	4.67	0.82	ดีมาก
4.3 การนำเสนอชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio สามารถเข้าถึงง่าย	4.33	1.03	ดี
ผลรวมค่าเฉลี่ย	4.53	0.73	ดีมาก

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการนำเสนอ เรื่อง การพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้พบว่า มีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.53$, S.D. = 0.73) เมื่อพิจารณาเป็นคุณภาพในแต่ละด้านพบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยอันดับแรก ได้แก่ ด้านเสียงอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.78$, S.D. = 0.43) ค่าเฉลี่ยรองลงมาคือด้านการนำเสนออยู่ในระดับดี ($\bar{x} = 4.50$, S.D. = 0.86) ด้านภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{x} = 4.44$, S.D. = 0.78) และด้านอักษรและการใช้สีอยู่ในระดับดี ($\bar{x} = 4.39$, S.D. = 0.78) ตามลำดับ

3. ผลการประเมินระดับการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินระดับการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่าง

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับการรับรู้
1. รับรู้ว่าทีมชาติฟุตบอลคือการแข่งขันฟุตบอลระหว่างประเทศ	4.48	0.98	มาก
2. รับรู้ว่าการแข่งขันฟุตบอลฟีฟ่าเวิลด์คัพจะจัดแข่งขันขึ้นทุก ๆ 4 ปี	4.46	0.84	มาก
3. รับรู้ว่ามีสโมสรฟุตบอล คือทีมฟุตบอลที่มีการจัดตั้งขึ้นเพื่อแข่งขันในลีกหรือทัวร์นาเมนต์ต่าง ๆ	4.62	0.64	มากที่สุด
4. รับรู้เกี่ยวกับชื่อสโมสรฟุตบอล	4.70	0.65	มากที่สุด
5. รับรู้ว่ามีกีฬาฟุตบอล 1 ทีม มีจำนวนผู้เล่น 11 คน	4.58	0.73	มากที่สุด
6. รับรู้เกี่ยวกับหน้าที่แต่ละตำแหน่งของกีฬาฟุตบอล	4.60	0.57	มากที่สุด
7. รับรู้การเคลื่อนไหวของการแข่งขันพรีเมียร์ลีก	4.74	0.49	มากที่สุด
8. รับรู้ว่ามีสโมสรพรีเมียร์ลีกคือแชมป์พรีเมียร์ลีก 2024 - 2025	4.60	0.64	มากที่สุด
9. รับรู้เกี่ยวกับความหมายของชุดบอลทีมเหย้าและทีมเยือน	4.60	0.67	มากที่สุด
10. รับรู้ว่ามีช่องติดต่อกับ FM99 Active Radio มีการประชาสัมพันธ์เนื้อหาเกี่ยวกับกีฬา	4.54	0.73	มากที่สุด
ผลรวมค่าเฉลี่ย	4.59	0.69	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มติดต่อกับ FM99 Active Radio เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้พบว่ามีการรับรู้โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.69) เมื่อพิจารณาเป็นระดับการรับรู้ในแต่ละด้านพบว่ารายการที่มีค่าเฉลี่ยอันดับแรก ได้แก่ รับรู้การเคลื่อนไหวของการแข่งขันพรีเมียร์ลีก อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.74$, S.D. = 0.49) และ ค่าเฉลี่ยรองลงมา 3 รายการ ที่มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 1) รับรู้เกี่ยวกับชื่อสโมสรฟุตบอล อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.65) 2) รับรู้ว่ามีสโมสรฟุตบอล คือทีมฟุตบอลที่มีการจัดตั้งขึ้นเพื่อแข่งขันในลีกหรือทัวร์นาเมนต์ต่าง ๆ ($\bar{X} = 4.62$, S.D. = 0.64) และ 3) รับรู้เกี่ยวกับความหมายของชุดบอลทีมเหย้าและทีมเยือน โดยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.67) ตามลำดับ

4. ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1.ด้านเนื้อหา	4.65	0.59	มากที่สุด
1.1 มีการจัดลำดับวิดีโอคอนเทนต์ดี	4.60	0.56	มากที่สุด
1.2 เนื้อหาของวิดีโอคอนเทนต์มีความชัดเจน	4.70	0.53	มากที่สุด
1.3 เนื้อหาของวิดีโอคอนเทนต์เข้าใจง่าย	4.73	0.52	มากที่สุด
1.4 เนื้อหาวิดีโอคอนเทนต์มีความน่าสนใจ	4.57	0.73	มากที่สุด
2. ด้านภาพและเสียง	4.69	0.50	มากที่สุด
2.1 ภาพที่ใช้ในวิดีโอคอนเทนต์มีสีสันสวยงาม	4.73	0.45	มากที่สุด
2.2 กราฟิกที่ใช้สื่อความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย	4.63	0.56	มากที่สุด
2.3 ภาพและเสียงมีความน่าดึงดูด	4.67	0.48	มากที่สุด
2.4 ภาพและเสียงสอดคล้องกับเนื้อหา	4.73	0.52	มากที่สุด
3. ด้านการนำเสนอ	4.68	0.56	มากที่สุด
3.1 รูปแบบการนำเสนอมีความกระชับ เข้าใจง่าย	4.70	0.53	มากที่สุด
3.2 รูปแบบการนำเสนอใช้ได้ดีบนแพลตฟอร์มออนไลน์	4.73	0.45	มากที่สุด
3.3 การนำเสนอชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio มีความน่าสนใจ	4.60	0.67	มากที่สุด
ผลรวมค่าเฉลี่ย	4.67	0.55	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนดไว้พบว่ามีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.55) เมื่อพิจารณาเป็นระดับความพึงพอใจในแต่ละด้านพบว่ารายการที่มีค่าเฉลี่ยอันดับแรก ได้แก่ ด้านภาพและเสียงอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.69$, S.D. = 0.50) ด้านการนำเสนออยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.56) และค่าเฉลี่ยรองลงมาคือด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.65$, S.D. = 0.59) ตามลำดับ

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio จำนวน 5 คลิปตามความต้องการของหน่วยงานเป็นที่เรียบร้อย ได้ดำเนินการพัฒนาสื่อตามแนวทาง ADDIE Model และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาประเมินคุณภาพพบว่า อยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.46$, S.D. = 0.71) ผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อการนำเสนออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.73)

หลังจากนั้นจึงนำสื่อที่พัฒนาขึ้นและปรับตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปให้กลุ่มตัวอย่างประเมินผลการรับรู้พบว่าผลประเมินการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.69) และผู้วิจัยได้นำสื่อที่พัฒนาขึ้นและปรับตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปให้กลุ่มตัวอย่างประเมินความพึงพอใจ ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.55)

ผลการพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio ได้มีขั้นตอนการวางแผนและออกแบบเนื้อหา ภาพรวมวิดีโอ รวมถึงการจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ ให้มีความ ถูกต้องเหมาะสม ชัดเจน และเข้าใจง่าย อิงตามแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบของ ADDIE Model [12] มาประยุกต์ใช้ดังนี้ 1) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) ศึกษาความเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตบอลที่น่าสนใจและอยู่ในกระแสข่าวของคลื่น FM 99 และนำมาปรึกษากับสมาชิกและอาจารย์ที่ปรึกษา 2) ขั้นตอนการออกแบบ (Design) กำหนดหัวข้อและวิธีในการนำเสนอชุดวิดีโอคอนเทนต์ 3) ขั้นตอนการพัฒนา (Development) นำรูปแบบของชุดวิดีโอคอนเทนต์เสนอต่อเจ้าหน้าที่ประจำของคลื่น FM 99 และทำการปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสม 4) ขั้นตอนการนำไปใช้ (Implementation) นำชุดวิดีโอคอนเทนต์ไปเผยแพร่ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล และให้สมาชิกที่ติดตามดิจิทัล FM99 Active Radio ที่ได้ดูสื่อ และมีความยินดีตอบแบบสอบถาม ด้วยวิธีการสุ่มตามสะดวก จำนวน 40 คน และ 5) ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluation) นำผลการประเมินที่ได้ไปวิเคราะห์คำนวณทางสถิติและสรุปผล รูปแบบ ADDIE นี้ เป็นรูปแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบการเรียนการสอนในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะมีผู้นิยมนำไปใช้ในการออกแบบสื่อ วัสดุการเรียนการสอน เช่น การออกแบบชุดการเรียนการสอน การออกแบบสื่อให้ความรู้ออนไลน์ เป็นต้น ในขั้นตอนการพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio มีการใช้แนวคิดดังกล่าวอย่างเป็นระบบ และสามารถประยุกต์ใช้ในการศึกษาได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้ชุดวิดีโอคอนเทนต์ที่พัฒนาขึ้นมีผลการประเมินเป็นไปตามสมมติฐานการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาวิณี บินรามันและคณะ [13] ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาวิดีโอคอนเทนต์แบบอินโฟกราฟิกบนสื่อสังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมการขายสินค้าประเภทโฮมเมด เบเกอรี่ โดยมีการใช้แนวคิด ADDIE Model ในการออกแบบและพัฒนาวิดีโอคอนเทนต์ ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า วิดีโอคอนเทนต์แบบอินโฟกราฟิกบนสื่อสังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมการขายสินค้าประเภทโฮมเมดเบเกอรี่ที่พัฒนาขึ้น มีผลการประเมินเป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษาที่ตั้งไว้ และสามารถนำไปใช้งานได้จริงอย่างมีคุณภาพ

ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio มีค่าเฉลี่ยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.46$, S.D. = 0.71) เนื่องจากเนื้อหาที่ค้นหามีความถูกต้อง กระชับ เข้าใจง่าย และน่าสนใจ ซึ่งเหมาะกับกลุ่มเป้าหมายและแพลตฟอร์มที่เลือกเผยแพร่ อีกทั้งคำศัพท์มีความเข้าใจง่าย มีข้อความแสดงคามหมายอย่างชัดเจนพร้อมภาพประกอบจึงทำให้ผลการประเมินด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กุลธิดา ธรรมวิวัฒน์ และคณะ [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์เรื่อง “เกร็ดเล็กเช็กกีฬา”บนเพจเฟซบุ๊ก 9th Stadium โดยมีการออกแบบวิดีโอคอนเทนต์ในด้านเนื้อหาที่มีความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหาที่ใช้ รวมไปถึงด้านการใช้ภาษาและภาพประกอบที่สามารถช่วยให้เข้าใจได้ง่ายส่วนด้านสื่อการนำเสนอ

มีความเหมาะสมทั้งในด้านคุณภาพของภาพ ด้านเสียงที่มีความเหมาะสมขนาดของตัวอักษรและการใช้สี รวมไปถึงการนำเสนอที่มีความเหมาะสม จึงมีผลประเมินด้านเนื้อหาเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.42$, S.D. = 0.50) และมีผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อการนำเสนอ ผลการประเมินด้านสื่อการนำเสนออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.73) เนื่องจากการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบของวิดีโอคอนเทนต์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีและแนวคิด ในเรื่องของสื่อประชาสัมพันธ์ ตลอดจนหลักการในการพัฒนาสื่อและคุณลักษณะของสื่อที่ดี เพื่อให้ได้สื่อที่สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ด้วยหลักการออกแบบสื่อของ ADDIE Model [8] ประกอบกับการสร้างจุดเด่นให้กับสื่อด้วยเทคนิคการนำเสนอข้อมูลที่เข้ากับกระแสของกีฬาฟุตบอล

ในส่วนของผลประเมินการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.69) เนื่องจากการนำเสนอในรูปแบบสื่อวิดีโอคอนเทนต์เพื่อประชาสัมพันธ์บนสื่อสังคมออนไลน์จึงทำให้สื่อมีคุณภาพในการประชาสัมพันธ์ชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio อีกทั้งยังมีเสียงบรรยาย มีข้อความในคลิปนำเสนอที่น่าสนใจ ทำให้กลุ่มตัวอย่างสามารถรับรู้ข้อมูลได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับผลการวิจัยของพรจิรา ไวกังรบ และคณะ [14] ที่ได้ศึกษาเรื่อง กิจกรรมเสริมหลักสูตรแบบ Active Learning โดยใช้สื่อดิจิทัลเพื่อเสริมสร้างการรับรู้ด้านศิลปวัฒนธรรมไทยในนักศึกษา ระดับปริญญาตรี ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของการรับรู้ก่อนชมสื่อและเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรเท่ากับ 1.39 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 ($\bar{X} = 1.39$, S.D. = 0.63) หลังจากชมสื่อดิจิทัลคอนเทนต์ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนา และเข้าร่วมกิจกรรมแล้ว ค่าเฉลี่ยการรับรู้เพิ่มขึ้นเป็น 4.87 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.15 ($\bar{X} = 4.87$, S.D. = 0.15) เมื่อนำผลการรับรู้ก่อนและหลังการชมสื่อและเข้าร่วมกิจกรรมมาเปรียบเทียบกัน พบว่าระดับการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างหลังชมสื่อดิจิทัลคอนเทนต์และเข้าร่วมกิจกรรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t-test = 33.84) ทั้งนี้พบว่าผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาดิจิทัลคอนเทนต์ในรูปแบบสื่อโมชันกราฟิก สื่อโปสเตอร์อินโฟกราฟิก และสื่อวิดีโอคอนเทนต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์ของชมรมนาฏยโขลละคร ทำให้กลุ่มตัวอย่างได้รับรู้อย่างกว้างขวาง และสามารถรับชมได้ทุกที่ทุกเวลา ก่อนเข้าร่วมกิจกรรมจึงทำให้ระดับการรับรู้เพิ่มขึ้นมาก

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.55) ทั้งด้านภาพและเสียง ด้านการนำเสนอ ด้านเนื้อหา ทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุดตามลำดับ โดยผลการวิจัยครั้งนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ กุลธิดา ธรรมวิวัฒน์ และคณะ [15] ซึ่งศึกษาเรื่องการพัฒนาและประเมินคลิปวีวียอดักศึกษาพิการที่มีต่อรายการฮิลใจวัยรุ่นบนแพลตฟอร์มดิจิทัล โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาคลิปวีวียอดักศึกษาพิการสำหรับโปรแกรมฟื้นฟูจิตใจวัยรุ่นบนแพลตฟอร์มดิจิทัล ประเมินคุณภาพของคลิปวีวียอดักศึกษาพิการ ประเมินการรับรู้และประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่าได้มีการออกแบบและพัฒนาคลิปวีวียอดักศึกษาพิการจำนวน 4 คลิป ที่พัฒนาด้วยรูปแบบ ADDIE Model โดยผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญพบว่าคุณภาพของเนื้อหาและการนำเสนอมีระดับดีมาก ขณะที่ผลประเมินการรับรู้และผลประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาอยู่ในวัยรุ่นมีความชื่นชอบคลิปสั้นแนวตลกบนแพลตฟอร์มดิจิทัลมากที่สุด เพราะรับชมได้สะดวก และรวดเร็ว

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาชุดวิดีโอคอนเทนต์ประเภทรายการเพื่อส่งเสริมการรับรู้เรื่องกีฬาฟุตบอลบนแพลตฟอร์มดิจิทัล FM99 Active Radio ทำให้ได้คลิปวิดีโอที่สั้นที่มีความน่าสนใจ ผู้รับสารสามารถเข้าใจและรับรู้คุณสมบัติ จุดเด่นและประโยชน์ของรายการได้ง่าย หน่วยงานจึงสามารถนำวิดีโอคอนเทนต์ให้ความรู้เกี่ยวกับกีฬาที่พัฒนาขึ้น ไปเผยแพร่บนเครือข่ายสังคมออนไลน์หรือแพลตฟอร์มอื่น ๆ เช่น เว็บไซต์ยูทูบ อินสตาแกรม และเพจเฟซบุ๊กของช่อง FM99 Active Radio เพื่อเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลที่หน่วยงานต้องการนำเสนอได้มากขึ้น
2. ผู้สนใจศึกษาควรนำเสนอดิจิทัลคอนเทนต์แนะนำรายการกีฬาและผู้ดำเนินรายการเด่นบนแพลตฟอร์มดิจิทัลของหน่วยงานเพื่อคอนเทนต์ให้น่าติดตามและหลากหลายมากขึ้น
3. ควรศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบของการนำเสนอคอนเทนต์ด้วยการโพสต์ข้ามแพลตฟอร์มออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์รายการของหน่วยงานต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Thanoi, "Social media is changing the world, and it may change your life !!!," Aug. 2019. [Online]. Available: <https://w2.med.cmu.ac.th/suandok-variety/it/1313/>. [Accessed: Feb. 19, 2025]. (in Thai)
- [2] S. Anantnakarakul, "Video content: What is it and is it necessary?," Mar. 2022. [Online]. Available: <https://www.primal.co.th/th/marketing/what-is-video-content/>. [Accessed: Feb. 19, 2025]. (in Thai)
- [3] K. Thamwipat, P. Princhankon, H. Waisilp, C. Ngencharoenrung, and P. Srisuttithada, "Development of the video content series 'Kred Lek Check Keela' on the 9th STADIUM Facebook page," *Journal of Science and Technology, Southeast Bangkok University*, vol. 4, no. 2, pp. 30–43, Jun. 2024. (in Thai)
- [4] MCOT Public Company Limited, "Company Profile," Jan. 2025. [Online]. Available: <https://investor.mcot.net/th/corporate-info/business-overview>. [Accessed: Mar. 31, 2025]. (in Thai)
- [5] The Office of the Prime Minister, "Company Background: MCOT Public Company Limited," Jan. 2015. [Online]. Available: https://ginfo.gcc.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=5661:2015-01-10-10-31-49&catid=514:2011-04-20-02-34-47. [Accessed: Mar. 31, 2025]. (in Thai)
- [6] Muang Thai Khaeng Raeng FM 99, "FM99 Active Radio," Feb. 2025. [Online]. Available: <https://fm99activeradio.mcot.net/>. [Accessed: Feb. 25, 2025]. (in Thai)
- [7] FM99_active_radio, "Video," Feb. 2025. [Online]. Available: https://www.tiktok.com/@fm99_active_radio. [Accessed: Feb. 25, 2025]. (in Thai)
- [8] W. R. Borg and M. D. Gall, *Educational Research: An Introduction*, 3rd ed. New York: Longman, 1979.
- [9] D. Untorseto and A. Triayudi, "Analysis of blended learning development in distance learning in variation of Borg & Gall and ADDIE models," *Journal La Multiapp*, vol. 4, no. 6, pp. 231–242, Dec. 2023.
- [10] S. Konsat and T. Thammawong, "Determining the Content Validity of the Questionnaire (IOC)," Nov. 2015. [Online]. Available: <https://www.mcu.ac.th/article/detail/14329>. [Accessed: Mar. 31, 2025]. (in Thai)

-
- [11] R. Phonman and M. Kajitnatitham, "From Likert-type scale to Likert-like scale," *Journal of Social Sciences in Measurement Evaluation Statistics and Research*, vol. 5, no. 1, pp. 1–15, Jun. 2024. (in Thai)
- [12] M. A. Adeoye, K. A. Wirawan, M. S. Satyapradnyani, and N. I. Septiarini, "Revolutionizing education: Unleashing the power of the ADDIE model for effective teaching and learning," *Jurnal Pendidikan Indonesia (JPI)*, vol. 13, no. 1, pp. 202–209, Mar. 2024.
- [13] P. Binraman, P. Princhankol, and K. Thamwipat, "The development of a digital infographic content on social media for promoting a product of homemade bakery," *Journal of Learning Innovation and Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 68–77, Jul. 2022. (in Thai)
- [14] P. Waiwingrob, K. Thamwipat, and P. Princhankol, "Active learning extracurricular activities using digital content to raise awareness of Thai arts and culture among undergraduate students," *Humanities, Arts and Social Sciences Studies*, vol. 23, no. 3, pp. 642–655, Dec. 2023.
- [15] K. Thamwipat, P. Princhankol, S. Maneewan, M. Pintong, and T. Eaksombun, "Development and assessment of review clips by disabled students for a teenage soul healing program on the TikTok platform," *Studies in Media and Communication*, vol. 12, no. 3, pp. 168–176, Sep. 2024.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมตัดคำภาษาไทย
ในการวิเคราะห์ความรู้สึกของผู้ใช้แอปพลิเคชันติ๊กต็อก
COMPARISON OF THAI WORD SEGMENTATION ALGORITHMS
FOR SENTIMENT ANALYSIS OF TIKTOK APPLICATION USERS

ปวิวัติ พินิจสุวรรณ^{1*} และ ศรันย์ นาคณอม²
Patiwat Phinitisuan¹ and Sarun Nakthanom²

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช^{1,2}
School of Science and Technology Sukhothai Thammathirat Open University^{1,2}

Author email: patiwat.pinitisuan@gmail.com^{1*}, sarun.nak@stou.ac.th²

Received: August 13, 2025

Revised: September 21, 2025

Accepted: September 29, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการตัดคำภาษาไทยของไลบรารีไพไทยเอ็นแอลพี (PyThaiNLP) ได้แก่ แม็กซ์ิมัมแมตชิ่ง (MM), นิวแม็กซ์ิมัมแมตชิ่ง (NewMM) และลองเกสต์แมตชิ่ง (Longest) ร่วมกับการลบคำหยุด (Stopword) จาก PyThaiNLP และคำหยุดของผู้วิจัย และ 2) ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง ได้แก่ นาอ์ฟเบย์ (NB), รีเกรสชันโลจิสติก (LR), ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM) และหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น (LSTM) ในการจำแนกความคิดเห็นของผู้ใช้แอปพลิเคชันติ๊กต็อก สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ความถูกต้อง (Accuracy), ความแม่นยำ (Precision), ความไว (Recall), คะแนนเอฟวัน (F1-score) และเวลา (Training Time) กลุ่มตัวอย่างได้แก่ข้อมูลความคิดเห็นจำนวน 5,519 รายการที่จาก Google Play Store ผลการวิจัยพบว่า 1) อัลกอริทึมการตัดคำแบบ NewMM ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีค่า Accuracy 83.52% และ ค่า F1-score 83.06% 2) แบบจำลอง NB ให้ผลลัพธ์สูงสุดในทุกด้าน โดยมีค่า Accuracy 83.73% และ F1-score 83.43% 3) การไม่ลบคำหยุด (Stopword) ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในทุกกรณี แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมตัดคำและการลบคำหยุดมีผลต่อประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความคิดเห็นอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การประมวลผลภาษาธรรมชาติ, การวิเคราะห์ความคิดเห็น, อัลกอริทึมตัดคำภาษาไทย

Abstract

The purposes of this research were to: 1) compare the performance of Thai word segmentation algorithms provided by the PyThaiNLP library—namely Maximum Matching (MM), New Maximum Matching (NewMM), and Longest Matching (Longest)—in combination with stopwords removal using both PyThaiNLP stopwords and researcher-defined stopwords; and 2) evaluate the performance of classification models,

including Naïve Bayes (NB), Logistic Regression (LR), Support Vector Machine (SVM), and Long Short-Term Memory (LSTM), for sentiment classification of TikTok application user reviews. The performance metrics used in this study were accuracy, precision, recall, F1-score, and training time. The dataset consisted of 5,519 user review comments collected from the Google Play Store.

The results indicated that: 1) the NewMM word segmentation algorithm achieved the best performance, with an accuracy of 83.52% and an F1-score of 83.06%; 2) the Naïve Bayes model demonstrated the highest overall performance, yielding an accuracy of 83.73% and an F1-score of 83.43%; and (3) retaining stopwords (i.e., not performing stopwords removal) consistently produced the best results across all experiments. These findings highlight that both word segmentation algorithms and stopwords handling strategies significantly affect the performance of Thai sentiment analysis.

Keywords: Natural language processing, Sentiment analysis, Thai word segmentation

บทนำ

ในยุคดิจิทัล การสื่อสารของมนุษย์ได้เปลี่ยนแปลงไปจากการพบปะโดยตรงมาเป็นการติดต่อผ่านเทคโนโลยีและแพลตฟอร์มออนไลน์ต่าง ๆ โดยเฉพาะในประเทศไทยที่มีอัตราการใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านสมาร์ทโฟนในระดับสูง ส่งผลให้สมาร์ทโฟนกลายเป็นเครื่องมือหลักในการเข้าถึงข้อมูล ข่าวสาร และปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น หนึ่งในแอปพลิเคชันที่มีความนิยมสูงคือ TikTok ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มวิดีโอสั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้สร้างสรรค์เนื้อหาพร้อมใส่เสียงดนตรี เอฟเฟกต์ภาพ และฟิเจอร์หลากหลาย เพื่อความน่าสนใจและการเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบัน TikTok ได้กลายเป็นหนึ่งในแอปพลิเคชันที่มีผู้ใช้งานมากที่สุดในโลก [1], [2] โดยมีระบบอัลกอริทึมแนะนำเนื้อหาที่สามารถเรียนรู้ความชอบของผู้ใช้และนำเสนอวิดีโอที่ตรงกับความสนใจได้อย่างต่อเนื่อง [3]

ความคิดเห็นจากผู้ใช้งานที่แสดงผ่านการรีวิวแอปพลิเคชัน เช่น Google Play Store และ App Store ถือเป็นแหล่งข้อมูลที่มีคุณค่าแสดงถึงประสบการณ์การใช้งาน ความพึงพอใจ ข้อเสนอแนะ และปัญหาที่พบเจอ โดยข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาวิเคราะห์ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ทางการตลาด และการตัดสินใจของผู้ใช้งานรายใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามหากข้อมูลที่มีจำนวนมาก การวิเคราะห์ความคิดเห็นในลักษณะอัตโนมัติจึงมีความจำเป็น โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) [4] และการวิเคราะห์ความคิดเห็น (Sentiment Analysis) เพื่อจำแนกความคิดเห็นออกเป็นเชิงบวกหรือเชิงลบอย่างถูกต้องแม่นยำ [5], [6]

สำหรับข้อความภาษานั้นไม่มีตัวเว้นวรรคระหว่างคำเหมือนภาษาอังกฤษ ทำให้การตัดคำ (Word Segmentation) [7] กลายเป็นขั้นตอนที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อความแม่นยำของโมเดลวิเคราะห์ความคิดเห็น ไบรารี PyThaiNLP ซึ่งเป็นเครื่องมือโอเพนซอร์สสำหรับประมวลผลภาษาธรรมชาติภาษาไทย ได้จัดเตรียมอัลกอริทึมตัดคำไว้หลายแบบ เช่น Maximum Matching (MM), New Maximum Matching (NewMM) และ Longest Matching (Longest) ซึ่งแต่ละอัลกอริทึมมีหลักการและผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน [8] โดยงานวิจัยอื่นๆเกี่ยวกับการตัดคำภาษามักประเมินจากชุดข้อมูลทั่วไป เช่น ข่าว บทความหรือวีวลิ้นค้า ยังไม่มีงานที่ศึกษาเปรียบเทียบอัลกอริทึมตัดคำหลายแบบร่วมกับโมเดลที่หลากหลาย บนข้อมูลความคิดเห็นผู้ใช้ TikTok โดยตรง

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมตัดคำทั้งสามแบบในการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้ TikTok บน Google Play Store โดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง ได้แก่ Naïve Bayes (NB),

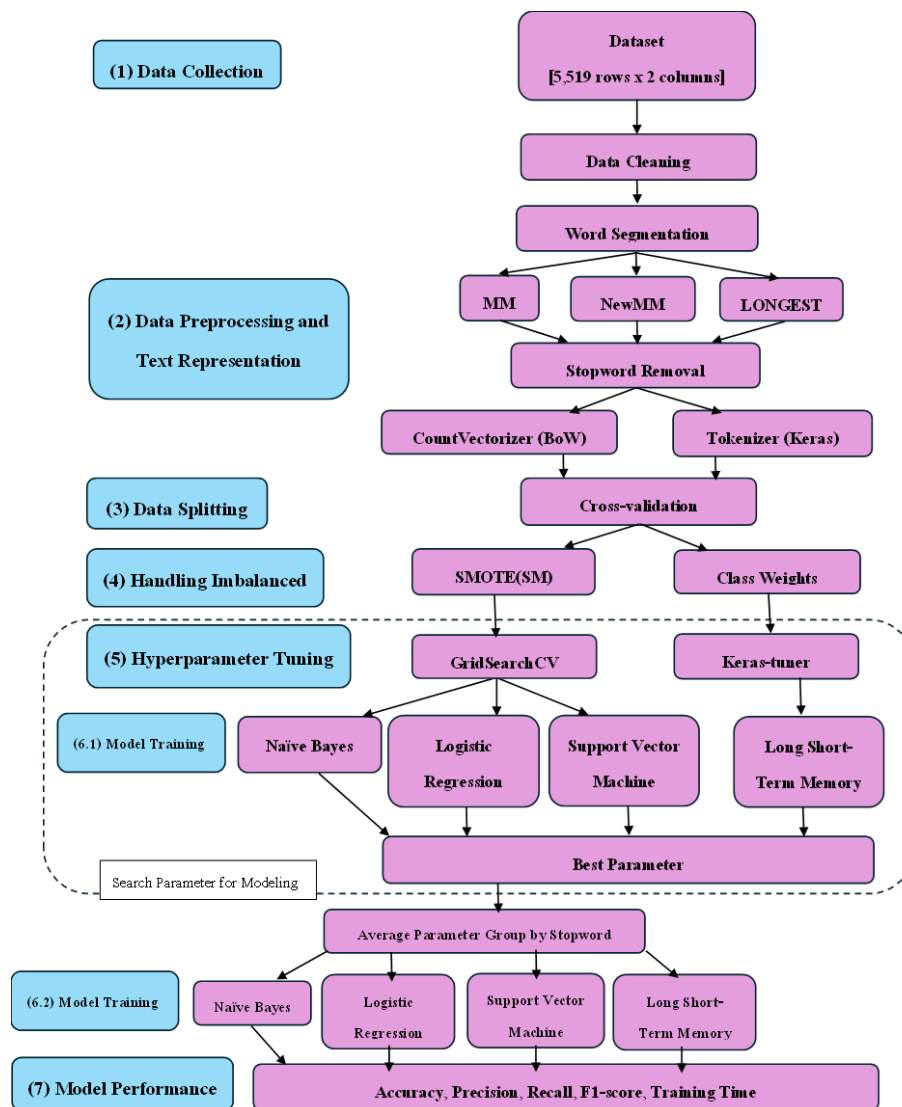
Logistic Regression (LR), Support Vector Machine (SVM) และ Long Short-Term Memory (LSTM) เพื่อจำแนกความคิดเห็นเชิงบวกและเชิงลบ โดยประเมินผลลัพธ์ด้วยค่าชี้วัด Accuracy, Precision, Recall, F1-score และระยะเวลาเพื่อพิจารณาว่าอัลกอริทึมตัดคำรูปแบบใดส่งผลต่อความถูกต้อง ความแม่นยำของแบบจำลองมากที่สุด และสามารถประยุกต์ใช้กับงานวิเคราะห์ข้อความภาษาไทยในบริบทอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมตัดคำภาษาไทย 3 แบบ ได้แก่ MM, NewMM และ Longest
2. ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง ได้แก่ NB, LR, SVM และ LSTM

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน โดยอ้างอิงมาจากกระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning Process) [9] ดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data collection)

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยถูกดึงมาจาก Google Play Store โดยใช้ Google Play Scraper API [10] ข้อมูลประกอบไปด้วย ข้อความความคิดเห็นและคะแนนรีวิว จำนวน 5,519 ข้อความ ระหว่าง ธันวาคม พ.ศ. 2566 - พฤษภาคม พ.ศ. 2567

2. การเตรียมข้อมูลและการแปลงข้อความเป็นเวกเตอร์ (Data Preprocessing and Text Representation)

2.1 การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) ทำการลบข้อมูลที่ไม่จำเป็นออกเช่น ข้อความภาษาอังกฤษ, คำศัพท์ภาษาอังกฤษ, อักขระพิเศษ “[?,:;!\"'\\/#\$%&÷()~”], ตัวเลข และ อีโมจิ (Emoji) เพื่อลดสัญญาณรบกวน (Noise)

2.2 การใส่ป้ายกำกับ (Data Labelling) ให้คะแนนรีวิวเป็นเกณฑ์ในการกำหนด 1-3 เชิงลบ มีจำนวน 2,161 ข้อความ และ 4-5 เชิงบวก มีจำนวน 3,358 ข้อความ

2.3 การตัดคำภาษาไทย (Thai Word Segmentation) ใช้ 3 อัลกอริทึมตัดคำ ได้แก่ แม็กซิมัมแมตชิ่ง (MM), นิวแม็กซิมัมแมตชิ่ง (NewMM) และลองเกสต์แมตชิ่ง (Longest) [8]

2.4 การลบคำหยุด (Stopword Removal) ใช้ PyThaiNLP Stopword จำนวน 1,030 คำ และชุดคำหยุดที่กำหนดโดยผู้วิจัย จำนวน 194 คำ ในการลบคำที่ไม่สื่อความหมายออกจากข้อความ เนื่องจากคำหยุดมีแนวโน้มไม่ช่วยในการจำแนกความหมายเชิงบวก-ลบ จึงทดสอบทั้งการลบและไม่ลบเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อโมเดล [7]

2.5 การแปลงข้อความเป็นเวกเตอร์ (Text Vectorization) ข้อความที่ผ่านการตัดคำแล้วจะถูกแปลงเป็นเวกเตอร์เพื่อใช้ในโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง โดยการทำให้ Bag of Words (BoW) ด้วย CountVectorizer สำหรับแบบจำลอง NB, LR และ SVM ส่วนแบบจำลอง LSTM ใช้ Keras Tokenizer [7]

3. การแบ่งชุดข้อมูล (Data Splitting)

ใช้วิธีการแบ่งแบบ Stratified K-Fold โดยกำหนดจำนวนชุดพับ (Fold) เท่ากับ 5 เพื่อให้ทุกชุดข้อมูลมีการกระจายของคลาสที่สมดุลกันในการฝึกสอนและทดสอบ [11]

4. จัดการปัญหาข้อมูลไม่สมดุล (Imbalanced Data Handling)

เป็นการจัดการกับข้อมูลที่ไม่สมดุลระหว่างคลาสผลลัพธ์ โดยใช้ Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE) [12] เพื่อเพิ่มจำนวนความคิดเห็นเชิงลบให้สมดุลกับความคิดเห็นเชิงบวกกับแบบจำลอง NB, LR และ SVM ร่วมกับการกำหนดค่าน้ำหนักคลาส (Class Weight) [13] เพื่อให้โมเดลให้ความสำคัญกับคลาสที่มีจำนวนน้อยมากขึ้นกับ LSTM

5. การปรับจูนค่าพารามิเตอร์ (Hyperparameter Tuning)

ใช้ GridSearchCV เพื่อค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแบบจำลอง NB, LR และ SVM ใช้ Keras tuner สำหรับแบบจำลอง LSTM โดยหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดแยกตามประเภทของคำหยุดโดยการนำค่ามาเฉลี่ยและใช้เป็นตัวแทนของโมเดลนั้นๆแยกตามประเภทของคำหยุด

6. การสร้างและฝึกอบรมโมเดล (Model Training)

ฝึกฝนแบบจำลอง NB, LR, SVM และ LSTM โดยใช้พารามิเตอร์ตัวแทนแยกตามประเภทของคำหยุด

7. การประเมินผลและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ (Model Evaluation and Performance Comparison)

ใช้ตัวชี้วัดทางสถิติในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ ได้แก่ Accuracy (ค่าความถูกต้อง), Precision (ค่าความแม่นยำ), Recall (ค่าความไว), F1-score (คะแนนเอฟวัน) และ Training Time (ระยะเวลา) โดยเอาผลลัพธ์ของแต่ละแบบจำลองแยกตามอัลกอริทึมการตัดคำและคำหยุด

ผลการวิจัย

1. ผลการวิจัยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมตัดคำไทย

อัลกอริทึมตัดคำโดยใช้ Maximum Matching (MM), New Maximum Matching (NewMM) และ Longest Matching (Longest) โดยพิจารณาผลลัพธ์จาก Accuracy, Precision, Recall, F1-Score และ Training Time เพื่อวิเคราะห์ว่าอัลกอริทึมตัดคำใดมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการจำแนกความคิดเห็นของผู้ใช้ TikTok บน Google Play Store โดยทำการเฉลี่ยและเปรียบเทียบข้อมูลดังต่อไปนี้

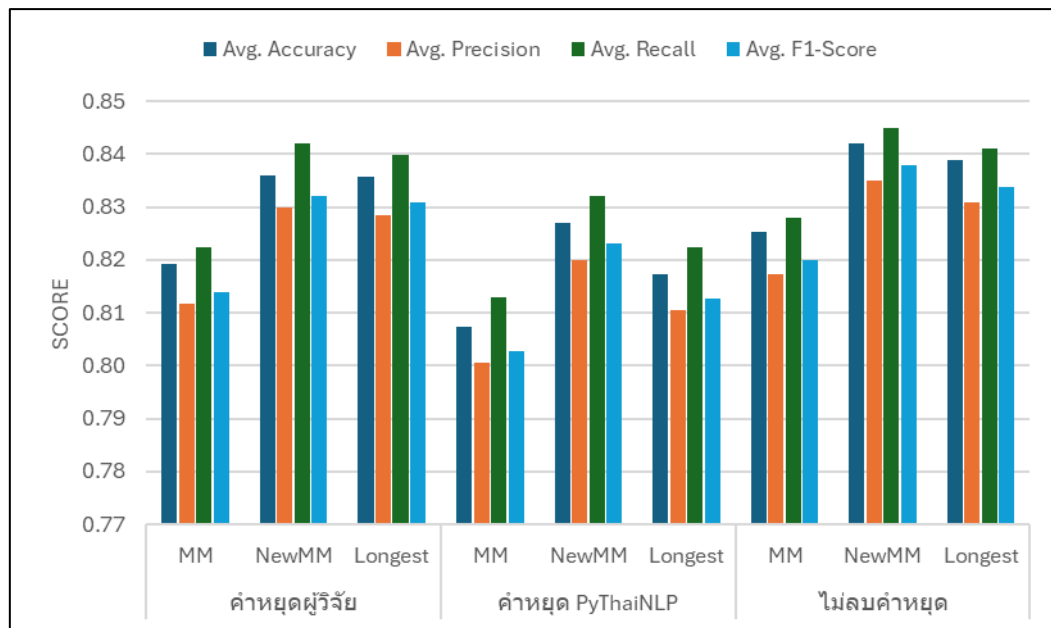
ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการตัดคำในแต่ละอัลกอริทึมกรณีที่ใช้คำหยุดเดียวกัน

ที่	คำหยุด	อัลกอริทึม	Avg. Accuracy	Avg. Precision	Avg. Recall	Avg. F1-score	Avg. Time (seconds)
1	คำหยุด ผู้วิจัย	MM	0.8191	0.8118	0.8224	0.8139	72.2440
		NewMM	0.8360	0.8300	0.8420	0.8320	61.6500
		Longest	0.8356	0.8284	0.8397	0.8309	64.2720
2	คำหยุด PyThaiNLP	MM	0.8073	0.8005	0.8128	0.8027	85.3780
		NewMM	0.8270	0.8200	0.8320	0.8230	83.1900
		Longest	0.8173	0.8106	0.8224	0.8127	105.3000
3	ไม่ลบคำ หยุด	MM	0.8252	0.8173	0.8279	0.8200	89.0820
		NewMM	0.8420	0.8350	0.8450	0.8380	82.6800
		Longest	0.8388	0.8309	0.8410	0.8337	79.6900

จากตารางที่ 1 พบว่าในกลุ่มที่ใช้คำหยุดของผู้วิจัย พบว่าอัลกอริทึม NewMM และ Longest มีประสิทธิภาพค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดย NewMM ให้ค่า Accuracy เฉลี่ยอยู่ที่ 0.8360 ส่วน Longest อยู่ที่ 0.8356 ซึ่งทั้งคู่ดีกว่า MM อย่างชัดเจน (MM = 0.8191) สำหรับค่า F1-score ก็สอดคล้องกัน โดย NewMM อยู่ที่ 0.8320 และ Longest อยู่ที่ 0.8309 แสดงให้เห็นว่าทั้งสองอัลกอริทึมสามารถจัดการกับการตัดคำในกลุ่มคำหยุดนี้ได้อย่างสมดุล สำหรับเวลาในการประมวลผล MM ใช้เวลามากที่สุดในกลุ่ม (72.2440 วินาที) ในขณะที่ NewMM ใช้เวลาน้อยที่สุด (61.6500 วินาที)

สำหรับกลุ่ม คำหยุดของ PyThaiNLP พบว่าผลโดยรวมต่ำกว่ากลุ่มอื่นในทุกอัลกอริทึม โดยค่า Accuracy เฉลี่ยของ MM, NewMM และ Longest อยู่ที่ 0.8073, 0.8270 และ 0.8173 ตามลำดับ ส่วนค่า F1-score ที่ดีที่สุดในกลุ่มนี้คือ NewMM ซึ่งอยู่ที่ 0.8230 แต่ก็ยังต่ำกว่าที่ได้จากคำหยุดของผู้วิจัยหรือการไม่ลบคำหยุด ทำให้เห็นว่าชุดคำหยุดจาก PyThaiNLP อาจตัดคำที่มีความสำคัญทางอารมณ์ออกไปมากเกินไป

ในกรณีที่ไม่นับคำหยุดพบว่าผลโดยรวมดีที่สุดในทั้งสามกลุ่ม โดยเฉพาะเมื่อใช้กับอัลกอริทึม NewMM และ Longest ซึ่งให้ค่า Accuracy ที่ 0.8420 และ 0.8388 ตามลำดับ ส่วนค่า F1-score ของอัลกอริทึม NewMM อยู่ที่ 0.8380 และ Longest อยู่ที่ 0.8337



รูปที่ 2 ประสิทธิภาพการตัดคำในแต่ละอัลกอริทึมในกรณีที่ใช้คำหยุดเดียวกัน

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าในกรณีไม่ลบคำหยุด พบว่าผลโดยรวมดีที่สุดในทุกกลุ่ม โดยเฉพาะเมื่อใช้กับอัลกอริทึม NewMM และ Longest ทำให้เห็นว่าการไม่ลบคำหยุดอาจช่วยให้โมเดลจับบริบทหรือคำสำคัญบางอย่างได้ดีขึ้น โดยเฉพาะในกรณีของความคิดเห็นที่มีการใช้คำเชื่อมหรือคำเสริมอารมณ์

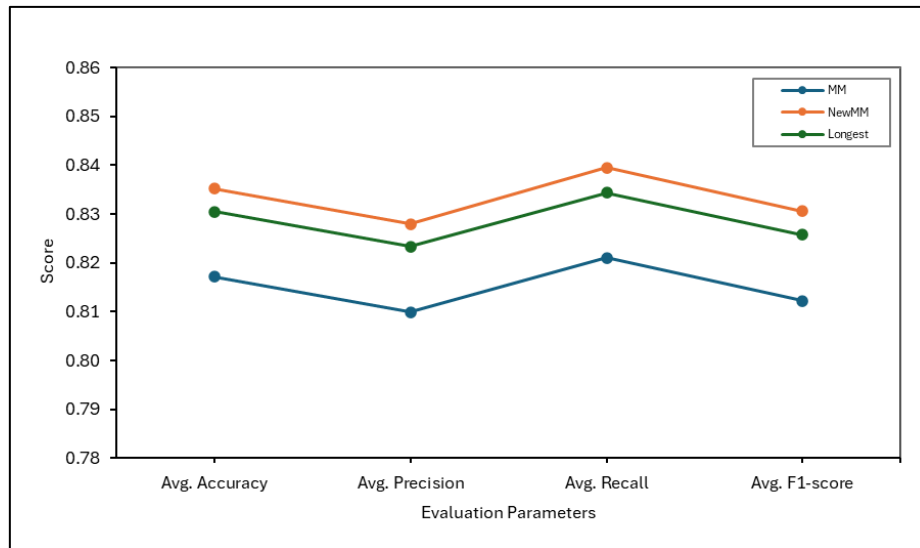
ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละอัลกอริทึมตัดคำ

อัลกอริทึม	Avg. Accuracy	Avg. Precision	Avg. Recall	Avg. F1-score	Avg. Time (seconds)
MM	0.8172	0.8099	0.8210	0.8122	82.2347
NewMM	0.8352	0.8279	0.8395	0.8306	75.8384
Longest	0.8305	0.8233	0.8344	0.8258	83.0867

จากตารางที่ 2 พบว่าอัลกอริทึม MM มีค่าเฉลี่ย Accuracy อยู่ที่ 0.8172 และ F1-score ที่ 0.8122 ซึ่งต่ำที่สุดในกลุ่มอัลกอริทึมทั้งสามแบบ แสดงให้เห็นว่าการตัดคำโดยใช้หลักการตรงไปตรงมาอาจไม่เหมาะกับข้อมูลที่มีความซับซ้อน เช่น ข้อความจากแพลตฟอร์มโซเชียลที่มีมีการสะกดคำผิด ใช้คำไม่เป็นทางการ หรือคำที่ไม่อยู่ในพจนานุกรมแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ MM ยังใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ยสูงสุด (82.2347 วินาที)

สำหรับอัลกอริทึม NewMM ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่มีการปรับปรุงจาก MM โดยมักใช้การประเมินหลายทิศทางและเลือกผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในทุกตัวชี้วัด โดยมี Accuracy เท่ากับ 0.8352 และ F1-score อยู่ที่ 0.8306 ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดในกลุ่ม และใช้เวลาเฉลี่ยในการประมวลผลเฉลี่ยเพียง 75.8384 วินาที ซึ่งเร็วกว่าการใช้ MM ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถของ NewMM ในการตัดคำได้อย่างยืดหยุ่นและสอดคล้องกับลักษณะของภาษาธรรมชาติที่หลากหลาย

สำหรับอัลกอริทึม Longest ซึ่งเลือกคำที่ยาวที่สุดในพจนานุกรมก่อน มีค่าประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี โดย Accuracy อยู่ที่ 0.8305 และ F1-score เท่ากับ 0.8258 ซึ่งต่ำกว่า NewMM เล็กน้อย แต่ก็ยังสูงกว่า MM ข้อดีของ Longest คือความสามารถในการตัดคำยาวหรือคำรวมได้แม่นยำ



รูปที่ 3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละอัลกอริทึมตัดคำ

จากรูปที่ 3 พบว่าอัลกอริทึมตัดคำ NewMM ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกตัวชี้วัดแสดงให้เห็นถึงความสามารถของ NewMM ในการตัดคำภาษาไทยกับชุดข้อมูลในงานวิจัยได้เป็นอย่างดีและสอดคล้องกับลักษณะของภาษารธรรมชาติที่หลากหลาย

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองใช้ตัวชี้วัด ได้แก่ Accuracy, Precision, Recall, F1-Score และ Time

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองจำแนกความคิดเห็น

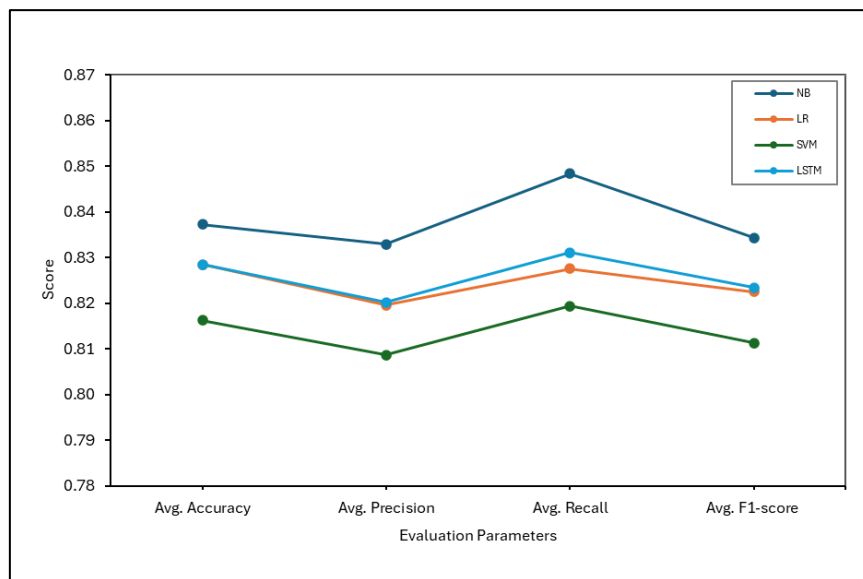
แบบจำลอง	Avg. Accuracy	Avg. Precision	Avg. Recall	Avg. F1-score	Avg. Time (seconds)
NB	0.8373	0.8329	0.8484	0.8343	0.0111
LR	0.8285	0.8196	0.8276	0.8225	0.9491
SVM	0.8163	0.8087	0.8194	0.8113	1.9806
LSTM	0.8285	0.8202	0.8311	0.8234	318.6100

จากตารางที่ 3 พบว่า NB มีจุดเด่นในด้านความเร็วในการฝึกโมเดล ใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 0.0111 วินาที ต่อรอบการฝึก ใช้เวลาน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับโมเดลอื่นๆ ด้านประสิทธิภาพ NB มีค่า Accuracy เฉลี่ย 0.8373 และมีค่า F1-score ที่ 0.8343 สูงที่สุดในทุกโมเดล ส่วนค่า Precision = 0.8329 และ Recall = 0.8484 ซึ่งถือว่าสูงมากเช่นกันแสดงให้เห็นว่า NB สามารถจำแนกความคิดเห็นได้ทั้งสองคลาสได้แม่นยำและรวดเร็ว เหมาะสมกับระบบที่ต้องการความเร็วสูง และมีข้อจำกัดด้านทรัพยากรในการประมวลผล

ในส่วนของ LR มีความสมดุลระหว่างประสิทธิภาพและความเร็ว โดยมีค่า Accuracy เฉลี่ย 0.8285 และ F1-score ที่ 0.8225 ต่ำกว่า NB เล็กน้อย แต่ก็ถือว่าอยู่ในระดับที่ใช้งานได้ดี โดยเฉพาะในระบบที่ต้องการความเร็วและความแม่นยำปานกลาง ค่า Precision (0.8196) และ Recall (0.8276) อยู่ในระดับดี และใช้เวลาในการฝึกเฉลี่ย 0.9491 วินาที เร็วกว่า SVM และเร็วมากเมื่อเทียบกับ LSTM แสดงให้เห็นว่า LR เป็นอีกทางเลือกที่ดีสำหรับระบบที่ต้องการประสิทธิภาพในระดับหนึ่ง

ในขณะที่ SVM ที่นิยมใช้ในงานจำแนกข้อความด้วยการแยกข้อมูลเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น มีค่า Accuracy เฉลี่ยที่ 0.8163, Precision = 0.8087, Recall = 0.8194 และ F1-score = 0.8113 ต่ำกว่า NB และ LR และใช้เวลาในการฝึกนานกว่าทุกแบบจำลอง (เฉลี่ย 1.9806 วินาที) ซึ่งอาจไม่เหมาะกับงานที่ต้องประมวลผลเร็วหรือมีข้อมูลจำนวนมาก เช่น การใช้งานในระบบเรียลไทม์หรือโมบายล์แอปพลิเคชัน

ในขณะที่ LSTM ซึ่งเป็นแบบจำลองลำดับ (sequential model) ที่อยู่ในกลุ่ม Neural Network มีค่า Accuracy เฉลี่ยที่ 0.8285 เท่ากับของ LR และต่ำกว่า NB และ F1-score เฉลี่ยที่ 0.8234 มีค่า Recall เฉลี่ยที่ 0.8311 โดยสูงกว่า SVM และ LR เล็กน้อย แสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการจำแนกคลาสที่ไม่สมดุลได้ดี แต่ใช้เวลาในการฝึกที่สูงมาก เฉลี่ย 318.6100 วินาทีที่ต่อรอบ ซึ่งมากกว่า NB ถึงเกือบ 30,000 เท่า จึงเหมาะสำหรับระบบที่เน้นความแม่นยำสูงและมีทรัพยากรเพียงพอในการประมวลผลระยะยาว



รูปที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

จากรูปที่ 4 พบว่าแบบจำลอง NB ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดในทุกตัวชี้วัดแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการจำแนกข้อความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยได้เป็นอย่างดี

จากผลการวิจัยพบว่า วัตถุประสงค์ข้อ 1 บรรลุผลโดยอัลกอริทึม NewMM มีประสิทธิภาพสูงสุดในบรรดาอัลกอริทึมตัดคำและวัตถุประสงค์ข้อ 2 พบว่า NB เป็นแบบจำลองที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมตัดคำ NewMM ให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย Accuracy เฉลี่ย 0.8352 และ F1-score เฉลี่ย 0.8306 ซึ่งสูงกว่าทั้ง MM และ Longest และยังใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุดในกลุ่ม 75.8384 วินาที จึงเหมาะกับการใช้งานในระบบที่ต้องการความแม่นยำสูงและประหยัดเวลา ส่วน Longest ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียง NewMM มาก ทั้งในด้าน Accuracy (0.8305) และ F1-score (0.8258) แต่อาจใช้เวลามากขึ้นเล็กน้อย (83.0867 วินาที) ส่วนอัลกอริทึม MM มีประสิทธิภาพโดยรวมต่ำที่สุดในกลุ่ม โดยเฉพาะ Accuracy และ F1-score ที่อยู่ที่ 0.8172 และ 0.8122 ตามลำดับ และยังใช้เวลาในการประมวลผลใกล้เคียงกับ Longest จึงอาจไม่เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความแม่นยำสูง สำหรับการเปรียบเทียบกลุ่มคำหยุดพบว่าการใช้คำหยุดให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย Accuracy สูงถึง 0.8354 และ F1-score อยู่ที่ 0.8304 แสดงให้เห็นว่าการตัดคำออกน้อยลงอาจช่วยให้แบบจำลองเรียนรู้ข้อมูลได้ครบถ้วนมากขึ้น ขณะที่ คำหยุดของผู้วิจัย ให้ค่าผลลัพธ์ในระดับที่ดี ส่วนชุดคำหยุดจาก PyThaiNLP ให้ค่าประสิทธิภาพต่ำที่สุด โดยมี F1-score เฉลี่ยที่ 0.8127 ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่ชุดคำหยุดมาตรฐานนี้ตัดคำที่มีนัยสำคัญต่อความคิดเห็นออกไป ทำให้โมเดลขาดข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์

NB เป็นแบบจำลองที่ดีที่สุด ใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 0.0111 วินาที ต่อรอบ ซึ่งเร็วกว่าทุกโมเดลที่นำมาเปรียบเทียบ และยังให้ค่า F1-score สูงที่สุด ที่ 0.8343 และค่า Accuracy สูงที่สุดเฉลี่ย 0.8373 แสดงให้เห็นว่า NB เหมาะสำหรับระบบที่ต้องการประสิทธิภาพสูงควบคู่กับความเร็วในการประมวลผล ขณะที่ LSTM ให้ค่า Recall ที่ 0.8311 และมีค่า F1-score และ Accuracy เฉลี่ยใกล้เคียงกับ NB ที่ 0.8234 และ 0.8285 ตามลำดับ แม้จะมีจุดเด่นด้านความสามารถในการเรียนรู้ลำดับของข้อความ แต่ต้องแลกมาด้วยเวลาในการฝึกที่นานกว่ามาก (318.61 วินาที) จึงเหมาะสำหรับระบบที่เน้นคุณภาพการจำแนกมากกว่าความเร็ว สำหรับ LR และ SVM ให้ผลลัพธ์กลาง ๆ โดย LR มี F1-score เฉลี่ยที่ 0.8225 และใช้เวลาเพียง 0.9491 วินาที จึงเหมาะสำหรับระบบที่ต้องการความเร็วและความแม่นยำพอประมาณ ส่วน SVM แม้จะมี F1-score ใกล้เคียงกัน (0.8113) แต่ใช้เวลาฝึกมากที่สุดรองจาก LSTM (1.9806 วินาที) ซึ่งอาจไม่เหมาะสำหรับระบบที่มีข้อจำกัดด้านเวลา

โดยการเรียนรู้ที่พบว่า NewMM ให้ประสิทธิภาพในการตัดคำที่ดีที่สุดสอดคล้องกับการศึกษาจำแนกความรู้สึกของความคิดเห็นโดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจบนเว็บไซต์จองโรงแรม [8] โดยเปรียบเทียบอัลกอริทึมการตัดคำ ได้แก่ MM, NewMM และ Longest ร่วมกับคำหยุด Stopword ของ PyThaiNLP และชุดคำหยุดของผู้วิจัย โดย NewMM มีประสิทธิภาพดีที่สุด มีค่า Accuracy ที่ 0.90 เมื่อใช้ร่วมกับคำหยุดของผู้วิจัย ในส่วนของคำหยุดของ PyThaiNLP ให้ค่าความ Accuracy เพียง 0.81 แสดงให้เห็นว่า NewMM สามารถตัดคำได้ดีกว่า MM และ Longest เนื่องจากมีการพัฒนาให้สามารถแยกคำได้แม่นยำกว่าการตัดคำแบบดั้งเดิม

สอดคล้องกับการศึกษาการวิเคราะห์รูปแบบความคิดเห็นของข้อมูลโรงแรมโดยใช้เทคนิคการตัดคำแบบผสมผสาน โดยประเมินประสิทธิภาพการวิเคราะห์ความคิดเห็นโดย การจำแนกแบบตัดสินใจต้นไม้ แบบนาอ็ฟ เบย์ แบบเคเนียร์เซนเนอร์ และดำเนินการโดยรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์โกด้าเป็นข้อมูลการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้บริการที่เข้าพักโรงแรม นำมาวิเคราะห์ความรู้สึกโดยหลักการวิธีการตัดคำแบบผสมผสาน ซึ่งผลของการวิจัยพบว่าแบบจำลอง NB ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุดถึง 99.66% [14] ซึ่งหมายความว่า NB สามารถทำงานได้ดีเมื่อนำมาใช้กับข้อมูลข้อความขนาดใหญ่ และมีลักษณะเป็นข้อมูลไม่สมดุล

สอดคล้องกับการศึกษาที่สร้างแบบจำลองวิเคราะห์ความรู้สึกสำหรับตลาดดิจิทัลโดยใช้ข้อมูลความคิดเห็นจากแพลตฟอร์มช้อปปิ้ง (Shopee) ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง NB, LR และ SVM ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลอง NB ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดเช่นกัน โดยให้ค่าความแม่นยำสูงถึงร้อยละ 0.64 เมื่อใช้กับข้อมูลความคิดเห็นของสินค้าหมวดหมู่เครื่องใช้ไฟฟ้า [15]

อย่างไรก็ตาม ค่า Accuracy แบบจำลอง NB ของงานวิจัยนี้เท่ากับ 0.83 ซึ่งน้อยกว่าการศึกษาใน [8], [14] ที่มีค่า Accuracy เท่ากับ 0.90 และ 0.99 ตามลำดับ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากลักษณะชุดข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะความคิดเห็นจาก TikTok ที่มักสั้น กระชับ ใช้ภาษาพูดไม่เป็นทางการ มีการใช้สัญลักษณ์ อีโมจิ หรือการสะกดที่ไม่เป็นมาตรฐาน ทำให้ความยากในการตัดคำและการจำแนกความรู้สึกสูงกว่าเมื่อเทียบกับความคิดเห็นในเว็บไซต์ของโรงแรมซึ่งมีเนื้อหายาว และมีโครงสร้างทางภาษาที่ชัดเจนกว่า

นอกจากนี้ เหตุผลทางภาษาศาสตร์ยังชี้ให้เห็นว่า NewMM เหมาะสมกว่าวิธีการแบบ MM และ Longest เนื่องจากอัลกอริทึมถูกออกแบบให้คำนึงถึงความเป็นไปได้ของการเรียงลำดับคำและการจัดการคำที่มีความกำกวมในภาษาไทยได้ดีกว่า ตัวอย่างเช่น คำหลายพยางค์ที่สามารถแบ่งได้หลายแบบ (word segmentation ambiguity) หรือคำที่ไม่อยู่ในพจนานุกรมมาตรฐาน ซึ่ง NewMM สามารถใช้ heuristics และบริบทช่วยตัดสินใจได้แม่นยำกว่าแบบดั้งเดิม ดังนั้น แม้ค่า Accuracy จะต่ำกว่าเมื่อเทียบกับงานที่ใช้ชุดข้อมูลยาวและเป็นทางการ แต่ผลการทดลองยังคงยืนยันว่า NewMM มีความเหมาะสมในการประมวลผลข้อความสั้นที่มีความซับซ้อนเชิงภาษาศาสตร์ มากกว่าวิธีการตัดคำแบบพื้นฐาน

ข้อเสนอแนะ

1. แบบจำลอง Naive Bayes (NB) ร่วมกับอัลกอริทึมตัดคำแบบ NewMM มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ความคิดเห็นภาษาไทย และเหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการวิเคราะห์ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์และข้อเสนอแนะจากลูกค้า
2. การวิจัยในอนาคตควรให้ความสำคัญกับการจัดการภาษาวัยรุ่นและคำสะกดผิด โดยอาจนำเทคนิคการแก้คำผิดอัตโนมัติและการทำให้ข้อความเป็นมาตรฐาน (Text Normalization) มาใช้ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตัดคำและการวิเคราะห์ความคิดเห็น
3. ควรมีการศึกษาวิธีการตรวจสอบความขัดแย้งระหว่างคะแนนและข้อความความคิดเห็น เช่น ความคิดเห็นเชิงลบที่มาพร้อมกับคะแนนความพึงพอใจสูง โดยประยุกต์ใช้เทคนิค Sentiment Conflict Detection เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์
4. ควรพัฒนาและเปรียบเทียบแบบจำลองที่สามารถเข้าใจบริบทของภาษาไทยได้ดียิ่งขึ้น เช่น โมเดล BERT หรือโมเดลในกลุ่ม Transformer เพื่อรองรับข้อความที่มีความซับซ้อนและหลากหลายรูปแบบมากขึ้น
5. ควรศึกษาการใช้วิธีการแปลงข้อความเป็นเวกเตอร์ในรูปแบบอื่น ๆ เช่น TF-IDF หรือ Word Embedding แทนวิธี Bag of Words เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของแบบจำลองและความแม่นยำในการจำแนกความคิดเห็น
6. ควรขยายชุดข้อมูลให้ครอบคลุมหลายแพลตฟอร์ม เช่น Twitter, Facebook และ Pantip รวมถึงจัดการปัญหาข้อมูลไม่สมดุลด้วยเทคนิค SMOTE หรือวิธีการสุ่มตัวอย่างอื่น ๆ เพื่อให้แบบจำลองสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Phonphong, “Usage behavior and satisfaction of TikTok application of generation Y users in Bangkok,” M. S. thesis, Thammasat Univ., Bangkok, 2019, doi: 10.14457/TU.the.2019.1132. (in Thai)
- [2] Spring News, “TikTok usage statistics in 2024: Top countries ranked – Thailand ranks 9th,” Jan. 5, 2024. [Online]. Available: <https://www.springnews.co.th/digital-business/digital-marketing/848802>. [Accessed: Feb. 10, 2025]. (in Thai)
- [3] Predictive, “The key to building a successful application,” Feb. 15, 2024. [Online]. Available: <https://predictive.co.th/blog/mobile-development-with-data-strategy>. [Accessed: Feb. 2, 2025]. (in Thai)
- [4] M. Chali, “Analysis and visualization of tourist behavior of hospitality service in Chiang Mai Province using sentiment analysis method,” M.S. thesis, Chiang Mai Univ., Chiang Mai, 2023. [Online]. Available: https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=644515. [Accessed: Feb. 10, 2025]. (in Thai)
- [5] T. Polsawat, “Sentiment classification methodology for online consumer reviews using ontology based,” M.S. thesis, Khon Kaen Univ., Khon Kaen, 2020. [Online]. Available: https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=584241. [Accessed: Feb. 15, 2025]. (in Thai)
- [6] W. Sukcharoen and W. Jitsakul, “The comparison of Thai word segmentation for basic first aid with Deepcut algorithm and Newmm algorithm,” *presented at NCCIT 2021*, King Mongkut’s Univ. of Technology North Bangkok, Bangkok, pp. 264–269, 2021. (in Thai)
- [7] N. Lertchanvuth, “Analysis of tourist attractions using machine learning techniques: A case study of Yaowarat road, Thailand,” M.S. thesis, King Mongkut’s Inst. of Technology Ladkrabang, Bangkok, 2021. [Online]. Available: https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=593395. [Accessed: Feb. 10, 2025]. (in Thai)
- [8] M. Manhem, S. Dolah, S. Chunkaew, and S. Mak-on, “Model for classifying review sentiments using decision tree techniques: A case study of a hotel reservation website,” *Academic Journal of Science and Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 69–79, 2020, doi: 10.53845/ajst.v1i2.244056. (in Thai)
- [9] W. Romsaiyud, *Machine Learning for Predictive Data Analysis and Applications*. Nonthaburi, Thailand: Sukhothai Thammathirat Open Univ. Press, 2023.
- [10] JoMingyu, *google-play-scraper* (version unknown). Python package. Jun. 7, 2024. [Online]. Available: <https://github.com/JoMingyu/google-play-scraper>. [Accessed: Feb. 5, 2025]. (in Thai)
- [11] P. Bowornlertsutee and W. Paireekreng, “The model of sentiment analysis for classifying the online shopping reviews,” *Thai-Nichi Institute of Technology Journal of Applied Science and Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 71–79, 2021, doi: 10.61284/tni-jast.2021.246375. (in Thai)
- [12] A. Jitpittayaporn, “KMSM: Towards more efficient sampling technique for imbalanced classification,” M.S. thesis, Dhurakij Pundit Univ., Bangkok, 2021. [Online]. Available: https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=656328. [Accessed: Feb. 10, 2025]. (in Thai)

-
- [13] T. Vichitsrikamol, "Complaint category recommendation system of state agencies using deep learning model," M.S. thesis, King Mongkut's Inst. of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 2024. [Online]. Available: https://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=101&RecId=9400&obj_id=64822. [Accessed: Feb. 15, 2025]. (in Thai)
- [14] S. Sukkasem, "Analysis of sentiment for hotel data using the hybrid word wrap technique," M.S. thesis, Thai-Nichi Inst. of Technology, 2020. [Online]. Available: https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=534599. [Accessed: Feb. 10, 2025]. (in Thai)
- [15] W. Arjamnuaikitja, "Sentiment analysis model for digital marketing marketplace," M.S. thesis, Thammasat Univ., Bangkok, 2024, doi: 10.14457/TU.the.2023.328. (in Thai)

การปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการขนส่งสินค้าของบริษัท
โดยประยุกต์ใช้แนวคิด Vehicle Routing Problem (VRP) : กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด
IMPROVING AND ENHANCING TRANSPORTATION MANAGEMENT
BY APPLYING THE VEHICLE ROUTING PROBLEM (VRP) CONCEPT:
A CASE STUDY OF ABC COMPANY LIMITED

เปรมมิการ์ จินวงษ์¹ และ ปิยะเนตร นาคสีดี^{2*}
Premmika Jeenwong¹ and Piyanate Nakseedee^{2*}

หลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹
วิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย^{2*}
Master of Business Administration Program in Logistics Management, School of Business,
University of the Thai Chamber of Commerce ¹
School of Engineering, University of the Thai Chamber of Commerce²
Corresponding Author Email: iceprammika@gmail.com¹, Piyanate_nak@utcc.ac.th^{2*}

Received: August 11, 2025
Revised: October 19, 2025
Accepted: November 6, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษากระบวนการขนส่งสินค้าและแนวทางการวางแผนเส้นทางปัจจุบันของบริษัท ABC จำกัด โดยประยุกต์ใช้แนวคิด Vehicle Routing Problem (VRP) 2) ปรับปรุงเส้นทางขนส่งเพื่อลดความล่าช้า ระยะทาง และเวลาในการจัดส่งสินค้า 3) ลดต้นทุนเชื้อเพลิงและการสูญเสียโอกาสในด้านอื่นๆ และ 4) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ก่อนและหลังการปรับปรุงเส้นทางด้วย VRP เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) โปรแกรม VRP เป็นเครื่องมือหลักที่ใช้ในการออกแบบเส้นทางให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด 2) Microsoft Excel ใช้เก็บข้อมูลพื้นฐาน เช่น รายชื่อจุดส่งสินค้า พิกัด ระยะทาง ปริมาณสินค้า และความสามารถในการบรรทุกของรถ 3) แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) ใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ผลการวิจัยพบว่าปัญหาหลัก ได้แก่ ความล่าช้า เส้นทางซ้ำซ้อน และต้นทุนที่สูง จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแนวทางการวางแผนเส้นทางใหม่ช่วยลดระยะทางขนส่งต่อเดือนจาก 17,171 กิโลเมตร เหลือ 15,505 กิโลเมตร คิดเป็นการลดลง 1,666 กิโลเมตร หรือประมาณ 9.7% ลดจำนวนเที่ยวจาก 240 เหลือ 196 รอบ ลดต้นทุนเชื้อเพลิงราว 10,712.38 บาทต่อเดือน และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการขนส่ง ส่งผลให้ลูกค้ามีความพึงพอใจมากขึ้น จากการจัดส่งที่รวดเร็วและแม่นยำ งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าเทคนิคการวิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพสามารถนำมาใช้ยกระดับการบริหารโลจิสติกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดเส้นทางรถขนส่ง (VRP), การจัดการโลจิสติกส์, ประสิทธิภาพการขนส่ง, การวางแผนเส้นทาง

Abstract

The purpose of this research is to: 1) study the current transportation system and route planning practices of ABC Company Limited by applying the Vehicle Routing Problem (VRP) concept; 2) improve transportation routes to reduce delays, distance, and delivery time; and 3) reduce fuel costs and opportunity losses in other areas. The tools used in this study include: 1) VRP software, which serves as the primary tool for designing optimal and efficient delivery routes; 2) Microsoft Excel, used for storing basic data such as delivery points, coordinates, distances, shipment volumes, and vehicle capacities; and 3) the Fishbone Diagram, which is used to analyze the root causes of problems. The research findings revealed that the main issues include delays, redundant routes, and high costs. The results of the study showed that the newly designed route planning approach reduced the monthly transportation distance from 17,171 kilometers to 15,505 kilometers, a reduction of 1,666 kilometers, or approximately 9.7%. The number of trips decreased from 240 to 196, fuel costs were reduced by approximately 10,712.38 Baht per month, and overall transportation efficiency was improved. This led to greater customer satisfaction due to faster and more accurate deliveries. This research demonstrates that analytical techniques and efficiency enhancement tools can effectively elevate logistics management performance.

Keywords: Vehicle Routing Problem (VRP), Logistics management, Transportation efficiency, Route planning

บทนำ

การขนส่งสินค้าเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการโลจิสติกส์และซัพพลายเชนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานของบริษัท การจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพในการขนส่งสามารถทำให้เกิดปัญหาหลายด้าน เช่น การขนส่งล่าช้า เส้นทางที่ซ้ำซ้อน ต้นทุนที่สูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้าและความสามารถในการแข่งขันในตลาด ด้วยเหตุนี้ การปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขนส่งสินค้าจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้บริษัทสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ดีขึ้น และเสริมสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันในภาคธุรกิจ ซึ่งจากทฤษฎีการจัดการโลจิสติกส์ (Logistics Management Theory) [1] ได้ให้ความสำคัญกับการบริหารและวางแผนกระบวนการขนส่ง การจัดเก็บ และการกระจายสินค้า เพื่อให้เกิดความคล่องตัวและประหยัดต้นทุนในระบบโลจิสติกส์ โดยมุ่งให้สินค้าส่งถึงมือลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลต่อการดำเนินงานและความพึงพอใจของลูกค้า ขณะเดียวกัน ทฤษฎีการบริหารจัดการซัพพลายเชน (Supply Chain Management Theory) [2] เน้นการเพิ่มประสิทธิภาพของการไหลของสินค้า ข้อมูล และการเงิน ในห่วงโซ่อุปทาน เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันผ่านการจัดการอย่างเป็นระบบในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การจัดซื้อ การผลิต จนถึงการจัดส่งสินค้าถึงลูกค้า

การจัดการการขนส่ง [3] ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของโลจิสติกส์ ซึ่งหมายถึงการวางแผนและควบคุมการเคลื่อนย้ายสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรการขนส่งอย่างคุ้มค่าและควบคุมต้นทุนให้น้อยที่สุด ครอบคลุมทุกโหมดการขนส่ง ทั้งทางทะเล อากาศ ถนน และรถไฟ เพื่อให้สินค้าถึงที่หมายในเวลาที่เหมาะสมและปริมาณที่ต้องการ การวางแผนเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสม [4] ยังช่วยลดระยะทางและจำนวนรถที่ใช้ ส่งผลให้ลดต้นทุนและ

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์และแบบจำลอง เช่น Vehicle Routing Problem (VRP), Traveling Salesman Problem (TSP) รวมถึงวิธีการเชิง heuristic เพื่อหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว

การลดต้นทุนจากการขนส่ง [2],[5] เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันขององค์กร กลยุทธ์ที่นิยมใช้ เช่น การใช้พลังงานทางเลือกเพื่อลดค่าเชื้อเพลิง การบริหารเที่ยวรถขาไปและขากลับเพื่อลดเที่ยวรถเปล่า การเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดโดยคำนึงถึงสภาพถนนและการจราจร การบรรจุสินค้าให้เต็มความจุรถ และการนำระบบบริหารจัดการการขนส่ง (TMS) เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนโดยรวมอย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่านักวิจัยหลายท่านให้ความสำคัญกับการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่ง ตัวอย่างเช่น มานิต แถบน้อย และคณะ (2558) [6] ศึกษาการลดต้นทุนในธุรกิจรถบรรทุกติดเครื่องให้เข้า โดยเน้นการลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ทำให้ต้นทุนลดลงและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้ อีกทั้งงานของ [7] ที่ศึกษาการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของบริษัท ปีปี จำกัด โดยใช้ฟังก์ชันโปรแกรม VRP Solver เพื่อปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง พบว่าสามารถลดต้นทุนการขนส่งได้ 17.19% และเพิ่มความตรงต่อเวลาของการส่งมอบสินค้าเป็น 100% นอกจากนี้ พลอยไพลิน พริกทิม และคณะ (2565) [8] ได้ศึกษาการลดต้นทุนการขนส่งในธุรกิจการผลิตใส่รองเท้า โดยการวางแผนเส้นทางการขนส่งเชิงระบบ สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านขนส่งได้ถึง 51% ภายใน 6 เดือน ขณะที่งานของบริษัท X Square จำกัด [9] ประยุกต์ใช้เทคนิค Vehicle Routing Problem (VRP) ด้วย Nearest Neighborhood Algorithm และ Saving Algorithm เพื่อออกแบบตารางและเส้นทางใหม่ ส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพและความแน่นอนในการตอบสนองลูกค้า ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ [10] ที่ประยุกต์ใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver กับกรณีของบริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด พบว่าระยะทางรวมในการขนส่งลดลง 38% และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลดลง 39% (คิดเป็นมูลค่าการประหยัดเชื้อเพลิงประมาณ 103,860 บาทต่อเดือน) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้เทคนิค VRP ในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการขนส่งขององค์กรไทย งานวิจัยของ [11] ยังยืนยันว่าการบูรณาการเทคโนโลยีและการบริหารจัดการเชิงกลยุทธ์สามารถเพิ่มความตรงต่อเวลา ลดต้นทุน และยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กรได้อย่างมีนัยสำคัญ

จากพื้นฐานทางทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด โดยประยุกต์ใช้แนวคิด Vehicle Routing Problem (VRP) เพื่อออกแบบเส้นทางการขนส่งที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ลดระยะทางและเวลาในการขนส่ง ลดต้นทุนเชื้อเพลิง และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการขนส่ง ทั้งนี้ เพื่อให้บริษัทสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ดีขึ้น เพิ่มความพึงพอใจ และสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันในตลาดโลจิสติกส์ อย่างยั่งยืน [12]

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระบบการขนส่งสินค้าและแนวทางการวางแผนเส้นทางที่มีอยู่ในปัจจุบันของบริษัท ABC จำกัด โดยประยุกต์ใช้แนวคิด Vehicle Routing Problem (VRP)
2. เพื่อปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้าที่ล่าช้า ลดระยะทาง และลดเวลาในการจัดส่งสินค้า
3. เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ไม่จำเป็น และลดการเสียโอกาสในด้านอื่น ๆ ได้
4. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุงเส้นทางด้วย VRP

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. วิธีการเก็บข้อมูลในการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

ได้จากการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview) ได้แก่

- 1) ศึกษาข้อมูลบริษัทจากผู้จัดการฝ่ายบริหาร
 - ศึกษาและรวบรวมข้อมูลพนักงานขับรถขนส่งสินค้าในบริษัท
 - ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจำนวนรถที่ใช้ขนส่งในบริษัท
- 2) ผู้จัดการฝ่ายขาย
 - รวบรวมคำสั่งซื้อของลูกค้า
 - การประมวลผลคำสั่งซื้อ
 - การคำนวณเวลาการจัดส่ง
- 3) ผู้จัดการฝ่ายคลังสินค้าและขนส่ง
 - ข้อมูลการใช้รถและเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งสินค้า
 - รวบรวมข้อมูลการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าและวิธีการปล่อยรถในแต่ละวัน
 - คำนวณการจัดเส้นทางและค่าใช้จ่ายในแต่ละเดือน

1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

รวบรวมจากเอกสารภายในและระบบฐานข้อมูลของบริษัท ได้แก่

- 1) รายงานต้นทุนการขนส่งรายเดือนย้อนหลัง 6 เดือน
- 2) รายการคำสั่งซื้อ และรอบการจัดส่ง
- 3) บันทึกการใช้รถขนส่ง และระยะทางต่อเที่ยว
- 4) บันทึกเวลาการจัดส่งสินค้า และสถิติการจัดส่งตรงเวลา
- 5) แผนที่เส้นทางจัดส่ง และข้อมูลพื้นที่ลูกค้า

2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยใช้วิธีการแก้ปัญหา VRP

2.1 การเก็บข้อมูล

- 1) สัมภาษณ์ผู้จัดการและพนักงานที่เกี่ยวข้อง
- 2) รวบรวมข้อมูลคำสั่งซื้อย้อนหลัง 6 เดือน
- 3) เก็บบันทึกการเดินทาง ระยะทาง เวลาขนส่ง และค่าน้ำมัน

2.2 การเตรียมข้อมูล

- 1) จัดทำตารางข้อมูลลูกค้า (รหัส, พิกัด, ปริมาณ, เวลารับสินค้า) ในโปรแกรม Excel
- 2) คำนวณ distance/time matrix ระหว่างทุกคู่จุดส่งสินค้า
- 3) กำหนดพารามิเตอร์ของรถ (จำนวนคัน, ความจุ, เวลาทำงานสูงสุด)

2.3 การสร้างแบบจำลอง VRP

- 1) นิยามตัวแปรและข้อจำกัด (capacity, time windows, จำนวนรถ)
- 2) กำหนดฟังก์ชันเป้าหมายเพื่อ ลดระยะทางรวมและต้นทุนรวม

2.4 การแก้ปัญหา VRP

- 1) ใช้ Nearest Neighbor Algorithm เพื่อสร้างเส้นทางเริ่มต้น
- 2) ใช้ Savings Algorithm เพื่อปรับปรุงเส้นทางเพื่อลดระยะทาง
- 3) นำข้อมูลเข้าสู่ VRP Solver เพื่อคำนวณตารางเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

2.5 การทดลองและประเมินผล

- 1) จัดทำ *Baseline* จากเส้นทางจริงปัจจุบัน
- 2) รัน VRP Solver หาผลลัพธ์ใหม่ (After scenario)
- 3) ทำ Sensitivity analysis (เช่น เปลี่ยนจำนวนรถ ความจุ หรือเวลาให้บริการ)

2.6 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์

- 1) ตัวชี้วัดที่ใช้ คือ ระยะทางรวม (กม.), จำนวนเที่ยว, เวลาเฉลี่ย, ต้นทุนเชื้อเพลิง (บาท), % การส่งตรงเวลา
- 2) ใช้สถิติ (t-test หรือ Wilcoxon test) ทดสอบนัยสำคัญ

2.7 การวิเคราะห์สาเหตุและข้อเสนอแนะ

- 1) ใช้ ผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เพื่อหาสาเหตุรากของปัญหาที่เกิดขึ้น
- 2) เสนอแนวทางปฏิบัติ เช่น ปรับตารางการขนส่ง หรือติดตั้ง GPS เพื่อติดตามการขนส่ง

เงื่อนไข หรือข้อจำกัดในการแก้ปัญหา มีดังนี้

- 1) จำนวนพนักงานขับรถ บริษัทมีพนักงานขับรถทั้งหมด 12 คน
- 2) จำนวนพาหนะ มีรถขนส่งรวม 9 คัน (ใช้ประจำ 8 คัน และสำรอง 1 คัน)
- 3) ตลาดปลายทาง รวม 189 ตลาด ที่ต้องทำการจัดส่ง
- 4) ความจุของพาหนะ (Vehicle Capacity) รถแต่ละคันมีข้อจำกัดด้านน้ำหนัก/ปริมาตรบรรทุก ซึ่งต้องไม่เกินค่าที่บริษัทกำหนด
- 5) ข้อจำกัดด้านเวลา ต้องส่งสินค้าตามเวลาทำงานของพนักงานขับรถ และเวลารับสินค้าของลูกค้า (Time windows หากมี)
- 6) เงื่อนไขการจัดส่ง ต้องจัดส่งสินค้าครบทุกตลาด/ลูกค้าตามรายการในแต่ละรอบการเดินทาง

ผลการวิจัย

1. การศึกษาระบบการขนส่งสินค้าและแนวทางการวางแผนเส้นทางในปัจจุบัน

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลบริษัทได้ข้อมูลดังนี้

- 1) จำนวนพนักงานขับรถขนส่งสินค้าในบริษัท มีทั้งหมด 12 คน
- 2) จำนวนรถในการขนส่งสินค้ามีทั้งหมด 9 คัน แบ่งเป็นรถใช้ประจำ 8 คัน และรถสำรองใช้ 1 คัน
- 3) จำนวนตลาดในพื้นที่กรุงเทพมหานครและต่างจังหวัดในภาคกลาง รวมทั้งหมดได้ 189 ตลาด
- 4) จำนวนลูกค้ารวมทั้งหมดได้ 2,268 ราย แบ่งเป็นลูกค้าประจำ 2,128 ราย และลูกค้าไม่ประจำ 140 ราย จำนวนลูกค้าในตลาดเฉลี่ยประมาณ 12 ราย

สรุปปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบริษัท จากการขนส่งสินค้าที่ไม่มีประสิทธิภาพและต้นทุนต่าง ๆ ที่เกิดจากการขนส่งสินค้าที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นข้อมูลการขนส่งย้อนหลัง 6 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2567 ถึงเดือนตุลาคม 2567 ปัญหาการขนส่งที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์รวมจากปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้น ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากการจัดส่งสินค้าที่ล่าช้ามากที่สุด ซึ่งเป็นปัญหาที่ทางบริษัทควรแก้ไข เป็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นถึง 23 ครั้งใน 6 เดือน หรือเฉลี่ยเกือบ 4 ครั้งต่อเดือน อธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้

สาเหตุที่เกิดขึ้น

- 1) ขาดการวางแผนเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม
- 2) การจัดการภายในคลังสินค้าไม่มีประสิทธิภาพ
- 3) ขาดยานพาหนะหรือแรงงานในช่วงเวลาสำคัญ
- 4) ปัญหาจากภายนอก เช่น การจราจร หรือข้อจำกัดด้านกฎหมาย

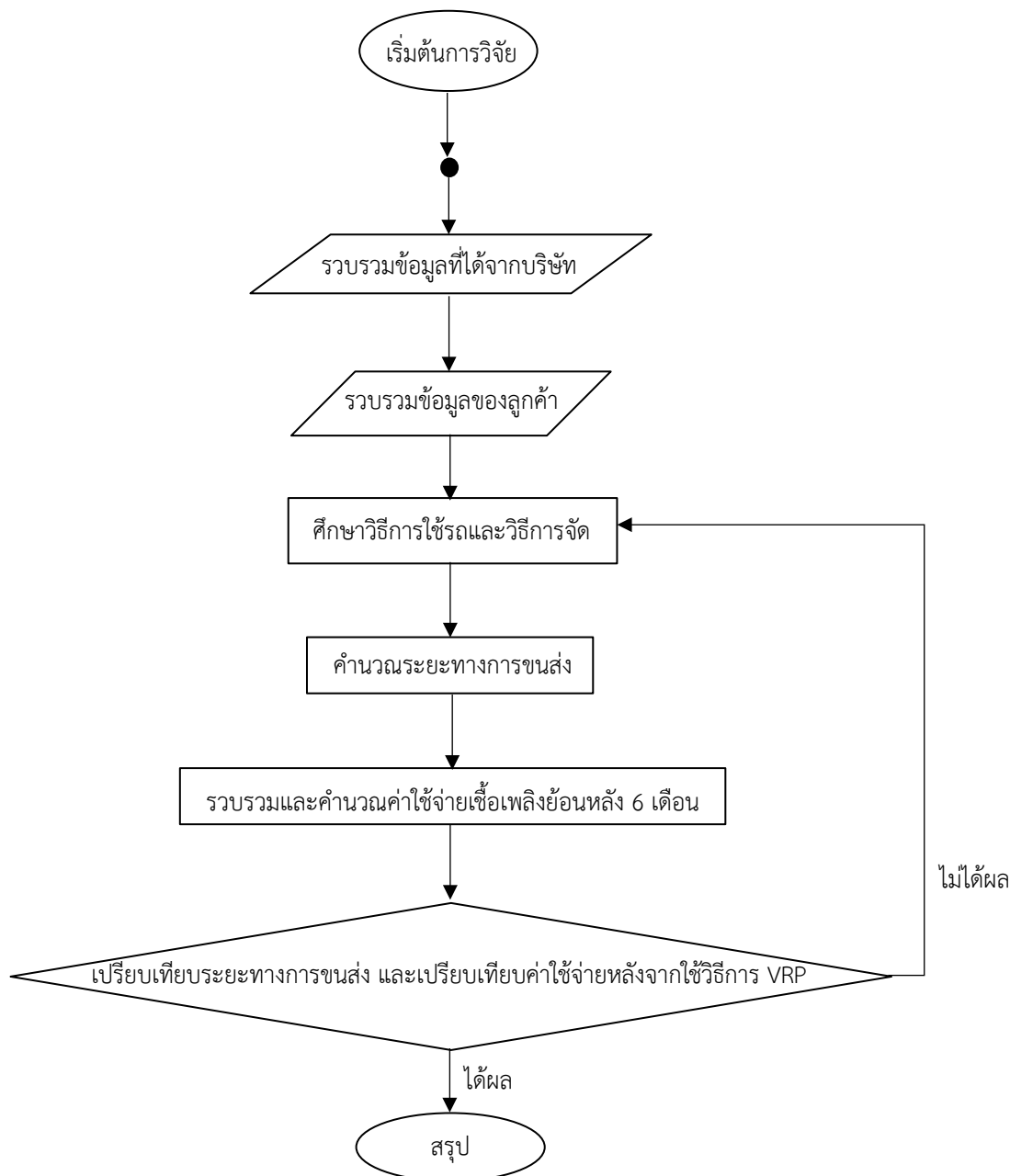
ผลกระทบต่อองค์กร

- 1) ส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าโดยตรง
- 2) ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม
- 3) กระทบต่อภาพลักษณ์และความเชื่อมั่นขององค์กร

ทั้งนี้การจัดการการขนส่งสินค้าของบริษัทในปัจจุบันได้ให้พนักงานขนส่ง จัดการการขนส่งสินค้าตามความต้องการของลูกค้า โดยไม่มีการวางแผนที่เป็นระบบ ทำให้เสียเวลาในการทำงาน และทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ไม่จำเป็นจากการเก็บข้อมูลการขนส่งของ บริษัท ABC จำกัด ได้ข้อมูลว่าช่วงเวลาที่มีการขนส่งมากที่สุดคือ ช่วงก่อนเทศกาลวันหยุดยาว คือเดือนเมษายน (เทศกาลสงกรานต์) เดือนสิงหาคม (สวัสดิการบริษัท) และเดือนธันวาคม (เทศกาลปีใหม่)

การขนส่งสินค้าย้อนหลัง มีค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงจากการขนส่ง รวมเป็นเงินทั้งหมดประมาณ 670,700 บาท ซึ่งราคาเชื้อเพลิงจะขึ้นอยู่กับระยะทางการวิ่งรถและรอบของการขนส่ง ซึ่งในช่วงที่มีอัตราการขนส่งสูง ค่าเชื้อเพลิงก็จะสูงตามขึ้นด้วย และมีปัจจัยอื่นๆ เช่น เส้นทางขนส่งที่ซับซ้อนหรือปัญหาการขนส่งต่างๆ ก็สามารถทำให้ค่าเชื้อเพลิงสูงขึ้นได้ ซึ่งนโยบายของบริษัทคือ การตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ตรงตามเวลา และการขนส่งสินค้าที่รวดเร็ว เพื่อให้ประหยัดเวลาการขนส่งของบริษัท พร้อมทั้งสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้ามากขึ้น ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้จะนำเสนอการปรับปรุงเส้นทางขนส่งสินค้า เพื่อให้ได้แนวทางในการตัดสินใจและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลในการจัดการการขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังสามารถช่วยลดต้นทุนได้อีกด้วย

จากข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าบริษัทมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในการขนส่งที่สูง ส่งผลต่อประสิทธิภาพและต้นทุนรวมขององค์กร ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้จึงได้ออกแบบขั้นตอนการดำเนินงานตามกระบวนการวิจัยที่แสดงในรูปที่ 1 โดยเริ่มตั้งแต่การรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของบริษัทและลูกค้า การวิเคราะห์วิธีการขนส่งในปัจจุบันไปจนถึงการประยุกต์ใช้เทคนิค Vehicle Routing Problem (VRP) เพื่อคำนวณและเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายหลังการปรับปรุงเส้นทางขนส่ง



รูปที่ 1 Flowchart จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลในบริษัทนำมาดำเนินการวิจัย

จากรูปที่ 1 แสดงขั้นตอนเพื่อนำมาดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) รวบรวมข้อมูลที่ได้จากบริษัท
 - ข้อมูลพนักงานขายและพนักงานขนส่งสินค้า
 - ข้อมูลการจัดส่งสินค้า
- 2) รวบรวมข้อมูลของลูกค้า
 - ข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้า
 - ข้อมูลเวลาการรับสินค้าของลูกค้า

3) ศึกษาวิธีการใช้รถและวิธีการจัดเส้นทางขนส่ง

- ข้อมูลจำนวนรถและเวลาการทำงานของพนักงาน

4) คำนวณระยะทางการขนส่ง

- ข้อมูลการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าและวิธีการปล่อยรถในแต่ละวัน ดังตารางที่ 1 โดยมีรายละเอียด

ดังต่อไปนี้

a) จำนวนพนักงานขับรถขนส่งสินค้าในบริษัท มีทั้งหมด 12 คน

b) จำนวนรถในการขนส่งสินค้ามีทั้งหมด 9 คัน แบ่งเป็นรถใช้ประจำ 8 คัน และรถสำรองใช้ 1 คัน

c) จำนวนตลาดในพื้นที่กรุงเทพมหานครและต่างจังหวัดในภาคกลาง รวมทั้งหมดได้ 189 ตลาด

d) จำนวนลูกค้ารวมทั้งหมดได้ 2,268 ราย แบ่งเป็นลูกค้าประจำ 2,128 ราย และลูกค้าไม่ประจำ

140 ราย จำนวนลูกค้าในตลาดเฉลี่ยประมาณ 12 ราย

ตารางที่ 1 ข้อมูลการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า

พื้นที่	ระยะทาง (กม.)	จำนวนตลาด (แห่ง)	เวลาที่ใช้
กรุงเทพมหานคร	105	85	9 ชั่วโมง 45 นาที
นครปฐม	32	10	8 ชั่วโมง 50 นาที
ปทุมธานี	75	22	8 ชั่วโมง 30 นาที
พระนครศรีอยุธยา	26	7	8 ชั่วโมง 45 นาที
นนทบุรี	49	19	8 ชั่วโมง 25 นาที
สมุทรปราการ	45	21	8 ชั่วโมง 15 นาที
ฉะเชิงเทรา	10	3	3 ชั่วโมง 30 นาที
สมุทรสาคร	23	8	7 ชั่วโมง 30 นาที
สมุทรสงคราม	5	1	2 ชั่วโมง 10 นาที
สุพรรณบุรี	6	4	2 ชั่วโมง 50 นาที
กาญจนบุรี	20	6	7 ชั่วโมง 5 นาที
อ่างทอง	5	1	2 ชั่วโมง 10 นาที
ราชบุรี	5	1	2 ชั่วโมง 10 นาที

จากตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าของบริษัท ABC จำกัด ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการศึกษาการปรับปรุงเส้นทางขนส่ง โดยแสดงระยะทาง จำนวนตลาดที่ต้องจัดส่ง และระยะเวลาในการขนส่งในแต่ละพื้นที่ พบว่าพื้นที่ที่มีการขนส่งมากที่สุดคือ กรุงเทพมหานคร มีระยะทางเฉลี่ย 105 กิโลเมตร จำนวนตลาดทั้งหมด 85 แห่ง และใช้เวลาในการขนส่งเฉลี่ย 9 ชั่วโมง 45 นาทีต่อวัน รองลงมาคือ จังหวัดปทุมธานี และ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีจำนวนตลาด 22 และ 7 แห่งตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลในตารางจะเห็นได้ว่าเส้นทางขนส่งส่วนใหญ่กระจุกตัวอยู่ในพื้นที่ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งมีจำนวนตลาดหนาแน่นและใช้ระยะเวลาการขนส่งค่อนข้างนานเมื่อเทียบกับพื้นที่ต่างจังหวัด เช่น จังหวัดอ่างทอง และ จังหวัดราชบุรี ที่มีระยะทางและจำนวนตลาดน้อยกว่า การกระจายของเส้นทางในลักษณะนี้สะท้อนให้เห็นถึงความซับซ้อนในการจัดตารางการขนส่งและการบริหารจัดการเวลา ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่

นำไปสู่การศึกษาแนวทางการปรับปรุงเส้นทางขนส่งด้วยแบบจำลอง Vehicle Routing Problem (VRP) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการดำเนินงานของบริษัท

5) รวบรวมและคำนวณค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงย้อนหลัง 6 เดือน (ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2567 ถึงเดือนตุลาคม 2567) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงย้อนหลัง 6 เดือน (ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2567 ถึงเดือนตุลาคม 2567)

เดือน	ยอดรวมค่าน้ำมันของรถขนส่ง								ยอดรวม
	คันที่ 1	คันที่ 2	คันที่ 3	คันที่ 4	คันที่ 5	คันที่ 6	คันที่ 7	คันที่ 8	
พฤษภาคม 2567	12,600	12,300	12,700	12,900	12,600	12,500	11,900	12,300	99,800
มิถุนายน 2567	14,000	13,000	12,800	12,800	14,200	13,300	14,900	14,000	109,000
กรกฎาคม 2567	13,100	13,000	15,000	13,600	12,900	14,600	13,400	15,200	110,800
สิงหาคม 2567	16,500	16,300	16,300	16,100	16,400	16,200	16,500	16,200	130,500
กันยายน 2567	13,900	13,600	14,200	12,800	13,400	14,500	13,900	14,200	110,500
ตุลาคม 2567	14,900	12,900	14,100	13,900	12,800	13,700	13,500	14,300	110,100

จากตารางที่ 2 แสดงข้อมูลค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงจากการขนส่งสินค้าย้อนหลัง 6 เดือน รวมเป็นเงินทั้งหมดประมาณ 670,700 บาท ซึ่งราคาเชื้อเพลิงจะขึ้นอยู่กับระยะทางการวิ่งรถ และรอบของการขนส่ง ซึ่งในช่วงที่มีอัตราค่าขนส่งสูง ค่าเชื้อเพลิงก็จะสูงตามขึ้นด้วย นอกจากนี้มีปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลกระทบ เช่น เส้นทางขนส่งที่ซับซ้อน หรือปัญหาการขนส่งต่างๆ ก็สามารถทำให้ค่าเชื้อเพลิงสูงขึ้นได้

2. การปรับปรุงเส้นทางขนส่งด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิค Vehicle Routing Problem (VRP)

จากการใช้เทคนิค Vehicle Routing Problem (VRP) ในการคำนวณเพื่อปรับปรุงเส้นทางขนส่งใหม่ แล้วจึงทำการเปรียบเทียบระยะทางการขนส่งและเปรียบเทียบค่าน้ำมันหลังจากใช้วิธีการ VRP ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบระยะทางเดิมกับระยะทางใหม่ จากการวางแผนเส้นทางโดยใช้โปรแกรม VRP

วัน	ระยะทางเดิม (กิโลเมตร)	ระยะทางใหม่ (กิโลเมตร)	ลดลง
จันทร์	670	532	138
อังคาร	749	733	15
พุธ	490	432	58
พฤหัสบดี	495	386	110
ศุกร์	807	694	113
เสาร์	543	480	63
อาทิตย์	539	620	-81
รวมต่อเดือน	17,171	15,505	1,666

จากตารางที่ 3 พบว่า การปรับปรุงเส้นทางการเดินทางในเชิงโลจิสติกส์ โดยเปรียบเทียบระยะทางเดิมกับระยะทางใหม่หลังจากมีการวางแผนเส้นทางใหม่โดยใช้โปรแกรม VRP ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อลดระยะทางการเดินทางรวมและส่งผลให้ประหยัดทั้งเวลาและต้นทุนด้านการขนส่ง จากข้อมูลพบว่า ในภาพรวมมีการลดระยะทางรวมต่อเดือนจาก 17,171 กิโลเมตร เหลือเพียง 15,505 กิโลเมตร คิดเป็นการลดลงทั้งสิ้น 1,666 กิโลเมตรต่อเดือน หรือประมาณ 9.7% การลดระยะทางมากที่สุดเกิดขึ้นในวันจันทร์ (138 กิโลเมตร) รองลงมาคือวันศุกร์ (113 กิโลเมตร) และวันพฤหัสบดี (110 กิโลเมตร)

3. การลดต้นทุนค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ไม่จำเป็น

หลังจากใช้เทคนิค Vehicle Routing Problem (VRP) ในการปรับเส้นทางขนส่งใหม่แล้ว เป็นผลทำให้ระยะทางในการเดินทางลดลง และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าน้ำมัน สามารถเปรียบเทียบต้นทุนค่าน้ำมันของการจัดเส้นทางแบบเก่าและแบบใหม่ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าน้ำมันก่อนและหลัง จากการวางแผนเส้นทางโดยใช้โปรแกรม VRP

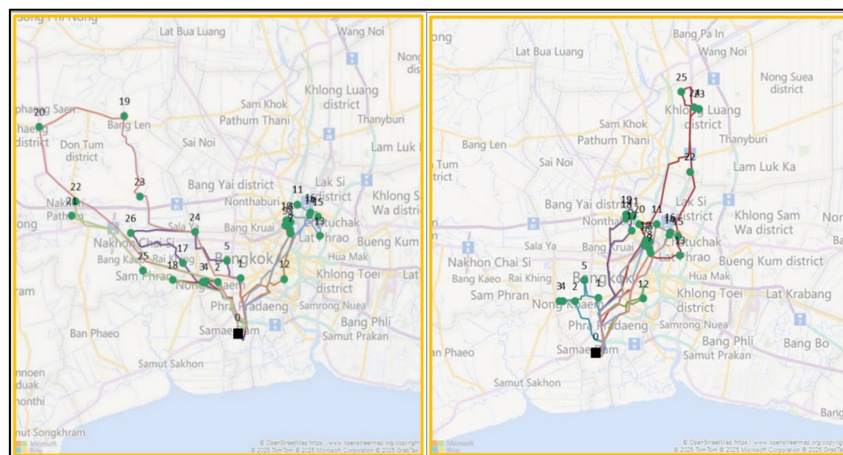
เดือน	ค่าน้ำมัน (ต่อเดือน) (บาท) ก่อนจัดเส้นทาง	เดือน	ค่าน้ำมัน (ต่อเดือน) (บาท) หลังจัดเส้นทาง
พฤษภาคม 2567	99,800	พฤศจิกายน 2567	101,000
มิถุนายน 2567	109,000	ธันวาคม 2567	103,100
กรกฎาคม 2567	110,800	มกราคม 2568	101,200
สิงหาคม 2567	130,500	กุมภาพันธ์ 2568	101,000
กันยายน 2567	110,500	มีนาคม 2568	101,100
ตุลาคม 2567	110,100	เมษายน 2568	103,300
รวม 6 เดือน	670,700	รวม 6 เดือน	606,400

4. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการขนส่งก่อนและหลังการปรับปรุงเส้นทางด้วย VRP

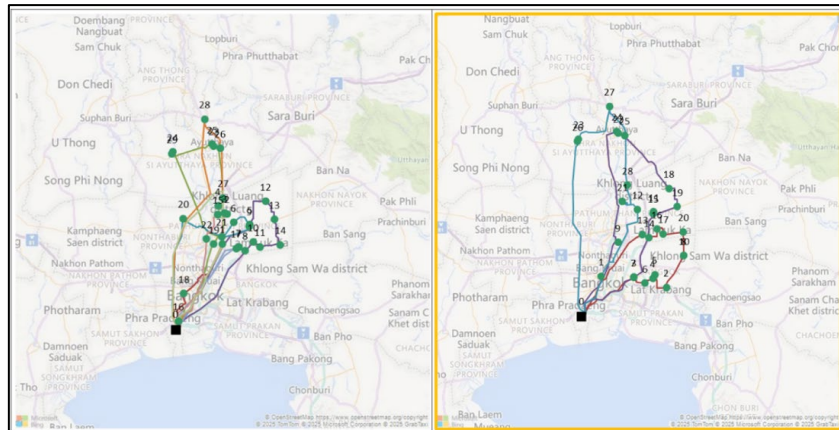
1) การวางแผนเส้นทางขนส่งใหม่ช่วยลดระยะทางขนส่งรวมต่อเดือนจาก 17,171 กิโลเมตร เหลือ 15,505 กิโลเมตร คิดเป็นการลดลง 1,666 กิโลเมตร หรือประมาณ 9.7% การลดระยะทางนี้ทำให้บริษัทสามารถประหยัดเวลาและทรัพยากรในการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3) ผลการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งทำให้ต้นทุนเชื้อเพลิงลดลงประมาณ 10,712.38 บาทต่อเดือน การลดต้นทุนเชื้อเพลิงเกิดจากการลดระยะทางที่ไม่จำเป็นและการปรับปรุงเส้นทางให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งช่วยลดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

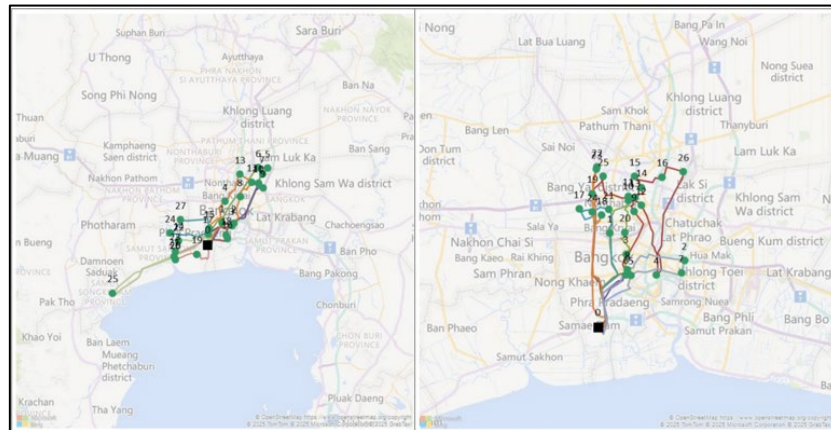
4) การใช้เทคนิค VRP ส่งผลให้กระบวนการขนส่งของบริษัทมีประสิทธิภาพมากขึ้น การจัดส่งเป็นไปตามกำหนดเวลาและแม่นยำมากขึ้น ทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจเพิ่มขึ้น



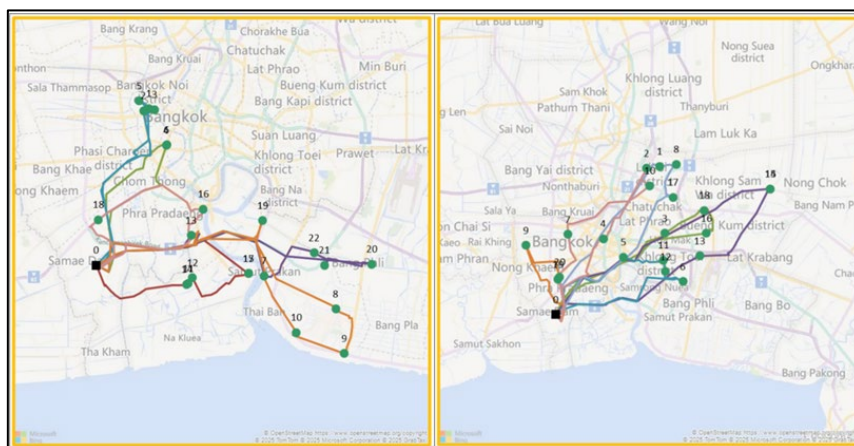
รูปที่ 2 แผนที่เปรียบเทียบเส้นทางก่อนและหลังการจัดเส้นทางขนส่ง (เส้นทางวันจันทร์)



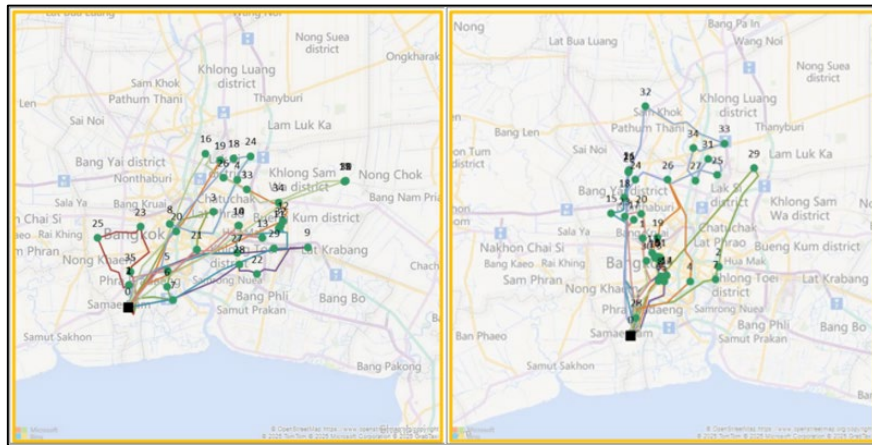
รูปที่ 3 แผนที่เปรียบเทียบเส้นทางก่อนและหลังการจัดเส้นทางขนส่ง (เส้นทางวันอังคาร)



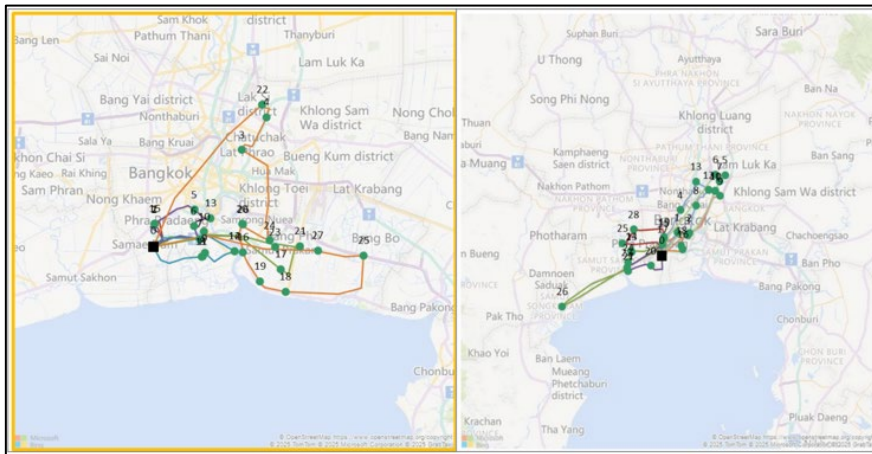
รูปที่ 4 แผนที่เปรียบเทียบเส้นทางก่อนและหลังการจัดเส้นทางขนส่ง (เส้นทางวันพุธ)



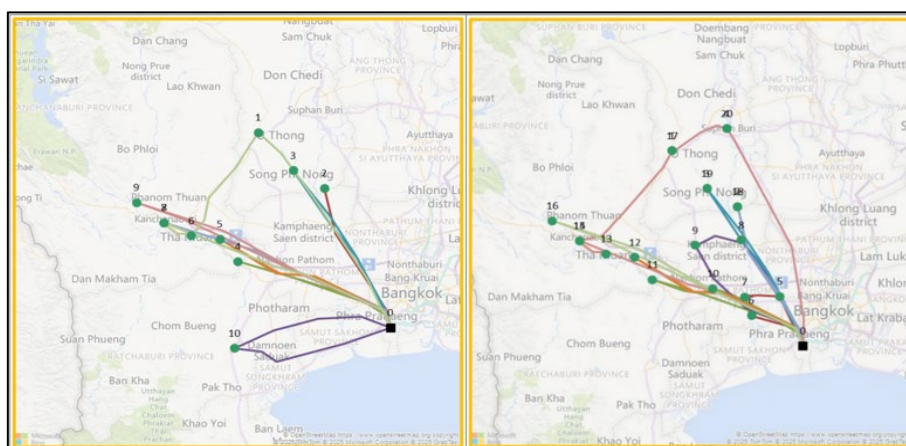
รูปที่ 5 แผนที่เปรียบเทียบเส้นทางก่อนและหลังการจัดเส้นทางขนส่ง (เส้นทางวันพฤหัสบดี)



รูปที่ 6 แผนที่เปรียบเทียบเส้นทางก่อนและหลังการจัดเส้นทางขนส่ง (เส้นทางวันศุกร์)



รูปที่ 7 แผนที่เปรียบเทียบเส้นทางก่อนและหลังการจัดเส้นทางขนส่ง (เส้นทางวันเสาร์)



รูปที่ 8 แผนที่เปรียบเทียบเส้นทางก่อนและหลังการจัดเส้นทางขนส่ง (เส้นทางวันอาทิตย์)

ในการศึกษานี้ได้ทดสอบสองอัลกอริธึมสำหรับการวางแผนเส้นทางการขนส่ง ได้แก่ Saving Algorithm และ Nearest Neighbor Algorithm เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์จากทั้งสองวิธี พบว่า Saving Algorithm สามารถลดระยะทางการขนส่งและต้นทุนได้ดีกว่า Nearest Neighbor Algorithm ในกรณีของบริษัท ABC จำกัด. การใช้ Saving Algorithm ช่วยลดระยะทางรวมได้มากกว่า 10% และช่วยลดต้นทุนการขนส่งได้มากที่สุด จึงได้เลือกใช้อัลกอริธึมนี้ในการปรับปรุงเส้นทางการขนส่ง

จากรูปที่ 2-8 การปรับปรุงเส้นทางการเดินทางในเชิงโลจิสติกส์ โดยเปรียบเทียบระยะทางเดิมกับระยะทางใหม่ หลังจากมีการวางแผนเส้นทางใหม่โดยใช้โปรแกรม VRP ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อลดระยะทางการเดินทางรวมและส่งผลให้ประหยัดทั้งเวลาและต้นทุนด้านการขนส่ง จากข้อมูลพบว่า เส้นทางเดิมมีระยะทางที่ซับซ้อน ซึ่งแสดงว่าจุดหมายแต่ละเส้นทางใกล้เคียงกันมาก จึงอาจมีความเสี่ยงเรื่องรถแออัด หรือเวลารอสินค้าซ้อนกัน บางคันมีเส้นทางที่วนกลับมาใกล้กับเส้นของคันอื่น และในบางเส้นทางมีการกระจายตัวของจุดหมายที่กว้างเกินความจำเป็น จากการจัดเส้นทางขนส่งใหม่นั้น ส่งผลให้จำนวนรอบการขนส่งต่อสัปดาห์ลดลง จึงสะท้อนให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโลจิสติกส์ ซึ่งสอดคล้องกับหลักของ “Lean Logistics” ที่มุ่งเน้นการลดความสูญเปล่า (waste) เช่น เวลาเดินทางที่ไม่จำเป็นและระยะทางซ้ำซ้อน โดยเฉพาะการลดเวลาในการขนส่งในบางวันได้ถึง 6 ชั่วโมง ส่งผลให้เวลาเหลือเพียงพอในการเติมสินค้า หรือบริการลูกค้าได้มากขึ้น ซึ่งเป็นตัวอย่างของการสร้าง “time utility” ในกระบวนการโลจิสติกส์ นอกจากนี้ การลดจำนวนรอบขนส่ง ยังลดค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น ค่าสึกหรอของรถ และค่าบำรุงรักษาของรถขนส่งได้อีกด้วย

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งโดยใช้แบบจำลอง VRP ได้มีการนำข้อมูลการขนส่งจริงของบริษัทมาทำการจำลองและคำนวณเส้นทางใหม่ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์กับการดำเนินงานในรูปแบบเดิม ทั้งในด้านระยะทางการขนส่ง จำนวนเที่ยวขนส่ง ต้นทุนเชื้อเพลิง ความพึงพอใจของลูกค้า และประสิทธิภาพการขนส่งโดยรวม ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงเส้นทางแสดง ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งที่ใช้ VRP

ตัวชี้วัด	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ระยะทางการขนส่ง (กิโลเมตร)	17,171 กิโลเมตร	15,505 กิโลเมตร
จำนวนเที่ยวขนส่ง	224 รอบ	196 รอบ
ต้นทุนเชื้อเพลิง	110,000 บาท/เดือน	99,287.62 บาท/เดือน
ความพึงพอใจของลูกค้า	ต่ำกว่าร้อยละ 72.3% ของการจัดส่งตรงเวลา	เพิ่มขึ้นจากเดิม, จัดส่งตรงเวลาและแม่นยำมากขึ้น
ประสิทธิภาพการขนส่ง	ต่ำ, ส่งสินค้าล่าช้าและไม่ตรงเวลา	สูงขึ้น, การขนส่งมีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

จากตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งโดยใช้โปรแกรม VRP พบว่า ในภาพรวมมีการลดระยะทางรวมต่อเดือนจาก 17,171 กิโลเมตร เหลือเพียง 15,505 กิโลเมตร คิดเป็นการลดลงทั้งสิ้น 1,666 กิโลเมตรต่อเดือน รอบการขนส่งเดิม 240 รอบ รอบการขนส่งใหม่ 196 รอบ หลังจัดเส้นทาง รอบการขนส่งลดลง 28 รอบต่อเดือน ก่อนจัดเส้นทาง บริษัทขนส่งสินค้า 240 รอบ รวมระยะทาง 17,171 กิโลเมตร เฉลี่ยค่าน้ำมันต่อเดือนจะเท่ากับ 110,000 บาท จากการจัดแผนเส้นทางการขนส่งใหม่ รอบการขนส่งลดลงเหลือ 196 รอบ และระยะทางลดลงเหลือ 15,505 กิโลเมตร หากคำนวณค่าน้ำมันเฉลี่ยต่อกิโลเมตรในสถานการณ์เดิม ค่าน้ำมันต่อกิโลเมตร = $17,171$

จะเท่ากับ 6.404 บาท/กม.คำนวณค่าน้ำมันในสถานการณ์ใหม่ ค่าน้ำมันใหม่ = $15,505 \times 6.404$ เท่ากับ 99,287.62 บาท ดังนั้นค่าน้ำมันลดลง $110,000 - 99,287.62$ จะเท่ากับ 10, 712.38 บาทต่อเดือน

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

การจัดเส้นทางรถขนส่งในรูปแบบใหม่ วันจันทร์ การจัดเส้นทางรถขนส่งในรูปแบบใหม่ จะมีทั้งหมด 26 จุด ใช้เวลาในการวิ่ง 26 จุด 531.58 กิโลเมตร วันอังคาร การจัดเส้นทางรถขนส่งในรูปแบบใหม่ จะมีทั้งหมด 20 จุด ใช้เวลาในการวิ่ง 20 จุด 733.10 กิโลเมตร วันพุธ

การจัดเส้นทางรถขนส่งในรูปแบบใหม่ จะมีทั้งหมด 24 จุด ซึ่งใช้เวลาในการวิ่งทั้ง 24 จุด ประมาณ 432.20 กิโลเมตร วันพฤหัสบดี การจัดเส้นทางรถขนส่งในรูปแบบใหม่ จะมีทั้งหมด 29 จุด ซึ่งใช้เวลาในการวิ่งทั้ง 29 จุด ประมาณ 385.50 กิโลเมตร วันศุกร์ การจัดเส้นทางรถขนส่งในรูปแบบใหม่ จะมีทั้งหมด 21 จุด ซึ่งใช้เวลาในการวิ่งทั้ง 21 จุด ประมาณ 542.83 กิโลเมตร วันเสาร์การจัดเส้นทางรถขนส่งในรูปแบบใหม่ จะมีทั้งหมด 21 จุด ซึ่งใช้เวลาในการวิ่งทั้ง 21 จุด ประมาณ 479.50 กิโลเมตร วันอาทิตย์ การจัดเส้นทางรถขนส่งในรูปแบบใหม่ จะมีทั้งหมด 12 จุด ซึ่งใช้เวลาในการวิ่งทั้ง 12 จุด ประมาณ 620.20 กิโลเมตร ซึ่งสอดคล้องกับ [13] ผลการศึกษาพบว่า การจัดเส้นทางขนส่งทางรถยนต์ของบริษัท ABC จำกัด ใช้จุดกระจายสินค้าเพียงจุดเดียว โดยมีพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง คือ รถ 4 ล้อ สำหรับใช้ในการส่งไปยังลูกค้าภายในจังหวัดชลบุรี มีจำนวนรถทั้งสิ้น 5 คัน ซึ่งในแต่ละวันจะเดินทางคันละ ประมาณ 2-4 เส้นทาง โดยจะบรรทุกได้ไม่เกินคันละ 3-4.5 ตัน รถ 6 ล้อ สำหรับใช้ในการขนส่งถึงจังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และจังหวัดสระแก้ว โดยมีการกระจายสินค้าตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันเสาร์ โดยวิ่งมากที่สุดในวันจันทร์ วันอังคาร และวันพฤหัสบดี ใช้รถยนต์ในการกระจายสินค้าทั้งสิ้น 5 คัน ในแต่ละวัน สามารถกระจายสินค้าได้ 2-4 เส้นทาง โดยจะบรรทุกได้ไม่เกินคันละ 4-5 ตัน รถ 10 ล้อ สำหรับใช้ในการขนส่งจังหวัดระยอง จันทบุรีและตราด โดยเน้นการส่งวันจันทร์ วันพุธและวันศุกร์ จำนวน 2 คัน โดยแต่ละคันจะเดินทางถึงร้านค้า 3-5 เส้นทาง โดยจะบรรทุกได้ไม่เกิน 9-10 ตัน เส้นทางกระจายสินค้าจากจังหวัดในภาคตะวันออก ระยะทางก่อนคำนวณ ค่า Saving $s(i, j)$ ภาพรวม 12 เดือน คิดเป็น 307,915.20 กิโลเมตร เมื่อคำนวณ ได้ค่า Saving $s(i, j)$ ได้ภาพรวม 12 เดือน 20,688 กิโลเมตร สามารถประหยัดเส้นทางในการเดินทางคิดเป็นร้อยละ 6.72 สอดคล้องกับการศึกษาของ เอกลักษณ์ ตันติพิริยะ และคณะ (2567) [14] พบว่าการประยุกต์ใช้ VRP ช่วยให้ศึกษาระบบการขนส่งปัจจุบันของบริษัท ABC จำกัด ได้อย่างละเอียด ซึ่งช่วยให้สามารถระบุปัญหาหลักที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพ เช่น การใช้เส้นทางที่ไม่เหมาะสมและการขนส่งที่ล่าช้า โดยข้อมูลเหล่านี้เป็นพื้นฐานในการวางแผนเส้นทางขนส่งที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังช่วยลดระยะทางการขนส่งจากเดิม 754 กิโลเมตร เหลือเพียง 625 กิโลเมตร ซึ่งสามารถลดต้นทุนการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการศึกษาของ วรินทร์รัตน์ รินมุกดา และคณะ (2559) [15] พบว่า การใช้ Savings Algorithm สามารถลดระยะทางและต้นทุนการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลจากการใช้ VRP ทำให้บริษัทสามารถลดระยะทางขนส่งได้ 1,666 กิโลเมตรต่อเดือน คิดเป็นการลดลง 9.7% และลดจำนวนเที่ยวการขนส่งจาก 240 รอบ เหลือ 196 รอบ คิดเป็นการลดลง 18.3%. การลดระยะทางและจำนวนเที่ยวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่ง และลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็น

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา [10] ด้วยสภาวะราคาพลังงานที่สูงขึ้นในปัจจุบันส่งผลให้ ธุรกิจอุตสาหกรรมต่างๆ สินค้า การศึกษาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเส้นทาง และการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง พื้นที่ส่งสินค้าเพื่อทำการปรับปรุงและลดต้นทุนการขนส่งสินค้า โดยแนวทางแก้ไขที่ใช้ดำเนินการใน การลดค่าใช้จ่ายจากการขนส่งสินค้า ได้แก่ 1) การเก็บข้อมูลสถิติการรับส่งสินค้า เพื่อความสะดวก และถูกต้องในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ 2) การวิเคราะห์จำนวนเที่ยวการขนส่งสินค้า 3) การวิเคราะห์ เส้นทางและพื้นที่เดิม

เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดเพิ่มพื้นที่ใหม่ จากนั้นจึงดำเนินการปรับปรุงการจัดการส่งสินค้า จากการปรับปรุงตามขั้นตอนวิจัยเปรียบเทียบบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง จากการปรับปรุงเส้นทางขนส่ง พบว่าบริษัทสามารถลดต้นทุนเชื้อเพลิงได้ประมาณ 10,712.38 บาทต่อเดือน และลดการสูญเสียโอกาสจากการขนส่งล่าช้า ซึ่งส่งผลให้ความพึงพอใจของลูกค้าเพิ่มขึ้นและช่วยเสริมสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน

จากการวิเคราะห์แผนผังการจัดเส้นทางรถขนส่งในรูปแบบใหม่ Visualization เพื่อเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด พบว่า 5 อันดับแรก ในการจัดเส้นทางรถขนส่งในรูปแบบใหม่ ตลาด บางแค Distance travelled เท่ากับ 15.02 ตลาดสี่แยกทศกัน Distance travelled เท่ากับ 38.11 ตลาดบางเลน Distance travelled เท่ากับ 39.26 ตลาดไฟฟ้า Distance travelled เท่ากับ 40.93 ตลาดสี่มุมเมือง Distance travelled เท่ากับ 42.86

สอดคล้องกับ [8] การศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเองเรื่องการเพิ่ม ความสามารถในการแข่งขันของบริษัท ปีปีปี จำกัด โดยผู้ทำการศึกษาได้ทำการศึกษาสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยคือ ลดต้นทุนทางโลจิสติกส์ในเรื่องการขนส่ง ความสามารถขนส่งให้ตรงความต้องการของลูกค้า นอกจากนั้นยังสามารถแปรรูปและเพิ่มผลิตภัณฑ์ ใหม่ โดยเริ่มจากการหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ผังก้างปลาและการสังเกตการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าในแต่ละราย พบว่าปัญหาจากการขนส่งนั้นเกิดจากกระบวนการทำงานที่ไม่สัมพันธ์กันด้านเวลาระหว่างกระบวนการผลิตและกระบวนการขนส่งเลยส่งผลให้ต้นทุนด้านการขนส่งสูงและยังขนส่งไม่ตรงกับเวลาที่ลูกค้าต้องการพร้อมทั้งเรื่องอัตราการเติบโตของผลกำไรของบริษัทยังลดลง 2 ปีต่อเนื่อง ดังนั้นผู้ศึกษาได้ศึกษาและทำความเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา โดยการลดระยะทางในการขนส่งด้วยโปรแกรม VRP Solver ในการ ประมวลผลและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ผลจากการศึกษาทำให้บริษัทสามารถลดต้นทุนทางโลจิสติกส์ได้ถึง 17.19% ในด้านการขนส่งพร้อมทั้งมีการวางแผนการผลิตสินค้าอย่างเพื่อให้ขนส่งได้ตรงความต้องการและตรงเวลาที่ได้ตกลงกับลูกค้าทุกรายเพิ่มขึ้นถึง 100% อีกทั้งยังสามารถสร้าง กลยุทธ์เพื่อเพิ่มกำไรให้กับบริษัทโดยการเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์จากการแปรูปสินค้าให้ได้กำไรมาก ขึ้นถึง 5.26 ล้านบาท ใน 5 ปีอีกด้วย

นอกจากนี้จากสถานการณ์เศรษฐกิจปัจจุบันของประเทศไทยที่ยังไม่ฟื้นตัว ทำให้ธุรกิจต่างๆ ประสบปัญหายอดขายลดลง จำเป็นต้องคำนึงถึงการลดต้นทุนด้านต่างๆ ที่จะกระทบต่อความสามารถทางการแข่งขันของบริษัทโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ต้นทุน Logistics ทั้งต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนสินค้าคงคลัง และต้นทุนการจัดการด้าน Logistics โดยบริษัท X Square จำกัด ซึ่งเป็นธุรกิจ ในกรณีศึกษาเป็นธุรกิจที่ดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้า ทั้งขาเข้าและขาออก ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นของบริษัท คือต้นทุนขนส่งต่อยอดขายที่สูงขึ้น และการขาด ประสิทธิภาพในการจัดการการขนส่งของบริษัทในด้านตารางและเส้นทางรถขนส่ง [2] ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการลดต้นทุนการขนส่งสินค้าของบริษัท รวมทั้งการจัดตารางและเส้นทางรถขนส่งสินค้าใหม่ให้มีความ แน่นนอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตอบสนองความต้องการของลูกค้า นอกจากนี้จะมีการนำเสนอกลยุทธ์การบริหารการขนส่งและการกระจายสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานด้านขนส่งในองค์กร โดยแนวทางการแก้ปัญหาที่นำมาใช้ คือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งจริงที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นต้นทุนการขนส่ง ต่อกิโลเมตร ข้อมูลปริมาณบรรทุกและระยะเวลาที่ใช้รถขนส่งแล้วนำวิธีการจัดการการแก้ปัญหาระบบการจัดเส้นทางรถขนส่ง หรือ Vehicle Routing Problem : VRP ด้วยเทคนิค Nearest Neighborhood Algorithm และ Saving Algorithm ทำการจัดเส้นทางและตารางเดินรถใหม่จากข้อมูลจริงที่เกิดขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเสนอให้ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องพิจารณาโมเดล Vehicle Routing Problem (VRP) ไปใช้ในการจัดการขนส่งทั้งในภาครัฐและเอกชน หรือจัดทำมาตรฐานการบริหารจัดการขนส่งที่สามารถนำไปใช้ได้ทั่วประเทศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในภาคการขนส่ง รวมทั้งส่งเสริมการแข่งขันในตลาดโลจิสติกส์
2. การพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งได้มากขึ้น โดยสามารถพัฒนาระบบ Dashboard เพื่อติดตามการขนส่งแบบเรียลไทม์ (Real-Time Tracking) และการใช้ Big Data หรือ AI ในการคาดการณ์ความต้องการขนส่งในอนาคต ซึ่งจะช่วยให้การวางแผนเส้นทางขนส่งมีความแม่นยำและลดความเสี่ยงในการขาดแคลนทรัพยากรหรือการเกิดอุปสรรคในกระบวนการขนส่ง
3. ควรมีการศึกษผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Carbon Footprint) ที่เกิดจากการลดระยะทางและการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง เพื่อประเมินความยั่งยืนของการปรับปรุงเส้นทางขนส่งในระยะยาว นอกจากนี้ควรพิจารณาการใช้พลังงานทดแทน เช่น รถไฟฟ้า (EV) หรือ พลังงานทางเลือก ในการขนส่งในอนาคต เพื่อรองรับแนวโน้มการใช้พลังงานสะอาดและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
4. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับปรุงโมเดล VRP โดยการทดสอบอัลกอริทึมและเทคนิคใหม่ ๆ ที่อาจช่วยให้การวางแผนเส้นทางขนส่งมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น การใช้ Deep Learning หรือการพัฒนาเครื่องมือใหม่ที่สามารถปรับตัวได้ตามสถานการณ์ต่าง ๆ
5. ควรขยายการศึกษานี้ไปยังบริษัทในอุตสาหกรรมอื่นๆ เพื่อศึกษาความสามารถในการนำโมเดล VRP ไปใช้ในบริบทที่แตกต่างกัน เช่น การขนส่งสินค้าหรือบริการในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่อาจมีข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่แตกต่างจากบริษัท ABC จำกัด
6. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้เทคนิค VRP โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งสินค้า เพื่อตอบสนองต่อแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืนและการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Photiphan, S. Suritchai, and P. Prakhongphak, "Transportation route analysis to increase efficiency and reduce transportation costs of fruits within Chanthaburi Province," *Journal of Logistics and Digital Supply Chain*, vol. 2, no. 3, pp. 26–45, 2024. (in Thai)
- [2] K. Wiphatkitpaisan, "Logistics efficiency improvement: A case study of XSquare Co., Ltd.," Independent study, Master of Business Administration, University of the Thai Chamber of Commerce, 2015. (in Thai)
- [3] P. Kanwimon and S. Chansuwan, "A study on milk-run transportation routing and pickup scheduling: A case study of just-in-time automotive parts delivery," *Thai Journal of Operations Research*, vol. 9, no. 2, pp. 1–11, 2021. (in Thai)
- [4] C. Onchim, "Improving transportation efficiency in Bangkok and metropolitan areas: A case study of Central Marketing Group," M. S. thesis, Logistics Management Program, University of the Thai Chamber of Commerce, 2012. (in Thai)
- [5] W. Phansang, "Development of a transportation planning system to reduce empty truck trips," M. S. thesis in Information Science, Suranaree University of Technology, 2011. (in Thai)
- [6] N. Boonkorn and W. Wongmanee, "Improving cost management efficiency in the freight transportation process: A case study of ABC Logistics Co., Ltd.," in *Proceedings of the 16th National Graduate Research Conference*, pp. 688–697, 2021. (in Thai)
- [7] M. Taepnoi, S. Rukkar, and P. Seehomchai, "Cost reduction in truck-mounted crane rental business," *Kasem Bundit Engineering Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 30–39, Jan.–Jun. 2015. (in Thai)
- [8] S. Suntornsrikit, "Enhancing the competitiveness of BBB Company Limited," *Independent Study*, Program in Logistics Management, University of the Thai Chamber of Commerce, 2015. (in Thai)
- [9] P. Phriktim, P. Sirio-larn, and P. A-wutpanyakul, "Transportation cost reduction: A case study of an oil filter manufacturing company," *Journal of Science and Technology, Thonburi University*, vol. 6, no. 2, pp. 16–29, Jul.–Dec. 2022. (in Thai)
- [10] A. Fongyoi, "Improving delivery process efficiency: A case study of Gamma Textile Company Limited," *Independent Study*, Program in Logistics Management, University of the Thai Chamber of Commerce, 2014. (in Thai)
- [11] S. Inkhapairot, C. Yiangkhamonsing, P. Naksidi, and W. Ngamsa-ard, "Improving transportation vehicle routing efficiency using the VRP Spreadsheet Solver: A case study of ThaiNamthip Company Limited," *Journal of Science and Technology, Southeast Bangkok University*, vol. 2, no. 3, pp. 1–10, 2022. (in Thai)

-
- [12] N. Tiaipailoon and P. Banchuen, "Tire transportation routing in eastern Thailand using the savings algorithm: A case study of ABC Company Limited," *Burapha Review of Commerce College Journal*, vol. 17, no. 2, pp. 13–29, 2022. (in Thai)
- [13] S. Khumthanom, "Enhancing competitiveness and increasing profitability of ABC Company Limited," *Independent Study*, Program in Logistics Management, University of the Thai Chamber of Commerce, 2010. (in Thai)
- [14] E. Tantipiriya, A. Sayapong, S. Khrutsri, and Y. Utthawang, "Improving ice transportation routes to reduce costs," *Journal of Science and Technology, Sisaket Rajabhat University*, vol. 4, no. 2, pp. 69–79, 2024. (in Thai)
- [15] W. Rinmukda, T. Phitchphibun, K. Srisuknam, and A. Watthanathavornwong, "A study on optimal product transportation routing to reduce transportation costs: A case study of an ABC fruit distribution company," *Panyapiwat Journal*, vol. 8, no. 3, pp. 99–110, 2016. (in Thai)

การพัฒนาแบบจำลองการแนะนำชมรมของนักศึกษา
โดยประยุกต์เทคนิคเคมีนส์และต้นไม้ตัดสินใจ
THE DEVELOPMENT OF A STUDENT CLUB RECOMMENDATION
MODEL USING K-MEANS CLUSTERING AND DECISION TREE ALGORITHMS

อุษณี ยี่สุนแก้ว^{1*} และ สุดาสุวรรณค์ งามมงคลวงศ์²
Utsanee Yeesoonkaew¹ and Sudasawan Ngammongkolwong²

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ Bangkok^{1,2}
Master of Science Program in Information Technology, Faculty of Digital Technology and Innovation,
Southeast Bangkok University^{1,2}

Author email: utsanee@sbu.southeast.ac.th^{1*}, sudasawan@southeast.ac.th²

Received: August 31, 2025
Revised: October 11, 2025
Accepted: October 21, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษากระบวนการจัดกลุ่มนักศึกษาโดยใช้เทคนิค K-Means Clustering 2) พัฒนาโมเดล Decision Tree สำหรับการแนะนำชมรม และ 3) ประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการจัดกลุ่มและโมเดลแนะนำชมรม กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 171 คน จากมหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ Bangkok โดยเลือกด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เครื่องมือคือแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย การเข้ารหัสข้อมูลด้วย Label Encoding, การวิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วย K-Means, และการประเมินจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมด้วย Elbow Method, Davies-Bouldin Index และ Calinski-Harabasz Index ผลการวิจัยพบว่า 1) จำนวนกลุ่มที่เหมาะสมคือ 4 กลุ่ม 2) นักศึกษาแต่ละกลุ่มมีลักษณะความสนใจและทักษะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน และ 3) โมเดล Decision Tree มีค่า Accuracy เฉลี่ย 0.89 ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำในระดับน่าพอใจ นักศึกษาแต่ละกลุ่มมีความสนใจและทักษะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (ML) ช่วยเพิ่มความแม่นยำ ในการจัดกลุ่มนักศึกษาและการแนะนำชมรมให้เหมาะสมกับความสนใจ โดยสรุปการวิจัยครั้งนี้ยืนยันว่าเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องมีศักยภาพในการสนับสนุนการเลือกชมรมที่เหมาะสม และสามารถเพิ่มโอกาสการมีส่วนร่วมของนักศึกษาในกิจกรรมได้อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: การจัดกลุ่มนักศึกษา, เคมีนส์, ต้นไม้ตัดสินใจ, การแนะนำชมรม

Abstract

This research aimed to 1) study the student grouping process using the K-Means Clustering technique, 2) develop a Decision Tree model for club recommendation, and 3) evaluate the effectiveness of the clustering process and the club recommendation model. The sample consisted of 171 undergraduate students from Southeast Bangkok University, selected using a simple random sampling method. The instrument was a questionnaire that was content-validated by three experts. The statistical analysis employed Label Encoding, K-Means clustering analysis, and determination of the optimal number of clusters using the Elbow Method, Davies–Bouldin Index, and Calinski–Harabasz Index.

The results revealed that 1) the optimal number of clusters was four, 2) each group of students exhibited distinct interests and skills, and 3) the Decision Tree model achieved an average accuracy of 0.89, indicating high predictive accuracy. Machine learning (ML) techniques significantly improved the accuracy of grouping students and recommending clubs suitable for their interests. These findings suggest that machine learning techniques can effectively enhance personalized club recommendations and foster student engagement.

Keywords: Student clustering, K-Means, Decision Tree, Club recommendation

บทนำ

กิจกรรมนักศึกษาเป็นองค์ประกอบสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนระดับอุดมศึกษา เนื่องจากช่วยเสริมสร้างทักษะชีวิต ภาวะผู้นำ ความรับผิดชอบต่อสังคม และการทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งล้วนเป็นสมรรถนะสำคัญที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ในศตวรรษที่ 21 [1] การเข้าร่วมชมรมถือเป็นกิจกรรมนักศึกษาที่มีบทบาทโดดเด่น เพราะเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ฝึกฝนความสามารถเฉพาะด้าน สร้างเครือข่ายทางสังคม และพัฒนาทักษะที่เอื้อต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต [2] อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ นักศึกษาจำนวนไม่น้อยยังประสบปัญหาในการเลือกชมรมที่สอดคล้องกับความสนใจและศักยภาพของตน ส่งผลให้บางคนเลือกชมรมที่ไม่ตรงกับความต้องการ หรือไม่เข้าร่วมกิจกรรมชมรมใดเลย ซึ่งอาจทำให้พลาดโอกาสในการพัฒนาทักษะที่มีคุณค่า ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ โดยอาศัยข้อมูลจริงของนักศึกษา เพื่อช่วยแนะนำชมรมที่เหมาะสม [1], [2]

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงซับซ้อน เนื่องจากสามารถจัดการข้อมูลจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยืดหยุ่น และให้ผลลัพธ์ที่น่าไปใช้ได้จริง [3], [4] โดยเฉพาะเทคนิค K-Means Clustering ซึ่งเป็นวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบไม่กำกับ (Unsupervised Learning) ที่สามารถจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อยตามความคล้ายคลึงของคุณลักษณะ และได้รับการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในหลายสาขา เช่น ธุรกิจ การแพทย์ และการศึกษา [5], [6] Zhao [7] ยังได้เสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการของ K-Means เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจัดกลุ่มข้อมูลเชิงซับซ้อน ซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงถึงประสิทธิภาพของเทคนิคดังกล่าว

ในด้านการศึกษา มีงานวิจัยจำนวนมากที่ประยุกต์ใช้เทคนิค K-Means และ Decision Tree เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์และตัดสินใจทางการเรียนรู้ เช่น งานของ Jevintya et al. ที่ใช้สองเทคนิคนี้ในการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาและได้ผลลัพธ์ที่ดีความและนำไปใช้ได้จริง [8] ขณะที่ Anshor และ Zy ใช้ Decision Tree

ในการพยากรณ์คุณภาพผลิตภัณฑ์และพบว่ามีความแม่นยำสูง [9] ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า Decision Tree เป็นโมเดลที่เข้าใจง่าย สามารถสร้างกฎการตัดสินใจที่ตีความได้อย่างชัดเจน และมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในบริบทจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม แม้งานวิจัยก่อนหน้านี้จะใช้เทคนิค K-Means และ Decision Tree ในหลากหลายบริบท แต่ยังไม่พบงานใดที่นำสองเทคนิคนี้มาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อพัฒนา ระบบแนะนำการเลือกชมรมของนักศึกษาไทยโดยเฉพาะ ซึ่งถือเป็นช่องว่างขององค์ความรู้ (Research Gap) ที่ควรได้รับการศึกษา งานวิจัยนี้จึงมีความสำคัญในการพัฒนาระบบแนะนำชมรมที่ช่วยให้นักศึกษาเลือกชมรมได้ตรงกับความสนใจและศักยภาพของตน อีกทั้งยังสะท้อนแนวคิด การเรียนรู้เชิงข้อมูล (Data-Driven Learning Support) ที่มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการพัฒนาผู้เรียนเชิงคุณภาพ

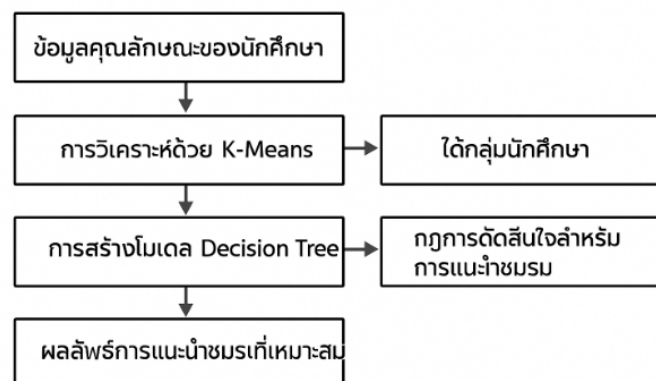
ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการตัดสินใจของนักศึกษาให้มีระบบและสอดคล้องกับความสนใจ ช่วยเพิ่มโอกาสการมีส่วนร่วมในกิจกรรมนอกชั้นเรียน และเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบแนะนำกิจกรรมนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาในอนาคต การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคนิค K-Means Clustering และ Decision Tree เพื่อจัดกลุ่มนักศึกษาและสร้างระบบแนะนำชมรมที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคล ผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยให้การแนะนำชมรมมีความเป็นระบบ แม่นยำ และสามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการบริหารกิจกรรมนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นกรณีศึกษาที่สะท้อนศักยภาพของเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องในการส่งเสริมการตัดสินใจเชิงการศึกษาสำหรับผู้เรียนในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการจัดกลุ่มนักศึกษาและเลือกจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิค K-Means Clustering
2. เพื่อพัฒนาโมเดล Decision Tree สำหรับการแนะนำชมรมที่เหมาะสมแก่นักศึกษามหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการจัดกลุ่มและโมเดลแนะนำชมรม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ออกแบบกระบวนการโดยอิงตามแนวคิดของเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งประกอบด้วยการจัดกลุ่มนักศึกษาด้วยเทคนิค K-Means และการสร้างโมเดล Decision Tree เพื่อแนะนำชมรมที่เหมาะสม โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 1

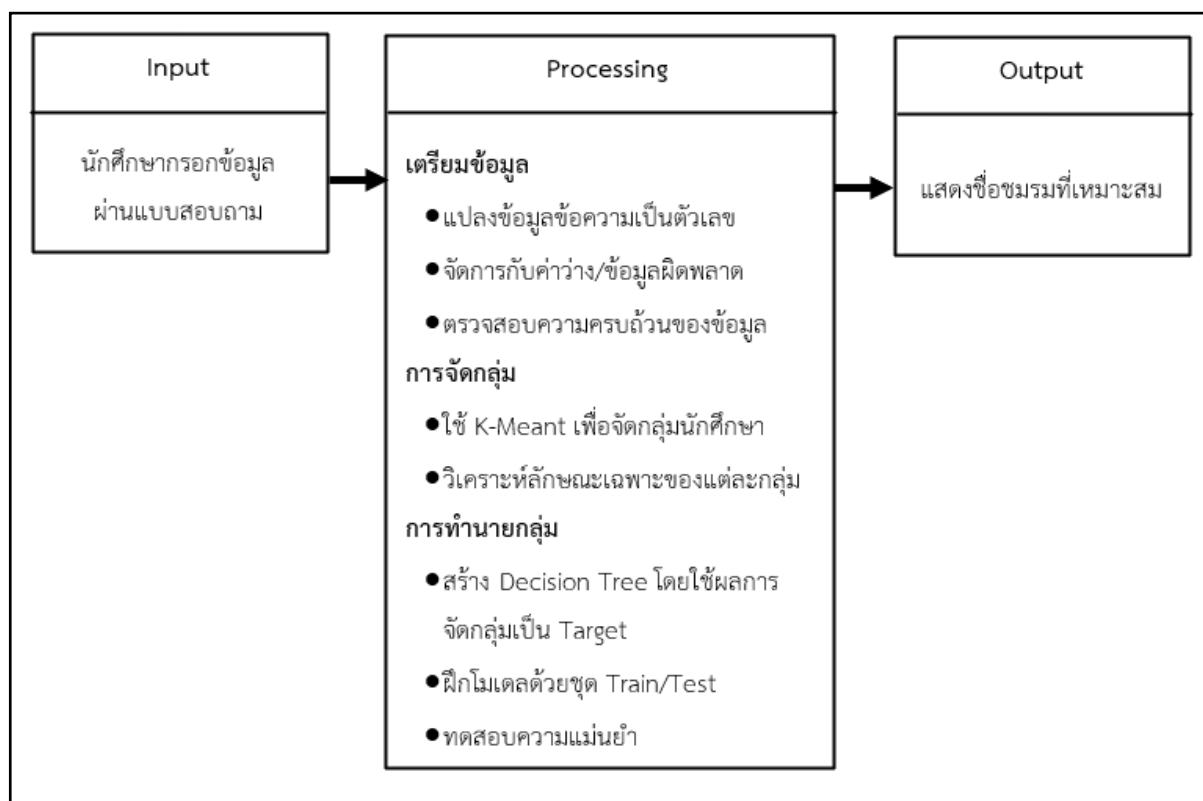


รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนักศึกษา การวิเคราะห์ด้วย K-Means และการสร้างโมเดล Decision Tree เพื่อแนะนำชมรมที่เหมาะสม

จากรูปที่ 1 กรอบแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงกำหนดกระบวนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 5 ส่วนสำคัญ ได้แก่ (1) ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย (2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (3) เครื่องมือวิจัย (4) ขั้นตอนการเก็บข้อมูล และ (5) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

เพื่อให้เห็นภาพรวมของกระบวนการดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยได้จัดทำแผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน ตั้งแต่การเก็บข้อมูล การเตรียมข้อมูล การจัดกลุ่มนักศึกษาด้วยเทคนิค K-Means การสร้างโมเดล Decision Tree เพื่อแนะนำชมรมที่เหมาะสม ตลอดจนการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นกระบวนการดำเนินการวิจัยโดยเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามของนักศึกษา จากนั้นดำเนินการเตรียมข้อมูลให้พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ โดยแปลงข้อมูลเชิงข้อความให้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลขและจัดการค่าที่ขาดหายหรือข้อมูลผิดพลาด เพื่อให้ข้อมูลมีความสมบูรณ์ก่อนนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ขั้นตอนมาดำเนินการจัดกลุ่มนักศึกษาด้วยเทคนิค K-Means เพื่อจำแนกนักศึกษาตามลักษณะความสนใจ ทักษะ และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำผลการจัดกลุ่มที่ได้มาใช้เป็นตัวแปรเป้าหมายในการสร้างโมเดล Decision Tree เพื่อทำนายและแนะนำชมรมที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษา ก่อนทำการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลและตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวิจัยในขั้นสุดท้าย

1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลแบบสอบถามที่เก็บจากกลุ่มตัวอย่าง 171 คน หากพบข้อมูลที่หายไป (Missing Values) หรือข้อมูลผิดปกติ จะทำการปรับแก้ไขก่อนนำไปวิเคราะห์ จากการตรวจสอบพบว่ามีค่าข้อมูลสูญหายบางส่วน คิดเป็นไม่เกินร้อยละ 5 ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งอยู่ในระดับที่สามารถจัดการได้โดยไม่กระทบต่อผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงดำเนินการแทนค่าข้อมูลที่ขาดหายด้วยวิธีแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ย (Mean Imputation) สำหรับข้อมูลเชิงตัวเลข และแทนค่าด้วยค่าที่พบบ่อยที่สุด (Mode Imputation) สำหรับข้อมูลเชิงลักษณะ เพื่อรักษาความครบถ้วนของข้อมูลก่อนการเข้ารหัสข้อมูลเชิงข้อความให้อยู่ในรูปแบบตัวเลขด้วย Label Encoding เพื่อให้สามารถใช้ร่วมกับอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ [10]

1.2 การจัดกลุ่มนักศึกษา (Clustering)

ใช้เทคนิค K-Means Clustering ในการจัดกลุ่มนักศึกษาตามความสนใจ ทักษะ และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง การเลือกจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมใช้ Elbow Method และตรวจสอบร่วมกับ Davies–Bouldin Index (DBI) และ Calinski–Harabasz Index (CHI) เพื่อยืนยันคุณภาพและความเหมาะสมของจำนวนกลุ่ม [5], [6] โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรมตามค่าเริ่มต้นของ scikit-learn คือ `init='k-means++'`, `n_init=10`, และ `max_iter=300` เพื่อให้ผลลัพธ์มีความเสถียรและสามารถทำซ้ำได้

1.3 การพัฒนาโมเดลแนะนำชมรม (Decision Tree)

นำผลการจัดกลุ่มที่ได้มาใช้เป็นตัวแปรเป้าหมาย (Target Variable) ในการสร้างโมเดล Decision Tree เพื่อกำหนดกฎการตัดสินใจ (if-then rules) สำหรับการแนะนำชมรม โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดฝึก (Training Set) และชุดทดสอบ (Testing Set) ในอัตรา 80:20 เพื่อใช้ในการประเมินสมรรถนะของโมเดล [11], [8] ทั้งนี้ในการสร้างโมเดล Decision Tree ใช้ผลการจัดกลุ่มจาก K-Means เป็นตัวแปรเป้าหมาย (Target Variable) โดยใช้เกณฑ์การแยกโหนดแบบ Gini Impurity (`criterion='gini'`) ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณความบริสุทธิ์ของกลุ่มข้อมูล เพื่อให้การแบ่งข้อมูลในแต่ละโหนดมีความชัดเจนและแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้ยังจำกัดความลึกของต้นไม้ (`max_depth=5`) เพื่อป้องกันการเกิด Overfitting และกำหนดให้แต่ละกิ่งมีข้อมูลอย่างน้อยสองรายการ (`min_samples_leaf=2`) เพื่อให้โมเดลสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและคงความสอดคล้องของข้อมูลในแต่ละกลุ่ม เพื่อให้ผลลัพธ์ของการจำแนกมีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้ในการแนะนำชมรมที่เหมาะสมได้จริง

1.4 การประเมินสมรรถนะของโมเดล

โมเดล Decision Tree ที่พัฒนาขึ้นถูกประเมินด้วยตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ Accuracy, Precision, Recall และ F1-Score รวมถึงการใช้ Confusion Matrix เพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาดในการจำแนกและระบุจุดแข็ง-จุดอ่อนของโมเดล [12]

1.5 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

แบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบค่าเฉลี่ย IOC = 1.00 ซึ่งเกณฑ์ยอมรับทั่วไปคือ ≥ 0.50 แสดงว่าเครื่องมือมีความน่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับการวิจัย [13]

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก จำนวน 310 คน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 171 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) อ้างอิงตามเกณฑ์ของ Krejcie และ Morgan เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีความเป็นตัวแทนของประชากรอย่างเหมาะสม [14]

3. เครื่องมือวิจัย

3.1 แบบสอบถาม

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ (1) ข้อมูลพื้นฐาน (2) ความสนใจ (3) ทักษะ (4) ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกชมรม และ (5) ความสนใจในการเข้าร่วมชมรมพร้อมข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ผลการประเมินพบว่า ค่าเฉลี่ย IOC = 1.00 ซึ่งเกณฑ์ยอมรับทั่วไปคือ ≥ 0.50 แสดงว่าเครื่องมือมีความน่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับการวิจัย [13]

3.2 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้ Google Colab เป็นแพลตฟอร์มประมวลผล โดยใช้ภาษา Python และไลบรารีมาตรฐาน ได้แก่

- 1) pandas สำหรับการจัดการข้อมูลและ Data Cleaning [15]
- 2) scikit-learn สำหรับการสร้างโมเดล K-Means และ Decision Tree [16]
- 3) matplotlib และ seaborn สำหรับการสร้างกราฟและ Visualization [17]

การเลือกใช้ Google Colab ช่วยให้งานทำงานบนระบบ Cloud เป็นไปอย่างสะดวก รองรับการทำซ้ำ (Reproducibility) และสามารถจัดการข้อมูลขนาดกลางได้อย่างมีประสิทธิภาพ [10], [18]

4. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลเป็นกระบวนการสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพและความน่าเชื่อถือของงานวิจัย ในการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

4.1 การสร้าง ตรวจสอบ และปรับปรุงแบบสอบถาม

ผู้วิจัยออกแบบแบบสอบถามให้ครอบคลุมประเด็นที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลพื้นฐาน ความสนใจ ทักษะ และปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกชมรม โดยยึดตามกรอบแนวคิดของงานวิจัย จากนั้นส่งแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบ ความตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence: IOC) [13] เพื่อประเมินว่ารายการคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยหรือไม่ ค่า IOC ที่ได้อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงว่าแบบสอบถามมีความเหมาะสมสำหรับการเก็บข้อมูลจริง หลังจากได้รับข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงถ้อยคำ การจัดเรียงคำถาม และรูปแบบการนำเสนอ เพื่อให้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และลดความกำกวม อันจะช่วยเพิ่มความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของคำตอบจากผู้ตอบแบบสอบถาม

4.2 การแจกแบบสอบถามแก่กลุ่มตัวอย่าง

แบบสอบถามที่ปรับปรุงแล้วถูกนำไปแจกให้แก่นักศึกษา 171 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรทั้งหมด 310 คน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ตามเกณฑ์ของ Krejcie และ Morgan [14] เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความเป็นตัวแทนของประชากรอย่างเหมาะสม การแจกแบบสอบถามดำเนินการภายใต้การอธิบายวัตถุประสงค์และการขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วม (Informed Consent)

4.3 การรวบรวมและตรวจสอบข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลทั้งหมด และตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามในแต่ละชุด เพื่อตรวจหาข้อมูลที่ขาดหาย (Missing Values) หรือข้อมูลที่ไม่สมเหตุสมผล หากพบปัญหาจะมีการแก้ไขหรือกำจัดข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ออก โดยดำเนินการจัดการข้อมูลที่ขาดหายด้วยการแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ย (Mean Imputation) สำหรับข้อมูลเชิงตัวเลข และการแทนค่าด้วยค่าที่พบมากที่สุด (Mode Imputation) สำหรับข้อมูลเชิงลักษณะ เพื่อให้ข้อมูลมีความครบถ้วนและสอดคล้องกับรูปแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ จากนั้นจึงบันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบประมวลผลสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป โดยใช้โปรแกรม Google Colab และภาษา Python ร่วมกับไลบรารีมาตรฐาน [10], [15]

5. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ (1) การใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) (2) การวิเคราะห์การจัดกลุ่มนักศึกษา (Clustering Analysis) และ (3) การสร้างและประเมินโมเดลแนะนำชมรม (Decision Tree Model) โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

ใช้ในการอธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง โดยคำนวณค่าทางสถิติพื้นฐาน เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าความถี่ (Frequency) เพื่อแสดงแนวโน้มและการกระจายของข้อมูลเบื้องต้น อันเป็นพื้นฐานสำหรับการนำไปสู่การวิเคราะห์เชิงลึกในขั้นตอนถัดไป [19]

5.2 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มนักศึกษา (Clustering Analysis)

การจัดกลุ่มนักศึกษาใช้เทคนิค K-Means Clustering [5], [6] เพื่อแบ่งกลุ่มตามคุณลักษณะ ความสนใจ และทักษะ โดยพิจารณาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมจากหลายวิธีการประเมิน

ทั้งนี้ การเลือกใช้เทคนิค K-Means Clustering เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถจัดกลุ่มข้อมูลเชิงตัวเลขได้อย่างมีประสิทธิภาพและเข้าใจง่าย เหมาะกับข้อมูลนักศึกษาที่มีหลายมิติ ทั้งด้านความสนใจและทักษะ อีกทั้ง K-Means ยังประมวลผลได้รวดเร็วกว่าเทคนิคอื่น เช่น Hierarchical Clustering หรือ DBSCAN ซึ่งมีความซับซ้อนในการคำนวณมากกว่า

ดังนั้น K-Means จึงเป็นเทคนิคที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ โดยพิจารณาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมจากหลายวิธีการประเมิน ได้แก่

5.2.1 Elbow Method: ใช้ค่า Sum of Squared Errors (SSE) เพื่อหาจุดที่ค่า SSE ลดลงช้าลง (Elbow Point) ซึ่งบ่งบอกจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมที่สุด

5.2.2 Davies–Bouldin Index (DBI): ใช้ประเมินความกระชับภายในกลุ่มและความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยค่าที่ต่ำกว่าหมายถึงการจัดกลุ่มที่มีคุณภาพดีกว่า

5.2.3 Calinski–Harabasz Index (CHI): ใช้เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม โดยค่าที่สูงกว่าหมายถึงการจัดกลุ่มที่มีประสิทธิภาพมากกว่า

5.2.4 Silhouette Score (SS): ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของจำนวนกลุ่ม (K) โดยค่าของ Silhouette Score อยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ยิ่งมีค่าเฉลี่ยใกล้ 1 มากเท่าใด แสดงว่าการจัดกลุ่มมีความเหมาะสมที่สุด

วิธีการทั้งสี่ถูกนำมาใช้ร่วมกัน เพื่อยืนยันความเหมาะสมและความน่าเชื่อถือของจำนวนกลุ่มที่เลือก

5.3 การสร้างและประเมินโมเดลแนะนำชมรม (Decision Tree Model)

ผลการจัดกลุ่มที่ได้จาก K-Means ถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรเป้าหมาย (Target Variable) ในการสร้างโมเดล Decision Tree ซึ่งเป็นโมเดลที่สามารถสร้างกฎการตัดสินใจ (Decision Rules) ในรูปแบบเงื่อนไข if-then ที่เข้าใจง่ายและสามารถนำไปใช้งานจริงได้

ทั้งนี้ การเลือกใช้เทคนิค Decision Tree เนื่องจากเป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้อย่างชัดเจน ให้ผลลัพธ์ในรูปแบบกฎการตัดสินใจที่เข้าใจง่ายและสามารถตีความได้โดยตรง เหมาะกับลักษณะข้อมูลเชิงพฤติกรรมของนักศึกษา ซึ่งต้องการการวิเคราะห์เชิงเหตุผลเพื่อแนะนำชมรมที่เหมาะสม นอกจากนี้ Decision Tree ยังมีความยืดหยุ่นในการประมวลผลข้อมูลหลายมิติ และไม่จำเป็นต้องอาศัยสมมติฐานทางสถิติซับซ้อนเหมือนเทคนิคอื่น เช่น Logistic Regression หรือ Neural Network ที่มีความซับซ้อนสูงและยากต่อการตีความ

การประเมินสมรรถนะของโมเดลทำโดยใช้ตัวชี้วัดหลัก ได้แก่

5.3.1 Accuracy: ร้อยละของการทำนายที่ถูกต้องทั้งหมดเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนตัวอย่างทั้งหมด

5.3.2 Precision: ระดับความแม่นยำในการจำแนกตัวอย่างเชิงบวกว่ามีความถูกต้องเพียงใด

5.3.3 Recall: ความสามารถของโมเดลในการตรวจจับตัวอย่างเชิงบวกทั้งหมด

5.3.4 F1-Score: ค่าเฉลี่ยเชิงฮาร์โมนิกระหว่าง Precision และ Recall เพื่อสะท้อนความสมดุลของโมเดล

5.3.5 Confusion Matrix: ตารางที่ใช้วิเคราะห์ข้อผิดพลาดในการจำแนก โดยแสดงจำนวนการทำนายที่ถูกต้องและผิดพลาดในแต่ละกลุ่มอย่างละเอียด [8], [11], [12]

5.4 การตรวจสอบความทนทานของโมเดล (Robustness & Cross-Validation)

เพื่อให้ผลประเมินมีความน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยใช้ Stratified k-fold cross-validation (k=5) โดยคงสัดส่วนของกลุ่ม (คลาสเตอร์) ให้ใกล้เคียงกันในแต่ละพับและทำซ้ำ 3 รอบ (repeated CV) เพื่อเฉลี่ยความผันผวนจากการสุ่มแบ่งข้อมูล รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของ Accuracy, Precision, Recall และ F1-Score นอกจากนี้เปรียบเทียบกับ baseline (เช่น ตัวจำแนกแบบทำนายกลุ่มที่พบบ่อยที่สุด) [20] เพื่อยืนยันว่าโมเดลมีประสิทธิภาพสูงกว่าค่าพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญ

5.5 การปรับแต่งไฮเปอร์พารามิเตอร์ (Hyperparameter Tuning)

K-Means: ใช้ค่า K=4 (จากการประเมิน Elbow, DBI, CHI และพิจารณาบริบทข้อมูล) พร้อมตั้งค่า n_init (เช่น 10–20) และ max_iter (เช่น 300) เพื่อความเสถียรของผลลัพธ์ ทั้งนี้ทำ Feature Scaling (มาตรฐานค่า Z-score) ให้กับตัวแปรเชิงปริมาณก่อนจัดกลุ่ม เพื่อลดอิทธิพลจากสเกลที่ต่างกัน [16] Decision Tree: ปรับแต่งพารามิเตอร์ด้วย Grid/Random Search เช่น criterion $\in$ {gini, entropy}, max_depth $\in$ {3–15}, min_samples_split $\in$ {2, 5, 10}, min_samples_leaf $\in$ {1, 3, 5} โดยเลือกชุดค่าที่ให้ผลเฉลี่ย F1-Score สูงสุดบนชุดตรวจสอบ (validation) ภายใต้ CV เดียวกัน [21]

5.6 การตีความและอธิบายโมเดล (Model Interpretability)

สกัด กฎการตัดสินใจ (if-then rules) จากโมเดลแนะนำตัดสินใจ พร้อมรายงาน คุณลักษณะที่สำคัญ (feature importance) เพื่ออธิบายเหตุผลของคำแนะนำชมรมในเชิงปฏิบัติ [22] เช่น

หากนักศึกษามีความสนใจด้านกีฬา $\geq$ เกณฑ์ A และทักษะการทำงานเป็นทีม $\geq$ เกณฑ์ B $\Rightarrow$ แนะนำกลุ่มชมรมกีฬา/จิตอาสา โดยเสนอตัวอย่างเส้นทางการตัดสินใจ (decision paths) 2–3 เส้นทางที่พบได้บ่อย เพื่อช่วยให้ที่ปรึกษาและผู้เรียนเข้าใจและตรวจสอบได้

5.7 ความสามารถในการทำซ้ำ (Reproducibility)

ระบุ สภาพแวดล้อมซอฟต์แวร์ ที่ใช้ (เช่น Python 3.x, scikit-learn, pandas, matplotlib, seaborn เวอร์ชัน), random seed ที่ตั้งไว้, และ สมุดงาน (notebook) / สคริปต์ ที่ใช้วิเคราะห์ โดยจัดเก็บไว้ในโครงสร้างโฟลเดอร์ที่ชัดเจน (เช่น data/, notebooks/, src/, results/) เพื่อให้การทำซ้ำผลการทดลองและการตรวจสอบภายนอกทำได้สะดวก [18]

5.8 การพิจารณาด้านจริยธรรมและการคุ้มครองข้อมูล (Ethics & Data Protection)

ดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ [23] โดย

- 1) ขอความยินยอมโดยรู้ข้อมูล (Informed Consent) จากผู้เข้าร่วมทุกคน
- 2) เก็บรักษาข้อมูลในรูป ไม่ระบุตัวตน (de-identification) และเข้ารหัสไฟล์ข้อมูล
- 3) จำกัดการเข้าถึงข้อมูลเฉพาะผู้วิจัย และใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการเท่านั้น
- 4) ปฏิบัติตามระเบียบ/กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล

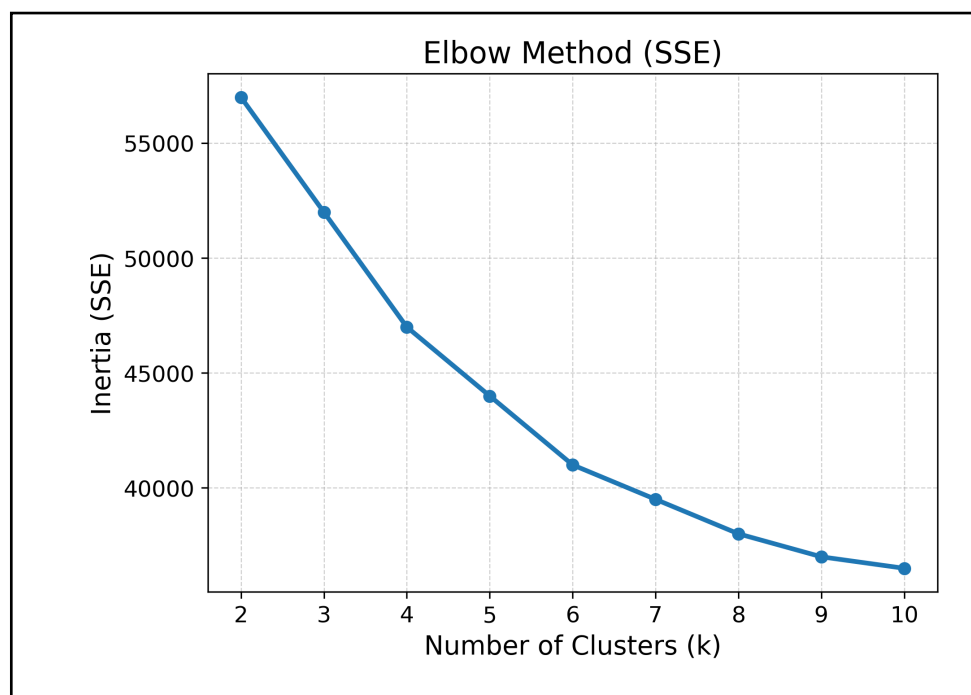
5.9 การพรรณนาลักษณะกลุ่มหลังการจัดคลัสเตอร์ (Post-Clustering Profiling)

ภายหลังการจัดกลุ่มและจำแนกด้วย Decision Tree วิเคราะห์ ลักษณะเด่นของแต่ละกลุ่ม ด้วยสถิติเชิงอธิบาย และทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย ANOVA/Chi-square (ตามชนิดตัวแปร) เพื่อยืนยันว่าแต่ละคลัสเตอร์มีเอกลักษณ์ด้านความสนใจ/ทักษะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ [24]

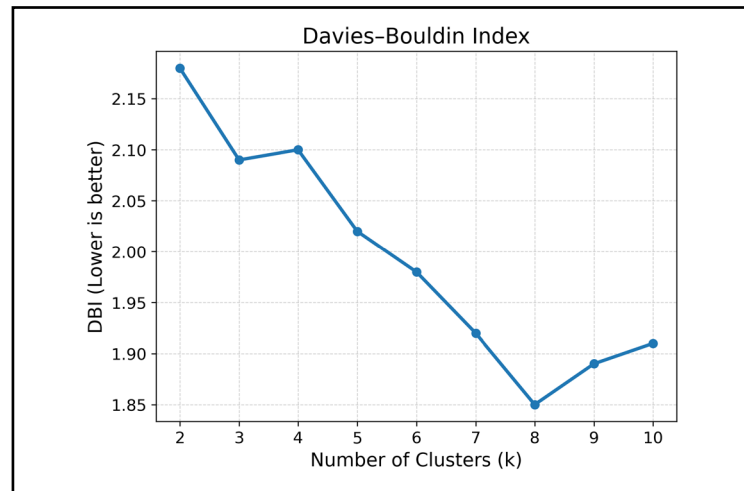
ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษากระบวนการจัดกลุ่มนักศึกษาโดยใช้เทคนิค K-Means Clustering

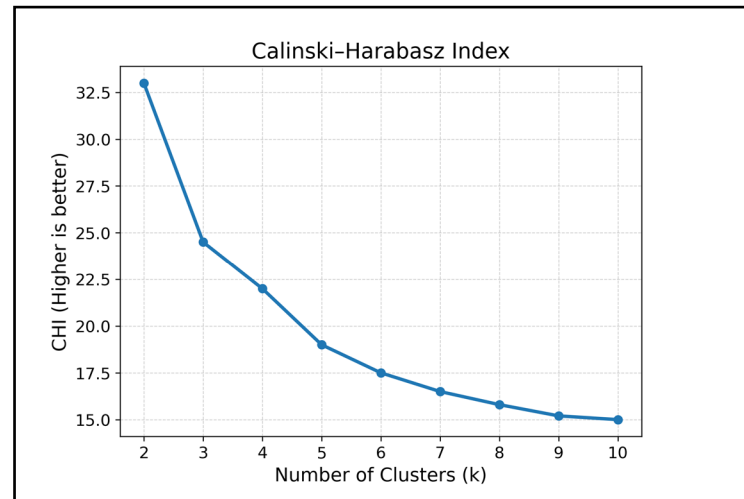
ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้หลายวิธีในการหาค่าจำนวนกลุ่ม (K) ที่เหมาะสมสำหรับการทำ K-Means Clustering ได้แก่ Elbow Method, Davies–Bouldin Index (DBI), Calinski–Harabasz Index (CHI), และ Silhouette Score เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์และพิจารณาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยอ้างอิงแนวทางของ Han et al. [6] แนะนำว่าการเลือกจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมควรพิจารณาผลลัพธ์จากหลายวิธีประกอบกัน ไม่ควรอ้างอิงจากวิธีใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3-6



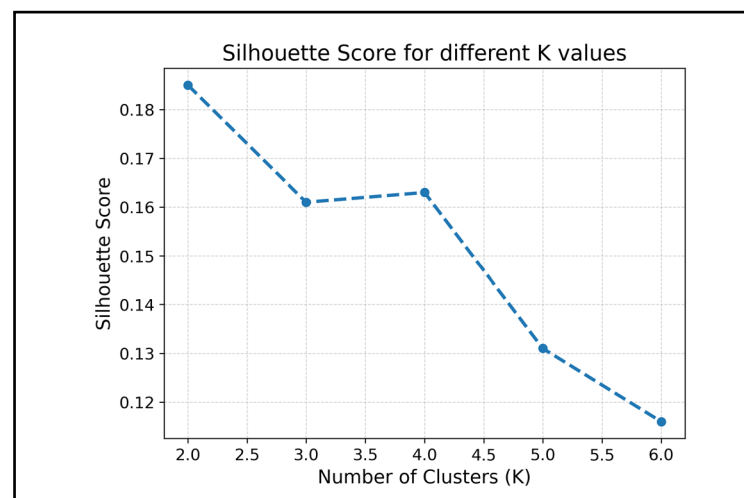
รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์ด้วย Elbow Method (SSE)



รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์ด้วย Davies-Bouldin Index (DBI)



รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์ด้วย Calinski-Harabasz Index (CHI)



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ด้วย Silhouette Score

ผลการวิเคราะห์พบว่า Elbow Method ขึ้นไปที่ $K=4$, ขณะที่ Davies–Bouldin Index (DBI) ขึ้นไปที่ $K=8$, ส่วน Calinski–Harabasz Index (CHI) และ Silhouette Score ขึ้นไปที่ $K=2$ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาาร่วมกันทั้งเชิงสถิติและบริบทของข้อมูลนักศึกษา การเลือก $K=4$ ถือว่าเหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่าประสิทธิภาพที่สมดุลที่สุดระหว่างความกระชับภายในกลุ่มและความแตกต่างระหว่างกลุ่ม เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดกลุ่มแบบ $K=2$ พบว่ามีการรวมกลุ่มนักศึกษาที่มีลักษณะต่างกันไว้ด้วยกันมากเกินไป ทำให้ไม่สามารถแยกคุณลักษณะเฉพาะของนักศึกษาแต่ละกลุ่มได้อย่างชัดเจน ขณะที่ $K=8$ มีจำนวนกลุ่มย่อยมากเกินไปจนเกิดความซ้ำซ้อนและยากต่อการตีความเชิงปฏิบัติ ดังนั้น การเลือกใช้ $K=4$ จึงเหมาะสมที่สุด ทั้งในเชิงสถิติและในเชิงการนำไปใช้จริง เช่น การวางแผนพัฒนากิจกรรมนักศึกษาที่ตอบโจทย์ความสนใจและศักยภาพของแต่ละกลุ่มได้อย่างชัดเจน

เมื่อกำหนดจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมเป็น $K=4$ แล้ว นักศึกษาถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีลักษณะเฉพาะดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษาที่สนใจด้านกีฬาและจิตอาสา

กลุ่มที่ 2 นักศึกษาที่สนใจด้านวิชาการและศิลปะ

กลุ่มที่ 3 นักศึกษาที่สนใจด้านเทคโนโลยี

กลุ่มที่ 4 นักศึกษาที่สนใจด้านกีฬา ดนตรี และวิชาการ

รายละเอียดจำนวนและร้อยละของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของนักศึกษาในแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม	จำนวนสมาชิก	ร้อยละ (%)
1	41	23.98
2	61	35.67
3	23	13.45
4	46	26.90
รวม	171	100.00

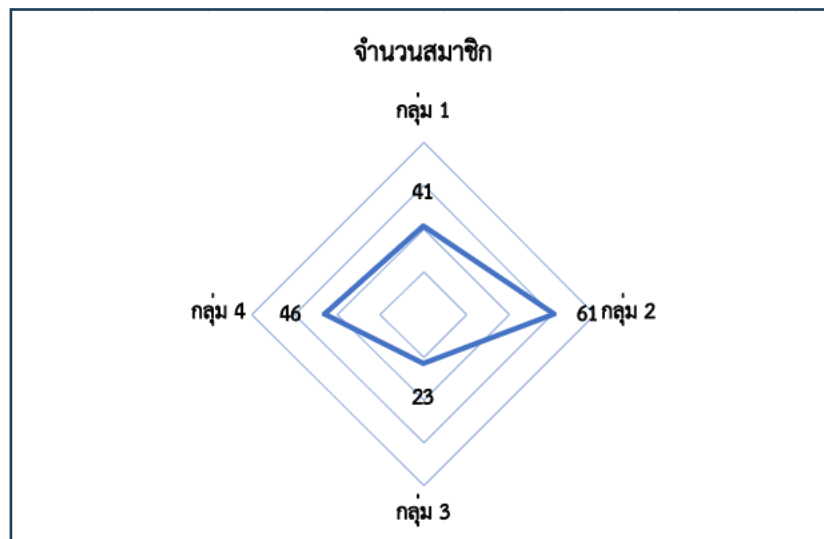
จากตารางที่ 1 สามารถวิเคราะห์คุณลักษณะของนักศึกษาแต่ละกลุ่มได้ดังนี้

1) กลุ่มที่ 1 (41 คน, 23.98%) ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จากคณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและมัลติมีเดียและอีสปอร์ต สนใจกิจกรรมด้านกีฬาและจิตอาสา ทักษะเด่นคือการสื่อสารและการทำงานเป็นทีม ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Arslan et al. [25]

2) กลุ่มที่ 2 (61 คน, 35.67%) มีทั้งชายและหญิง โดยเพศหญิงมากกว่าเล็กน้อย ส่วนมากอยู่ในคณะบัญชีและวิทยาการจัดการ สนใจกิจกรรมด้านวิชาการและศิลปะ ทักษะเด่นคือการคิดเชิงวิเคราะห์ สอดคล้องกับ Do and Le [26]

3) กลุ่มที่ 3 (23 คน, 13.45%) ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จากคณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ และเทคโนโลยีดิจิทัล สนใจกิจกรรมด้านเทคโนโลยี ทักษะเด่นคือการคิดเชิงวิเคราะห์และการใช้เทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับ Zhao [7]

4) กลุ่มที่ 4 (46 คน, 26.90%) ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จากคณะโลจิสติกส์และการบิน สนใจกิจกรรมผสม เช่น กีฬา ดนตรี และวิชาการ ทักษะเด่นคือการวางแผนและการจัดการ สอดคล้องกับ Guo et al. [11]

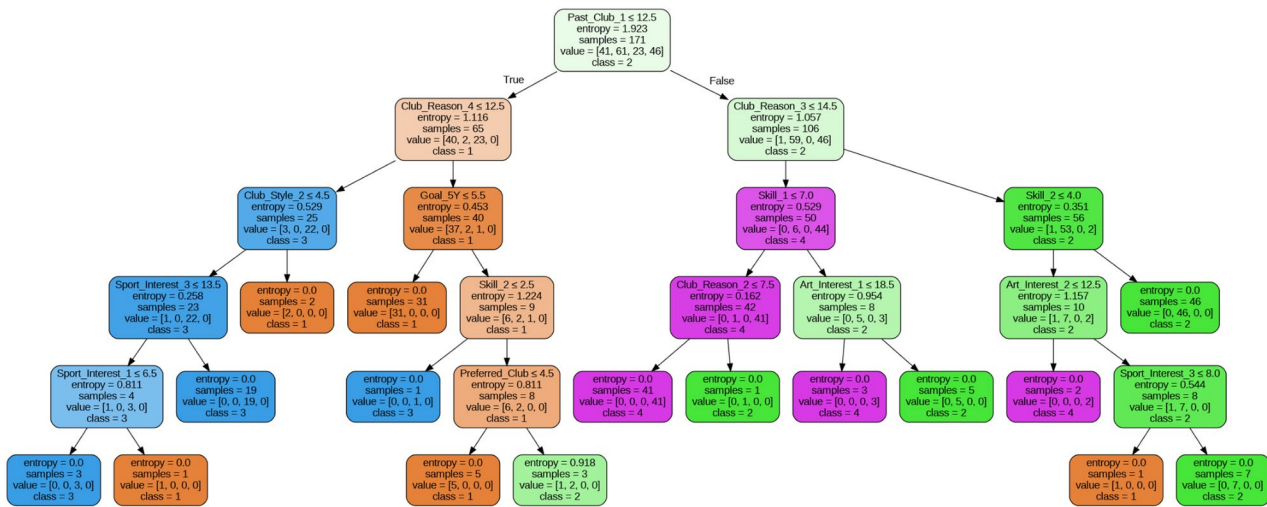


รูปที่ 7 แสดงจำนวนสมาชิกในแต่ละกลุ่ม

จากการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบจากรูปที่ 7 พบว่า นักศึกษาทั้ง 4 กลุ่มมีจำนวนและลักษณะเด่นที่ต่างกัน อย่างชัดเจน โดยกลุ่มที่ 2 มีจำนวนนักศึกษามากที่สุด (61 คน) ขณะที่กลุ่มที่ 3 มีจำนวนน้อยที่สุด (23 คน) แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของทักษะและความสนใจของนักศึกษาในมหาวิทยาลัย ทั้งด้านกีฬา จิตอาสา วิชาการ ศิลปะ เทคโนโลยี และการจัดการ ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักศึกษาแต่ละกลุ่มมีจุดแข็งเฉพาะที่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการแนะนำชมรมและกิจกรรมที่เหมาะสมต่อไปได้

2. ผลการพัฒนาโมเดล Decision Tree สำหรับการแนะนำชมรมที่เหมาะสมแก่นักศึกษา

ผู้วิจัยได้นำผลการจัดกลุ่มจาก K-Means มาใช้เป็นตัวแปรเป้าหมายในการสร้างโมเดล Decision Tree ผลการวิเคราะห์พบว่า โมเดลสามารถจำแนกนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอธิบายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจได้ชัดเจน โดยรูปที่ 8 แสดงโครงสร้างของโมเดล ซึ่งปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ Past_Club_1 ซึ่งในชุดข้อมูลนี้หมายถึง “ชมรมด้านความสนใจและทักษะเฉพาะทาง” ที่ได้จากการเข้ารหัสคำตอบของคำถาม “ชมรมที่เคยเข้าร่วม” ก่อนแตกแขนงไปยังปัจจัยอื่น ๆ เช่น เหตุผลในการเลือกชมรม และ เป้าหมายในอนาคตของนักศึกษา ลักษณะการแสดงผลดังกล่าวทำให้เข้าใจกระบวนการตัดสินใจได้ชัดเจน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงในการแนะนำชมรมที่เหมาะสมแก่นักศึกษาได้อย่างเหมาะสม



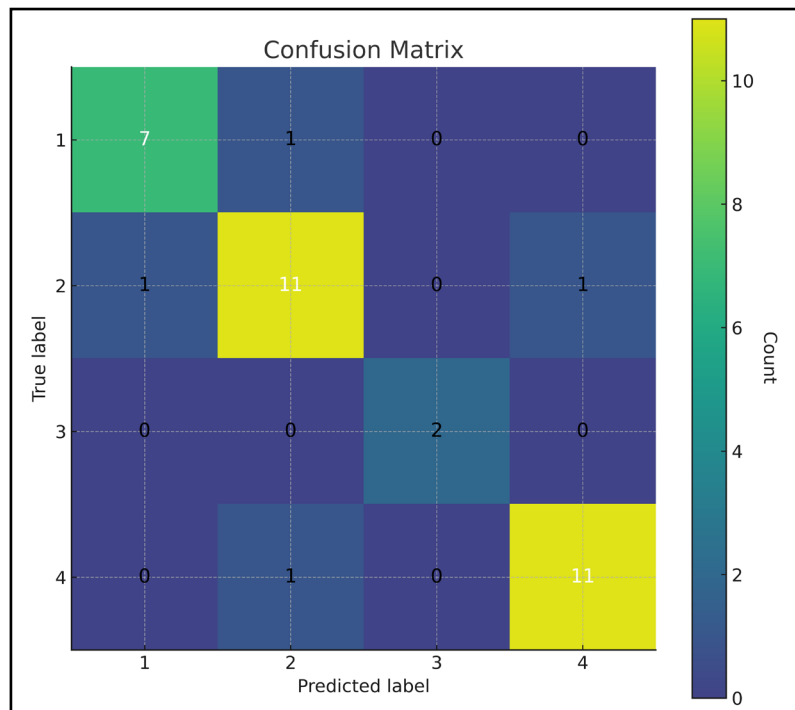
รูปที่ 8 โครงสร้างของโมเดล Decision Tree

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล Decision Tree

ผลการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล Decision Tree ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 9 โดยโมเดลมีค่า Accuracy เฉลี่ยเท่ากับ 0.89 ซึ่งอยู่ในระดับที่น่าพอใจ เมื่อพิจารณาเป็นรายกลุ่ม พบว่า Cluster 3 มีค่าประสิทธิภาพสูงสุด ทุกตัวชี้วัด (1.00) สะท้อนถึงความชัดเจนของข้อมูล ขณะที่ Cluster 2 มีค่าต่ำที่สุด (0.85) สะท้อนถึงความซับซ้อนของข้อมูล ในกลุ่มนั้น ส่วน Cluster 1 (0.88) และ Cluster 4 (0.92) อยู่ในระดับค่อนข้างสูงโดยรวม ผลการวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับ งานวิจัยของ David and Balakrishnan [27] และ Guo et al. [11] ที่ยืนยันว่า Decision Tree สามารถจำแนกข้อมูล ได้อย่างแม่นยำเมื่อใช้ร่วมกับ K-Means

ตารางที่ 2 ค่าประสิทธิภาพของโมเดล Decision Tree

Cluster	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Cluster 1	0.88	0.88	0.88	0.88
Cluster 2	0.85	0.85	0.85	0.85
Cluster 3	1.00	1.00	1.00	1.00
Cluster 4	0.92	0.92	0.92	0.92
Weighted Average	0.89	0.89	0.89	0.89



รูปที่ 9 Confusion Matrix ของโมเดล Decision Tree

จากรูปที่ 9 Confusion Matrix จะเห็นได้ว่า โมเดลสามารถจำแนกนักศึกษาในกลุ่ม Cluster 3 ได้ถูกต้องทั้งหมด แสดงให้เห็นว่ากลุ่มนี้มีลักษณะข้อมูลที่ชัดเจนและมีคุณลักษณะเฉพาะตัวสูง ขณะที่ Cluster 2 มีการจำแนกผิดพลาดมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าข้อมูลของนักศึกษาในกลุ่มนี้มีความหลากหลายทางลักษณะและพฤติกรรม เช่น ความสนใจและทักษะ ที่มีการทับซ้อนกับกลุ่มอื่น ส่งผลให้ขอบเขตของกลุ่มไม่ชัดเจน ทำให้โมเดลเกิดความสับสนในการจำแนก ส่งผลให้ค่าความแม่นยำของกลุ่มนี้ต่ำกว่ากลุ่มอื่น

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าความถูกต้อง (Accuracy) และค่าเฉลี่ย F1-Score โดยรวมพบว่าโมเดลยังคงอยู่ในระดับที่น่าพอใจ แสดงให้เห็นว่าโมเดล Decision Tree สามารถจำแนกนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพในภาพรวม

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Arslan et al. [25] ที่พบว่าการใช้เทคนิค K-Means และ ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) สามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในด้านพฤติกรรมและความสนใจส่วนบุคคล ซึ่งสะท้อนลักษณะการเรียนรู้ที่แตกต่างกันของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสนับสนุนแนวคิดของ Zhao [7] และ Guo et al. [11] ที่ชี้ว่าการผสมผสานระหว่างการจัดกลุ่ม (Clustering) และ ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ช่วยเพิ่มความแม่นยำของระบบแนะนำ (Recommendation System) ได้ดียิ่งขึ้น ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผลการศึกษารังนี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า ทั้งในเชิงเทคนิคและในด้านพฤติกรรมของผู้เรียน

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้สะท้อนความครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ทั้งในด้านการจัดกลุ่มนักศึกษา การพัฒนาโมเดล แนะนำ และการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล การวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม ด้วยดัชนี Elbow Method, Davies–Bouldin Index (DBI), Calinski–Harabasz Index (CHI) และ Silhouette Score ชี้ให้เห็นค่าจำนวนกลุ่มที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลลัพธ์เชิงสถิติร่วมกับความเหมาะสมในเชิงบริบทของข้อมูลนักศึกษา พบว่าการแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ($K = 4$) ให้ความสมดุลระหว่างคุณภาพการจัดกลุ่มและความสามารถในการตีความได้ดีที่สุด สอดคล้องกับแนวทางที่แนะนำให้ใช้หลายตัวชี้วัดประกอบกัน ไม่ยึดติดวิธีใดวิธีหนึ่ง [6]

ลักษณะจำแนกกลุ่มนักศึกษาแสดงให้เห็นว่า การจัดกลุ่มแบบ $K = 4$ สามารถจำแนกคุณลักษณะเฉพาะของนักศึกษาอย่างชัดเจนในแต่ละกลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 สนใจด้านกีฬา/จิตอาสา โดดเด่นทักษะการสื่อสารและการทำงานเป็นทีม (สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ชี้ว่ากิจกรรมภาษา/สื่อสารช่วยเสริมสมรรถนะทางสังคม) [26] ส่วนกลุ่มที่ 2 สนใจวิชาการและศิลปะ พบมากในสายบริหาร/การจัดการ มีแนวโน้มเลือกกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพ (สอดคล้องกับงานที่ใช้ K-Means จำแนกตามสไตล์การเรียนรู้) [25] กลุ่มที่ 3 สนใจเทคโนโลยี/การแข่งขัน เช่น หุ่นยนต์และเกม เด่นด้านการคิดวิเคราะห์และการใช้เทคโนโลยี เชื่อมโยงกับแนวคิด Experiential Learning [28] และกลุ่มที่ 4 สนใจกิจกรรมผสม (กีฬา-ดนตรี-วิชาการ) เด่นด้านการวางแผน/การจัดการ สอดคล้องกับ Humanistic Learning Theory ที่เน้นการพัฒนาศักยภาพตนเอง [29]

ผลการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล Decision Tree ที่สร้างขึ้นจากผลการจัดกลุ่มนักศึกษา พบว่าโมเดลมีความเสถียร โดยมีค่าเฉลี่ย Accuracy/Precision/Recall/F1-Score = 0.89 (แบบถ่วงน้ำหนัก) ระดับกลุ่มพบว่า Cluster 3 ทำได้สูงสุดทุกตัวชี้วัด ($=1.00$) ขณะที่ Cluster 2 ต่ำสุด (≈ 0.85) สะท้อนความแตกต่างด้านความชัดเจนของลักษณะข้อมูลในแต่ละกลุ่ม ผลนี้สอดคล้องกับวรรณกรรมที่ระบุว่า Decision Tree ให้ความแม่นยำที่ใช้งานได้จริงและตีความได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อประยุกต์ใช้ร่วมกับการจัดกลุ่มล่วงหน้า [27]

แม้ดัชนีบางตัว เช่น Calinski–Harabasz Index (CHI) หรือ Silhouette Score จะชี้ไปที่จำนวนกลุ่มอื่น แต่การเลือก $K = 4$ มีความเหมาะสมทั้งในเชิงสถิติ (จุดศอกจาก Elbow และค่าดัชนีที่อยู่ในช่วงดี) และเชิงปฏิบัติ (ตีความง่าย วางแผนกิจกรรมรายกลุ่มได้จริง) ตามแนวคิดการใช้หลายเกณฑ์ร่วมกัน [6] นอกจากนี้การผสมผสาน K-Means กับ Decision Tree ยังทำให้ได้ “โครงสร้างกลุ่ม” ของข้อมูล และกฎการตัดสินใจที่ชัดเจนในรูปแบบ if-then ซึ่งสามารถอธิบายได้ (explainable) และนำไปใช้ได้จริงในบริบทอุดมศึกษา (ที่ต้องสื่อสารเหตุผลการแนะนำกับนักศึกษา/อาจารย์ที่ปรึกษา) [27] อีกทั้งยังมีนัยสำคัญเชิงปฏิบัติที่มหาวิทยาลัยสามารถนำผลการจำแนกกลุ่มไปใช้ ได้แก่ ออกแบบกิจกรรมนักศึกษาแบบมุ่งเป้า (targeted) การจัดสรรทรัพยากรชมรมตามสัดส่วนความสนใจ การใช้เป็นเครื่องมือแนะแนวในช่วงปฐมนิเทศ/ที่ปรึกษา (advisory) และติดตามความสอดคล้องระหว่าง “ชมรมที่เลือก” กับ “โปรไฟล์ความสนใจ-ทักษะ” เพื่อยกระดับการมีส่วนร่วมของนักศึกษา [25], [26]

นอกจากนี้ ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถอธิบายเชิงทฤษฎีได้ว่า การประยุกต์ใช้เทคนิค K-Means และ Decision Tree ร่วมกันในบริบทของระบบแนะนำ (Recommendation System) เป็นการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้แบบไม่กำกับ (Unsupervised Learning) และแบบกำกับ (Supervised Learning) โดย K-Means ทำหน้าที่จัดกลุ่มนักศึกษาตามลักษณะและความสนใจที่คล้ายกัน เพื่อลดความซับซ้อนของข้อมูล ขณะที่ Decision Tree ทำหน้าที่จำแนกและอธิบายปัจจัยสำคัญในแต่ละกลุ่ม ซึ่งส่งผลให้ระบบแนะนำสามารถให้ข้อเสนอแนะเฉพาะเจาะจงกับแต่ละบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของ Zhao [7] และ Guo et al. [8] ที่ชี้ให้เห็นว่าการผสมผสานเทคนิคทั้งสองช่วยยกระดับความแม่นยำและความสามารถในการอธิบายผลลัพธ์ของระบบแนะนำได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำระบบแนะนำชมรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้จริงกับนักศึกษาที่สนใจ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบในสภาพแวดล้อมจริง และตรวจสอบความเหมาะสมของการแนะนำชมรมให้สอดคล้องกับความสนใจและทักษะของนักศึกษา ทั้งนี้ ผลการทดลองใช้งานจริงจะช่วยให้สามารถปรับปรุงระบบให้มีความแม่นยำและใช้งานได้จริงในระดับมหาวิทยาลัย
2. ควรขยายการใช้งานระบบให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กองกิจการนักศึกษา หรือสโมสรนักศึกษา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยแนะแนวการเลือกชมรมสำหรับนักศึกษาใหม่ รวมทั้งใช้ประกอบการวางแผนจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรให้เหมาะสมกับลักษณะของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม
3. ควรเพิ่มจำนวนตัวแปรและเทคนิคการวิเคราะห์ในการวิจัยครั้งต่อไป เช่น ปัจจัยด้านบุคลิกภาพ แรงจูงใจ หรือผลการเรียน รวมทั้งทดลองใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) อื่น ๆ เช่น Random Forest, Support Vector Machine (SVM) หรือ Neural Network เพื่อเปรียบเทียบและเพิ่มความแม่นยำของโมเดล
4. ควรพัฒนาระบบให้รองรับการใช้งานจริงในรูปแบบเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน เพื่อให้นักศึกษาสามารถกรอกข้อมูลและรับคำแนะนำชมรมได้ทันที รวมถึงสามารถเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, *Guidelines for the Development of Thai Higher Education Graduates in the 21st Century*. Bangkok, Thailand: Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, 2021. (in Thai)
- [2] Ministry of Education, *Bachelor's Degree Qualification Standards in Education and Teacher Education (Four-Year Program)*. Bangkok, Thailand: Ministry of Education, 2019. (in Thai)
- [3] T. M. Mitchell, *Machine Learning*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1997.
- [4] T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman, *The Elements of Statistical Learning*. New York, NY, USA: Springer, 2009.
- [5] A. K. Jain, M. N. Murty, and P. J. Flynn, "Data clustering: A review," *ACM Computing Surveys*, vol. 31, no. 3, pp. 264–323, 1999.
- [6] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, *Data Mining: Concepts and Techniques*, 3rd ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann, 2012.
- [7] H. Zhao, "Design and implementation of an improved K-means clustering algorithm," *Mobile Information Systems*, Art. no. 6041484, 2022.
- [8] N. R. Jevintya, U. Darusalam, and S. Abdullah, "Application of the K-means and decision tree algorithms in determining student achievement," *Jurnal Informatika dan Komputer (JIKO)*, vol. 7, no. 1, pp. 13–18, 2024.
- [9] A. H. Anshor and A. T. Zy, "Implementasi metode decision tree pada sistem prediksi status kualitas produk minuman A," *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, vol. 15, no. 1, pp. 17–22, 2024.
- [10] S. Raschka and V. Mirjalili, *Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow 2*, 3rd ed. Birmingham, UK: Packt, 2019.

-
- [11] Z. Guo, Y. Shi, F. Huang, X. Fan, and J. Huang, "Landslide susceptibility zonation method based on C5.0 decision tree and K-means cluster algorithms to improve the efficiency of risk management," *Geoscience Frontiers*, vol. 12, Art. no. 101249, 2021.
- [12] D. M. W. Powers, "Evaluation: From precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness, and correlation," *Journal of Machine Learning Technologies*, vol. 2, no. 1, pp. 37–63, 2011.
- [13] R. A. Stemler, "A comparison of consensus, consistency, and measurement approaches to estimating interrater reliability," *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, vol. 9, no. 4, pp. 1–19, 2004.
- [14] R. V. Krejcie and D. W. Morgan, "Determining sample size for research activities," *Educational and Psychological Measurement*, vol. 30, no. 3, pp. 607–610, 1970.
- [15] W. McKinney, *Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython*, 2nd ed. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2017.
- [16] F. Pedregosa *et al.*, "Scikit-learn: Machine learning in Python," *Journal of Machine Learning Research*, vol. 12, pp. 2825–2830, 2011.
- [17] J. D. Hunter, "Matplotlib: A 2D graphics environment," *Computing in Science & Engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 90–95, 2007.
- [18] F. Chollet, *Deep Learning with Python*, 2nd ed. Shelter Island, NY, USA: Manning Publications, 2021.
- [19] A. Agresti and B. Finlay, *Statistical Methods for the Social Sciences*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2009.
- [20] R. Kohavi, "A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection," in *Proc. Int. Joint Conf. Artificial Intelligence (IJCAI)*, pp. 1137–1145, 1995.
- [21] L. Breiman, J. Friedman, R. Olshen, and C. Stone, *Classification and Regression Trees*. Belmont, CA, USA: Wadsworth, 1984.
- [22] S. Lundberg and S.-I. Lee, "A unified approach to interpreting model predictions," in *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, pp. 4765–4774, 2017.
- [23] World Medical Association, "Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects," *JAMA*, vol. 310, no. 20, pp. 2191–2194, 2013.
- [24] A. Field, *Discovering Statistics Using SPSS*, 5th ed. London, UK: SAGE Publications, 2018.
- [25] A. Arslan, M. Kaya, and T. Demir, "Clustering students based on learning styles using K-means algorithm," *Education and Information Technologies*, vol. 29, no. 1, pp. 55–70, 2024.
- [26] H. Do and P. Le, "Communication activities and student social skills development: A study in higher education," *Education and Training*, vol. 66, no. 2, pp. 123–135, 2024.
- [27] J. David and R. Balakrishnan, "Predicting student performance using decision tree models in higher education," *Applied Artificial Intelligence*, vol. 38, no. 5, pp. 412–428, 2024.
- [28] D. A. Kolb, *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2015.
- [29] C. Rogers, *Freedom to Learn*, 3rd ed. Columbus, OH, USA: Merrill, 1994.

การพัฒนาเฟรมเวิร์กความปลอดภัยทางไซเบอร์ในสภาพแวดล้อมเวอร์ชวลไลเซชัน

FRAMEWORK DEVELOPMENT OF CYBERSECURITY IN

A VIRTUALIZATION ENVIRONMENT

ยศวริศ คำทอง^{1*} และ ทรงพล นครเศรษฐ์รังศักดิ์²Yotwarit Khamthong¹ and Songphon Nakaretruangsak²

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์แบงกอก^{1,2}

Master of Science Program in Information Technology, Faculty of Digital Technology and Innovation,

Southeast Bangkok University^{1,2}Author email: Yotwarit.kh@hotmail.com^{1*}, Songpon@southeast.ac.th²

Received: September 26, 2025

Revised: December 4, 2025

Accepted: December 9, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบเฟรมเวิร์กความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ที่เหมาะสมกับองค์กรขนาดเล็กและขนาดกลาง (SMEs) โดยผสมผสานมาตรฐาน NIST CSF 2.0 แนวคิด Zero Trust และ Defense-in-Depth 2) พัฒนาและติดตั้งระบบต้นแบบโดยใช้เครื่องมือโอเพ่นซอร์สในสภาพแวดล้อม Proxmox VE และ 3) ประเมินประสิทธิภาพของเฟรมเวิร์กทั้งในเชิงเทคนิคและความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้เชี่ยวชาญจากหลายสาขาที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ จำนวน 5 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย pfSense, Wazuh, OpenVAS, Nmap, Proxmox Backup Server (PBS) และแบบประเมินความเหมาะสมของเฟรมเวิร์ก สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่า 1) เฟรมเวิร์กที่พัฒนาภายใต้กรอบ Design Science Research (DSR) ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักตามหน้าที่ของ NIST CSF 2.0 ทั้ง 6 หน้าที่ (Govern, Identify, Protect, Detect, Respond, Recover) สามารถบูรณาการเครื่องมือโอเพ่นซอร์สทั้ง 5 รายการเข้ากับกระบวนการทำงานได้อย่างสมบูรณ์ 2) ผลการประเมินความเหมาะสมของเฟรมเวิร์กโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า มีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.76 จาก 5.00) ครอบคลุมทั้ง 6 หน้าที่หลักของ NIST CSF 2.0 โดยนโยบายและ SOPs ได้คะแนนสูงสุด (4.84) รองลงมาคือแบบฟอร์ม (4.80) และ Runbooks (4.64) และการทดสอบระบบต้นแบบยืนยันประสิทธิภาพในทางปฏิบัติ สามารถลดจำนวนช่องโหว่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ตรวจสอบและตอบสนองต่อภัยคุกคามได้ทันเวลาที่ และบรรลุเป้าหมาย RTO ตามที่กำหนด และ 3) การทดสอบระบบต้นแบบพบว่า การทดสอบด้านการบริหารจัดการความเสี่ยงสามารถลดจำนวนช่องโหว่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ตรวจสอบและตอบสนองต่อภัยคุกคามได้ทันเวลาที่ และบรรลุเป้าหมายระยะเวลาในการการกู้คืน (RTO) หลังการโจมตีได้ตามที่กำหนดซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพและศักยภาพในการประยุกต์ใช้งานจริงสำหรับ SMEs และสามารถต่อยอดพัฒนาระบบตอบสนองอัตโนมัติในอนาคต

คำสำคัญ: NIST Cybersecurity Framework, Proxmox VE, ความปลอดภัยทางไซเบอร์, โอเพ่นซอร์ส, เวอร์ช่วลไลเซชัน

Abstract

This research aimed to: 1) design a cybersecurity framework suitable for small and medium-sized enterprises (SMEs) by integrating the NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0, Zero Trust principles, and the Defense-in-Depth concept; 2) develop and deploy a prototype system using open-source tools within a Proxmox VE environment; and 3) evaluate the effectiveness of the proposed framework in terms of technical performance and expert judgment. The sample group consisted of five experts from multidisciplinary fields related to cybersecurity. The research instruments included pfSense, Wazuh, OpenVAS, Nmap, Proxmox Backup Server (PBS), and a framework suitability assessment form. Data were analyzed using mean and standard deviation.

The results indicated that: 1) the framework developed under the Design Science Research (DSR) approach comprised core components aligned with all six functions of NIST CSF 2.0—Govern, Identify, Protect, Detect, Respond, and Recover—and successfully integrated all five open-source tools into the operational workflow; 2) expert evaluation demonstrated that the framework achieved a high to very high level of appropriateness, with an overall mean score of 4.76 out of 5.00, covering all six core functions of NIST CSF 2.0, where policies and standard operating procedures (SOPs) received the highest score (4.84), followed by operational forms (4.80) and runbooks (4.64); and 3) prototype system testing confirmed practical effectiveness, showing a significant reduction in system vulnerabilities, timely threat detection and response, and successful achievement of the defined Recovery Time Objective (RTO). These results reflect the effectiveness and applicability of the proposed framework for SMEs and indicate its potential for further development toward automated cybersecurity response systems in the future.

Keywords: NIST Cybersecurity Framework, Proxmox VE, Cybersecurity, Open-Source, Virtualization

บทนำ

การเปลี่ยนผ่านสู่ระบบดิจิทัล (Digital Transformation) ได้สร้างการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ต่อกระบวนการดำเนินงานขององค์กรในทุกภาคส่วน ส่งผลให้ขอบเขตของระบบสารสนเทศขยายตัวอย่างรวดเร็ว และก่อให้เกิดพื้นที่การโจมตี (Attack Surface) ที่กว้างขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สถานการณ์ภัยคุกคามไซเบอร์ในปัจจุบันมีความซับซ้อนและรุนแรงยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการใช้บัญชีที่ถูกต้อง (Valid Accounts) ซึ่งกลายเป็นช่องทางการโจมตีที่พบบ่อยที่สุดคิดเป็น 30% ของเหตุการณ์ทั้งหมด ตามรายงาน IBM X-Force Threat Intelligence Index 2024 [1] ขณะที่เป้าหมายหลักของการโจมตียังคงเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญ (Critical Infrastructure) ซึ่งสร้างความเสียหายต่อความต่อเนื่องทางธุรกิจ (Business Continuity) โดยตรง [2], [3], [4]

ในบริบทนี้ เทคโนโลยีเวอร์ช่วลไลเซชัน (Virtualization) ซึ่งเป็นแกนกลางของการบริหารจัดการระบบสารสนเทศสมัยใหม่ กลับกลายเป็นจุดอ่อนสำคัญที่ผู้ประสงค์ร้ายให้ความสนใจ โดยเฉพาะ Hypervisor ที่ทำหน้าที่ควบคุมและบริหารจัดการเครื่องเสมือนทั้งหมด [5], [6] หากถูกโจมตีสำเร็จ จะสามารถเข้าควบคุมโครงสร้างพื้นฐานทั้งระบบได้ทันที เหตุการณ์

การโจมตีด้วยแรนซัมแวร์ที่มุ่งเป้าไปยังช่องโหว่ของ VMware ESXi ได้ตอกย้ำถึงความเปราะบางของระบบดังกล่าว [7] และข้อมูลจาก ENISA Threat Landscape 2024 ยังยืนยันว่าแรนซัมแวร์ยังคงเป็นภัยคุกคามอันดับหนึ่ง พร้อมแนวโน้มการโจมตีระบบเวอร์ชวลไลเซชันที่เพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่อง [8]

แม้องค์กรจะมีการปรับตัวโดยพัฒนาแนวทางการป้องกันภัยไซเบอร์อย่างต่อเนื่อง แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า โขลุมชนที่มีอยู่ส่วนใหญ่มักพึ่งพาระบบเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่ เช่น VMware หรือ AWS และขาดการประยุกต์ใช้ที่เหมาะสมกับองค์กรที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร โดยเฉพาะองค์กรขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) [9], [10] ที่นิยมใช้ระบบโอเพ่นซอร์สอย่าง Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE) [11], [12], [13] ซึ่งยังขาดแนวทางที่ชัดเจนในการบูรณาการกับมาตรฐานความมั่นคงปลอดภัยระดับสากล [14], [15]

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีงานวิจัยของ Grad [16] ได้นำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ NIST CSF 2.0 [17], [18], [19] ร่วมกับโมเดล Zero Trust [20] สำหรับองค์กรไม่แสวงหากำไร ซึ่งมีแนวคิดที่สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวยังเน้นที่กรอบแนวคิดและการวางแผนเชิงนโยบายเป็นหลัก และยังขาดการนำเสนอรายละเอียดเชิงเทคนิคในการติดตั้งใช้งานจริง (Technical Implementation) ในสภาพแวดล้อมเวอร์ชวลไลเซชัน แบบโอเพ่นซอร์ส [21], [22], [23], [24], [25] ดังนั้น งานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งเน้นที่จะเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว (Research Gap) โดยนำเสนอคุณูปการของงานวิจัย (Contribution) ผ่านการพัฒนาเฟรมเวิร์กความมั่นคงปลอดภัยแบบ End-to-End ที่บูรณาการทั้ง NIST CSF 2.0, Zero Trust และ Defense-in-Depth เข้าด้วยกัน และสามารถนำไปติดตั้งใช้งานได้จริงบนแพลตฟอร์ม Proxmox VE โดยใช้เครื่องมือโอเพ่นซอร์สแบบครบวงจร [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32] ดังนั้น งานวิจัยฉบับนี้จึงมีเป้าหมายในการพัฒนารอบการดำเนินงานต้นแบบ (Prototype Framework) [33] ที่สามารถสร้างระบบที่ปลอดภัยและสามารถตรวจจับ-ตอบสนอง-ฟื้นฟูได้อย่างทันท่วงที โดยออกแบบให้เหมาะสมกับข้อจำกัดของ SMEs และสามารถตอบสนองต่อภัยคุกคามที่มุ่งเป้าระบบเวอร์ชวลไลเซชัน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

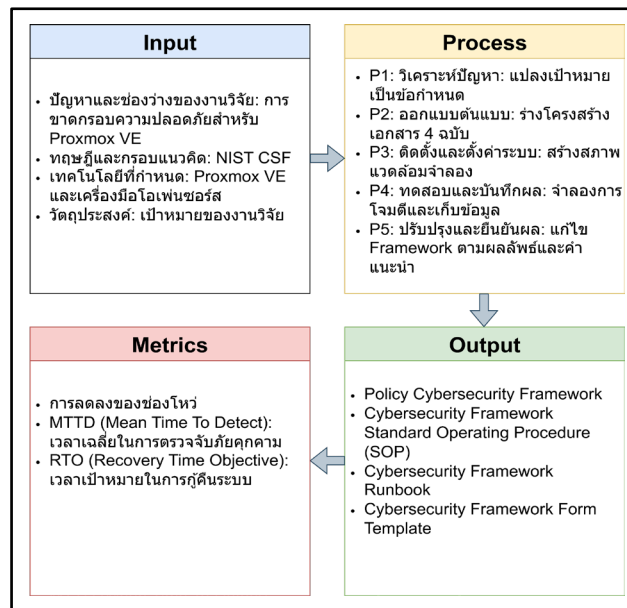
1. เพื่อออกแบบเฟรมเวิร์กความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์โดยผสมผสาน NIST CSF กับ Proxmox VE และเครื่องมือโอเพ่นซอร์ส
2. เพื่อพัฒนาและติดตั้งระบบต้นแบบโดยใช้เครื่องมือโอเพ่นซอร์สในสภาพแวดล้อม Proxmox VE
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเฟรมเวิร์กทั้งในเชิงเทคนิคและความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย วิธีการเก็บข้อมูลในการวิจัย ให้ระบุขั้นตอน หรือระยะที่ดำเนินการวิจัยเป็นข้อ ๆ ตามลำดับการวิจัย ระบุเครื่องมือที่ใช้ และการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

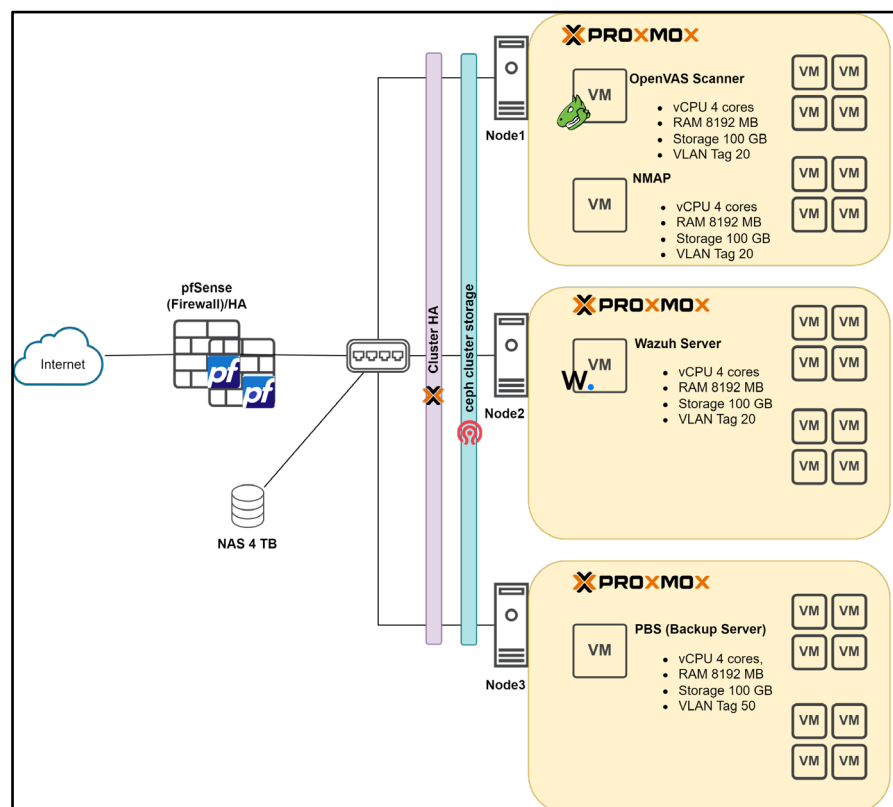
1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.1 การวิจัยนี้ดำเนินการตามกรอบ Design Science Research (DSR) โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ 5 ระยะ (P1-P5) ได้แก่ P1-การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขต, P2-การออกแบบโครงสร้างเฟรมเวิร์กเอกสาร, P3-การติดตั้งระบบทดสอบบน Proxmox VE, P4-การทดสอบจำลองสถานการณ์ภัยคุกคาม และ P5-การปรับปรุงผลลัพธ์สำหรับตัวชี้วัด (Metrics) ที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพ ได้แก่ อัตราการลดลงของช่องโหว่, ค่าเฉลี่ยเวลาในการตรวจจับ (MTTD) และระยะเวลาเป้าหมายในการกู้คืนระบบ (RTO) แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการพัฒนา Framework

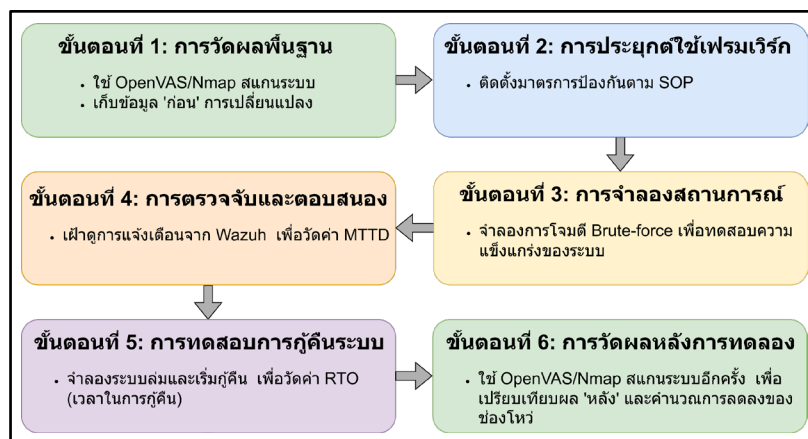
1.2 การประยุกต์ใช้ในบริบทจริง (Implementation): ติดตั้งเฟรมเวิร์กต้นแบบในระบบเสมือน (Virtual Lab) ที่จำลองสภาพแวดล้อมขององค์กร SMEs การติดตั้งระบบในบริบทจริงใช้ Proxmox VE เป็นแกนหลัก โดยแบ่งส่วนเครือข่ายด้วย VLAN เครื่องมือ pfSense ทำหน้าที่ Firewall Wazuh ทำหน้าที่ SIEM ตรวจสอบภัยคุกคาม OpenVAS NMAP Vulnerability Scanner และ Proxmox Backup Server (PBS) ใช้สำหรับการกู้คืนข้อมูล แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การประยุกต์ใช้ในบริบทจริง

1.3 การประเมินผลเชิงประจักษ์ (Evaluation): กระบวนการประเมินผลเชิงประจักษ์ เริ่มต้นด้วยการวัดผลพื้นฐาน เพื่อจัดเก็บข้อมูลสถานะความปลอดภัยก่อนการเปลี่ยนแปลง โดยใช้เครื่องมือ OpenVAS และ Nmap สแกนระบบ เพื่อบันทึกจำนวนช่องโหว่ตามระดับความเสี่ยง (CVE) และสถานะของพอร์ตที่เปิดใช้งานเพื่อใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ จากนั้นจึงดำเนินการ ประยุกต์ใช้เฟรมเวิร์ก โดยติดตั้งมาตรการป้องกันตามมาตรฐานปฏิบัติงาน (SOP) ที่กำหนดไว้ เมื่อระบบมีความพร้อมจะเข้าสู่การจำลองสถานการณ์ ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้การโจมตีแบบ Brute-force เป็นกรณีทดสอบหลัก เนื่องจากเป็นภัยคุกคามพื้นฐานที่พบบ่อยและสามารถชี้วัดประสิทธิภาพของนโยบายรหัสผ่านและระบบป้องกันการบุกรุกได้อย่างชัดเจน ควบคู่ไปกับการตรวจจับและตอบสนองผ่านระบบ Wazuh เพื่อวัดค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการตรวจจับ (MTTD)

ในส่วนของการทดสอบความต่อเนื่องทางธุรกิจ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการกู้คืนระบบ โดยจำลองสถานการณ์วิกฤตผ่านการหยุดการทำงานของบริการหลัก เพื่อให้ระบบไม่สามารถให้บริการได้แล้วดำเนินการกู้คืนสถานะด้วยกระบวนการย้อนค่า (Backup Restore) เพื่อจับเวลาและคำนวณค่า Recovery Time Objective (RTO) และสิ้นสุดกระบวนการด้วย การวัดผลหลังการทดลอง โดยการสแกนระบบซ้ำภายใต้สภาพแวดล้อมเดิม เพื่อนำผลลัพธ์มาวิเคราะห์เปรียบเทียบพัฒนาการของการลดช่องโหว่และการรักษาความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้นหลังการปรับปรุงระบบ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การประเมินผลเชิงประจักษ์

2. เครื่องมือวิจัยและการติดตั้งระบบ

ในการดำเนินงานวิจัย มีการจัดเตรียมโครงสร้างพื้นฐานสำหรับทดสอบดังนี้

2.1 Proxmox VE: เป็นแพลตฟอร์มเวอร์ชวลไลเซชันหลักของระบบต้นแบบ

2.2 Open-source Security Tools: เช่น Wazuh (SIEM), OpenVAS และ Nmap (Vulnerability Scanner), Proxmox Backup Server (PBS) สำหรับการตรวจจับแจ้งเตือน และกู้คืนข้อมูล

2.3 NIST CSF Mapping Template: สำหรับการจัดกลุ่มและกำหนด Policy ตามฟังก์ชันของ CSF (Identify, Protect, Detect, Respond, Recover, Govern) มีการออกแบบแผนผังเครือข่ายทดสอบในลักษณะ Defense-in-Depth พร้อมแบ่งสิทธิการเข้าถึงตามแนวทาง Zero Trust และกำหนดระยะเวลาในการจำลองเหตุการณ์ภัยคุกคาม

3. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1 ประชากร: ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์ด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และระบบเครือข่าย

3.2 กลุ่มตัวอย่าง: วิธีการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 5 ท่าน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกคือต้องเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ทำงานในสายงานที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 3 ปี เพื่อให้มั่นใจว่าผู้ประเมินมีความเชี่ยวชาญเพียงพอในการตรวจสอบความเหมาะสมของเฟรมเวิร์ก

4. วิธีการเก็บข้อมูล

4.1 การประเมินช่องโหว่: ใช้ OpenVAS สแกนก่อนและหลังติดตั้งเฟรมเวิร์ก เพื่อเปรียบเทียบระดับความรุนแรง (Severity) และจำนวนช่องโหว่

4.2 การจำลองภัยคุกคาม: ทดสอบโดยใช้เทคนิคจำลองพฤติกรรมของผู้โจมตี Brute-force

4.3 การบันทึกเวลาในการกู้คืน: ใช้ค่า Recovery Time Objective (RTO) เป็นเกณฑ์ในการวัดความสามารถของระบบหลังเกิดเหตุ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบก่อนและหลังติดตั้งเฟรมเวิร์ก

5.2 วัดค่าประสิทธิภาพตามตัวชี้วัด 3 ด้านหลัก ได้แก่

5.2.1 จำนวนช่องโหว่ลดลง (Vulnerability Reduction)

5.2.2 ความสามารถในการตรวจจับ (Detection Accuracy)

5.2.3 เวลากู้คืนระบบ (RTO Compliance)

ผลการวิจัย

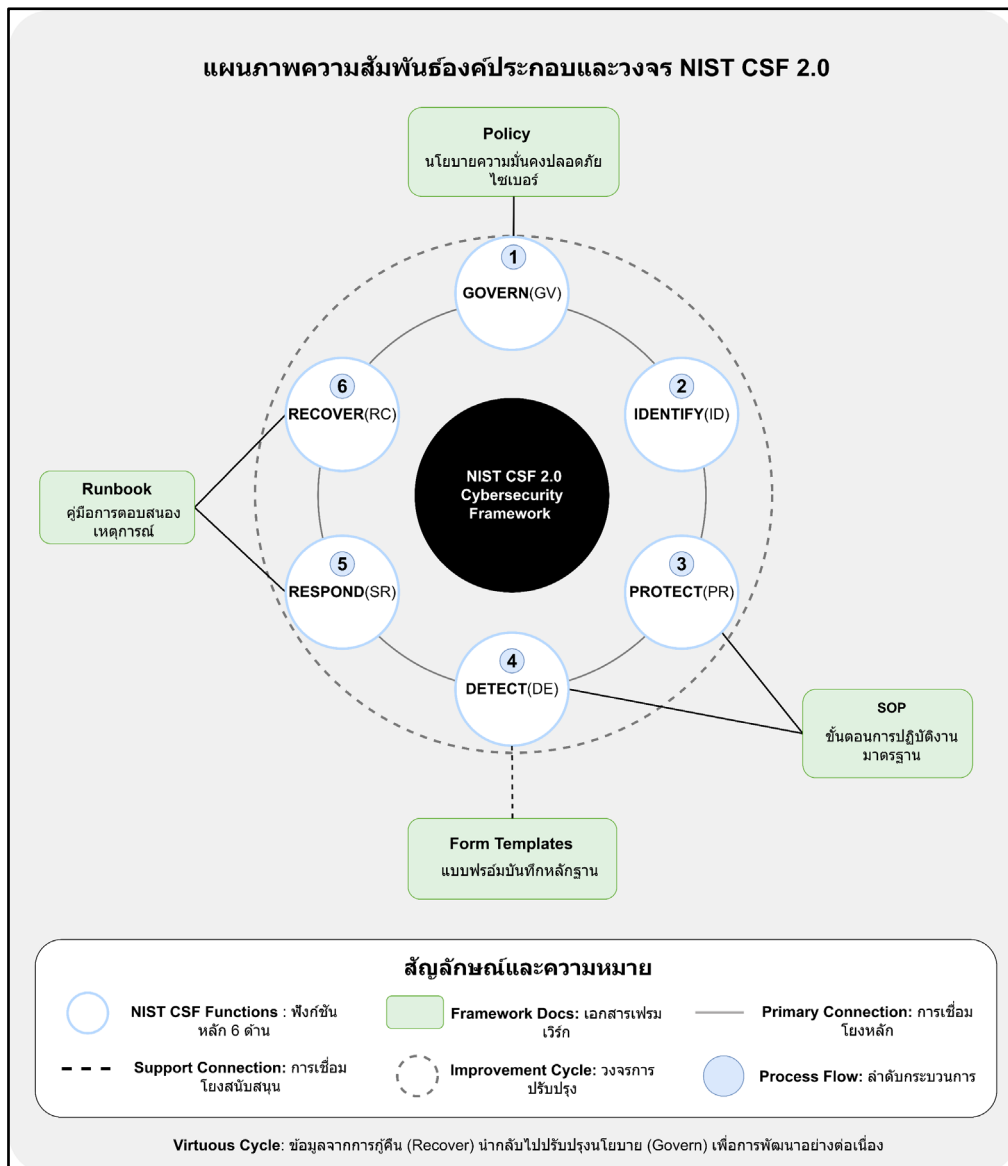
1. ผลการออกแบบและพัฒนาเฟรมเวิร์กต้นแบบ

ผลผลิตสำคัญของการวิจัยครั้งนี้ คือ ชุดเอกสาร Prototype Cybersecurity Framework จำนวน 4 ฉบับ ซึ่งได้รับการออกแบบให้เชื่อมโยงอย่างเป็นระบบกับวงจรการบริหารจัดการตามแนวทาง NIST Cybersecurity Framework (CSF) เวอร์ชัน 2.0 โดยแต่ละเอกสารถูกจัดกลุ่มตามฟังก์ชันหลัก ได้แก่ Govern, Identify, Protect, Detect, Respond และ Recover พร้อมทั้งประยุกต์ร่วมกับแนวคิด Zero Trust และ Defense-in-Depth ผ่านการแบ่งส่วนเครือข่ายและการจำกัดสิทธิ์การเข้าถึงให้น้อยที่สุด ควบคู่กับการบูรณาการเครื่องมือโอเพ่นซอร์สในระบบ Proxmox VE

เอกสารประกอบเฟรมเวิร์กที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย

- 1) เอกสารนโยบายด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ (Policy)
- 2) เอกสารกระบวนการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedures - SOPs)
- 3) คู่มือปฏิบัติการตอบสนองเหตุการณ์ (Runbooks)
- 4) ชุดแบบฟอร์มและเทมเพลต (Form Templates)

ทั้งนี้ เอกสารแต่ละชุดมีความสอดคล้องกับมาตรฐานสากล เช่น NIST CSF, ISO/IEC 27001, และแนวทาง Zero Trust โดยมีเป้าหมายเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมจริงขององค์กรขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) ได้อย่างเป็นรูปธรรม



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเฟรมเวิร์กกับวงจร NIST CSF

จากรูปที่ 4 แสดงกรอบการทำงานที่บูรณาการร่วมกับวงจร NIST CSF 2.0 โดยหัวใจสำคัญที่ทำให้เฟรมเวิร์กนี้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดคือ Virtuous Cycle หรือกลไกการเรียนรู้และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปรากฏในแผนภาพในรูปแบบของวงจรการปรับปรุง (Improvement Cycle) ที่เป็นเส้นประเชื่อมโยงกระบวนการทั้งหมดเข้าด้วยกัน

กระบวนการทำงานของ Virtuous Cycle ทำหน้าที่เป็นกลไกการป้อนกลับข้อมูล (Feedback Loop) กล่าวคือ เมื่อองค์กรเสร็จสิ้นขั้นตอน การกู้คืนระบบ (Recover) ข้อมูลเหตุการณ์และบทเรียนที่ได้รับ (Lessons Learned) จะถูกนำกลับไปวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงนโยบาย (Policy) ในฟังก์ชันการกำกับดูแล (Govern) ให้มีความรัดกุมและทันสมัยยิ่งขึ้น ดังคำอธิบายที่ระบุไว้ส่วนล่างของแผนภาพ ส่งผลให้มาตรการป้องกัน (Protect) และการตรวจจับ (Detect) ในรอบถัดไปมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเกิดเป็นการยกระดับความปลอดภัยที่ไม่สิ้นสุด

เพื่อให้เห็นภาพการนำเฟรมเวิร์กไปปฏิบัติจริงได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างรายละเอียดของเอกสารในองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐาน (SOPs) สำหรับการจัดการช่องโหว่ดังแสดงในรูปที่ 5 และคู่มือการตอบสนองเหตุการณ์ (Runbook) สำหรับ Brute-force ดังแสดงในรูปที่ 6

9. IDENTIFY-PROC-Vulnerability-Assessment

วัตถุประสงค์: เพื่อกำหนดขั้นตอนในวงจรการบริหารจัดการช่องโหว่ (Vulnerability Management Lifecycle) ตั้งแต่การค้นหา, การรายงาน, การติดตามการแก้ไข, และการทวนสอบผลอย่างเป็นระบบ

ขอบเขต:

- การประเมินช่องโหว่ (Vulnerability Assessment - VA): ครอบคลุมทรัพย์สินสารสนเทศทั้งหมดที่ระบุไว้ใน CMDB
- การทดสอบเจาะระบบ (Penetration Testing - PT): ครอบคลุมระบบงานที่มีระดับความสำคัญ Tier 0 และ Tier 1 หรือระบบที่เปิดให้เข้าถึงได้จากเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ขั้นตอนการปฏิบัติ:

1. การประเมินช่องโหว่ (Vulnerability Assessment - VA):

- การสแกนตามกำหนดเวลา: การสแกนเครือข่ายภายในทั้งหมดโดยอัตโนมัติเป็นรายสัปดาห์ (ในช่วงนอกเวลาทำการ) จะต้องถูกดำเนินการโดย OpenVAS
- การแจ้งเตือน: เมื่อการสแกนเสร็จสิ้น, ผลลัพธ์จะต้องถูกส่งต่อไปยัง Wazuh ซึ่งจะทำการวิเคราะห์และสร้างการแจ้งเตือน (Alert) สำหรับช่องโหว่ที่มีคะแนน CVSS ตั้งแต่ 7.0 ขึ้นไป
- การสร้าง Ticket: Ticket สำหรับช่องโหว่แต่ละรายการจะต้องถูกสร้างขึ้นในระบบติดตามงานโดยทีมความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ และมอบหมายให้เจ้าของระบบ (System Owner) ดำเนินการแก้ไข
- ข้อตกลงระดับการให้บริการ (SLA) ในการแก้ไข:
 - Critical (CVSS 9.0-10.0): ภายใน 7 วันทำการ
 - High (CVSS 7.0-8.9): ภายใน 30 วันทำการ
 - Medium (CVSS 4.0-6.9): ภายใน 90 วันทำการ
- การสแกนซ้ำเพื่อทวนสอบ (Verification Scan): หลังจากที่เขาเจ้าของระบบแจ้งปิด Ticket, การสแกนซ้ำที่เป้าหมายเดิมเพื่อทวนสอบว่าช่องโหว่ได้รับการแก้ไขอย่างสมบูรณ์ จะต้องถูกดำเนินการโดย OpenVAS ก่อนที่จะทำการปิด Ticket อย่างเป็นทางการ

รูปที่ 5 ตัวอย่างขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐาน (SOP) สำหรับการจัดการช่องโหว่

17. DETECT-RUNBOOK-Threat-Triage-v1.0

เอกสารนโยบายที่เกี่ยวข้อง: DETECT-PROC-Threat-Monitoring-v1.0

วัตถุประสงค์: เพื่อวิเคราะห์และคัดกรองการแจ้งเตือน (Alert) ที่เกิดขึ้นใน Wazuh Dashboard อย่างเป็นระบบ, ตัดสินใจ, และยกระดับเป็นเหตุการณ์ละเมิด (Incident) หากมีความจำเป็น

ผู้รับผิดชอบ: นักวิเคราะห์ความมั่นคงปลอดภัย (L1)

เงื่อนไขการเริ่มกระบวนการ: การเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาทำการ (Continuous Monitoring)

ขั้นตอนการปฏิบัติ:

1. การเฝ้าระวัง Dashboard: ใช้หน้าจอ "Security Events" ใน Wazuh เป็นเครื่องมือหลักในการเฝ้าระวังแบบ Real-time
2. การจัดลำดับความสำคัญ: ให้ความสำคัญกับการแจ้งเตือนที่มีระดับความรุนแรง (Rule Level) ตั้งแต่ 10-15 เป็นอันดับแรก เนื่องจากมีความเป็นไปได้สูงที่จะเป็นภัยคุกคามที่เกิดขึ้นจริง
3. การวิเคราะห์การแจ้งเตือน:
 - คลิกที่การแจ้งเตือนเพื่อดูรายละเอียดทั้งหมด: Rule Description, MITRE ATT&CK Tactic/Technique, Source IP, Destination IP, User, File path, Process name
 - ตรวจสอบข้อมูลแวดล้อม (Contextual Information) เช่น บันทึกเหตุการณ์ก่อนและหลังเวลาที่เกิด, ประวัติการแจ้งเตือนที่เคยเกิดบน Host เดียวกัน, ข้อมูล Threat Intelligence ของ IP Address ที่เกี่ยวข้อง
 - พิจารณาและจำแนกว่าเป็น True Positive (เหตุการณ์จริง) หรือ False Positive (การแจ้งเตือนที่ผิดพลาด)
 - ตัวอย่าง True Positive: ความพยายามในการทำ Brute-force SSH จาก IP ที่ไม่รู้จัก, การรันคำสั่ง PowerShell ที่น่าสงสัย, การตรวจพบ Signature ของมัลแวร์
 - ตัวอย่าง False Positive: การเข้าสู่ระบบที่ล้มเหลวหลายครั้งโดยผู้ใช้ที่ทราบว่ามีรหัสผ่าน, การแจ้งเตือนที่เกิดจากการสแกนช่องโหว่ตามกำหนดการ

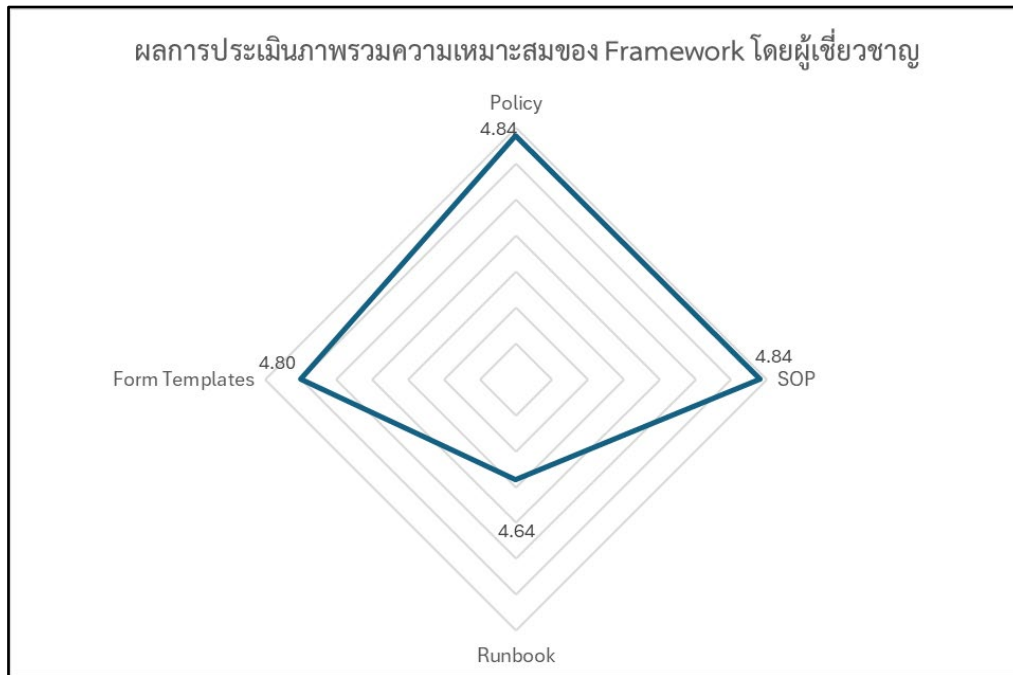
รูปที่ 6 ตัวอย่างคู่มือการตอบสนองเหตุการณ์ (Runbook) กรณี Brute-force

ภายหลังการพัฒนาเฟรมเวิร์กและเอกสารประกอบสำหรับใช้งานบนระบบ Proxmox VE ผู้วิจัยได้จัดกระบวนการประเมินความเหมาะสมและความน่าเชื่อถือโดยผู้เชี่ยวชาญโดยมีเกณฑ์การคัดเลือกคือ ต้องเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ทำงานในสายงานที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 5 ท่าน ด้วยเทคนิคเดลฟาย (Delphi Technique) จำนวน 2 รอบ ซึ่งรอบแรกเป็นการรวบรวมข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง และรอบที่สองเป็นการประเมินเฟรมเวิร์กฉบับแก้ไขสมบูรณ์แล้ว โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมในแต่ละด้านดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินภาพรวมความเหมาะสมของ Framework โดยผู้เชี่ยวชาญ

องค์ประกอบของ Framework	$\bar{x}$	S.D.
1. ด้านนโยบาย (Policy)	4.84	0.26
2. ด้านกระบวนการ (SOP)	4.84	0.26
3. ด้านคู่มือตอบสนอง (Runbook)	4.64	0.26
4. ด้านชุดแบบฟอร์ม (Form Templates)	4.80	0.24
ผลรวมค่าเฉลี่ย	4.78	0.05

จากผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านในรอบที่ 2 พบว่า เฟรมเวิร์กต้นแบบมีความเหมาะสมในระดับ มากถึงมากที่สุด ครอบคลุม 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ นโยบาย (Policy), ขั้นตอนปฏิบัติงาน (SOPs), คู่มือการรับมือเหตุการณ์ (Runbooks) และแบบฟอร์ม (Form Templates) แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลการประเมินภาพรวมความเหมาะสมของ Framework โดยผู้เชี่ยวชาญ

จากรูปที่ 7 ผลการประเมินภาพรวมความเหมาะสมของ Framework โดยผู้เชี่ยวชาญโดยมีรายละเอียดที่โดดเด่นดังนี้

- 1) ด้านนโยบาย ได้คะแนนเฉลี่ย 4.84 (SD = 0.26) แสดงถึงความชัดเจนครอบคลุม และสอดคล้องกับมาตรฐาน NIST CSF และ Zero Trust ช่วยกำหนดกรอบการดำเนินงานด้านความมั่นคงปลอดภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2) ด้าน SOPs มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับที่ 4.84 (SD = 0.26) สะท้อนถึงความเป็นระบบ เข้าใจง่าย และสามารถนำไปใช้ปฏิบัติจริงได้อย่างสม่ำเสมอ
- 3) ด้าน Runbooks ได้คะแนนเฉลี่ย 4.64 (SD = 0.26) โดยเฉพาะความสามารถในการลดเวลาในการตอบสนอง (MTTR) และการกู้คืนระบบ (RTO) แสดงถึงศักยภาพในการรองรับเหตุการณ์ฉุกเฉิน

4) ด้านแบบฟอร์ม ได้คะแนนเฉลี่ย 4.80 (SD = 0.24) เด่นชัดในด้านความชัดเจนประโยชน์ใช้สอย และการสนับสนุนระบบการจัดเก็บข้อมูลและตรวจสอบย้อนหลัง (Audit Trail)

โดยสรุปเฟรมเวิร์กที่พัฒนาขึ้นมีความสมดุลทั้งในเชิงนโยบายแนวปฏิบัติ และเครื่องมือสนับสนุนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในองค์กรได้อย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับมาตรฐานสากล

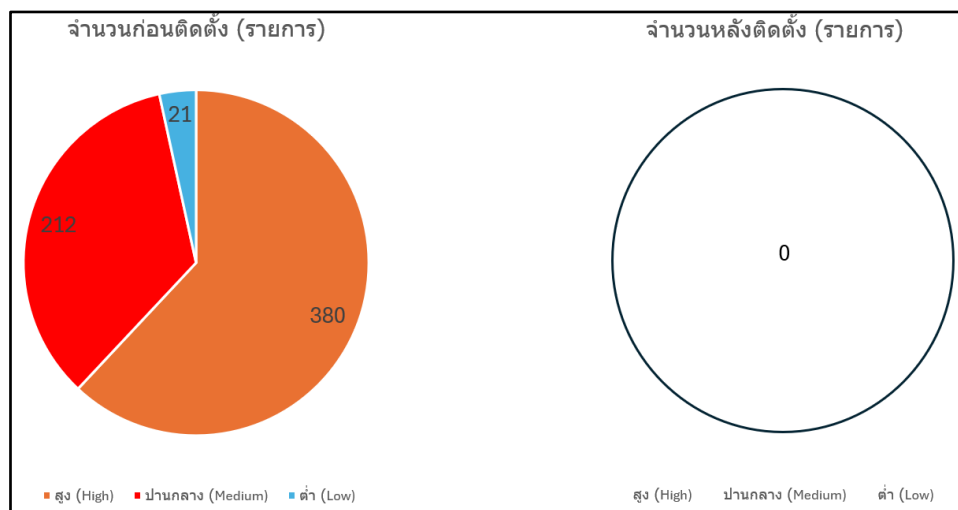
2. ผลการประเมินความสามารถในการลดช่องโหว่และรับมือภัยคุกคาม

จากการทดสอบในสภาพแวดล้อมจำลอง (Virtual Lab) พบว่าเฟรมเวิร์กสามารถยกระดับความปลอดภัยได้อย่างมีนัยสำคัญดังต่อไปนี้

2.1 การลดช่องโหว่ จากการสแกนระบบเพื่อค้นหาช่องโหว่ด้วยเครื่องมือ OpenVAS หลังการติดตั้งเฟรมเวิร์ก พบว่าจำนวนและความรุนแรงของช่องโหว่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับผลการสแกนก่อนการติดตั้ง

ตารางที่ 2: เปรียบเทียบจำนวนช่องโหว่ที่ตรวจพบก่อนและหลังการติดตั้งเฟรมเวิร์ก เก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 4 ตุลาคม 2568 ถึง 13 ตุลาคม 2568

ระดับความรุนแรง (Severity)	จำนวนก่อนติดตั้ง (รายการ)	จำนวนหลังติดตั้ง (รายการ)	การลดลง (%)
● สูง (High)	380	0	100%
● ปานกลาง (Medium)	212	0	100%
● ต่ำ (Low)	21	0	100%
รวมทั้งหมด	613	0	100%



รูปที่ 8: กราฟเปรียบเทียบจำนวนช่องโหว่ก่อนและหลังการติดตั้งเฟรมเวิร์ก

จากตารางที่ 2 และ รูปที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบได้อย่างชัดเจน โดยก่อนการติดตั้งเฟรมเวิร์ก ตรวจพบช่องโหว่รวมทั้งสิ้น 613 รายการ แบ่งเป็นระดับความรุนแรง สูง (High) 380 รายการ, ปานกลาง (Medium) 212 รายการ และ ต่ำ (Low) 21 รายการ อย่างไรก็ตามภายหลังจากการติดตั้งเฟรมเวิร์ก ผลการสแกนไม่พบช่องโหว่ในทุกระดับความรุนแรง (0 รายการ) ซึ่งหมายความว่าช่องโหว่ทั้งหมดถูกแก้ไขและลดลง 100% ตามที่แสดงในตารางและกราฟวงกลมด้านขวา

2.2 การรับมือภัยคุกคาม ในสถานการณ์จำลองการโจมตี (Brute-force) ระบบสามารถ ตรวจจับและตอบสนองต่อภัยคุกคามได้อย่างทันท่วงที ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเครื่องมืออย่าง Wazuh และการกำหนดค่าตาม SOPs ที่ออกแบบไว้

Time	Technique(s)	Tactic(s)	Level	Rule ID	Description
Oct 7, 2025 @ 00:16:55.914	T1110.0 01 T1021.0 04	Credential AccessLateral Movement	5	5710	sshd: Attempt to login using a non-existent user

Table	JSON	Rule
t_index		wazuh-alerts-4.x-2025.10.06
t_agent.id		002
t_agent.ip		10.0.20.15
t_agent.name		pc01-Standard-PC-i440FX-PIIX-1996
t_data.scrip		10.0.20.26
t_data.srcuser		admin
t_decoder.name		sshd
t_decoder.parent		sshd

รูปที่ 9: การแจ้งเตือนlog บน Wazuh ขณะมีการพยายามสุมรหัสผ่าน (Brute-force)

จากรูปที่ 9 นี้จะแสดงหลักฐานว่าระบบสามารถตรวจจับ Rule ID: 5710 – sshd : Attempt to login using a non-existent user โดยระบุ IP ของผู้โจมตี, เป้าหมายที่ถูกโจมตี, และเวลาที่เกิดเหตุการณ์ ซึ่งยืนยันว่า Wazuh สามารถตรวจจับภัยคุกคามได้จริง

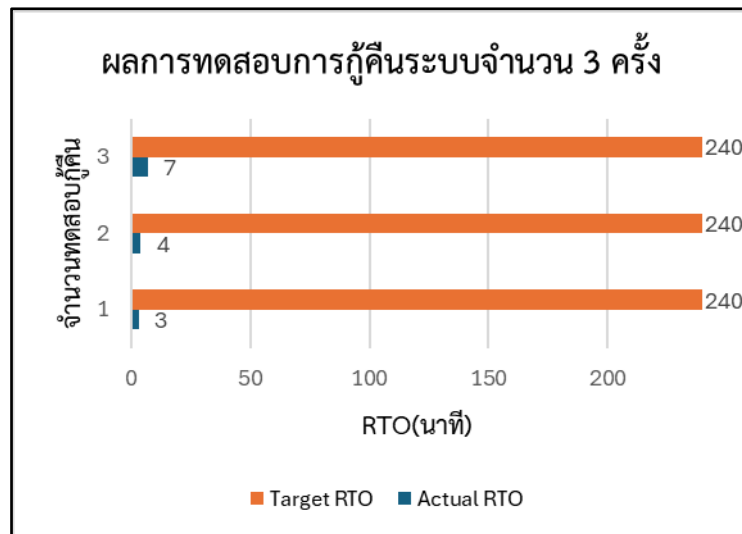
3. ผลการทดสอบความสามารถในการฟื้นตัวของระบบ (RTO)

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการฟื้นคืนระบบ (System Recovery) ผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์ระบบล่มจากการโจมตีของแรนซัมแวร์ (Ransomware Attack) โดยมีสถานการณ์ทดสอบคือการกู้คืน Virtual Machine (VM) ที่มีความสำคัญ ขนาด 50GB ด้วย Proxmox Backup Server (PBS) ตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในเอกสาร Runbook

ในการทดสอบนี้ ได้ตั้งค่าเป้าหมายเวลาในการกู้คืน (RTO) ไว้ที่ไม่เกิน 4 ชั่วโมง (240 นาที) ซึ่งมีเป้าหมายเวลาในการกู้คืน(RTO) ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 4 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ทางผู้เชี่ยวชาญประเมินว่ามีความเหมาะสม จากข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญก่อนดำเนินการ ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถฟื้นคืนกลับมาให้บริการได้สำเร็จตามเป้าหมาย ซึ่งยืนยันถึงประสิทธิภาพของเฟรมเวิร์กในการรับมือและฟื้นตัวจากเหตุการณ์ไม่คาดฝัน โดยรายละเอียดของเวลาที่ใช้ในการกู้คืนจริงเมื่อเปรียบเทียบกับ Recovery Time Objective (RTO) เป้าหมาย แสดงดัง ตารางที่ 4 และ รูปที่ 8

ตารางที่ 3: ผลการทดสอบการกู้คืนระบบด้วย Proxmox Backup Server (PBS) จำนวน 3 ครั้ง

รอบที่	RTO	เวลาที่ใช้จริง (นาที)	ผลลัพธ์
1	4 ชั่วโมง	3	ผ่าน
2	4 ชั่วโมง	4	ผ่าน
3	4 ชั่วโมง	7	ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	4 ชั่วโมง	4	ผ่าน



รูปที่ 10: กราฟเปรียบเทียบระหว่าง Target RTO และเวลาที่ Proxmox Backup Server (PBS) ทำได้จริง

จากการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าระบบสามารถกู้คืนได้สำเร็จทุกครั้ง โดยใช้เวลา 3 นาที, 4 นาที, และ 7 นาที ตามลำดับ ซึ่งเมื่อคำนวณเป็น ค่าเฉลี่ยแล้วจะอยู่ที่ 4 นาที

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

อาศัยแนวทาง Design Science Research (DSR) [33] ผสานร่วมกับมาตรฐาน NIST CSF 2.0 [17] แนวคิด Zero Trust และ Defense-in-Depth พร้อมบูรณาการเครื่องมือโอเพ่นซอร์ส [15], [26], [27], [28], [29], [30], [32] ในระบบ Proxmox VE [11], [12], [13] เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน [5], [6], [23] ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่าเฟรมเวิร์กมีความเหมาะสมในระดับ มากถึงมากที่สุด โดยเฉพาะด้านนโยบายและ SOPs ที่ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด (4.84) สะท้อนถึงความชัดเจนครอบคลุม และนำไปใช้ได้จริง ขณะที่ Runbooks (4.64) และ Form Templates (4.80) โดดเด่นในด้านการตอบสนองเหตุการณ์ฉุกเฉินและการจัดทำ Audit Trail อย่างมีระบบ นอกจากนี้ การทดลองในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงยังแสดงให้เห็นว่าเฟรมเวิร์กที่พัฒนาขึ้นสามารถลดจำนวนข้อผิดพลาดและระยะเวลา Recovery Time Objective (RTO) ได้อย่างมีนัยสำคัญ [4], [21], [22], [24], [25] ตอบโจทย์ช่องว่างของงานวิจัยเดิมที่ยังขาดต้นแบบที่ครอบคลุมทั้งนโยบายกระบวนการ และเครื่องมือที่นำไปใช้ได้จริงสำหรับ SMEs

เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Grad [16], Patel and Schmidt [20] และ Chen et al. [2] พบว่าแนวคิดและแนวทางปฏิบัติของเฟรมเวิร์กที่นำเสนอมีความสอดคล้องอย่างชัดเจน โดยเฉพาะการจัดโครงสร้างตามฟังก์ชันของ NIST CSF และการประยุกต์ใช้ Zero Trust กับสภาพแวดล้อมระบบเสมือน อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากงานของ Udriou et al. [31] ที่เน้นการประเมินเชิงคุณภาพ และยังขาดการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้งานตามแนวทาง User Behavior Modeling ซึ่งอาจเป็นทิศทางที่น่าสนใจในการขยายผลในอนาคต โดยสรุปเฟรมเวิร์กต้นแบบนี้มีศักยภาพสูงในการนำไปประยุกต์ใช้จริง โดยเฉพาะในองค์กรที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร และสามารถต่อยอดสู่การพัฒนาเครื่องมืออัตโนมัติหรือการใช้ AI/ML ในระบบรักษาความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. การขยายขอบเขตการประเมินประสิทธิภาพควรประเมินประสิทธิภาพของเฟรมเวิร์กในสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อนสูงขึ้น เช่น Hybrid Cloud และ Multi-Cloud รวมถึงทดสอบความสามารถในการรับมือกับภัยคุกคามขั้นสูง (Advanced Persistent Threats - APTs) และการโจมตีแบบ Zero-Day
2. การบูรณาการเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ควรศึกษาและพัฒนาการนำ AI และ Machine Learning (ML) มาใช้ร่วมกับระบบ SIEM (Security Information and Event Management) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการวิเคราะห์และตรวจจับภัยคุกคามเชิงรุก
3. การพัฒนาระบบตอบสนองอัตโนมัติควรพัฒนากรอบการตอบสนองต่อเหตุการณ์ด้านความมั่นคงปลอดภัยอัตโนมัติ (SOAR) เพื่อลดระยะเวลาในการตอบสนอง (Incident Response Time) และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการภัยคุกคาม
4. ข้อเสนอแนะเชิงประยุกต์ต่อภาครัฐและเอกชน โดยเฉพาะกลุ่มธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) สามารถนำผลการวิจัยไปปรับใช้เป็นกรอบการทำงานพื้นฐาน เพื่อยกระดับมาตรฐานความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ขององค์กร

เอกสารอ้างอิง

- [1] IBM, “IBM X-Force 2025 Threat Intelligence Index,” 2024. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/reports/threat-intelligence>
- [2] L. Chen, Y. Zhang, H. Li, and J. Wang, “A comparative analysis of cybersecurity frameworks for critical infrastructure protection,” *J. Cybersecurity Privacy*, vol. 4, no. 2, pp. 205–220, 2024.
- [3] D. Kumar and V. Gupta, “Improving cybersecurity of medical systems by applying the NIST framework,” *Health Informatics J.*, vol. 29, no. 2, pp. 150–161, 2023.
- [4] E. Babushkin, “Automation of testing of operating system backup and recovery,” M.S. thesis, Czech Technical Univ. Prague, Prague, Czech Republic, 2023.
- [5] B. Dordevic, V. Timcenko, N. Kraljevic, and N. Jovicic, “Performance comparison of KVM and Proxmox type-1 hypervisors,” in *Proc. 30th Telecommun. Forum (TELFOR)*, 2022, pp. 1–4, doi: 10.1109/TELFOR56187.2022.9983666.
- [6] B. Dordevic, N. Kraljevic, V. Timcenko, and N. Jovicic, “Performance comparison of KVM and Proxmox,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 15, no. 1, pp. 35–44, 2024.
- [7] Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, “ESXiArgs ransomware virtual machine recovery guidance,” Feb. 8, 2023. [Online]. Available: <https://www.cisa.gov/news-events/cybersecurity-advisories/aa23-039a>
- [8] European Union Agency for Cybersecurity, “ENISA Threat Landscape 2024,” 2024. [Online]. Available: <https://www.enisa.europa.eu/publications/enisa-threat-landscape-2024>
- [9] J. Manzoor, A. Waleed, A. F. Jamali, and A. Masood, “Cybersecurity on a budget: Evaluating security and performance of open-source SIEM solutions for SMEs,” *PLOS ONE*, vol. 19, no. 3, Art. no. e0301183, 2024, doi: 10.1371/journal.pone.0301183.
- [10] A. Alkhalifah, “Evaluating security and performance of open-source SIEM solutions for SMEs,” *J. Inf. Secur. Appl.*, vol. 65, pp. 103–116, 2022.

-
- [11] Proxmox Server Solutions GmbH, “*Proxmox Virtual Environment Administration Guide*,” ver. 8.3.1, 2024. [Online]. Available: <https://www.proxmox.com>
- [12] Proxmox Server Solutions GmbH, “*Proxmox VE Datasheet*,” ver. 8.3, 2024. [Online]. Available: <https://www.proxmox.com>
- [13] A. Simpalingabo, “*Comparison of Proxmox and OpenNebula as cyber range platforms*,” Cyber Defence Lab, Tech. Rep., 2024.
- [14] P. Martinez and S. Garg, “Vulnerability management using open-source tools,” *J. Inf. Syst. Secur.*, vol. 18, no. 1, pp. 55–68, 2022.
- [15] N. Shivananjappa and R. Creutzburg, “Vulnerability management using open-source tools,” *Electron. Imaging*, vol. 36, no. 3, Art. no. 326-1–326-8, 2024, doi: 10.2352/EI.2024.36.3.MOBMU-326.
- [16] A. M. Grad, “*Nonprofit cybersecurity: NIST CSF 2.0 as exemplar of the zero-trust model*,” M.S. thesis, Univ. New Hampshire, Durham, NH, USA, 2024.
- [17] National Institute of Standards and Technology, “*The NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0*,” 2024, doi: 10.6028/NIST.CSWP.29.
- [18] M. Parmar and A. Miles, “Cyber security frameworks (CSFs): An assessment between the NIST CSF v2.0 and EU standards,” in *Proc. 2024 Security for Space Systems (3S)*, Noordwijk, Netherlands, 2024, pp. 1–7, doi: 10.23919/3S60530.2024.10592293.
- [19] R. S. Perdana *et al.*, “Security and risk assessment of academic information systems using the NIST framework: A case study,” in *Proc. 16th Int. Conf. Telecommun. Syst., Serv., Appl. (TSSA)*, 2022, pp. 1–5, doi: 10.1109/TSSA56819.2022.10063890.
- [20] A. Patel and M. Schmidt, “Implementing zero trust in hybrid cloud environments,” *IEEE Trans. Cloud Comput.*, vol. 12, no. 1, pp. 112–125, Jan. 2024.
- [21] M. Kyryk *et al.*, “Disaster recovery solution for on-premises infrastructure using Proxmox Backup Server,” in *Proc. IEEE 5th Int. Conf. Adv. Inf. Commun. Technol. (AICT)*, 2023, pp. 77–81, doi: 10.1109/AICT61584.2023.10452418.
- [22] Proxmox Server Solutions GmbH, “*Proxmox Backup Server Documentation*,” ver. 3.3.0-1, 2024. [Online]. Available: <https://www.proxmox.com>
- [23] Proxmox Server Solutions GmbH, “*Proxmox VE Ceph Benchmark*,” Dec. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.proxmox.com>
- [24] Proxmox Server Solutions GmbH, “*Proxmox Backup Server Datasheet*,” ver. 3.3, 2024. [Online]. Available: <https://www.proxmox.com>
- [25] A. A. Febriansyah and A. Prapanca, “Simulation of high-availability server implementation using Ceph on Proxmox,” *J. Informatics Comput. Sci. (JINACS)*, vol. 6, no. 1, pp. 131–136, 2024, doi: 10.26740/jinacs.v6n01.p131-136.
- [26] H. S. Abdullah, “Evaluation of open-source web application vulnerability scanners,” *Acad. J. Nawroz Univ.*, vol. 9, no. 1, p. 47, 2020, doi: 10.25007/ajnu.v9n1a532.

-
- [27] R. Pandey and S. Sharma, "Comparative study of open-source firewalls," *Int. J. Comput. Netw. Inf. Secur.*, vol. 13, no. 6, pp. 1–12, 2021.
- [28] Netgate, "*pfSense Documentation*," Sep. 19, 2025. [Online]. Available: <https://docs.netgate.com/manuals/pfsense/en/latest/the-pfsense-documentation.pdf>
- [29] Greenbone Networks, "*Greenbone OpenVAS: Background and concepts*," 2024. [Online]. Available: <https://greenbone.github.io/docs/latest/background.html>
- [30] M. R. Islam and R. Rafique, "Wazuh SIEM for cybersecurity and threat mitigation in apparel industries," *Int. J. Eng. Mater. Manuf.*, vol. 9, no. 4, pp. 136–144, 2024, doi: 10.26776/ijemm.09.04.2024.02.
- [31] A.-M. Udriou, M. Dumitrache, and I. Sandu, "Open-source tools for the cybersecurity of an integrated information system," in *Proc. 14th Int. Conf. Electron., Comput. Artif. Intell. (ECAI)*, pp. 1–6, 2022.
- [32] J.-Y. Seo *et al.*, "Real-time threat detection and prevention with Suricata, iptables, OSSEC, and the Elastic Stack," *J. Appl. Comput. Knowl.*, vol. 31, no. 2, pp. 1–8, 2024.
- [33] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram, "Design science in information systems research," *MIS Q.*, vol. 28, no. 1, pp. 75–105, 2004, doi: 10.2307/25148625.

คลังต้นไม้ภาษาไทย: แนวคิด การสร้าง และการประยุกต์ใช้

THAI TREEBANK: CONCEPTS, CONSTRUCTION, AND APPLICATIONS

ธีระพล ลิมศรัทธา

Theerapol Limsatta

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ Bangkok

Department of Information Technology, Faculty of Digital Technology and Innovation,

Southeast Bangkok University

Author email: theerapol.lim@gmail.com

Received: June 4, 2025

Revised: December 2, 2025

Accepted: December 9, 2025

บทคัดย่อ

การสร้างคลังต้นไม้เป็นทรัพยากรพื้นฐานที่สำคัญในการประมวลผลภาษาธรรมชาติ เพื่อใช้ประโยชน์จากโครงสร้างไวยากรณ์ในรูปแบบต้นไม้ซึ่งช่วยให้การตีความประโยคมีความถูกต้อง คลังต้นไม้สามารถสร้างได้ทั้งแบบไม่มีเครื่องมือช่วยหรือกึ่งอัตโนมัติ และแบ่งเป็นสองกลุ่มหลักคือ คลังต้นไม้แบบโครงสร้างวลี และคลังต้นไม้พึ่งพา ภาษาไทยมีคลังต้นไม้เช่น CG Treebank และคลังต้นไม้ของสุธีที่ใช้ไวยากรณ์พึ่งพาคคลังต้นไม้ไวยากรณ์ ถือเป็นคลังข้อมูลที่บรรจุประโยคพร้อมการวิเคราะห์เชิงวากยสัมพันธ์ในรูปแบบโครงสร้างต้นไม้ เพื่อสะท้อนความสัมพันธ์เชิงไวยากรณ์ระหว่างคำหรือวลี องค์ประกอบสำคัญของคลังต้นไม้ ได้แก่ ชุดข้อมูลข้อความต้นฉบับ, การตัดคำที่แม่นยำ, การตัดแบ่งชนิดของคำ โดยใช้ระบบการตัดคำที่เหมาะสมกับภาษาไทย, โครงสร้างต้นไม้ไวยากรณ์, คำอธิบายประกอบมาตรฐาน, และรูปแบบข้อมูลการเปรียบเทียบกับภาษาอื่น ๆ เช่น Penn Treebank และ Universal Dependencies แสดงให้เห็นว่าภาษาไทยมีลักษณะเฉพาะ เช่น การไม่มีการเว้นวรรคระหว่างคำ, การละองค์ประกอบในประโยค, และการใช้คำหลายหน้าที่ บทความนี้ใช้แนวคิดทฤษฎีไวยากรณ์ X-bar ที่อธิบายโครงสร้างภายในวลี การสร้างคลังต้นไม้ไวยากรณ์ภาษาไทยมีความท้าทายเนื่องจากลักษณะเฉพาะของภาษา โดยมีการประยุกต์ใช้ X-bar กับไวยากรณ์ภาษาไทยโดยการดัดแปลงให้เข้ากับลักษณะเฉพาะ เช่น การไม่มีส่วนขยายด้านซ้าย (Specifier) ชัดเจน และการจัดการโครงสร้างซ้อน รวมถึงการรองรับการละองค์ประกอบในประโยคโดยแสดงโหนดที่ถูกละการกำหนดมาตรฐานการจัดโครงสร้างที่ตีความประกอบด้วยคู่มือที่ครอบคลุม ระบบตรวจสอบความสอดคล้อง และตัวอย่างที่หลากหลาย คลังต้นไม้ภาษาไทยมีความสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยีภาษาศาสตร์คอมพิวเตอร์อย่างมาก เช่น การพัฒนาระบบวิเคราะห์ไวยากรณ์อัตโนมัติ การปรับปรุงระบบแปลภาษา และการสอนภาษาไทยและภาษาศาสตร์คลังต้นไม้ไม่เพียงเป็นทรัพยากรเชิงเทคนิคแต่ยังเป็นฐานข้อมูลที่มีคุณค่าทางภาษาศาสตร์ วัฒนธรรม และการอนุรักษ์ภาษา เพื่อต่อยอดงานวิจัยและนวัตกรรมด้านภาษาศาสตร์คอมพิวเตอร์ของไทย

คำสำคัญ: ไวยากรณ์ภาษาไทย, คลังต้นไม้, ทฤษฎีเอ็กซ์-บาร์

บทความวิชาการ

Abstract

Treebank construction is a fundamental resource in natural language processing, leveraging grammatical structures in tree format to ensure accurate sentence interpretation. Treebanks can be created manually or semi-automatically and are categorized into phrase structure treebanks and dependency treebanks. For Thai, notable treebanks include CG Treebank using Categorical Grammar and Suthee's treebank using dependency grammar. A treebank is a data repository containing natural language sentences with syntactic analysis in tree structures, reflecting grammatical relationships between words or phrases. Key components include original text data, accurate word segmentation, Part-of-Speech tagging with appropriate Thai tag sets, syntactic tree structures, standard annotation guidelines, and data formats. Comparisons with other languages like English (Penn Treebank) and Universal Dependencies highlight unique Thai characteristics such as absence of word spacing, ellipsis of sentence components, and polysemous word usage. This article describes the X-bar theory, which explains internal phrase structures. Thai treebank construction poses challenges due to the language's specific characteristics. The application of X-bar theory to Thai grammar requires adaptation, including handling the absence of clear specifiers, managing nested structures, and accommodating null nodes for omitted elements. Establishing robust annotation standards involves comprehensive guidelines, standardized constituent types and POS tags, validation tools, and diverse annotated examples. Thai treebanks are crucial for advancing NLP technologies, particularly for automatic parsing systems, machine translation improvement, and Thai language education. Beyond technical utility, Thai treebanks serve as valuable linguistic, cultural, and language preservation databases, fostering further research and innovation in Thai computational linguistics.

Keywords: Thai Grammar, Treebank, X bar Theory

บทนำ

การสร้างคลังต้นไม้มันเป็นทรัพยากรพื้นฐานที่สำคัญในการทำงานด้านการประมวลผลภาษาธรรมชาติ เช่น การแปล การวิเคราะห์ความรู้สึก การจับประเด็นข้อความ โดยอาศัยประโยชน์ของโครงสร้างไวยากรณ์ในรูปแบบต้นไม้มันที่จะทำให้ประโยคมีความหมายถูกต้องในการตีความของประโยค ตัวอย่างเช่น การใช้ประโยชน์ในการตัดคำ “หลงตามหาบัวไม่อยู่” การตัดคำที่ถูกต้อง ต้องตัดให้ได้ว่า หลงตาม/มหาบัว/ไม่/อยู่ แทนที่จะตัดได้ว่า หลง/ตาม/หา/บัว/ไม่/อยู่ เพราะโครงสร้างประโยคตามการตัดคำแบบแรกมันเป็นไปได้มากกว่าถึงทั้งสองแบบการตัดคำจะถูกไวยากรณ์ทั้งคู่ เมื่อได้การตัดที่ถูกต้องก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ต่อไปได้ เช่น นำไปใช้กับการวิเคราะห์ความรู้สึกในด้านบวก หรือลบ เพราะแนวการวิเคราะห์ความรู้สึกมักมีพื้นฐานมาจากใช้ค่าความถี่ของคำ การสร้างคลังต้นไม้อาจสร้างโดยไม่มีเครื่องมือช่วยหรือสร้างแบบกึ่งอัตโนมัติ

โดยใช้โปรแกรมแจกแจงช่วยกำกับร่วมกับนักภาษาศาสตร์ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของประโยคอีกครั้ง คลังต้นไม้มันมีแยกเป็นสองกลุ่มหลักคือ คลังต้นไม้มันแบบโครงสร้างวลี (Phrase structure) เช่น คลังต้นไม้มันเพนน์ (Penn Treebank) และคลังต้นไม้มันพึ่งพา (Dependency Treebank) เช่น คลังต้นไม้มันพึ่งพาปราก (The Prague Dependency Treebank)

บทความวิชาการ

ในภาษาไทยมีคลังต้นไม้ชื่อ ซีจี (CG Treebank) [1] ที่ใช้ทฤษฎีไวยากรณ์เคทาโกเรียล (Categorial Grammar) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มคลังต้นไม้โครงสร้างวลี และคลังต้นไม้ของสุธี [2] ใช้ไวยากรณ์พึ่งพา แม้ทั้งสองประเภทคลังต้นไม้สร้างจากไวยากรณ์ที่ต่างกัน แต่ใช้แนวการสร้างมาจากคลังคำที่มีคำกำกับหมวดหมู่ จับคู่คำเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์กันได้ โดยไม่จำเป็นต้องสร้างเหมือนอย่างไวยากรณ์เพิ่มพูน (Generative Grammar) บทความนี้อธิบายแนวคิดทฤษฎีไวยากรณ์ภาษาที่เป็น X-bar ที่อธิบายโครงสร้างภายในวลี (Phrase Structure) การใช้ความน่าจะเป็นเพื่อถ่วงน้ำหนักแต่ละหน่วยคำในโครงสร้างประโยค และดูทุกความเป็นไปว่าโครงสร้างประโยคใดมีความน่าจะเป็นสูงสุด แนวทางการสร้างคลังต้นไม้ และการประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ

1. ความหมายและองค์ประกอบของคลังต้นไม้ไวยากรณ์

คลังต้นไม้ไวยากรณ์ (Treebank) เป็นคลังข้อมูลที่บรรจุประโยคจากภาษาธรรมชาติพร้อมการวิเคราะห์เชิงวากยสัมพันธ์ (Syntactic Analysis) ซึ่งแสดงในรูปแบบโครงสร้างต้นไม้ (Tree Structure) เพื่อสะท้อนความสัมพันธ์เชิงไวยากรณ์ระหว่างคำหรือวลีภายในประโยค โครงสร้างดังกล่าวอาจอยู่ในรูปแบบของโครงสร้างแบบวลี (Constituency Structure) หรือโครงสร้างแบบพึ่งพา (Dependency Structure) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวทางการวิเคราะห์ที่ใช้ [3], [4]

1.1 แนวคิดพื้นฐานของคลังต้นไม้ไวยากรณ์

แนวคิดของคลังต้นไม้ คือการจัดระบบข้อมูลภาษาโดยอ้างอิงจากโครงสร้างไวยากรณ์ที่มนุษย์สามารถตีความได้ ซึ่งทำให้สามารถนำไปฝึกแบบจำลองทางภาษาศาสตร์เชิงคำนวณ (Computational Linguistic Models) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบสำคัญของคลังต้นไม้ ได้แก่ คำที่ถูกตัดและชนิดของคำหรือวลีที่จัดกลุ่มตามหน้าที่ทางไวยากรณ์ และความสัมพันธ์เชิงพึ่งพาระหว่างคำ

1.2 องค์ประกอบหลักของคลังต้นไม้

คลังต้นไม้ไวยากรณ์โดยทั่วไปมีองค์ประกอบสำคัญดังนี้:

- ชุดข้อมูลข้อความต้นฉบับ ข้อความหรือประโยคที่ถูกคัดเลือกจากแหล่งต่าง ๆ เช่น ข่าวสาร วรรณกรรม หรือบทสนทนา เพื่อความหลากหลายเชิงรูปแบบและบริบท
- การตัดคำ (Word Segmentation) โดยเฉพาะภาษาไทยซึ่งไม่มีการเว้นวรรคระหว่างคำการตัดคำที่แม่นยำเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของคลังต้นไม้ [5] ซึ่งอาจต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญตรวจทาน
- การตัดแบ่งชนิดของคำ (Part-of-Speech Tagging) คำแต่ละคำจะถูกกำหนดชนิด เช่น NCMN (คำนามสามัญ), VACT (กริยากระทำ) โดยใช้ระบบแท็กที่เหมาะสมกับภาษาไทย เช่น Thai POS Tagset ของ NECTEC
- โครงสร้างต้นไม้ไวยากรณ์ (Syntactic Tree Structure) โครงสร้างนี้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างคำหรือวลีโดยอาจใช้แนวทาง Constituency หรือ Dependency
- คำอธิบายประกอบมาตรฐาน (Annotation Guideline) คลังต้นไม้ ที่ดีจะต้องมีคู่มือหรือแนวปฏิบัติที่สอดคล้องกันในการจัดวางโครงสร้าง เช่น Universal Dependencies Guidelines [4]
- รูปแบบข้อมูล (Data Format) – เช่น Bracketed format หรือ CoNLL-U format ซึ่งรองรับการนำไปใช้งานกับเครื่องมือวิเคราะห์ไวยากรณ์อัตโนมัติ

บทความวิชาการ

1.3 การเปรียบเทียบกับคลังต้นไม้ของภาษาอื่น

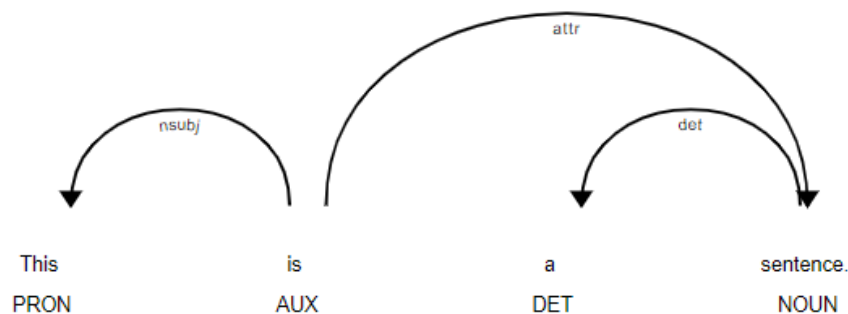
การเปรียบเทียบกับคลังต้นไม้ของภาษาอื่น ๆ แสดงให้เห็นถึงลักษณะเฉพาะของภาษาไทย ตัวอย่างเช่น:

- Penn Treebank (ภาษาอังกฤษ) ใช้โครงสร้างแบบวลี (Constituency-Based) โดยมีการจัดกลุ่มวลีชัดเจน และสามารถประยุกต์ใช้กับโมเดลทางภาษาศาสตร์หลากหลาย [3] มีการอ้างอิงกันมาก เพราะได้สร้างมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1989 และยังคงพัฒนาต่อเนื่อง โดยสมาคมข้อมูลภาษาศาสตร์ (Linguistic Data Consortium) การสร้างใช้ทั้งระบบอัตโนมัติและตรวจและแก้ไข โดยผู้เชี่ยวชาญของขั้นตอนการแบ่งประเภทของคำ (Part of Speech) การแจกประโยคและการเขียนประกอบคำอธิบายเพิ่มเติมสำหรับประโยคคำพูดที่ไม่สมบูรณ์
- Universal Dependencies (ภาษาต่าง ๆ) เป็นมาตรฐานโครงสร้างแบบพึ่งพาที่เน้นการสร้างคลังต้นไม้ข้ามภาษามีแนวทางการกำหนด “หัวคำ” (Head) และ “คำที่พึ่งพา” (Dependent) ที่สอดคล้องกันในหลายภาษา เช่น อังกฤษ ญี่ปุ่น จีน และไทย [4]
- Japanese Kyoto University Text Corpus ใช้คลังต้นไม้พึ่งพา เช่นเดียวกับภาษาไทย แต่ลักษณะการเรียงคำและการใช้คำช่วย (Particles) ทำให้สามารถวิเคราะห์โครงสร้างแบบพึ่งพาได้ชัดเจนกว่าภาษาไทยที่มีการละคำได้บ่อย เช่น การละประธานหรือกรรม [6]

ภาษาไทย มีลักษณะเด่นคือไม่มีการเว้นวรรคระหว่างคำ การละองค์ประกอบในประโยค เช่น ประธานหรือกรรม และการใช้คำหลายหน้าที่ในบริบทต่างกัน จึงทำให้การสร้างคลังต้นไม้ต้องใช้วิธีที่เหมาะสมกับธรรมชาติของภาษา เช่น การมีตัดคำเฉพาะทาง หรือการจัดกลุ่มคำแบบยืดหยุ่นมากขึ้น [7]

```
(S
  (NP-SBJ
    (NP (NNP Pierre) (NNP Vinken))
    (, ,)
    (ADJP (NP (CD 61) (NNS years)) (JJ old))
    (, ,))
  (VP
    (MD will)
    (VP
      (VB join)
      (NP (DT the) (NN board))
      (PP-CLR (IN as) (NP (DT a) (JJ nonexecutive) (NN director)))
      (NP-TMP (NNP Nov.) (CD 29)))
    (. .))
```

รูปที่ 1 ต้นไม้ไวยากรณ์ ของ Penn Treebank



รูปที่ 2 แผนภาพโครงสร้างความสัมพันธ์แบบพึ่งพา

1.4 ความสำคัญในการวิจัยและการประยุกต์ใช้

คลังต้นไม้ เป็นเครื่องมือสำคัญในหลายงานวิจัยและระบบประมวลผลภาษาธรรมชาติ เช่น:

- การฝึกโมเดลการแจกประโยค เช่น คลังต้นไม้อของ CG Treebank ก็ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นแหล่งข้อมูลภาษาไทยเพื่อนำไปฝึกแจกประโยคตามแบบไวยากรณ์เคทาโกเรียล

- การแปลภาษาด้วยเครื่อง
- การเข้าใจความหมายของประโยค
- การวิเคราะห์โครงสร้างของข้อความในงานวรรณกรรมหรือนิติศาสตร์

คลังต้นไม้จึงไม่เพียงแต่เป็นแหล่งข้อมูล แต่ยังเป็นรากฐานของเทคโนโลยีภาษาธรรมชาติที่มีความแม่นยำสูงในระดับเชิงไวยากรณ์

2. การสร้างคลังต้นไม้วิวยากรณ์ภาษาไทย

การสร้างคลังต้นไม้วิวยากรณ์ภาษาไทยมีความท้าทายหลายประการเนื่องจากภาษาไทยมีลักษณะเฉพาะทางวากยสัมพันธ์ที่ต่างจากภาษายุโรป เช่น การไม่มีการผันคำ การไม่มีการเว้นวรรคระหว่างคำ และการที่โครงสร้างประโยคสามารถละประธาน กริยา หรือกรรมได้โดยไม่ผิดไวยากรณ์ ด้วยเหตุนี้การออกแบบโครงสร้างไวยากรณ์สำหรับคลังต้นไม้อภาษาไทยจึงต้องอาศัยกรอบทฤษฎีทางภาษาศาสตร์ที่ยืดหยุ่นและเหมาะสม หนึ่งในทฤษฎีหลักที่ถูกนำมาใช้ คือ ทฤษฎี X-bar (X-bar Theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีโครงสร้างวากยสัมพันธ์ที่อยู่ภายใต้แนวทางไวยากรณ์เพิ่มพูน

2.1. ทฤษฎี X-bar กับกรอวิเคราะห์ไวยากรณ์

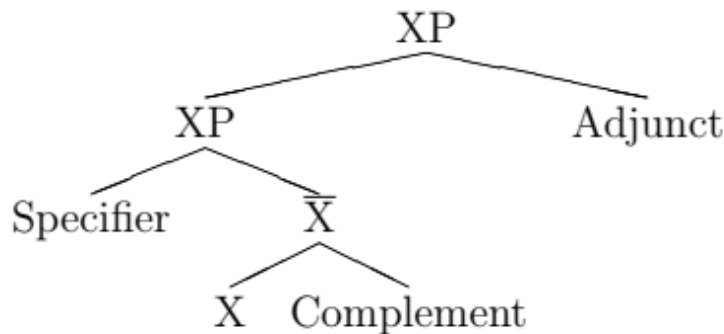
ทฤษฎี X-bar เป็นกรอบแนวคิดที่อธิบายโครงสร้างภายในวลี (Phrase Structure) โดยเสนอว่าองค์ประกอบไวยากรณ์ทุกประเภท (คำนาม กริยา คุณศัพท์ ฯลฯ) มีโครงสร้างร่วมกันในรูปแบบสามระดับ ได้แก่:

- X (head): ส่วนหัวของวลี
- X (X-bar): ระดับกลางซึ่งประกอบด้วยหัวและส่วนขยายบางส่วน
- XP (Maximal Projection): วลีทั้งหมด ซึ่งอาจรวมส่วนขยายด้านซ้าย (Specifier) และด้านขวา (Complement)

โดย XP ใช้เพื่อลดทอนจำนวนกฎให้น้อยลง โดยให้เหลือเพียงกฎเดียวแต่ครอบคลุมกฎทั้งหมด ในทฤษฎีเอ็กบาร์ (X') จึงลดเหลือเพียงกฎเดียว คือ $X' \rightarrow X (XP)$

บทความวิชาการ

โดยที่ X แทนหมวดหมู่คำหลัก เป็นตัวแปรสำหรับแทนประเภทของ N, V, Adj, Adv, P ให้ XP แทน NP, VP, AP, PP และ X' แทน N', V', Adj', Adv', P'



รูปที่ 3 โครงสร้างทั่วไปของ XP

ตัวอย่างเช่น ในภาษาอังกฤษ เช่น “The Big Dog” ถูกวิเคราะห์เป็น NP (Noun Phrase) ซึ่งมี “Dog” เป็น Head, “Big” เป็น Modifier และ “The” เป็น Specifier

เมื่อประยุกต์กับภาษาไทย เช่น วลี “สุนัขตัวใหญ่” โครงสร้างตาม X-bar จะเป็นดังนี้:

- XP = NP (Noun Phrase)
- Head = “สุนัข”
- Modifier = “ตัวใหญ่” (ซึ่งอาจเป็น part of NP หรือ AdjP แล้วแต่การตีความ)
- ไม่มี Specifier ชัดเจนในภาษาไทย ซึ่งแสดงให้เห็นข้อแตกต่างเชิงโครงสร้างระหว่างภาษาไทยกับภาษาอังกฤษ

2.2. การประยุกต์ใช้ X-bar กับไวยากรณ์ภาษาไทย

แม้ทฤษฎี X-bar จะถูกพัฒนามาจากการศึกษาภาษาอังกฤษและภาษาอินโด-ยูโรเปียนอื่น ๆ แต่ก็สามารถปรับประยุกต์เพื่อใช้อธิบายภาษาไทยได้ในหลายกรณี โดยต้องอาศัยการดัดแปลงบางประการ:

- Specifier: ภาษาไทยมักไม่ปรากฏ specifier ชัดเจนในวลี เช่น ไม่มีคำนำหน้านามเหมือน “The” หรือ “A” ดังนั้น NP ในภาษาไทยจึงมักประกอบด้วย Head และ Modifier เท่านั้น [5]
- คำลำดับ (Modifiers): ภาษาไทยสามารถมีคำขยายได้หลายรูปแบบ เช่น นามขยาย กริยาขยาย คุณศัพท์ขยาย ซึ่งต้องออกแบบโครงสร้างต้นไม้มให้องค์ประกอบความหลากหลายนี้ [5]
- โครงสร้างซ้อน: ภาษาไทยสามารถมีวลีซ้อนหลายชั้น เช่น “หนังสือของนักเรียนของโรงเรียน” ซึ่งต้องการการวิเคราะห์แบบ Recursive ตามแนวทางของ X-bar [8]
- การละองค์ประกอบ: ภาษาไทยสามารถละประธาน หรือกรรมในบางบริบท เช่น “กินข้าวแล้ว” ซึ่งต้องออกแบบโครงสร้างที่สามารถ “คาดหมาย” โหนดที่ถูกละได้ [9]

ด้วยข้อพิจารณาดังกล่าว การนำทฤษฎี X-bar มาใช้กับการสร้าง คลังต้นไม้มภาษาไทย จึงไม่ใช่การลอกแบบตรงจากภาษาอังกฤษ แต่เป็นการใช้แนวคิด “โครงสร้างไวยากรณ์ที่มีระดับชั้น” แล้วปรับให้เข้ากับลักษณะเฉพาะของภาษาไทย

บทความวิชาการ

2.3. ตัวอย่างโครงสร้างตาม X-bar ของภาษาไทย

ประโยค: “นักเรียนอ่านหนังสือ” สามารถวิเคราะห์ได้ในโครงสร้างแบบ Constituency โดยอิงทฤษฎี X-bar ดังนี้:

[S [NP นักเรียน] [VP [V อ่าน] [NP หนังสือ]]]

โดยสามารถเพิ่มระดับ X-bar ได้ เช่น

[S [NP [N' [N นักเรียน]]] [VP [V' [V อ่าน] [NP[N' [N หนังสือ]]]]]]

2.4. การถ่วงน้ำหนักด้วยความน่าจะเป็น

โครงสร้างประโยคที่เพิ่มค่าถ่วงน้ำหนักเรียกอีกชื่อว่า ไวยากรณ์ความน่าจะเป็นแบบไม่พึ่งบริบท (Probability Context Free Grammar) เป็นการตรวจทุกความเป็นได้ของต้นไม้ที่สร้างเป็นประโยค แล้ววัดว่าโครงสร้างประโยคใดมีความน่าจะเป็นสูงสุด

จากรูป 4 เมื่อนำมาคำนวณความน่าจะเป็นของต้นไม้โครงสร้างประโยคแรก และ ต้นไม้โครงสร้างที่สองได้ความน่าจะเป็นของต้นไม้ไวยากรณ์แบบที่สองมากกว่า

$$P(S_1) = 1.0 \times 0.1 \times 0.3 \times 0.7 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.18 \times 1.0 \times 0.1 = 0.000378$$

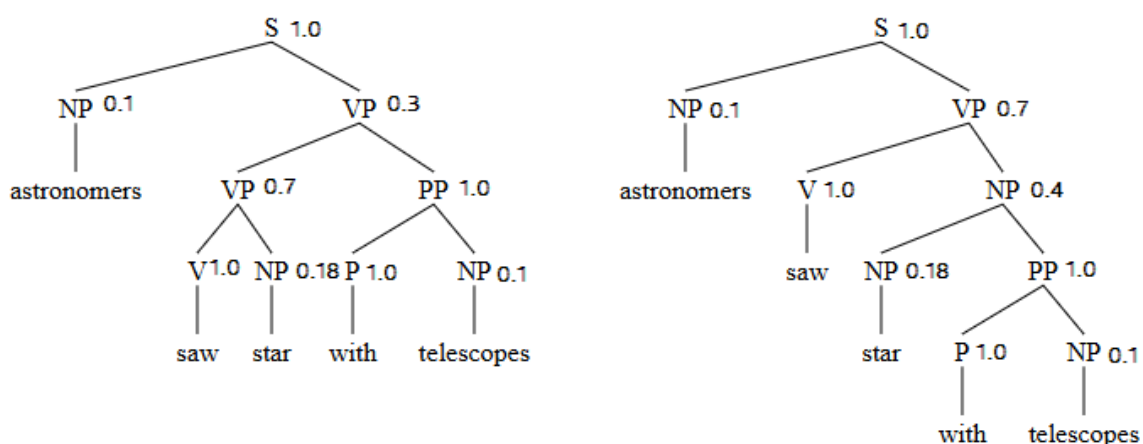
$$P(S_2) = 1.0 \times 0.1 \times 0.7 \times 1.0 \times 0.4 \times 1.8 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.1 = 0.000504$$

ดังนั้นโครงสร้างต้นไม้แบบที่สอง () มีโอกาสถูกสร้างได้มากกว่า

(S)

(NP astronomers)

(VP (V saw) (NP (NP star) (PP (P with) (NP telescopes))))) (p=0.000504)



รูปที่ 4 ต้นไม้ไวยากรณ์ ที่สร้างได้สองแบบ (ซ้าย และ ขวา)

บทความวิชาการ

2.5. การนำไปใช้งานในคลังต้นไม้ม

การกำหนดโครงสร้างต้นไม้โดยอิงทฤษฎี X-bar

- โครงสร้างมีความสม่ำเสมอและเป็นระบบ
- ง่ายต่อการวิเคราะห์อัตโนมัติและการสกัดคุณลักษณะทางไวยากรณ์
- สามารถนำไปฝึกแบบจำลองสังเคราะห์ประโยค (Syntactic Generation) ได้ดี
- รองรับการขยาย Treebank ไปยังวลีที่ซับซ้อนมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม ยังต้องมีการกำหนดอนุกรมวิธานของประเภทวลีและโหนดให้ชัดเจน เพื่อให้สามารถใช้ในเครื่องมือกับป้ายชื่อได้อย่างเป็นระบบ เช่น ในโครงการ Thai Treebank ของ NECTEC [10] ซึ่งเป็นโครงการที่พัฒนาต่อเนื่องจากคลังคำ Best [11]

3. มาตรฐานและแนวทางการจัดโครงสร้าง

การจัดโครงสร้างไวยากรณ์ในคลังต้นไม้มต้องอาศัยแนวทางที่ชัดเจนและสอดคล้องกัน เพื่อให้การวิเคราะห์ประโยคมีความแม่นยำสม่ำเสมอ และสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องมือภาษาศาสตร์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของภาษาไทย ซึ่งมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากภาษาในกลุ่มอินโด-ยูโรเปียน การกำหนดมาตรฐานจึงต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับโครงสร้างภาษาไทย ทั้งในระดับคำ วลี และประโยค

3.1. โครงสร้างระดับวลี (Phrase Structure)

ภาษาไทยเป็นภาษาที่มีโครงสร้างแบบวลีเป็นหลัก (Phrase-Based Language) ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งการจัดแบบ Constituency Tree และ Dependency Tree โดยที่การจัดโครงสร้างในระดับวลีควรพิจารณาองค์ประกอบต่อไปนี้:

- วลีคำนาม (NP - Noun Phrase): เช่น “นักเรียนหญิงเก่ง” โดย “นักเรียน” เป็นแกน (Head) ของวลี
- วลีกริยา (VP - Verb Phrase): เช่น “อ่านหนังสือ”
- วลีบุพบท (PP - Prepositional Phrase): เช่น “ในห้องเรียน” ซึ่งเริ่มต้นด้วยคำบุพบท
- วลีกริยาวิเศษณ์ (AdvP - Adverbial Phrase): เช่น “อย่างรวดเร็ว”

แต่ละวลีควรแยกโครงสร้างภายในให้ชัดเจนตามบทบาทในประโยค เช่น ตำแหน่งประธาน (Subject), กรรมตรง (Direct Object), กรรมรอง (Indirect Object), ส่วนขยาย (Modifier) เป็นต้น [8]

3.2. มาตรฐานการแท็กชนิดวลีและโหนด (Constituent Labels)

โหนดต่าง ๆ ในต้นไม้ควรมีการกำหนดชื่อมาตรฐาน เพื่อให้สามารถวิเคราะห์หรือแปลงข้อมูลได้อย่างมีระบบ โดยทั่วไปจะใช้ชื่อเช่น:

- S: ประโยค (Sentence)
- NP: วลีคำนาม
- VP: วลีกริยา
- PP: วลีบุพบท
- ADJP: วลีคุณศัพท์
- ADVP: วลีกริยาวิเศษณ์
- N, V, PRP, AUX, etc.: ชนิดคำที่เป็น โหนดปลายทาง (Terminal Nodes)

บทความวิชาการ

ในกรณีภาษาไทย อาจมีการเพิ่มโหนดเฉพาะ เช่น CL (Classifiers - ลักษณะนาม), PART (คำช่วย), หรือ NEG (คำปฏิเสธ) ซึ่งจำเป็นสำหรับการตีความไวยากรณ์ในบริบทของภาษาไทย [12]

3.3. การจัดการลำดับคำและการละองค์ประกอบ

ภาษาไทยมีลำดับคำแบบ SVO (ประธาน – กริยา – กรรม) เป็นหลัก แต่สามารถสลับได้ในบางบริบท เช่น การย้ายกรรมขึ้นต้นเพื่อเน้นหรือการละประธานเมื่อทราบจากบริบท เช่น:

- “เขากินข้าวแล้ว” → “กินข้าวแล้ว”
- “ข้าวเขากินแล้ว” (เพื่อเน้น “ข้าว”)

โครงสร้างต้นไม้ต้องสามารถรองรับการละประธานหรือกรรมโดยแสดงโหนดที่ถูกละ (Null Nodes) หรือโดยใช้แท็กพิเศษ เช่น PRO หรือ $\emptyset$ เพื่อแสดงองค์ประกอบที่แฝงอยู่ [7]

3.4. ความสอดคล้องกับมาตรฐานสากล

แม้จะเน้นลักษณะเฉพาะของภาษาไทย การสร้างคลังต้นไม้ที่ดีควรคำนึงถึงความสามารถในการใช้งานร่วมกับมาตรฐานสากล เช่น:

- Penn Treebank-style: เน้นการแบ่ง Constituent Structure แบบ Top-down และการแท็ก POS แบบละเอียด [3]
- Universal Dependencies (UD): มาตรฐานระดับการพึ่งพา ที่ใช้ได้กับหลายภาษารวมทั้งภาษาไทย โดยมีการปรับปรุง Schema ให้สอดคล้องกับภาษาที่มีโครงสร้างไม่เป็นเชิงรูป (Non-Inflectional) เช่น ไทย ลาว และ เวียดนาม [8]

สำหรับภาษาไทยมีโครงการที่ใช้แนวทาง UD อย่างเป็นระบบ ได้แก่ Thai UD Treebank โดย NECTEC และ โครงการ TWT (Thai Word Treebank) ซึ่งจัดโครงสร้างแบบ พึ่งพา พร้อม POS tagging แบบ Universal POS [13]

3.5 แนวทางการวิเคราะห์ไวยากรณ์เฉพาะของภาษาไทย

การจัดการคำหลายบทบาท: คำเดียวกันในภาษาไทยอาจเป็นได้ทั้งคำนาม กริยา หรือคำวิเศษณ์ เช่น “เดิน” → เดิน (V), ทางเดิน (N), เดินเร็ว (Adv) ซึ่งต้องอาศัยบริบทและแนวทาง Annotation ที่ชัดเจน [9]

คำลักษณนาม: ภาษาไทยมีลักษณนาม ซึ่งไม่พบในภาษาอังกฤษ เช่น “นักเรียน สอง คน” → “สอง” เป็นตัวเลข “คน” เป็นลักษณนาม ต้องแยกออกจากคำนามหลัก [8]

คำช่วยและอนุภาค: เช่น “นะ”, “สิ”, “จิ”, “ละ”, “ละ”, ซึ่งมีความสำคัญในระดับวัจนปฏิบัติ (Pragmatics) และควรมีแท็กเฉพาะ เช่น PART หรือ INTJ เพื่อแสดงหน้าที่

ตัวอย่างโครงสร้างต้นไม้ (แบบ Constituency)

[S [NP [N นักเรียน]] [VP

[V กิน]

[NP

[NUM สอง]

[CL คน]

[N ข้าว]]]

บทความวิชาการ

3.6 ข้อเสนอแนะ

การกำหนดมาตรฐานที่ดีควรประกอบด้วย:

- คู่มือการจัดโครงสร้างที่ครอบคลุมกรณีหลากหลาย
- ตารางคำย่อของ Constituent Types และ POS tags
- ระบบการตรวจสอบความสอดคล้องของโครงสร้าง (Tree Validation Tools)
- การจัดทำตัวอย่าง เพิ่มคำอธิบาย (Annotated) ที่มีความหลากหลายและครอบคลุมลักษณะภาษาไทย

4. การประยุกต์ใช้

คลังต้นไม้ไวยากรณ์ภาษาไทยมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีทางภาษาศาสตร์คอมพิวเตอร์ เนื่องจากเป็นแหล่งข้อมูลเชิงโครงสร้าง (Syntactic Structure) ที่ได้รับการตรวจสอบและจัดระเบียบแล้วอย่างเป็นระบบ คลังต้นไม้ที่มีคุณภาพจะช่วยยกระดับความแม่นยำของระบบประมวลผลภาษาธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับภาษาไทยซึ่งมีความซับซ้อนในเชิงวากยสัมพันธ์อย่างมาก

4.1. การพัฒนาระบบวิเคราะห์ไวยากรณ์อัตโนมัติ

หนึ่งในประโยชน์หลักของคลังต้นไม้คือการใช้เป็นข้อมูลฝึก (Training Data) สำหรับสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์โครงสร้างประโยคอัตโนมัติไม่ว่าจะเป็นแบบ Constituency Parsing หรือ Dependency Parsing ซึ่งเป็นรากฐานของการแปลภาษาการทำความเข้าใจความหมายของประโยค และระบบถามตอบในภาษาไทย [5]

ตัวอย่างเช่น Thai Dependency Treebank ที่พัฒนาโดย NECTEC ได้ถูกนำไปใช้ในระบบที่ใช้โมเดลแบบการเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร (Machine Learning) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เช่น BERT-Based Parsers สำหรับภาษาไทย ซึ่งสามารถลดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์โครงสร้างไวยากรณ์ลงได้อย่างมีนัยสำคัญ [13]

4.2. การปรับปรุงระบบแปลภาษา

การแปลภาษาอัตโนมัติ (เช่น Thai-English หรือ Thai-Chinese) จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อระบบสามารถเข้าใจโครงสร้างวลีและบทบาทของคำในประโยคอย่างถูกต้อง คลังต้นไม้ช่วยให้แบบจำลองทราบได้ว่าคำใดเป็นประธาน กริยา หรือกรรม ซึ่งมีผลต่อการจัดลำดับคำและการรักษาความหมายที่ถูกต้องในภาษาปลายทาง [14]

คลังต้นไม้ภาษาไทยที่เชื่อมโยงกับ คลังต้นไม้ ของภาษาอื่น (Parallel Treebanks) ยังสามารถใช้ในงาน Cross-Lingual Alignment และการระบบฝึกการแปลแบบ Supervised ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3. การสกัดคุณลักษณะทางวากยสัมพันธ์ (Syntactic Feature Extraction)

คลังต้นไม้ช่วยในการสกัดคุณลักษณะเชิงไวยากรณ์ เช่น รูปแบบวลี ความลึกของต้นไม้ ตำแหน่งของประธานหรือกรรม ซึ่งสามารถนำไปใช้ในหลายงาน เช่น:

- การตรวจสอบความถูกต้องของประโยค (Grammar Checking)
- การประเมินความซับซ้อนของข้อความ (Text Complexity)
- การสร้างประโยคในระบบสนทนา (Natural Language Generation)

โดยเฉพาะกับภาษาไทยซึ่งมักมีการละองค์ประกอบ เช่น ประธาน หรือกรรม คลังต้นไม้ที่เพิ่มคำอธิบายอย่างละเอียดจะช่วยระบุส่วนที่แฝงอยู่ และเป็นฐานข้อมูลสำหรับระบบทำความเข้าใจภาษา (Natural Language Understanding) ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

บทความวิชาการ

4.4. การวิจัยภาษาศาสตร์เชิงคำนวณ (Computational Linguistics)

Treebank ภาษาไทยยังเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญสำหรับการศึกษาคูณลักษณะทางไวยากรณ์ เช่น:

- ความแตกต่างเชิงวากยสัมพันธ์ระหว่างถ้อยความระดับปากกับระดับทางการ
- การศึกษาโครงสร้างที่ไม่ตรงตามไวยากรณ์ (Ill-Formed Syntax)
- การวิเคราะห์โครงสร้างซ้อนและความไม่ชัดเจนในการตีความ (Ambiguity)

คลังต้นไม้มักมีการเพิ่มคำอธิบาย อย่างพิถีพิถัน เช่น คลังต้นไม้ภาษาไทยของโครงการ NECTEC หรือ Thai UD Treebank ช่วยให้กวีวิจัยสามารถตรวจสอบข้อสันนิษฐานทางภาษาศาสตร์ได้จากข้อมูลจริงขนาดใหญ่

4.5. การสอนภาษาไทยและภาษาศาสตร์

ในด้านการศึกษาค้นต้นไม้อไวยากรณ์ภาษาไทยสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือการสอนสำหรับ:

- การสอนหลักไวยากรณ์ไทย
- การสอนภาษาศาสตร์เชิงวิเคราะห์ การวิเคราะห์เพื่อการสอนบนพื้นฐานของคลังคำ (Comprehensive Of Corpus-Based Instruction) ซึ่งเป็นวิธีที่นำภาษาที่ใช้งานจริงมาใช้ในการสอน ซึ่งพบว่ามีส่วนช่วยยกประสิทธิภาพประสิทธิภาพการเรียนรู้ภาษาได้สูงขึ้น [15]
- การเปรียบเทียบโครงสร้างภาษาต่าง ๆ

ผู้เรียนสามารถมองเห็นภาพรวมของโครงสร้างประโยค และเข้าใจบทบาทของคำแต่ละชนิดได้จากต้นไม้อไวยากรณ์ ซึ่งดีกว่าการอธิบายด้วยข้อความล้วน นอกจากนี้ยังช่วยให้เข้าใจการใช้ภาษาที่ถูกต้องตามบริบท และลดการสับสนในการใช้คำที่มีหลายบทบาทในภาษาไทย

5. บทสรุป

คลังต้นไม้อไวยากรณ์ภาษาไทยเป็นทรัพยากรภาษาศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีภาษาธรรมชาติในบริบทของภาษาไทย บทความนี้ได้เสนอภาพรวมของแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับคลังต้นไม้อ โดยชี้ให้เห็นถึงความหมาย องค์ประกอบ โครงสร้าง และมาตรฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างคลังต้นไม้อที่มีความสอดคล้องและสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้

การสร้างคลังต้นไม้อไวยากรณ์สำหรับภาษาไทยนั้นมีความท้าทาย เนื่องจากลักษณะเฉพาะทางไวยากรณ์ของภาษาไทย เช่น การละประธาน การไม่มีการผันคำตามกาล หรือพหูพจน์ และการใช้ลักษณนาม ซึ่งต้องอาศัยทฤษฎีวากยสัมพันธ์ เช่น ทฤษฎี X-bar ในการจัดโครงสร้างวลี และการกำหนดมาตรฐานที่เหมาะสมกับบริบทของภาษาไทยโดยเฉพาะ

คลังต้นไม้อ ที่ได้รับการจัดทำอย่างเป็นระบบมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาระบบวิเคราะห์ไวยากรณ์อัตโนมัติ ระบบแปลภาษา การทำความเข้าใจภาษา การสกัดคุณลักษณะทางวากยสัมพันธ์ ตลอดจนการศึกษาและการสอนภาษาไทย โดยเฉพาะในยุคที่การประมวลผลภาษาด้วยปัญญาประดิษฐ์ คลังต้นไม้อต้องการข้อมูลเชิงโครงสร้างที่มีคุณภาพสูง

ท้ายที่สุดคลังต้นไม้อไวยากรณ์ภาษาไทยไม่เพียงแต่เป็นทรัพยากรเชิงเทคนิค หากยังเป็นฐานข้อมูลที่มีคุณค่าในเชิงภาษาศาสตร์ วัฒนธรรม และการอนุรักษ์ภาษา ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดในงานวิจัยและนวัตกรรมด้านภาษาศาสตร์คอมพิวเตอร์ของไทยได้หลากหลาย

เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Ruangritpakorn, K. Trakultaweekoon, and T. Supnithi, "A syntactic resource for Thai: CG treebank," in *Proc. of the 7th Workshop on Asian Language Resources*, pp. 96-101, 2009. (in Thai)
- [2] S. Sudprasert, "A Dependency Tree Annotation Manual for Thai Language (Version 1.4)," 2008. [Online]. Available: <http://github.com/crishoj/thcg>. [Accessed: May 30, 2024]. (in Thai)
- [3] M. P. Marcus, B. Santorini, and M. A. Marcinkiewicz, "Building a large annotated corpus of English: The Penn Treebank," *Computational Linguistics*, vol. 19, no. 2, pp. 313–330, 1993.
- [4] J. Nivre, M.-C. de Marneffe, F. Ginter, Y. Goldberg, J. Hajič, C. D. Manning, et al., "Universal Dependencies v1: A multilingual treebank collection," in *Proc. of the 10th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC)*, 2016.
- [5] K. Kosawat, M. Boriboon, T. Charoenporn, and V. Sornlertlamvanich, "The Thai National Corpus (TNC): Corpus-based linguistic resources for Thai language processing," in *Proc. of the 7th Workshop on Asian Language Resources*, 2009.
- [6] H. Isahara, C. Kruengkrai, and S. Shirai, "Thai Treebank and applications," in *Proc. 6th Workshop on Asian Language Resources (ALR)*, Hyderabad, India, pp. 65–72, 2008.
- [7] P. Boonkwan, N. Thanachart, and T. Charoenporn, "Thai Dependency Treebank: Annotation guideline and corpus," in *Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'16)*, pp. 1234-1240, 2016.
- [8] T. Aroonmanakun, "Issues in tagging and parsing the Thai language," in *Proc. 17th Pacific Asia Conf. on Language, Information and Computation (PACLIC 17)*, Sentosa, Singapore, pp. 219–226, 2003.
- [9] C. Wirote and V. Sornlertlamvanich, "Thai grammar extraction using statistical and rule-based approach," in *Proc. 4th Int. Conf. on Language Resources and Evaluation (LREC'04)*, Lisbon, Portugal, 2004.
- [10] NECTEC, "Thai Treebank Project: Guidelines and Corpus Development," 2010. [Online]. Available: <http://www.thaicorpora.net>. [Accessed: Jun. 9, 2023]. (in Thai)
- [11] K. M. K. Boriboon, K. Kriengkiet, P. Chootrakool, S. Phaholphinyo, S. Purodakananda, T. Thanakulwarapas, and K. Kosawat, "Best corpus development and analysis," in *Proc. 2009 Int. Conf. on Asian Language Processing*, pp. 322–327, 2009.
- [12] J. Nivre, M.-C. de Marneffe, F. Ginter, J. Hajič, C. D. Manning, S. Pyysalo, S. Schuster, F. Tyers, and D. Zeman, "Universal Dependencies v2: An evergrowing multilingual treebank collection," *arXiv preprint arXiv:2004.10643*, 2020.
- [13] S. Sornlertlamvanich, K. Charoenporn, and T. Aroonmanakun, "A deep syntactic parsing approach for Thai using Universal Dependencies," in *Proc. 34th Pacific Asia Conf. on Language, Information and Computation (PACLIC 34)*, 2020.
- [14] A. Piamsa-Nga, "Improving Thai-English machine translation via syntactic reordering based on treebank," *Kasetsart Journal of Social Sciences*, vol. 39, no. 2, pp. 235–244, 2018. (in Thai)
- [15] D. Li, N. Noordin, L. Ismail, and D. Cao, "A systematic review of corpus-based instruction in EFL classroom," *Heliyon*, vol. 11, no. 2, pp. 1–14, 2025.