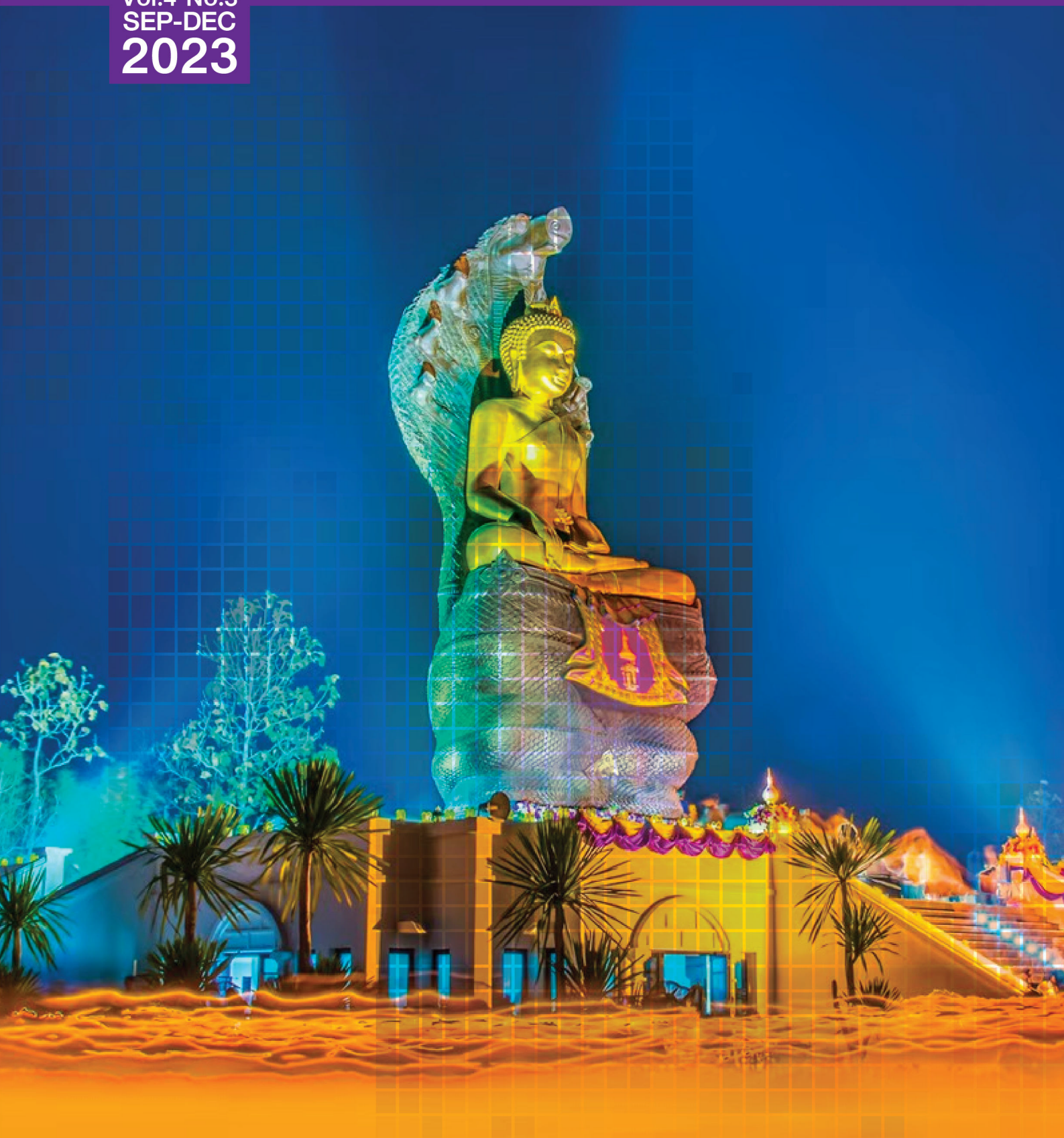
JSID

The Journal of Spatial Innovation Development

ปีที่ 4 ฉบับที่ 3
ก.ย.-ธ.ค. 2566
Vol.4 No.3
SEP-DEC
2023

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา



ภาพ : งานสื่อสารองค์กร มหาวิทยาลัยพะเยา

ISSN 2730-1494 (Online)

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่

The Journal of Spatial Innovation Development (JSID)

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีที่ 4 ฉบับที่ 3 กันยายน–ธันวาคม พ.ศ. 2566

Vol.4, No.3, September–December, 2023

ISSN: 2730–1494 (Online)

เจ้าของ: สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
มหาวิทยาลัยพะเยา 19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา 56000
โทรศัพท์ : 054-466666 ต่อ 2314

กำหนดออก: ปีละ 3 ฉบับ

วัตถุประสงค์: 1) เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการประยุกต์ใช้ ตลอดจนสาขาอื่นที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์เชิงพื้นที่และการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่
2) เพื่อส่งเสริมให้นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไป มีโอกาสเผยแพร่ผลงานวิชาการด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการประยุกต์ใช้ และการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่
3) เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างบุคลากรทางการศึกษาและผู้ที่สนใจด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการประยุกต์ใช้ และการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่

เว็บไซต์ : http://rusid.ict.up.ac.th/index.php/rusidjournal/index

อีเมล์ : rusid@up.ac.th

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไป ได้เผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการ ด้านนวัตกรรม เทคโนโลยี องค์ความรู้ กระบวนการที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนา แก้ไขปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อพื้นที่ องค์กร หน่วยงาน และชุมชนท้องถิ่น ปัจจุบันวารสารผ่านการประเมินจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย อยู่ในฐาน 2 (TCI2) ทุกบทความจะผ่านขั้นตอนกระบวนการพิจารณาจากกองบรรณาธิการ ซึ่งประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 ท่าน แบบผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แต่งไม่ทราบชื่อกันและกัน (double-blind review) เพื่อประเมินคุณภาพบทความ แล้วส่งกลับไปยังผู้นิพนธ์เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ก่อนการตีพิมพ์

วารสารฯ ฉบับประจำปีที่ 4 ฉบับที่ 3 เนื้อหาประกอบด้วย 8 บทความวิจัย เป็นการประยุกต์ใช้สารสนเทศในจังหวัดพะเยา 5 เรื่อง ได้แก่ 1) ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา 2) การประเมินคุณภาพเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ตามแนวทางเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้ (WCAG) 3) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติกับแบบออนไลน์วิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ของนิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 2 มหาวิทยาลัยพะเยา 4) การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะเพื่อการกำหนดเส้นทางของรถขนขยะและสนับสนุนการจัดการขยะอัจฉริยะในเทศบาลตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา และ 5) การนำเสนอพระพุทธรูปหินทรายของช่างพะเยาเสมือนจริงเสมือนจริง (ภาษาอังกฤษ) ส่วน 3 บทความที่เหลือ เป็นการถอดบทเรียนการจัดการน้ำ: กรณีศึกษาพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว “การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ถ้ำผาไท จังหวัดลำปาง” และ การเพิ่มประสิทธิภาพการเข้าถึงข้อมูลในงานสำรวจเชิงพื้นที่ โดยใช้เทคนิคการสร้างดรรชนี สำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ภายใต้รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ หวังว่าน่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และนักวิชาการในงานด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและศาสตร์สาขาอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไป

ในนามกองบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณผู้นิพนธ์ทุกท่านที่ได้ส่งบทความเข้ารับการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิที่เสียสละเวลาในการพิจารณาตรวจสอบและกลั่นกรองบทความ ตลอดจนคณะที่ปรึกษา ที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านจนทำให้วารสารฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่มุ่งหมายไว้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นครินทร์ ชัยแก้ว

บรรณาธิการ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาประเมินบทความ
วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ (JSID)
ประจำปีที่ 4 ฉบับที่ 3 กันยายน–ธันวาคม พ.ศ. 2566
(Vol.4, No.3, September– December, 2023)

รายชื่อ	**หน่วยงาน**
รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา นาคะภากร	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูเดช โลศิริ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล จี้ฟู	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์ เมฆแสงสวย	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รังสรรค์ เกตุอ๊อต	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ลิมปิยากร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติรัตน์ ปั้นบำรุงกิจ	สถาบันเอเชียศึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสาร อินทเจริญ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต แสงประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย ชูสำโรง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชระพงษ์ ว งศ์สกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาติยะ พัฒนาศักดิ์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ลิมปิยากร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชระพงษ์ วงศ์สกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์วรา รัตนโอภาส	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วุฒิชัย อินทร์แก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ดร.รวี รัตนาคม	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต
ดร.มนตรี พิมพ์ใจ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ดร.รัชพล สัมพุทธานนท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.จำรูญ ศรีชัยชนะ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
ดร.นัฐพงษ์ พวงแก้ว	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร.เอนก ศรีสุวรรณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ดร.ศศิน จันทร์พวงทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ดร.ภาณุ อุทัยศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ภูริต มีพร้อม	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์พงศ์พล ปลอดภัย	สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

สารบัญ

บทความวิจัย

Table of Contents

Research Article

ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

วราพงษ์ คล่องแคล่ว[1*], โกลัญญา ตายะ[1] และ นครินทร์ ชัยแก้ว[2]

Factors Affecting Organizational Commitment of Employee of School of Information and Communication Technology, University of Phayao

Warapong Klongklaew[1*], Kolunya Taya[1] and Nakarin Chaikeaw[2]

[1] School of Information and Communication Technology University of Phayao, 56000

[2] Research Unit of Spatial Innovation Development, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, 56000

[*]Corresponding author: wrp_kk@hotmail.com

Received: July 3, 2023; Revised: August 22, 2023; Accepted: September 4, 2023

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความผูกพันต่อองค์กรและเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร มีกลุ่มเป้าหมายพนักงานสายบริการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา เครื่องที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบสอบถาม มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาพบว่า ระดับความผูกพันต่อองค์กรที่มีระดับมาก ได้แก่ ด้านผู้บริหาร, ด้านองค์กร, ด้านลักษณะงานที่ทำ, ด้านเพื่อนร่วมงาน และระดับความผูกพันต่อองค์กรที่มีระดับปานกลาง ได้แก่ ด้านค่าตอบแทน และการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรของพนักงานสายบริการมีปัจจัยดังนี้ 1) ปัจจัยด้านเพศต่อความผูกพันต่อองค์กร เพศชายมีความผูกพันต่อองค์กรที่มากกว่าเพศหญิง 2) ปัจจัยด้านอายุต่อความผูกพันต่อองค์กร ในช่วงอายุระหว่าง 41–50 ปี มีความผูกพันต่อองค์กรที่ มากกว่าในช่วงอายุระหว่าง 30–40 ปี 3) ปัจจัยด้านระยะเวลาในการปฏิบัติงานต่อความผูกพันต่อองค์กร พบว่า อันดับที่ 1 ช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานระหว่าง 3 – 5 ปี อันดับที่ 2 ในช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานมากกว่า 10 ปี และอันดับที่ 3 ช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานระหว่าง 6–10 ปี โดยผลการศึกษาถูกนำไปใช้ในการจัดทำแผนพัฒนาบุคลากรสายบริการในปีงบประมาณ 2567 ในส่วนของการส่งเสริมการอบรมการประเมินค่างานตำแหน่งกลุ่มวิชาชีพ และจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานของพนักงานสายบริการเพื่อให้รับตำแหน่งชำนาญการต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ความผูกพัน, องค์กร, พนักงานสายบริการ

---

[1] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

The study aimed to investigate factors influencing the organizational commitment of service-oriented employees in the School of Information Technology and Communication, University of Phayao. The objectives were to study the level of organizational commitment and identify the factors affecting it. The target group consisted of service-oriented employees in the School of Information Technology and Communication, University of Phayao. The study employed a questionnaire as its research instrument and utilized data analysis methods such as percentages, means, and standard deviations.

The study found that high levels of organizational commitment were observed in the following areas: management, organization, job characteristics, and co-workers. Moderate levels of organizational commitment were found in terms of compensation and factors affecting the organizational commitment of service-oriented employees. The identified factors were as follows: Gender: Male employees exhibited higher organizational commitment compared to female employees. Age: Employees within the age range of 41-50 displayed greater organizational commitment than those aged between 30-40. Length of Service: The ranking of organizational commitment based on years of service indicated that the highest commitment was observed in the 3-5 years range, followed by over 10 years, and then 6-10 years. The study's findings were applied to the development of a service-oriented employee development plan for the fiscal year 2024. This plan encompasses promoting training, evaluating job positions, and creating a work practice guide for service-oriented employees to prepare for advanced specialized positions in the future.

Keywords: Commitment, Organizational, Employee

[2] หน่วยวิจัยเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

บทนำ

ตามแผนพัฒนาบุคลากรมหาวิทยาลัยพะเยา พ.ศ. 2563–2567 (มหาวิทยาลัยพะเยา, 2563) การบริหารงานทันสมัยด้วยธรรมาภิบาล (Good Governance) และเรียนรู้เปลี่ยนแปลงร่วมกันมีระเบียบข้อบังคับและประกาศกำหนด ในการบริหารคนบริหารงาน ด้วยความโปร่งใสเป็นธรรมและตรวจสอบได้ เพื่อเป้าหมายองค์กรที่ดีมีคุณภาพและประโยชน์สุขของบุคลากร มีระบบ และกลไกควบคุมการบริหารงานด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยในทุกระดับ ยกระดับศักยภาพของบุคลากร ทั้งผู้บริหาร บุคลากรสายวิชาการ และบุคลากรสายสนับสนุนให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงกับบริบทของสังคมไทยและสังคมโลกที่เปลี่ยนแปลงไป บุคลากรมี Mindset ของการทำงานและการบริหารร่วมกัน และมีภาวะความเป็นผู้นำ (Leadership) และผู้ตามในโลกใหม่ เปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องมีส่วนร่วมรับรู้และแสดงความคิดเห็น ในการดำเนินงานเพื่อกระบวนการมีส่วนร่วม สร้างความรู้ความเข้าใจในนโยบาย และเป้าหมายการดำเนินงานในพันธกิจต่าง ๆ กระตือรือร้น ในการแก้ปัญหา โดยส่งเสริมให้บุคลากรมีความรู้สึกว่าตนเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร มีความเต็มใจและมุ่งมั่นที่จะใช้ความพยายามอย่างเต็มที่ที่จะปฏิบัติงานเพื่อองค์กรและมีความจงรักภักดีต่อองค์กร รวมทั้งให้บุคลากรได้รับค่าตอบแทนและสวัสดิการที่ดี ส่งผลให้บุคลากรเกิดความมั่นคง มีความสุขในการทำงานและเกิดความผูกพันต่อองค์กรสมรรถนะของพนักงานพนักงานสายสนับสนุน ใน 6 ด้าน ได้แก่ 1) มุ่งผลสัมฤทธิ์ (Achievement Motivation) 2) บริการที่ดี (Service Mind) 3) เชี่ยวชาญในงานอาชีพ (Expertise) 4) ทำงานเป็นทีม (Teamwork) 5) ยึดมั่นในคุณธรรมและจรรยาบรรณพนักงาน (Integrity) และ 6) มุ่งสานความคิดสร้างจิตใจ ให้เกิดพลังความสามัคคี ร่วมสร้างสิ่งที่ดีให้มหาวิทยาลัยพะเยา ได้รับการยอมรับจากชุมชน สังคม ประเทศชาติ และนานาชาติ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จึงนำแผนพัฒนาบุคลากรมหาวิทยาลัยพะเยา มาทำยุทธศาสตร์ ที่ 5 การบริหารงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยยึดหลักธรรมาภิบาล การบริหารจัดองค์กรที่มีประสิทธิภาพย่อมสามารถผลักดัน การดำเนินงาน ๆ ได้อย่างมีประสิทธิผลทั้งนี้ต้องบริหารจัดการ ควบคุมดูแลโดยยึดหลักธรรมภิบาล โปร่งใสและสามารถตรวจสอบได้ โดยมีเป้าประสงค์ 1) พัฒนาองค์กรสู่ความเป็นเลิศและยั่งยืน 2) บริหารงานเชิงรุกที่มีประสิทธิภาพและตรวจสอบได้ และ 3) บุคลากรมีประสิทธิภาพ มุ่งวิสัยทัศน์เดียวกันได้มีการจัดทำโครงการสร้างขวัญกำลังใจให้กับบุคลากร มุ่งพัฒนาสมรรถนะของบุคลากรให้สอดคล้องกับงานส่งเสริมบรรยากาศ และคุณภาพชีวิตในการทำงานที่ดีมีสวัสดิการที่เหมาะสมเพื่อเสริมสร้างขวัญกำลังใจและทัศนคติที่ดีในการทำงาน เพื่อให้บุคลากรสายสนับสนุนมีจิตสำนึกในการรักคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและมหาวิทยาลัยพะเยา (แผนยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2564)

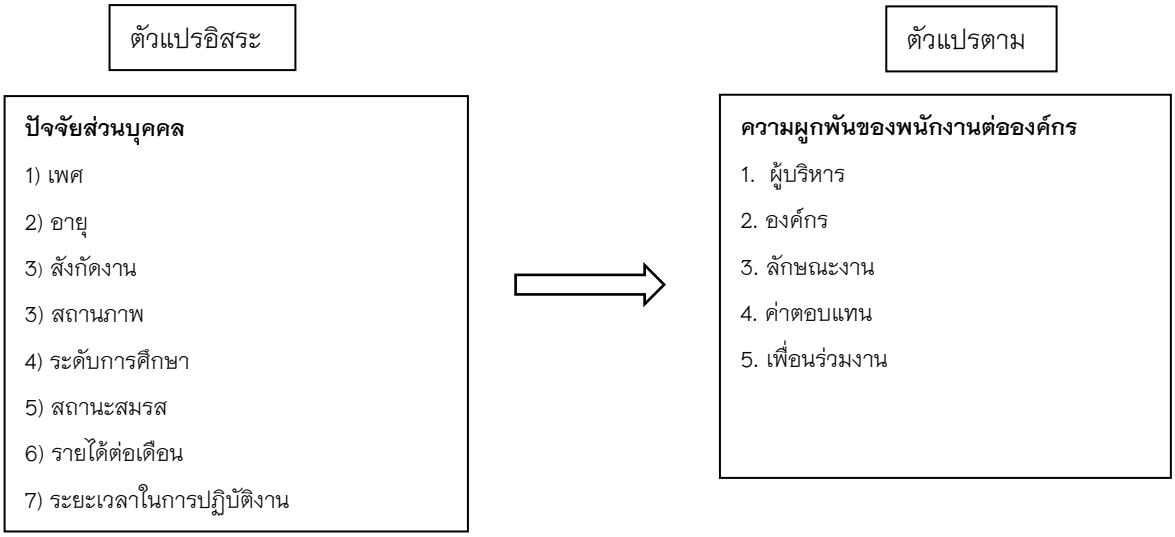
จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาวิจัย เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อทราบถึงระดับความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และนำผลการศึกษาสามารถนำไปปรับปรุงปัจจัยต่าง ๆ สร้างความผูกพันต่อขององค์กรกับพนักงาน ซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่องค์กร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

กรอบแนวความคิดในการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวความคิดการวิจัย

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับความผูกพันต่อองค์กร ความผูกพันต่อองค์กรมีความสำคัญ เนื่องจากเป็นความปรารถนาที่จะอยู่ต่อ หรือลาออกจาก องค์กร ขณะที่การลาออกและการจ้างพนักงานใหม่มีความเกี่ยวข้องกับความผูกพันต่อองค์การ เช่น การขาดงาน พฤติกรรมการเป็นสมาชิกขององค์กร และผลการปฏิบัติงาน เป็นต้น การที่บุคคลจะมี ลักษณะเฉพาะตัว รวมถึงบุคลิกภาพและความสามารถในการปรับตัวของบุคคลเพื่อที่จะรวมกลุ่มอยู่ในสังคมได้นั้นต้องสร้างความผูกพันให้เกิดขึ้นก่อน Allen and Meyer (1990. อ้างถึงใน สุพิชฌาย์ ลิ้มตระกูลไทย, 2561) ได้ทำการศึกษาเรื่องความผูกพันต่อองค์การในเรื่องของความผูกพันทางด้านทัศนคติเป็นสภาวะทางจิตใจของบุคคลที่มีต่อองค์การ มีองค์ประกอบ 3 ด้าน โดยได้ให้ความหมายของความผูกพันต่อองค์การ ในแต่ละด้านดังนี้ 1) ความผูกพันต่อองค์การด้านความรู้สึก 2) ความผูกพันต่อองค์การด้านความต่อเนื่อง 3) ความผูกพันที่เกิดจากบรรทัดฐานของสังคม

พนักงานสายบริการ หมายถึงบุคคลที่มีหน้าที่บริการและสนับสนุนการเรียนการสอนและกิจกรรมต่าง ๆ ของคณะฯ มหาวิทยาลัย มีภารกิจที่ได้รับมอบหมายต่าง ๆ กัน เช่น งานสารบัญ งานบุคคล งานวิชาการ งานกิจการนิสิต งานการเงินและวัสดุ งานนโยบายและแผน งานสื่อสารองค์กร งานคอมพิวเตอร์ งานบริการวิชาการ และงานวิจัย และอื่น ๆ โดยปฏิบัติงานต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวก และบริการ อาจารย์ผู้สอน นิสิตนักศึกษา และหน่วยงานทั้งภายในและภายนอก มหาวิทยาลัย และอื่น ๆ ตามที่ผู้บริหารมอบหมายงาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปาริชาต บัวเป็ง (2554) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรของพนักงาน บริษัท ไดกิ้น อินดัสทรีส์ ประเทศไทย จำกัด พบว่า ระดับความผูกพันต่อองค์กรงานของพนักงานบริษัท ไดกิ้น อินดัสทรีส์ ประเทศไทย ในภาพรวมทั้งหมดอยู่ใน ระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ย 3 ลำดับ มากที่สุดคือ ด้านความรู้สึก รองลงมาคือด้านบรรทัดฐานทางสังคมและด้านความต่อเนื่อง

วิรชาดา แสงชาติ และคณะ (2559) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง คุณภาพชีวิตในการทำงานที่มีผลกระทบต่อความผูกพันต่อองค์กร กรณีศึกษา บริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด (มหาชน) พบว่า ความคิดเห็นต่อคุณภาพชีวิตในการทำงานโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลางแต่ด้านความรับผิดชอบของสังคมและด้านสภาพแวดล้อมอยู่ในระดับมาก ส่วนความคิดเห็นต่อความผูกพันต่อองค์กรโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลางโดยด้านบรรทัดฐานอยู่ในระดับมาก ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า อายุ อัตราเงินเดือน สถานภาพ และตำแหน่งที่แตกต่างกันมีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ปัจจัยคุณภาพ และสภาพแวดล้อมในการทำงานมีอิทธิพลต่อความผูกพันองค์กร

จุฑามาศ ทันธิกุล, ชลภัสสรณ์ สิทธิวรงค์ชัย (2560) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันของพนักงานที่มีต่อองค์กรของบริษัท การ์เมนท์ พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลทางด้านเพศ อายุ สถานภาพ และอายุการทำงาน ไม่มีผลต่อความผูกพันของพนักงานที่มีต่อ บริษัท การ์เมนท์ จำกัด ส่วนปัจจัยส่วนบุคคลทางด้านระดับการศึกษา มีผลต่อความผูกพันของพนักงานที่มีต่อ บริษัท การ์เมนท์ จำกัด และการธำรงรักษาพนักงานมีความสัมพันธ์กับความผูกพันต่อ บริษัท การ์เมนท์ จำกัด

สุวิมล พิชญไพบูลย์ (2560) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยเชิงเหตุและผลของความผูกพันกับองค์กรที่มีต่อการปฏิบัติงานของบุคลากรในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ พบว่า ปัจจัยเชิงเหตุของความผูกพันกับองค์กรที่มีต่อการปฏิบัติงานของบุคลากรในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่เกี่ยวข้องโดยตรงและโดยอ้อม

สมบัติ อาริยาศาล (2561) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง แรงจูงใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรในสถานศึกษา พบว่า ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อการทำงานที่ตนเป็นสมาชิกอยู่ ความรู้สึกนี้อาจเป็นความรู้สึกที่เกี่ยวกับเพื่อนร่วมงาน ผู้บังคับบัญชาหรือบรรยากาศในหน่วยงาน การทำงานด้วยความกระตือรือร้นพึงพอ ใจในงานและทุกคนมีส่วนร่วมงาน แรงจูงใจมีความสำคัญมากต่อการปฏิบัติงานให้มีคุณภาพ ร่วมทำให้เกิดความร่วมใจในการปฏิบัติงานก่อให้เกิดความซื่อสัตย์ ภักดีเสริมสร้างให้เกิดการปฏิบัติตามข้อบังคับระเบียบแบบแผน ทำให้องค์การแข็งแกร่งทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจองค์การให้เกิดความคิดริเริ่มในกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเชื่อมั่นในองค์การ

ตระกูล จิตวัฒนากร, และคณะ (2562) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันในองค์กรของพนักงาน บริษัท เอ.เค.พี. เทคโนโลยี พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำแนกตามอายุการทำงาน พบว่า ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการทำงานอยู่ในช่วง 4-5 ปี สภาพความผูกพันในองค์กรของพนักงาน โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ด้านความผูกพันต่อเพื่อนร่วมงานมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาได้แก่ ด้านความผูกพันต่อตำแหน่งงาน และ ด้านความผูกพันต่อองค์กร ตามลำดับ ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันในองค์กรของพนักงาน พบว่า ด้านความก้าวหน้าในอาชีพ มีระดับสูงสุด รองลงมาได้แก่ ด้านลักษณะงานที่รับผิดชอบด้านสวัสดิการที่ได้รับและด้านการบริหารงาน

โชติพงษ์พันธ์ สุขศิริมหาไพศาล และคณะ (2562) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันองค์กรของพนักงานบริษัทอินโน-คอนส์ พบว่า ความคิดเห็นของพนักงานที่มีต่อลักษณะงานขององค์กรโดยรวมอยู่ในระดับมาก ส่วนลักษณะงานที่มีความหลากหลาย นโยบายผู้บริหารและมอบภาระงานชัดเจน ลักษณะงานมีความท้าทาย ลักษณะงานทำงานเป็นทีม และการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ซึ่งปัจจัยที่มีผลทำให้พนักงานรู้สึกผูกพันกับองค์กร โดยรวมอยู่ในระดับ

มาก เรียงลำดับคือ ปัจจัยด้านวัฒนธรรมองค์กร รองลงมาได้แก่ ปัจจัยด้านสวัสดิการ ปัจจัยด้านความสัมพันธ์และปัจจัยด้านการจัดการขององค์กร

พัชร์หทัย จารุทวีผลนุกูล และคณะ (2563) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อความผูกพันต่อองค์การ ของพนักงาน บริษัท เอสเอสเค โลจิสติกส์ จำกัด พบว่า 1) ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ ตำแหน่งงาน ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส ประสบการณ์ทำงาน และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อความผูกพันต่อองค์การ ของพนักงาน 2) ปัจจัยจูงใจ ได้แก่ ด้านความสำเร็จในการทำงาน และด้านความรับผิดชอบ ส่งผลต่อความผูกพันต่อองค์กรของพนักงาน และ 3) ปัจจัยค้ำจุน ได้แก่ ด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน ด้านความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน และด้านชีวิตส่วนตัว ส่งผลต่อความผูกพันต่อองค์กรของพนักงาน

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรกลุ่มเป้าหมาย ที่ศึกษา คือ พนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 21 คน ที่มีอายุงานตั้งแต่ 3 ปีขึ้นไป ประกอบไปด้วย

1. งานบริหาร จำนวน 7 คน
2. งานวิชาการ จำนวน 6 คน
3. งานแผนงาน จำนวน 4 คน
4. งานปฏิบัติการ จำนวน 4 คน

เครื่องมือในการวิจัยในการวิจัยที่ใช้เก็บข้อมูล

1. เครื่องมือในการวิจัยที่ใช้เก็บข้อมูล คือ แบบสอบถามที่จัดทำขึ้น โดยแบบสอบถามมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปพนักงานสายบริการ จำนวน 7 ข้อ ดังนี้ เพศ อายุ สังกัดงาน ระดับการศึกษา สถานะสมรส รายได้ต่อเดือน ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน

ตอนที่ 2 คำถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลตั้งข้อคำถามความผูกพันของพนักงานต่อองค์กร โดยสอบถามในด้านต่าง ๆ ดังนี้ 1. ผู้บริหาร 2. องค์กร 3. ลักษณะงาน 4. ค่าตอบแทน 5. เพื่อนร่วมงาน มีจำนวน 37 ข้อ โดย มีระดับคะแนน 5 ระดับ เป็นคำถามปลายปิด แบบมาตราส่วน ประมาณค่า (Rating Scale) (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2550:76) มีความหมายของแต่ละระดับ ดังนี้

5 หมายถึง ระดับมากที่สุด

4 หมายถึง ระดับมาก

3 หมายถึง ระดับปานกลาง

2 หมายถึง ระดับน้อย

1 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 3 แบบสอบถามปลายเปิด โดยประชากรที่ศึกษาสามารถเขียนความเห็นหรือปัญหา

2. นำแบบสอบถามที่สร้างให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งพิจารณาความสอดคล้องระหว่างคำถามกับเนื้อหา ที่ต้องการจะวัด โดยคำนวณหาค่า IOC (Index of Item Objective Congruence) จากสูตร (Riviovelli and Hambleton, 1997) ซึ่งผลการวิเคราะห์หาค่าความตรงของแบบสอบถาม มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง (IOC) รายข้ออยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อถือได้เท่ากับ 0.94 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1.00 แสดงว่า ข้อมูลในแบบสอบถามมีความเชื่อถือ

3. ยื่นแบบจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ โดยได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่โครงการ 2.2/056/65

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การตรวจสอบความสมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถามทุกฉบับ

2. แบบสอบถามตอนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของพนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยใช้ค่าความถี่และค่าร้อยละเพื่อนำมาประกอบการอภิปรายผลในการศึกษาวิจัย

3. แบบสอบถามตอนที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลสำรวจความคิดเห็นทั้ง 5 ด้าน โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา โดยแบ่งช่วงของค่าตัวกลางเลขคณิตเป็น 5 กลุ่ม ผู้วิจัยได้กำหนดช่วงของค่าเฉลี่ยตามแนวของเบสท์ (Best, 1981, p.482) ในการแปลความหมาย ดังนี้

1.00 –1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

1.50 – 2.49 หมายถึง ระดับน้อย

2.50 – 3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง

3.50 – 4.49 หมายถึง ระดับมาก

4.50 – 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด

4. แบบสอบถามตอนที่ 3 เป็นแบบสอบถามปลายเปิดปัญหาหรือข้อเสนอแนะนำมาวิเคราะห์โดยวิธีการสังเคราะห์ความคิดเห็นและแสดงผลในรูปแบบพรรณนาแล้วบรรยายผล

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาวิจัย เรื่อง “ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา” ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปพนักงานสายบริการ ที่ตอบแบบสอบถาม จำนวน 21 คน ประกอบด้วย เพศหญิงตอบแบบสอบถาม จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7 และเพศชายตอบแบบสอบถาม จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3 ช่วงอายุของพนักงานสายบริการ อยู่ระหว่างอายุ 30–40 ปี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 57.1 และระหว่างอายุ 41–50 ปี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 42.9 สังกัดงานของพนักงานสายบริการ โดยสังกัดงานบริหาร จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3 สังกัดงานวิชาการ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 28.7 และสังกัดงานแผนงานและงานปฏิบัติการ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 19.0 ระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 57.1 และระดับการศึกษาระดับปริญญาโท จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 42.9 รายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วง 20,001–30,000 บาท จำนวน 15 คน คิดเป็น

ร้อยละ 71.4 อยู่ในช่วง 15,001–20,000 บาท จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 14.3 อยู่ในช่วง 30,001–40,000 บาท จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 9.5 และรายได้ต่อเดือนสูงกว่า 40,000 บาท จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.8 ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน มากกว่า 10 ปี จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 61.9 ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ในระหว่าง 6–10 ปี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 28.6 และมีระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ในระหว่าง 3 – 5 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.3

2. ผลการศึกษาระดับความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

ตารางที่ 1 ผลต่อระดับความผูกพันต่อองค์กร ด้านผู้บริหาร

หัวข้อ	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1.สนับสนุนให้มีความเจริญก้าวหน้าในสายงาน	4.19	0.87	มาก
2.เปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็น	4.00	0.89	มาก
3.ผู้บริหารเข้ากับผู้ใต้บังคับบัญชาได้ดี	3.86	1.06	มาก
4.ผู้บริหารรับรู้และให้ความชื่นชมเมื่อทำงานได้ดี	3.81	0.81	มาก
5.ผู้บริหารให้ปฏิบัติงานมีความชัดเจน	3.67	0.91	มาก
6.ผู้บริหารมีความสามารถในการนำทีม	3.67	0.58	มาก
7.ผู้บริหารสามารถพัฒนาคณะและทำให้คณะเติบโต	3.62	0.50	มาก
8.ผู้บริหารของท่านให้ความยุติธรรมกับผู้ใต้บังคับบัญชาทุกคน	3.43	0.87	ปานกลาง
ผลรวม	3.78	0.81	มาก

จากตารางที่ 1 แสดงผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ด้านผู้บริหาร โดยหัวข้อที่มีค่ามากที่สุดในสามระดับ ดังนี้ อันดับที่ 1 ได้แก่ สนับสนุนให้มีความเจริญก้าวหน้าในสายงาน ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$ = 4.19, S.D. = 0.87) อันดับที่ 2 ได้แก่ เปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็น ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.89) อันดับที่ 3 ได้แก่ ผู้บริหารเข้ากับผู้ใต้บังคับบัญชาได้ดี ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$ = 3.86, S.D. = 1.06)

ตารางที่ 2 ผลต่อระดับความผูกพันต่อองค์กร ด้านองค์กร(คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร)

หัวข้อ	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1.คณะสนับสนุนให้ท่านพัฒนาตนเองเสมอ	4.33	0.73	มาก
2.คณะมีอุปกรณ์พร้อมในการทำงาน	4.24	0.94	มาก
3.คณะให้ความสำคัญต่อท่านให้มีบทบาทหน้าที่ในคณะ	4.05	0.80	มาก
4.คณะมีการปฏิบัติตามระเบียบอย่างเคร่งครัด	3.76	0.83	มาก
5.บุคลากรภายในคณะมีการแข่งขันเพื่อตำแหน่งที่สูงขึ้น (ชำนาญการ ,ชำนาญการพิเศษฯ)	3.29	1.01	ปานกลาง
ผลรวม	3.93	0.86	มาก

จากตารางที่ 2 แสดงผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ด้านองค์กร โดยหัวข้อที่มีค่ามากที่สุดในสามระดับ ดังนี้ อันดับที่ 1 ได้แก่ คณะสนับสนุนให้ท่านพัฒนาตนเองเสมอ ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.33, S.D. = 0.730) อันดับที่ 2 ได้แก่ คณะมีอุปกรณ์พร้อมในการทำงาน ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.24, S.D. = 0.94) อันดับที่ 3 ได้แก่ คณะมีอุปกรณ์พร้อมในการทำงาน ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.05, S.D. = 0.80)

ตารางที่ 3 ผลต่อระดับความผูกพันต่อองค์กร ด้านลักษณะงานที่ทำ

หัวข้อ	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1.งานที่ทำมีความหลากหลาย	4.48	0.75	มาก
2.งานที่ทำติดต่อบุคคลภายในและภายนอกคณะ	4.38	0.74	มาก
3.มีความเข้าใจงานที่ทำเป็นอย่างดี	4.29	0.64	มาก
4.งานที่ทำมีความถนัดและสามารถทำได้ดี	4.29	0.64	มาก
5.งานที่ปฏิบัติมีความมั่นคงในหน้าที่การงาน	4.10	0.77	มาก
6.ภาระงานมีความเหมาะสม	3.86	0.96	มาก
7.มีความก้าวหน้าในตำแหน่งงาน	3.86	0.79	มาก
8.ท่านปฏิบัติตามคำสั่งของผู้บริหาร เพราะเชื่อว่าคำสั่งนั้นถูกต้อง	3.76	0.83	มาก
ผลรวม	4.12	0.77	มาก

จากตารางที่ 3 แสดงผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ด้านลักษณะงานที่ทำ โดยหัวข้อที่มีค่ามากที่สุดในสามระดับ ดังนี้ อันดับที่ 1 ได้แก่ งานที่ทำมีความหลากหลาย ระดับความผูกพันธ์มีระดับมาก ($\overline{X}$= 4.48, S.D. = 0.75) อันดับที่ 2 ได้แก่ งานที่ทำติดต่อบุคคลภายในและภายนอกคณะ ระดับความผูกพันธ์มีระดับมาก ($\overline{X}$= 4.38, S.D. = 0.74) อันดับที่ 3 ได้แก่ มีความเข้าใจงานที่ทำเป็นอย่างดีและงานที่ทำมีความถนัดและสามารถทำได้ดี ระดับความผูกพันธ์มี ระดับมาก ($\overline{X}$= 4.29, S.D. = 0.64)

ตารางที่ 4 ผลต่อระดับความผูกพันต่อองค์กร ด้านค่าตอบแทน

หัวข้อ	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1.ค่าตอบแทนกับงานที่ทำเหมาะสม	3.29	0.85	ปานกลาง
2.ค่าตอบแทนเหมาะสมกับประสบการณ์	3.00	0.95	ปานกลาง
3.การขึ้นเงินเดือนประจำปีมีความเหมาะสม	2.95	1.16	ปานกลาง
4.ค่าตอบแทนสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจปันจุบัน	2.71	1.06	ปานกลาง
ผลรวม	2.99	1.00	ปานกลาง

จากตารางที่ 4 แสดงผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ด้านค่าตอบแทน โดยสามารถเรียงลำดับค่าเฉลี่ย ของประเด็นต่าง ๆ ในแต่ละหัวข้อจากมากไปหาน้อย ดังนี้ อันดับที่ 1 ได้แก่ ค่าตอบแทนกับงานที่ทำเหมาะสมระดับความผูกพันธ์มีระดับ ปานกลาง ($\overline{X}$= 3.29, S.D. = 0.85) อันดับที่ 2 ได้แก่ ค่าตอบแทนเหมาะสมกับประสบการณ์ ระดับความผูกพันธ์มีระดับ ปานกลาง ($\overline{X}$= 3.00, S.D. = 0.95) อันดับที่ 3 ได้แก่ การขึ้นเงินเดือนประจำปีมีความเหมาะสมระดับความผูกพันธ์มีระดับ ปานกลาง ($\overline{X}$= 2.95, S.D. = 1.16)

ตารางที่ 5 ผลต่อระดับความผูกพันต่อองค์กร ด้านเพื่อนร่วมงาน

หัวข้อ	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1.ท่านมีทัศนคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมงาน	4.19	0.51	มาก
2.เพื่อนร่วมงานท่านมีความเป็นกันเอง	4.10	0.54	มาก
3.เพื่อนร่วมงานมีการช่วยเหลือเรื่องงานที่ดี	4.00	0.71	มาก
4.มีมิตรภาพในการทำงานต่อกัน	4.00	0.63	มาก
5.ท่านมีความผูกพันกับเพื่อนร่มงานเสมือนครอบครัวเดียวกัน	3.86	0.65	มาก
ผลรวม	4.03	0.61	มาก

จากตารางที่ 5 แสดงผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ด้านเพื่อนร่วมงาน โดยสามารถเรียงลำดับค่าเฉลี่ยของประเด็นต่าง ๆ ในแต่ละหัวข้อจากมากไปหาน้อย ดังนี้ อันดับที่ 1 ได้แก่ ท่านมีทัศนคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมงาน ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.19, S.D. = 0.51) อันดับที่ 2 ได้แก่ เพื่อนร่วมงานท่านมีความเป็นกันเอง ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.54) อันดับที่ 3 ได้แก่ เพื่อนร่วมงานมีการช่วยเหลือเรื่องงานที่ดี ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.00, S.D. = 0.71) และมีมิตรภาพในการทำงานต่อกันระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.00, S.D. = 0.63)

ตารางที่ 6 แสดงปัจจัยด้านเพศต่อความผูกพันต่อองค์กร

เพศ	ชาย			หญิง		
	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1.ท่านมีความรู้สึกภูมิใจที่อยู่คณะนี้	4.00	0.82	มาก	4.00	0.78	มาก
2.ท่านมีความรู้สึกผูกพันธ์ต่อคณะเสมือนเป็นครอบครัว	3.86	0.89	มาก	3.92	0.92	มาก
3.ท่านเชื่อมั่นทีมผู้บริหารปัจจุบันมีความเหมาะสมและจะทำให้คณะเติบโตมั่นคง	3.86	0.89	มาก	3.50	0.94	มาก

เพศ	ชาย			หญิง		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
4.ท่านมีความรู้สึกมีอิสระทางด้านความคิดและการแสดงความคิดเห็น	4.00	1.00	มาก	3.71	0.73	มาก
5.ท่านเชื่อมั่นว่าท่านจะเติบโตตามตำแหน่งงานในองค์กรนี้	4.14	0.89	มาก	3.71	0.73	มาก
6.คณะมีความปลอดภัยทั้งชีวิตและทรัพย์สินส่วนตัว	4.00	0.82	มาก	3.71	0.83	มาก
7.ท่านไม่คิดจะลาออกจากคณะฯ ณ ตอนนี้	3.29	1.60	ปานกลาง	3.79	0.96	มาก
8.มีการทำงานเป็นทีม	4.14	0.69	มาก	3.93	0.92	มาก
ผลรวม	3.91	0.95	มาก	3.79	0.85	มาก

จากตารางที่ 6 แสดงปัจจัยด้านเพศต่อความผูกพันต่อองค์กร ผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในเพศชายมีความผูกพันต่อองค์กรที่ มาก ($\bar{X}$ = 3.91, S.D. = 0.95), และผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในเพศหญิงมีความผูกพันต่อองค์กรที่ มาก ($\bar{X}$= 3.76, S.D. = 0.85)

ตารางที่ 7 ปัจจัยด้านอายุต่อความผูกพันต่อองค์กร

อายุ	30–40 ปี			41–50 ปี		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1.ท่านมีความรู้สึกภูมิใจที่อยู่คณะนี้	3.83	0.73	มาก	4.22	0.83	มาก
2.ท่านมีความรู้สึกผูกพันธ์ต่อคณะเสมือนเป็นครอบครัว	3.58	0.90	มาก	4.33	0.71	มาก
3.ท่านเชื่อมั่นทีมผู้บริหารปัจจุบันมีความเหมาะสมและจะทำให้คณะเติบโตมั่นคง	3.42	0.90	ปานกลาง	3.88	0.93	มาก
4.ท่านมีความรู้สึกมีอิสระทางด้านความคิดและการแสดงความคิดเห็น	3.75	0.87	มาก	3.89	0.78	มาก
5.ท่านเชื่อมั่นว่าท่านจะเติบโตตามตำแหน่งงานในองค์กรนี้	3.91	0.90	มาก	3.78	0.67	มาก
6.คณะมีความปลอดภัยทั้งชีวิตและทรัพย์สินส่วนตัว	3.66	0.89	มาก	4.00	0.71	มาก
7.ท่านไม่คิดจะลาออกจากคณะฯ ณ ตอนนี้	3.25	1.35	ปานกลาง	4.11	0.78	มาก
8.มีการทำงานเป็นทีม	3.91	0.66	มาก	4.11	1.05	มาก
ผลรวม	3.67	0.89	มาก	4.04	0.81	มาก

จากตารางที่ 7 แสดงปัจจัยด้านอายุต่อความผูกพันต่อองค์กร ผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มี ความผูกพันต่อองค์กร ในช่วงอายุระหว่าง 30–40 ปี มีความผูกพันต่อองค์กรที่มาก ($\overline{X}$ = 3.67, S.D. = 0.89) และผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในช่วงอายุระหว่าง 41–50 ปี มีความผูกพันต่อองค์กรที่มาก ($\overline{X}$ = 4.04, S.D. = 0.81)

ตารางที่ 8 ปัจจัยด้านระยะเวลาในการปฏิบัติงานต่อความผูกพันต่อองค์กร

ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน	**3–5 ปี**			**6 – 10 ปี**			**มากกว่า 10 ปี**		
	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
1.ท่านมีความรู้สึกภูมิใจที่อยู่คณะนี้	4.50	0.71	มากที่สุด	3.50	0.55	มาก	4.15	0.80	มาก
2.ท่านมีความรู้สึกผูกพันธ์ต่อคณะเสมือนเป็นครอบครัว	4.00	1.41	มาก	3.33	0.52	ปานกลาง	4.15	0.90	มาก
3.ท่านเชื่อมั่นทีมผู้บริหารปัจจุบันมีความเหมาะสมและจะทำให้คณะเติบโตมั่นคง	4.50	0.71	มากที่สุด	3.33	0.82	ปานกลาง	3.62	0.96	มาก
4.ท่านมีความรู้สึกมีอิสระทางด้านความคิดและการแสดงความคิดเห็น	4.50	0.71	มากที่สุด	3.33	0.82	ปานกลาง	3.92	0.76	มาก
5.ท่านเชื่อมั่นว่าท่านจะเติบโตตามตำแหน่งงานในองค์กรนี้	4.00	1.41	มาก	3.67	0.82	มาก	3.92	0.76	มาก
6.คณะมีความปลอดภัยทั้งชีวิตและทรัพย์สินส่วนตัว	4.50	0.71	มากที่สุด	3.17	0.75	ปานกลาง	4.00	0.71	มาก
7.ท่านไม่คิดจะลาออกจากคณะฯ ณ ตอนนี้	3.50	2.12	มาก	2.67	1.21	ปานกลาง	4.08	0.86	มาก
8.มีการทำงานเป็นทีม	4.50	0.71	มากที่สุด	3.83	0.41	มาก	4.00	1.00	มาก
ผลรวม	4.25	1.06	มาก	3.35	0.74	ปานกลาง	3.98	0.84	มาก

จากตารางที่ 8 แสดงปัจจัยด้านระยะเวลาในการปฏิบัติงานต่อความผูกพันต่อองค์กร ผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานระหว่าง 3–5 ปี มีความผูกพันต่อองค์กร ที่ มาก ($\overline{X}$= 4.25, S.D. = 1.06), ผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานระหว่าง 6–10 ปี มีความผูกพันต่อองค์กร ที่ ปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.35, S.D. = 0.74) และผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานมากกว่า 10 ปี มีความผูกพันต่อองค์กร ที่ มาก ($\overline{X}$ = 3.98, S.D. = 0.84)

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการศึกษา

จากการวิจัยกลุ่มเป้าหมายคือ พนักงานสายบริการที่ตอบแบบสอบถาม มีจำนวน 21 คน โดยมีผลการศึกษาดังนี้ เพศอันดับที่ 1 เพศหญิงตอบแบบสอบถาม จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7 และอันดับที่ 2 เพศชายตอบแบบสอบถาม จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3

ช่วงอายุของพนักงานสายบริการ โดยอันดับ 1 อยู่ระว่างอายุ 30–40 ปี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 57.1 และอันดับ 2 อยู่ระว่างอายุ 41–50 ปี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 42.9

สังกัดงานของพนักงานสายบริการ โดยอันดับ 1 ผู้ตอบแบบสอบถามอยู่สังกัดงานบริหาร จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3 และอันดับ 2 ผู้ตอบแบบสอบถามอยู่สังกัดงานวิชาการ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 28.7 และอันดับ 3 มีผู้ตอบแบบสอบถามอยู่สังกัดงานงานแผนงานและงานปฏิบัติการ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 19.0

ระดับการศึกษาของพนักงานสายบริการ โดยอันดับ 1 ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 57.1 และอันดับ 2 ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับการศึกษาระดับปริญญาโท จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 42.9

สถานภาพของพนักงานสายบริการ โดยอันดับ 1 ผู้ตอบแบบสอบถามมีสถานสมรส จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7 และอันดับ 2 ผู้ตอบแบบสอบถามมีสถานโสด จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3

รายได้ต่อเดือน โดยอันดับ 1 ผู้ตอบแบบสอบถามมีรายได้ต่อเดือน อยู่ในช่วง 20,001 – 30,000 บาท จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 71.4 และอันดับ 2 ผู้ตอบแบบสอบถามมีรายได้ต่อเดือน อยู่ในช่วง 15,001 – 20,000 บาท จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 14.3 และอันดับ 3 ผู้ตอบแบบสอบถามมีรายได้ต่อเดือน อยู่ในช่วง 30,001 – 40,000 บาท จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 9.5 และอันดับ 4 ผู้ตอบแบบสอบถามมีรายได้ต่อเดือน อยู่ในช่วง สูงกว่า 40,000 บาท จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.8

ระดับความผูกพันต่อองค์กร ด้านผู้บริหาร โดยหัวข้อที่มีค่ามากที่สุดในสามระดับ ดังนี้ อันดับที่ 1 ได้แก่ สนับสนุนให้มีความเจริญก้าวหน้าในสายงาน ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$ = 4.19, S.D. = 0.87) อันดับที่ 2 ได้แก่ เปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็น ระดับความผูกพันธ์มีระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.89) อันดับที่ 3 ได้แก่ ผู้บริหารเข้ากับผู้ใต้บังคับบัญชาได้ดี ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$ = 3.86, S.D. = 1.06)

ระดับความผูกพันต่อองค์กร ด้านองค์กร โดยหัวข้อที่มีค่ามากที่สุดในสามระดับ ดังนี้อันดับที่ 1 ได้แก่ คณะสนับสนุนให้ท่านพัฒนาตนเองเสมอ ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.33, S.D. = 0.730) อันดับที่ 2 ได้แก่

คณะมีอุปกรณ์พร้อมในการทำงาน ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.24, S.D. = 0.94) อันดับที่ 3 ได้แก่ คณะมีอุปกรณ์พร้อมในการทำงาน ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.05, S.D. = 0.80)

ระดับความผูกพันต่อองค์กร ด้านลักษณะงานที่ทำ โดยหัวข้อที่มีค่ามากที่สุดในสามระดับ ดังนี้ อันดับที่ 1 ได้แก่ งานที่ทำมีความหลากหลาย ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.48, S.D. = 0.75) อันดับที่ 2 ได้แก่ งานที่ทำติดต่อบุคคลภายในและภายนอกคณะ ระดับความผูกพันมีระดับมาก ($\overline{X}$= 4.38, S.D. = 0.74) อันดับที่ 3 ได้แก่ มีความเข้าใจงานที่ทำเป็นอย่างดีและงานที่ทำมีความถนัดและสามารถทำได้ดี ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.29, S.D. = 0.64)

ระดับความผูกพันต่อองค์กร ด้านค่าตอบแทน โดยสามารถเรียงลำดับค่าเฉลี่ย ของประเด็นต่าง ๆ ในแต่ละหัวข้อจากมากไปหาน้อย ดังนี้ อันดับที่ 1 ได้แก่ ค่าตอบแทนกับงานที่ทำเหมาะสมระดับความผูกพันธ์มีระดับ ปานกลาง ($\overline{X}$= 3.29, S.D. = 0.85) อันดับที่ 2 ได้แก่ ค่าตอบแทนเหมาะสมกับประสบการณ์ ระดับความผูกพันธ์มีระดับ ปานกลาง ($\overline{X}$= 3.00, S.D. = 0.95) อันดับที่ 3 ได้แก่ การขึ้นเงินเดือนประจำปีมีความเหมาะสมระดับความผูกพันธ์มีระดับ ปานกลาง ($\overline{X}$= 2.95, S.D. = 1.16)

ระดับแสดงผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ด้านเพื่อนร่วมงาน องค์กร ด้านเพื่อนร่วมงาน โดยสามารถเรียงลำดับค่าเฉลี่ย ของประเด็นต่าง ๆ ในแต่ละหัวข้อจากมากไปหาน้อย ดังนี้ อันดับที่ 1 ได้แก่ ท่านมีทัศนคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมงาน ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.19, S.D. = 0.51) อันดับที่ 2 ได้แก่ เพื่อนร่วมงานท่านมีความเป็นกันเอง ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.54) อันดับที่ 3 ได้แก่ เพื่อนร่วมงานมีการช่วยเหลือเรื่องงานที่ดี ระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.00, S.D. = 0.71) และมีมิตรภาพในการทำงานต่อกันระดับความผูกพันธ์มีระดับ มาก ($\overline{X}$= 4.00, S.D. = 0.63)

ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรต่อเพศ ผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในเพศชายมีความผูกพันต่อองค์กรที่ มาก ($\overline{X}$ = 3.91, S.D. = 0.95), และผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในเพศหญิงมีความผูกพันต่อองค์กรที่ มาก ($\overline{X}$ = 3.79, S.D. = 0.85)

ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรกับอายุ ผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในช่วงอายุระหว่าง 30–40 ปี มีความผูกพันต่อองค์กรที่ มาก ($\overline{X}$ = 3.67, S.D. = 0.89) และผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในช่วงอายุระหว่าง 41–50 ปี มีความผูกพันต่อองค์กรที่ มาก ($\overline{X}$ = 4.04, S.D. = 0.81)

ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรกับระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานระหว่าง 3–5 ปี มีความผูกพันต่อองค์กรที่ มาก ($\overline{X}$ = 4.25, S.D. = 1.06), ผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานระหว่าง 6–10 ปี มีความผูกพันต่อองค์กรที่ ปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.35, S.D. = 0.74) และผลรวมของบุคลากรสายสนับสนุนที่มีความผูกพันต่อองค์กร ในช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานมากกว่า 10 ปี มีความผูกพันต่อองค์กรที่ มาก ($\overline{X}$ = 3.98, S.D. = 0.84)

จากการศึกษาวิจัย ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อสรุปวิจัยเข้าประชุมคณะกรรมการประจำคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ครั้งที่ 100 (1/2566) ในวันที่ 27 มกราคม 2566 ณ ห้องประชุมคณะ ICT คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในวาระที่ 5 เรื่อง อื่น ๆ โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษาให้แก่คณะผู้บริหารคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

และการสื่อสาร ซึ่งสามารถนำไปบูรณาการในการทำแผนพัฒนาพนักงานสายบริการในปีงบประมาณ 2567 ในการส่งเสริมการอบรมการประเมินค่างานตำแหน่งกลุ่มวิชาชีพ และจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานของพนักงานสายบริการเพื่อพัฒนาไปสู่การขอพิจารณาตำแหน่งชำนาญการ รวมไปถึงนำไปเป็นข้อมูลในการจัดทำแผนการประกันคุณภาพการศึกษาของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่อไป

อภิปรายผล

จากการวิจัย เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ผู้วิจัยได้ทำการการอภิปรายผลการวิจัย ในระดับความผูกพันต่อองค์กรของพนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา โดยนำหัวข้อของแต่ละด้านที่มีระดับ อันดับที่ 1 มาอภิบายผล จากการศึกษา พบว่า

1. หัวข้อ งานที่ทำมีความหลากหลาย มีระดับความผูกพันต่อองค์กร ที่ มาก ($\bar{X}$ = 4.48, S.D. = 0.75) อยู่ในความผูกพันต่อองค์กร ด้านลักษณะงานที่ทำ โดยสอดคล้องกับ โชติพงษ์พันธ์ สุขศิริมหาไพศาล และคณะ (2562) การศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันองค์กรของพนักงานบริษัทอินโน-คอนส์ พบว่า ลักษณะงานขององค์กรมีความหลากหลาย อยู่ในระดับ มาก

2. หัวข้อ คณะสนับสนุนให้ท่านพัฒนาตนเองเสมอ มีระดับความผูกพันต่อองค์กร ที่ มาก ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.73) อยู่ในความผูกพันต่อองค์กร ด้านองค์กร โดยสอดคล้องกับ จุฑามาศ ทันธิกุล และคณะ (2560) การศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันของพนักงานที่มีต่อองค์กรของบริษัท การ์เมนท์ จำกัด พบว่า องค์กรของท่านสนับสนุนให้ท่านพัฒนางานของตนเองได้อย่างอิสระ โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นด้วย

3. หัวข้อ สนับสนุนให้มีความเจริญก้าวหน้าในสายงาน มีระดับความผูกพันต่อองค์กร ที่ มาก ($\bar{X}$ = 4.19, S.D. = 0.87) อยู่ในความผูกพันต่อองค์กร ด้านผู้บริหาร โดยสอดคล้องกับ ตระกูล จิตวัฒนากร และคณะ (2562) การศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันในองค์กรของพนักงานบริษัท เอ.เค.พี. เทคโนโลยี จำกัด พบว่า ด้านความก้าวหน้าในอาชีพ อยู่ในระดับ มาก

4. หัวข้อ ท่านมีทัศนคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมงาน มีระดับความผูกพันต่อองค์กร ที่ มาก ($\bar{X}$ = 4.19, S.D. = 0.87) อยู่ในความผูกพันต่อองค์กร ด้านเพื่อนร่วมงาน โดยสอดคล้องกับ โชติพงษ์พันธ์ สุขศิริมหาไพศาล และคณะ (2562) การศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันองค์กรของพนักงาน บริษัทอินโน-คอนส์ พบว่า ท่านมีทัศนคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมงานในองค์กรท่าน อยู่ในระดับ มาก

5. หัวข้อ ค่าตอบแทนกับงานที่ทำเหมาะสม มีระดับความผูกพันต่อองค์กร ที่ ปานกลางมี ($\bar{X}$ = 3.29, S.D. = 0.85) อยู่ในความผูกพันต่อองค์กร ด้านค่าตอบแทน โดยสอดคล้องกับ วิรชาดา แสงชาติ และคณะ (2561) การศึกษาเรื่อง คุณภาพชีวิตในการทำงานที่มีผลกระทบต่อความผูกพันต่อองค์กรกรณีศึกษา บริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด (มหาชน) พบว่า ค่าตอบแทนที่ได้เหมาะสมกับปริมาณงานและงานที่รับผิดชอบ อยู่ในระดับ ปานกลาง

6. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรต่อเพศ ในเพศชาย มีค่าเฉลี่ย 3.91 มีความผูกพันต่อองค์กรที่มากกว่าเพศหญิง ที่มีค่าเฉลี่ย 3.79 และปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรกับอายุ ในช่วงอายุระหว่าง 41-50 ปี มีค่าเฉลี่ย 4.04 มีความผูกพันต่อองค์กรที่ มากกว่าในช่วงอายุระหว่าง 30-40 มีค่าเฉลี่ย 3.67 และปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรกับระยะเวลาในการปฏิบัติงาน พบว่า อันดับที่ 1 ช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงาน

ระหว่าง 3 – 5 ปี มีค่าเฉลี่ย = 4.25, อันดับที่ 2 ในช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานมากกว่า 10 ปี มีค่าเฉลี่ย = 3.98 และอันดับที่ 3 ช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติงานระหว่าง 6–10 ปี มีค่าเฉลี่ย = 3.35

จากการศึกษาในครั้งนี้นำผลสรุปให้กับผู้บริหารนำไปส่งเสริมให้มีความก้าวหน้าในหน้าที่ของพนักงานสายสนับสนุนและการก้าวสู่ตำแหน่ง และผู้บังคับบัญชาให้เอาใจใส่และให้ความเป็นธรรมต่อผู้ใต้บังคับบัญชาในการปฏิบัติงาน ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาให้พนักงานเกิดความผูกพันต่อองค์กรมากขึ้นและส่งผลดีต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการบริหารงานของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาความผูกพันของพนักงานสายบริการที่มีต่อองค์กรในแต่ละปี สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดนโยบายการพัฒนาบุคคลากร และสร้างแรงจิตสำนึกการผูกพันขององค์กร
2. ศึกษาความผูกพันต่อองค์กรให้เพิ่มการศึกษากลุ่มเป้าหมายในพนักงานสายวิชาการในการทำวิจัย จะได้ระดับความผูกพันขององค์กรที่ครบถ้วน และสามารถนำมาทำแผนพัฒนาบุคคลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กร ของพนักงานสายบริการคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา สำเร็จลุล่วงด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาแนะนำ ช่วยเหลือในการวิจัยซึ่งผู้ศึกษาวิจัยขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง ณ โอกาสนี้ ผู้ศึกษาวิจัยขอขอบพระคุณ คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณาจารย์และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) ที่ได้กรุณาให้แนวคิดต่าง ๆ ข้อแนะนำหลายประการทำให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น สุดท้ายขอขอบคุณ ผู้ตอบแบบสอบถามที่ให้ข้อมูล อย่างเต็มที่ทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จในเวลาอันรวดเร็วและขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด

เอกสารอ้างอิง

จุฑามาศ ทันธิกุล และชลภัสสรณ์ สิทธิวรงค์ชัย. (2560). ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันของพนักงาน ที่มีต่อองค์กรของบริษัท การ์เมนท์ จำกัด. *วารสารนวัตกรรมและการจัดการ. 2*(3), 54–66.

โชติพงษ์พันธ์ สุขศิริมหาไพศาล, สิริพัฒถ์ ลาภจิตร และธันชนก จรจรัญ. (2562). ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันองค์กรของพนักงานบริษัทอินโน–คอนส์. *วารสารการบริหารการปกครองและนวัตกรรมท้องถิ่น. 3*(1), 57– 67.

ตระกูล จิตวัฒนากร เกียรติ บุญยโพ และฤทธิพล ไชยบุรี. (2562). ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันในองค์กรของพนักงานบริษัท เอ.เค.พี. เทคโนโลยี จำกัด. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 21*(1), 59–68.

ปาริชาต บัวเป็ง. (2554). *ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรของพนักงาน บริษัท ไดกิ้น อินดัสทรีส์ ประเทศไทย (จำกัด).* สืบค้นจาก http://www.repository.rmutt.ac.th/dspace/handle/123456789/831

มหาวิทยาลัยพะเยา. (2563). *แผนพัฒนาบุคลากรมหาวิทยาลัยพะเยา 2563–2567.* สืบค้นจาก https://does.up.ac.th/informationsub/NTU2

แผนยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 – 2569. (2564). สืบค้นจาก https://ict.up.ac.th/web/operation.

พัชร์หทัย จารุทวีผลนุกูล ธัญวฤณ วัทโล และวิลาสิณี สุดประเสริฐ. (2563). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความผูกพันต่อองค์การของพนักงาน บริษัท เอสเอสเค โลจิสติกส์ จำกัด. *วารสารวิชาการสังคมศาสตร์เครือข่ายวิจัยประชาชื่น. 2*(3), 27–39.

วิรชาดา แสงชาติ และคณะ. (2559). คุณภาพชีวิตในการทำงานที่มีผลกระทบต่อความผูกพันต่อองค์กร กรณีศึกษาบริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด (มหาชน). *วารสารบัณฑิตศึกษา.* 13(63), 227–238.

สมบัติ อาริยาศาล. (2561). แรงจูงใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรในสถานศึกษา. *Journal of Roi Kaensarn Academi. 3*(2), 33–46.

สุพิชฌาย์ ลิ้มตระกูลไทย และประสพชัย พสุนนท. (2561). ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรของครูในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง. *Veridian E–Journal, Silpakorn University*. 11(1), 2437–2449.

สุวิมล พิชญไพบูลย์. (2560). ปัจจัยเชิงเหตุและผลของความผูกพันกับองค์กรที่มีต่อการปฏิบัติงานของบุคลากร ใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. 11*(1), 174–189.

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติกับแบบออนไลน์วิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ของนิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 2 มหาวิทยาลัยพะเยา

วิศรุต คลังนุ่ม[1] อัจฉราภรณ์ ดวงใจ[1] มารุต แก้ววงศ์[1] ณฐกร คำแก้ว[1] ไพศาล จี้ฟู[2] และ
วัชราภรณ์ ปรีดาภิรมย์ จี้ฟู[1*]

Comparison of Learning Achievement of On-site and Online Learning Management in the Human Physiology Course of Second Year-Medical Technology Students, University of Phayao

Wisarud Klungnum[1], Acharaporn Duangjai[1], Maroot Kaewwongse[1], Natakorn Kamkaew[1]
Phaisarn Jeefoo[2] and Watcharaporn Preedapirom Jeefoo[1*]

[1] Division of Physiology, School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000
[2] Division of Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000
[*] Corresponding author: watcharaporn.pree@gmail.com
Received: June 20, 2023; Revised: September 15, 2023; Accepted: September 20, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบย้อนกลับ (Retrospective study) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ (On-site learning management) กับวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (Online learning management) วิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ (Human Physiology) กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 2 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ รหัสวิชา 367202 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561-2564 จำนวน 75 65 52 และ 55 คน ตามลำดับ เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมขอมูล คือ 1) แบบทดสอบก่อนเรียนปฏิบัติการ (Pre-test) และ 2) ทดสอบวัดผลการเรียนกลางภาคและปลายภาคการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ โดยใช้สถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระ (Independent t - test) ผลการวิจัยพบว่าวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ นิสิตได้คะแนนสอบก่อนเรียนปฏิบัติการ เฉลี่ยร้อยละ 74.5 ± 10.22 และในการเรียนการสอนรูปแบบออนไลน์ คะแนนสอบก่อนเรียนปฏิบัติการเฉลี่ยของนิสิตอยู่ที่ร้อยละ 79.88 ± 8.75 ตามลำดับ ส่วนคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์โดยรวมตลอดทั้งภาคการศึกษา พบว่านิสิตได้คะแนนสอบสอบวัดผลในการเรียนการสอนแบบออนไลน์มากกว่าการเรียนการสอนแบบปกติโดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 74.7 ± 10.4 และ 62.13 ± 13.41 ตามลำดับ

---

[1] สาขาวิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000
[2] สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ในรายวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ ของสาขาวิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดีกว่าแบบปกติ

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์, วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ, วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์, มหาวิทยาลัยพะเยา

Abstract

This study is a retrospective study comparing the learning outcomes of the course "Human Physiology," course code 367202, using on-site and online learning management. The data of the second-year medical technology curriculum students of Allied Health Sciences at the University of Phayao who registered for the course in the first semester of the academic year 2018–2021 were used in this study. The numbers of the sample group were 75, 65, 52, and 55 students, respectively. The scores of the pre-test of the laboratory, midterm, and final examination were used to determine whether on-site or online learning management was good for the students. The research revealed that the percentages of average pre-test scores for on-site and online learning management students were 74.5 ± 10.2 and 79.88 ± 8.75, respectively. Regarding overall achievement test scores throughout the semester, it was discovered that students in online learning management received higher scores than those in on-site learning management, with an average score of 74.7 ± 10.4 compared to 62.13 ± 13.3, respectively. In conclusion, the learning outcomes of "Human Physiology," course code 367202, using online learning management are superior to those of on-site learning management.

Keywords: Learning Achievement in Human Physiology Course, Normal Teaching Methodology, Online Teaching Methodology, University of Phayao

บทนำ

จากปัญหาวิกฤตโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) สร้างผลกระทบอย่างมากให้กับประชาชนทั่วโลก หนึ่งในมาตรการเพื่อการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อ COVID-19 ภายใต้สถานการณ์ภาวะฉุกเฉินด้านสาธารณสุขนั้น ได้แก่ วิธีการเว้นระยะห่างทางสังคม (Social distancing) (Hill, 2020) เป็นการเว้นระยะห่างในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ระหว่างบุคคล รวมถึงการจัดการเรียนการสอนทั้งผู้เรียนและผู้สอนต้องมีการปรับตัว เพื่อให้การเรียนการสอนดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพ มหาวิทยาลัยพะเยาจึงต้องปรับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนจากแบบปกติไปเป็นรูปแบบออนไลน์ Alshwiah (2021) กล่าวว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ชอบการเรียนแบบปกติในชั้นเรียนมากกว่าการเรียนแบบออนไลน์อาจเนื่องมาจากการเรียนแบบออนไลน์ไม่มีการปฏิสัมพันธ์แบบเผชิญหน้าระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน อีกทั้งการออกแบบเนื้อหาการสอนแบบออนไลน์ มีลักษณะในการมอบหมายงานให้ทำเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของการสื่อสารระหว่างผู้เรียนเอง และระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน งานวิจัยของ Khuankaew and Trail (2021) พบว่า นิสิตที่เรียนในห้องมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีกว่าเรียนแบบออนไลน์ ซึ่งเป็นผลมาจากนิสิตส่วนใหญ่ใช้สมาร์ทโฟนเป็นทรัพยากรในการเรียนเนื่องจากมีความสะดวกแต่ความสนใจหรือจดจ่อต่อการเรียนมีไม่มากนัก การเรียนการสอนแบบออนไลน์มักพบปัญหาเช่น คุณภาพของอุปกรณ์รวมถึงสัญญาณอินเตอร์เน็ตในแต่ละพื้นที่ของผู้เรียนทำให้การเรียนติดขัด ภาพและเสียงการสอนไม่ชัดเจน อีกทั้ง

สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันส่งผลต่อพฤติกรรมการตั้งใจเรียนของผู้เรียน อาจทำให้ประสิทธิภาพในการเรียนของผู้เรียนน้อยกว่าการเรียนแบบปกติ

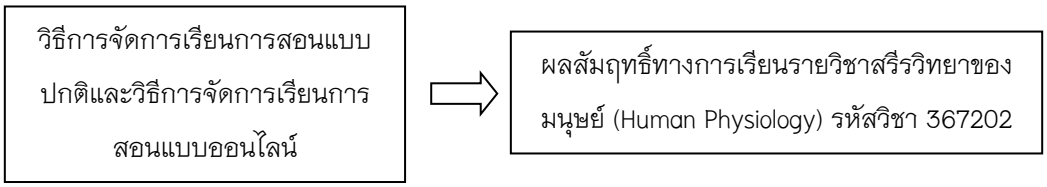
รายวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ (Human Physiology) รหัสวิชา 367202 เป็นรายวิชาที่จัดการเรียนการสอนสำหรับนิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 2 มหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับหน้าที่ และการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายว่าเกิดอะไรขึ้น (What) เกิดขึ้นได้อย่างไร (How) และเกิดขึ้นเพื่ออะไร (Why) ตลอดจนกลไกของการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย อันได้แก่ ระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ ระบบไหลเวียนโลหิต ระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ระบบไต ระบบต่อมไร้ท่อ และระบบสืบพันธุ์ ตลอดจนการทำงานร่วมกันของระบบเหล่านี้ในการควบคุมและรักษาสมดุลของร่างกายให้อยู่ในภาวะปกติ มีการเรียนการสอนทั้งภาคบรรยายและภาคปฏิบัติควบคู่กัน เนื่องจากสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จึงต้องมีการปรับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนจากแบบปกติไปเป็นรูปแบบออนไลน์ในช่วงปีการศึกษา 2563–2564 การจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ใช้ระบบบริหารจัดการเรียนรู้ (Learning management system: LMS) เป็นระบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้นิสิตสามารถทบทวนเนื้อหาจากบทเรียนย้อนหลังได้ในรูปแบบคลิปวิดีโอ (Video clip) การสอน ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนที่นิสิตมีอิสระในการเรียนรู้ ทำให้นิสิตสามารถเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง และประโยชน์อย่างมากแก่ตัวนิสิต ซึ่งจะส่งผลทำให้การเรียนของนิสิตดีขึ้นได้

จากข้อมูลและสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติกับวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ของรายวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ (Human Physiology) รหัสวิชา 367202 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมให้นิสิตได้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์มากที่สุด ซึ่งจะส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างการจัดการเรียนการสอนแบบปกติกับแบบออนไลน์ วิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ (Human Physiology) รหัสวิชา 367202 ของนิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 2 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

กรอบแนวคิดวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ ของการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ดีกว่าแบบออนไลน์

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นิสิตที่ได้รับคัดเลือกมาเป็นกลุ่มตัวอย่าง ต้องมีคุณสมบัติดังเกณฑ์คัดเข้า ดังนี้

เกณฑ์คัดเข้า

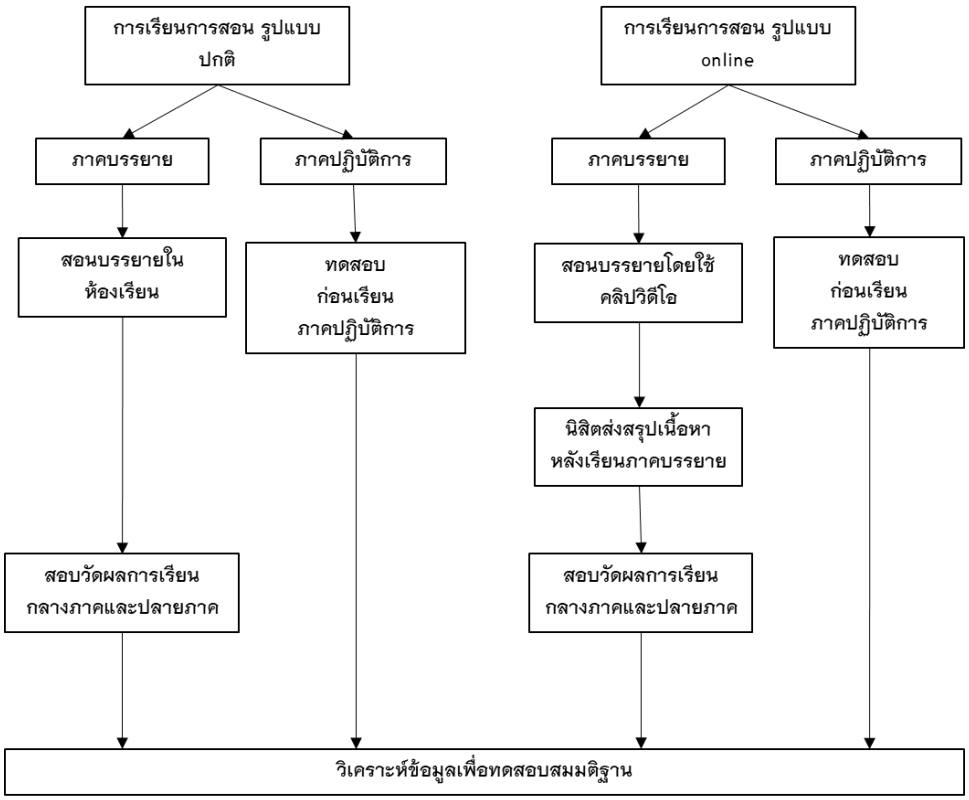
1. นิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
2. นิสิตลงทะเบียนเรียนในรายวิชา สรีรวิทยาของมนุษย์ (Human Physiology) รหัสวิชา 367202 ภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2561–2564
3. นิสิตทำแบบทดสอบก่อนเรียนในภาคปฏิบัติการครบทุกครั้ง และ เข้าสอบวัดผลกลางภาคเรียนและปลายภาคเรียน

วิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบย้อนกลับในรายวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ ของนิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ ในปีการศึกษา 2561 ถึง 2564 โดยแบ่งเป็น 1) การจัดการเรียนการสอนรูปแบบปกติ ในปีการศึกษา 2561 และ 2562 จำนวน 75 และ 65 คน รวมเป็น 140 คน และ 2) การจัดการเรียนการสอนรูปแบบออนไลน์ ในปีการศึกษา 2563 และ 2564 จำนวน 52 และ 55 คน รวมเป็น 107 คน ตามลำดับ

การจัดการเรียนการสอนแบบปกติ แบ่งออกเป็นภาคบรรยายและภาคปฏิบัติการ โดยการสอนภาคบรรยายใช้วิธีการสอนแบบบรรยายหน้าชั้นเรียน และมีการสอบทานความรู้กับนิสิตเป็นระยะ ๆ ตลอดชั่วโมงเรียน ส่วนการเรียนภาคปฏิบัติการ ผู้สอนได้มอบหมายให้นิสิตได้อ่านบทปฏิบัติการมาล่วงหน้า เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นิสิตได้รู้จักค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเอง และทำการสอบก่อนเรียนภาคปฏิบัติการ จากนั้นเปิดคลิปวีดีโอหลักการและวิธีการทำปฏิบัติการให้นิสิตดู 1 รอบ เพื่อให้นิสิตได้ทราบว่า เนื้อหาที่ไปค้นคว้าด้วยตัวเอง ยังมีส่วนที่ขาดไป หรือว่าครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของปฏิบัติการแล้ว ต่อมาให้นิสิตได้ลงมือทำปฏิบัติการจริง และให้บันทึกผลการทดลอง อภิปรายและสรุปผล ทำเป็นรายงานกลุ่มมาส่ง นอกจากนี้ ในการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ คือ ปีการศึกษา 2561–2562 นิสิตสามารถติดต่อกับผู้สอน เพื่อสอบทวนเนื้อหาที่ไม่เข้าใจได้ โดยขอนัดผู้สอนเพื่อเข้าปรึกษาได้ตามเวลาที่กำหนดไว้

ในขณะที่ปีการศึกษา 2563–2564 เป็นจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ โดยผู้สอนอัปโหลดคลิปวีดีโอบรรยายเนื้อหาแต่ละหัวข้อ ไว้ในระบบ LMS ของรายวิชาตามสัปดาห์ที่สอน จากนั้นมอบหมายให้นิสิตทำสรุปเนื้อหาภาคบรรยาย (Lecture summary) ส่งในระบบ LMS ตามวันเวลาที่กำหนด และในภาคปฏิบัติการ ผู้สอนมอบหมายให้นิสิตได้อ่านบทปฏิบัติการมาล่วงหน้า เช่นเดียวกับการเรียนรูปแบบปกติ ในวันที่มีการเรียนปฏิบัติการ นิสิตได้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ในระบบ LMS จากนั้น ให้นิสิตดูคลิปวีดีโอปฏิบัติการ เมื่อนิสิตดูคลิปเสร็จ ผู้สอนให้ผลการทดลอง เพื่อให้นิสิตนำผลไปวิเคราะห์ อภิปราย และสรุปผล ทำเป็นรายงานส่ง เช่นเดียวกับการเรียนการสอนแบบปกติ สำหรับการติดต่อสื่อสารกับผู้สอน นิสิตสามารถติดต่อโดยใช้กระดานสนทนาในระบบ LMS หรือส่งข้อความส่วนตัวมาปรึกษากับผู้สอนได้ ตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพแสดง การเปรียบเทียบการจัดการเรียนการสอนของรายวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ (Human Physiology) ในรูปแบบปกติกับรูปแบบออนไลน์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบก่อนเรียนภาคปฏิบัติการ (Pre-test)

การวิจัยครั้งนี้ ใช้คะแนนสอบก่อนเรียนภาคปฏิบัติการจำนวน 8 หัวข้อ ดังนี้ 1) Reflex 2) Sensory system 3) Physiology of endocrine system 4) Muscle physiology 5) Cardiovascular physiology 6) Respiratory physiology 7) Renal physiology และ 8) Physiology of digestive system โดยนำคะแนนสอบแต่ละหัวข้อมาเฉลี่ยรวมกันแล้วคิดเป็นร้อยละ จากนั้นนำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างการจัดการเรียนการสอนรูปแบบปกติ กับรูปแบบออนไลน์

2. แบบทดสอบวัดผลภาคบรรยายกลางภาคและปลายภาคเรียน

นำผลรวมของคะแนนสอบวัดผลการเรียนกลางภาค และปลายภาคมาคิดเป็นร้อยละ และนำข้อมูลมาเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างการจัดการเรียนการสอนรูปแบบปกติกับแบบออนไลน์

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Prism 9.0.0 ดังนี้

1. ดำเนินการหาค่าเฉลี่ย สวนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละของผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียนปฏิบัติการ และร้อยละของผลรวมของคะแนนสอบวัดผลการเรียนกลางภาคและปลายภาค

2. ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระ (Independent t – test)

ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์กับการจัดการการสอนแบบปกติวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ ของนิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 2 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 1 2 และ 3

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบปกติกับออนไลน์

รูปแบบการจัดการเรียนการสอน		**ปกติ** (ปีการศึกษา 2561–2562)	**ออนไลน์** (ปีการศึกษา 2563–2564)
ภาคปฏิบัติ	สอบก่อนเรียนภาคปฏิบัติการ	✓	✓
	มีคลิปวิดีโอเพื่อทบทวนเนื้อหา	x	✓
ภาคบรรยาย	สอบวัดผลกลางภาคและปลายภาคเรียน	✓	✓
	นิสิตส่งสรุปเนื้อหาหลังเรียนภาคบรรยาย	x	✓
	มีคลิปวิดีโอเพื่อทบทวนเนื้อหา	x	✓

จากตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการจัดการเรียนการสอนรูปแบบแบบปกติ ในปีการศึกษา 2561–2562 และรูปแบบออนไลน์ ในปีการศึกษา 2563–2564 โดยการจัดการเรียนการสอนทั้งสองรูปแบบมีการสอบก่อนเรียนภาคปฏิบัติการ และการสอบวัดผลกลางภาคและปลายภาคเรียน แต่การจัดการเรียนการสอนรูปแบบออนไลน์เพิ่มเติมให้นิสิตส่งสรุปเนื้อหาหลังเรียนภาคบรรยาย และมีคลิปวิดีโอเพื่อทบทวนเนื้อหาทั้งภาคปฏิบัติและภาคบรรยาย

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนภาคปฏิบัติการ ระหว่างการเรียนการสอนรูปแบบปกติกับแบบออนไลน์

รูปแบบการจัดการเรียนการสอน (ภาคปฏิบัติการ)	**จำนวนนิสิต** (n)	**คะแนนเฉลี่ย** ($\bar{x}$)	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** (S.D.)	t	*p*–value
แบบปกติ	140	74.57	10.22	4.30	<0.0001
แบบออนไลน์	107	79.88	8.75		

จากตารางที่ 2 คะแนนสอบก่อนเรียนภาคปฏิบัติการรายวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ ของนิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 2 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา พบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.0001$)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์กลางภาคและปลายภาคเรียน ระหว่างการเรียนการสอนรูปแบบปกติกับรูปแบบออนไลน์

รูปแบบการจัดการเรียนการสอน	จำนวนนิสิต (n)	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	t	*p*-value
แบบปกติ	140	62.13	13.41	8.33	<0.0001
แบบออนไลน์	107	74.76	10.42		

จากตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์กลางภาคและปลายภาคเรียน ของนิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 2 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา พบว่าคะแนนสอบวัดผลในการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า การจัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.0001$)

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบปกติกับแบบออนไลน์วิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ของนิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ ชั้นปีที่ 2 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

คะแนนสอบก่อนเรียนภาคปฏิบัติการ ของนิสิตที่เรียนรูปแบบออนไลน์ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.0001$) ซึ่งอาจเป็นเพราะการเรียนแบบออนไลน์มีข้อดี คือ ทั้งในภาคปฏิบัติและภาคบรรยาย นิสิตสามารถเข้าไปเรียนบทเรียนที่ไม่เข้าใจซ้ำได้หลายครั้ง (ดังตารางที่ 1) เป็นการทบทวนเนื้อหาเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่เข้าใจให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น อีกทั้งการเรียนภาคบรรยายนิสิตต้องส่งสรุปเนื้อหาหลังเรียน เป็นการสังเคราะห์เนื้อหาที่ได้เรียนมาทำให้นิสิตเกิดกระบวนการจดจำได้มากขึ้น (Camina, and Güell, 2017) อีกทั้งนิสิตที่เรียนจากเครื่องมือผ่านทางออนไลน์สามารถหาข้อมูลเนื้อหาเพิ่มเติมจากสื่อออนไลน์ได้ทันทีเพื่อประกอบการเรียนทำให้เรียนรู้เนื้อหาได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการเรียนแบบปกติในห้องเรียนซึ่งนิสิตไม่ค่อยมีความกระตือรือร้นในการเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนัชชา บินดุเหล็ม (2562) ที่ได้ศึกษาวิจัยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องรายได้ประชาชาติ รายวิชาหลักเศรษฐศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยการเรียนแบบออนไลน์มีค่าเฉลี่ยการสอบ สูงกว่า การเรียนการสอนแบบปกติ และยังสอดคล้องกับ คมสิทธิ์ และคณะ (2563) ได้วิจัยเรื่อง ผลสัมฤทธิ์การเรียนการอ่านขั้นสูงของนักศึกษาผ่านบทเรียนออนไลน์ พบว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนการอ่านภาษาอังกฤษผ่านบทเรียนออนไลน์ของผู้เรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ รุ่งอรุณ (2563) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สังคมศึกษาของนักศึกษาสาขาวิชาสังคมศึกษา ชั้นปีที่ 4 คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี พบว่า ผลการประเมินความสามารถในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สังคมศึกษาของนักศึกษาสาขาวิชาสังคมศึกษาหลังใช้บทเรียนออนไลน์สูงกว่าก่อนใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้สอดคล้องกับ วสันต์ พิสุทธิ์สกุลรัตน์ และ ไกยสิทธิ์ อภิระติง (2565)

ซึ่งผลการวิจัยปรากฏว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสาธิตร่วมกับบทเรียนแบบออนไลน์ โดยรวมอยู่ในระดับมาก

การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ที่ให้นิสิตทำสรุปเนื้อหาหลังเรียนภาคบรรยายมาส่ง รวมถึงเปิดโอกาสให้นิสิตได้ดูคลิปวิดีโอทบทวนเนื้อหาภาคบรรยายได้ตลอดเวลา ของรายวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ ของสาขาวิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดีกว่าแบบปกติ

ดังนั้น ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป ควรนำสรุปเนื้อหาหลังเรียนภาคบรรยาย มาเพิ่มในการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ และมีคลิปวิดีโอเนื้อหาภาคบรรยายให้นิสิตได้ทบทวนเนื้อหา เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนิสิต และควรมีแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ที่ผ่านการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC) นอกจากนี้ผู้สนใจสามารถนำไปวิจัยต่อยอดโดยการแสดงผลข้อมูลจำนวนนักศึกษาพร้อมค่าทางสถิติผ่านแผนที่ออนไลน์ Google Earth Pro รวมถึงการจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อศึกษาแนวโน้มรูปแบบการเรียนการสอนโดยสามารถแสดงช่วงชั้นระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีได้ต้องขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ และสาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ได้ให้คำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณนิสิตหลักสูตรเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาสรีรวิทยาของมนุษย์ (Human Physiology) รหัสวิชา 367202 ในภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2561–2564 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้ลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

คมสิทธิ์ สิทธิประการ, วิกรม ฉันทรางกูร และภัชญาภา ทองใส. (2563). ผลสัมฤทธิ์การเรียนการอ่านขั้นสูงของนักศึกษาผ่านบทเรียนออนไลน์. *วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ, 5*(11), 185–198.

รุ่งอรุณ ปิยะฤทธิ์. (2563). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์เพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สังคมศึกษาของนักศึกษาสาขาวิชาสังคมศึกษาชั้นปีที่ 4 คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. *วารสารมนุษยสังคมปริทัศ (มสป.), 22*(1), 175–185.

ธนัชชา บินดุเหล็ม. (2562). *ผลของการสอนแบบออนไลน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1. การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10 ระหว่างวันที่ 12–13 กรกฎาคม 2562.* (น. 1148 – 1157). สงขลา: มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

วสันต์ พิสุทธิ์สกุลรัตน์ และ ไกยสิทธิ์ อภิระติง. (2565). การจัดการเรียนรู้แบบสาธิตร่วมกับบทเรียนออนไลน์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง อัลกอริทึมและการแก้ไขปัญหาเชิงตรรกะ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดวังตะกู จังหวัดนครปฐม. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 7–8 กรกฎาคม 2565,* (น. 1178 – 1188). นครปฐม. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

Alshwiah, A. A. (2021). Barriers to online learning: Adjusting to the new normal in time of covid-19. *Turkish Online Journal of Distance Education, 22*(4), 212-228.

Camina, E., & Güell, F. (2017). The neuroanatomical, neurophysiological and psychological basis of memory: Current models and their origins. *Frontiers in pharmacology, 8,* 438.

Hill B. Coronavirus: origins, signs, prevention and management of patients. *British Journal of Nursing 2020; 29*(7), 399-402.

Khuankaew, S. & Trail, A. (2021). Unveiling Online English Learning During the Covid-19 Era: An Analysis of Maejo University Students' Perceptions and Achievement in Fundamental English 2 Online Learning. *Journal of Liberal Arts, 9*(1), 136-156. Retrieved December 10, 2021, from https://so*03*.tci-thaijo.org/index.php/l.

Molecular modeling study of chromone derivatives as potential inhibitor of SARS-CoV-2 Main Protease

Narumol Phosrithong[a*],

Faculty of Pharmacy, Siam University, 38 Petkasem Road, Bangkok 10160, Thailand

*Corresponding author, E-mail: narumol.pho@siam.edu[

บทคัดย่อ

โรคทางเดินหายใจเฉียบพลันรุนแรงหรือโควิด 19 มีสาเหตุจากเชื้อไวรัสโคโรน่าและเป็นภาวะฉุกเฉินด้านสาธารณสุขทั่วโลก. จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาสารใหม่ที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ที่สำคัญสำหรับวงจรชีวิตของเชื้อไวรัสดังกล่าว จากการศึกษาพบว่าเอนไซม์ SARS-CoV-2 major protease (Mpro) เป็นเอนไซม์โปรตีเอสที่มีบทบาทสำคัญในการจำลองและการถอดรหัสโปรตีนของไวรัส จึงเป็นเป้าหมายที่น่าสนใจสำหรับการออกแบบยาในการยับยั้งไวรัสโคโรน่า การศึกษาครั้งนี้ใช้เทคนิคจำลองการจับกันระหว่างโมเลกุลเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของ Mpro ด้วยอนุพันธ์โครโมนและหาโมเลกุลที่มีความเป็นไปได้ในการยับยั้งเอนไซม์มากที่สุด โดยการจำลองการเข้าจับของอนุพันธ์โครโมนแต่ละชนิดกับโมเลกุลเป้าหมายโดยใช้โปรแกรม Autodock 4.2 พบว่าอนุพันธ์ 15 มีพลังงานในการจับกับเป้าหมายสูงที่สุดโดยมี binding energy -10.64 กิโลแคลอรี/โมล ซึ่งสารนี้อาจจะมีแนวโน้มในการพัฒนาต่อไปเพื่อเป็นยารักษาโรคที่มีฤทธิ์ยับยั้ง SARS-CoV-2 major protease (Mpro) ต่อไป

คำสำคัญ: ด๊อกกิ้ง, โควิด-19, เอนไซม์โปรตีเอสของซาร์-โค ไวรัส, อนุพันธ์โครโมน

Abstract

The COVID-19 epidemic caused by the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) has been identified as a global public health emergency. It is critical for developing novel potential inhibitors against SARS-CoV-2 major protease (Mpro), which has been established as a promising target for therapeutic design. Mpro is a SARS-CoV-2 protease enzyme that plays an essential role in viral replication and transcription, making it an appealing therapeutic target for this virus. This study employed the molecular docking method to investigate the potential for an inhibitory effect of chromone group members against SARS-CoV-2's Mpro using Autodock 4.2 program. In order to choose the potential tested molecules of choice, the binding affinities of the complex formed by each chromone compound and the enzyme's binding site were examined. Compound 15 showed the highest binding affinity among the examined compounds with binding energy -10.64 kcal/mol. According to the findings, this substance could be developed further to become a disease-treating medicine with a potent inhibitory action against Mpro.

Keywords: Docking, COVID-19, SARS-CoV-2's protease, Chromone derivatives

Introduction

Since the outbreak of COVID-19 in December 2019, the number of reported cases has risen. As of 22 October 2023, over 771 million confirmed cases and over six million deaths have been reported globally. [1]. The severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) belongs to the family Coronaviridae [2,3]. The SARS-CoV-2 virus has an RNA genome made of 30,000 nucleotides. The virus' replicase genes encode for two overlapping polyproteins, PP1A and PP1AB, which are required for viral replication and transcription [4-6]. These polyproteins are modified into functional polypeptides after proteolytic cleavage by the main protease (Mpro), the 3C-like protease. SARS-CoV-2 consists of three domains, domains I, domain II and domain III. Domain I (residues 8–101) and II (residues 102–184) have an antiparallel β-barrel structure. Domain III (residues 201–303) contains

five α-helices arranged into a large antiparallel globular cluster, which is connected to domain II employing an extended loop region (residues 185–200) [4]. SARS-CoV-2 Mpro has a Cys-His catalytic dyad, and the substrate-binding site is located in a cleft between domain I and domain II [4]. It functions by consuming the polyprotein with more than 11 conserved sites, starting with the autolytic cleavage of this enzyme from PP1A and PP1AB. Mpro is a crucial enzyme of coronaviruses and has a pivotal role in mediating viral replication and transcription, making it an attractive drug target for SARS-CoV-2 [5,6].

Although vaccine development is being undertaken at a breakneck speed, there is no anti-SARS-CoV-2 drug available to date. Under urgent circumstances, anti-HIV agents have been tested against SARS-CoV-2 main protease and shown effectiveness against the viral enzyme [7-8]. Fortunately, the combination of anti-HIV protease agents, lopinavir and ritonavir, was currently employed in a clinical trial against COVID-19 in patients with mild and moderate COVID-19 [9].

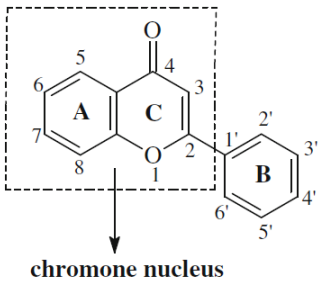


Figure. 1 General structure of flavonoids and chromones

Chromone (4H-chromen-4-one, 4H-1-benzopyran-4-one) is an essential class of oxygen-containing heterocyclic compounds which are part of the flavonoid family (Fig. 1). Flavonoids were found to inhibit different targets of coronaviruses, such as SARS and MERS [10], by blocking the enzymatic activities of viral proteases like 3-chymotrypsin-like protease (3CLpro), papain-like protease (PLpro) and helicase. It was also found to interfere with spike (S) proteins, which play a significant role in the entry of the virus into the host cells. Some flavonoids, such as apigenin, luteolin, quercetin, daidzein, epigallocatechin gallate and kaempferol, were reported to inhibit the proteolytic activity of SARS-CoV-2's 3CL hydrolase [11-12].

In the previous study, our research group designed and synthesized chromone compounds and evaluated their pharmacological activities, e.g., anti-HIV-1 protease, antioxidant, anticancer and antimalarial activities [13-18]. In this study, we assessed the docking of 24 chromones (Table 1) and evaluated their potential as inhibitory compounds against the main protease SARS-CoV-2 6LU7 using the AutoDock 4 software [19]

Materials and methods

Molecular docking

Docking was performed with AutoDock 4 (Scripps Research Institute, USA) using an empirical free energy function and a Larmarckian genetic algorithm, with an initial population of 150 randomly placed individuals, no. Maximum energy is 2.5 X 106 power rating, a mutation rate of 0.02 and the crossover ratio is 0.80. One hundred

independent docking analyzes were performed for each ligand. Results that differed by less than 2.0 Å in position root mean square deviation (RMSD) were grouped into the same group and represented the result with the most favorable binding free energy.

Ligand preparation

The structures of the twenty-four synthesized chromone derivatives were modelled using the molecular modelling program SYLBYL-X 2.0 (Tripos Associates, Saint Louis, MO) on an Indigo Elan workstation (Silicon Graphics Inc., Mountain View, CA) by sketch method. Fragment libraries from the SYSBYL database are used as building blocks to construct more significant structures. Initially, the energy of each structure was minimized using the standard Tripos force field (Powell method and Å energy gradient convergence criterion of 0.05 kcal/mol Å) and the Gasteiger-Hückel assigned charge method. These confirmations are used as initial conformations to perform the docking process. The structures of the chromone derivatives are shown in Table 1.

Receptor preparation

X-ray crystal structure of the protein main protease (Mpro) (PDB ID: 6LU7 determination 2.16 Å) was obtained from the Brookhaven Protein Information Bank (http://www.rcsb.org/pdb). The receptor was prepared for docking by expulsing water atoms and connected ligands. By utilizing AutoDockTools, polar hydrogen particles were included with combining nonpolar hydrogen molecules. Kollman charges and solvation parameters were doled out by default.

Docking

Method validation

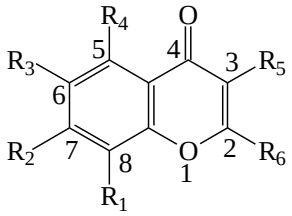
The ligand orientations and positions were obtained from the docking studies by the redocking experiment and validated to the certainty of potential binding modes of the inhibitors. The ligand (N-[(5-methylisoxazol-3-yl)carbonyl]alanyl-l-valyl-n~1~-((1R,2Z)-4-(benzyloxy)-4-oxo-1-[[(3R)-2-oxopyrrolidin-3-yl]methyl]but-2-enyl)-l-leucinamide, abbreviated as N3) was docked into the native protein to determine the ability of AutoDock 4.2 program to reproduce the orientation and position of the ligand observed in the crystal structure. The docking results would show the compound with the lowest binding energy when it is bound to the target protein to obtain the RMSD value of the docking compounds. If the RMSD values obtained were less than 2 Å, the docking of the test compounds could be carried out with the target protein in the same grid box area [20-21].

Results and Discussion

The docking simulation was performed using the AutoDock 4.2 program with 24 synthetic chromone derivatives. Each compound was docked into SARS-CoV-2 Main Protease targets. The lowest energy-docked conformation of the most populated cluster was selected and considered. Table 1 summarizes the result of the docking study presented as binding energy (kcal/mol). Most of the 3-substituted chromone compounds (compounds containing benzoyl group at position 3 of the chromone nucleus) showed a higher binding energy -8.58 kcal/mol to -10.64 kcal/mol) than the 3-unsubstituted derivatives (binding energy -5.56 to -7.96 kcal/mol). Compound 15 was found to be an outstanding main protease inhibitor with binding energies of -10.64 kcal/mol.

This value was lower than quercetin and remdesivir, recently FDA-approved SARS-CoV-2 drugs [22] (binding energy -8.43 and -8.09 kcal/mol, respectively).

Table 1. Structures and binding energies of chromone derivatives docked with target macromolecule



Cpd	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	Binding energy (Kcal/mol)
1	OH	H	H	H	H	Phenyl	-7.54
2	OH	OH	H	H	H	CH_3	-5.87
3	OH	OH	H	H	H	Benzyl	-7.63
4	OH	OH	H	H	H	Phenyl	-7.94
5	H	OH	H	H	H	CH_3	-5.56
6	H	OH	H	H	H	Benzyl	-7.68
7	H	OH	H	H	CH_3	Benzyl	-7.96
8	H	OH	H	H	H	4'-(*t*-butyl)-Phenyl	-7.90
9	H	OH	H	OH	H	3'-(CF_3)-Phenyl	-7.27
10	H	OH	H	OH	H	4'-(*t*-butyl)-Phenyl	-7.93
11	H	OH	H	OH	H	4'-(OCH_3)-Phenyl	-7.34
12	H	OH	H	OH	H	3'-(OCH_3)-Phenyl	-7.24
13	H	H	OH	H	H	3'-(OCH_3)-Phenyl	-7.56
14	OH	OH	H	H	3"-(CF_3)-benzoyl	3'-(CF_3)-Phenyl	-8.58
15	OH	OH	H	H	3"-(Cl)-benzoyl	3'-(Cl)-Phenyl	-10.64
16	OH	OH	H	H	3"-(OCH_3)-benzoyl	3'-(OCH_3)-Phenyl	-9.88
17	OH	OH	H	H	4"-(F)-benzoyl	4'-(F)-Phenyl	-9.17
18	OH	OH	H	H	4"-(NO_2)-benzoyl	4'-(NO_2)-Phenyl	-8.70
19	H	OH	H	H	3"-(CF_3)-benzoyl	3'-(CF_3)-Phenyl	-8.80
20	H	OH	H	H	3"-(Cl)-benzoyl	3'-(Cl)-Phenyl	-9.85
21	H	OH	H	H	4"-(NO_2)-benzoyl	4'-(NO_2)-Phenyl	-9.44
22	H	OH	H	H	4"-(OCH_3)-benzoyl	4'-(OCH_3)-Phenyl	-9.17
23	H	OH	H	H	4"-(*t*-butyl)-benzoyl	4'-(*t*-butyl)-Phenyl	-8.92
24	H	OH	H	OH	3"-(OCH_3)-benzoyl	3'-(OCH_3)-Phenyl	-9.14

All chromones interacted with His41, Ser46, Tyr54, Phe140, Lue141, Asn142, Gly143, Ser144, Cys145, His163, Met165, Glu166, Lue167, Pro168, Phe185, Asp187, Arg188, Gln189, Thr190, Ala191 and Gln192 residues in the binding pocket of main protein. Compound 15 exhibited the highest binding energy due to the formation of hydrogen bonds between two phenolic hydroxyl groups of chromone nucleus and Arg188, Thr190 and Gln192 at the active site. The 3'-chloro phenyl group at C2 was inserted into the S2 sub-pocket, which was maintained by hydrophobic interactions with His41, Met49, Tyr54 and the alkyl portion of Glu87. Additionally, the 3"-chloro benzoyl group substituted at C3 fitted in the S1 sub site maintained by hydrophobic interactions with

Leu141, Asn142, Cys145 and Met165. The results were consistent with the Sacco et. al. [23] that hydrophobic side chain could be accommodated in the S1 pocket (Fig. 2A). Compound 16 exhibited a similar inhibitory binding mode with compound 15, with a small difference probably due to the 3"-methoxy benzoyl group of compound 16, which formed a hydrogen bond with Gly143 (Fig. 2B)

Comparison of the binding energy for compounds with the same OH and C3 substituted patterns showed that the 3-substituted compounds displayed better activity than the corresponding 3-unsubstituted compounds, for example, compounds 24 (binding energy -9.14 kcal/mol) and 12 (binding energy -7.24 kcal/mol) (Fig. 2C-D). The docking results showed that the substituted benzoyl at C3 forms hydrophobic interaction with hydrophobic residues (< 5Å), including Leu 141, Asn142, Gly143, Ser144 and Cys145, resulting in a ligand-receptor complex with better binding energy. The differences in compound 24 and 12 binding modes are illustrated in Figure 3.

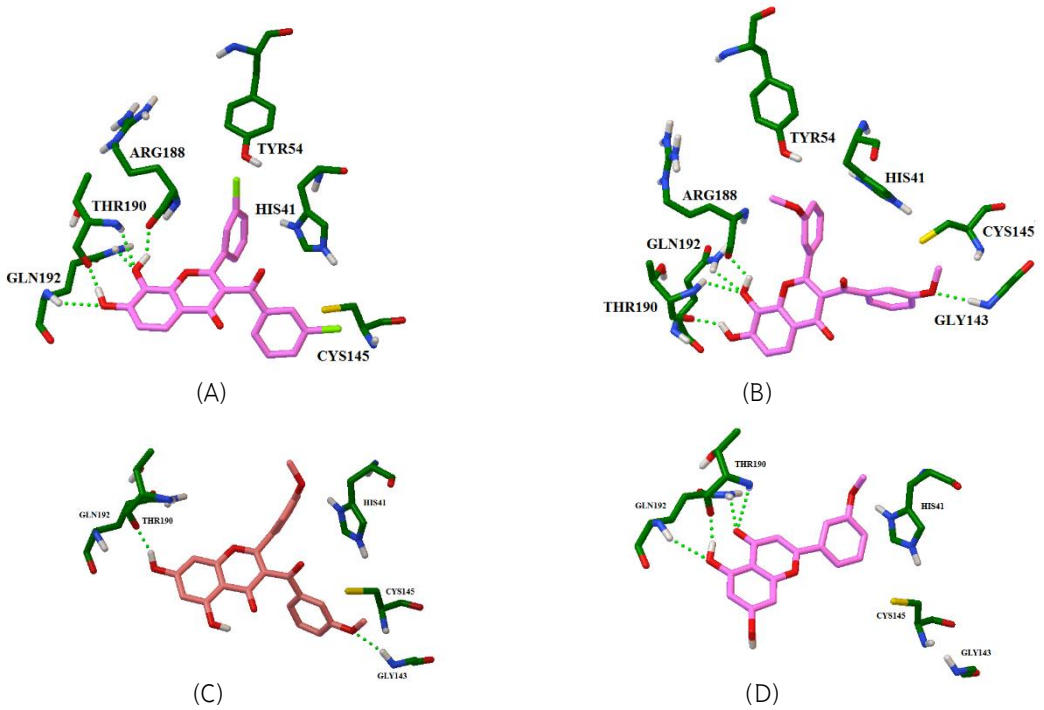


Figure 2. Docking of chromone compounds with SARS-CoV-2 Main Protease. Hydrogen bond interaction between 6GLU7 and compound 15 (A), compound 16 (B), compound 24 (C) and compound 12 (D)

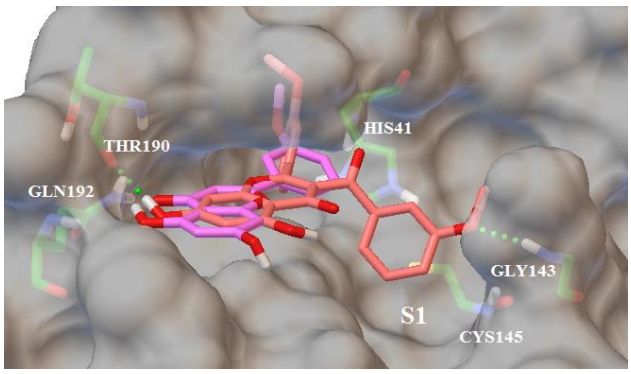


Figure 3: The result of superimposing compound 12 (pink) and compound 24 (orange). The substituted benzoyl group at C3 of compound 15 inserted into S1 site pocket and formed hydrogen bond interaction with Gly143.

Conclusion

This study used the docking simulation technique to preliminarily investigate the potential against SARS-CoV-2's main protease of synthetic chromone derivatives. Analyzing the best-docked ligands allowed us to know the binding mode of compounds involved in this study. The obtained results are also helpful in understanding the structural features required to enhance the inhibitory activities. However, further studies should be conducted to validate these compounds using *in vitro* and *in vivo* models to open the way for these compounds in drug development. To determine if there is a positive relationship between ethical leadership and employee engagement.

Acknowledgements

The authors acknowledge the National e-Science Infrastructure Consortium for providing computing resources that have contributed to the research results reported within this paper.

References

1. World health organization (2023) https://covid19.who.int/ Accessed on 15 Oct 2023
2. CSG of the International CSG. The species severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. Nat Microbiol. 2020: 1.
3. Kundu D, Selvaraj C, Singh SK, Dubey VK. Identification of new anti-CoV drug chemical compounds from Indian spices exploiting SARS-CoV-2 main protease as target. Journal of Biomolecular Structure and Dynamics. 2020; 1-9.
4. Zhang B, Li XF, Zhang LK, Peng C, Duan YK, Yu J, Wang L, Yang KL, Liu FJ, Jiang RD, Yang XL, You T, Liu XC, Yang XN, Bai F, Liu H, Liu X, Guddat LW, Xu WQ, Xiao GF, Qin CF, Shi ZL, Jiang HL, Rao ZH and Yang HT. Structure of M^{pro} from COVID-19 virus and discovery of its inhibitors. Nature. 2020; 582: 289-93.
5. Anand K, Palm GJ, Mesters JR, Siddell SG, Ziebuhr J, Hilgenfeld R. Structure of coronavirus main proteinase reveals combination of a chymotrypsin fold with an extra α-helical domain. EMBO J. 2020; 21: 3213-24.
6. Yang H. Yang HT, Yang MJ, Ding Y, Liu YW, Lou ZY, Zhou Z, Sun L, Mo LJ, Ye S, Pang H, Gao GF, Anand K, Bartlam M, Hilgenfeld R, Rao ZH. The crystal structures of severe acute respiratory syndrome virus main protease and its complex with an inhibitor. Proc. Natl Acad. Sci. USA. 2003; 100: 13190-5
7. Tsuji. M. Potential anti-SARS-CoV-2 drug candidates identified through virtual screening of the ChEMBL database for compounds that target the main coronavirus protease. FEBS open bio. 2020; 10 (6): 995-1004.
8. Serafin MB, Bottega A, Foletto VS, da Rosa TF, Hörne A, Hörner R. Drug repositioning is an alternative for the treatment of coronavirus COVID-19. Int J Antimicrob Agents. 2020; 55(6); 105969.
9. Tu YF, Chien CS, Yarmishyn AA, Lin YY, Luo YH, Lin YT, Lai WY, Yang DM, Chou SJ, Yang YP, Wang ML, Chiou SH. A review of SARS-CoV-2 and the ongoing clinical trials. Int J Mol Sci. 2020; 21 (7): 2657.

10. Yang Y, Islam MS, Wang J, Li Y, Chen X. Traditional chinese medicine in the treatment of patients infected with 2019-new coronavirus (SARS-CoV-2): a review and perspective. Int J Biol Sc. 2020; 16: 1708-17.
11. Nguyen TTH, Woo HJ, Kang HK, Kim Y-M, Kim DW, Ahn SA, Xia YM, Kim DM. Flavonoid-mediated inhibition of SARS coronavirus 3C-like protease expressed in *Pichia pastoris*. Biotechnol Lett. 2012; 34 (5):831-8.
12. Solnier J, Fladerer JP. Flavonoids: A complementary approach to conventional therapy of COVID-19? Phytochem Rev. 2020.
13. Ungwitayatorn J, Wiwat C, Samee W, Nunthanavanit P, Phosrithong N. Synthesis, *in vitro* evaluation, and docking studies of novel chromone derivatives as HIV-1 protease inhibitor. J Mol Struc. 2011; 1001: 152-61.
14. Phosrithong N, Samee W, Nunthanavanit P, Ungwitayatorn J. *In Vitro* antioxidant activity study of novel chromone derivatives. Chem Biol Drug Des.2012; 79(6): 981-9
15. Maicheen C, Phosrithong N, Ungwitayatorn J. Docking study of chromone derivatives as cyclooxygenase-2 inhibitors. Med Chem Res. 2017; 26(3): 662-71
16. Maicheen C, Phosrithong N, Jittikoon J, Ungwitayatorn J. Topoisomerase I inhibitory activity and 3D QSAR studies of chromone derivatives. Chiang Mai J. Sci. 2018; 45(2):1073-86
17. Lerdsirisuk P, Maicheen C, Ungwitayatorn J. Antimalarial activity of HIV-1 protease inhibitor in chromone series. Bioorg Chem. 2014; 57:142-7.
18. Maicheen C, Ungwitayatorn J. Antimalarial and β-hematin formation inhibitory activities of chromone derivatives. Science Asia. 2018; 45: 221-8.
19. Goodsell DS, Morris GM, Olson AJ. Docking of flexible ligands: applications of AutoDock. J Mol Recognition. 1996; 9:1-5
20. Cosconati S, Forli S, Perryman AL, Harris R, Goodsell DS, Olson AJ. Virtual screening with AutoDock: theory and practice. Expert Opin Drug Discov. 2019; 5(6): 597-607.
21. Moitessier N, Englebienne P, Lee D, Lawandi J and Corbeil CR. Towards the development of universal, fast and highly accurate docking/scoring methods: a long way to go. Br J Pharmacol. 2009; 153: S7-S26
22. U.S. Food and Drug Administration. FDA Approves First Treatment for COVID-19. 2020.
23. Sacco MD, Ma C, Lagarias P, Gao A, Townsend JA, Meng X, Dube P, Zhang XJ, Hu YM, Kitamura N , Hurst B, Tarbet B, Marty MT , Kolocouris A, Xiang Y, Chen Y, Wang J. Structure and inhibition of the SARS-CoV-2 main protease reveal strategy for developing dual inhibitors against Mpro and cathepsin L. Adv. 2020; 6: eabe0751.

การเพิ่มประสิทธิภาพการเข้าถึงข้อมูลในงานสำรวจเชิงพื้นที่ โดยใช้เทคนิคการสร้างดรรชนี สำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ภายใต้รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์

จิรวัฒน์ ดวงแก้ว[1], บวรศักดิ์ ศรีสังสิทธิสันติ[1*], อภิวัฒน์ วิทยารัฐ[1], นราศักดิ์ บุญเทพ[1], ภูวิศสรณ์ ภูมิสรณคมณ์[1] และจิราพร ไชยวงศ์สาย[1]

Enhancing Data Retrieval Efficiency in Geospatial Surveys Using Indexing Techniques for Large-Scale JavaScript Object Notation Datasets

Jirawat Duangkaew[1], Bowonsak Srisungsittisunti[1*], Apiwat Witayarat[1], Narasak Boonthep[1], Phuwitsorn Phumsaranakhom[1] and Jirabhorn Chaiwongsai[1]

[1] Program in Computer Engineering, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

[*] Corresponding author: bowonsak.sr@up.ac.th

Received: September 9, 2023; Revised: September 21, 2023; Accepted: September 22, 2023

บทคัดย่อ

การใช้รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) ในฐานข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงสัมพันธ์ (Not only Structured Query Language, NoSQL) ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาข้อจำกัดของ NoSQL ส่วนของการจัดทำดรรชนี (Indexing) สำหรับไฟล์ JSON ขนาดใหญ่ จึงเป็นข้อจำกัดอันท้าทายเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ต้องการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลที่มีขนาดใหญ่แต่อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจหน้างานมีหน่วยความจำไม่เพียงพอสำหรับการประมวลผลไฟล์ขนาดใหญ่ ในการศึกษานี้ ได้เสนอการใช้ชุดข้อมูล JSON ในการรักษาข้อมูลในกระบวนการสำรวจทรัพยากร ซึ่งดำเนินการทดลองบนชุดข้อมูลขนาด 32 กิกะไบต์ ที่มีจำนวนข้อมูล 1,000,000 รายการ ในรูปแบบ JSON และได้ทำการจัดทำดรรชนีสองวิธีคือ การจัดทำดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense) และแบบกระจาย (Sparse) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูล นอกจากนี้ยังได้ค้นพบขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับวิธีการจัดทำดรรชนีทั้งสอง ผลการศึกษาพบว่าการใช้กรณีการจัดทำดรรชนีแบบหนาแน่น ลดเวลาในการเข้าถึงข้อมูลจาก 26,869.218 มิลลิวินาที (กรณีไม่มีการจัดทำดรรชนี) ลงเหลือ 382.196 มิลลิวินาที หรือลดลงถึง 98.58% ในการเข้าถึงข้อมูลแบบหนึ่งต่อหนึ่ง และจาก 38,300.848 มิลลิวินาที (กรณีไม่มีการจัดทำดรรชนี) ลงเหลือ 1.097 มิลลิวินาที ในกรณีที่ไม่มีคำค้นหา ในทางกลับกัน การใช้การจัดทำดรรชนีแบบกระจาย ลดเวลาในการเรียกข้อมูลจาก 55,197.734 มิลลิวินาทีลงเหลือ 854.661 มิลลิวินาที หรือลดลงถึง 98.45% ในการเรียกข้อมูลแบบหนึ่งต่อกลุ่ม และจาก 47,203.253 มิลลิวินาทีลงเหลือ 0.179 มิลลิวินาที ในกรณีที่ไม่พบคำค้นหา นอกจากนี้ยังค้นพบว่าทุกช่วงขนาดส่วนตัวอย่างทั้งหมด สำหรับวิธีการจัดทำดรรชนีแบบหนาแน่น และดรรชนีแบบกระจายยังคงสามารถจัดการกับหน่วยความจำและการเข้าถึงคำหลัก (Keyword) ได้อย่างรวดเร็ว

คำสำคัญ: การจัดทำดรรชนีหนาแน่น, การทำดรรชนีกระจาย, ชุดข้อมูลขนาดใหญ่, ฐานข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงสัมพันธ์, ไฟล์รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

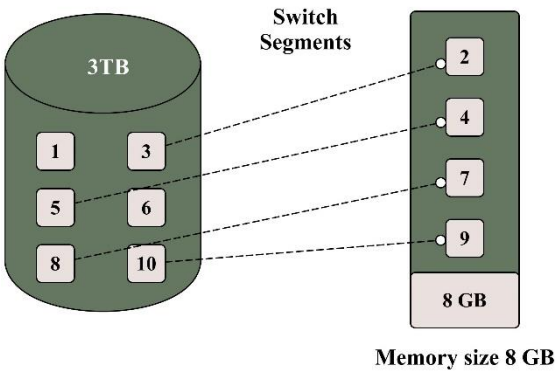
The use of JavaScript Object Notation (JSON) format as a Not only Structured Query Language (NoSQL) storage solution has grown in popularity but has presented technical challenges, particularly in indexing large-scale JSON files. In this study, we propose using JSON data sets especially in cases to survey and access large amounts of data, but the devices used for data collection have insufficient memory to process large-sized files. We conducted experiments on 32 Gigabyte data sets with 1,000,000 transactions in JSON format and implemented two types of indexing, Dense and Sparse, to enhance data access efficiency. Additionally, we identified the suitable sample size for both indexing methods. The findings indicated that the use of dense indexing decreased data retrieval time from 26,869.218 milliseconds (Non index) to 382.196 milliseconds, a reduction of 98.58% in one-to-one data retrieval and from 38,300.848 milliseconds to 1.097 when there were no keywords. In contrast, sparse indexing reduced data retrieval time from 55,197.734 milliseconds (Non index) to 854.661 milliseconds, a decrease of 98.45% in one-to-many data retrieval and from 47,203.253 milliseconds to 0.179 milliseconds when keywords were not found. Furthermore, we discovered that for both dense and sparse indexing, all sample size ranges could rapidly manage memory and access keywords.

Keywords: Dense Indexing, Sparse Indexing, Large Scale Dataset, Not only Structured Query Language, JavaScript Object Notation

บทนำ

ในการบันทึกข้อมูลจากการสำรวจเชิงพื้นที่ บางครั้งอาจพบกับสถานการณ์ที่ไม่สามารถเข้าถึงเครือข่ายได้ ดังนั้น จำเป็นต้องเก็บข้อมูลในลักษณะอื่นที่ไม่ใช่ระบบฐานข้อมูล อาทิ การบันทึกข้อมูลในรูปแบบไฟล์ข้อมูล นอกจากนี้ ข้อมูลที่บันทึกอาจมีขนาดใหญ่และปริมาณมาก ทำให้การประมวลผลด้วยอุปกรณ์สำรวจและประมวลผลหน้างานสำรวจที่มักเป็นอุปกรณ์เคลื่อนที่สะดวก เช่น โทรศัพท์มือถือ ไม่สามารถทำได้เนื่องจากขนาดของไฟล์ใหญ่กว่าหน่วยความจำที่ใช้ในการประมวลผลของอุปกรณ์

อย่างไรก็ตามไฟล์รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) เป็นเทคโนโลยีฐานข้อมูลไม่ใช่เชิงสัมพันธ์ (Not only Structured Query Language, NoSQL) ซึ่งมีความยืดหยุ่นของการจัดเก็บข้อมูลทางโครงสร้างได้อย่างอิสระ จึงได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน การเพิ่มขึ้นของปริมาณข้อมูล ส่งผลต่อความท้าทายทางด้านเทคนิคหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับเทคนิคการจัดทำดรรชนีสำหรับชุดข้อมูลรูปแบบ JSON ขนาดใหญ่ อีกทั้งข้อมูลไฟล์รูปแบบ JSON มีขนาดใหญ่เกินความจุของหน่วยความจำแบบเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Access Memory, RAM) จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะสำรวจและสืบค้นข้อมูลทั้งหมดในการเข้าถึงเพียงครั้งเดียว แต่สามารถแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนเท่า ๆ กันของข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยแต่ละส่วนจะถูกจัดเรียงลำดับแถวข้อมูลลงใน RAM เพื่อเข้าสู่กระบวนการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลด้วยหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit, CPU)



รูปที่ 1 กรณีที่ไม่มีดรรชนีสำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่

การศึกษาครั้งนี้ใช้รูปแบบ JSON เพื่อตรวจสอบเทคนิคการจัดทำดรรชนีสำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ใน NoSQL ซึ่งการทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้องนำเสนอความเข้าใจที่ครอบคลุมเกี่ยวกับการวิจัยที่ทันสมัยในด้านนี้ การวิจัยก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการจัดทำดรรชนี เช่น (Chang et al., 2017) เสนอวิธีการค้นหาข้อมูลอภิพันธุ์ (Metadata) โดยอาศัยการค้นหาด้วยดรรชนีตามคำหลัก (keyword-index) ในระบบไฟล์ขนาดใหญ่ โดยใช้เทคนิคการแบ่งส่วน (Partition) ของดรรชนีได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติการกระจายของข้อมูลอภิพันธุ์ (Metadata) และความสามารถในการค้นหาข้อมูลอภิพันธุ์ (Metadata) ผลการทดลองพบว่าวิธีการแบ่งส่วนมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการที่ไม่ใช้การแบ่งส่วนข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน (Chopade & Pachghare, 2020) เสนอการจัดทำดรรชนีทางด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นของฐานข้อมูล (MongoDB) และความเกี่ยวข้องในการพิสูจน์หลักฐานของฐานข้อมูล ผลการทดสอบพบว่าการจัดทำดรรชนีสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเป็นอย่างมาก โดยการลดเวลาในการตรวจสอบเอกสาร ทำให้เป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาแอปพลิเคชันและการวิเคราะห์ทางนิติวิทยาศาสตร์ (Yuan, J. & Liu, X., 2012) เสนอวิธีการค้นหาตัวเลือกที่ใกล้เคียงที่สุดโดยใช้ (Embedded k-Means) ซึ่งสร้างดรรชนีแบบแบ่งกลุ่มสองระดับที่มีศูนย์กลางทางคณิตศาสตร์ (Centroid) สองกลุ่ม และใช้ไฟล์ (Inverted file) เพื่อบันทึกการจัดกลุ่ม ที่ระดับค้นหา ซึ่งใช้กลยุทธ์ตัดสินใจเพื่อควบคุมคุณภาพและความเร็วในการค้นหา ผลการทดลองบนชุดข้อมูลรูปภาพ (Scale-Invariant Feature Transform, SIFT) และ (Generic Indexing of Spatial Data, GIST) แสดงประสิทธิภาพการค้นหาที่ดีและมีภาวะความจำและความซับซ้อนที่ต่ำ (Zineddine et al., 2018) เสนอโครงสร้างการจัดทำดรรชนีแบบต้นไม้แบบทวิภาค (Binary tree) แบบใหม่ เพื่อจัดระเบียบคุณสมบัติของภาพ (สี รูปร่าง พื้นผิว) สำหรับการค้นหาภาพขนาดใหญ่อย่างมีประสิทธิภาพ แนะนำการสร้างดรรชนีและอัลกอริทึมการค้นหา (K-Nearest Neighbors, KNN) โดยใช้แนวคิดคอนเทนเนอร์ (Containers) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความซับซ้อนที่ประเมินจากชุดข้อมูลจริง (Jin et al., 2021) เสนอการปรับเปลี่ยนโครงสร้างดรรชนี (Balanced Tree Plus, B+Tree) และ (Log-Structured Merge-Tree, LSM-Tree) สำหรับอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Solid state drives, SSDs) ที่มี (Zoned Namespaces, ZNS) ซึ่งมีต้นทุนและค่าใช้จ่ายจากการเตรียมความพร้อมที่ต่ำ แต่สามารถรองรับการเขียนแบบลำดับ (Abdulkadhem, A. A. & Al-Assadi, T. A., 2019) เสนอวิธีการที่ใช้ระบบข้อมูลภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) ในการสร้างจุดสำคัญบนถนนด้วยจุดมุมและข้อมูลมัลติมีเดีย เป็นขั้นตอนการทำงานล่วงหน้าสำหรับการค้นหาแผนที่จากภาพยนตร์วิดีโอ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้สามารถสืบค้นมัลติมีเดียภายในสภาพแวดล้อม GIS นอกจากนี้ ยังได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ดรรชนี เช่น (Alqatawneh, A., 2022) เสนอเทคนิคใหม่สำหรับระบบการถ่ายทอดสัญญาณแบบความถี่ศูนย์ที่ตั้งฉาก (Orthogonal frequency division multiplexing, OFDM) โดยใช้

สัญลักษณ์ส่งสู่จุดศูนย์ เพื่อส่งบิตข้อมูลเพิ่มเติม โดยไม่ส่งผลกระทบต่อความแม่นยำ ในการประมาณการช่องทางหรือประสิทธิภาพข้อผิดพลาดของระบบการตรวจจับที่ใช้เรียกว่า (Minimum Mean Square Error, MMSE) และผลจากการจำลองแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของอัตราการส่งผ่านข้อมูลของระบบ และอัตราความผิดพลาดที่ต่ำเมื่อใช้ระดับสัญญาณแรงสูง (L. Tan, K. & C. Lim, K., 2019) เสนอระบบกล้องรักษาความปลอดภัยที่สามารถตรวจจับสัญญาณ (Wireless Fidelity, WiFi) พร้อมกับตัวกรองการตรวจสอบโครงสร้างของสัญญาณ WiFi มีทั้งหมด 3 ขั้นตอน โดยพิจารณาจากความแรงของสัญญาณ WiFi ในการกรองและติดตามที่อยู่ของอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Media Access Control, MAC address) ไปยังโครงสร้างของวิดีโอ วิธีนี้ใช้ข้อมูลอภิพันธุ์ (Meta data) ของที่อยู่อุปกรณ์เคลื่อนที่ ในการกำหนดลำดับความสำคัญในการเรียกโครงสร้างของวิดีโอ เพื่อลดระยะเวลาและความยุ่งยากในการค้นหาวิดีโอของเจ้าหน้าที่ส่วนงานรักษาความปลอดภัยของสาธารณะ (S, M. & MB, S. P., 2020) เสนอดรรชนีการตรวจสอบทางด้านอารมณ์โดยอาศัยภาพคลื่นกระแสไฟฟ้า (Electroencephalogram, EEG) โดยใช้การจำแนกประเภทโดยอาศัยเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด k–NN ซึ่งทำให้สามารถวิเคราะห์ความคล้ายคลึง และความไม่คล้ายคลึงระหว่างสัญญาณของบุคคลแต่ละคนและข้อมูลเป็นมาตรฐาน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเข้าใจความรู้สึกอารมณ์พื้นฐานของบุคคล (Zeffora, J. & Shobarani, S., 2022) เสนอวิธีการเลือกคุณสมบัติที่สามารถปรับตัวได้ที่เรียกว่า (Random Forest) โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างในชุดข้อมูล ในการประยุกต์ใช้กับข้อมูลของกล้ามเนื้อหัวใจ (Myocardial Infarction) วิธีนี้ได้ช่วยปรับปรุงความถูกต้องและป้องกันปัญหาที่เหมาะสม อีกทั้ง ยังได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ เช่น (Ma et al., 2017) เสนอวิธีการค้นหาข้อมูลสื่อหลากหลายรูปแบบที่เรียกว่า (Apache Spark) ที่อาศัยการคำนวณแบบกระจายเพื่อเพิ่มความเร็วในการค้นหา ด้วยการใช้ต้นไม้ค้นหา (Search trees) ในระบบข้อมูลขนาดในใหญ่ (Big Data) ส่งผลให้การค้นหาฐานข้อมูลสื่อมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยเป็นผลมาจากการจัดเก็บทางโครงสร้างของการทำดรรชนีลงในหน่วยความจำและจัดเรียงผลลัพธ์ จึงทำให้ระบบมีความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้และมีประสิทธิภาพ (Fathy et al., 2018) เสนอการเชื่อมต่อวัตถุกับโลกไซเบอร์ผ่านอุปกรณ์เซนเซอร์และการทำงานผ่านเครือข่ายภายใต้แนวคิดที่เรียกว่า อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) กล่าวถึงข้อมูลของอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง IoT ที่ได้จากการเก็บรวบรวมของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตซึ่งสามารถจัดการได้ผ่านการสร้างดรรชนี ค้นหา และจัดอันดับข้อมูล ซึ่งสำคัญสำหรับการสร้างแอปพลิเคชันที่ต้องการการเข้าถึงและค้นหาข้อมูล IoT ได้อย่างรวดเร็ว (Abdulsada et al., 2021) เสนอระบบค้นหาคำที่คล้ายคลึงในข้อมูลที่ถูกเข้ารหัส (Encrypted data) ซึ่งมีส่วนย่อยที่สั้นและแสดงผลลัพธ์ที่ถูกต้องตามคะแนนความคล้ายคลึง โดยดำเนินการแปลงเอกสารทุกตัวให้เป็นส่วนย่อยที่ถูกบีบอัด ส่วนย่อยถูกสร้างด้วยฟังก์ชันแฮช (Hash functions) ที่ใช้คำหลัก (Keyword) เพื่อรักษาความเป็นส่วนตัว ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่จะสร้างส่วนย่อยที่ถูกต้อง โดยที่คะแนนความคล้ายคลึงของเอกสารทางข้อความจะถูกประเมินโดยการคำนวณระยะแฮมมิง (Hamming distance) ผลการทดลองพบว่ารูปแบบที่เสนอมีประสิทธิภาพในการค้นหามากกว่ารูปแบบที่มีอยู่ (Yusof, M. K., 2017) เสนอการจัดการข้อมูลขนาดใหญ่โดยใช้ภาษา (Extensible Markup Language, XML) และ JSON ด้วยการทดสอบการค้นหาข้อมูลขนาดใหญ่พบว่ารูปแบบไฟล์ JSON มีความเร็วในการค้นหาและการใช้หน่วยประมวลผลกลางที่ดีกว่ารูปแบบ XML โดยรูปแบบ JSON มีศักยรูปที่เหมาะสมสำหรับเทคโนโลยีฐานข้อมูลขนาดใหญ่ในอนาคต และ (Gayathiri et al., 2019) เสนอเทคนิคสำหรับการดรรชนีข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Indexing) เพื่อช่วยในการจัดเรียง การกำหนดที่อยู่ และการค้นหาข้อมูลที่ดีขึ้น โดยมีแนวทางในการค้นหาข้อมูลขนาดใหญ่ คือ (Map Reduce) สามาถช่วยลดข้อมูลที่มีขนาดใหญ่เป็นค่าที่สรุปได้ และ (Hash indexing) เป็นวิธีการสร้างกุญแจการจัดเก็บค่าของทัพเพิล (Tuples) ซึ่งทดลองกับฐานข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงสัมพันธ์บนระบบฐานข้อมูลที่เรียกว่า มองโกดีบี (MongoDB) ทั้งแบบเดียว (Singleton) รวมถึงแบบกระจาย (Distributed) และวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการค้นหาข้อมูลขนาดต่าง ๆ จากชุดข้อมูลทั้งหมด

ในการวิจัยนี้เสนอการเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูล โดยใช้เทคนิคการสร้างดรรชนีสำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ภายใต้รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดทำดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) สำหรับการดึงข้อมูลแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to one) และดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) สำหรับการดึงข้อมูลแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One-to-many) โดยใช้การสำรวจและเข้าถึงข้อมูลตามคำหลัก (Keyword-Index) เพื่อตรวจสอบว่าเทคนิคการจัดทำดรรชนีเหล่านี้สามารถลดเวลาในการดึงข้อมูลได้อย่างไร นอกจากนี้ ยังได้สำรวจขนาดของการแบ่งส่วน (Segment Size) ที่เหมาะสม เพื่อการดึงข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ โดยการพัฒนาชุดคำสั่งด้วยภาษาไพธอน (Python) ท้ายสุดนี้ ผลลัพธ์พิสูจน์ให้เห็นว่าเทคนิคการจัดทำดรรชนีไฟล์รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์สำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านเวลาในการดึงข้อมูลได้เป็นอย่างมาก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของดรรชนี (Indexing) ทางด้านการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลได้เร็วขึ้นกับลักษณะดรรชนีที่มีความหนาแน่นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (Dense Index) สำหรับชุดข้อมูลไฟล์รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ขนาดใหญ่

2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของดรรชนี (Indexing) ทางด้านการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลได้เร็วขึ้นกับลักษณะดรรชนีกระจายแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (Sparse Index) สำหรับชุดข้อมูลไฟล์รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ขนาดใหญ่

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการจำลองชุดข้อมูลขนาดใหญ่ในไฟล์รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์

ในการศึกษานี้ ได้จำลองชุดข้อมูลที่ชื่อว่า BigData.json ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลขนาด 32 กิกะไบต์ และมีข้อมูลข้อมูล 1,000,000 รายการ ชุดไฟล์ข้อมูลจัดเก็บอยู่ในรูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) และประกอบด้วยฟิลด์ที่หลากหลาย เช่น Position, Latitude, Longitude, Resource_name, Location, Size, Description, และ hex of image โดยชุดข้อมูลไฟล์ Bigdata.json ของผู้วิจัยมีความยืดหยุ่นรองรับการปรับแต่งเพื่อตอบสนองความต้องการของการวิจัยเฉพาะส่วนได้ ดังรูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการทำข้อมูลบางรายการจากชุดข้อมูล

```
{
    "position": 1,
    “latitude”:256,
    “longitude”:152,
    "Resource_name": "Forest",
    "Location": "Amazon Rainforest",
    "Size": "1,500,000 hectares",
    "Description": "The Amazon Rainforest, also known as the Amazon Jungle, is a vast tropical …….
    "hex of image": "ffd8ffe000104a46494600010101004800480000..." (32MB)
},
   ……
    “position”:2
    “position”:3
   ……..
 {
    "position": 1000000,
    “latitude”:123,
    “longitude”:244,
    "Resource_name": "Marine Reserve",
    "Location": "Great Barrier Reef",
    "Size": "344,400 square kilometers",
    "Description": "The Great Barrier Reef is the world's largest coral reef system, located off the …….
    "hex of image": "ffd8ffe000104a46494600010101004800480000..." (32MB)
}
```

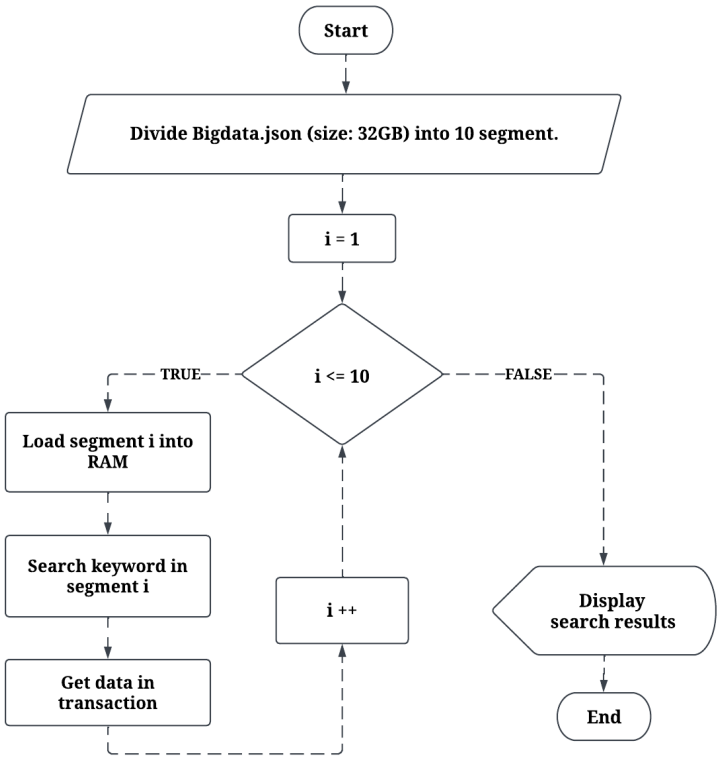
รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างของชุดไฟล์ข้อมูล BigData.json สำหรับการสำรวจ
ภายใต้รูปแบบ JSON ที่มีขนาด 32 GB และ 1,000,000 ข้อมูล

อัลกอริทึมสำหรับการดึงข้อมูลโดยไม่มีดรรชนี

เมื่อต้องจัดการกับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ภายใต้รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) ของฐานข้อมูลไม่ใช่เชิงสัมพันธ์ (Not only Structured Query Language, NoSQL) โดยไม่มีการจัดทำดรรชนีกับชุดข้อมูลที่เรียกว่า Bigdata.json ซึ่งมีขนาด 32 กิกะไบต์และมีข้อมูล 1,000,000 รายการ ตามที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ในส่วนของการจำลองชุดข้อมูลขนาดใหญ่ในไฟล์ JSON ดังรูปที่ 2 การศึกษานี้เมื่อต้องนำเข้าข้อมูลทั้งหมดไปยังหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Access Memory, RAM) ทั้งหมดพร้อมกันเป็นสิ่งที่ท้าทายเป็นอย่างมาก ที่จะทำให้การเข้าถึงและค้นหาข้อมูลเกิดปัญหาขึ้นได้ การศึกษานี้นำเสนอเทคนิคในการเรียกสำรวจและเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ต้องจัดทำดรรชนีเพื่อแก้ไขปัญหานี้ รหัสเทียมสำหรับการดึงข้อมูลโดยไม่มีดรรชนีจะแสดงอยู่ในรูปที่ 3 และแสดงด้วยผังงานในรูปที่ 4 เทคนิคนี้เกี่ยวข้องกับการแบ่งข้อมูลจาก Bigdata.json ออกเป็นสิบส่วน แต่ละส่วนประกอบด้วย 3.2 กิกะไบต์ และ 100,000 รายการ ในระหว่างกระบวนการแบ่งกลุ่ม Bigdata.json ขั้นตอนนี้จะไม่เกี่ยวข้องกับการแยกไฟล์ออกเป็นสิบไฟล์แยกกันแต่จะเกี่ยวข้องกับการนำเข้าของการแบ่งส่วน (Segment size) ลงใน RAM หลังจากนั้น ระบบจะดึงข้อมูลโดยดึงข้อมูล แต่ละส่วนภายใน RAM หากข้อมูลตรงกับคำหลัก (Keyword) ที่กำหนด ระบบจะแยกและแสดงหลังจากดึงการแบ่งส่วน (Segment) ทั้งหมด การดึงข้อมูลครอบคลุมกลุ่ม Bigdata.json ทั้งหมด แม้ว่าเทคนิคนี้จะช่วยดึงและเข้าถึงข้อมูล แต่ก็มีข้อเสียที่สำคัญ เช่น การเรียกใช้ทรัพยากรของ RAM และต้องใช้พลังการประมวลผลจำนวนมากของหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit, CPU) ส่งผลให้การสำรวจและเข้าถึงข้อมูลมีความล่าช้าเป็นอย่างมากอย่าง

```
1. Import Bigdata.json and specify the keyword to search for.
2. Divide Bigdata.json (size of 32 GB) into 10 segments.
3. For each segment (i = 1 to 10):
      A. Load the segment i into RAM.
      B. Search for specified keyword in segment i.
      C. Retrieve the relevant data from segment i.
4. Display final search result
```

รูปที่ 3 รหัสเทียมของการดึงข้อมูลโดยไม่มีดรรชนี



รูปที่ 4 ผังงานของการดึงข้อมูลโดยไม่มีดรรชนี

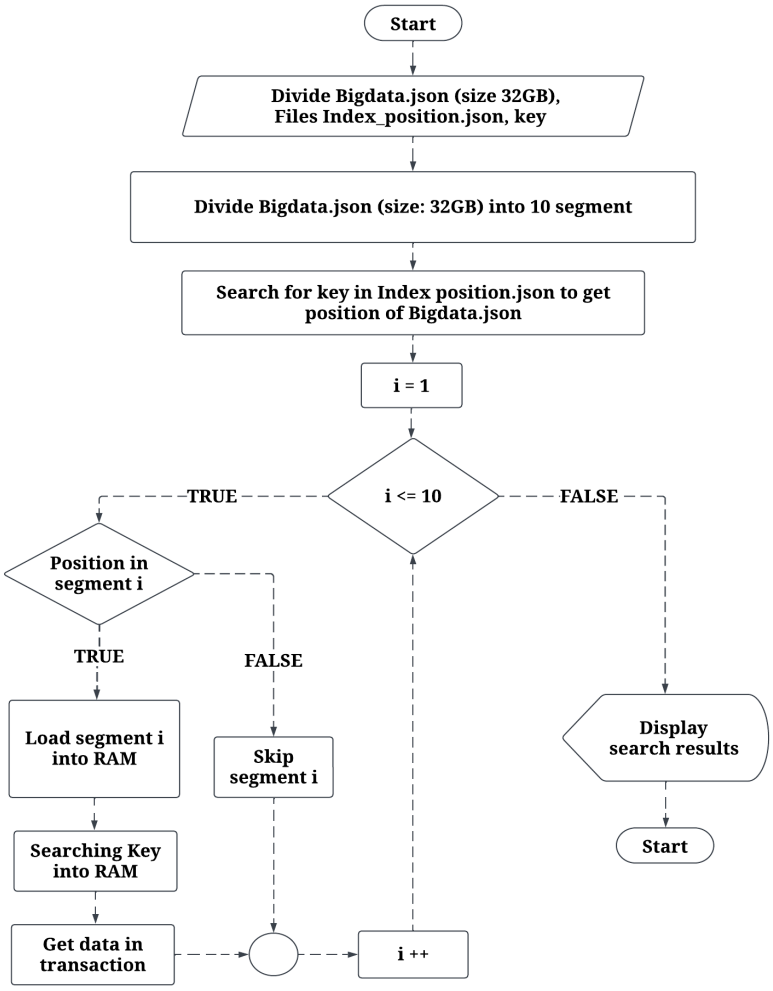
อัลกอริทึมสำหรับการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลโดยดรรชนี

งานวิจัยนี้เสนออัลกอริทึมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพเวลาในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลของฐานข้อมูลไม่ใช่เชิงสัมพันธ์ (Not only Structured Query Language, NoSQL) ขนาดใหญ่ ภายใต้รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) โดยใช้ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) และดรรชนีแบบกระจาย (Sparse index) จากฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational databases) กับชุดไฟล์ข้อมูล Bigdata.json ดังรูปที่ 5 รหัสเทียมของการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลจากดรรชนี และดังรูปที่ 6 แผนผังลำดับงานของการสำรวจและเข้าถึงชุดข้อมูลขนาดใหญ่ตามดรรชนี ซึ่งอัลกอริทึมได้มีการปรับให้เหมาะสม และแบ่งเป็นการจัดทำดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) และดรรชนีแบบกระจาย (Sparse index) สำหรับชุดข้อมูล NoSQL ซึ่งมีขนาด 32 กิกะไบต์ รวมถึงคำหลัก (Keyword) และตำแหน่ง (Position) เพื่อกำหนดสำหรับการอ้างอิงที่มีประสิทธิภาพ จากหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Access Memory, RAM) ไปยังชุดไฟล์ข้อมูล Bigdata.json ระหว่างกระบวนการการสำรวจด้วยเทคนิคการเข้าถึงข้อมูลตามคำหลัก (Keyword–Index) ชุดคำสั่งจะดำเนินการนำเข้าชุดข้อมูล Bigdata.json ที่มีขนาด 32 กิกะไบต์ และมีข้อมูล 1,000,000 รายการ ซึ่งชุดข้อมูลไฟล์ Bigdata.json จะถูกแบ่งออกเป็น 10 ส่วน แต่ละส่วนประกอบด้วยข้อมูล 100,000 รายการ ได้กำหนดส่วนแรกให้สอดคล้องกับตำแหน่งของข้อมูล 1 ถึง 100,000 ส่วนที่สองเป็นตำแหน่งของข้อมูล 100,001 ถึง 200,000 และดำเนินต่อไป จนถึงส่วนที่สิบแสดงตำแหน่ง 900,001 ถึง 1,000,000 ถัดไปอัลกอริทึมจะตรวจสอบตำแหน่งของข้อมูล ในแต่ละส่วนเทียบกับไฟล์ดรรชนี หากตำแหน่งอยู่ในของการแบ่งส่วน (Segment) อัลกอริทึมจะนำเข้าส่วน (Segment) ลงใน RAM และเข้าถึงข้อมูลโดยใช้คำหลัก (Keyword) เพื่อค้นหาข้อมูลที่ตรงกับคำหลัก (Keyword) ที่กำหนด เมื่อพบการจับคู่ที่ตรงกันอัลกอริทึมจะเข้าถึงข้อมูล และแสดงข้อมูลภายในกลุ่มตามผลลัพธ์ที่พบ

```
1. Import files index_position.json, Bigdata.json and Keyword
2. Divide Bigdata.json (size of 32 GB) into 10 segments.
3. Search for key in index position.json to get position of Bigdata.json
4. For segment i = 1 to 10
    A. If position is in segment i.
        A1. Load segment i into RAM
        A2. Search position in segment i
        A3. Retrieve the relevant data from segment i.
    B. Else, skip segment i.
5. Display search result
```

รูปที่ 5 รหัสเทียมของการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลจากดรรชนี

ขนาดของกลุ่มที่ใช้ในอัลกอริทึมอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสมสำหรับชุดข้อมูลที่กำหนดในรหัสเทียมที่แสดงเป็นตัวอย่างของการกำหนดค่าดังกล่าว โดยสมมติว่าการแบ่งส่วน (Segment) มีขนาด 100,000 ข้อมูล อย่างไรก็ตาม ขนาดส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่กำหนดโดยการทดลองจะถูกรายงานในตารางที่ 5 และ 6 เพื่อให้แน่ใจว่าผลการวิจัยมีความถูกต้อง ได้จัดเตรียมวิธีการโดยละเอียดและข้อมูลอ้างอิงที่สนับสนุนแนวทางของผู้วิจัย



รูปที่ 6 แผนผังลำดับงานของการสำรวจและเข้าถึงชุดข้อมูลขนาดใหญ่ตามดรรชนี

ดรรชนีแบบหนาแน่นสำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ (Dense index in a large-scale dataset)

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้เพิ่มประสิทธิภาพการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One) ในชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งเก็บอยู่ในรูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) บนฐานข้อมูลไม่ใช่เชิงสัมพันธ์ (Not only Structured Query Language, NoSQL) การเชื่อมโยงข้อมูลแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One) ในที่นี้หมายถึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เฉพาะคำหลัก (Keyword) ซึ่งเป็นสิ่งที่ท้าทายเป็นอย่างมาก เมื่อต้องจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ ได้เสนออัลกอริทึม (Algorithm) ที่เรียกว่า การสร้างดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index Algorithm) เป็นอัลกอริทึมที่ได้รับการออกแบบมา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเชิงเวลาของการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลขนาดใหญ่ ส่วนถัดไปของงานวิจัยนี้ จะเป็นการให้คำอธิบายที่ครอบคลุมถึงอัลกอริทึมในการสร้างดรรชนีแบบหนาแน่น รวมถึงวิธีการที่ไฟล์ดรรชนีแบบหนาแน่น ถูกนำไปใช้ในการสำรวจและเข้าถึงชุดข้อมูลขนาดใหญ่

อัลกอริทึมการสร้างตำแหน่งของดรรชนีแบบหนาแน่น สำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่

ในการศึกษานี้ คำว่า ชุดข้อมูลขนาดใหญ่ (Large-scale dataset) หมายถึงไฟล์ชุดการจำลองที่ชื่อว่า Bigdata.json ได้อธิบายก่อนหน้านี้ในส่วนการจำลองชุดข้อมูลขนาดใหญ่ในไฟล์รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) ดังรูปที่ 2 การศึกษานี้ “ดรรชนีความหนาแน่น” คือไฟล์ที่มีชื่อว่า Dense_index_position.json ซึ่งสร้างโดยการสแกนไฟล์ Bigdata.json ครั้งเดียว เพื่อดึงข้อมูลที่ไม่ซ้ำซ้อนในฟิลด์ที่เลือกเป็นคำหลัก (Keyword) การศึกษานี้ประกอบด้วยละติจูด (Latitude) ลองจิจูด (Longitude) และตำแหน่ง (Position) ที่สอดคล้องกันในไฟล์ Bigdata.json ไฟล์ดรรชนีแบบหนาแน่นของผู้วิจัยมีโครงสร้างที่แสดงไว้ดังรูปที่ 7 เป็นการออกแบบเพื่อการอ้างอิงแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One) และการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายในโครงสร้างของไฟล์ตำแหน่งดรรชนีแบบหนาแน่นประกอบด้วยข้อมูลละติจูด (Latitude) ลองจิจูด (Longitude) และตำแหน่ง (Position) โดยตำแหน่งที่สร้างขึ้นนั้นสามารถช่วยในการเข้าถึงข้อมูลจากชุดไฟล์ Bigdata.json ที่เก็บไว้ใน RAM ได้อย่างรวดเร็ว การศึกษาไฟล์ตำแหน่งดรรชนีแบบหนาแน่นของผู้วิจัยมีขนาด 20 เมกะไบต์ และมีข้อมูล 1,000,000 รายการ

```
{
  "256,152": 1,
  "3405,11824": 2,
  "5150,128": 3,
  ...
  "123,244": 1000000
}
```

รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างข้อมูลในชุดไฟล์ Dense index position.json

อัลกอริทึมการใช้งาน Dense_index_position.json เพื่อสำรวจและเข้าถึงชุดข้อมูลขนาดใหญ่

สำหรับชุดไฟล์ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense_index_position.json) สามารถช่วยในการสำรวจและเข้าถึงฐานข้อมูลไม่ใช่เชิงสัมพันธ์ (Not only Structured Query Language, NoSQL) ขนาดใหญ่ ภายใต้รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) ตามที่อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ส่วนของหัวข้อ สร้างการจัดทำตำแหน่งของดรรชนีแบบหนาแน่น สำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งขั้นตอนเริ่มต้นโดยการนำเข้าไฟล์ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense_index_position.json) และชุดข้อมูล Bigdata.json ที่ได้รับการกำหนดให้ละติจูด (Latitude) ลองจิจูด (Longitude) เป็นคำหลัก (Keyword) สำหรับการสำรวจและเข้าถึงข้อมูล โดยมีกระบวนการทำงานดังรูปที่ 7 เมื่อดำเนินการเรียกดูใน

ชุดดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense_index_position.json) เมื่อทราบตำแหน่ง (Position) ที่สอดคล้องกับคำหลัก (Keyword) ที่กำหนดซึ่งขนาดของไฟล์ที่ 20 เมกะไบต์ ทำให้มีประสิทธิภาพสูงในการเข้าถึงได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม แต่ละคำหลัก (Keyword) เมื่อทราบตำแหน่ง (Position) เดียวในไฟล์ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense_index_position.json) จึงต้องการนำเข้าเฉพาะส่วนหนึ่งของดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense_index_position.json) ทั้งหมด ลงในหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Access Memory, RAM) เพื่อการเข้าถึงข้อมูล ในทางกลับกัน เมื่อคำหลัก (Keyword) ไม่ตรงกับการทำข้อมูลใด ๆ ในชุดไฟล์ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense_index_position.json) จะไม่ได้รับตำแหน่งใด ๆ และดังนั้นจึงไม่มีส่วนของดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense_index_position.json) นำเข้าลงใน RAM

ดรรชนีแบบกระจาย สำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้เพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One-to-May) ในชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งเก็บอยู่ในรูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) บนฐานข้อมูลไม่ใช่เชิงสัมพันธ์ (Not only Structured Query Language, NoSQL) การเชื่อมโยงข้อมูลแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One-to-Many) ในที่นี้หมายถึงความสัมพันธ์เฉพาะคำหลัก (Keyword) สามารถเชื่อมโยงกับกลุ่มข้อมูลคำหลักที่เหมือนกัน ซึ่งเป็นสิ่งที่ท้าทายเป็นอย่างมาก เมื่อต้องจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ ได้เสนออัลกอริทึม (Algorithm) ที่เรียกว่า ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index Algorithm) เป็นอัลกอริทึมที่ได้รับการออกแบบมา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเชิงเวลาของการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลขนาดใหญ่ ส่วนถัดไปของงานวิจัยนี้ จะเป็นการให้คำอธิบายที่ครอบคลุมถึงอัลกอริทึมในการสร้างดรรชนีแบบกระจาย รวมถึงวิธีการที่ไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย ถูกนำไปใช้ในการสำรวจและเข้าถึงชุดข้อมูลขนาดใหญ่

อัลกอริทึมการสร้างตำแหน่งของดรรชนีแบบกระจาย สำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่

การศึกษานี้ให้คำจำกัดความของชุดข้อมูลขนาดใหญ่เป็นไฟล์ Bigdata.json ที่อธิบายไว้ในส่วนของการจำลองชุดข้อมูลขนาดใหญ่ในไฟล์รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ ดังรูปที่ 2 ได้ทำการออกแบบและพัฒนาชุดคำสั่งสร้างไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ที่เรียกว่า Sparse_index_position.json จากชุดข้อมูลไฟล์ Bigdata.json โดยได้มาจากการสแกนหนึ่งครั้งเพื่อแยกข้อมูลที่ไม่ซ้ำกัน โดยเลือกใช้ชื่อแหล่งที่มา (Resource_name) เป็นฟิลด์คำหลัก (Keyword) ชุดไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) นี้ ดังแสดงในรูปที่ 8 ได้ออกแบบและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงเวลาในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One-to-Many) โดยจะมีทั้งชื่อแหล่งที่มา (Resource_name) และข้อมูลตำแหน่ง (Position) ที่เกี่ยวข้องโดยที่ชื่อแหล่งที่มา (Resource_name) อาจมีหลายตำแหน่ง (Position) ข้อมูลในไฟล์ดรรชนีของผู้วิจัยสามารถช่วยให้การอ้างอิงจาก RAM ไปยังข้อมูลภายในชุดไฟล์ Bigdata.json ได้อย่างมีประสิทธิภาพเชิงเวลา เมื่อมีการเรียกใช้งานชุดไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) โปรดทราบว่าไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ที่เรียกว่า Sparse_index_position.json ของผู้วิจัยมีขนาดไฟล์ 8 เมกะไบต์ และมีข้อมูล 5,146 รายการ

```
{
   "Forest": [46163, 66867, 88916, 94633, 130606, 150253, 185197, 189917, 214931, 999999],
   ……
   " Marine Reserve": [46153, 59781, 93151, 94460, 101100, 172271, 244064, 368397, 439620, 888888]
}
```

รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างข้อมูลในชุดไฟล์ Sparse index position.json

อัลกอริทึมการใช้งาน Sparse_index_position.json เพื่อสำรวจและเข้าถึงชุดข้อมูลขนาดใหญ่

ในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลรูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) บนฐานข้อมูลไม่ใช่เชิงสัมพันธ์ (Not only Structured Query Language, NoSQL) ขนาดใหญ่ สามารถใช้ไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse_index_position.json) ดังแสดงในรูปที่ 8 ไฟล์ดรรชนีนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการสำรวจและการเข้าถึงแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One-to-Many) โดยเริ่มจากการนำเข้าข้อมูล ไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse_index_position.json) ประกอบด้วยชื่อแหล่งที่มา (Resource_name) และตำแหน่ง (Position) ที่สอดคล้องกัน ซึ่งทำหน้าที่เป็นจุดอ้างอิงไปยังข้อมูลภายในไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse_index_position.json) ที่จัดเก็บไว้ใน RAM ซึ่งนำไปสู่เวลาในการค้นหาที่มีประสิทธิภาพ ส่วนรูปที่ 2 แสดงกระบวนการที่เริ่มต้นด้วยการนำเข้าไฟล์ Bigdata.json ในบริบทนี้ ชื่อแหล่งที่มา (Resource_name) คือคำหลักสำหรับการสำรวจและเข้าถึงข้อมูล เมื่อดำเนินการเรียกข้อมูลโดยใช้ไฟล์ (Sparse_index_position.json) คำสั่งจะเข้าถึงตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับคำหลัก (Keyword) ที่กำหนด โปรดทราบว่าดรรชนีแบบกระจาย (Sparse_index_position.json) ของผู้วิจัยมีขนาดค่อนข้างเล็กเพียง 8 เมกะไบต์ ซึ่งมีส่วนช่วยให้ประสิทธิรูปที่โดดเด่นในการเข้าถึงข้อมูลอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม การเข้าถึงคำหลัก (Keyword) เมื่อทราบตำแหน่ง (Position) หลายตำแหน่งจากภายในไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse_index_position.json) ในกรณีเช่นนี้ ระบบต้องนำเข้าดรรชนีหลายส่วน (Segment) ลงใน RAM เพื่อแยกข้อมูลที่จำเป็น ในทางกลับกัน หากคำหลัก (Keyword) ไม่ตรงกับข้อมูลใด ๆ ในไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse_index_position.json) ชุดคำสั่งจะไม่เข้าถึงตำแหน่งนั้น ๆ และเป็นผลให้ RAM ไม่ต้องนำเข้าส่วนดรรชนีใด ๆ

ผลการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้ประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคการทำดรรชนีที่พัฒนาขึ้นใหม่ สำหรับฐานข้อมูลไม่ใช่เชิงสัมพันธ์ (Not only Structured Query Language, NoSQL) จัดเก็บข้อมูลภายใต้ไฟล์รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) ของการสำรวจและเข้าถึงชุดข้อมูลขนาดใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) และดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ทั้งที่มีและไม่มีดรรชนี ผู้วิจัยทดลองบนระบบคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit, CPU) ของ Intel™ ที่มีความเร็วสูงสุดถึง 4.90 กิกะเฮิร์ตซ์ พร้อมกับหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Access Memory, RAM) ขนาด 8 กิกะไบต์ และโซลิดสเตตไดรฟ์ (Solid State Drive, SSD) ขนาด 500 กิกะไบต์ ได้นำเข้าชุดข้อมูลขนาดใหญ่ที่เรียกว่า Bigdata.json ตามที่อธิบายไว้ในส่วนการจำลองชุดข้อมูลขนาดใหญ่ในไฟล์รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ ดังรูปที่ 2 จากไฟล์ Bigdata.json เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทน ได้สุ่มเลือกข้อมูล 524 รายการ จากฟิลด์ละติจูด (Latitude) ลองจิจูด (Longitude) และ ชื่อแหล่งที่มา (Resource_name) ซึ่งคิดเป็น 0.05% ของข้อมูลจำลองทั้งหมด และทดสอบอัลกอริทึมดังกล่าวซ้ำสามครั้ง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพเวลาในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูล โดยมีและไม่มีดรรชนีรวมถึงมีข้อมูลหรือไม่มีข้อมูลที่ระบุภายในไฟล์ Bigdata.json โดยมีผลลัพธ์จากการทดลองดังนี้

ในการทดลองครั้งแรก ได้ประเมินประสิทธิภาพของการเข้าถึงข้อมูลโดยการใช้ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) ในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลจากไฟล์ Bigdata.json โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านเวลาของการเข้าถึงข้อมูลแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to one) ทั้งที่มีดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) และไม่มีดรรชนี (Non Index) เป็นที่น่าสังเกตว่าคำหลัก (Keyword) ที่เลือกแบบสุ่มทั้งหมดมีอยู่ในไฟล์ Bigdata.json การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพเวลาในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลของการใช้ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) เปรียบเทียบกับการเข้าถึงข้อมูลโดยไม่มีดรรชนี (Non Index) โดยเน้นที่การมีอยู่ของคำหลักภายในไฟล์ Bigdata.json ดังแสดงใน

ตารางที่ 1 ของผลการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการเรียกคำหลัก 524 คำ โดยใช้ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) ดำเนินการศึกษาทั้งหมดสามรอบ โดยนำเสนอเวลาเฉลี่ยในการเข้าถึงข้อมูลต่อคำหลัก (Keyword) การค้นพบนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) สามารถช่วยลดเวลาในการเข้าถึงข้อมูลเมื่อเทียบกับไม่มีดรรชนี (Non Index) ผลการทดสอบพบว่า ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) ใช้เวลาเฉลี่ยต่อคำหลักในการเข้าถึงตำแหน่งข้อมูลเท่ากับ 375.721 มิลลิวินาที ส่วนการเข้าถึงไฟล์ Bigdata.json โดยการแบ่งส่วนข้อมูล (Segment) ใช้เวลาเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 6.476 มิลลิวินาที นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาการเข้าถึงข้อมูลทั้งหมดด้วยการใช้ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) เวลาที่ใช้เฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 382.196 มิลลิวินาที หากไม่มีดรรชนี (Non Index) ใช้เวลาในการเข้าถึงข้อมูลเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 26,869.218 มิลลิวินาที ในการทดสอบซ้ำทั้งสามรอบของ 524 คำหลัก พบว่าการเข้าถึงข้อมูลโดยใช้ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) ใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 200,270.949 มิลลิวินาที ในขณะที่การเข้าถึงข้อมูลโดยไม่มีดรรชนี (Non Index) ใช้เวลาโดยเฉลี่ยเท่ากับ 14,079,470.37 มิลลิวินาที ผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพทางด้านเวลาของ ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) ที่ดีขึ้นเป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับไม่มีดรรชนี (Non Index) เนื่องจากสามารถข้ามข้อมูลที่ไม่จำเป็นและเข้าถึงข้อมูลเพียงครั้งเดียว นอกจากนี้ ยังนำเข้าข้อมูลลงใน RAM หนึ่งครั้งต่อคำหลัก (Keyword) ช่วยลดเวลาในการเข้าถึงข้อมูลและประมวลผลข้อมูล ในทางตรงกันข้าม การเข้าถึงข้อมูลโดยไม่มีดรรชนี (Non Index) จะนำเข้าข้อมูลคำหลัก (Keyword) ทั้งหมด ซึ่งนำไปสู่การสูญเสียทรัพยากรหน่วยความจำอย่างมากและส่งผลกระทบต่อเวลาในการเข้าถึงข้อมูลที่เพิ่มขึ้นตามขนาดข้อมูล

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสำรวจและเวลาในการเข้าถึงไฟล์ข้อมูล Bigdata.json โดยใช้ดรรชนีแบบหนาแน่น และไม่มีการจัดทำดรรชนี

การประเมินประสิทธิภาพ (มิลลิวินาที)	**524 คำหลัก**				**ค่าเฉลี่ย 1 คำหลัก**
	รอบที่ 1	**รอบที่ 2**	**รอบที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**	
เวลาการเข้าถึงข้อมูล Index ด้วย Dense Index	197,367.708	197,722.472	195,542.527	196,877.569	375.721
เวลาการเข้าถึงข้อมูล Segment ด้วย Dense index	3,388.343	3,388.343	3,388.343	3,393.38	6.476
เวลาการเข้าถึงข้อมูล Dense index ทั้งหมด	200,756.5	201,112.118	198,944.677	200,270.949	382.196
เวลาการเข้าถึงข้อมูล กรณีไม่มีดรรชนี	14,091,572.26	14,087,301.7	14,059,537.15	14,079,470.37	26,869.218

การทดลองครั้งที่สอง ได้ประเมินประสิทธิภาพของการเข้าถึงข้อมูลแบบใช้ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) ในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลจากไฟล์ Bigdata.json โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านเวลาของการเข้าถึงข้อมูลแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to one)ทั้งที่มีดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index และประสิทธิภาพของการเข้าถึงข้อมูลแบบไม่มีดรรชนี (Non Index) โดยไฟล์ดรรชนีดังกล่าวจะไม่พบคำหลัก (Keyword not found) อันเนื่องมาจากใช้เทคนิคการเลือกแบบสุ่มทั้งหมด การศึกษาให้ผลลัพธ์ของการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2 ของสถานการณ์ที่ไม่พบคำหลัก (Keyword not found) เวลาในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูล ซึ่งจำกัดอยู่ที่เวลาที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลในไฟล์ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) และไม่เกี่ยวข้องกับการเข้าถึงข้อมูลใน RAM นี่เป็นเพราะไม่มีส่วนที่เกี่ยวข้องที่จะนำเข้าและไม่มีตำแหน่ง (Position) ในดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) ที่ต้องการเข้าถึงข้อมูล ได้ทำการทดลองโดยใช้

คำหลักของดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) 524 คำหลัก ผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพทางด้านเวลาของการเข้าถึงข้อมูลโดยเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 1.097 มิลลิวินาที โดยมีเวลาเข้าถึงข้อมูลเฉลี่ยสำหรับทั้งสามรอบเท่ากับ 574.767 มิลลิวินาที ในทางตรงกันข้าม วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยไม่มีดรรชนี (Non Index) ในกรณีที่ไม่พบนั้นทดสอบกับ 524 คำหลัก ผลลัพธ์พบว่าเวลาในการเข้าถึงข้อมูลโดยเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 38,300.848 มิลลิวินาที โดยมีเวลาการเข้าถึงข้อมูลเฉลี่ยสำหรับทั้งสามรอบเท่ากับ 20,069,244.44 มิลลิวินาที ผลลัพธ์พบว่าการเข้าถึงข้อมูลโดยดรรชนีหนาแน่น (Dense Index) ในกรณีที่ไม่พบคำหลัก (Keyword not found) มีประสิทธิภาพมากกว่า กรณีที่ไม่มีดรรชนี (Non Index) เนื่องจากข้อมูลที่ไม่จำเป็นถูกข้ามไป และข้อมูลถูกเข้าถึงเพียงครั้งเดียวต่อคำหลัก (Keyword) ทำให้ลดเวลาในการเข้าถึงข้อมูลเฉลี่ยต่อคำหลัก (Keyword) ลดลงเหลือเพียง 1.097 มิลลิวินาที ในทางกลับกัน การสำรวจและเข้าถึงข้อมูลโดยไม่มีการจัดทำดรรชนีในกรณีที่ไม่พบคำหลัก (Keyword not found) ทำให้ใช้เวลาในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลนานกว่ามาก โดยเวลาเข้าถึงข้อมูลเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 38,300.848 มิลลิวินาที ส่งผลกระทบสูงต่อ RAM โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการนำเข้าคำหลักทั้งหมด และเวลาในการเข้าถึงข้อมูล

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเข้าถึงข้อมูล โดยใช้ดรรชนีแบบหนาแน่นและไม่มีดรรชนีและกรณีที่ไม่มีคำหลักในไฟล์ข้อมูล Bigdata.json

การประเมินประสิทธิภาพ	524 คำหลัก				ค่าเฉลี่ย
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	ค่าเฉลี่ย	1 คำหลัก
การเข้าถึงข้อมูลด้วย Dense Index ในกรณีที่ไม่พบคำหลัก	569.96	572.78	581.56	574.767	1.097
การเข้าถึงข้อมูลด้วย Non Index ในกรณีที่ไม่พบคำหลัก	20,528,300.2	20,871,312.76	1,880,8120.53	20,069,244.44	38,300.848

ในการทดลองครั้งที่สาม ได้ประเมินประสิทธิภาพการเข้าถึงข้อมูลของการใช้ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลจากไฟล์ Bigdata.json โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านเวลาของการเข้าถึงข้อมูลแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One-to-Many) ทั้งที่มีดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) และไม่มีดรรชนี (Non Index) เป็นที่น่าสังเกตว่าคำหลัก (Keyword) ที่เลือกแบบสุ่มทั้งหมดมีอยู่ในไฟล์ Bigdata.json การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพเวลาในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลของการใช้ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) เปรียบเทียบกับไม่มีดรรชนี (Non Index)โดยเน้นที่การมีอยู่ของคำหลักภายในไฟล์ Bigdata.json ดังแสดงในตารางที่ 3 ของผลการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการเรียกคำหลัก 524 คำ โดยใช้ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ดำเนินการศึกษาทั้งหมดสามรอบ โดยนำเสนอเวลาเฉลี่ยในการเข้าถึงข้อมูลต่อคำหลัก (Keyword) การค้นพบนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) สามารถช่วยลดเวลาในการเข้าถึงข้อมูลเมื่อเทียบกับไม่มีดรรชนี (Non Index)ผลการทดสอบพบว่า ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ใช้เวลาเฉลี่ยต่อคำหลักในการเข้าถึงหลายตำแหน่งข้อมูลเท่ากับ 9.795มิลลิวินาที ส่วนการเข้าถึงไฟล์ Bigdata.json โดยการแบ่งส่วนข้อมูล (Segment) ใช้เวลาเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 756.65 มิลลิวินาที นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาการเข้าถึงข้อมูลทั้งหมดด้วยการใช้ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) เวลาที่ใช้เฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 854.662 มิลลิวินาที หากไม่มีดรรชนี (Non Index)ใช้เวลาในการเข้าถึงข้อมูลเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 55,197.734 มิลลิวินาที ในการทดสอบซ้ำทั้งสามรอบของ 524 คำหลัก พบว่าการเข้าถึงข้อมูลโดยใช้ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 447,842.638 มิลลิวินาที ในขณะที่การเข้าถึงข้อมูลโดยไม่มีดรรชนี (Non Index)ใช้เวลาโดยเฉลี่ยเท่ากับ 28,923,612.59 มิลลิวินาที ผลการทดสอบแสดง

ให้เห็นถึงประสิทธิภาพทางด้านเวลาของ ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ที่ดีขึ้นเป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับไม่มีดรรชนี (Non Index)เนื่องจากสามารถข้ามข้อมูลที่ไม่จำเป็นและเข้าถึงข้อมูลเพียงครั้งเดียว นอกจากนี้ ยังนำเข้าข้อมูลลงใน RAM หนึ่งครั้งต่อคำหลัก (Keyword) แม้ว่าคำหลักจะปรากฏในหลายตำแหน่ง (Position) ซึ่งสามารถช่วยลดเวลาในการเข้าถึงข้อมูลและประมวลผลข้อมูล ในทางตรงกันข้าม การเข้าถึงข้อมูลโดยไม่มีดรรชนี (Non Index) จะนำเข้าข้อมูลคำหลัก (Keyword) ทั้งหมด ซึ่งนำไปสู่การสูญเสียทรัพยากรหน่วยความจำอย่างมากและส่งผลกระทบต่อเวลาในการเข้าถึงข้อมูลที่เพิ่มขึ้นตามขนาดข้อมูล

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสำรวจและเวลาในการเข้าถึงไฟล์ข้อมูล Bigdata.json โดยใช้ดรรชนีแบบกระจาย และไม่มีการจัดทำดรรชนี

ประเภทของการทดสอบ	524 คำหลัก				ค่าเฉลี่ย
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	ค่าเฉลี่ย	1 คำหลัก
เวลาการเข้าถึงข้อมูล Index ด้วย Sparse Index (มิลลิวินาที)	52,056.211	50,885.636	51,130.898	51,357.582	9.795
เวลาการเข้าถึง Segment ด้วย Sparse index (มิลลิวินาที)	395,083.445	395,693.442	398,678.282	396,485.565	756.65
เวลาการเข้าถึงข้อมูล Sparse Index ทั้งหมด (มิลลิวินาที)	447,139.656	446,579.078	449,809.18	447,842.638	854.661
เวลาการเข้าถึงข้อมูล กรณีไม่มีดรรชนี (มิลลิวินาที)	28,850,300.91	28,970,251.46	28,950,285.38	28,923,612.59	55,197.734

การทดลองครั้งที่สี่ ได้ประเมินประสิทธิภาพการเข้าถึงข้อมูลของการใช้ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลจากไฟล์ Bigdata.json โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านเวลาของการเข้าถึงข้อมูลแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One-to-Many) ทั้งที่มีดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) และไม่มีดรรชนี (Non Index) โดยไฟล์ดรรชนีดังกล่าวจะไม่พบคำหลัก (Keyword not found) การศึกษาให้ผลลัพธ์ของการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4 ของสถานการณ์ที่ไม่พบคำหลัก (Keyword not found) เวลาในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูล ซึ่งจำกัดอยู่ที่เวลาที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลในไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) และไม่เกี่ยวข้องกับการเข้าถึงข้อมูลใน RAM นี่เป็นเพราะไม่มีส่วนที่เกี่ยวข้องที่จะนำเข้าและไม่มีตำแหน่ง (Position) ในดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ที่ต้องการเข้าถึงข้อมูล ผู้วิจัยทำการทดลองโดยใช้คำหลักของดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) 524 คำหลัก ผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพทางด้านเวลาของการเข้าถึงข้อมูลโดยเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 0.179 มิลลิวินาที โดยมีเวลาเข้าถึงข้อมูลเฉลี่ยสำหรับทั้งสามรอบเท่ากับ 93.543 มิลลิวินาที ในทางตรงกันข้าม วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยไม่มีดรรชนี (Non Index)ในกรณีที่ไม่พบคำหลักนั้นทดสอบกับ 524 คำหลัก ผลลัพธ์พบว่าเวลาในการเข้าถึงข้อมูลโดยเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 47,203.253 มิลลิวินาที โดยมีเวลาการเข้าถึงข้อมูลเฉลี่ยสำหรับทั้งสามรอบเท่ากับ 24,734,504.72 มิลลิวินาที ผลลัพธ์พบว่าการเข้าถึงข้อมูลโดยดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ในกรณีที่ไม่พบคำหลัก (Keyword not found) มีประสิทธิภาพมากกว่า กรณีที่ไม่มีดรรชนี (Non Index) เนื่องจากข้อมูลที่ไม่จำเป็นถูกข้ามไป และข้อมูลถูกเข้าถึงเพียงครั้งเดียวต่อคำหลัก (Keyword) ทำให้ลดเวลาในการเข้าถึงข้อมูลเฉลี่ยต่อคำหลัก (Keyword) ลดลงเหลือเพียง 0.179 มิลลิวินาที ในทางกลับกัน การสำรวจและเข้าถึงข้อมูลโดยไม่มีการจัดทำดรรชนีในกรณีที่ไม่พบคำหลัก (Keyword not found) ทำให้ใช้เวลาในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลนานกว่ามาก โดยเวลาเข้าถึงข้อมูลเฉลี่ยต่อคำหลัก

เท่ากับ 47,203.253 มิลลิวินาที ส่งผลกระทบสูงต่อ RAM โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาในกระบวนการนำเข้าคำหลักทั้งหมด และเวลาในการเข้าถึงข้อมูล

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเข้าถึงข้อมูล โดยใช้ดรรชนีแบบกระจายและไม่มีดรรชนีและกรณีที่ไม่มีคำหลักในไฟล์ข้อมูล Bigdata.json

การประเมินประสิทธิภาพ	524 คำหลัก				ค่าเฉลี่ย
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	ค่าเฉลี่ย	1 คำหลัก
การเข้าถึงข้อมูลด้วย Sparse Index ในกรณีที่ไม่พบคำหลัก	93.12	90.2	97.31	93.543	0.179
การเข้าถึงข้อมูลด้วย Non Index ในกรณีที่ไม่พบคำหลัก	26,873,520.89	23,599,661.86	23,730,331.4	24,734,504.72	47,203.253

วัตถุประสงค์อีกประการหนึ่งของการทดลองนี้ คือการกำหนดขนาดส่วน (Segment size) ที่เหมาะสมที่สุดโดยทำการทดสอบในสามช่วงที่แตกต่างกัน ช่วงแรกครอบคลุมตั้งแต่ 100 ถึง 1,000 โดยเพิ่มขึ้นทีละ 100 สำหรับแต่ละขนาดส่วน (segment) ช่วงที่สองครอบคลุม 1,000 ถึง 10,000 โดยเพิ่มขึ้น 1,000 สำหรับแต่ละขนาดส่วน (Segment size) สุดท้าย ช่วงที่สามขยายจาก 10,000 เป็น 200,000 โดยเพิ่มขึ้น 10,000 สำหรับแต่ละขนาดส่วน (Segment size) ผู้วิจัยทำการทดลองทั้งหมดสามรอบและคำนวณค่าเฉลี่ย นอกจากนี้ ตารางที่ 5 และ 6 ยังสรุปค่าขนาดส่วน (Segment size) ที่เหมาะสมสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) และดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ในช่วงที่กำหนดทั้งสามช่วง โดยมีรายละเอียดของผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงค่าขนาดส่วน (Segment size) ที่เหมาะสมสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) โดยแบ่งออกเป็นสามช่วง แต่ละช่วงขนาดส่วน (Segment size) กลุ่มแรกตั้งแต่ 100 ถึง 1,000 มีเวลาเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 197,367.708 มิลลิวินาที ช่วงที่สองตั้งแต่ 1,000 ถึง 10,000 มีเวลาเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 197722.472 มิลลิวินาที สุดท้าย ช่วงที่สามตั้งแต่ 10,000 ถึง 200,000 มีเวลาเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 195542.527 มิลลิวินาที รูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าขนาดส่วน (Segment size) ในช่วงตั้งแต่ 100 ถึง 200,000 พบว่าประสิทธิภาพในการเข้าถึงคำหลัก (Keyword) มีความแตกต่างทางด้านของเวลาเล็กน้อย เนื่องจากการเข้าถึง RAM ไม่มีความแตกต่าง เมื่อเทียบกับขนาดส่วน (Segment size) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบคอมพิวเตอร์ ดังนั้นไม่ว่าขนาดส่วน (Segment size) จะอยู่ในช่วงใด ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dese Index) ยังคงสามารถจัดการกับหน่วยความจำและการเข้าถึงคำหลัก (Keyword) ได้อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพดรรชนีแบบหนาแน่น ตามขนาดส่วน และความถี่ของคำหลัก

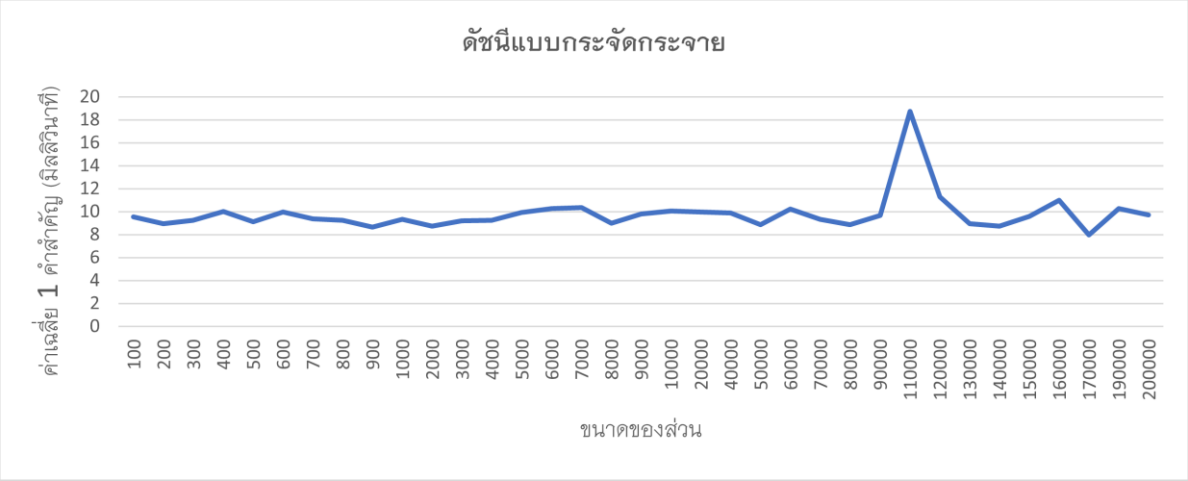
ขนาดของส่วน	ค่าเฉลี่ย 1 คำสำคัญ (มิลลิวินาที)
100 to 1000	197,367.708
1000 to 10000	197722.472
10000 to 200000	195542.527

รูปที่ 9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของดรรชนีแบบหนาแน่น

ตารางที่ 6 แสดงค่าขนาดส่วน (Segment size) ที่เหมาะสมสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของดรรชนีแบบกระจาย. (Sparse Index) โดยแบ่งออกเป็นสามช่วง แต่ละช่วงขนาดส่วน (Segment size) กลุ่มแรกตั้งแต่ 100 ถึง 1,000 มีเวลาเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 52,056.21 มิลลิวินาที ช่วงที่สองตั้งแต่ 1,000 ถึง 10,000 มีเวลาเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 50,885.637 มิลลิวินาที สุดท้าย ช่วงที่สามตั้งแต่ 10,000 ถึง 200,000 มีเวลาเฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 51,130.898 มิลลิวินาที รูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าขนาดส่วน (Segment size) ในช่วงตั้งแต่ 100 ถึง 200,000 พบว่าประสิทธิภาพในการเข้าถึงคำหลัก (Keyword) มีความแตกต่างทางด้านของเวลาเล็กน้อย เนื่องจากการเข้าถึง RAM ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับขนาดส่วน (Segment size) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบคอมพิวเตอร์ ดังนั้น ไม่ว่าขนาดส่วน (Segment size) จะอยู่ในช่วงใด ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ยังคงสามารถจัดการกับหน่วยความจำและการเข้าถึงคำหลัก (Keyword) ได้อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพดรรชนีแบบหนาแน่น ตามขนาดส่วน และความถี่ของคำหลัก

ขนาดของส่วน	ค่าเฉลี่ย 1 คำสำคัญ (มิลลิวินาที)
100 to 1000	52,056.21
1000 to 10000	50,885.637
10000 to 200000	51,130.898



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของดรรชนีแบบกระจาย

โปรดสังเกตว่า เวลาในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูล โดยใช้การทำดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) พบว่านานกว่าเวลาที่ใช้การทำดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ซึ่งเป็นผลมาจากเวลาค้นหาคำหลัก (Keyword) ที่นานขึ้นที่จำเป็นในการดึงตำแหน่งของข้อมูลในไฟล์ดรรชนีหนาแน่น (Dense Index) เมื่อเทียบกับไฟล์ดรรชนีกระจาย (Sparse Index) ความแตกต่างนี้ยังเห็นได้ชัด เมื่อพิจารณาจากขนาดไฟล์และจำนวนข้อมูล โดยไฟล์ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) จะมีขนาด 20 เมกะไบต์และมีข้อมูล 1,000,000 รายการ ในขณะที่ไฟล์ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) จะมีขนาดเพียง 8 เมกะไบต์และมีข้อมูล 5146 รายการ

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูล โดยใช้เทคนิคการสร้างดรรชนีสำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ภายใต้รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ โดยการนำประยุกต์เทคนิคการจัดทำดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) และดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสำรวจและเข้าถึงข้อมูล การค้นพบนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการสร้างดรรชนีใหม่ช่วยลดเวลาในการสำรวจและเข้าถึงข้อมูลลดลงได้อย่างมาก นอกจากนี้ การทดลองในทั้งสามช่วงขนาดส่วน (Segment size) ตั้งแต่ช่วง 100 ถึง 1,000, 1,000 ถึง 10,000 และ 10,000 ถึง 200,000 ผลลัพธ์พิสูจน์ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดส่วนไม่ได้ส่งผลต่อประสิทธิภาพทางด้านเวลาในการเข้าถึงคำหลัก (Keyword) ซึ่งเป็นผลมาจากการเข้าถึงหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Access Memory, RAM) ที่ใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับขนาดส่วน (Segment size) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบคอมพิวเตอร์ ดังนั้นไม่ว่าขนาดส่วน (Segment size) จะอยู่ในช่วงใด ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) และดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) ยังคงสามารถจัดการกับหน่วยความจำและการเข้าถึงคำหลัก (Keyword) ได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านเวลาในการเข้าถึงกับลักษณะข้อมูลแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One) เฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 382.196 มิลลิวินาที เมื่อเทียบกับการเข้าถึงข้อมูลของกรณีไม่มีดรรชนี (Non Index) เฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 26,869.218 มิลลิวินาที ในขณะที่ดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านเวลาในการเข้าถึงกับลักษณะข้อมูลแบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One-to-Many) เฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 854.662 มิลลิวินาที เมื่อเทียบกับการเข้าถึงข้อมูลของกรณีไม่มีดรรชนี (Non Index) เฉลี่ยต่อคำหลักเท่ากับ 55,197.734 มิลลิวินาที การค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่าแนวทางการจัดทำดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) สามารถ

ลดเวลาในการเข้าถึงข้อมูลถึง 98.57% จากวิธีการไม่มีดรรชนีและดรรชนีแบบกระจาย (Sparse Index) สามารถลดเวลาในการเข้าถึงข้อมูลถึง 98.45% จากวิธีการไม่มีดรรชนีทั้งสองวิธีการดรรชนีของผู้วิจัยสามารถช่วยเพิ่มการสำรวจและเข้าถึงในชุดฐานข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงสัมพันธ์ (Not only Structured Query Language, NoSQL) ที่จัดเก็บอยู่ภายใต้รูปแบบวัตถุของจาวาสคริปต์ (JavaScript Object Notation, JSON) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อจำลองชุดข้อมูลขนาดใหญ่ การศึกษาในอนาคตสามารถขยายการวิจัยนี้ได้โดยการทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคการจัดทำดรรชนีกับข้อมูลประเภทต่าง ๆ และชุดข้อมูลขนาดต่าง ๆ เพื่อกำหนดความสามารถในการปรับขนาดและความสามารถทั่วไปในการทำงานในอนาคต การปรับปรุงอัลกอริทึมการสำรวจและเข้าถึงตำแหน่งข้อมูลในไฟล์ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) อาจเป็นส่วนที่มีศักยภาพในการตรวจสอบ เนื่องจากไฟล์ดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) มักจะมีข้อมูลจำนวนมาก กระบวนการค้นหาจึงใช้เวลานานและไม่มีประสิทธิภาพ การลดเวลาที่จำเป็นสำหรับกระบวนการนี้สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของแนวทางการจัดทำดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) ได้อย่างมาก ดังนั้นวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพอัลกอริทึมของการสำรวจและเข้าถึงสำหรับการจัดทำดรรชนีแบบหนาแน่น (Dense Index) อาจเป็นช่องทางที่น่าสนใจสำหรับงานในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณหน่วยวิจัยเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ (RUSID) คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้การสนับสนุนสิ่งอำนวยความสะดวก

เอกสารอ้างอิง

Abdulkadhem, A. A., & Al-Assadi, T. A. (2019). An Important Landmarks Construction for a GIS-Map based on Indexing of Dolly Images. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *15*(1), 451. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v15.i1.pp451-459.

Abdulsada, A. I., Honi, D. G., & Al-Darraji, S. (2021). Efficient multi-keyword similarity search over encrypted cloud documents. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *23*(1), 510. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v23.i1.pp510-518.

Alqatawneh, A. (2022). Orthogonal frequency division multiplexing system with an indexed-pilot channel estimation. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *26*(2), 808. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v26.i2.pp808-818.

Chang, J., Xiao, L., Huo, Z., Zhou, B., Ruan, L., Wang, H., & Liu, S. (2017). Optimization of Index-Based Method of Metadata Search for Large-Scale File Systems. *2017 10th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)*. https://doi.org/10.1109/iscid.2017.147.

Chopade, R., & Pachghare, V. (2020). MongoDB Indexing for Performance Improvement. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *1077*, 529–539. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0936-0_56.

Fathy, Y., Barnaghi, P., & Tafazolli, R. (2018). Large-Scale Indexing, Discovery, and Ranking for the Internet of Things (IoT). *ACM Computing Surveys*, *51*(2), 1–53. https://doi.org/10.1145/3154525.

Gayathiri, N. R., Jaspher, D. D., & Natarajan, A. M. (2019). Big Data retrieval techniques based on Hash Indexing and MapReduce approach with NoSQL Database. *2019 International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (ICACCE)*. https://doi.org/10.1109/icacce46606.2019.9079964.

Jin, P., Zhuang, X., Luo, Y., & Lu, M. (2021, December 1). Exploring Index Structures for Zoned Namespaces SSDs. https://doi.org/10.1109/BigData52589.2021.9671606.

L. Tan, K., & C. Lim, K. (2019). Fast surveillance video indexing & retrieval with WiFi MAC address tagging. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *16*(1), 473. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v16.i1.pp473–481.

Ma, Y., Liu, D., Scott, G., Uhlmann, J., & Shyu, C.–R. (2017, December 1). In–Memory Distributed Indexing for Large–Scale Media Data Retrieval. https://doi.org/10.1109/ISM.2017.38.

S, M., & MB, S. P. (2020). Indexing intelligence using benchmark classifier. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *18*(1), 179. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v18.i1.pp179–187.

Yuan, J., & Liu, X. (2012). A novel index structure for large scale image descriptor search. *2012 19th IEEE International Conference on Image Processing*. https://doi.org/10.1109/icip.2012.6467265.

Yusof, M. K. (2017). Efficiency of JSON for Data Retrieval in Big Data. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *7*(1), 250. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v7.i1.pp250–262.

Zeffora, J., & Shobarani, S. (2022). Optimizing random forest classifier with Jenesis–index on an imbalanced dataset. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *26*(1), 505. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v26.i1.pp505–511.

Zineddine K., Amine F. M., & Adeel, A. (2018). Indexing Multimedia Data with an Extension of Binary Tree –– Image Search by Content ––. *International Journal of Informatics and Applied Mathematics*, *1*(1), 47–55. Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/ijiam/issue/43831/532310.

บทเรียนการจัดการน้ำ: กรณีศึกษาพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว

จักรพันธ์ นาน่วม[1*]

Water Management Lesson: A Case Study of Khao Sam Sip Reservoir Irrigation Area Khao Chakan District, Sa Kaeo Province

Jakkaphun Nanuam[1*]

[1] Program of Natural resources and Environment, Faculty of Science and Social Sciences, Burapha University, Sakaeo campus, Sakaeo 27160

[*] Corresponding author: jakkaphu@buu.ac.th

Received: August 11, 2023; Revised: September 11, 2023; Accepted: October 2, 2023

บทคัดย่อ

สระแก้วเป็นจังหวัดที่มีการใช้ประโยชน์พื้นที่เพื่อการเกษตรกรรมมากจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออก ซึ่งพื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่ได้รับน้ำจากฝนที่ตกลงมา มีเพียงบางส่วนที่ได้รับน้ำจากการชลประทานซึ่งก็จำเป็นต้องมีการบริหารจัดการน้ำที่ดี เพื่อให้เกิดการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้ง พื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบเป็นพื้นที่ที่โครงการชลประทานสระแก้วจัดสรรให้กับผู้ที่อยู่อาศัยเดิมก่อนมีการพัฒนาอ่างเก็บน้ำ โดยผู้ได้รับการจัดสรรได้ก่อตั้งเป็นกลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อบริหารจัดการน้ำที่ได้รับการจัดสรรจากโครงการชลประทานฯ และมีการบริหารจัดการกลุ่มที่เข้มแข็ง รวมทั้งไม่เกิดปัญหาหรือข้อขัดแย้งในการบริหารจัดการน้ำ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบเป็นพื้นที่ศึกษา เพื่อศึกษาพัฒนาการการจัดการน้ำของพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว และถอดบทเรียนความสำเร็จของการบริหารจัดการน้ำ โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก กลุ่มตัวอย่างในการสัมภาษณ์คือ คณะกรรมการกลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน อ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ จำนวน 10 คน ผลการศึกษาพบว่าการบริหารจัดการน้ำในระยะแรกได้รับการสนับสนุนจากโครงการชลประทานสระแก้วในด้านการจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทาน และข้อมูลปริมาณน้ำชลประทานที่สามารถใช้ได้ในแต่ละปี ทำให้สามารถวางแผนการใช้น้ำได้ ต่อมากลุ่มผู้ใช้น้ำได้รวมตัวกันก่อตั้งเป็นองค์กรผู้ใช้น้ำ และมีการคัดเลือกคณะกรรมการกลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน เพื่อทำหน้าที่ในการบริหารจัดการ กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการบริหารจัดการน้ำ จำแนกได้เป็น 5 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ใช้น้ำ นักวิจัย/นักวิชาการ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น โครงการชลประทานสระแก้ว และกรมป่าไม้ ซึ่งแต่ละกลุ่มมีบทบาท ระดับความสนใจ และระดับอิทธิพลต่อการบริหารจัดการน้ำต่างกันไป โดยกลุ่มที่มีระดับความสนใจมากที่สุด คือ กลุ่มผู้ใช้น้ำ และกลุ่มที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการน้ำมากที่สุด คือ โครงการชลประทาน เนื่องจากเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบหลักในการจัดหาและส่งน้ำตามภารกิจและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ปัจจัยความสำเร็จของการบริหารจัดการน้ำประกอบด้วย โครงสร้างและความเข้มแข็งของการรวมตัวและบริหาร

[1] หลักสูตรทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว 27160

จัดการการใช้น้ำ และการสนับสนุนข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการจากโครงการชลประทานสระแก้ว ส่วนปัจจัยจำกัดของการบริหารจัดการน้ำ ประกอบด้วยทักษะและงบประมาณในการบำรุงรักษาระบบส่งน้ำและอุปกรณ์ และองค์ความรู้ในการคาดการณ์และประเมินความต้องการน้ำในภาวะวิกฤตรวมทั้งการกำหนดมาตรการในการตอบสนอง

คำสำคัญ: การจัดการน้ำ, พื้นที่ชลประทาน, อ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ, จังหวัดสระแก้ว

Abstract

Sa Kaeo is one of the provinces having large agricultural land use in the eastern region. Most of the water agricultural use is from the rain. Only some parts ate in the irrigated area, which requires good water management in order to achieve efficient use of water and not cause conflicts. The Khlong Sam sip Reservoir irrigation area is an area that the Sa Kaeo Irrigation Project allocated to former residents before the reservoir was developed. Those allocated have formed a water user group to manage the water allocated from the irrigation project and has strong group management. There are no problems or conflicts in water management. Therefore, the Khlong Sam sip Reservoir irrigation area was selected as the study area to evaluate the development of water management and extract lessons from the success of water management by using qualitative research methods with in–depth interviews. The sample group was Irrigation water management group committee Khlong Sam Sip Reservoir, 10 people. The results showed that water management in the initial stage was supported by the Sa Kaeo Irrigation Project in terms of establishing a group of irrigation users and the amount of irrigation water that could be used in each year making it possible to plan water use. Later, a group of water users transformed to the water user organization. The committee was selected to perform administrative functions. Based on our findings, stakeholders in water management could be divided into 5 groups: water users, researcher/academician, local government, Sa Kaeo Irrigation Project and the Royal Forest Department, each of which had a role to play, attention level and different levels of influence on water management. The group with the highest level of interest was the water user group. And the group that had the most influence was the irrigation project since it is the agency responsible for the supply and delivery of water according to the assigned mission and duties. The success factors of water management were structure and strength of the integration and management and data support from the Sa Kaeo Provincial Irrigation Project. The limiting factors of consisted of the skills and budget for maintaining water distribution systems and equipment, the knowledge to forecast and assess water needs in crises as well as to formulate response measures.

Keywords: Water Management, Irrigation Area, Khao Sam Sib Reservoir, Sa Kaeo province

บทนำ

น้ำ เป็นทรัพยากรที่สำคัญทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันของประชาชน และการประกอบกิจกรรมทางเศรษฐกิจ เช่น การเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และพาณิชยกรรม ด้วยแนวโน้มการพัฒนาและการเพิ่มจำนวนประชากรในปัจจุบัน คาดว่าจะส่งผลให้เกิดความต้องการน้ำมากขึ้นในอนาคต (Guohua et al, 2021) อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำต้นทุนคาดการณ์ในอนาคตอาจมีปริมาณลดลง (บัญชา ขวัญยืน และคณะ, 2563) และมีความไม่แน่นอนของปริมาณน้ำในแต่ละปี โดยสาเหตุหลักของความแปรปรวนของปริมาณน้ำมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ซึ่งส่งผลให้ปริมาณฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล (Yoo et al, 2013)

จังหวัดสระแก้วมีพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 2,340,093 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 52 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด พื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการทำนาข้าว (ร้อยละ 31) ดังนั้นจึงมีความต้องการใช้น้ำเพื่อทำเกษตรในปริมาณมาก อย่างไรก็ตามจังหวัดสระแก้วมีปริมาตรกักเก็บรวมของแหล่งน้ำทั้งหมดในจังหวัดประมาณ 1,154.305 ล้านลูกบาศก์เมตร (ลบ.ม.) และมักประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในการทำการเกษตรอยู่เสมอเนื่องจากไม่สามารถกักเก็บน้ำได้เต็มตามปริมาตรความจุ (สำนักงานจังหวัดสระแก้ว, 2559)

ตามพระราชกฤษฎีกากำหนดลุ่มน้ำ พ.ศ.2564 (สำนักงานคณะกรรมการน้ำแห่งชาติ, 2566) กำหนดให้แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทยออกเป็น 22 ลุ่มน้ำ โดยจังหวัดสระแก้วมีพื้นที่ครอบคลุมอาณาเขตลุ่มน้ำ 2 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำโตนเลสาบ และลุ่มน้ำบางปะกง พื้นที่อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว ซึ่งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคลองพระสะทึง ในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง มีอ่างเก็บน้ำสำคัญในพื้นที่ คือ อ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ ซึ่งเป็นโครงการตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร มีความจุกักเก็บประมาณ 5.70 ล้าน ลบ.ม. สามารถส่งน้ำให้กับพื้นที่เพาะปลูกได้ประมาณ 2,680 ไร่ (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2566)

อย่างไรก็ตาม การบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรจำเป็นต้องบริหารจัดการอย่างเหมาะสมให้เกิดความสมดุลระหว่างน้ำใช้กับน้ำต้นทุน ซึ่งกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทานในพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบมีรูปแบบและวิธีการบริหารจัดการที่ดี สามารถบริหารจัดการกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากความเข้มแข็งของกลุ่ม และกลไกในการบริหารจัดการที่เข้มแข็ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและถอดบทเรียนการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่นี้ เพื่อใช้เป็นตัวอย่างให้กับพื้นที่อื่นได้ศึกษาและนำปประยุกต์ในการบริหารจัดการน้ำต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาพัฒนาการการจัดการน้ำของพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว และถอดบทเรียนความสำเร็จของการบริหารจัดการน้ำ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาบทเรียนการจัดการน้ำ: กรณีศึกษาพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้วนี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก กลุ่มตัวอย่างในการสัมภาษณ์คือ คณะกรรมการกลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน อ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ จำนวน 10 คน ซึ่งเป็นตัวแทนที่ได้รับการคัดเลือกมาจากกลุ่มผู้ใช้น้ำในพื้นที่ (268 ราย) โดยกลุ่มผู้ใช้น้ำในพื้นที่นี้เป็นกล่มผู้ใช้น้ำด้านเกษตรกรรม เนื่องจากเป็นการจัดสรรที่ดินของโครงการชลประทานให้กับผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เดิมเพื่ออยู่อาศัยและประกอบอาชีพเกษตรกรรม นอกจากนั้นคณะกรรมการกลุ่มฯ ยังเป็นผู้ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ โครงการชลประทานสระแก้ว

องค์การปกรองส่วนท้องถิ่น และกรมป่าไม้ ระยะเวลาที่ใช้ในการสัมภาษณ์ครั้งละประมาณ 30 นาที โดยในการสัมภาษณ์ผู้วิจัยใช้คำถามเชิงโครงสร้างในการสัมภาษณ์ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้

1) ที่มาของการจัดตั้งกลุ่ม ปัญหา และอุปสรรค

2) มุมมองต่อความสำเร็จและปัจจัยความสำเร็จของการบริหารจัดการน้ำ

3) ผู้เกี่ยวข้องหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

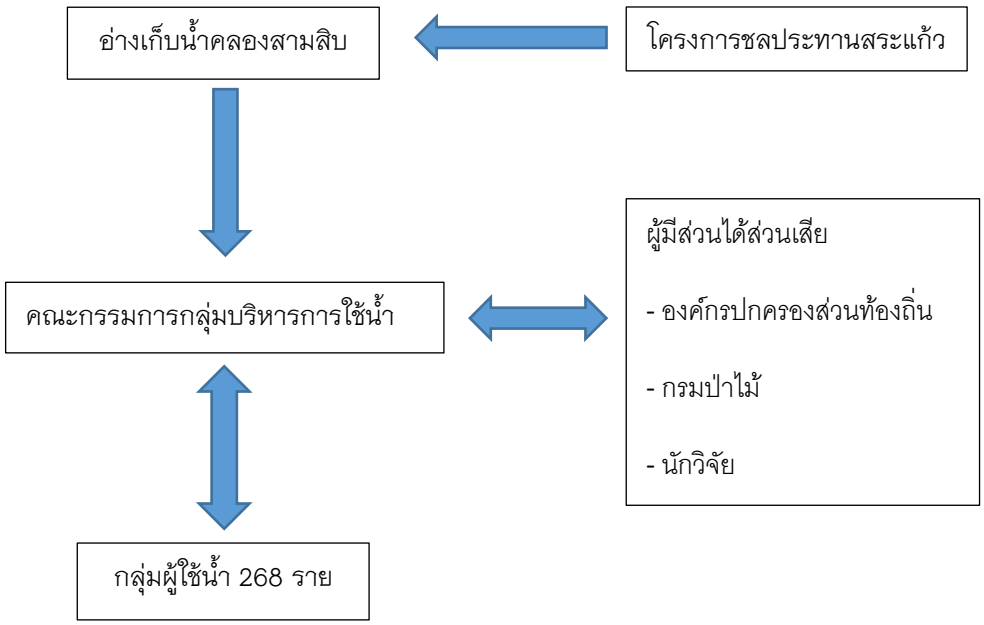
4) การประเมินระดับอิทธิพลและระดับความสนใจของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยมีเกณฑ์พิจารณาดังนี้

– ระดับอิทธิพลของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับมาก (สามารถมีบทบาทหน้าที่กำหนดทิศทาง เอื้อผลสำเร็จ หรือเป็นข้อจำกัดในการบริหารจัดการน้ำได้) ระดับปานกลาง (สามารถมีบทบาทผลักดัน หรือขับเคลื่อนการบริหารจัดการน้ำได้โดยอาจประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือแสดงบทบาทดำเนินการในพื้นที่) และระดับน้อย (สามารถมีบทบาทเป็นผู้เกี่ยวข้องในการแสดงหรือให้ความคิดเห็นต่อการบริหารจัดการน้ำ)

– ระดับความสนใจของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย แบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ คือ ระดับมาก (มีการติดตามข่าวสารความคืบหน้า และหาข้อมูลมาแลกเปลี่ยนเพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำ) ระดับปานกลาง (มีการติดตามข่าวสารตามวาระ หรือเมื่อมีการรายงาน) และระดับน้อย (ไม่มีการติดตามข่าวสาร หรือความคืบหน้า)

ในการระบุระดับอิทธิพลและความสนใจของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียนี้ ผู้วิจัยให้ผู้ให้สัมภาษณ์ยกตัวอย่างประกอบหรือหลักฐานประกอบการระบุระดับตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หากผู้ให้สัมภาษณ์ทั้งหมดมีความคิดเห็นไม่ตรงกัน ผู้วิจัยยึดเอาความเห็นส่วนใหญ่เป็นหลักในการระบุระดับอิทธิพลและความสนใจโดยพิจารณาตัวอย่างหรือหลักฐานประกอบร่วมด้วย อย่างไรก็ตามระดับอิทธิพลและความสนใจที่ได้ระบุไว้ในการศึกษาครั้งนี้อยู่บนพื้นฐานมุมมองของคณะกรรมการกลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน อ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ เป็นหลัก เนื่องจากผู้วิจัยต้องการสะท้อนมุมมองและถอดบทเรียนการทำงานของกลุ่มบุคคลที่มีบทบาทหน้าที่ในการบริหารการใช้น้ำ รวมทั้งประสานงาน และเจรจาต่อรองกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง

หลังการสัมภาษณ์ผู้สัมภาษณ์จะขอให้ผู้ให้สัมภาษณ์แนะนำบุคคลที่สามารถให้ข้อมูลท่านต่อไป (Snowballing technique) เพื่อทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติม หรือยืนยันข้อมูลที่ได้รับจนกว่าข้อมูลจะอิ่มตัว (พิจารณาจากข้อมูลที่ได้รับจากการสัมภาษณ์ได้รับการยืนยัน ปราศจากข้อสงสัย และไม่มีประเด็นใหม่เพิ่มเติม) ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสัมภาษณ์นี้ ผู้วิจัยทำการสอบทานและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Methodological triangulation) ซึ่งเป็นการนำข้อมูลหรือข้อค้นพบที่ได้กลับไปสอบทานโดยบุคคล สถานที่หรือเวลาที่แตกต่างกัน (Denizen, 1970) จากนั้นนำมาวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) เพื่อศึกษาพัฒนาการของการจัดการน้ำในพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา (Conceptual framework)

ผลการศึกษา

พื้นที่โครงการอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบตั้งอยู่ในพื้นที่บ้านเขาสามสิบ ตำบลเขาสามสิบ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว ลักษณะภูมิประเทศบริเวณอ่างเก็บน้ำเป็นหุบ มีคลองสามสิบไหลผ่านแต่ไม่ตลอดปี ลำคลองแห้งและตื้นเขินในฤดูแล้ง ในฤดูฝนน้ำไหลหลาก ท่วมแผ่ออกเป็นบริเวณกว้าง แต่เป็นเพียงชั่วระยะเวลาหลังจากฝนตกหนักเท่านั้น เนื่องจากสภาพลำคลองมีความกว้างประมาณ 3-4 เมตร และลึกประมาณ 1.5-2.0 เมตร ในเขตบริเวณใกล้กับลำคลองเป็นพื้นที่นาข้าว แต่พื้นที่โครงการฯ ส่วนใหญ่มีการเพาะปลูกพืชไร่ ลักษณะดินโดยทั่วไปเป็นดินเหนียวปนลูกรัง และมีหิน (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2566)

พัฒนาการการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ

ลำดับการพัฒนาการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ช่วง คือ

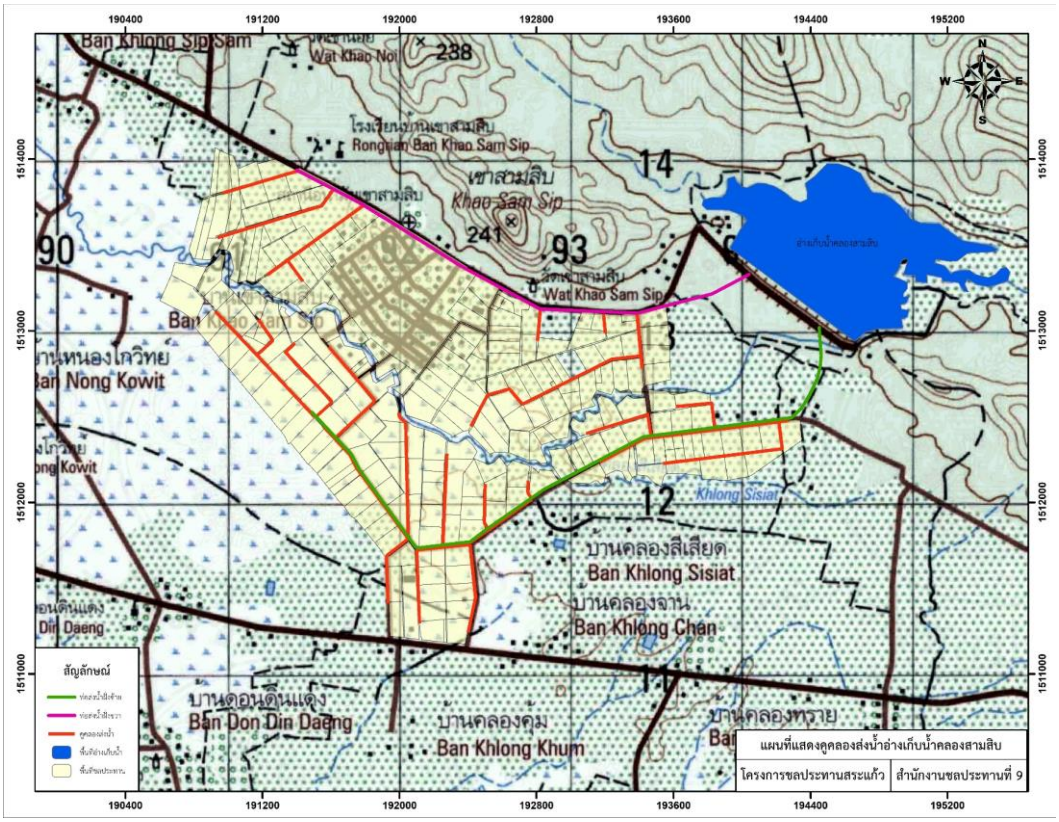
1) ช่วงก่อนการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบฯ

ในช่วงก่อนปี พ.ศ.2528 พื้นที่บริเวณนี้มีการเปิดพื้นที่เพื่อทำการเกษตรโดยประชาชนที่อยู่อาศัยในพื้นที่ และโดยรอบพื้นที่ ซึ่งโดยมากไม่มีเอกสารสิทธิอย่างชัดเจน เป็นแต่เพียงการครอบครองพื้นที่เพื่อทำการเกษตร และรับรู้ซึ่งกันและกันถึงอาณาเขตการครอบครองพื้นที่ของแต่ละราย

2) ช่วงการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ

โครงการอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบเป็นโครงการตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ให้กรมชลประทานโดยสำนักงานชลประทานที่ 9 จัดหาแหล่งน้ำสำรองให้กับกรมทหารราบที่ 12 รักษาพระองค์ฯ และกองพันทหารราบที่ 1 กรมทหารราบที่ 12 รักษาพระองค์ฯ ที่ตั้งขึ้นใหม่ในเขตอำเภอสระแก้ว และจัดหาน้ำให้ราษฎรที่อยู่ในเขตบริเวณใกล้เคียงเพื่อการเกษตรกรรมด้วย ดังนั้น สำนักงาน

ชลประทานที่ 9 จึงได้ดำเนินการก่อสร้างโครงการอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ แล้วเสร็จเมื่อวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2529 โดยพื้นที่โดยรอบอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบสำนักงานชลประทานที่ 9 ได้จัดสรรให้กับผู้ที่อยู่อาศัยมาก่อนในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างอ่างเก็บน้ำฯ โดยมีผู้ได้รับการจัดสรร 268 ราย แต่ละรายได้รับการจัดสรรพื้นที่ทำการเกษตร 10 ไร่ และพื้นที่อยู่อาศัย 1 ไร่ โดยสิทธิของที่ดินเป็น สปก. ซึ่งทำให้เกษตรกรมีสิทธิในที่ดินมากขึ้น ลดปัญหาการรุกล้ำพื้นที่ และจูงใจให้มีการดูแล รักษา และพัฒนาพื้นที่ที่ตนครองครอง



รูปที่ 2 พื้นที่จัดสรรเพื่อการชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบและแนวท่อส่งน้ำ
(ที่มา: โครงการชลประทานสระแก้ว สำนักงานชลประทานที่ 9)

ในช่วงต้นของการพัฒนาโครงการอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ กลุ่มผู้ที่ได้รับการจัดสรรพื้นที่ได้รับการสนับสนุนจากโครงการชลประทานสระแก้ว ให้มีการจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทาน และได้รับการจัดสรรน้ำผ่านทางท่อส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบซึ่งมีความจุกักเก็บประมาณ 5.7 ล้าน ลบ.ม. (รูปที่ 2) นอกจากนั้นโครงการชลประทานสระแก้วยังสนับสนุนข้อมูลปริมาณน้ำชลประทานที่สามารถใช้ได้ในแต่ละปี ซึ่งจัดส่งข้อมูลนี้ให้กับกลุ่มผู้ใช้น้ำก่อนเข้าช่วงฤดูแล้งเพื่อวางแผนการใช้น้ำ ต่อมากลุ่มผู้ใช้น้ำได้รวมตัวกันก่อตั้งเป็นองค์กรผู้ใช้น้ำตาม พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ.๒๕๖๑ มีการคัดเลือกคณะกรรมการกลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน เพื่อทำหน้าที่ในการบริหารจัดการ การจัดสรรรอบการใช้น้ำ การเก็บค่าบริหารจัดการเพื่อนำเงินมาเป็นกองทุนซ่อมแซมและบำรุงรักษาท่อส่งน้ำ โดยเก็บค่าธรรมเนียมในการบริหารจัดการรายละ 100 บาทต่อฤดูกาล (ปีละ 200 บาท) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันน้ำชลประทานถูกจัดสรรไปใช้ในการผลิตน้ำประปาหมู่บ้านเนื่องจากแหล่งน้ำดิบสำหรับประปาหมู่บ้านเดิมที่เป็นน้ำบาดาลมีปริมาณน้อยลง จำเป็นต้องอาศัยน้ำชลประทานไปช่วยในการผลิต (เป็นการใช้น้ำที่ไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์หลักของการจัดสรรน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร แต่ในพื้นที่มีความจำเป็นที่ต้องจัดสรรเพื่อทดแทนน้ำบาดาลที่ใช้

เป็นแหล่งน้ำหลักในการผลิตน้ำประปาหมู่บ้าน) โดยดำเนินการจัดสรรน้ำเป็นระยะเวลาประมาณ 2 ปี แล้ว แต่ยังไม่มีการจัดเก็บค่าน้ำเพื่อนำไปทำประปาหมู่บ้าน ทำให้สมาชิกบางส่วนเสนอให้จัดเก็บค่าน้ำเพื่อนำมาใช้ในการบริหารจัดการดูแลท่อส่งน้ำ ดังนั้นคณะกรรมการกลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทานจึงจำเป็นต้องมีการจัดเก็บค่าน้ำในส่วนนี้ประมาณ 50 สตางค์/ลบ.ม. อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการทบทวนและพิจารณาการบริหารจัดการน้ำเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศที่มีความแปรปรวนมากขึ้นในอนาคตและจะส่งผลต่อปริมาณน้ำต้นทุนในพื้นที่ เพื่อให้สามารถบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่มีจำกัดให้ตอบสนองความต้องการทั้งสองวัตถุประสงค์ คือ เกษตรกรรม และการอุปโภคบริโภคได้

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการบริหารจัดการการใชน้ำในพื้นที่

จากการสัมภาษณ์เชิงลึก สามารถสรุปกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ฯ ระดับอิทธิพล ระดับความสนใจ ความต้องการ และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้ดังตารางที่ 1

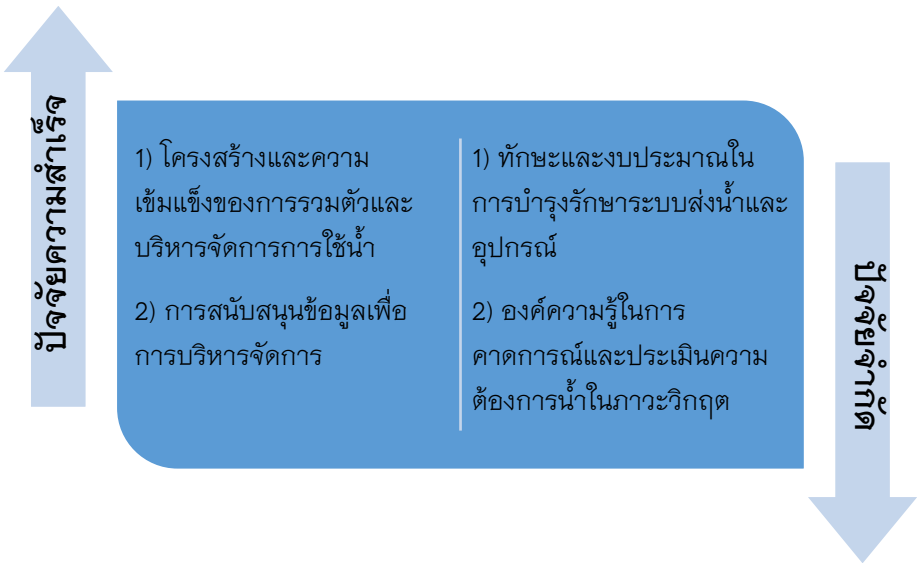
ตารางที่ 1 กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการบริหารจัดการน้ำและแนวโนมการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

ผู้มีส่วนได้ส่วนสีย	ระดับอิทธิพล	ระดับความสนใจ	ความต้องการ-ความสนใจ	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคต
กลุ่มผู้ใช้น้ำ	ปานกลาง	มาก	ต้องการน้ำเพื่อใช้ในการเกษตรและการทำประปาหมู่บ้าน	มีการรวมกลุ่มกันอย่างเข้มแข็งในรูปคณะกรรมการได้รับการพัฒนาทักษะและข้อมูลจากโครงการชลประทานสระแก้วที่รับผิดชอบพื้นที่ ในอนาคตมีการจัดสรรน้ำไปช่วยการผลิตประปาหมู่บ้าน และมีการจัดทำข้อมูลความต้องการใช้น้ำนอกพื้นที่ชลประทานเพื่อของบประมาณสนับสนุนในการจัดทำโครงการพัฒนาแหล่งน้ำใหม่
นักวิจัย/นักวิชาการ	น้อย	มาก	สนใจที่จะศึกษาสถานการณ์ มาตรการหรือแนวทางในการบริหารจัดการความต้องการใช้น้ำเพื่อรองรับความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคต	การวิเคราะห์สถานการณ์และสังเคราะห์มาตรการที่เหมาะสมในการบริหารจัดการน้ำในบริบทต่างๆ
องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น	มาก	ปานกลาง	– การบริหารจัดการความต้องการใช้น้ำของเกษตรกรและประชาชนในพื้นที่ – การติดต่อประสานงานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อแก้ไขปัญหาการบริหารจัดการน้ำ การพัฒนาแหล่งน้ำต้นทุนและการบำรุงรักษาโครงข่ายชลประทาน – ต้องการแก้ไขสถานการณ์หรือหาแนวทาง/ข้อตกลงที่ทุกฝ่ายสามารถยอมรับได้ตามหน้าที่และไม่ต้องการให้เกิดความขัดแย้งหรือปัญหาในพื้นที่รับผิดชอบ	ในสถานการณ์ที่มีปัญหาหรือความวุ่นวายขึ้นในพื้นที่จำเป็นที่องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นจะเข้ามามีส่วนในการแก้ไขปัญหาเพื่อความสงบเรียบร้อยในพื้นที่
โครงการชลประทานสระแก้ว	มาก	มาก	ต้องการจัดหาและส่งน้ำตามภารกิจและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	การบริหารจัดการปริมาณน้ำต้นทุนให้เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำ และบำรุงรักษาโครงข่ายชลประทานตามอำนาจ หน้าที่ และความรับผิดชอบ
กรมป่าไม้	มาก	น้อย	ควบคุม ดูแล และบังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับป่าไม้ในพื้นที่	ในพื้นที่ที่กลุ่มผู้ใช้น้ำต้องการพัฒนาเป็นสระเก็บน้ำขนาดเล็กนั้น กรมป่าไม้ใช้เป็นพื้นที่ปลูกป่าตามโครงการต่างๆ ดังนั้นในอนาคตอาจมีความจำเป็นที่ต้องเจรจาหาทาง

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	ระดับอิทธิพล	ระดับความสนใจ	ความต้องการ-ความสนใจ	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคต
				ออก เพื่อใช้ประโยชน์พื้นที่ให้เหมาะสม และก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

ปัจจัยความสำเร็จและปัจจัยจำกัดขององค์กรผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับคณะกรรมการกลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน อ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ จำนวน 10 คน สามารถสรุปประเด็นที่เป็นปัจจัยความสำเร็จและปัจจัยจำกัดขององค์กรผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ ได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ปัจจัยความสำเร็จและปัจจัยจำกัดขององค์กรผู้ใช้น้ำอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ

ปัจจัยความสำเร็จของการบริหารจัดการน้ำ

1) โครงสร้างและความเข้มแข็งของการรวมตัวและบริหารจัดการการใช้น้ำ

ในการบริหารจัดการการใช้น้ำในพื้นที่ชลประทานอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบนั้น มีคณะกรรมการบริหารการใช้น้ำชลประทานฯ อย่างชัดเจน มีการกำหนดมาตรการ แนวทาง และระเบียบในการบริหารจัดการ ทั้งในส่วนของค่าธรรมเนียมบำรุงรักษาที่เก็บจากผู้ใช้น้ำ เพื่อใช้ในการบริหารจัดการและบำรุงรักษาท่อส่งน้ำ

2) การสนับสนุนข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการจากโครงการชลประทานสระแก้ว ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณน้ำที่สามารถส่งจ่ายให้ได้ในแต่ละฤดูกาลการทำการเกษตร วิธีการบริหารจัดการน้ำ ทำให้สามารถวางแผนบริหารจัดการการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจัยจำกัดของการบริหารจัดการน้ำ

1) ทักษะและงบประมาณในการบำรุงรักษาระบบส่งน้ำและอุปกรณ์

เนื่องจากคณะกรรมการบริหารการใช้น้ำชลประทานฯ และสมาชิกองค์กรผู้ใช้น้ำส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม จึงขาดทักษะที่จำเป็นในการซ่อมบำรุง หรือดูแลรักษาระบบส่งน้ำ รวมทั้งขาดงบประมาณที่จำเป็นในการบำรุงรักษาในช่วงเร่งด่วนที่ไม่สามารถรองบประมาณจากโครงการชลประทานสระแก้วได้ อย่างไรก็ตาม คณะกรรมการบริหารการใช้น้ำชลประทานฯ ได้ดำเนินการแก้ไขโดยขอการสนับสนุนจากหน่วยงานทหารในพื้นที่

2) องค์ความรู้ในการคาดการณ์และประเมินความต้องการน้ำในภาวะวิกฤตรวมทั้งการกำหนดมาตรการในการตอบสนอง

ในภาวะวิกฤตที่เสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคต เช่น ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญนั้น สมาชิกองค์กรผู้ใช้น้ำ และคณะกรรมการบริหารการใช้น้ำชลประทานฯ จำเป็นต้องสามารถทำความเข้าใจผลกระทบที่เกิดขึ้น คาดการณ์ความรุนแรง รวมทั้งกำหนดมาตรการในการตอบสนองได้ เช่น การลดพื้นที่ปลูกพืช การเปลี่ยนชนิดของพืชที่ปลูก หรือการกักเก็บน้ำในพื้นที่ ซึ่งสมาชิกองค์กรผู้ใช้น้ำยังจำเป็นต้องพัฒนาองค์ความรู้และการตอบสนองในส่วนนี้

สรุปและอภิปรายผล

โครงการอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบเป็นโครงการตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ซึ่งก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2529 มีความจุกักเก็บ 5.7 ล้าน ลบ.ม. และพื้นที่ได้รับประโยชน์จากการใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมประมาณ 2,680 ไร่ โดยจัดสรรให้กับเกษตรกรซึ่งเป็นผู้อยู่อาศัยในพื้นที่เดิมจำนวน 268 ราย แบ่งเป็นที่ดินทำกินรายละ 10 ไร่ และเป็นที่อยู่อาศัย 1 ไร่ พัฒนาการของรูปแบบการบริหารจัดการน้ำในระยะแรกได้รับการสนับสนุนจากโครงการชลประทานสระแก้วในด้านการจัดตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำชลประทาน และข้อมูลปริมาณน้ำชลประทานที่สามารถใช้ได้ในแต่ละปี ทำให้สามารถวางแผนการใช้น้ำได้ ต่อมากลุ่มผู้ใช้น้ำได้รวมตัวกันก่อตั้งเป็นองค์กรผู้ใช้น้ำตามพระราชบัญญัติ ทรัพยากรน้ำ พ.ศ.๒๕๖๑ มีการคัดเลือกคณะกรรมการกลุ่มบริหารการใช้น้ำชลประทาน เพื่อทำหน้าที่ในการบริหารจัดการ

เมื่อพิจารณากลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการบริหารจัดการน้ำ จำแนกได้เป็น 5 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ใช้น้ำ นักวิจัย/นักวิชาการ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น โครงการชลประทานสระแก้ว และกรมป่าไม้ ซึ่งแต่ละกลุ่มมีบทบาท ระดับความสนใจ และระดับอิทธิพลต่อการบริหารจัดการน้ำต่างกันไป โดยกลุ่มที่มีระดับความสนใจมากที่สุด คือ กลุ่มผู้ใช้น้ำ เนื่องจากต้องการน้ำเพื่อใช้ในการเกษตรและการทำประปาหมู่บ้าน และกลุ่มที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการน้ำมากที่สุด คือ โครงการชลประทานสระแก้ว เนื่องจากเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบหลักในการจัดหาและส่งน้ำตามภารกิจและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ผลการศึกษาที่พบสอดคล้องกับการศึกษาของ กชกร เดชะคำภู (2560) ที่พบว่าความเข้มแข็งของกลุ่มผู้ใช้น้ำ การสนับสนุนจากหน่วยงานภายนอก และการรับรู้ข้อมูลข่าวสารการจัดการน้ำ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการน้ำ

ปัจจัยความสำเร็จของการบริหารจัดการน้ำประกอบด้วยโครงสร้างและความเข้มแข็งของการรวมตัวและบริหารจัดการการใช้น้ำ และการสนับสนุนข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการจากโครงการชลประทานจังหวัดสระแก้ว ส่วนปัจจัยจำกัดของการบริหารจัดการน้ำ ประกอบด้วยทักษะและงบประมาณในการบำรุงรักษาระบบส่งน้ำและอุปกรณ์ และองค์ความรู้ในการคาดการณ์และประเมินความต้องการน้ำในภาวะวิกฤตรวมทั้งการกำหนดมาตรการในการตอบสนอง ผลการศึกษาที่พบสอดคล้องกับการศึกษาของ จันทิรา สุขศิวานันท์ (2561) ซึ่งศึกษาการมีส่วนร่วม

ของประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ศึกษากรณี ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา และพบว่าการบริหารจัดการความขัดแย้งและการสร้างความเข้าใจร่วมกัน รวมไปถึงการสร้างข้อตกลงร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากการใช้ทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ARTICLE 19 กลุ่มศึกษาการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก และกลุ่มจับตาปัญหาที่ดินที่ให้ทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กชกร เดชะคำภู. (2560). *รูปแบบการพัฒนาการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของผู้ใช้น้ำ โครงการพัฒนาลุ่มน้ำก่ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ* (รัฐประศาสนศาสตรดุษฎีบัณฑิต). สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

จันทิรา สุขศิวานันท์. (2561). *การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ: ศึกษากรณีลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา.* สืบค้นจาก http://www.ba-abstract.ru.ac.th/.

บัญชา ขวัญยืน, จุติเทพ วงษ์เพ็ชร์ และ ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์ และคณะ. (2563). *การบริหารและการประมวลผลการศึกษาโครงการวิจัยเพื่อจัดทำข้อเสนอแนะสมดุลน้ำและมาตรการลดการใช้น้ำเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนในการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (EEC)* [รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์], กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการน้ำแห่งชาติ. (2566). *พระราชกฤษฎีกากำหนดลุ่มน้ำ พ.ศ.2564.* สืบค้นจาก http://www.onwr.go.th/?page_id=4184.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, (2566). *โครงการอ่างเก็บน้ำคลองสามสิบอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.*

สำนักงานจังหวัดสระแก้ว. (2559). *แผนพัฒนาจังหวัดสระแก้ว.* สืบค้นจาก http://sakaeo.go.th/oldwebsakaeo/news/news_file/1030ct20161475466688232599plan%204%20(2561-2564).pdf.

Denizen, N. K. (1970). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods.* Chicago, IL: Aldine.

Yoo, S.H., Choi, J.Y., Lee, S.H., Oh, Y.G., and Yun D.K. (2013). Climate change impacts on water storage requirements of an agricultural reservoir considering changes in land use and rice growing season in Korea. *Agricultural Water Management. 117*, 43-54.

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท จังหวัดลำปาง

จิรภัทร กันธิยาใจ[1]และ นิติ เอี่ยมชื่น[2*]

Analysis of areas at risk of illegal logging of rosewood and padauk wood in Tham Pha Thi National Park, Lampang Province

Jiraphat Kanthiyajai[1] and Niti Iamchuen[2*]

[1] Phrabat-Mon Phaya Chae Forest Fire Control Station, Protected Areas Regional Office 13, Mueang Lampang District, Lampang 52000

[2] School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

[*] Corresponding author: niti.ia@up.ac.th

Received: June 6, 2023; Revised: October 15, 2023; Accepted: October 19, 2023

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลทางภูมิสารสนเทศของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 8 ปัจจัย ได้แก่ การกระจายตัวของไม้มีค่า ระยะห่างจากตำแหน่งคดีไม้ชิงชันและไม้ประดู่ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งชุมชน ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ความลาดชัน และดัชนีผลต่างของพืชพรรณ (NDVI) ร่วมกับวิธีการกำหนดค่าคะแนนระดับศักยภาพของพื้นที่ การถ่วงค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ แล้วใช้เทคนิคซ้อนทับข้อมูล เพื่อให้ทราบถึงพื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ จากการศึกษาพบว่ามีพื้นที่เสี่ยงใน 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงมากที่สุด 199.72 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เสี่ยงมาก 336.18 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เสี่ยงปานกลาง 337.98 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เสี่ยงน้อยมีเนื้อที่ 227.13 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่เสี่ยงน้อยที่สุดมีเนื้อที่ 113.87 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่เสี่ยงมากที่สุดและเสี่ยงมากส่วนใหญ่พบในบริเวณแนวขอบเขตอุทยาน ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนป้องกันและปราบปรามการลักลอบทำไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่ได้ต่อไป

คำสำคัญ: ลักลอบตัดไม้, ไม้ชิงชัน, ไม้ประดู่, อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท

---

[1] สถานีควบคุมไฟป่าพระบาท-ม่อนพระยาแช่ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 13 สาขาลำปาง อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง 52000

[2] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

The analysis of the area at risk of illegal logging of Rosewood and Padauk wood in Tham Pha Thai National Park has utilized geospatial information data related to eight factors. These factors include the distribution of valuable wood, distance from the locations of Rosewood and Padauk wood case, distance from road, distance from village, distance from the National Park Protection Unit, distance from water body, slope, and Normalized difference vegetation index (NDVI). The study's methodology involved calculating the potential vulnerability scoring and weighting factors determined by experts. Additionally, a data overlay technique was utilized to identify areas at high risk of illegal cutting of rosewood. Based on the study, it was found that there were five levels of risky areas, including the riskiest area of 199.72 square kilometers, very high-risk area: 336.18 square kilometers, medium-risk area: 337.98 square kilometers, low-risk area has an area of 227.13 square kilometers, and least-risky area has an area of 113.87 square kilometers. The areas of riskiest and very high-risk are found around the edge of the park. The findings of this study can serve as a database for planning and implementing strategies the prevention and suppression of illegal rosewood in the area.

Keywords: Illegal logging, Rosewood, Padauk wood, Tham Pha Tai National Park

บทนำ

อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท จังหวัดลำปาง มีสถานะเป็นพื้นที่เตรียมการประกาศอุทยานแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2565 มีพื้นที่รับผิดชอบจำนวน 1,200.48 ตารางกิโลเมตร หรือ 750,301 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 5 อำเภอ 17 ตำบล ของจังหวัดลำปาง ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 9.57 จากพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดลำปางคือ 7,833,726 ไร่ ประเภทของป่าไม้ประกอบไปด้วย ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง และป่าดิบเขา ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมี สวนสักกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ (อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท, 2562) ในช่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 เป็นต้นมา อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไทได้ประสบปัญหาภัยคุกคามจากการลักลอบตัดไม้หวงห้ามและมีค่าทางเศรษฐกิจที่มีอยู่ในพื้นที่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะไม้ชิงชัน (*Burmese rosewood) Dalbergia bariensis spp* หรืออีกชื่อหนึ่งคือ Dalbergia oliveri และไม้ประดู่ (*Burmese Rosewood, Andaman Redwood, Amboyna Wood) Pterocarpus indicus Willd* มีสถิติคดีการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-ปัจจุบัน จำนวน 74 คดี และตรวจยึดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ได้จำนวน 747 แผ่น/เหลี่ยม ปริมาตร 81.20 ลูกบาศก์เมตร (อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท, 2565) ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากปัจจัยหลายด้าน เช่น การเพิ่มขึ้นของประชากร ความต้องการใช้ไม้เพื่อปลูกสร้างที่อยู่อาศัย และที่สำคัญคือมีนายทุนและผู้มีอิทธิพลได้ทำการว่าจ้างให้ราษฎรเข้าไปตัดไม้มีค่าที่เป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศแล้วลักลอบส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ซึ่งจุดหมายปลายทางคือประเทศจีนที่มีความต้องการเป็นจำนวนมากเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบป้อนสู่อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเรือนจากไม้หงมู่ (*红木 Hóngmù*) ซึ่งไม้หงมู่ (ไม้แดง) หมายถึงชนิดของไม้หรือเครื่องเรือนที่ทำมาจากชนิดของไม้ที่ได้รับอนุญาตอย่างถูกต้องโดยองค์การมาตรฐานพันธุ์ไม้หงมู่แห่งประเทศจีน พ.ศ. 2543 ซึ่งรวมไปถึงไม้พะยูง ไม้ชิงชัน และไม้ประดู่ โดยเครื่องเรือนจากไม้หงมู่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจากชนชั้นสูงที่ร่ำรวยของประเทศจีน (Environmental Investigation Agency, 2014) จากปัญหาดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงสถานการณ์การบริหารจัดการพื้นที่อนุรักษ์ว่าจะต้องมีการใช้มาตรการการป้องกันและปราบปราม การกระทำผิดกฎหมายว่าด้วยการป่าไม้ในพื้นที่อย่างเข้มข้นเพื่อเป็นการรักษาผืนป่า หยุดยั้งพวกขบวนการลักลอบทำไม้ อีกทั้งยังเป็นการสนองต่อนโยบายของรัฐบาลที่เน้นให้ความสำคัญในเรื่องการป้องกันและปราบปรามการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า

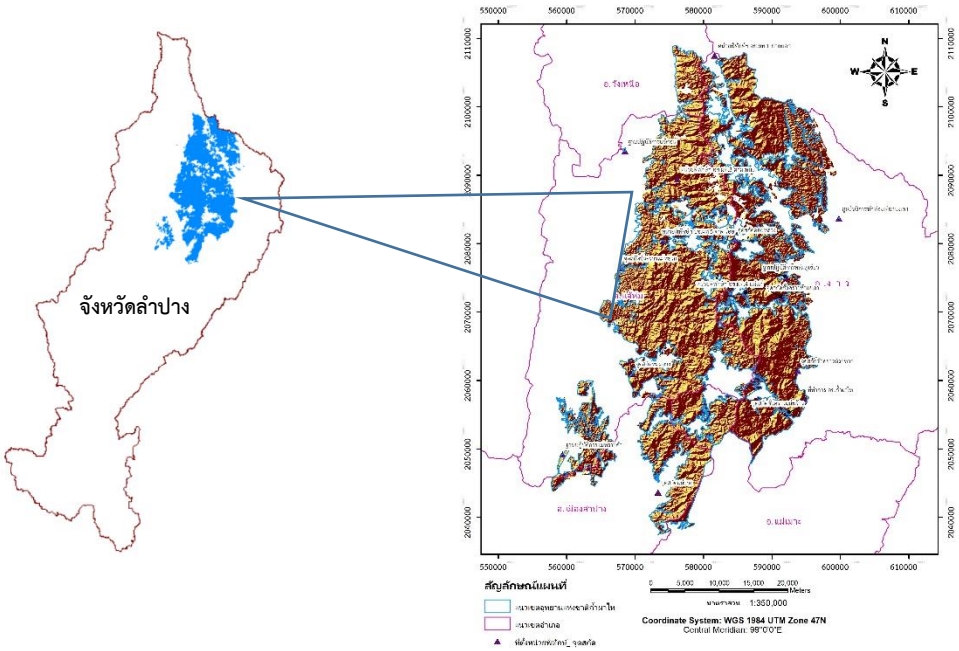
การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท ได้ใช้แนวทางการวิเคราะห์โดยอาศัยการซ้อนทับข้อมูลทางภูมิสารสนเทศของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเบื้องต้นได้แก่ ปัจจัยการกระจายตัวของไม้มีค่า (ข้อมูลจากแอปพลิเคชัน Smart patrol) ปัจจัยระยะห่างจากตำแหน่งคดีไม้ชิงชันและไม้ประดู่ ปัจจัยระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ปัจจัยระยะห่างจากแหล่งชุมชน ปัจจัยระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ ปัจจัยระยะห่างจากแหล่งน้ำ ปัจจัยความลาดชัน และปัจจัยดัชนีผลต่างของพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) เมื่อนำข้อมูลของปัจจัยต่าง ๆ มาซ้อนทับแล้ว จะทำให้ทราบพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของปัจจัยต่าง ๆ พื้นที่ซ้อนทับรวมกันนั้นก็คือพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อภัยคุกคามการลักลอบตัดไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ซึ่งสามารถแบ่งระดับของความเสี่ยงได้ตามความหนาแน่นของปัจจัยที่ซ้อนทับกัน (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, มปป.) ซึ่งทำให้ทราบถึงสถานการณ์และสภาพพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ แล้วจะได้มีการกำหนดพื้นที่เสี่ยงเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนป้องกันและปราบปรามการลักลอบทำไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่ต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์และกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท จังหวัดลำปาง

ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท จังหวัดลำปาง



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท จังหวัดลำปาง

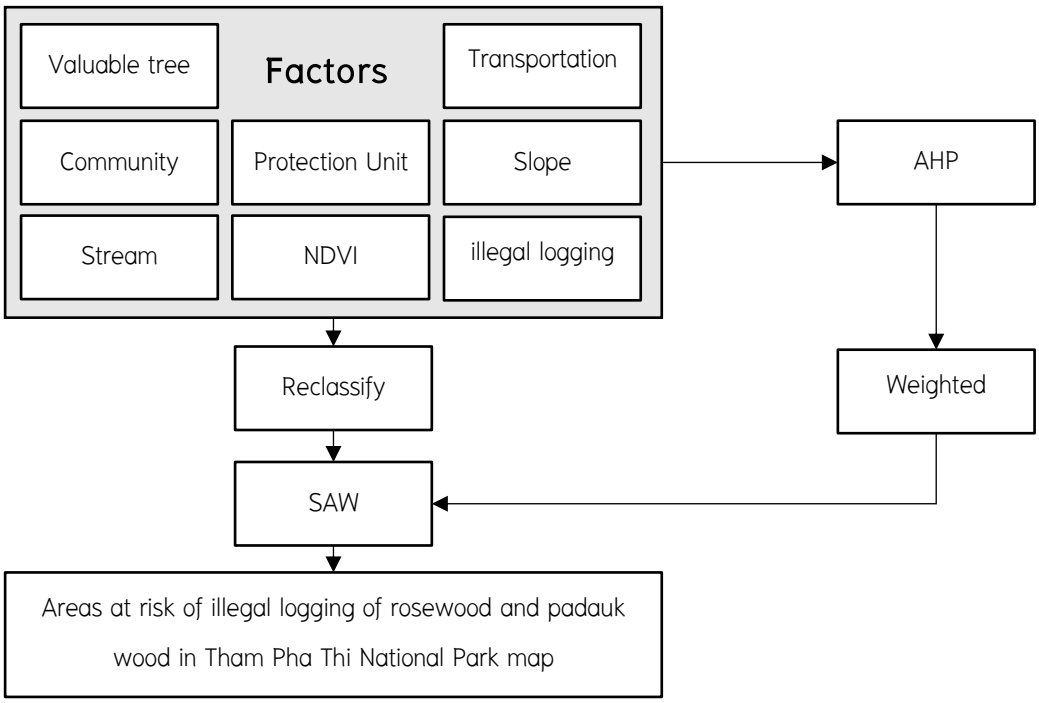
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับใช้สร้างฐานข้อมูลและประมวลผลข้อมูล

2) ซอฟท์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อใช้ในการนำเข้า จัดเก็บ ปรับปรุงแก้ไข วิเคราะห์ และออกแบบแผนที่

วิธีการดำเนินการวิจัย

มีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ 1) การรวบรวมข้อมูลและจัดเตรียมปัจจัยเพื่อการวิเคราะห์ 2) การกำหนดค่าความสำคัญปัจจัย และ 3) การวิเคราะห์และการประมวลผลข้อมูล โดยทำการศึกษาตามลำดับขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 2 ขั้นตอนกระบวนการวิจัย

1) การรวบรวมข้อมูลและจัดเตรียมปัจจัยเพื่อการวิเคราะห์

ได้มีการรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท จากฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศ ข้อมูลเอกสาร และข้อมูลภาคสนามแล้วนำมาประมวลหรือวัดค่าให้อยู่ในเกณฑ์ของเงื่อนไข ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย

2) การกำหนดค่าความสำคัญปัจจัย

กำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดลำดับความรุนแรงของพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ หลังจากนั้นจึงกำหนดค่าระดับคะแนนในแต่ละปัจจัย เพื่อแสดงถึงความเสี่ยงของพื้นที่ต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ โดยกำหนดระดับช่วงชั้นไว้ 5 ระดับ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1–9 คะแนน โดยกำหนดให้คะแนนสูงสุดเท่ากับ 9

หมายถึงมีความเสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่มากที่สุด และคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 1 หมายถึงมีความเสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและ ไม้ประดู่น้อยที่สุด (รังสรรค์ เกตุอ๊อต, 2558)

ผลการศึกษาการกำหนดค่าความสำคัญของปัจจัย เพื่อกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยได้จากการใช้แบบสอบถามและให้ค่าความสำคัญของปัจจัยด้วยวิธีการการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ที่พัฒนาขึ้นโดย Saaty (1980)โดยการเปรียบเทียบเชิงคู่ (Pairwise Comparison) จากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องซึ่ง ได้แก่ เจ้าหน้าที่พิทักษ์ป่าตำแหน่งหัวหน้าหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติที่พบปัญหาการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ จำนวน 5 นาย (ชัยยงค์ บัวบานและคณะ, 2560)

การตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: CR)

ภายหลังได้ค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยแล้ว จะทำการตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผลว่าค่าการเปรียบเทียบเกณฑ์ของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งนำไปใช้คำนวณค่า Eigenvector มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ คำนวณได้จากการนำค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index: CI) หารด้วยค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: RI) ถ้าค่าสอดคล้องกันของเหตุผลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1 แสดงว่าค่าคะแนนความสำคัญในการเปรียบเทียบแต่ละคู่มีความสมเหตุสมผล ดังนั้นค่าน้ำหนักที่คำนวณได้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ต่อได้ในขั้นตอนถัดไป (ลัดดาวรรณ เหรียญตระกูล และคณะ, 2565) หาค่า RI จากตาราง random index เมื่อ N = 8 จะได้ RI = 1.41 หาอัตราส่วนความสอดคล้อง CR จากสูตร (สมการที่1) ค่าต้องไม่เกิน 0.1 ถือว่ามีความสอดคล้อง หากเกินต้องนำไปปรับค่าเทียบเปรียบเทียบเชิงคู่ใหม่

$$\text{CR} = \frac{CI}{RI} \qquad \textbf{(สมการที่ 1)}$$

3) การวิเคราะห์และการประมวลผลข้อมูล

ผลจากการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ จำนวน 8 ปัจจัย ได้แก่ การกระจายตัวของไม้มีค่า ระยะห่างจากตำแหน่งคดีไม้ชิงชันและไม้ประดู่ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งชุมชน ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ความลาดชัน และดัชนีผลต่างของพืชพรรณ (NDVI) โดยได้มีการแปลงข้อมูลปัจจัยดังกล่าวจาก Polygon ให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูล Raster จากนั้นจึงได้มีการ จัดกลุ่มใหม่ (Reclassify) ข้อมูลที่ได้จากการแปลงจาก Polygon To Raster แล้ว เพื่อให้สามารถจัดแบ่งชั้นข้อมูลระดับความเสี่ยงของพื้นที่ในรูปแบบแผนที่ต่อไป

ผลการศึกษา

ภายหลังการรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไทพบว่า มี 8 ปัจจัย (ตารางที่ 1 และรูปที่ 3–10) ได้แก่ 1) ข้อมูลตำแหน่งการกระจายตัวของไม้มีค่า 2) ข้อมูลตำแหน่งคดีไม้ชิงชันและไม้ประดู่ 3) ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม 4) ระยะห่างจากแหล่งชุมชน 5) ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ 6) ระยะห่างจากแหล่งน้ำ 7) ความลาดชัน และ 8) ปัจจัยดัชนีผลต่างของพืชพรรณ

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ดัดแปลงจากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, มปป.)

ข้อมูล	ปัจจัยการวิเคราะห์
1) ข้อมูลตำแหน่งการกระจายตัวของไม้มีค่า	ใช้ศึกษาการกระจายตัวของจุดที่มีไม้มีค่าเพื่อหาความหนาแน่นของไม้มีค่า
2) ข้อมูลตำแหน่งคดีไม้ชิงชันและไม้ประดู่	ใช้ศึกษาการกระจายตัวของจุดเกิดคดีลักลอบตัดไม้เพื่อหาความหนาแน่นของการเกิดคดีลักลอบตัดไม้
3) ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม	เป็นปัจจัยที่แสดงถึงความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่และการลำเลียงไม้ได้อย่างสะดวก
4) ระยะห่างจากแหล่งชุมชน	เป็นปัจจัยที่แสดงถึงความสามารถในการเข้าถึงทรัพยากรป่าไม้ได้อย่างรวดเร็ว
5) ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ	เป็นปัจจัยที่แสดงถึงความสามารถในการเข้าถึงทรัพยากรป่าไม้
6) ระยะห่างจากแหล่งน้ำ	เป็นปัจจัยในการเคลื่อนย้ายไม้ในกรณีพื้นที่แหล่งกระจายทรัพยากรป่าไม้อยู่ใกล้แหล่งน้ำ
7) ความลาดชัน	เป็นปัจจัยที่แสดงถึงความยากง่ายในการเข้าถึงทรัพยากรป่าไม้ทั้งในส่วนของการเข้าถึงและการนำไม้ออกจากพื้นที่
8) ปัจจัยดัชนีผลต่างของพืชพรรณ	ใช้ศึกษาการกระจายตัวและความสมบูรณ์ของพืชพรรณโดยรวม และจำแนกประเภทของพืชพรรณ เพื่อใช้ในการหาพื้นที่ที่มีพืชพรรณที่มีความสมบูรณ์ ย่อมเป็นพื้นที่ที่มีไม้มีค่ามากตามไปด้วย

ที่มาของข้อมูล : งานระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท

นำปัจจัยข้างต้นมาทำการกำหนดค่าคะแนน โดยแยกไว้ 5 ระดับ มีค่าคะแนนตั้งแต่ 1–9 (ค่ามากคือมีความเสี่ยงในการลักลอบตัดไม้สูง ค่าน้อยคือมีความเสี่ยงต่ำ) ดังตารางที่ 2 และทำการให้ค่าน้ำหนักด้วยวิธีการเปรียบเทียบเชิงคู่จากผู้เชี่ยวชาญ (ตารางที่ 3) และตรวจสอบค่าความสอดคล้องของการให้ค่าน้ำหนักด้วยวิธีการตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล หาค่า RI จากตาราง random index เมื่อ N = 8 จะได้ RI = 1.41 หาอัตราส่วนความสอดคล้อง CR จากสูตร ผลได้เท่ากับ 0.06 (ค่าน้อยกว่า 0.1 ดังนั้นความสอดคล้องเชิงการเปรียบเทียบอยู่ในค่าที่ยอมรับได้)

ตารางที่ 2 ค่าคะแนนความสำคัญปัจจัย

ปัจจัย	เงื่อนไข	คะแนน
1.การกระจายตัวของไม้มีค่า (X1)	0 – 1,000 เมตร	9
	1,001 – 2,000 เมตร	7
	2,001 – 3,000 เมตร	5
	3,001 – 4,000 เมตร	3
	มากกว่า 4,000 เมตร	1
2.ระยะห่างจากตำแหน่งคดีไม้ชิงชันและไม้ประดู่ (X2)	0 – 1,000 เมตร	9
	1,001 – 2,000 เมตร	7
	2,001 – 3,000 เมตร	5
	3,001 – 4,000 เมตร	3
	มากกว่า 4,000 เมตร	1
3.ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม (X3)	0 – 500 เมตร	9
	501 – 1,000 เมตร	7
	1,001 – 1,500 เมตร	5
	1,501 – 2,000 เมตร	3
	มากกว่า 2,000 เมตร	1
4.ระยะห่างจากแหล่งชุมชน (X4)	0 – 800 เมตร	9
	801 – 1,300 เมตร	7
	1,301 – 1,800 เมตร	5
	1,801 – 2,300 เมตร	3
	มากกว่า 2,300 เมตร	1
5.ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ (X5)	0 – 750 เมตร	1
	751 – 1,500 เมตร	3
	1,501 – 2,250 เมตร	5
	2,251 – 3,000 เมตร	7
	มากกว่า 3,000 เมตร	9
6.ระยะห่างจากแหล่งน้ำ (X6)	0 – 250 เมตร	9
	251 – 500 เมตร	7
	501 – 750 เมตร	5
	751 – 1,000 เมตร	3
	มากกว่า 1,000 เมตร	1
7.ความลาดชัน (X7)	< 2 องศา	9
	3 – 6 องศา	7

ปัจจัย	เงื่อนไข	คะแนน
	7 – 11 องศา	5
	12 – 19 องศา	3
	> 19 องศา	1
8.ดัชนีผลต่างของพืชพรรณ (NDVI)	0.047 – 0.119	1
(X8)	0.119 – 0.210	3
	0.210 – 0.274	5
	0.274 – 0.335	7
	0.335 – 0.463	9

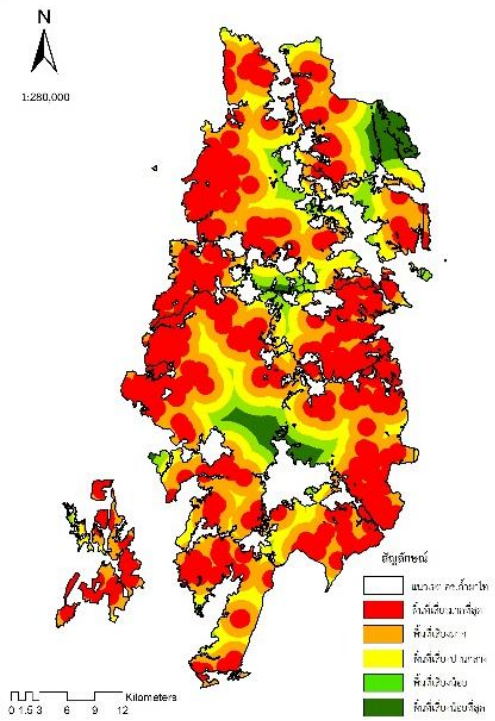
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

ปัจจัย	ผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ยค่าถ่วงน้ำหนัก
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
ค่า CR	0.09	0.07	0.03	0.06	0.05	
X1	0.22	0.16	0.17	0.19	0.20	0.19
X2	0.15	0.14	0.19	0.13	0.18	0.16
X3	0.15	0.20	0.20	0.25	0.11	0.18
X4	0.05	0.10	0.04	0.05	0.05	0.06
X5	0.17	0.16	0.21	0.13	0.17	0.17
X6	0.05	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03
X7	0.10	0.07	0.08	0.11	0.11	0.09
X8	0.11	0.14	0.10	0.10	0.16	0.12

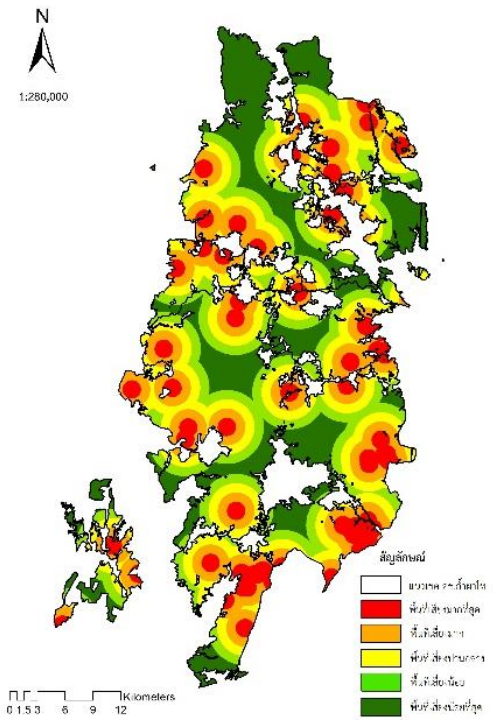
ตารางที่ 4 ระดับพื้นที่เสี่ยง

ระดับพื้นที่เสี่ยง	พื้นที่		
	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่เสี่ยงมากที่สุด	199.72	124,825	16.64
พื้นที่เสี่ยงมาก	336.18	210,110.34	28.00
พื้นที่เสี่ยงปานกลาง	337.98	211,236.63	28.15
พื้นที่เสี่ยงน้อย	227.13	141,955.63	18.92
พื้นที่เสี่ยงน้อยที่สุด	113.87	62,173.40	8.29
รวม	1,214.88	750,301	100

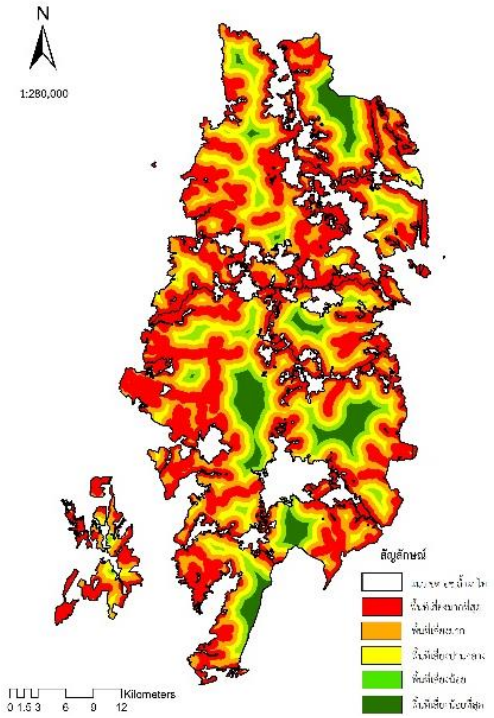
ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท ด้วยการนำข้อมูลของทั้ง 8 ปัจจัยที่ได้จัดรูปแบบแล้วมาคูณด้วยค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่ได้จากวิธีการ AHP มาซ้อนทับกับชั้นข้อมูลของแต่ละปัจจัย (Overlay Analysis) (รูปที่ 11) และนำผลลัพธ์มาจัดระดับความเสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไทได้จัดแบ่งพื้นที่เสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ (ตารางที่ 4 และรูปที่ 12) คือ ระดับพื้นที่เสี่ยงมากที่สุด ระดับพื้นที่เสี่ยงมาก ระดับพื้นที่เสี่ยงปานกลาง ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อย และระดับพื้นที่เสี่ยงน้อยที่สุด ด้วยเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบ Natural Breaks (Jenks) ปรากฏผลดังนี้ ระดับพื้นที่เสี่ยงมากที่สุด มีเนื้อที่ 199.72 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 124,825 ไร่ หรือร้อยละ 16.64 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับพื้นที่เสี่ยงมาก มีเนื้อที่ 336.18 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 210,110 ไร่ หรือร้อยละ 28.00 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับพื้นที่เสี่ยงปานกลาง มีเนื้อที่ 337.98 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 211,236 ไร่ หรือร้อยละ 28.15 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อย มีเนื้อที่ 227.13 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 141,955 ไร่ หรือร้อยละ 18.92 ของพื้นที่ทั้งหมด และระดับพื้นที่เสี่ยงน้อยที่สุด มีเนื้อที่ 113.87 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 62,173 ไร่ หรือร้อยละ 8.29 ของพื้นที่ทั้งหมด



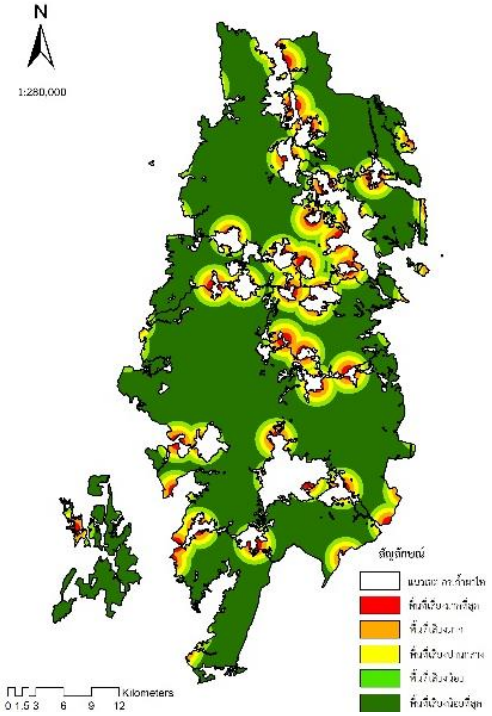
รูปที่ 3 การกระจายตัวของไม้มีค่า



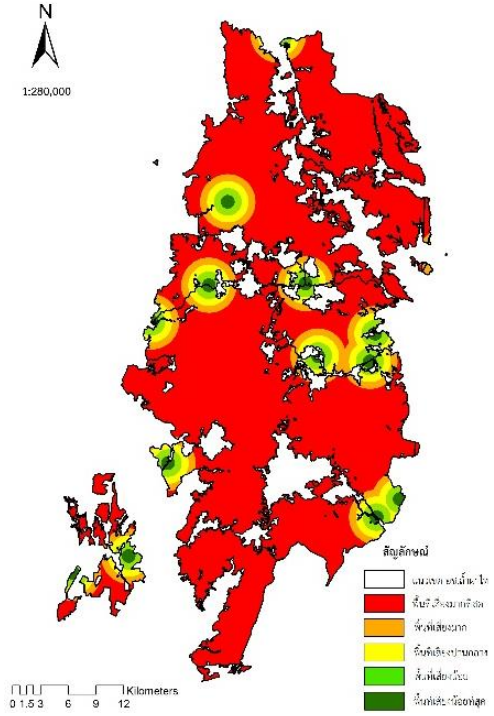
รูปที่ 4 ระยะห่างจากตำแหน่งคดีไม้ชิงชันและไม้ประดู่



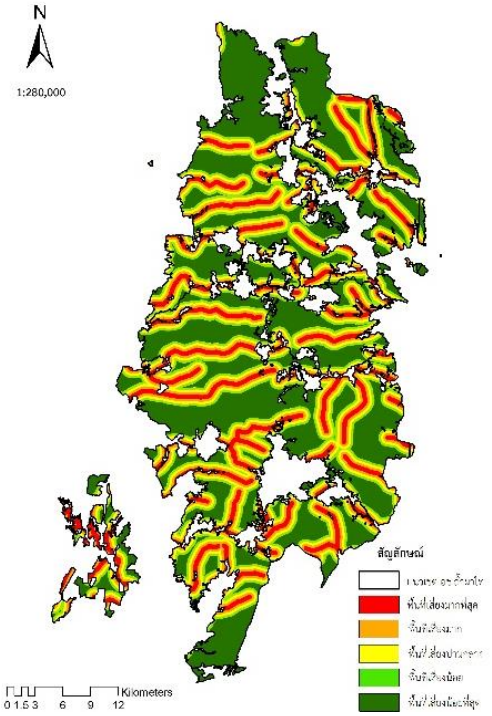
รูปที่ 5 ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม



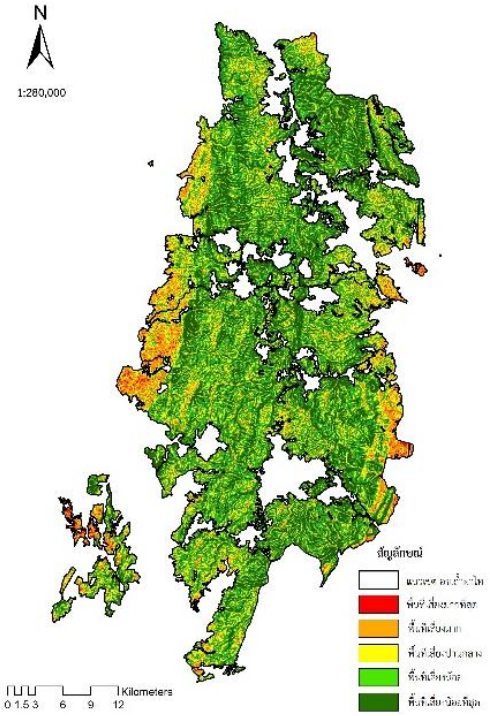
รูปที่ 6 ระยะห่างจากแหล่งชุมชน



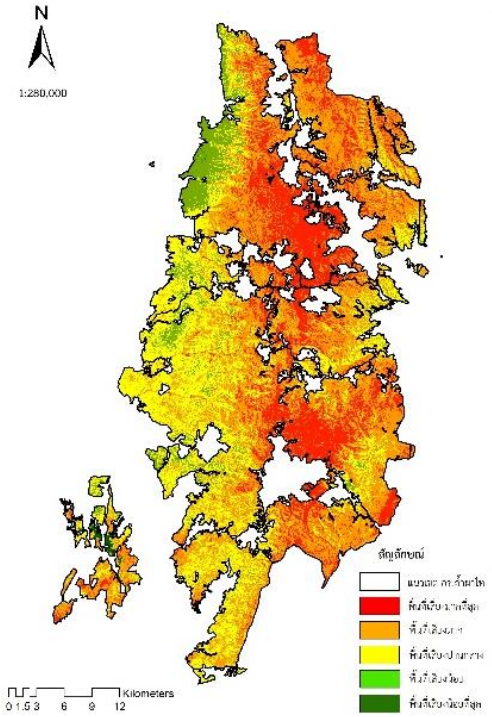
รูปที่ 7 ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ



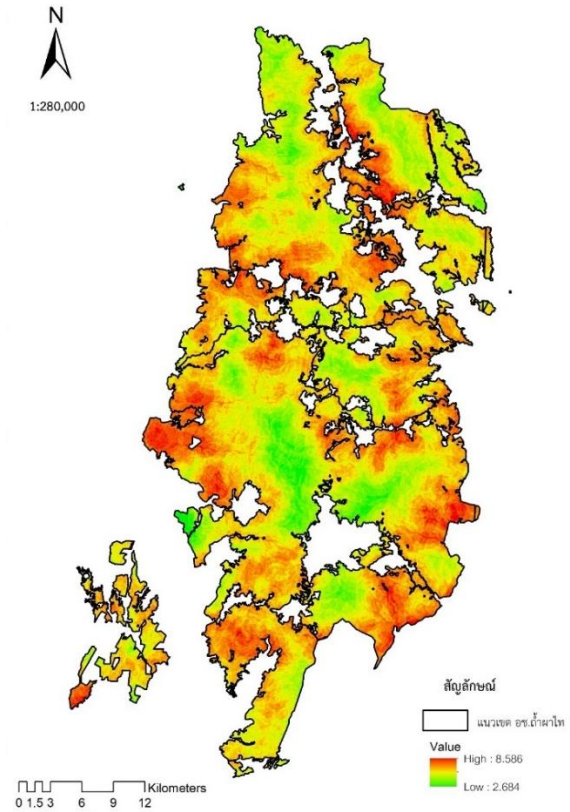
รูปที่ 8 ระยะห่างจากแหล่งน้ำ



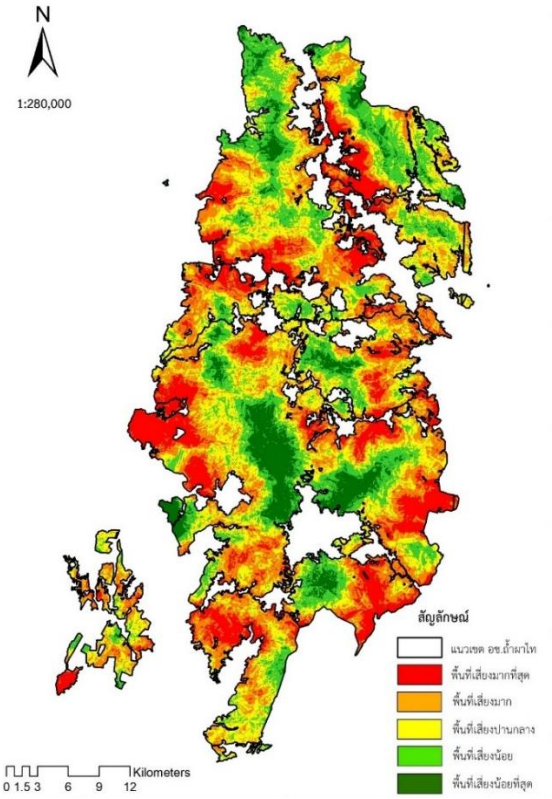
รูปที่ 9 ความลาดชัน



รูปที่ 10 ดัชนีผลต่างของพืชพรรณ (NDVI)



รูปที่ 11 แผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงจากการซ้อนทับ (Overlay) โดยวิธีการรวมค่าคะแนน



รูปที่ 12 แผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท

สรุปและอภิปรายผล

การประยุกต์ใช้เทคนิคเชิงพื้นที่โดยใช้องค์ความรู้ทางภูมิสารสนเทศมาใช้ในงานวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไทนั้นมีประสิทธิภาพและความสอดคล้องกับบริบทในพื้นที่ โดยใช้เทคนิคทางภูมิสารสนเทศของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 8 ปัจจัย ได้แก่ การกระจายตัวของไม้มีค่า ระยะห่างจากตำแหน่งคดีไม้ชิงชันและไม้ประดู่ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งชุมชน ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ความลาดชัน และดัชนีผลต่างของพืชพรรณ (NDVI) ร่วมกับวิธีการกำหนดค่าคะแนนระดับศักยภาพของพื้นที่โดยถ่วงค่าน้ำหนักแบบ AHP โดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท โดยใช้การซ้อนทับข้อมูลทางภูมิสารสนเทศของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นได้มีการกำหนดค่าคะแนนระดับศักยภาพของพื้นที่ การถ่วงค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย และการใช้เทคนิคซ้อนทับข้อมูล (Overlay) ทำให้ทราบถึงพื้นที่เสี่ยงต่อการลักลอบตัดไม้ชิงชันและไม้ประดู่ใน 5 ระดับ (คิดเป็นร้อยละ) ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงมากที่สุด (16.64) เสี่ยงมาก (28.00) เสี่ยงปานกลาง (28.15) เสี่ยงน้อย (18.92) และเสี่ยงน้อยที่สุด (8.29) โดยพื้นที่เสี่ยงมากที่สุดและพื้นที่เสี่ยงมากส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณแนวขอบนอกของอุทยานฯ (พื้นที่เสี่ยงปานกลาง เสี่ยงน้อยและเสี่ยงน้อยที่สุดจะอยู่ในเขตพื้นที่ตอนในของอุทยานฯ) ซึ่งควรที่จะได้มีการวางแนวทางหรือมาตรการในการเฝ้าระวังในเขตพื้นที่ดังกล่าวเป็นพิเศษเพื่อลดปัญหาการลักลอบตัดไม้ชิงชันและประดู่ในอนาคต

ในส่วนของการอภิปรายผลการศึกษาพบว่ามีการใช้ปัจจัยต่าง ๆ ที่คล้ายกันในหลาย ๆ งานวิจัย เช่น ชัยยงค์ บัวบาน และคณะ (2560) ได้ศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกตัดไม้พะยูงในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จากปัจจัยหลัก 7 ปัจจัย ได้แก่ 1) ความลาดชัน 2) ระยะห่างจากเส้นทาง 3) ระยะห่างจากชุมชน 4) ระยะห่างจากแหล่งน้ำ 5) ระยะห่างจากตำแหน่งคดีไม้พะยูง 6) ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานฯ และ 7 ดัชนีผลต่างของพืชพรรณ (NDVI) ส่วนงานวิจัยของปิยมาศ วังคีรี ลัดดาวรรณ เหรียญตระกูล และวันชัย อรุณประภารัตน์ (2564) ที่ได้ศึกษาเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบุกรุกและวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูค้อ-ภูกระแต จังหวัดเลย โดยใช้เทคนิคทางกายภาพการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) ในการให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการบุกรุกและวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบุกรุกด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบุกรุกพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูค้อ-ภูกระแต ในระยะ 3 กิโลเมตรจากแนวเขต ได้แก่ ระยะห่างจากหมู่บ้าน รองลงมาคือ ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากแม่น้ำ ความลาดชัน ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ป่า ชุดดิน และความสูงของพื้นที่ ขณะที่ทิพย์กมล สนสับ วันชัย อรุณประภารัตน์ และนันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์ (2561) ได้ศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน โดยการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่บางประการกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำและใช้แบบจำลองโลจิสติก (logistic model) ในการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ได้แก่ ระยะห่างจากที่ดิน ที่ถือครอง ระยะห่างจากชุมชน ความลาดชัน ทิศด้านลาด ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ ระดับความสูง และระยะห่างจากแหล่งน้ำ ในงานวิจัยของรังสรรค์ เกตุอ๊อต (2558) ได้ศึกษาวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกวนอุทยานภูลังกา จังหวัดพะเยา โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ร่วมกับระบบผู้เชี่ยวชาญทำการกำหนดค่าน้ำหนักด้วยวิธีวิเคราะห์ทางเลือกแบบหลายปัจจัย (Multi Criteria Analysis: MCA) เพื่อเปรียบเทียบความสำคัญของ 6 ปัจจัยที่มีผลต่อการบุกรุกป่าไม้ คือ ความลาดชัน ระยะห่างจากแม่น้ำ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งชุมชน การใช้

ประโยชน์ที่ดิน และระดับความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเล และงานวิจัยของ ลัดดาวรรณ เหรียญตระกูล และคณะ (2565) ได้ศึกษาโดยการประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นในการพิจารณาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพเพื่อป้องกันการลักลอบตัดไม้ในอุทยานแห่งชาติเขาพนมเบญจา โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย การกระจายตัวของชนิดพันธุ์ไม้มีค่าระยะห่างจากถนนสาธารณะ ระยะห่างจากเส้นทางตรวจการณ์ ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ ระยะห่างจากแหล่งชุมชน พิกัดที่เคยเกิดคดีลักลอบตัดไม้ ขอบเขตสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ และความลาดชัน

เอกสารอ้างอิง

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (มปป.). *แนวทางการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อภัยคุกคามการลักลอบตัดไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ.* มปท.

ชัยยงค์ บัวบาน และคณะ. (2560). *โครงการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกตัดไม้พะยูงในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่.* ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมอุทยานแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพมหานคร.

ทิพย์กมล สนสับ วันชัย อรุณประภารัตน์ และนันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์. (2561). การกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน. *วารสารวนศาสตร์, 37(2)*, 60–70.

ปิยมาศ วังคีรี, ลัดดาวรรณ เหรียญตระกูล และ วันชัย อรุณประภารัตน์. (2564). การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูค้อ–ภูกระแต จังหวัดเลย. *วารสารวนศาสตร์ไทย , 40(1)*, 34–49.

ลัดดาวรรณ เหรียญตระกูล, ฐิติกาญจน์ เทียนสิงห์, ปลื้มปิติ งิ้มนันใจ และ เนรมิต สงแสง. (2565), การวิเคราะห์หลายเกณฑ์ ในการกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพระบบเอ็นแคป. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 30(1)*, 186–199.

รังสรรค์ เกตุอ๊อต. (2558). *การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกวนอุทยานภูลังกา จังหวัดพะเยา.* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53: สาขาวิทยาศาสตร์, สาขาพันธุวิศวกรรม, สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. 2558. หน้า 1282–1288 (1412 หน้า).

อุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท. (2562). *แผนการจัดการอุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท พ.ศ. 2562–2566.* สืบค้นจาก https://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=16561.

Environmental Investigation Agency. (2014). Routes of extinction: The corruption and violence destroying Siamese rosewood in the Mekong. Emmerson Press. London.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation.* New York: McGraw–Hill.

การประเมินคุณภาพเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ตามแนวทางเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้ (WCAG)

ธนรินทร์ คงเถื่อน[1*]และ ธิดาภัทร อนุชาญ[2]

Website Quality Assessment of the School of Political and Social Sciences, University of Phayao based on Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)

Tanarin Khongtuan[1*] and Thidapath Anucharn[2]

[1] School of Political and Social Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

[2] School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

[*] Corresponding author: tanarin.kh@up.ac.th

Received: October 4, 2023; Revised: November 22, 2023; Accepted: December 4, 2023

บทคัดย่อ

คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่อคนทุกคน เพื่อรองรับการปรับปรุงและพัฒนาเว็บไซต์ให้เข้าถึงได้มากขึ้น จึงจำเป็นต้องรับรู้สถานการณ์และข้อมูลปัจจุบันเพื่อใช้ในกระบวนการวิเคราะห์และการปรับปรุงอย่างมีทิศทางเหมาะสม โดยวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) การประเมินคุณภาพของเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยใช้แนวทาง WCAG 2.1 ระดับ AA ซึ่งเน้นให้เว็บไซต์สอดคล้องกับการใช้งานของทุกคน โดยใช้เครื่องมือในการประเมินเว็บไซต์อัตโนมัติ “WEB ACCESSIBILITY CHECKER” ระบบตรวจสอบเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้อัตโนมัติ พัฒนาโดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และ 2) จัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ให้ดียิ่งขึ้นตามแนวทางนี้

ผลการศึกษาพบว่าเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ยังมีข้อผิดพลาดในการประเมินคุณภาพเว็บไซต์ตามแนวทาง WCAG องค์ประกอบเนื้อหาหลายอย่างไม่สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนใหญ่เกิดจากผู้พัฒนาหรือผู้ดูแลเว็บไซต์ไม่ทำตามแนวทาง WCAG ที่ให้ความสำคัญกับผู้ใช้ที่เป็นผู้พิการหรือผู้สูงอายุ ผู้วิจัยได้สรุปข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงพัฒนาเว็บไซต์โดยจัดเรียงลำดับความสำคัญในการปรับปรุงพัฒนาเว็บไซต์ควรพิจารณาจากระดับความรุนแรงของรายละเอียดการประเมินก่อน (ข้อผิดพลาด แจ้งเตือน และแจ้งให้ทราบ) และเรียงลำดับตามจำนวนข้อผิดพลาดมากที่สุดไปน้อยที่สุด และเมื่อดำเนินการนำข้อเสนอแนะมาจัดทำต้นแบบเว็บไซต์ตามแนวทาง WCAG และทดสอบซ้ำพบว่าข้อผิดพลาดที่พบลดลงทุกประเภท องค์ประกอบถูกต้องมากขึ้น

คำสำคัญ: การประเมินคุณภาพเว็บไซต์, เว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้, ผู้พิการ, ผู้สูงอายุ, คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์

---

[1] คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

The School of Political and Social Sciences, University of Phayao recognizes the importance of disseminating useful information to everyone to support the improvement and development of the website to make it more accessible. Therefore, it is necessary to be aware of the current situation and information to use in the analysis and improvement process, both directionally and appropriately. The objectives of this research are as follows: To assess the quality of the School of Political and Social Sciences, University of Phayao Website using WCAG 2.1 Level AA guidelines, which focus on making the website accessible to everyone. This assessment will be conducted using the "WEB ACCESSIBILITY CHECKER" an automated tool developed by the National Science and Technology Development Agency (NSTDA). To prepare recommendations for improving the website in line with these guidelines.

The study found that the website of the School of Political and Social Sciences, University of Phayao still has errors in assessing website quality according to WCAG guidelines. Many of these errors are due to developers or website administrators not following WCAG guidelines, which prioritize users with disabilities or the elderly. Researchers have summarized recommendations and improvement guidelines for the website. These recommendations should be considered in order of importance, starting with the severity of the assessment details (errors, warnings, and notices) and ranking them from most to least. When these recommendations were implemented and a prototype website was created following WCAG guidelines and retested, it was found that errors of all types decreased, and the components became more accurate.

Keywords: Website quality assessment, Accessible Websites, Disabilities, Elderly, School of Political and Social Sciences

บทนำ

เทคโนโลยีดิจิทัลได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วและเข้ามาเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินชีวิตของผู้คนในสังคม แต่ในสังคมนั้นยังคงมีกลุ่มคนบางส่วนที่มีความเปราะบางในการเข้าถึงและใช้งานเทคโนโลยีดิจิทัล ส่งผลให้เกิดปัญหาความเหลื่อมล้ำทางด้านดิจิทัล (สภาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งประเทศไทย, 2565) อย่างไรก็ตาม แผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580) และแผนพัฒนารัฐบาลดิจิทัลของประเทศไทย (พ.ศ. 2566 –2570) ต่างมุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อพัฒนาระบบและกลไกในการเปิดเผยข้อมูลและเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการวางแผน การตัดสินใจ และการติดตามผลการดำเนินงาน รวมถึงได้กำหนดยุทธศาสตร์สำคัญด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม เพื่อแก้ไขปัญหาความเหลื่อมล้ำทางสังคมผ่านการเข้าถึงข้อมูลอย่างเท่าเทียมกันให้แก่ประชาชนทุกกลุ่ม (สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ และสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562; สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล(องค์การมหาชน), 2566)

เว็บไซต์เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการสื่อสารและเป็นช่องทางหลักในการเผยแพร่ข้อมูลและข่าวสารขององค์กร การมีมาตรฐานเว็บไซต์ถือเป็นสิ่งสำคัญเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงเว็บไซต์ของหน่วยงานให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน (สำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน), 2564) สำหรับประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานเว็บไซต์ภาครัฐ รวมถึงการพัฒนาและนำแนวทางการพัฒนาเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้ Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) มาใช้เป็นมาตรฐานเพื่อให้เกิดการเข้าถึงข้อมูลและบริการของรัฐที่เท่าเทียมกัน การใช้

WCAG จะช่วยเพิ่มความเป็นธรรมและความเท่าเทียมในการเข้าถึงเทคโนโลยีดิจิทัลและข้อมูลออนไลน์ให้กับประชาชนทุกคน (สภาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งประเทศไทย, 2565)

คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา เป็นส่วนงานวิชาการของมหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งมหาวิทยาลัยพะเยามีฐานะเป็นหน่วยงานในกำกับของรัฐ (พระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยพะเยา พ.ศ. 2553, 2553) ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการสนับสนุนสิทธิและความเท่าเทียมให้แก่นิสิตทุกกลุ่ม โดยให้โอกาสในการศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัยให้กับผู้สนใจทุกคน ที่ผ่านมา คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ยังตระหนักถึงความสำคัญของการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่อนิสิต ผู้สนใจเข้าศึกษาต่อ และบุคคลทั่วไป (คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา, 2566) แต่ยังขาดข้อมูลสถานการณ์และคุณภาพเว็บไซต์ตามแนวทางที่ทุกคนเข้าถึงของหน่วยงานในปัจจุบัน ดังนั้น เพื่อรองรับการปรับปรุงและพัฒนาเว็บไซต์ให้เข้าถึงได้มากขึ้น คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์จำเป็นต้องรับรู้สถานการณ์และข้อมูลปัจจุบันเพื่อใช้ในกระบวนการวิเคราะห์และการปรับปรุงอย่างมีทิศทางและเหมาะสม ซึ่งเป็นการเริ่มต้นสำคัญในการดำเนินโครงการวิจัยในครั้งนี้ จากปัญหาดังกล่าวการวิจัยในครั้งนี้จะใช้เครื่องมือในการประเมินเว็บไซต์ (Web Accessibility Evaluation Tools) เพื่อทำการประเมินความเข้าถึงของเว็บไซต์และค้นหาประเด็นที่ต้องปรับปรุงตามแนวทาง WCAG โดยทำการประเมินเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์และประเมินคุณภาพเว็บไซต์ในปัจจุบัน และเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ตามแนวทาง WCAG ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการปรับปรุงและพัฒนาเว็บไซต์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินคุณภาพเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ตามแนวทางเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้ สำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาเว็บไซต์ให้รองรับการเข้าถึงได้มากขึ้น

2. เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ให้รองรับการเข้าถึงได้มากขึ้น ตามแนวทางเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้

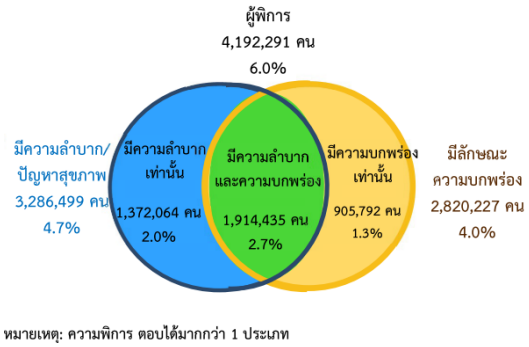
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการวิจัย “การประเมินคุณภาพเว็บไซต์ คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ตามแนวทางเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้ (WCAG)” ประกอบด้วย 1) แนวคิดความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล 2) แนวคิดบทบาทของเว็บไซต์ 3) แนวคิดเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้ 4) แนวคิดความปลอดภัยของเว็บไซต์ และ 5) แนวคิดหลักออกแบบเว็บไซต์และพัฒนาเว็บไซต์ โดยรายละเอียดดังนี้

แนวคิดความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล

ความเหลื่อมล้ำของสังคมมีหลากหลายมิติ ทั้งด้านการบริการ ด้านข้อมูล ด้านการเปิดเผยและการมีส่วนร่วม ด้านบุคลากร ด้านโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐ ด้านกฎหมาย ด้านงบประมาณ รวมถึงความเหลื่อมล้ำทางด้านดิจิทัล หรือความแตกต่างและช่องว่างระหว่างผู้ที่สามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัล กับผู้ที่เข้าไม่ถึง ไม่เข้าใจ และไม่สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลได้ (สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล(องค์การมหาชน), 2566) ดังนั้นการที่ไม่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีดิจิทัลได้จึงกลายเป็นการถูกกีดกันออกจากการคุ้มครองทางสังคมและระบบสวัสดิการของรัฐไปโดยปริยาย (เกรียงศักดิ์ ธีระโกวิทขจร, 2564) ปัญหาความเหลื่อมล้ำด้านเทคโนโลยีดิจิทัลในประเทศไทย เกิดจากข้อจำกัดและปัจจัยหลายประการที่ทำให้ประชาชนบางกลุ่มนั้นยังไม่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยี

ดิจิทัลได้อย่างเท่าเทียม เป็นปัญหาสำคัญของประเทศกำลังพัฒนา (เดลินิวส์ออนไลน์, 2566) ความเหลื่อมล้ำทางสังคมในยุคดิจิทัลยังก่อให้เกิดการตีความศักยภาพทางสังคมในการส่งต่อสารสนเทศ และการเข้าใจในสิทธิมนุษย์ในการสื่อสารเองก็เป็นมุมมองหนึ่งของปัญหาความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล (ภูริพัฒน์ ถนอมศรีอุทัย, 2565)



รูปที่ 1 จำนวนและร้อยละของผู้พิการ จำแนกตามความพิการ พ.ศ. 2565

ที่มา: (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2566)

ในปี 2565 ประเทศไทยมีผู้พิการประมาณ 4.19 ล้านคน หรือ 6.0% ของประชากรทั่วประเทศ (รูปที่ 1) ประกอบด้วย 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ผู้พิการอันเนื่องจากความลำบากหรือปัญหาสุขภาพเท่านั้น 2.0% (1.37 ล้านคน) ผู้พิการอันเนื่องจากมีลักษณะความบกพร่องเท่านั้น 1.3% (0.91 ล้านคน) และผู้พิการที่มีทั้ง 2 ลักษณะ (ความลำบาก/ปัญหาสุขภาพ และลักษณะความบกพร่องมี 2.7% (1.91 ล้านคน) (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2566) ผู้พิการส่วนหนึ่งมีความพิการมาตั้งแต่กำเนิดหรือเริ่มแสดงอาการของความพิการในวัยเด็ก หน่วยงานสถาบันการศึกษาจึงเป็นสิ่งแรกที่เริ่มแสดงให้เห็นถึงสังคมที่เหลื่อมล้ำและข้อจำกัดของระบบการศึกษาขั้นพื้นฐานของคนพิการ ความพร้อมของเทคโนโลยีดิจิทัลจึงเข้ามาปิดช่องว่างการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่ช่วยลดอุปสรรคให้แก่คนพิการในการเข้าถึงข้อมูลองค์ความรู้ต่าง ๆ (ศรุตา เบ็ญก็เต็ม, 2564) อาจกล่าวได้ว่า ความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัลที่เกิดขึ้นมาจากความแตกต่างทางกายภาพ สภาพร่างกาย สิทธิมนุษย์ในการสื่อสาร รวมถึงการเข้าถึงและใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัล เป็นปัญหาที่สำคัญและท้าทายในหลายด้านของสังคมที่มีผลกระทบในการสร้างความเท่าเทียมทางดิจิทัล ปัญหาเหล่านี้มีผลต่อความเท่าเทียมในการเข้าถึงและการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีและสารสนเทศในด้านต่าง ๆ ของสังคม เช่น ความเท่าเทียมในการศึกษา ความเท่าเทียมในการเข้าถึงข้อมูล ความเท่าเทียมในการเข้าถึงบริการออนไลน์ ความเท่าเทียมในโอกาสทางอาชีพ และความเท่าเทียมในการมีส่วนร่วมทางสังคม การแก้ไขปัญหาความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัลเป็นที่ท้าทายและต้องการการมุ่งมั่นในการสร้างความเท่าเทียมในการเข้าถึงและการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อคนทุกคน

แนวคิดบทบาทของเว็บไซต์

ปัจจุบันเว็บไซต์มีบทบาทและมีความสำคัญต่อองค์กรเป็นอย่างมาก เว็บไซต์เป็นแหล่งสารสนเทศที่สำคัญเพราะองค์กรสามารถใช้เว็บไซต์ในการให้บริการข้อมูลและข่าวสารให้แก่ผู้สนใจหรือบุคคลทั่วไปได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย เว็บไซต์ถือเป็นโอกาสในการสร้างความประทับใจแรกและทำให้ผู้ใช้บริการมีความเชื่อมั่นในการดำเนินงานต่าง ๆ ขององค์กร หากไม่มีเว็บไซต์อาจเป็นเรื่องที่ยากลำบาก เพราะผู้คนจะไม่สามารถค้นหาข้อมูลที่มีคุณภาพและน่าเชื่อถือได้ (Kasey Kaplan, 2020) ข้อดีอีกประการหนึ่งของการมีเว็บไซต์ คือทุกคนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้จากทุกที่

ทุกเวลา ถึงแม้จะไม่ใช่เวลาทำการ ก็สามารถเข้าถึงเว็บไซต์ และใช้บริการหรือรับข้อมูลที่ต้องการได้ ซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักที่ทำให้เว็บไซต์มีความสำคัญต่อองค์กร (Talha Ehsan, 2021)

ตารางที่ 1 ร้อยละช่องทางการให้บริการกับประชาชน/ภาคธุรกิจ ของหน่วยงานภาครัฐ พ.ศ. 2563

ช่องทางการให้บริการกับประชาชน/ภาคธุรกิจ	หน่วยงานระดับกรม	หน่วยงานระดับจังหวัด
เว็บไซต์	73.2%	67.6%
ผ่านเว็บไซต์กลางที่เป็น One stop service	7.6%	0.0%
Mobile Application	24.3%	26.8%
Kiosk	3.5%	3.4%
Social media	15.8%	35.9%
อื่นๆ	14.4%	12.0%

ที่มา: (สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล(องค์การมหาชน), 2563)

หน่วยงานภาครัฐเองก็ได้มีการให้ความสำคัญกับการให้บริการภาครัฐ (Public Services) จากตาราง 1 พบว่าในปี พ.ศ. 2563 เว็บไซต์เป็นช่องทางที่สนับสนุนการให้บริการแก่ผู้รับบริการมากที่สุด โดยหน่วยงานระดับกรม ร้อยละ 73.2% หน่วยงานระดับจังหวัด ร้อยละ 67.6% อันดับที่สอง คือ Mobile Application สำหรับหน่วยงานระดับกรม ร้อยละ 24.3% และ Social media สำหรับหน่วยงานระดับจังหวัด ร้อยละ 35.9% จะเห็นได้ว่าเว็บไซต์เป็นช่องทางการให้บริการเป็นอันดับหนึ่งของหน่วยงานภาครัฐ (สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล(องค์การมหาชน), 2563) การใช้อินเทอร์เน็ตของคนไทยส่วนใหญ่ เพื่อการค้นหาข้อมูล ร้อยละ 67.6% ใช้เพื่อติดตามข่าวสารและเหตุการณ์ต่าง ๆ ร้อยละ 64.1% ดูคลิปวิดีโอ สตรีมมิ่งทีวี และหนัง ร้อยละ 60.8% ค้นหาไอเดียใหม่ ๆ และจุดประกายความคิด ร้อยละ 60.4% ฟังเพลง ร้อยละ 53.9% เล่นเกม ร้อยละ 48.1% ค้นข้อมูลทางธุรกิจ ร้อยละ 37.9% ด้านการศึกษาและการเรียนรู้ ร้อยละ 37.1% และการค้นหาเพื่อนใหม่ ร้อยละ 36.0% (โต๊ะข่าวไอที ดิจิทัล, 2565)

เว็บไซต์และเทคโนโลยีช่วยเสริมโอกาสในการเรียนรู้ เว็บไซต์เป็นทรัพยากรที่สำคัญมากขึ้นเรื่อย ๆ ในหลายแง่มุมของชีวิต: การศึกษา การจ้างงาน รัฐบาล การพาณิชย์ การดูแลสุขภาพ นันทนาการ และอื่น ๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่เว็บไซต์จะต้องสามารถเข้าถึงได้เพื่อให้การเข้าถึงที่เท่าเทียมกันและโอกาสที่เท่าเทียมกันแก่ผู้ที่มีความสามารถหลากหลาย การเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รวมถึงเว็บ ได้รับการกำหนดให้เป็นสิทธิมนุษยชนขั้นพื้นฐานในอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยสิทธิของผู้พิการ (World Wide Web Consortium (W3C), 2022)

แนวคิดเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้

เว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้ คือ เว็บไซต์และเครื่องมือบนเว็บที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาอย่างเหมาะสมเพื่อให้ทุกคนสามารถเข้าถึงและใช้งานได้อย่างปราศจากอุปสรรค เข้าถึงง่ายสำหรับผู้ใช้ทุกคน ไม่ว่าจะเป็นผู้พิการทางการเห็น ผู้ใช้ที่มีปัญหาด้านการได้ยิน ผู้ใช้ที่มีความต้องการเฉพาะทาง หรือผู้ใช้ที่มีอุปกรณ์เพียงแค่บางชนิด การเข้าถึงเว็บไซต์ที่ดีจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานของผู้ใช้ ช่วยปรับปรุงความน่าเชื่อถือและเพิ่มความเข้าใจในข้อมูลที่ส่งต่อผ่านเว็บไซต์ (W. C. Web Accessibility Initiative, 2023)

ในประเทศไทยโดยสภาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งประเทศไทย ได้มีการพัฒนาและนำมาตรฐาน WCAG มาใช้เป็นแนวทางหรือมาตรฐานในการออกแบบผลิตภัณฑ์และบริการดิจิทัลเพื่อให้ผู้พิการ ซึ่งคนทุกคน

สามารถเข้าถึง และเข้าใช้บริการต่าง ๆ ได้อย่างทั่วถึง เท่าเทียม โดยพัฒนาเป็นแนวทางการพัฒนาเว็บที่ทุกคนเข้าถึงได้ Thai Web Content Accessibility Guidelines 2022 (TWCAG 2022) ซึ่งนักการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ สามารถใช้เป็นแนวทางการพัฒนา Digital Platform (Website & Mobile Apps) โดยรายละเอียดภายในแนวปฏิบัติมีการอ้างอิงตามแนวปฏิบัติตามมาตรฐานสากล WCAG 2.1 (เวอร์ชัน 2.1) โดยประกอบไปด้วยข้อแนะนำในการพัฒนาและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นักพัฒนาเว็บไซต์สามารถออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ต่าง ๆ ให้ง่ายต่อการเข้าถึงมากขึ้น (สภาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งประเทศไทย, 2565)

หลักการ แนวทาง และเกณฑ์ความสำเร็จ WCAG 2.1 โดยหลักการที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาและนำเสนอเนื้อหาและข้อมูลของเว็บไซต์มี 4 หลักการดังนี้

1. สามารถรับรู้ได้ (Perceivable)
    - 1.1 การใช้ทางเลือกรูปแบบอื่นแสดงผลแทนรูปแบบข้อความ (Text Alternatives)
    - 1.2 การจัดการสื่อที่มีการกำหนดระยะเวลาทำงาน (Time–Based Media)
    - 1.3 การนำเสนอข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบ (Adaptable)
    - 1.4 การจำแนกความหมายของส่วนการแสดงผลส่วนประกอบ(Distinguishable)
2. สามารถใช้งานได้ (Operable)
    - 2.1 การเข้าถึงจากแป้นพิมพ์ (Keyboard)
    - 2.2 การกำหนดเวลาให้เหมาะสมต่อการใช้งาน (Enough Time)
    - 2.3 การจัดการส่วนแสดงผลที่ส่งผลต่ออาการชัก (Seizures and Physical Reactions)
    - 2.4 การนำทางไปยังส่วนต่าง ๆ บนหน้าเว็บไซต์และระบุว่าอยู่ที่จุดใด
    - 2.5 การนำเข้าข้อมูลบนหน้าเว็บไซต์ด้วยกระบวนการต่าง ๆ (Input Modalities)
3 .สามารถเข้าใจได้ (Understandable)
    - 3.1 การทำให้อ่านเนื้อหาและตัวข้อมูลให้เข้าใจได้ (Readable)
    - 3.2 การทำให้การใช้งานง่ายสามารถคาดเดาได้ (Predictable)
    - 3.3 ส่วนช่วยเหลือแนะนำในการป้อนข้อมูล (Input Assistance)
4. สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่หลากหลาย (Robust)
    - 4.1 การรองรับการทำงานที่ผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีเก่าและใหม่ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นแต่ละหลักการและแนวทางนั้นจะมีเกณฑ์ความสำเร็จอยู่ 3 ระดับที่สามารถทดสอบได้ เพื่อให้สามารถใช้งานในกรณีที่ต้องมีการทดสอบข้อกำหนดหรือความเข้ากันได้ในเว็บไซต์ เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลายของคนหลายกลุ่ม และหลายสถานการณ์ได้ จึงได้มีการกำหนดระดับในการเข้าถึงไว้ 3 ระดับคือ ระดับ A, ระดับ AA, และระดับ AAA

ระดับ A แนวทางขั้นต่ำสุดที่ต้องทำ ไม่เช่นนั้นแล้วการเข้าถึงจะเป็นไปได้ยากหรือไม่ได้เลย

ระดับ AA แนวทางขั้นกลางที่ควรจะทำเพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงเพิ่มขึ้น

ระดับ AAA แนวทางขั้นสูงสุดที่อาจจะทำเพื่อให้ผู้ใช้เข้าถึงและใช้งานเนื้อหาเว็บได้สูงสุด

การตรวจสอบเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้นั้นจะตรวจสอบว่าเว็บไซต์แต่ละหน้าเว็บเพจนั้นเป็นไปตามเกณฑ์การตรวจสอบหรือไม่ ซึ่งวิธีการตรวจสอบเว็บไซต์ว่าเป็นเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้ มีวิธีการหลัก 3 วิธี ได้แก่ การตรวจสอบด้วยตนเอง การตรวจสอบแบบอัตโนมัติผ่านเว็บไซต์ และการตรวจสอบแบบผสม วิธีการที่ 1 การตรวจสอบด้วยตนเอง ซึ่งยึดหลักการตรวจสอบเว็บไซต์ตามแนวทางการตรวจสอบมาตรฐานสากลของ WCAG ที่ถูกพัฒนาขึ้น โดยอิงตามมาตรฐานสากล สามารถตรวจสอบโดยการนำแนวทาง หลักการ ข้อแนะนำ และเกณฑ์

ความสำเร็จมาใช้ประเมินเว็บไซต์ วิธีการที่ 2 การตรวจสอบแบบอัตโนมัติผ่านเว็บไซต์ (Eggert & Abou-Zahra, 2016 อ้างใน ปริศนา มัชฌิมา และคณะ, 2561) โดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบเว็บไซต์ว่าเป็นเว็บไซต์ที่เข้าถึงได้ตามแนวทางมาตรฐานของ WCAG โดยการตรวจสอบผ่านเว็บไซต์ที่ให้บริการในการตรวจสอบ (Web Checker) เช่น A Checker, TAW, W3C Markup Validation Service และวิธีการที่ 3 การตรวจสอบแบบผสม เป็นการตรวจสอบแบบอัตโนมัติร่วมกับการตรวจสอบด้วยระบบมือ (ปริศนา มัชฌิมา, ณัฏฐา ผิวมา, และนันทวัน เรืองอร่าม, 2561)

แนวคิดความปลอดภัยของเว็บไซต์

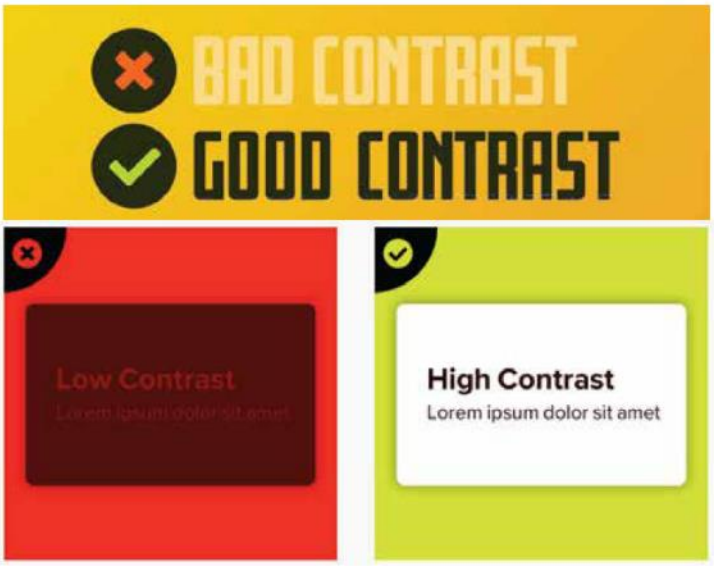
การพัฒนาเว็บไซต์ให้มีความมั่นคงปลอดภัยนั้น จะช่วยส่งผลเชิงบวกต่อการรับรู้และการใช้บริการออนไลน์ ซึ่งเป็นอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อม (ธาดาธิเบศร์ ภูทอง, 2561) การให้บริการผ่านเว็บไซต์จำเป็นที่จะต้องมีการรักษาความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ เพื่อป้องกันไม่ให้เว็บไซต์ถูกคุกคามจากผู้ไม่หวังดี หรือผู้ที่ไม่มีสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล เป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้บริการเว็บไซต์ มีการตรวจสอบความถูกต้อง ครบถ้วนของข้อมูล รวมทั้งเงื่อนไขที่จำเป็นของข้อมูลที่ผู้ใช้งานบันทึกในแบบฟอร์มก่อนส่งข้อมูล มีการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อความปลอดภัยในการสื่อสารหรือส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต รวมถึงมีการระบุและยืนยันตัวบุคคลโดยเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (สำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน), 2564) โดยวิธีการนั้นมีหลายรูปแบบ วิธีการหนึ่งคือการใช้ Hypertext Transfer Protocol (HTTP) over Transport Layer Security (TLS) หรือ HTTPS เป็นวิธีการสื่อสารข้อมูลที่มีความมั่นคงปลอดภัย เพื่อป้องกันจากการโจมตีดักจับข้อมูล การจู่โจมแบบเล่นซ้ำคุกกี้ และการจู่โจมแบบ Sidejacking (สมนึก พ่วงพรพิทักษ์ และณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์, 2555)

แนวคิดหลักออกแบบเว็บไซต์และพัฒนาเว็บไซต์

การพัฒนาเว็บไซต์ตามแนวทาง WCAG การออกแบบเว็บไซต์นั้นมีความหลากหลายเหตุผลอาจมาจากภาษา frame work เทคโนโลยีที่ผู้พัฒนาเลือกใช้ ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากที่จะหาจุดลงตัวที่เป็นแนวทางใช้กันในผู้ออกแบบเว็บไซต์ที่มีความสามารถและประสบการณ์ของแต่ละบุคคล แต่มีสิ่งหนึ่งที่ผู้ออกแบบเว็บไซต์ทุกคนต้องพิจารณานั้นก็คือ “การเข้าถึง” หรือ Accessible ซึ่งก็คือการทำให้เว็บไซต์ที่ออกแบบนั้นสามารถใช้งานได้กับทุกคน การเข้าถึงนั้นมีหลายแง่มุมที่ต้องพิจารณาเมื่อมีการออกแบบและสิ่งที่สำคัญที่สุดคือการพิจารณาเนื้อหาบนเว็บไซต์ การใช้เทคนิคการเขียนโค้ดและการออกแบบที่ถูกต้องสามารถทำให้เว็บไซต์ใช้งานง่ายสำหรับทุกคน โดยปัจจัยหลักเกณฑ์ตามคุณลักษณะของเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้มี 5 ปัจจัยดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2566)

ปัจจัยที่ 1 โครงการของการวางรูปแบบตัวอักษร (Text Structure) เนื้อหาที่เป็นลายลักษณ์อักษรข้อความเป็นส่วนสำคัญของเว็บไซต์ ผู้เข้าชมต้องการตอบสนองการค้นหาข้อมูล การซื้อผลิตภัณฑ์หรือบริการ หากการออกแบบการสื่อความหมายของข้อความภายในเว็บไซต์ไม่ดี จะทำให้ประสบการณ์การใช้งานเว็บไซต์ ของผู้เข้าชมไม่เกิดความประทับใจ อีกทั้งยังขาดคุณสมบัติการเข้าถึง ของเว็บไซต์อีกด้วย

ปัจจัยที่ 2 การใช้สีและความเข้มของสี (Design Contrast) สำหรับคนที่มีสายตาเลือนรางมักมีปัญหาในการอ่านข้อความที่กลืนกลับพื้นหลัง การให้อัตราส่วนความเข้มของสีขั้นต่ำระหว่างข้อความและพื้นหลังอยู่ในอัตรา 4.5:1 ที่จะสามารถทำให้ข้อความอ่านได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 2 การใช้สีและความเข้มของสี
ที่มา: (สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2566)

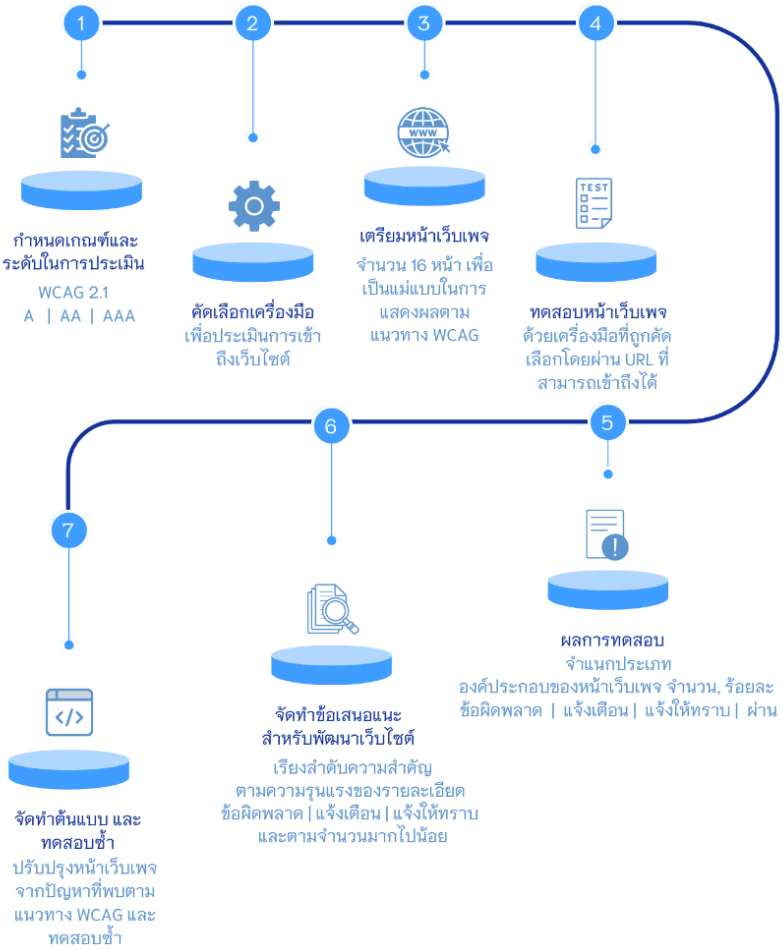
ปัจจัยที่ 3 การวางโครงสร้างของเว็บไซต์ (Site Functionality) การออกแบบสถาปัตยกรรมของเว็บไซต์รองรับการเข้าถึงอย่างถูกต้อง จำเป็นต้องใช้ทักษะและประสบการณ์ในด้านการ “ลำดับการเข้าถึงและใช้งาน” ในภาพรวมของเว็บไซต์ตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ ซึ่งหากพิจารณาถึงการเข้าถึงโดยคนพิการทางการมองเห็นมักพึ่งพาแป้นพิมพ์เพื่อเรียกดูเว็บไซต์ได้เท่านั้น

ปัจจัยที่ 4 การออกแบบเมนูและการเข้าถึงส่วนต่างๆ (Menus/Navigation) เมนูสำหรับการนำทางหลักในเว็บไซต์ต้องสามารถเข้าถึงได้ซึ่งหมายความว่าผู้ใช้งานเว็บไซต์ควรสามารถเข้าถึงรายการเมนูทั้งหมดในเว็บไซต์ไม่ว่าจะใช้เมาส์หรือแป้นพิมพ์

ปัจจัยที่ 5 รูปแบบของการใช้รูปภาพต่าง ๆ (Image Problems) เว็บไซต์จะไม่สมบูรณ์และไม่ดึงดูดการเข้าใช้งานหากไม่มีภาพที่สวยงาม ภาพถ่าย ภาพพื้นหลัง ภาพอินโฟกราฟฟิก ภาพแผนภูมิ เป็นองค์ประกอบการออกแบบเว็บไซต์ที่มีความสำคัญต่อประสบการณ์ของผู้เข้าชม แต่ก็เป็นจุดอ่อนอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับคนพิการ หากขาดการออกแบบที่ดีและขาดความตระหนักในการเข้าถึงของทุกคน

วิธีการดำเนินการวิจัย

กระบวนการวิจัย “การประเมินคุณภาพเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ตามแนวทางแนวทางที่ทุกคนเข้าถึงได้ (WCAG)” ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนการดำเนินงาน 7 ขั้นตอน แสดงขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 3 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1 กำหนดเกณฑ์และระดับการประเมิน ดำเนินการกำหนดเกณฑ์การประเมิน โดยใช้เกณฑ์การประเมินคุณภาพเว็บไซต์ตามแนวทางของ WCAG 2.1 โดยใช้เกณฑ์ความสำเร็จระดับ AA ซึ่งผู้วิจัยเลือกระดับ AA เนื่องจากเป็นระดับที่ถูกระบุไว้ว่าระดับ AA เป็นแนวทางขั้นกลางที่ควรจะทำเพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงเพิ่มขึ้น ซึ่งมีหลักการการตรวจสอบ 4 หลักการ ได้แก่ สามารถรับรู้ได้, สามารถใช้งานได้, สามารถเข้าใจได้, และคงทนต่อความเปลี่ยนแปลง

2 คัดเลือกเครื่องมือ ดำเนินการคัดเลือกเครื่องมือในการประเมินคุณภาพเว็บไซต์ แสดงข้อมูลเครื่องมือดังตาราง 2 โดยการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องมือที่มีความเหมาะสมกับจุดประสงค์และบริบทของการวิจัย โดยในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือ “WEB ACCESSIBILITY CHECKER” ระบบตรวจสอบเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้อัตโนมัติ พัฒนาโดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ซึ่งรอบรับมาตรฐานการตรวจสอบ WCAG 2.1 เครื่องมือสามารถแสดงจำนวนองค์ประกอบทั้งหมด และสามารถเข้าถึงผลการตรวจสอบย้อนหลังได้ รองรับการประเมิน 4 หลักการ และไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

ตารางที่ 2 ข้อมูลเครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกเครื่องมือ

เครื่องมือ	ค่าใช้จ่าย	มาตรฐานที่ใช้	แสดงหลักการ	แสดงจำนวนองค์ประกอบ	บันทึกผลย้อนหลัง
TAW – Test de Accesibilidad Web https://www.tawdis.net/	ฟรี	WCAG 2.1 (Level AA)	4 หลักการ	–	–
AChecker – Accessibility Checker https://achecks.org/checker/	ฟรี	WCAG 2.0 (Level AA)	4 หลักการ	–	–
WAVE – Web Accessibility Versatile Evaluator https://wave.webaim.org/	ฟรี	WCAG 2 (Level AAA)	–	–	–
Intent Based – Accessibility Checker https://www.accessibilitychecker.org/	$99	WCAG	–	–	–
W3C Markup Validation Service https://validator.w3.org/	ฟรี	HTML checking	–	–	–
WEB ACCESSIBILITY CHECKER https://webcheck.aaa.in.th/	ฟรี	WCAG 2.1 (Level AAA)	4 หลักการ	รองรับ	รองรับ

3 เตรียมหน้าเว็บเพจสำหรับทดสอบ จัดเตรียมหน้าเว็บเพจจำนวน 16 หน้า จากเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยสามารถเข้าถึงได้ผ่าน URL ของหน้าเว็บเพจ ซึ่งเว็บเพจ 16 หน้า เป็นหน้าแม่แบบที่ใช้ในการแสดงผลข้อมูลบนเว็บไซต์ แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 ข้อมูลเว็บเพจที่ใช้ในการประเมินการเข้าถึงได้เว็บไซต์

รหัสหน้า	ชื่อหน้า	ที่อยู่ (URL) เว็บเพจ
U1	หน้าแรก	https://spss.up.ac.th/default
U2	ประวัติความเป็นมา	https://spss.up.ac.th/page/history
U3	วิสัยทัศน์ พันธกิจ ปรัชญา	https://spss.up.ac.th/page/vision
U4	รหัสสี และสัญลักษณ์	https://spss.up.ac.th/page/logo
U5	ระเบียบ/ข้อบังคับ/คำสั่ง/ประกาศ/เวียน/พรบ	https://spss.up.ac.th/docs/document
U6	โครงสร้างการบริหาร	https://spss.up.ac.th/page/mgmt_structure
U7	คณะกรรมการคณะฯ	https://spss.up.ac.th/hr/board_master
U8	ฝากข้อมูลเพื่อติดต่อกลับ	https://spss.up.ac.th/add-callback
U9	หลักสูตร	https://spss.up.ac.th/page/p_0561
U10	บริการ e-Service	https://spss.up.ac.th/e-service
U11	สำนักงานสีเขียว	https://spss.up.ac.th/page/green_spss
U12	ตาราง แบบฟอร์มจองใช้รถตู้	https://spss.up.ac.th/page/calendar_van

ตารางที่ 3 ข้อมูลเว็บเพจที่ใช้ในการประเมินการเข้าถึงได้เว็บไซต์ (ต่อ)

รหัสหน้า	ชื่อหน้า	ที่อยู่ (URL) เว็บเพจ
U13	สื่อวีดิทัศน์	https://spss.up.ac.th/videos
U14	แจ้งเรื่องร้องเรียน	https://spss.up.ac.th/page/froms_001
U15	ช่องทางถามตอบ (Q&A)	https://spss.up.ac.th/qa
U16	ติดต่อเรา	https://spss.up.ac.th/page/contact

4 ทดสอบ ดำเนินการทดสอบหน้าเว็บเพจจำนวน 16 หน้า ด้วยเครื่องมือที่ถูกคัดเลือก โดยดำเนินการทดสอบเว็บเพจแต่ละเว็บเพจผ่าน URL โดยระบุมาตรฐานการตรวจสอบ WCAG 2.1 เกณฑ์ความสำเร็จระดับ AA ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหน้าเว็บเพจจำนวน 16 หน้า และจัดเก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2566

5 ผลการทดสอบ ตรวจสอบผลการทดสอบเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ตามแนวทางของ WCAG 4 หลักการ เพื่อค้นหาประเด็นที่ต้องปรับปรุงหรือปัญหาที่พบ ซึ่งสามารถจำแนกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทข้อผิดพลาด (Error) เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานเว็บไซต์โดยตรง ประเภทแจ้งเตือน (Warnings) เป็นปัญหาที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานเว็บไซต์ได้ และประเภทการแจ้งให้ทราบ (Notices) เป็นปัญหาที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานเว็บไซต์ได้เล็กน้อย สถิติที่ใช้ในการบรรยายหรือพรรณนาคุณลักษณะของข้อมูล ได้แก่ จำนวน และร้อยละ

6 จัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ สรุปข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาจากรายการที่พบโดยจัดเรียงลำดับความสำคัญในการปรับปรุงพัฒนาเว็บไซต์

7 จัดทำต้นแบบ และทดสอบซ้ำ ผู้วิจัยดำเนินการจัดทำต้นแบบตามแนวทาง WCAG จากการคัดเลือกเว็บเพจที่มีผลประเด็นที่ต้องปรับปรุงหรือปัญหาที่พบตามข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ ซึ่งคัดเว็บเพจที่พบข้อผิดพลาด การแจ้งเตือน และการแจ้งให้ทราบมากที่สุดของแต่ละประเภท และดำเนินการทดสอบเว็บเพจซ้ำจนกว่าการทดสอบจะไม่พบองค์ประกอบที่เป็นประเภทข้อผิดพลาด ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานเว็บไซต์โดยตรง

ผลการศึกษา

จากการใช้เครื่องมือในการประเมินคุณภาพเว็บไซต์ จำนวน 16 เว็บเพจโดยใช้แนวทาง WCAG 2.1 เกณฑ์ความสำเร็จระดับ AA พบผลการศึกษา แสดงดังตาราง 4

ตารางที่ 4 จำนวนองค์ประกอบเนื้อหาบนเว็บเพจ จำแนกตามประเภทผลการประเมินการเข้าถึงได้

รายละเอียดการประเมิน	จำนวน	ร้อยละ
ข้อผิดพลาด (Error)	193	1.45%
แจ้งเตือน (Warnings)	4,262	32.03%
แจ้งให้ทราบ (Notices)	5,049	37.95%
ผ่าน (Pass)	3,801	28.57%
รวม	**13,305**	**100.00%**

จากตาราง 4 พบว่า จำนวนองค์ประกอบเนื้อหาบนเว็บเพจทั้งหมดมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 13,305 องค์ประกอบ โดยรายละเอียดการประเมินที่พบมากที่สุดคือ ประเภทแจ้งให้ทราบ มีทั้งหมด 5,049 องค์ประกอบ ซึ่งมีสัดส่วน 37.95% อันดับสองคือประเภทแจ้งเตือน มีทั้งหมด 4,262 องค์ประกอบ และมีสัดส่วนอยู่ที่ 32.03% อันดับสามคือ ประเภทผ่าน มีทั้งหมด 3,801 องค์ประกอบ และมีสัดส่วนอยู่ที่ 28.57% และอันดับสุดท้ายรายละเอียดการประเมินที่พบน้อยที่สุดคือ ประเภทข้อผิดพลาด มีทั้งหมด 193 องค์ประกอบ ซึ่งมีสัดส่วนอยู่ที่ 1.45% ขององค์ประกอบทั้งหมด

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 16 เว็บเพจตามแนวทาง WCAG 2.1 เกณฑ์ความสำเร็จระดับ AA พบผลการประเมินทุกประเภท (ข้อผิดพลาด, แจ้งเตือน, แจ้งให้ทราบ และผ่าน) หากพิจารณาผลการประเมินแต่ละประเภทพบผลการศึกษา แสดงดังตาราง 5

ตารางที่ 5 จำนวนองค์ประกอบเนื้อหาบนเว็บเพจที่ถูกประเมินการเข้าถึงได้ จำแนกตามรหัสหน้าและรายละเอียดการประเมิน

รหัสหน้า	รายละเอียดการประเมิน							
	ข้อผิดพลาด		แจ้งเตือน		แจ้งให้ทราบ		ผ่าน	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
U1	13	6.74%	460	10.79%	468	9.27%	432	11.37%
U2	5	2.59%	277	6.50%	304	6.02%	254	6.68%
U3	5	2.59%	258	6.05%	301	5.96%	244	6.42%
U4	5	2.59%	251	5.89%	298	5.90%	216	5.68%
U5	30	15.54%	288	6.76%	357	7.07%	275	7.23%
U6	5	2.59%	226	5.30%	281	5.57%	186	4.89%
U7	45	23.32%	277	6.50%	358	7.09%	238	6.26%
U8	13	6.74%	230	5.40%	303	6.00%	197	5.18%
U9	5	2.59%	247	5.80%	285	5.64%	223	5.87%
U10	5	2.59%	281	6.59%	294	5.82%	247	6.50%
U11	5	2.59%	226	5.30%	284	5.62%	189	4.97%
U12	14	7.25%	234	5.49%	286	5.66%	202	5.31%
U13	17	8.81%	286	6.71%	366	7.25%	271	7.13%
U14	6	3.11%	226	5.30%	280	5.55%	187	4.92%
U15	11	5.70%	254	5.96%	299	5.92%	237	6.24%
U16	9	4.66%	241	5.65%	285	5.64%	203	5.34%
รวม	**193**	**100.00%**	**4,262**	**100.00%**	**5,049**	**100.00%**	**3,801**	**100.00%**

จากตาราง 5 พบว่า เว็บเพจที่พบข้อผิดพลาดมากที่สุด เมื่อเทียบกับจำนวนข้อผิดพลาดทั้งหมด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ลำดับที่ 1 U7 หน้าคณะกรรมการคณะฯ จำนวน 45 องค์ประกอบ ร้อยละ 23.32% ลำดับที่ 2 U5 หน้าระเบียบ/ข้อบังคับ/คำสั่ง/ประกาศ/เวียน/พรบ จำนวน 30 องค์ประกอบ ร้อยละ 15.54% ลำดับที่ 3 U13 หน้าสื่อวีดิทัศน์ จำนวน 17 องค์ประกอบ ร้อยละ 8.81% ลำดับที่ 4 U12 ตาราง หน้าแบบฟอร์มจองใช้รถตู้ จำนวน 14

องค์ประกอบ ร้อยละ 7.52% ลำดับที่ 5 U1 หน้าแรก และU8 หน้าฝากข้อมูลเพื่อติดต่อกลับ จำนวน 13 องค์ประกอบ ร้อยละ 6.74%

เว็บเพจที่พบแจ้งเตือนมากที่สุด เมื่อเทียบกับจำนวนข้อแจ้งเตือนทั้งหมด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ลำดับที่ 1 U1 หน้าแรก จำนวน 460 องค์ประกอบ ร้อยละ 10.79% ลำดับที่ 2 U5 ระเบียบ/ข้อบังคับ/คำสั่ง/ประกาศ/เวียน/พรบ จำนวน 288 องค์ประกอบ ร้อยละ 6.76% ลำดับที่ 3 U13 หน้าสื่อวีดิทัศน์ จำนวน 286 องค์ประกอบ ร้อยละ 6.71% ลำดับที่ 4 U10 หน้าบริการ e-Service จำนวน 281 องค์ประกอบ ร้อยละ 6.59% ลำดับที่ 5 U7 หน้าคณะกรรมการคณะฯ และ U2 หน้าประวัติความเป็นมา จำนวน 277 องค์ประกอบ ร้อยละ 6.50%

เว็บเพจที่พบการแจ้งให้ทราบมากที่สุด เมื่อเทียบกับจำนวนแจ้งให้ทราบทั้งหมด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ลำดับที่ 1 U1 หน้าแรก จำนวน 468 องค์ประกอบ ร้อยละ 9.27% ลำดับที่ 2 U13 หน้าสื่อวีดิทัศน์ จำนวน 366 องค์ประกอบ ร้อยละ 7.25% ลำดับที่ 3 U7 หน้าคณะกรรมการคณะฯ จำนวน 358 องค์ประกอบ ร้อยละ 7.09% ลำดับที่ 4 U5 หน้าระเบียบ/ข้อบังคับ/คำสั่ง/ประกาศ/เวียน/พรบ จำนวน 357 องค์ประกอบ ร้อยละ 7.07% และลำดับที่ 5 U2 หน้าประวัติความเป็นมา จำนวน 304 องค์ประกอบ ร้อยละ 6.02%

เว็บเพจที่ผ่านมากที่สุด เมื่อเทียบกับจำนวนการผ่านทั้งหมด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ลำดับที่ 1 U1 หน้าแรก จำนวน 432 องค์ประกอบ ร้อยละ 11.37% ลำดับที่ 12 U7 หน้าคณะกรรมการคณะฯ จำนวน 275 องค์ประกอบ ร้อยละ 7.23% ลำดับที่ 3 U13 หน้าสื่อวีดิทัศน์ จำนวน 271 องค์ประกอบ ร้อยละ 7.13% ลำดับที่ 4 U2 หน้าประวัติความเป็นมา จำนวน 254 องค์ประกอบ ร้อยละ 6.68% ลำดับที่ 5 U10 หน้าบริการ e-Service จำนวน 247 องค์ประกอบ ร้อยละ 6.50%

การประเมินการเข้าถึงได้ตามหลักการ 4 หลักการ แสดงดังตาราง 6 พบว่าพบรายละเอียดการประเมินทุกประเภท (ข้อผิดพลาด, แจ้งเตือน, แจ้งให้ทราบ และผ่าน) หากพิจารณาผลการประเมินแต่ละหลักการพบข้อมูลดังนี้

1) ข้อผิดพลาด

- หลักการที่ 1 สามารถรับรู้ได้ พบข้อผิดพลาด 5 องค์ประกอบ ร้อยละ 2.59%
- หลักการที่ 2 สามารถใช้งานได้ พบข้อผิดพลาด 3 องค์ประกอบ ร้อยละ 1.55%
- หลักการที่ 3 สามารถเข้าใจได้ พบข้อผิดพลาด 1 องค์ประกอบ ร้อยละ 0.52%
- หลักการที่ 4 สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่หลากหลาย พบข้อผิดพลาด 184 องค์ประกอบ ร้อยละ 95.34%

2) แจ้งเตือน พบแจ้งเตือนเพียงหลักการเดียว คือ

- หลักการที่ 1 สามารถรับรู้ได้ พบแจ้งเตือน 4,262 องค์ประกอบ ร้อยละ 100%

3) แจ้งให้ทราบ

- หลักการที่ 1 สามารถรับรู้ได้ พบข้อแจ้งให้ทราบ 950 องค์ประกอบ ร้อยละ 18.82%
- หลักการที่ 2 สามารถใช้งานได้ พบข้อแจ้งให้ทราบ 3,794 องค์ประกอบ ร้อยละ 75.14%
- หลักการที่ 3 สามารถเข้าใจได้ พบข้อแจ้งให้ทราบ 289 องค์ประกอบ ร้อยละ 5.72%
- หลักการที่ 4 สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่หลากหลาย พบข้อแจ้งให้ทราบ 16 องค์ประกอบ ร้อยละ 0.32%

ตารางที่ 6 จำนวนองค์ประกอบเนื้อหาบนเว็บเพจที่ถูกประเมินการเข้าถึงได้ จำแนกตามหลักการ แนวทาง และรายละเอียดการประเมิน

หลักการ	แนวทาง	ข้อผิดพลาด		แจ้งเตือน		แจ้งให้ทราบ	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1	1.1	1	0.52%	3	0.07%	706	13.98%
	1.2	–	–	–	–	–	–
	1.3	4	2.07%	59	1.38%	132	2.61%
	1.4	–	–	4,200	98.55%	112	2.22%
	รวม	**5**	**2.59%**	**4,262**	**100%**	**950**	**18.82%**
2	2.1	–	–	–	–	16	0.32%
	2.2	–	–	–	–	16	0.32%
	2.3	–	–	–	–	16	0.32%
	2.4	3	1.55%	–	–	3,682	72.93%
	2.5	–	–	–	–	64	1.27%
	รวม	**3**	**1.55%**	**–**	**–**	**3,794**	**75.14%**
3	3.1	1	0.52%	–	–	16	0.32%
	3.2	–	–	–	–	129	2.55%
	3.3	–	–	–	–	144	2.85%
	รวม	**1**	**0.52%**	**–**	**–**	**289**	**5.72%**
4	4.1	184	95.34%	–	–	16	0.32%
รวม		**184**	**95.34%**	**–**	**–**	**16**	**0.32%**
รวมทั้งหมด		**193**	**100.00%**	**4,262**	**100.00%**	**5,049**	**100.00%**

ผู้วิจัยสรุปแนวทางการปรับปรุงพัฒนาเว็บไซต์เมื่อตรวจสอบจากรายการที่พบโดยจัดเรียงลำดับความสำคัญในการปรับปรุงพัฒนาเว็บไซต์ดังนี้ ลำดับที่ 1 ให้ความสำคัญกับรายละเอียดการประเมิน ประเภทข้อผิดพลาด ประเภทแจ้งเตือน และประเภทแจ้งให้ทราบตามลำดับ เนื่องจากความรุนแรงของแต่ละประเภทไม่เท่ากันควรแก้ไขในลำดับความสำคัญตามที่ได้ระบุไว้ ลำดับที่ 2 ให้ความสำคัญกับปริมาณของแต่ละหลักการที่พบ โดยเรียงลำดับตามจำนวนที่มากที่สุดไปน้อยที่สุด การจัดลำดับตามจำนวนจะช่วยให้สามารถตัดสินใจว่าจะแก้ไขปัญหาแต่ละอย่างในลำดับความสำคัญอย่างไร

การปรับปรุงและพัฒนาเว็บไซต์ควรใช้แนวทางนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความเข้าถึงของเว็บไซต์ โดยให้ความสำคัญกับการแก้ไขข้อผิดพลาดและปรับปรุงหลักการที่มีผลกระทบมากที่สุดก่อนการปรับปรุงสิ่งอื่น ๆ ที่เหลือตามลำดับความสำคัญตามจำนวนที่พบในการตรวจสอบเว็บไซต์

จากนั้นดำเนินการสร้างต้นแบบตามแนวทาง WCAG โดยการคัดเลือกหน้าเว็บเพจตามแนวทางการปรับปรุงพัฒนาเว็บไซต์ ซึ่งคัดเว็บเพจที่พบข้อผิดพลาด การแจ้งเตือน และการแจ้งให้ทราบมากที่สุดของแต่ละประเภท ได้แก่ เว็บเพจที่พบข้อผิดพลาดมากที่สุดคือ U7 หน้าคณะกรรมการคณะฯ จำนวน 45 องค์ประกอบ เว็บเพจที่การแจ้งเตือนและการแจ้งให้ทราบมากที่สุดคือ U1 หน้าแรก จำนวน 460 และจำนวน 468 องค์ประกอบตามลำดับ ดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงตามแนวทาง WCAG ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 4 และทำการทดสอบซ้ำ แสดงดังรูปที่ 5 พบว่า U7 หน้าคณะกรรมการคณะฯ ข้อผิดพลาดจากจำนวน 45 องค์ประกอบ ลดลงเป็น 0 องค์ประกอบ (การลดลงร้อยละ 100%) แจ้งเตือนจากจำนวน 277 องค์ประกอบ ลดลงเป็น 150 องค์ประกอบ (การลดลงร้อยละ 45.94%) แจ้งให้ทราบจากจำนวน 358 องค์ประกอบ ลดลงเป็น 252 องค์ประกอบ (การลดลงร้อยละประมาณ 29.61%) และการผ่านจากจำนวน 238 องค์ประกอบ เพิ่มขึ้นเป็น 516 องค์ประกอบ (การเพิ่มขึ้นร้อยละ 116.81%) และ U1 หน้าแรก ข้อผิดพลาดจากจำนวน 13 องค์ประกอบ ลดลงเป็น 0 องค์ประกอบ (การลดลงร้อยละ 100%) แจ้งเตือนจากจำนวน 460 องค์ประกอบ ลดลงเป็น 255 องค์ประกอบ (การลดลงร้อยละ 44.57%) แจ้งให้ทราบจากจำนวน 468 องค์ประกอบ ลดลงเป็น 215 องค์ประกอบ (การลดลงร้อยละประมาณ 54.06%) และการผ่านจากจำนวน 439 องค์ประกอบ เพิ่มขึ้นเป็น 903 องค์ประกอบ (การเพิ่มขึ้นร้อยละ 108.33%)

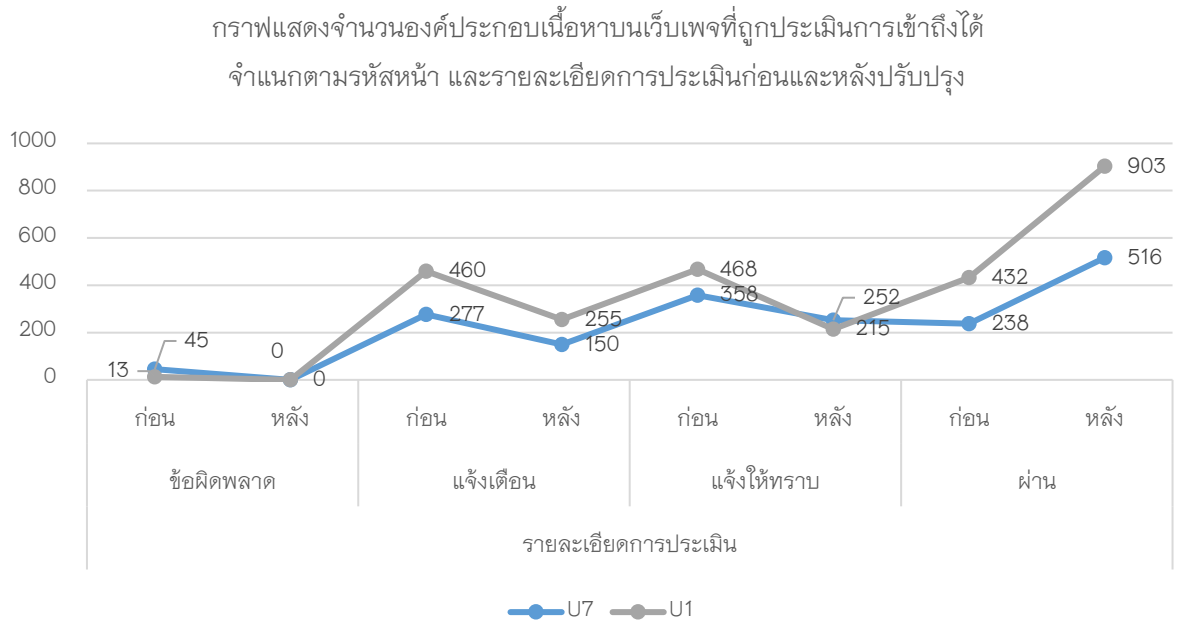
```
<a href="/default">
    <img src="/assets/progrisaas/images/logo-spss.webp"
         style="..."
         alt="{{trans('message.School')}}">
</a>
```

ก่อนการปรับปรุง

```
<a href="/default" aria-label="{{trans('message.School')}}">
    <img src="/assets/progrisaas/images/logo-spss.webp"
         style="..."
         alt="{{trans('message.School')}}">
</a>
```

หลังการปรับปรุง

รูปที่ 4 การเปรียบเทียบตัวอย่างรหัสคำสั่งก่อนและหลังการปรับปรุงตามแนวทาง WCAG หลักการที่ 1 สามารถรับรู้ได้



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบจำนวนองค์ประกอบเนื้อหาบนเว็บเพจที่ถูกประเมินการเข้าถึงได้ จำแนกตามรหัสหน้า และรายละเอียดการประเมินก่อนและหลังปรับปรุง

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาการประเมินคุณภาพเว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ตามแนวทางที่ทุกคนเข้าถึงได้ WCAG โดยใช้แนวทางการตรวจสอบ WCAG 2.1 เกณฑ์ความสำเร็จระดับ AA พบว่าสถานการณ์เว็บไซต์ในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังคงมีจำนวนองค์ประกอบเนื้อหาที่ไม่เป็นไปตามแนวทาง WCAG สาเหตุที่เว็บไซต์คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ยังพบองค์ประกอบเนื้อหาที่ไม่เป็นไปตามแนวทาง WCAG นั้นเนื่องจากผู้พัฒนาเว็บไซต์หรือผู้ดูแลเว็บไซต์ไม่ได้ดำเนินการตามแนวทาง WCAG ที่คำนึงถึงผู้ใช้ที่เป็นผู้พิการหรือผู้สูงอายุ รหัสคำสั่ง (Source Code) จึงออกแบบให้รองรับผู้ใช้ในกลุ่มคนทั่วไปเท่านั้น สอดคล้องกับงานวิจัย ปรียานุช ทองประกอบ และญาใจ ลิ่มปิยะกรณ์ (2557) ที่ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพความสามารถการเข้าถึงข้อมูลบนเว็บ สำหรับผู้พิการทางสายตา ซึ่งพบว่า สารสนเทศนั้นเป็นที่นิยมสำหรับผู้ใช้งานทุกกลุ่มแต่สำหรับกลุ่มผู้พิการทางสายตานั้นมีข้อจำกัดบางประการส่งผลให้เกิดปัญหาในการเข้าถึงสารสนเทศบางประเภทที่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับการเข้าใช้งานของผู้พิการทางสายตา เมื่อพิจารณาผลการประเมิน 3 ประเภท 1) ข้อผิดพลาดเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานเว็บไซต์โดยตรง ในส่วนของเกณฑ์ความสำเร็จที่พบข้อผิดพลาด ได้แก่ ชื่อ กฎการใช้ สิ่งที่ปรากฏอาจไม่สอดคล้องกับชื่อและบทบาทหรือค่าที่เหมาะสม ปัญหาการเขียนโครงสร้างที่แยกแยะได้ แท็กหรือองค์ประกอบรหัสประจำตัวซ้ำกัน รวมถึงข้อผิดพลาดในการกำหนดป้ายกำกับและการตั้งชื่อให้สิ่งต่าง ๆ เช่น แบบฟอร์ม, ส่วนหัว, ตาราง, แท็ก, และองค์ประกอบอื่น ๆ บนเว็บไซต์ 2) แจ้งเตือนเป็นปัญหาที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานเว็บไซต์ได้ ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ลิงก์มีข้อความที่อธิบายวัตถุประสงค์ของลิงก์ไม่ชัดเจน การใช้ข้อความหรือสีที่สื่อความหมายไม่ชัดเจน ขาดการระบุการให้ข้อความแทนรูปภาพหรือปุ่ม และ 3) แจ้งให้ทราบ เป็นปัญหาที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานเว็บไซต์ได้เล็กน้อย ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ตัวอักษรและภาพปรากฏในเว็บไซต์ต้องมีความคมชัดพอเหมาะเพียงพอ การกำหนดป้ายกำกับและการตั้งชื่อให้สิ่งต่าง ๆ รวมถึงขาดการระบุการให้ข้อความแทนรูปภาพหรือปุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับ ที่พัฒนาเว็บไซต์การท่องเที่ยวสำหรับผู้สูงอายุตามแนวทางที่ทุกคนเข้าถึงได้ WCAG และ Universal Design ต้องจัดรูปแบบเหมือนกันทุกหน้าเว็บไซต์ ชื่อลิงก์ต้องสื่อความหมายชัดเจน ปุ่มมีการใช้สีและขนาดที่มองเห็นชัด เนื้อหาและข้อความไม่มากเกินไป รูปแบบอักษรมาตรฐาน รูปภาพที่ใช้มีความสอดคล้องกับเนื้อหา อยู่ในตำแหน่งมองเห็นได้ง่าย ในเรื่องความมั่นคงปลอดภัยของเว็บไซต์นั้น พบว่าเว็บไซต์รองรับการใช้โปรโตคอล HTTPS (TLS 1.2) ทั้งเว็บไซต์ทุกเส้นทาง ทำให้การรับส่งข้อมูลผ่านเว็บไซต์นี้มีความปลอดภัยมีมาตรฐาน สอดคล้องกับ ณัฐธยาน์ รุจิราธนาพัฒน์ และคณะ (2565) ที่ศึกษาเชิงประจักษ์ของการเข้ารหัสเว็บไซต์ธนาคารทางอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ซึ่งพบว่าการซึ่งการเปลี่ยนเส้นทางเป็น HTTPS ถือเป็นมาตรการสำคัญที่มีประโยชน์ทั้งในเรื่องของความเสถียรและความปลอดภัยของข้อมูลที่ถูกส่ง–รับผ่านเว็บไซต์

เมื่อจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ตามแนวทาง WCAG นั้นผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการแก้ไขข้อผิดพลาดและปรับปรุงหลักการที่มีผลกระทบมากที่สุดก่อนการปรับปรุงสิ่งอื่น ๆ และปรับปรุงส่วนที่เหลือตามลำดับความสำคัญตามจำนวนที่พบในการตรวจสอบเว็บไซต์ เมื่อนำข้อเสนอแนะมาจัดทำต้นแบบเว็บไซต์และทดสอบซ้ำพบว่าข้อผิดพลาดที่พบลดลงทุกประเภท องค์ประกอบถูกต้องมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ปรียานุช ทองประกอบ และญาใจ ลิ่มปิยะกรณ์ (2557) ได้ทำการทดสอบการเข้าถึงเว็บไซต์ด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ 5 เว็บเพจ พบว่ารหัสชุดคำสั่งส่วนมากไม่สอดคล้องตามมาตรฐาน และเมื่อนำรหัสชุดคำสั่งมาผ่านกลไกการแปลงและทำการทดสอบเว็บเพจอีกครั้ง ด้วยวิธีการนี้สามารถค้นหาจุดบกพร่องและปรับปรุงจุดบกพร่องดังกล่าวให้ลดจำนวนลงได้ โดยมีความถูกต้องเพิ่มขึ้นมากกว่า 85% ซึ่งวิธีการตรวจสอบด้วยเครื่องมืออัตโนมัตินี้ จุดบกพร่องบางประการไม่สามารถปรับปรุงให้เป็นแบบอัตโนมัติได้ เช่นไม่มีการตั้งชื่อส่วนนำเข้าข้อมูลของผู้ใช้ สำหรับชื่อหรือคำบรรยายเนื้อหา

ต่าง ๆ บนหน้าเว็บกลไกที่นำเสนอไม่ทราบถึงวัตุประสงค์ที่แท้จริงหรือสำหรับคำบรรยายดังกล่างได้ เพื่อความถูกต้องยังคงต้องอาศัยมนุษย์ในการตรวจสอบ ซึ่งสอดคล้องกับ ปริศนา มัชฌิมา และคณะ (2561) ที่ระบุว่าการตรวจสอบแบบผสม เป็นการตรวจสอบแบบอัตโนมัติร่วมกับการตรวจสอบด้วยระบบมือ เพื่อความถูกต้องแม่ยำมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. การประเมินคุณภาพเว็บไซต์ตามแนวทาง WCAG ในครั้งนี้เป็นการตรวจสอบแบบอัตโนมัติผ่านเว็บไซต์ ซึ่งอาจมีบางประเด็นที่จำเป็นต้องใช้มนุษย์ในการตรวจสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนมากที่สุด

2. ควรวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเว็บไซต์ของผู้ใช้งาน เช่น ผู้พิการ ผู้สูงอายุ และบุคลทั่วไป เพื่อนำผลไปใช้ในการพัฒนาปรับปรุงเว็บไซต์ให้สามารถเข้าถึงได้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยพะเยา โครงการวิจัยงบประมาณรายได้คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2566

ขอขอบคุณคณะผู้บริหารคณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ทุกท่านที่กรุณาให้ข้อแนะนำในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Kasey Kaplan. (2020). *Why Every Business Needs A Website*. สืบค้นจาก https://www.forbes.com/sites/theyec/2020/02/03/why-every-business-needs-a-website

Talha Ehsan. (2021). *Why Website is Important For a Business*. สืบค้นจาก https://www.linkedin.com/pulse/why-website-important-business-talhah-ehsan

W. C. Web Accessibility Initiative. (2023). *Introduction to Web Accessibility*. สืบค้นจาก https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/

World Wide Web Consortium (W3C). (2022). *Introduction to Web Accessibility*. สืบค้นจาก https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/

เกรียงศักดิ์ ธีระโกวิทขจร. (2564). *ช่องว่างทางดิจิทัล ความเหลื่อมล้ำสายพันธุ์ใหม่*. สืบค้นจาก https://decode.plus/20211212/

เดลินิวส์ออนไลน์. (2566). *"กสทช.-มธ." วิจัยปัญหาความเหลื่อมล้ำด้านเทคโนโลยีดิจิทัลในไทย | เดลินิวส์*. สืบค้นจาก https://www.dailynews.co.th/news/2159572/

โต๊ะข่าวไอที ดิจิทัล. (2565). *ข้อมูลล่าสุดสถิติใช้ดิจิทัลในไทย จากรายงาน We are social*. สืบค้นจาก https://www.bangkokbiznews.com/columnist/989552

คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา. (2566). *แผนยุทธศาสตร์การพัฒนา 5 ปี คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ พ.ศ. 2567-2571*. พะเยา: คณะรัฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา.

ณัฐธยาน์ รุจิราธนาพัฒน์ , สกุลชาย สารมาศ, ยศภัทร เรืองไพศาล, ชานนท์ ดวงพายัพ, พัชร์สิตา ศิรวงศ์ภัสสรา, และสุพรรณี ศิวากรณ์. (2565). การศึกษาเชิงประจักษ์ของการเข้ารหัสเว็บไซต์ธนาคารทางอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, 15*(1).

ธาดาธิเบศร์ ภูทอง. (2561). ผลกระทบของฟังก์ชั่น เนื้อหาและความปลอดภัยของเว็บไซต์ต่อความตั้งใจใน การใช้บริการการท่องเที่ยวออนไลน์อย่างต่อเนื่อง. Veridian E-Journal Silpakorn University, *11*(2), 2112-2113.

ปริศนา มัชฌิมา, ณัฏฐา ผิวมา, และนันทวัน เรืองอร่าม. (2561). *ตัวแบบการจัดทำเนื้อหาเว็บไซต์ที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้สำหรับโรงพยาบาลของรัฐในประเทศไทย*. มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

ปรียานุช ทองประกอบ, และญาใจ ลิ่มปิยะกรณ์. (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพความสามารถการเข้าถึงข้อมูลบนเว็บสำหรับผู้พิการทางสายตา. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, 10*(1).

พระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยพะเยา พ.ศ. 2553. (2553, 16 กรกฎาคม). *ราชกิจจานุเบกษา* (เล่ม 127 ตอนที่ 44ก, น. 4-5).

ภูริพัฒน์ ถนอมศรีอุทัย. (2565). ความเหลื่อมล้ำทางสังคมกับการพัฒนาประเทศในยุคดิจิทัล. *วารสาร มจร อุบลปริทรรศน์, 7*(2).

ศรุตา เบ็ญก็เต็ม. (2564). *อาชีพยุคดิจิทัล ความท้าทาย โอกาสและทางเลือกสำหรับคนพิการ*. สืบค้นจาก https://www.depa.or.th/th/article-view/handicapped-person-job-in-digital-age

ศิรินทร์ รอมาลี, และภัสสร สังข์ศรี. (2563). การพัฒนาเว็บไซต์การท่องเที่ยวสำหรับผู้สูงอายุตามแนวทางที่ทุกคนเข้าถึงได้ (WCAG) และหลักการออกแบบเพื่อทุกคน (Universal Design). *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยการจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์น, 17*(2).

สภาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งประเทศไทย. (2565). *แนวทางการพัฒนาเว็บที่ทุกคนเข้าถึงได้* TWCAG 2022. กรุงเทพฯ: สภาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งประเทศไทย.

สมนึก พ่วงพรพิทักษ์, และณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์. (2555). กลไกการตรวจจับและป้องกันการจู่โจมเว็บแอพพลิเคชันรูปแบบใหม่ โดยการบังคับใช้เอชทีทีพีเอส. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 22*(3).

สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ, และสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). *ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ.* 2561 – 2580 (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2566). *การพัฒนาเว็บไซต์ที่ทุกคนเข้าถึงได้ ระดับผู้พัฒนาระบบ* (Web Developer). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล(องค์การมหาชน). (2563). *รายงานผลการสำรวจระดับความพร้อมรัฐบาลดิจิทัลหน่วยงานภาครัฐของประเทศไทย ประจำปี 2563*. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล(องค์การมหาชน).

สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล(องค์การมหาชน). (2566). *แผนพัฒนารัฐบาลดิจิทัลของประเทศไทย พ.ศ.* 2566-2570. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล(องค์การมหาชน).

สำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน). (2564). *มาตรฐานเว็บไซต์ภาครัฐ เวอร์ชัน* 2.0. กรุงเทพฯ: สำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน).

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2566). *การสำรวจความพิการ พ.ศ.* 2565. กรุงเทพฯ: สำนักงานสถิติแห่งชาติ.

A Virtual Reality to Present Sand Stone Buddha Statue of Phayao's Craftsmen

Apiwat Puntatong[1,2*], Jirawat Sookkaew[1,2] and Somchai Seviset[3]

[1] Research Unit of Spatial Innovation Development, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao 56000

[2] Computer Graphics and Multimedia, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao 56000

[3] Department of Architectural Education and Design, Faculty of Industrial Education and Technology, KMITL, Bangkok 10520

[*]Corresponding author: apiwat.puntatong@gmail.com

Received: August 17, 2023; Revised: November 11, 2023; Accepted: December 8, 2023

Abstract

The project involving the virtual reality representation of sandstone Buddha statues crafted by artisans from Phayao holds significant importance within the realm of Buddhist arts. Originating during the Lanna Kingdom, specifically spanning the 19th to the 22nd Buddhist centuries, these statues have garnered distinction as a unique and exceptional form of artistic expression. A testament to the enduring opulence of the Lanna Kingdom, these artifacts continue to resonate in contemporary times. This research endeavors to adopt a novel approach, fusing artistic and methodological elements to unveil its findings. A comprehensive search was undertaken, underpinned by a creative amalgamation of art and research. A compendium of relevant scholarly sources was amassed, shedding light on the sandstone Buddha statues attributed to the skilled craftsmen of Phayao. Subsequently, employing the innovative technique of photogrammetry, By DSLR camera and use the program (Agisoft Matashape) for processing. intricate three-dimensional renditions of the Buddha were meticulously created. These digital representations served as the foundation for the ensuing construction of an immersive virtual reality environment—a platform conceived to be accessible to the broader populace, facilitating their engagement with this cultural heritage. The resultant feedback derived from the assessment of the polygonal 3D models of Phayao artisans' sandstone Buddha statues underscores a pronounced level of satisfaction. The evaluative metrics yielded an impressive satisfaction rating of 4.25— Satisfaction is at a high level. a testament to the profound enjoyment experienced by the participants within this virtual realm.

Keywords: Sandstone Buddha Statues of Phayao's Craftsmen, Virtual Reality, Photogrammetry

Introduction

Phayao, situated in the northern region of Thailand along the Ing River, holds a pivotal position within the historical tapestry of the Lanna Kingdom. This province bears considerable historical significance, particularly during the 19th Buddhist century, spanning from 1977 to the present day (Phanintra Teeranon, 2015). Notably, Phayao emerges as a treasure trove of archaeological riches, with a pronounced focus on the unearthing of sandstone Buddha statues. These discoveries, interwoven with Phayao's artisanal legacy, stand as a testament to its vital role within the broader landscape of Thai craftsmanship.

The sandstone Buddha statues of Phayao encapsulate the zenith of Buddhist artistry and craftsmanship, epitomizing the very essence of this city. A plethora of sandstone inscriptions, predominantly from the latter stages of the 20th century.

The investigation of historical artifacts has undergone a transformative evolution with the integration of contemporary data collection technologies. This synergy facilitates the precise and comprehensive documentation of antiquities, encompassing a spectrum of methodologies. Among these, photogrammetry has emerged as a pivotal technique, harnessing technology to measure objects remotely through laser-based measurements directed at the target. This process yields a voluminous dataset, characterized by tens of thousands to hundreds of thousands of coordinate values, colloquially referred to as "point clouds" (Paisan Santithammanon, 2010).

The transformative potential of this technology is underscored by its capacity to further extrapolate the processed information into intricate three-dimensional representations. Beyond mere geometric attributes, this technology's prowess extends to capturing the nuanced facets of an object. Notably, it impeccably documents not only the object's shape and dimensions but also meticulously encapsulates its chromatic and textural attributes. Such a multifaceted analysis is facilitated through a meticulous examination of the accumulated data derived from the subject artifacts. This reservoir of information is not confined to archival purposes; it constitutes a fertile ground for the genesis of novel artistic endeavors. The digital realm becomes a crucible wherein these data-driven processes converge, culminating in the creation of artworks that extend beyond the confines of traditional methodologies.

In essence, the amalgamation of data collection technology with antiquities studies heralds a paradigm shift. It converges historical appreciation with modern ingenuity, facilitating a comprehensive portrayal of objects' intricacies. The symbiotic relationship between technological precision and artistic expression is evident, as the digital repository of information breathes life into contemporary works of art, all while preserving the legacy of the past.

The convergence of creative technology and the articulation of artistic and aesthetic perspectives has engendered a diverse array of methods and tools, reflecting a seamless interplay between innovation, technology, and creative ingenuity. This amalgamation of disciplines has not only facilitated the harmonization of artistic and creative values but has also led to the widespread adoption of integrated tools that traverse multifaceted domains. The utilization of digital tools in the creative process has unveiled a myriad of avenues through which artistic concepts can be realized and extended, encompassing a wide spectrum of innovative techniques that harness the intrinsic potential of digital mediums.

The transformation of creative elements into digital designs is a process that extends far beyond mere replication; it encompasses a dynamic array of approaches wherein information gleaned from existing works serves as the foundation for novel artistic endeavors. Digital data, when dissected and reconstituted, assumes new configurations that possess the capacity to evoke profound artistic expressions. The manifestation and exhibition of artworks within the multimedia and digital realm are underpinned by a versatile framework that draws from the evolving landscape of technology and innovation. This dynamic interplay allows art to be conveyed to its audience through a prism of technological tools meticulously selected by creators to effectively channel their imaginative concepts, rendering the transmission of ideas inherently captivating.

One noteworthy instantiation of this technologically-infused artistic paradigm is the utilization of virtual reality (VR) technology. Situated at the crossroads of multimedia and technology, virtual reality offers an immersive platform wherein viewers can traverse a simulated environment meticulously crafted by creators. This sensory immersion is characterized by a detachment from the immediate physical surroundings, effectively transporting the audience into an alternate reality centered on visual engagement. The potency of this medium lies in its ability to engender a profound connection between the viewer and the subject, thereby affording an unprecedented depth of engagement and comprehension. By harnessing the power of VR, the presentation of sandstone Buddha statues of the Phayao craftsmen's lineage becomes an innovative conduit for delivering an enriched learning experience and kindling motivation. The transformative potential of this approach is amplified by its capacity to transcend traditional boundaries, reaching an expansive audience in the contemporary landscape.

The endeavor to harness the 3D photogrammetry technique in collecting data pertaining to the intricate patterns adorning the sandstone Buddha statues of the Phayao craftsmen's lineage attests to a broader narrative of preserving cultural heritage. This data-driven initiative not only enriches the artistic landscape but also dovetails seamlessly with modern presentation methodologies rooted in multimedia technology. The immersive potential of virtual reality unfolds as an instrumental vehicle for offering fresh perspectives on traditional art forms. In the present era, characterized by heightened connectivity, this medium transcends geographical limitations, ensuring the dissemination of artistic values far and wide.

In summation, the symbiosis of creative technology and artistic representation epitomizes a paradigm shift that transcends conventional boundaries. This transformative fusion of innovation and aesthetics breathes new life into age-old cultural artifacts, bestowing upon them an enduring legacy poised to resonate with future generations.

Research Objectives

1. To comprehensive study and 3d data collection of Phayao sandstone buddha statues using photogrammetry.

2. To present a multimedia of Phayao sandstone buddha statue artworks through virtual media.

3. To the study evaluating user satisfaction with virtual media usage for Sandstone Buddha statues of the Phayao's Craftsmen.

Methods and Materials

1.Research Scope

1.1 Documentation resources study: The initial phase of this research involves an in-depth study of specific content pertaining to the sandstone Buddha statues of the Phayao's Craftsmen. This encompasses an examination of the artistry inherent in sandstone Buddha statues within the lineage of Phayao craftsmen. Information integral to the production of virtual reality media will be garnered through an extensive review of documents, books, related research publications, photographs, and recorded media. By delving into these diverse sources, a comprehensive understanding of the subject matter will be cultivated, facilitating the synthesis of a rich narrative.

1.2 Sources from expert interviews: Integral to this endeavor is the engagement with experts well-versed in the domain of sandstone Buddha statues. Insights of artisans and specialists within the Phayao technician family will be gathered through structured interviews. These interviews will serve as a wellspring of knowledge, offering unique perspectives and a contextual understanding of the art form's intricacies and significance.

1.3 Field data collection: Field research will be conducted through visits to museums, temples, and historically significant sites across Phayao Province. These locales represent the very crucible in which sandstone Buddha statues attributed to the Phayao craftsman family were unearthed. By immersing in these physical spaces, a tactile connection with the artifacts will be established, supplementing theoretical understanding with a palpable encounter of the art's embodiment.

1.4 Scope of data collection and recording technology implementation: The research scope encompasses the pragmatic utilization of photogrammetry technology. Employing this technique, a comprehensive compilation of field data will be conducted, encompassing high-resolution images and supplementary information. This concerted effort will culminate in the development of a detailed repository, capturing the nuanced intricacies of sandstone Buddha statues within the Phayao craftsman family lineage.

1.5 Scope of presentation style: The culmination of this research effort will be manifested through the presentation of artworks in a virtual reality medium, facilitated by an immersive exhibition format. To access this multimedia experience, participants will don VR Headsets, thereby submerging themselves within a captivating digital environment that mimics the intricate aesthetic and cultural nuances of the sandstone Buddha statues.

1.6 Scope of population and sample: Central to the research's methodology is the establishment of a specific sample group comprising 100 Phayao sandstone Buddha statues. This cohort is emblematic of a particular variant of virtual media usage, and their engagement with the virtual reality presentation will serve as a cornerstone for gauging the impact and efficacy of the chosen medium.

In essence, the comprehensive approach outlined in these distinct scopes collectively underscores a meticulous and holistic exploration of the artistry embedded within the Phayao sandstone Buddha statues, culminating in a multi-dimensional virtual reality experience that fosters a deeper appreciation and understanding of this rich cultural heritage.

2. Methodology

The research methodology employed in this study embodies a fusion of creative art-research and meticulous information retrieval. The research process was meticulously orchestrated, with each step designed to seamlessly contribute to the comprehensive exploration and presentation of Phayao sandstone Buddha statues through the innovative medium of virtual reality. The sequential steps and methods undertaken were as follows

2.1 Planning and work process allocation: The research endeavor commenced with meticulous planning, wherein the responsibilities and duties of the research team were delineated. This phase also entailed a critical assessment of the research timeline, ensuring adequate time allocation for each facet of the investigation.

2.2 Data collection and storage: After planning, the data collection process was initiated. Various sources were tapped into, encompassing documentary materials, research-related content, photographs, recorded media, and interviews with knowledgeable individuals possessing expertise in Phayao sandstone Buddha statues. These diverse sources collectively furnished a comprehensive repository of information.

2.3 Data categorization and analysis: The amassed data underwent a rigorous process of categorization and analysis. Information gleaned from field visits, which included immersive studies of museums, temples, and historical sites, was meticulously examined. This step facilitated the organization and systematic interpretation of data obtained from physical locales.

2.4 Photogrammetric scanning and recording: Integral to the research was the application of photogrammetric principles and techniques. This involved the scanning and recording of Buddha statues using advanced imaging methodologies by using a DSLR camera lens 50 mm. To photograph the details of the Buddha statue from a distance of 50 centimeters, In every angle, the image of the original Buddha image. The data collection process synergistically accompanied these efforts, Including the use of images in processing. With the ready-made program (Agisoft Matashape) for completeness in creating 3D models.

2.5 Taking data from processing with a ready-made program (Agisoft Matashape) and recording Buddha image data in 3D format.: The research ventured into the realm of three-dimensional data synthesis and analysis. This intricate process involved the creation of 3D representations of Buddha statues, encapsulating their structural intricacies. Central to this endeavor was the generation of point cloud structures, a product of the photogrammetric data processing. The digital depth measurements enabled the recreation of minute details, while simulation techniques facilitated the generation of the Buddha statues' structural components. This intricate digital repository was primed for deployment within the virtual reality medium.

2.6 Virtual media presentation and dissemination: The research culminated in the creation of virtual media for user engagement. An interactive exhibition titled "Phayao Stone Sculptures and the Creation of Virtual Media" was established within the Cultural Exhibition Hall at Wat Si Khom Kham, Mueang District, Phayao Province. This immersive display facilitated users' exploration of sandstone sculptures through virtual reality

media. The audience's experience was further enriched through the administration of questionnaires, serving as a means to gauge satisfaction, gather opinions, suggestions, and inquiries, while concurrently forging a nexus between the sandstone Buddha statues and the aesthetic essence of the media employed.

2.7 Research results summarization and documentation: The culmination of these multi-faceted efforts led to the synthesis of research findings. The creative art-research undertaken yielded a corpus of artistic creations, which were meticulously documented. A comprehensive book and research report were prepared, encapsulating the journey, insights, and outcomes of the study.

In essence, the research process represents an intricate tapestry woven with creativity, meticulous data collection, immersive presentation, and analytical rigor. This holistic approach not only unraveled the artistic and cultural tapestry of Phayao sandstone Buddha statues but also paved the way for their enduring preservation and enriched appreciation in the annals of cultural heritage.

3. Data Analysis

The process of collecting information from viewers and analyzing virtual reality media data involves a rigorous application of statistical methodologies, specifically mean ($\bar{x}$) and standard deviation (S.D.). These statistical tools are paramount in deriving meaningful insights from the collected data, particularly from questionnaires and additional suggestions provided by participants.

Results

1. The study's outcomes encompassed a meticulous and comprehensive collection of 3D data for Phayao sandstone Buddha statues, achieved through the application of photogrammetry. This innovative methodology facilitated the transformation of these cultural artifacts into detailed digital representations, ensuring their preservation and accessibility for future generations.

The Study of Phayao Sandstone Buddha Statues

The sandstone Buddha statues stand as a quintessential emblem of Phayao craftsmanship, embodying a profound historical and cultural significance. The evidence garnered from explorations and discoveries underscores their prominence within the 19th to 21st Buddhist centuries, marking a golden era for Phayao's artistic endeavors. This period witnessed a vibrant efflorescence of sandstone sculptures, a testament to the flourishing artistic milieu.

The influence of the Sukhothai Kingdom is discernible in the design of these Buddha statues, characterized by distinctive features. Notably, the statues exhibit a semblance to a long Sangha robe, with the Sanghati's tip evoking the imagery of a centipede. The square configuration of the Buddha statues is a discernible hallmark. Despite this influence, intriguing observations emerge. While Phayao boasts an abundance of sandstone Buddha carvings, the same cannot be said for Sukhothai and Sri Satchanalai, where such artifacts appear to be absent.

Intricacies in the crafting process also emerge. While laterite lacquer was employed to frame Buddha statues, and outer plastering was commonplace, a notable proportion of these statues were crafted from bricks, stucco, and bronze. The bronze Buddha statues, contemporaneous with the early Ayutthaya period, present a

distinctive facet of artistry during that epoch. It is intriguing to note that, during the early Ayutthaya period, bronze was predominantly combined with masonry for Buddha statue construction.

An assessment of the existing Phayao sandstone Buddha statues reveals a rather poignant state of affairs. Many of these statues are in a state of disrepair, bearing visible signs of deterioration such as broken heads and arms. The number of fully intact Buddha statues is limited, with a majority requiring restoration efforts. Such restoration has sometimes led to alterations, including the application of plaster or paint, thereby modifying the original form.

Constructing 3D Buddha statues using photogrammetric methods and procedures (Photogrammetry)

The culmination of the study and meticulous data collection process has been harnessed by the researcher to craft invaluable digital representations. Central to this endeavor is the utilization of 3D technology, a sophisticated technique employed to meticulously generate and preserve accurate models of the Buddha statues. This approach ensures the fidelity of the 3D renditions, capturing the intricate details and essence of these revered artistic creations.

A total of 9 Buddha statues were chosen as the subjects of data collection. These selections were made deliberately, focusing on Buddha statues that retain their original completeness and authenticity, untarnished by modern interventions or alterations introduced by contemporary craftsmen. The core objective was to curate a dataset that serves as a faithful reflection of traditional Buddhist art, thereby enabling the transmission of this cultural heritage to a wider audience through various media platforms.

The process of selection involved grouping the Buddha statues into three distinct size categories: small, medium, and large. This systematic categorization facilitated a comprehensive representation of the diverse dimensions that these artistic masterpieces encompass. The subsequent phases of the study involved the intricate task of translating this curated dataset into intricate 3D models, a harmonious fusion of technology and artistic legacy.

The resulting 3D Buddha statues, meticulously crafted from the amalgamation of data collection efforts, expert analysis, and advanced 3D modeling techniques, stand as a testament to the confluence of tradition and innovation. Through this multidimensional approach, the researcher has succeeded in immortalizing the timeless beauty of these Buddha statues within the digital realm. The subsequent sections provide an insightful delineation of the specific Buddha statues that have undergone this transformative journey, illuminating the culmination of this pioneering endeavor.

Figure 1 Small Sandstone Buddha Statues in 3D Format.

Figure 2 Medium Sandstone Buddha Statues in 3D Format.

Figure 3 Alarge Sandstone Buddha Statues in 3D Format.

Point cloud data from photogrammetric data collection (Photogrammetry)

The process of data collection, utilizing the advanced technique of photogrammetry, has yielded a comprehensive dataset imbued with intricate insights into the three-dimensional structure of the depicted artwork. The essence of this 3D structure serves as the focal point, a pivotal element harnessed for the creation and subsequent presentation of the artwork. Notably, the research endeavor revealed intriguing pigmentations that manifest on the surfaces of the Buddha statues. These observed pigment spots, upon scrutiny of the study's outcomes, have ignited an inspiring creative spark.

This inspiration has led to the incorporation of the aforementioned pigment-related information into the digital representation. Real photographs, meticulously capturing the highlighted pigments alongside the underlying structural nuances of the Buddha statues, have been seamlessly integrated. The intention behind this integration is to empower viewers with the immersive experience of traversing the intricate visual landscape of the Buddha statues through virtual media presentations.

The salient characteristic of the structural portrayal lies in its remarkable semblance to translucency, akin to the ethereal quality of light passing through a delicate veil. This effect is achieved through the strategic arrangement of sand grains, thoughtfully spaced and orchestrated according to the inherent color structure of each Buddha statue. This meticulous orchestration results in a visual tapestry marked by a diverse array of Buddha statues, each distinctly different from the next.

Within this captivating display of structural characteristics, a myriad of intricate details is unveiled, capturing the dynamic essence of each Buddha statue at different stages. This presentation provides an unprecedented window into the nuanced world of Buddhist art, inviting viewers to perceive dimensions beyond their prior encounters. It is paramount to acknowledge that the color point information, encapsulating unique colorations and patterns, is a testament to the stone's innate composition and texture. This includes the artistic ingenuity of the artisans who contributed to the decorative aspects of the Buddha statues.

Considering these revelations, the researcher has undertaken a comprehensive classification and analysis of the distinct rock compositions. This meticulous categorization, marked by its meticulousness and rigor, paves the way for a deeper understanding of the intricate interplay between natural elements and human craftsmanship, ultimately enriching the appreciation of these culturally significant artifacts.

Figure 4 Sandstone Buddha Statues in the Form of Point Clouds and the Set of Colored Dots Found in the Buddha Statues.

Depth Map Data

The data collection process, executed through the utilization of Model 3, centers on the comprehensive assessment of the dimensions inherent in the sandstone Buddha statues. This encompassing approach enables the researcher to capture the intricate measurements and proportions of the statues. These collected dimensions are then seamlessly integrated into the realm of 3D software, where they serve as the foundational data for the subsequent calculations.

The calculated dimensions converge within the realm of 3D software to breathe life into accurate 3D renditions of the Buddha statues. This calculated transformation employs innovative techniques, including the strategic manipulation of depth of field. The shallow depth of field effect is meticulously calibrated, achieved through the intricate computation of the depth map derived from proportional 3D model data. This calculated depth of field mimics the visual characteristics observed in the physical counterparts, effectively recreating the nuances of depth perception that emanate from the original statues.

The calculated depth of field assumes a pivotal role in accentuating the key features and distinctive attributes inherent in the Buddha statues. By artfully highlighting the crucial corners and intricate details, the depth of field manipulation brings to the fore the patterns and noteworthy characteristics embedded within these revered artworks.

This calculated and refined representation of the Buddha statues forms the bedrock of the subsequent presentation within the realm of virtual reality media. The statues, imbued with meticulously calculated dimensions and strategically highlighted features, are artfully showcased through virtual reality, affording the audience a unique vantage point. This immersive experience empowers viewers to perceive the proportional intricacies of the Buddha statues with unparalleled clarity and precision.

In essence, this integration of advanced techniques, ranging from data collection to 3D software manipulation and virtual reality presentation, culminates in a transformative encounter. Audiences are bestowed with the privilege of engaging with these cultural treasures in a manner that transcends traditional viewing paradigms, enriching their understanding and appreciation of the intricate beauty encapsulated within the sandstone Buddha statues.

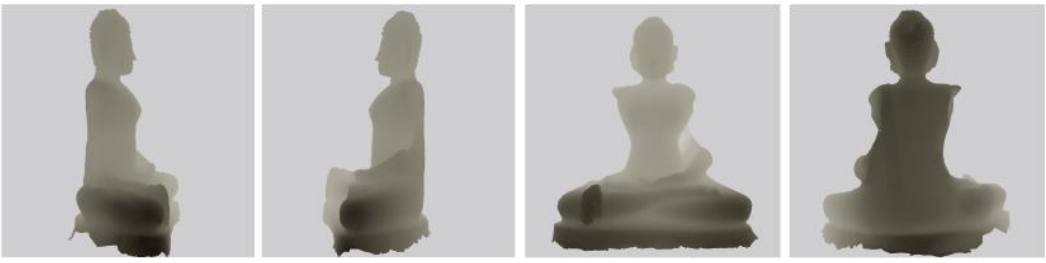


Figure 5 Shows the Display of the Depth Map in Each Corner of the Buddha Statues.

2. The results of the presentation of artworks of Phayao sandstone Buddha statues **through virtual media**

The process of sculpting Phayao Buddha statues involves a meticulous amalgamation of distinctive attributes and structural elements extracted from the collected Buddha statues. These facets are intricately interwoven to craft a three-dimensional digital model, meticulously informed by the actual structural analysis of the Buddha statues themselves. This meticulous approach engenders accuracy in both structure and proportion, resulting in faithful representations of the sandstone Buddha statues.

The inception of each 3D digital model is rooted in the profound examination of the physical Buddha statues. This process unveils the intrinsic proportions and unique features characteristic of Phayao craftsmanship. The culmination of this endeavor yields a captivating tapestry that weaves together the artistic evolution of Phayao's sandstone Buddha statues across different periods.

Through this creative journey, the distinctive characteristics of Phayao's artistic lineage are meticulously distilled and infused into each Buddha statue. This infusion births a realm of imagination, where the artistic heritage of Phayao thrives in all its completeness. The process culminates in the realization of the remarkable artistry ingrained within the Phayao craftsmanship, encapsulating the outstanding proportions that have been unearthed from the annals of time.

The evolution of Phayao's sandstone Buddha statues is a rich tapestry, woven from diverse influences and artistic paradigms spanning different epochs. From the very inception of sandstone Buddha statue construction within the Phayao region, the influence of the Chiang Saen Buddha statues is discernible. This influence is palpable in the oval and subtly round countenance, characterized by a small yet prominent nose. The visage is distinctively egg-shaped, with the nose prominently accentuated, and a double line adorning the mouth's edge. These elements converge harmoniously, constituting the hallmark of Buddha statues that grace the expanse of Phayao Province.

The creative process entails the careful curation of these significant proportions, a process wherein the Buddha statues are meticulously brought to life. This endeavor doesn't merely reflect the artistry of professional artisans; it extends to encompass the contributions of villagers, artisans, and temple offerings. The separation and discernment of these pivotal proportions are the bedrock upon which the creation of Buddha statues rests, an intricate interplay of historical legacy and artistic ingenuity.

Figure 6 Reproduction of the Buddha Statues from the Phayao Sandstone Buddha Statues Structure.

The comprehensive compilation of information meticulously gathered by the researcher culminates in the creation of immersive virtual reality media, a medium expressly designed to showcase the splendor and significance of Phayao's sandstone Buddha statues. This multimedia presentation is thoughtfully divided into distinct content segments, each strategically curated to convey a specific facet of Buddha art and the cultural heritage encompassed within Phayao's sandstone masterpieces.

2.1 General information content of buddha statues: This segment serves as an introductory immersion into the realm of Phayao's sandstone Buddha statues. Drawing from the dimensions meticulously captured through Model 3, the audience is granted a virtual journey that transports them into the very essence of the statues. This immersive experience encapsulates the exquisite craftsmanship and proportions that distinguish these artistic creations, offering an unparalleled encounter with the Buddha statues' majestic presence.

2.2 Point structure and dimensions of buddha statues: Delving deeper, this segment unveils the meticulous structure of the Buddha statues through the lens of 3D representation. The intricate dimensions are meticulously brought to life, harmoniously integrated with the pigments that adorn the statues' surfaces. This presentation underscores the interplay between form and color, enriching the audience's understanding of the statues' visual allure.

2.3 Depiction of statues' depth structure: The third segment delves into the dynamic dimension of depth within the Buddha statues' intricate structure. Through the strategic utilization of depth maps, the audience gains insight into the captivating interplay of light, shadow, and contours that breathe life into these artworks. This immersive exploration offers a unique perspective, allowing viewers to appreciate the statues' intricate features from a multidimensional vantage point.

2.4 Reproduction of sandstone buddha statues: The final segment delves into the technical process behind the reproduction of Phayao's sandstone Buddha statues. Through the meticulous assembly of 3D skeletal components, the intricate journey from conception to creation is unveiled. This segment showcases the artistry of transformation as the statues' essence is brought forth from digital realms into tangible, awe-inspiring representations.

Each content segment contributes to an immersive and enlightening journey, wherein audiences are invited to explore the rich tapestry of Phayao's sandstone Buddha statues. The virtual reality media presentation serves as a testament to the dedication of the researcher in preserving and sharing the cultural legacy encapsulated within these masterful artworks.

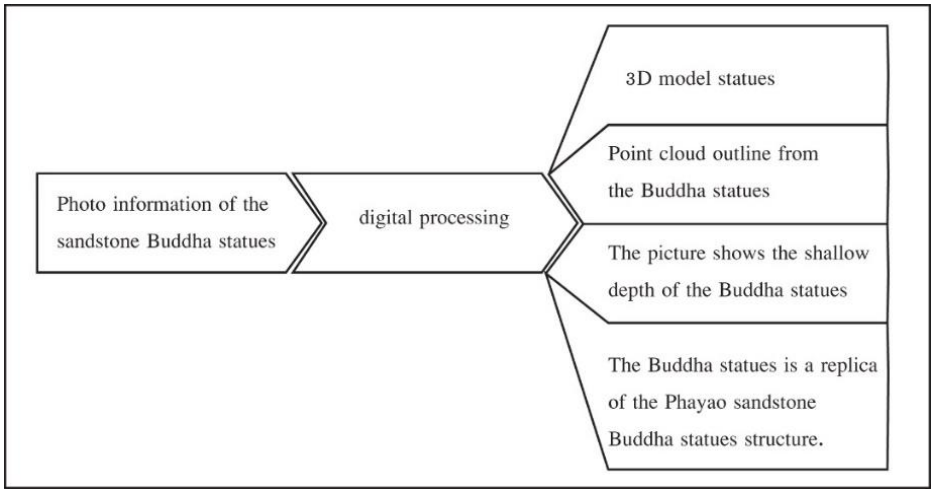


Figure 7 Schematic Showing the Analysis from the Digital Process in the Sandstone Buddha Statues Create Content within Virtual Reality Media.

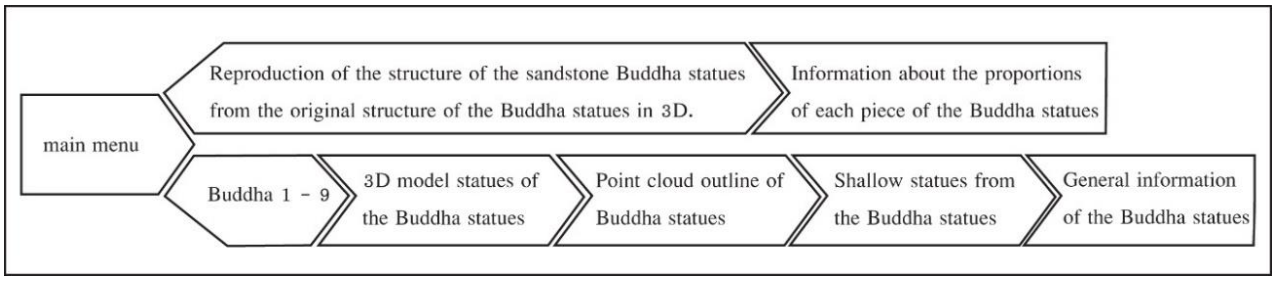


Figure 8 Diagram Showing the Layout of the Virtual Reality Media Workflow.

Figure 9 Shows the Main Menu Page for Selecting Buddha Statues.

3. To the study evaluating user satisfaction with virtual media usage for Sandstone Buddha statues of the Phayao's Craftsmen.

Throughout the course of this research endeavor, the primary focus was the creation of a digital masterpiece—a virtual presentation and cinematic exploration of Buddhist art manifested through the intricate Phayao sandstone Buddha statues. This innovative research yielded a dynamic digital composition that possesses the remarkable advantage of accessibility and distribution, enabling audiences to engage and study at their convenience—a distinct attribute of digital artistry. Beyond its exhibition and showcase, this virtual reality medium offers a viewer-centric encounter, facilitated through specialized viewing apparatuses or personal computers, thereby extending its reach and impact.

The dissemination strategy encompassed three integral components, each meticulously crafted to reach diverse audiences and facilitate engagement:

3.1 Presentation and Dissemination at National Exhibition Hall, Wat Sri Khom Kham, Phayao Province:

The inaugural phase of dissemination entailed an exhibition held at the esteemed National Exhibition Hall within Wat Sri Khom Kham, Phayao Province. During this presentation, viewers were guided through the intricate work's highlights, accompanied by recommendations and insights provided by the research team. Following their engagement, attendees were invited to partake in questionnaires designed to elicit their impressions and experiences.

3.2 Public Access via Virtual Media:

In a bid to ensure widespread access and foster public engagement, the virtual media content was made available for download through the dedicated research website, http://pysandstonestatue.ict.up.ac.th. This approach empowers individuals to delve into the immersive world of Phayao sandstone Buddha statues at their leisure, equipped with personal virtual reality viewing apparatuses.

3.3 Viewing via Personal Computers:

Recognizing the diverse array of platforms accessible to the modern audience, the digital artwork was thoughtfully adapted for personal computer viewing. This strategic adaptation aimed to broaden the reach of the creative work, catering to those who may prefer the familiar interface of a personal computer. Interested parties can access the content via http://pysandstonestatue.ict.up.ac.th.

3.4 Data Collection and Analysis:

The research further entailed a meticulous data collection process through questionnaires, employing a purposive sampling methodology with 100 Phayao sandstone Buddha statue enthusiasts. The demographic breakdown revealed 66.0% male and 35.0% female participants, with 25.0% under 20 years of age, 38.0% between 20 and 30 years, 22.0% between 31 and 40 years, and 10.0% aged 41 to 50 years. Data analysis underscored a high level of satisfaction among users, as indicated by a mean ($\bar{x}$) of 4.25 and standard deviation (S.D.) of 0.34. Particularly noteworthy were the high levels of satisfaction regarding positive attitudes toward Buddhist art antiques ($\bar{x}$ = 4.36, S.D. = 0.66), appreciation for Chang Phayao ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.67), heightened interest in Buddhist art via digital media ($\bar{x}$ = 4.32, S.D. = 0.75), appropriate exhibition and presentation ($\bar{x}$ = 4.30, S.D. = 0.69), as well as the conveyance of the Buddha statues' aesthetic allure and components ($\bar{x}$ = 4.25, S.D. = 0.66). The comprehensive dataset is detailed in Table 1.

In summation, this research journey has culminated in the creation of an intricate digital marvel—an evocative portrayal of Buddhist artistry manifested in Phayao's sandstone Buddha statues. Through meticulous dissemination strategies, this creation has been shared with audiences across various platforms, fostering engagement, appreciation, and understanding of this treasured cultural heritage.

Table 1 Satisfaction of Virtual Reality Users of Phayao Sandstone Buddha Statues

Satisfaction List	$\bar{x}$	S.D.	Meaning
1. The artworks that have been viewed were new and exciting.	3.93	0.79	good
2. Watching the work helps to see the beauty of the Buddha statues and the elements that have been conveyed.	4.25	0.66	good
3. Are the elements of the Buddha statues shown in the digital form suitable or not?	4.24	0.74	good
4. Viewed media adds more interest to the works of Buddhist art compared to viewing other digital media that have been viewed in the past.	4.32	0.75	good
5. Watching such media helps create interest. More about Phayao sandstone Buddha statues.	4.35	0.67	good
6. A positive attitude towards viewing more antiquities and Buddhist art works.	4.36	0.66	good
7. The display and presentation are appropriate.	4.30	0.69	good
Total	**4.25**	**0.34**	good

The satisfaction of virtual media users engaging with Phayao sandstone Buddha statues yielded noteworthy insights. Upon analysis, it was determined that there existed no discernible difference in the level of satisfaction when comparing both sexes and different age ranges. This outcome was established with a statistical significance level of .05, indicating that the varying demographic factors of gender and age did not significantly influence the degree of satisfaction experienced by users interacting with the virtual media presentation of Phayao sandstone Buddha statues. This observation underscores the universality of the virtual media's appeal and effectiveness in conveying the essence and allure of these cultural artifacts, transcending demographic differentiations.

Table 2 Comparison of User Satisfaction Levels of Virtual Reality Media of Phayao Sandstone Buddha Statues. There was a Level of Satisfaction Towards the Virtual Media of the Phayao Sandstone Buddha Statues According to Sex.

Satisfaction	Male		Female		F	Sig.
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
Total	4.21	0.33	4.31	0.31	0.35	0.85*

* Statistical significance at the .05 level

As indicated in Table 2, the data gleaned from the sample of users who engaged with the virtual media of Phayao sandstone Buddha statues revealed that both male and female participants exhibited similar levels of satisfaction. Notably, this lack of disparity in satisfaction levels between genders was statistically significant at the 0.05 significance level. This suggests that the virtual media presentation of Phayao sandstone Buddha statues resonated equally with individuals of both genders, showcasing a consistent and equitable level of satisfaction across male and female users.

Table 3 Comparison of user satisfaction levels of virtual reality media of Phayao sandstone Buddha statues. There was a level of satisfaction towards the virtual media of the Phayao sandstone Buddha statues by age range.

Satisfaction	under 20 years old		20–30 years old		31– 40 years old		41–50 years old		upper 50 years old		Mean	S.D.
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
Total	4.29	0.28	4.21	0.37	4.25	0.39	4.30	0.17	4.11	0.25	4.24	0.33

* Statistical significance at the .05 level

As illustrated by the data presented in Table 3, the analysis encompassing users of the virtual media showcasing Phayao sandstone Buddha statues across different age groups revealed a consistent level of satisfaction. Importantly, this level of satisfaction remained statistically indistinguishable at the 0.05 significance level. Thus, it can be inferred that the satisfaction derived from engaging with the virtual media presentation of Phayao sandstone Buddha statues was uniform across the various age segments represented in the sample. This suggests that individuals spanning different age groups experienced comparable levels of contentment and gratification when interacting with the virtual representation of these cultural artifacts.

Discussion

Based on the study evaluating user satisfaction with virtual media usage for Sandstone Buddha statues of the Phayao's Craftsmen.

In order to compare user satisfaction with virtual media for Phayao Sandstone Buddha statues across different gender and age groups, a comprehensive examination was conducted. The study revealed that there existed a notable level of satisfaction with the virtual media representation of Phayao Sandstone Buddha statues. Importantly, this satisfaction was consistent across both genders and various age ranges, and no statistically significant differences were observed at the 0.05 significance level.

This finding underscores the efficacy of virtual media in satisfying users' curiosity and interest in Phayao Sandstone Buddha statues. The virtual media successfully stimulates engagement and cultivates a positive attitude toward experiencing antiquities and Buddhist art within a simulated virtual reality environment, facilitated by visual perception.

This outcome is in line with prior research conducted by Narut Soontranon, Panu Setthasethian, and Preesarn Rakwatin (2017). Their investigation into 3D modeling of multiple statues for cultural heritage emphasized the utility of accurate 3D data capture, which can be effectively utilized through various media channels such as websites, DVDs, and high-precision datasets. These resources serve as essential references, particularly in the restoration of culturally significant heritage sites.

Furthermore, when assessing individual elements of satisfaction, the study revealed that the most highly rated aspect was the positive attitude toward exploring additional antique Buddhist art pieces (Mean = 4.36, S.D. = 0.66). This observation highlights the potential of virtual reality technology in conveying information about

the Buddhist art and antiquities present in Phayao sandstone Buddha statues. Virtual reality, as an accessible and engaging learning medium, promotes continued exploration and facilitates the dissemination of clear and comprehensive information.

This conclusion aligns with the research conducted by Nat Disjaret, Korawat Phonyaem, Panida Wangkhahat, and Purim Jaruchamrat (2014), which demonstrated that augmented reality technology enhances content comprehension in a more accurate and efficient manner compared to conventional 2D learning methods. Moreover, users exhibited a consistently high level of overall satisfaction.

Similarly, the study corresponds with the findings of Wiwat Meesuwan (2014), who determined that users reported heightened sensations of novelty, excitement, enjoyment, and satisfaction when engaging with augmented reality technology developed by the researcher.

In summary, the study underscores the significant role of virtual media in fostering user satisfaction, generating interest in Phayao Sandstone Buddha statues, and cultivating positive attitudes toward exploring and appreciating antiquities and Buddhist art. This positive trend aligns with existing research highlighting the effectiveness of virtual and augmented reality technologies in enhancing learning experiences and overall user satisfaction.

Acknowledgments

The study was supported and funded by the 2022 Government Budget grant provided by University of Phayao.

References

Arbace, L., Sonnino, E., Callieri, M., Dellepiane, M., Fabbri, M., Iaccarino Idelson, A., & Scopigno, R. (2013). Innovative uses of 3D digital technologies to assist the restoration of a fragmented terracotta statue. Journal of cultural heritage, 332–345.

Aryana, M. R., Warsono, S., Achjari, D., & Nahartyo, E. (2022). Virtual reality learning media with innovative learning materials to enhance individual learning outcomes based on cognitive load theory. The international journal of management education, 100657.

Asefi, M., Khasraghi, S. S., & Roders, A. P. (2019). Art and technology interactions in Islamic and Christian context: Historical approach to architectural globalization. Frontiers of Architectural Research, 66–79.

Dozio, N., Marcolin, F., Scurati, G. W., Ulrich, L., Nonis, F., Vezzetti, E., .Ferrise, F. (2022). A design methodology for affective Virtual Reality. International journal of human–computer studies.

Remondino, F. (2011). Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning. Research Unit, Bruno Kessler Foundation Trento, Italy.

Kim, B. (2016). Virtual Reality as an Artistic Medium: A Study on Creative Projects Using Contemporary Head–Mounted Displays. Helsinki: Department of Media School of Arts, Design and Architecture Aalto University.

Kolay, S. (2016). Cultural heritage preservation of traditional Indian art through virtual new-media. Procedia, social and behavioral sciences, 309-320.

Narut, S., Panu, S., Scurati, G., Preesarn, R. (2017). 3D modeling from multiple images for cultural heritage. Geo-Informatics and Space Technology Development Agency.

Nat, D., Korawat, P., Panida, W., Purim, J. (2014). Development of learning materials Atomic structure and chemical bonding with Augmented Reality technology. Science, Technology and Environment for Learning Research Unit Journal Ubon Ratchathani University, 5(1),21-27.

Pregesbauer, D. (2016). Austria 360°: An Exploratory Study of User Experience on Tourism Virtual Reality Application. Vienna: Modul vienna university.

Rahaman, H., Champion, E., & Bekele, M. (2019). From photo to 3D to mixed reality: A complete workflow for cultural heritage visualisation and experience. Digital applications in archaeology and cultural heritage.

Vosinakis, S., Xenakis, I. (2011) . Virrtual World Installation in an Art Exhibition. Conference: Re-Thinking Technology in Museums.

Whyte, J. (2002). Virtual Reality and the Built Environment. Oxford: London.

Wiwat, M. (2014). The results of the development of learning materials with augmented reality technology About the group's national costume Asean Community. Journal of Social Communication Innovation, 2(2), 14-18.

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะเพื่อการกำหนดเส้นทางของรถขนขยะและสนับสนุนการจัดการขยะอัจฉริยะในเทศบาลตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

วิภพ แพงวังทอง[1*], ภูวเนตร พลูคำ[1], จิราพร กุลสุนทรรัตน์[1] และ มนตรี พิมพ์ใจ[2]

Application of Geographic Information System and Vehicle Routing Problem Analysis for Routing Garbage Trucks and Supporting Smart Waste Management in Maeka Sub-district Municipality, Muang District, Phayao Province

Wipop Paengwangthong[1*], Phoowanet Plukham[1], Jiraporn Kulsontornrat[1] and Montree Pimjai[2]

[1] Research Unit of Spatial Innovation Development, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

[2] Program of Environmental and Natural Resource Management, Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, Mahasarakham, 44150

[*] Corresponding author: wipop_p@hotmail.com

Received: September 22, 2023; Revised: December 10, 2023; Accepted: December 13, 2023

บทคัดย่อ

การรวบรวมขยะนับว่าเป็นการจัดการของหน่วยงานในท้องถิ่นที่สำคัญ อีกทั้งเป็นการลดต้นทุนการขนส่งที่มีส่วนช่วยอย่างมากในการประหยัดงบประมาณของประเทศ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะเพื่อกำหนดเส้นทางรถขนขยะที่เหมาะสมในเขตเทศบาลตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ชั้นข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับที่ตั้งบ่อฝังกลบขยะ โครงข่ายถนน ตำแหน่งของถังขยะและปริมาณขยะถูกปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันจากการสำรวจภาคสนามที่ดำเนินการในเดือนมิถุนายน พ.ศ.2566 แม้ว่าความสามารถในการบรรทุกมีเท่ากันแต่ภาระงานต่างกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของปริมาณขยะ ภายหลังการแบ่งเป็น 3 เขตการจัดเก็บตามปริมาณขยะและกำหนดเส้นทางที่ประหยัดเชื้อเพลิงที่สุดจากทุกทางเลือกที่เป็นไปได้โดยใช้การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสิ้นเปลืองค่าน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลง รวมไปถึงระยะเวลาและระยะทางโดยรวมของรถขนขยะลดลงด้วย นอกจากนี้ผลลัพธ์เหล่านี้ยังสามารถใช้เป็นต้นแบบในการสร้างขั้นตอนการจัดการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถประมวลผลการจัดเส้นทางได้อีกเป็นรายวันหรือในกรณีที่เงื่อนไขต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: การวิเคราะห์โครงข่าย, การรวบรวมขยะ, การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ

---

[1] หน่วยวิจัยการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

[2] สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

Abstract

Waste collection is considered a critical aspect of local organizational management. Furthermore, it plays a pivotal role in reducing transportation costs, significantly contributing to the country's budget savings. Therefore, this research aimed to apply Geographic Information System (GIS) and Vehicle Routing Problem (VRP) Analysis to determine an appropriate waste collection route in the Maeka sub-district Municipality, Muang District, Phayao Province. GIS data layer for landfill site, road networks, garbage bins, and their volume were updated from field surveys conducted in June 2023. Although the load-carrying capacity is equal, the workload varies, especially in terms of garbage volume. After identifying three collection zones based on waste quantities and determining the most fuel-efficient routes from all possible options using VRP, the results showed a significant reduction in fuel consumption. Additionally, the overall time and distance traveled by waste collection vehicles decreased. These results can serve as a model for creating more efficient management processes and can be used for daily route optimization or in cases where conditions change.

Keywords: Network Analysis, Garbage Collection, Vehicle Routing Problem Analysis

บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่สำคัญ (มีชัย วรสายัณห์, 2535) นับแต่อดีตเป็นต้นมา มีการรายงานว่าผลกระทบโดยตรงจากความต้องการความสะดวกสบายในด้านต่าง ๆ ของมนุษย์ กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และวิทยาการในการนำเอาทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2557) อีกทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตทางด้านอุตสาหกรรมเพื่อผลิตสินค้าที่จำเป็นต่อมนุษย์ ซึ่งกระบวนการผลิตบางอย่างอาจก่อให้เกิดของเสียสู่สิ่งแวดล้อม และผลของการบริโภคทำให้เกิดของเสียกระจายสู่สิ่งแวดล้อมในรูปของน้ำเสีย อากาศเป็นพิษ และขยะมูลฝอย

ปัญหาขยะมูลฝอยในประเทศไทย เฉพาะในปี พ.ศ.2564 ปริมาณขยะที่ไม่ถูกกำจัดอย่างถูกต้องมีมากถึง 7.81 ล้านตัน ซึ่งในปริมาณดังกล่าวนั้นเป็นปริมาณขยะมูลฝอยตกค้าง (ไม่ได้รับการจัดเก็บ) เท่ากับ 7.50 ล้านตัน ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม และองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศทั้ง 4,249 แห่ง กำลังประสบกับปัญหาวิกฤตขยะล้นเมือง เนื่องจากไม่มีการจัดเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยหรือระบบการจัดการขยะที่ดีพอ

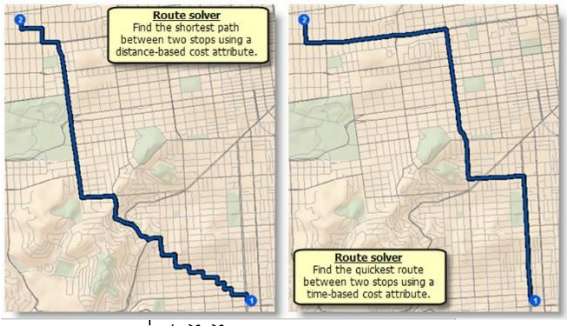
การรวบรวมขยะมูลฝอยเป็นหน้าที่ของหน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่น เช่น กรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา เทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล เป็นต้น การจัดการขยะขององค์กรเหล่านี้พบว่ามีการดำเนินการวางแผนจัดระบบและการตัดสินใจ กระทำโดยเจ้าหน้าที่หลายระดับ เช่น ระดับสำนักรักษาความสะอาดรับผิดชอบเรื่องกำหนดสถานที่ทิ้งและกำจัดขยะมูลฝอย ส่วนงานรักษาความสะอาดมีหน้าที่วางแผนกำหนดพื้นที่ที่รับผิดชอบของรถเก็บขนมูลฝอยแต่ละคัน และในส่วนของเส้นทางการเก็บขนมูลฝอยนั้น พนักงานขับรถจะเป็นผู้กำหนดและตัดสินใจว่าจะเข้าเก็บที่ตำแหน่งถังขยะใดก่อนหรือหลัง จากการทำงานดังกล่าว จะเห็นได้ว่า การกำหนดเส้นทางเป็นการตัดสินใจโดยมนุษย์จึงอาจทำให้เกิดการขับรถย้อนไปมาทำให้ต้องใช้ต้นทุนในการขนส่งทั้งเวลาและงบประมาณในการเก็บขนขยะมูลฝอยมาก ไม่สามารถทราบจุดปฏิบัติงานหรือเส้นทางที่แน่นอน

การตัดสินใจเลือกเส้นทางที่เหมาะสมมีความซับซ้อนมากและมีปัญหาในหลายประเด็น ประเด็นแรก คือ การเรียงลำดับตำแหน่งถังขยะก่อนหรือหลัง ยกตัวอย่างเช่น พนักงานขายตรงหรือเซลแมนที่ต้องเดินทางไปยังบ้านลูกค้า (รูปที่ 1 ก) หรือบุรุษไปรษณีย์ที่ต้องนำส่งพัสดุ 20 แห่ง หากประมวลผลความเป็นไปได้แล้วจะพบว่ามีรูปแบบของ

การเรียงลำดับ (Order) ก่อนหลังที่สามารถสลับหรือผสมผสานกันได้ (Combination) หรือมีความเป็นไปได้ทั้งหมด เท่ากับแฟกทอเรียล 20 (Factorial 20) หรือ ประมาณ 2 ล้านล้านล้านรูปแบบ (2,432,902,008,176,640,000 รูปแบบ) (จิรวัฒน์ ตั้งปณิธานนท์, 2565) อย่างไรก็ตาม ยังมีปัญหาในประเด็นที่สอง คือ การกำหนดเส้นทาง (Route) ที่เป็นไปได้ ตัวอย่างเช่น การเดินทางระหว่างแต่ละลำดับมีเส้นทาง (Route) ที่เป็นไปได้อีกหลายรูปแบบด้วยเช่นกัน (รูปที่ 1 ข) ซึ่งจะทำให้ปัญหามีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นอีกหลายเท่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะห่างและความซับซ้อนของโครงข่ายถนน (Road network) ยิ่งไปกว่านั้น ประเด็นที่สาม ปริมาณขยะในแต่ละถังและจำนวนรอบที่ใช้ในการเดินทางของรถย่อมเป็นปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนของการขนส่งอีกด้วย เนื่องจากความจุของรถมีจำกัดและรถแต่ละคันอาจมีขนาดความจุหรือน้ำหนักบรรทุกไม่เท่ากัน ดังนั้นการประมวลผลเพื่อหาเส้นทางที่มีต้นทุนน้อยที่สุดและคิดโดยมนุษย์นั้นย่อมเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปไม่ได้ รวมทั้งการพิจารณาหากมีรถหลายคันที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดหลายอย่างซึ่งเป็นสิ่งที่ยากหากใช้มนุษย์เป็นผู้คิดประมวลผล

ก. ปัญหาการเรียงลำดับที่ต้องเดินทางไปบ้านลูกค้า

ที่มา (ดัดแปลงจาก): Sketchplanations (2022)



ข. เส้นทางที่เป็นไปได้ของการเดินทางระหว่างแต่ละตำแหน่ง

ที่มา: ESRI (2023)

รูปที่ 1 ปัญหาการเรียงลำดับของการไปบ้านลูกค้าของพนักงานขาย และเส้นทางที่เป็นไปได้

สภาพปัญหาในปัจจุบันของการรวบรวมขยะในพื้นที่เขตเทศบาลตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ที่ได้รับข้อมูลจากผู้ศึกษาสำรวจภาคสนามและสัมภาษณ์กับพนักงานของเทศบาลตำบลแม่กา (ไม่ประสงค์ออกนาม) พบว่า ยังไม่มีระบบสนับสนุนการจัดการขยะอัจฉริยะ และสถานภาพในปัจจุบันมีรถขนขยะจำนวน 3 คัน ซึ่งการแบ่งภาระงานของรถแต่ละคันจะเป็นการแบ่งความรับผิดชอบเป็นรายหมู่บ้าน ได้แก่ รถขนขยะคันแรก ดูแลรับผิดชอบเก็บขยะในพื้นที่หมู่ที่ 1 2 10 และ 16 เป็นต้น จะเห็นว่าในการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนมูลฝอยแต่ละคันนั้นจะรับผิดชอบและตัดสินใจโดยพนักงานขับรถ ซึ่งใช้วิจารณญาณ ความรู้ความสามารถและประสบการณ์ของแต่ละคน จากการสำรวจและสัมภาษณ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าไม่มีการนำเอาหลักเกณฑ์ที่เหมาะสมมาใช้ประกอบการจัดเส้นทาง รวมทั้งไม่ได้มีการจัดเก็บข้อมูลที่จำเป็นเพื่อช่วยในการวิเคราะห์การจัดลำดับและค้นหาทางเลือกหรือเส้นทางที่เหมาะสม ดังนั้นเส้นทางที่ได้อาจไม่ใช่เส้นทางที่ประหยัดที่สุดสำหรับต้นทุนการขนส่ง หรือแม้แต่อาจจะเกิดปัญหาขยะเต็มรถและต้องวิ่งกลับไปเก็บขยะเป็นรอบที่สอง ซึ่งทำให้เสียเวลาและน้ำมันเชื้อเพลิงไปโดยใช่เหตุ

การจัดการขยะอัจฉริยะในปัจจุบันของประเทศไทย ไม่ว่าจะเป็นระบบบริหารจัดการการเก็บขยะอัจฉริยะ (Traffy waste) ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่พัฒนาให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นใช้งาน (NECTEC, 2017 และ Traffy, 2017) หรือ ระบบติดตามถังขยะอัจฉริยะ (ทิพานัน และคณะ, 2562) ล้วนแล้วแต่เป็นการจัดการขยะที่มีการอ้างอิงเชิงตำแหน่งของถังขยะและรถเก็บขยะ พร้อมทั้งการมีส่วนร่วมของประชาชนในการช่วยรายงานสภาพปัญหาขยะล้นถังได้ด้วย นอกจากนี้ยังสามารถทราบประวัติเส้นทางของรถเก็บขยะ

และสามารถติดตามตำแหน่งปัจจุบันของรถเก็บขยะได้ ทำให้สามารถสรุปเส้นทางและปริมาณเชื้อเพลิงเพื่อประกอบการตัดสินใจปรับเปลี่ยนเส้นทางรถเก็บขยะได้ จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การจัดการยังเป็นเพียงการจัดเส้นทางโดยเจ้าหน้าที่และมีข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจมากขึ้นเท่านั้น แต่ยังไร้ซึ่งการประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์หรือมีระบบจัดการเส้นทางรถขนขยะ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการประยุกต์ใช้ข้อมูลในรูปแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ทำการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บรวบรวมขยะในพื้นที่ศึกษา โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) และการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem Analysis: VRP) เพื่อใช้ในการจัดเส้นทางรวบรวมขยะตามศักยภาพที่มีของรถขนขยะทั้ง 3 คัน (รูปที่ 4) กับเงื่อนไขของการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดเพื่อประหยัดงบประมาณต้นทุนด้านเชื้อเพลิง และเสนอเป็นทางเลือกสนับสนุนการตัดสินใจของพนักงานผู้รับผิดชอบหรือผู้บริหารหน่วยงานราชการดังกล่าว นอกจากนี้เพื่อเป็นการสนับสนุนนโยบายการจัดการขยะอัจฉริยะให้เป็นจริงและสมบูรณ์แบบมากขึ้น

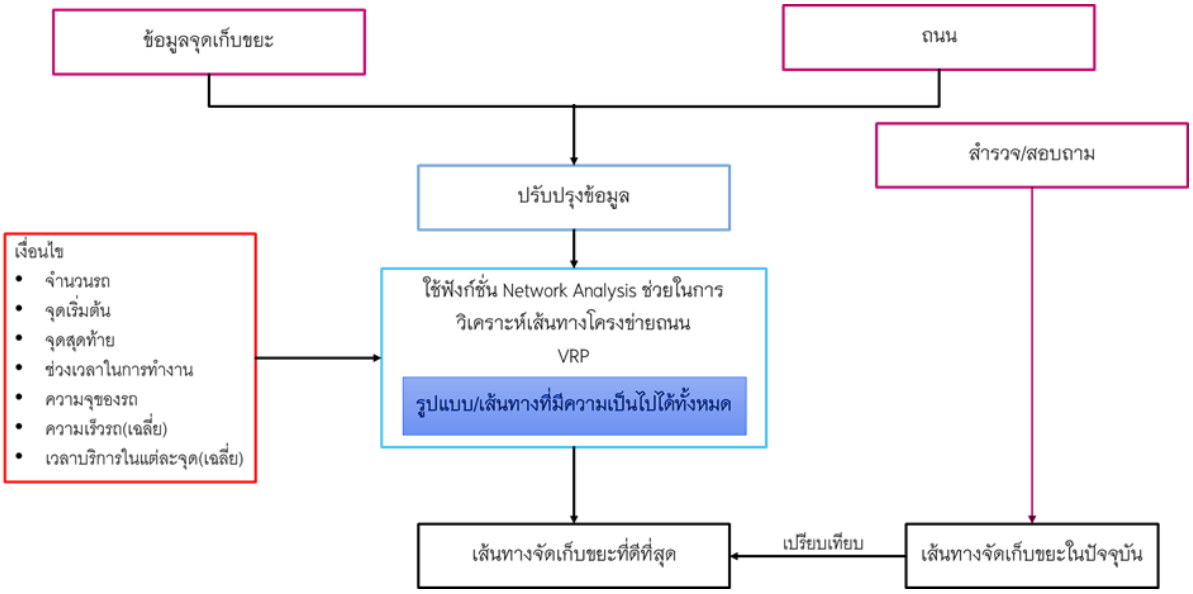
วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจและปรับปรุงชั้นข้อมูลที่ตั้งบ่อฝังกลบขยะ โครงข่ายถนน ตำแหน่งของถังและปริมาณของขยะ
2. เพื่อกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ

วิธีการดำเนินการวิจัย

กระบวนการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ (VRP) เพื่อกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยที่เหมาะสมด้านต้นทุนการขนส่ง สำหรับข้อมูลนำเข้ามีที่มาแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ข้อมูลกลุ่มแรก คือ ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของโลกจริง (Real world) หรือข้อมูลจากภาคสนาม ได้แก่ ชั้นข้อมูลถัง/จุดเก็บขยะ ชั้นข้อมูลโครงข่ายถนน และชั้นข้อมูลบ่อฝังกลบขยะ ข้อมูลกลุ่มที่สอง คือ การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ (VRP) ด้วยเงื่อนไขการจำลองสถานการณ์ ได้แก่ จำนวนรถ ช่วงเวลาในการทำงาน ความจุของรถ ความเร็วของรถ เวลาที่ใช้ในการเก็บขยะจากแต่ละถัง และตำแหน่งโรงรถและบ่อฝังกลบขยะ และข้อมูลกลุ่มที่สาม คือ เส้นทางการจัดเก็บรวบรวมขยะเดิมที่ใช้ในปัจจุบันนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของการศึกษา

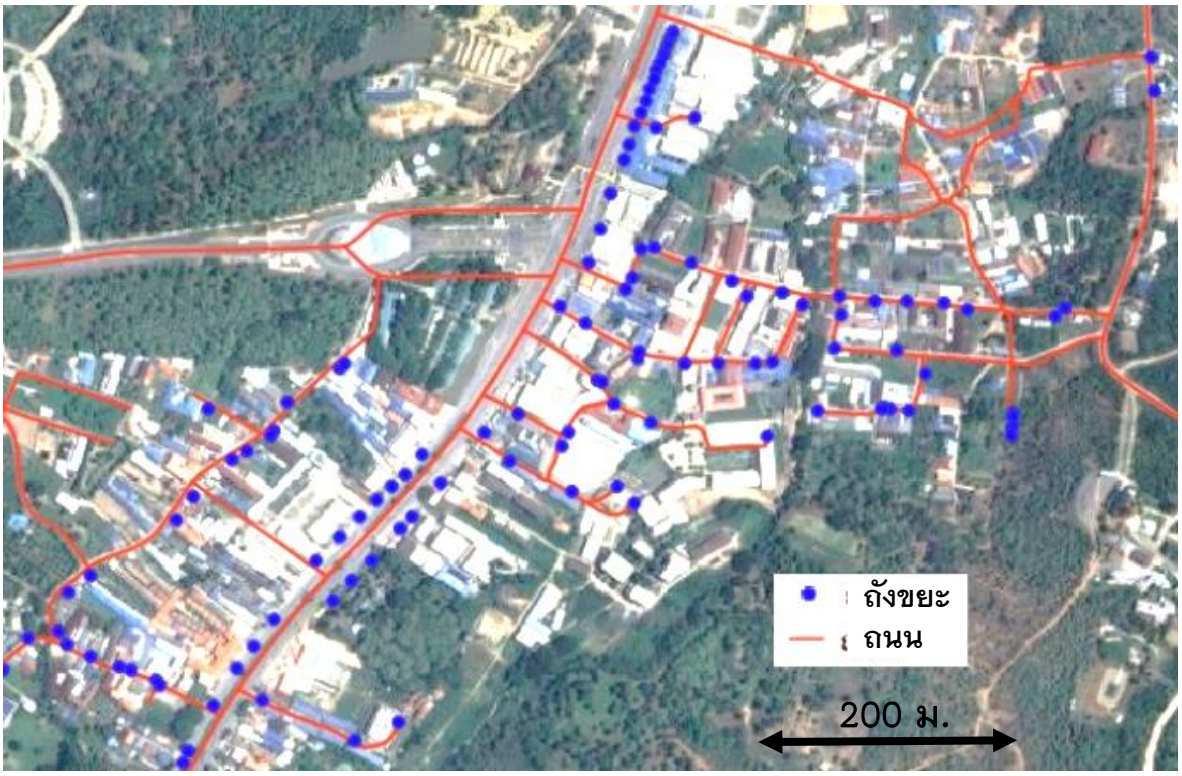
ขั้นตอนการศึกษา เริ่มต้นจากการปรับปรุงชั้นข้อมูลบ่อฝังกลบขยะ ถัง/จุดเก็บขยะ และชั้นข้อมูลโครงข่ายถนนให้เป็นปัจจุบัน หลังจากนั้นอาศัย Network Analysis และ VRP ประมวลผลภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดดังกล่าวข้างต้นเพื่อให้ได้รูปแบบ/เส้นทางจัดเก็บขยะที่ประหยัดต้นทุนการขนส่ง และหลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบกับเส้นทางเดิมที่ใช้จัดเก็บในปัจจุบัน กรอบแนวคิดและขั้นตอนหลักมีรายละเอียดดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2 กรอบขั้นตอนการดำเนินงาน

การนำเข้าและปรับปรุงข้อมูลจากภาคสนาม

ชั้นข้อมูลถัง/จุดเก็บขยะ ชั้นข้อมูลถนน และชั้นข้อมูลบ่อฝังกลบขยะจากการศึกษาของ วิภพ และคณะ (2558) ถูกแก้ไขปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันจากการสำรวจภาคสนามที่ดำเนินการในเดือนมิถุนายน พ.ศ.2566 ดังตัวอย่างบางส่วนในพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 3 ก) การแก้ไขปรับปรุงดังกล่าวทำการปรับปรุงทั้งตำแหน่งของถังขยะและปริมาณขยะที่ถูกจัดเก็บในตารางคุณลักษณะ (Attribute table) (รูปที่ 3 ข) นอกจากนี้สำหรับชั้นข้อมูลถนนถูกแก้ไขปรับปรุงโดยอาศัยภาพดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ให้บริการโดยกูเกิ้ลเอิร์ธเป็นแผนที่ฐาน สำหรับการอ้างอิงระบบพิกัด/ตำแหน่งนั้นอาศัยการดิจิไทซ์บนหน้าจอ (Digitize on screen) พร้อมทั้งใช้คำสั่ง Calculate Geometry เพื่อวัดความยาวถนน และทำการคูณกับความเร็วเฉลี่ยของรถเก็บขยะซึ่งกำหนดไว้ที่ 20 กิโลเมตร/ชั่วโมง เพื่อใช้คำนวณเวลาที่ใช้เดินทางของรถในแต่ละส่วนถนน (Segment) และบันทึกลงในตารางคุณลักษณะ ตัวอย่างดังรูปที่ 3 ข



ก. ชั้นข้อมูลถังขยะและถนนในบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยพะเยา (บางส่วนของพื้นที่ศึกษา)

Table
stores

Bintype	Weight	Location	ServiceTim
ถัง	28	หลักกิโล	1
ถัง	28	ศาลาเหลือง	1
ถัง	35	ตึกเขียวโซเซฟ	1
ถัง	28	ร้านตะกูลเงิน 2	1
ถัง	35	บ้านชมพู	1
ถัง	21	หอพักนาน่า	1
ถัง	35	ล้าง อัด ฉีด	1
ถัง	28	บ้านไม้ปูน	1

47 (0 out of 417 Selected)

Table
street

OBJECTID	Shape *	METERS	KPH	MINUTES
3	Polyline	167.09213	20	0.125319
4	Polyline	21.674875	20	0.016256
5	Polyline	8.587427	20	0.006441
6	Polyline	250.64778	20	0.187986
7	Polyline	999.31654	20	0.749487
8	Polyline	77.609824	20	0.058207
9	Polyline	448.41929	20	0.336314
10	Polyline	265.47588	20	0.199107
11	Polyline	19.716793	20	0.014788

0 (0 out of 708 Selected)

ข. ตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลถังขยะและถนน

รูปที่ 3 ชั้นข้อมูลถังขยะและถนน

การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ (VRP) ด้วยเงื่อนไขการจำลองสถานการณ์

ขั้นตอนนี้ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การแปลงชั้นข้อมูลไปเป็นชุดข้อมูลโครงข่าย (Network dataset) และการตั้งค่าการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ รายละเอียดแต่ละส่วนมีดังนี้

การแปลงทั้ง 3 ชั้นข้อมูล (บ่อฝังกลบขยะ ถังขยะ และถนน) ไปเป็นชุดข้อมูลโครงข่าย เป็นกระบวนการที่ใช้โปรแกรมสำเร็จรูประบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS เวอร์ชั่น 10.2 ที่มีขั้นตอนดังนี้ การนำเข้าชั้นข้อมูลที่ผ่านการปรับปรุงให้ทันสมัยแล้วถูกจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ Shapefile แปลงไปเป็น Feature class และ Feature dataset ที่อยู่ภายใน Geodatabase (ที่ได้เตรียมสร้างขึ้น รอไว้แล้ว) ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตุว่า ชั้นข้อมูลบ่อฝังกลบขยะ และถังขยะ

เป็นชั้นข้อมูลประเภทจุด (Point) แต่สำหรับชั้นข้อมูลถนนที่มีลักษณะเป็นชั้นข้อมูลประเภทเส้น (Line) นั้น ภายหลังกระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิดมีองค์ประกอบที่จำเป็นเพิ่มขึ้น ได้แก่ เส้น (Edge) จุดเชื่อมต่อ (Junction) และการเลี้ยว (Turn) ซึ่งจำเป็นสำหรับการวิเคราะห์โครงข่าย (Network analysis) นอกจากนี้ สำหรับข้อมูลถนนยังต้องมีการตั้งค่าข้อมูลคุณลักษณะโครงข่าย (Network attribute) หรือกำหนดว่า สดมภ์ใดใช้เป็นแหล่งข้อมูลแสดงระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเดินทางในแต่ละส่วนถนน รวมถึงการกำหนดหน่วยของระยะทางและเวลาด้วย ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีการกำหนดรูปแบบการเดินรถในแต่ละส่วนถนนเป็นแบบเดินรถทางเดียวหรือแบบสวนกันได้

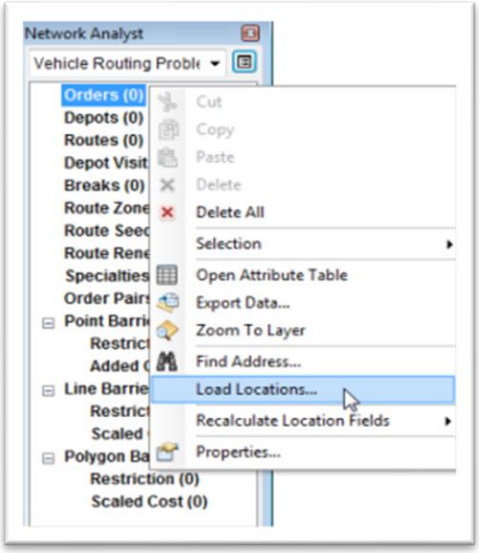
การตั้งค่าการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ (VRP) เป็นกระบวนการที่บรรจุอยู่ในชุดคำสั่ง Network analyst ของโปรแกรม ArcGIS สำหรับการใช้งาน VRP ผู้ใช้งานจำเป็นต้องเข้าไปตั้งค่าต่างๆ เพื่อกำหนดเป็นเงื่อนไขการจำลองสถานการณ์ ได้แก่ ตำแหน่งถังขยะถูกกำหนดเป็น Order จำนวนรถถูกกำหนดเป็น Route และตำแหน่งบ่อฝังกลบขยะถูกกำหนดเป็น Depot (รูปที่ 5 ก ข และ ค) นอกจากนี้ สำหรับเงื่อนไขที่เกี่ยวกับ ช่วงเวลาในการทำงาน ความจุของรถ ความเร็วของรถ เวลาที่ใช้ในการยกหรือเทขยะจากถังใส่รถ สามารถกำหนดค่าได้ในหน้าต่างของ Properties – Routes (รูปที่ 5 ง) และหน้าต่างการวิเคราะห์ VRP ดังรูปที่ 6 โดยที่การใช้เงื่อนไข/ข้อจำกัดการวิเคราะห์สามารถสรุปดังตารางที่ 1

คันที่ 1 หมายเลขทะเบียน 81-0240 พะเยา

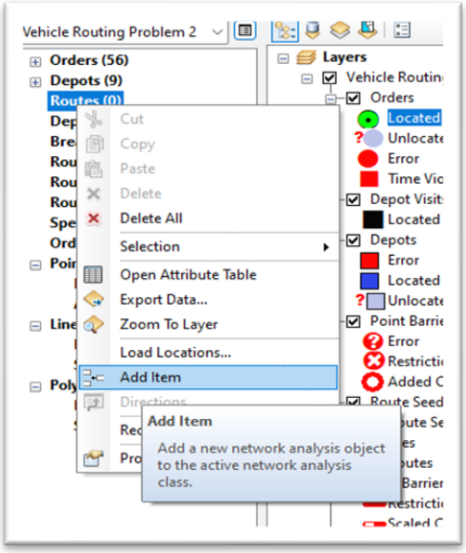
คันที่ 2 หมายเลขทะเบียน 80-9264 พะเยา

คันที่ 3 หมายเลขทะเบียน 80-7353 พะเยา

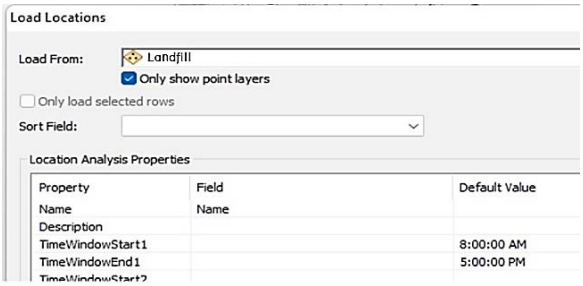
รูปที่ 4 ยานพาหนะที่ใช้ปฏิบัติงานเก็บรวบรวมขยะของเทศบาลตำบลแม่กา



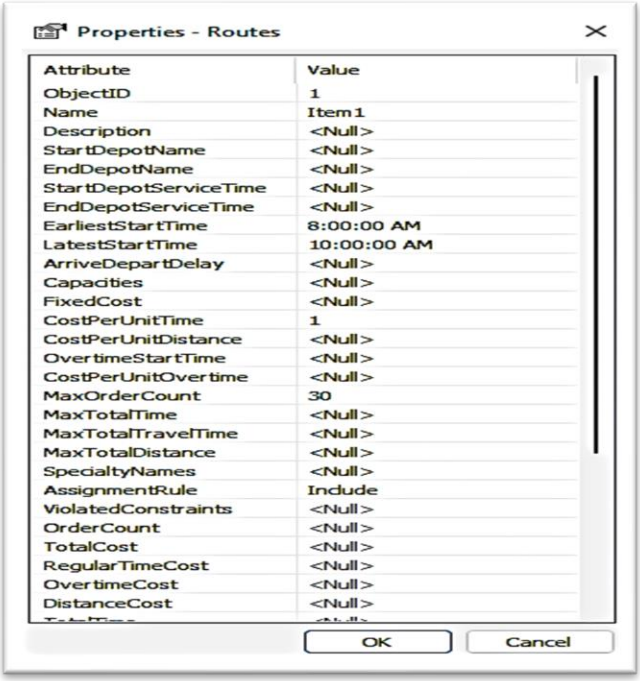
ก. การกำหนดตำแหน่งถังขยะเป็น Order



ข. การกำหนดจำนวนรถเป็น Route

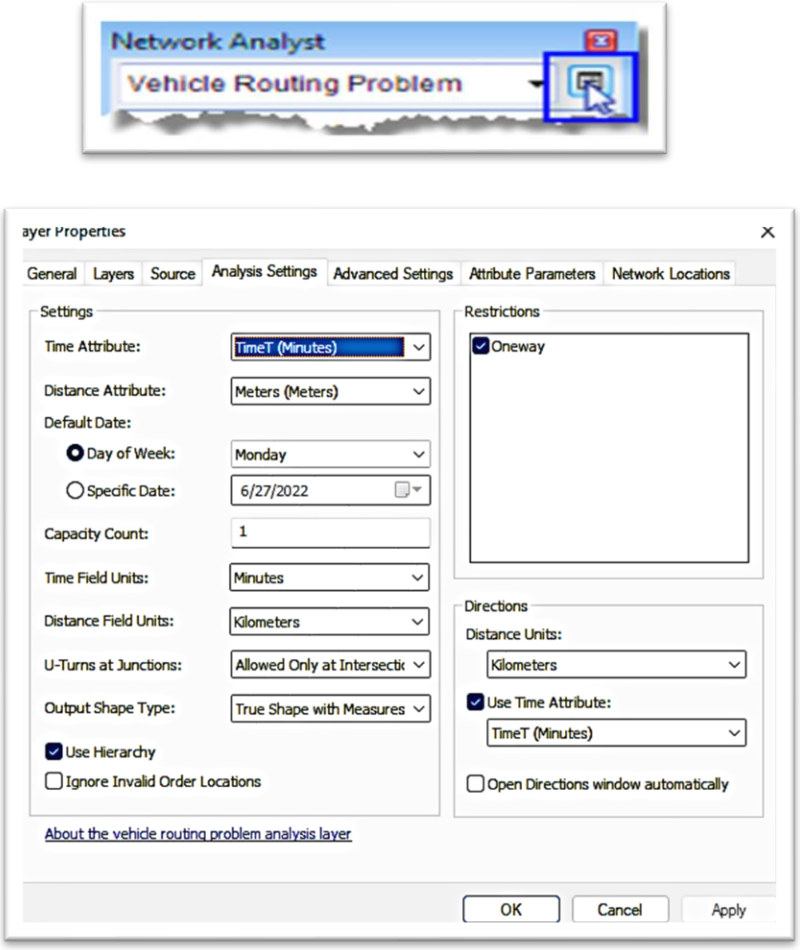


ค. การกำหนดบ่อฝังกลบขยะเป็น Depot



ง. การกำหนดเงื่อนไขในหน้าต่างของ Properties – Routes

รูปที่ 5 หน้าต่างสำหรับการตั้งค่าการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ



รูปที่ 6 หน้าต่างการตั้งค่าการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ

ตารางที่ 1 เงื่อนไขที่ถูกใช้ในการศึกษา

รถขนขยะ	รถคันที่ 1	รถคันที่ 2	รถคันที่ 3
เลขทะเบียนรถ	81-0240 พะเยา	80-9264 พะเยา	80-7353 พะเยา
ยี่ห้อ / รุ่น	อีซูซู 6 ล้อใหญ่		อีซูซู 6 ล้อเล็ก
	รุ่น FTR 240 แรงม้า		รุ่น NMR 130 แรงม้า
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	2.78 กิโลเมตร/ลิตร		6.50 กิโลเมตร/ลิตร
น้ำหนักรถรวม (ก.ก.)	10,000	10,000	5,500
น้ำหนักรถ (ก.ก.)	5,000	5,000	2,500
รองรับน้ำหนักขยะ (ก.ก.)	5,000	5,000	3,000
จุดเริ่มต้น	โรงจอดรถขนขยะ (19.085419843422976, 99.9193580134063)		
จุดสุดท้าย	บ่อฝังกลบขยะ (19.04347732100367, 99.91143538430279)		
เวลาเริ่มงาน	6:00 น.		
เวลาเลิกงาน	16:00 น.		
ความเร็วของรถ (เฉลี่ย)	20 กิโลเมตร/ชั่วโมง		
เวลาที่ใช้ในการเก็บขยะแต่ละถัง/จุด	1 นาทีต่อถัง(จุด)		

การเปรียบเทียบเส้นทางการจัดเก็บรวบรวมขยะที่ใช้ในปัจจุบันกับผลลัพธ์ของการศึกษา

เส้นทางที่ใช้ในปัจจุบันของการรวบรวมขยะในพื้นที่เขตเทศบาลตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ได้รับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามผู้ศึกษาขับรถตามรถขนขยะและสัมภาษณ์กับพนักงานของเทศบาลตำบลแม่กา (ไม่ประสงค์ออกนาม) ลงรายละเอียดในระดับเส้นทางการเดินรถรวบรวมขยะที่ระบุว่าถังใดจะถูกเก็บใส่รถคันใด จากนั้นแจกแจงและจัดทำข้อมูลออกมาเป็นข้อมูลตารางและแผนที่เพื่อการเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ VRP ทั้งในแง่ของจำนวนถังขยะ น้ำหนักรวม ระยะเวลา และระยะทางของรถแต่ละคัน นอกจากนี้ การคำนวณระยะทางโดยรวมและปริมาณเชื้อเพลิงขั้นต่ำที่ต้องใช้ของรถขนขยะ (รูปที่ 4) ยี่ห้อ อีซูซู 6 ล้อใหญ่ รุ่น FTR 240 แรงม้า หมายเลขทะเบียน 81-0240 และ 80-9264 พะเยา ด้วยอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล 2.78 กิโลเมตร/ลิตร (องค์การบริหารส่วนตำบลโคกกลาง, 2560) และรถขนขยะ ยี่ห้อ อีซูซู 6 ล้อเล็ก รุ่น NMR 130 แรงม้า หมายเลขทะเบียน 80-7353 พะเยา ด้วยอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล 6.50 กิโลเมตร/ลิตร (พันทิป.คอม, 2557) และราคาน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล 30 บาท/ลิตร

ผลการศึกษา

ผลการสำรวจและปรับปรุงชั้นข้อมูลที่ตั้งบ่อฝังกลบขยะ โครงข่ายถนน ตำแหน่งของถังและปริมาณของขยะรวมถึงผลการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ การดำเนินการแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

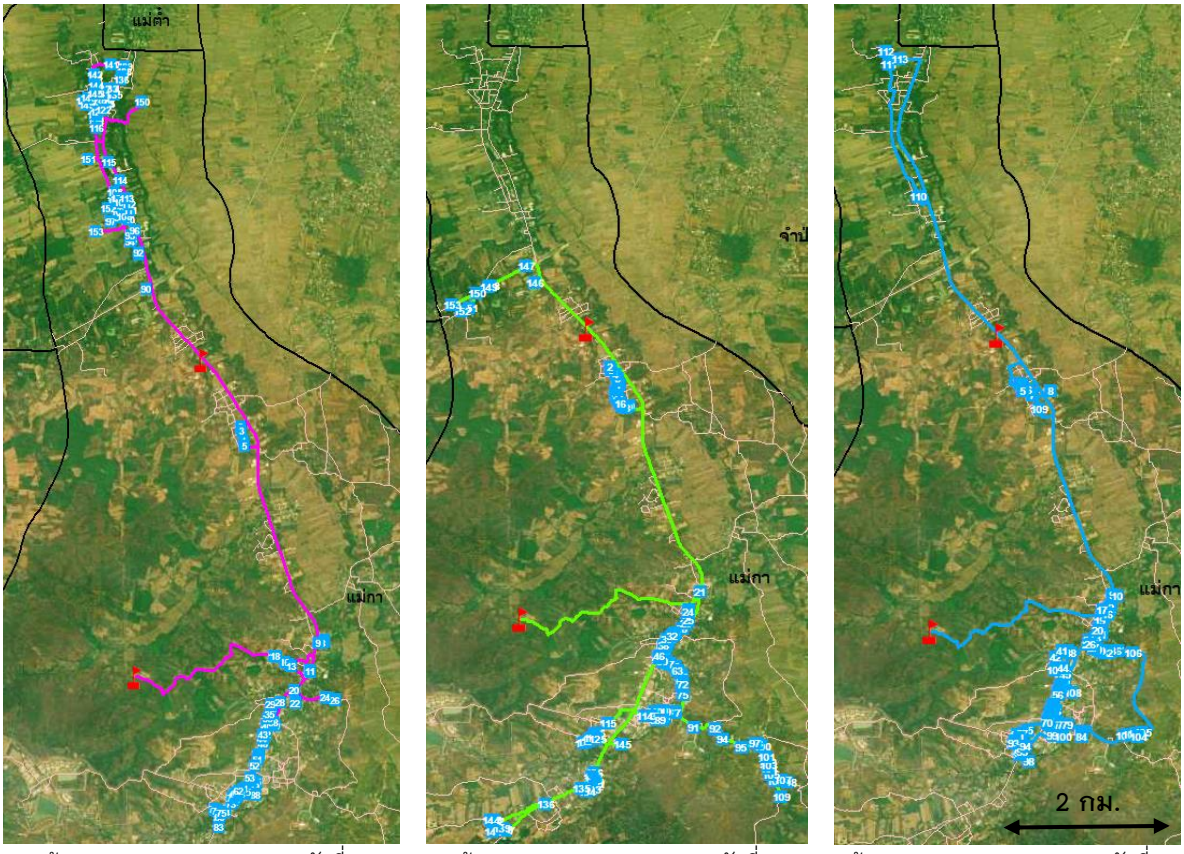
ผลการนำเข้าและปรับปรุงข้อมูลจากภาคสนาม

การนำเข้าและปรับปรุงชั้นข้อมูลถัง/จุดเก็บขยะ ชั้นข้อมูลถนน และชั้นข้อมูลบ่อฝังกลบขยะในพื้นที่ศึกษา พบว่ามีจำนวนถังขยะหรือจุดเก็บขยะทั้งหมดเท่ากับ 417 ถัง/จุด คิดเป็นปริมาณขยะรวมทั้งหมดเท่ากับ 12,390 กิโลกรัม โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณขยะต่อถัง เท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อถัง ดังรูปที่ 7 และ 8

การแก้ไขปรับปรุงดังกล่าวทำการปรับปรุงทั้งตำแหน่งของถังขยะและปริมาณของขยะถูกซึ่งจัดเก็บในตารางคุณลักษณะ (Attribute table) (รูปที่ 3 ข) นอกจากนี้สำหรับชั้นข้อมูลถนนถูกแก้ไขปรับปรุงโดยการสำรวจภาคสนามและอาศัยภาพดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ให้บริการโดยกูเกิ้ลเอิร์ธเป็นแผนที่ฐานเพื่ออ้างอิงระบบพิกัด/ตำแหน่งพร้อมทั้งอาศัยการดิจิไทซ์บนหน้าจอ (Digitize on screen) และคำสั่ง Calculate Geometry เพื่อวัดความยาวถนน และทำการคูณกับความเร็วเฉลี่ยของรถเก็บขยะซึ่งกำหนดไว้ที่ 20 กิโลเมตร/ชั่วโมง เพื่อการคำนวณระยะเวลาในการเดินทางของรถในแต่ละส่วนถนน (Segment) และบันทึกลงในตารางคุณลักษณะ ตัวอย่างดังรูปที่ 3 ข

ผลการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ (VRP) ด้วยเงื่อนไขการจำลองสถานการณ์

ภายหลัง การแปลงชั้นข้อมูลไปเป็นชุดข้อมูลโครงข่าย (Network dataset) และการตั้งค่าการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ (VRP) ที่บรรจุอยู่ในชุดคำสั่ง Network analyst ของ ArcGIS เพื่อจำลองสถานการณ์ดังรูปที่ 5 และ 6 พร้อมทั้งระบุเงื่อนไขดังตารางที่ 1 ผลลัพธ์ของการศึกษาพบว่า สามารถจัดเส้นทางรวบรวมขยะของรถทั้ง 3 คันได้ดังรูปที่ 7 และข้อมูลถูกสรุปในตารางที่ 2



เส้นทางรวบรวมขยะของรถขยะคันที่ 1 (หมายเลขทะเบียน 81-0240 พะเยา)

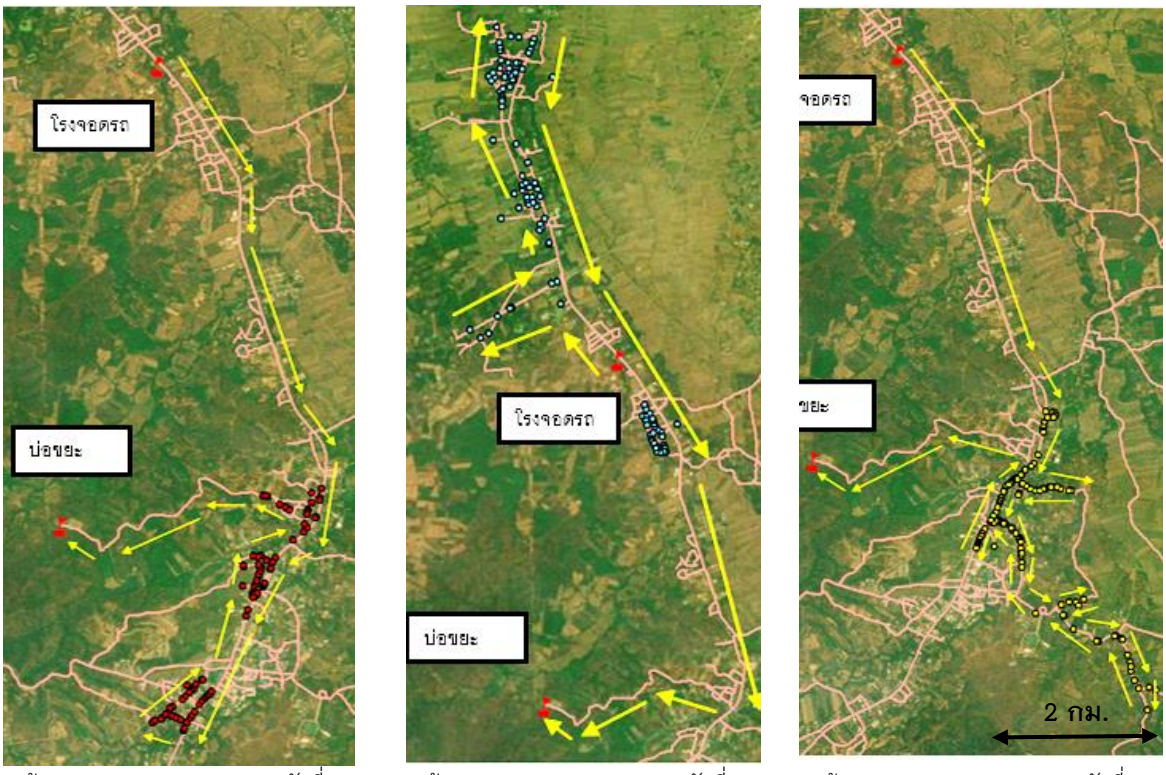
เส้นทางรวบรวมขยะของรถขยะคันที่ 2 (หมายเลขทะเบียน 80-9264 พะเยา)

เส้นทางรวบรวมขยะของรถขยะคันที่ 3 (หมายเลขทะเบียน 80-7353 พะเยา)

รูปที่ 7 ผลการจัดเส้นทางของยานพาหนะโดยใช้ VRP และข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผลการเปรียบเทียบเส้นทางการจัดเก็บรวบรวมขยะที่ใช้ในปัจจุบันกับผลลัพธ์ของการศึกษา

ผลการสำรวจเส้นทางรวบรวมขยะเดิมของเทศบาลตำบลแม่กาที่ได้รับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามและสัมภาษณ์กับพนักงานลงรายละเอียดในระดับเส้นทางการรวบรวมขยะในแต่ละถังนั้นจะถูกเก็บใส่รถขนคันใด พบว่า รถขนขยะแต่ละคันมีเส้นทางดังนี้ รถขยะคันที่ 1 (หมายเลขทะเบียน 81-0240 พะเยา) ออกจากโรงจอดรถเพื่อรวบรวมขยะในพื้นที่ หมู่ 1, 10 และบางส่วนของ หมู่ 2, 16 และสิ้นสุดที่บ่อขยะ รถขยะคันที่ 2 (หมายเลขทะเบียน 80-9264 พะเยา) ออกจาก โรงจอดรถเพื่อรวบรวมขยะในพื้นที่ หมู่ 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 17, หมู่บ้านนวโชติ1, นวโชติ2, กุลสิริ, ภูฟ้าธารา, ณัฏอาภา, ศูนย์พัฒนาฝีมือแรงงาน และสิ้นสุดที่บ่อขยะ รถขยะคันที่ 3 (หมายเลขทะเบียน 80-7353 พะเยา) ออกจากโรงจอดรถเพื่อรวบรวมขยะในพื้นที่ หมู่ 2 และ 16 และเข้าไปที่เส้นทางเข้าอ่างเก็บน้ำแม่ต๊ำ และสิ้นสุดที่บ่อขยะ ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



เส้นทางรวบรวมขยะของรถขยะคันที่ 1 (หมายเลขทะเบียน 81-0240 พะเยา)

เส้นทางรวบรวมขยะของรถขยะคันที่ 2 (หมายเลขทะเบียน 80-9264 พะเยา)

เส้นทางรวบรวมขยะของรถขยะคันที่ 3 (หมายเลขทะเบียน 80-7353 พะเยา)

รูปที่ 8 การจัดเส้นทางแบบเดิมของยานพาหนะ

ผลการเปรียบเทียบเส้นทางการจัดเก็บรวบรวมขยะที่ใช้ในปัจจุบันกับผลลัพธ์ของการศึกษา พื้นที่เทศบาลตำบลแม่กา พบว่ามีเส้นทางที่ทับซ้อนกันบางส่วนระหว่างเส้นทางเดิมและใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถนนหลวงหมายเลข 1 พหลโยธิน และถนนทางเข้าบ่อขยะซึ่งถูกใช้เป็นเส้นทางหลักของการสัญจรในพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ทำการแจกแจงรายละเอียดการรวบรวมขยะออกมาเป็นข้อมูลตารางและแผนที่เพื่อการเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ VRP ทั้งในแง่ของจำนวนถังขยะ น้ำหนักรวม ระยะเวลา และระยะทางของรถแต่ละคัน ผลการศึกษาพบว่า การรวบรวมขยะของรถขนขยะทั้ง 3 คัน มีระยะเวลาลดลงจากเดิม 798 นาที ลงเหลือเพียง 778 นาที และมีระยะทางลดลงจากเดิม 135.17 กิโลเมตร เหลือเพียง 125.67 กิโลเมตร นอกจากนี้ หากคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ของรถขนขยะทั้ง 3 คัน แล้วพบว่า ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อวัน ลดลงจาก 40.13 ลิตร เหลือเพียง 37.87 ลิตร และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อวัน ลดลงจากเดิม 1,241.34 บาท เหลือเพียง 1,136.16 บาท ยิ่งไปกว่านั้น หากพิจารณาเป็นรายเดือนหรือรายปี จะพบว่า สามารถประหยัดเงินได้ เท่ากับ 3,155.21 บาท/เดือน หรือ 38,388.39 บาท/ปี รายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางการจัดเก็บรวบรวมขยะแบบเดิมและใหม่(จากผลการศึกษา)

คันที่	เลขทะเบียน	จุดเก็บขยะ		น้ำหนัก (กิโลกรัม)		ระยะเวลา (นาที)		ระยะทาง (กิโลเมตร)		น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)		ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท)	
		เดิม	VRP	เดิม	VRP	เดิม	VRP	เดิม	VRP	เดิม	VRP	เดิม	VRP
1	81-0240	107	152	2,971	4,991	224	270	44.16	45.89	15.88	16.51	476.55	495.22
2	80-9264	231	152	6,610	4,361	379	268	55.82	44.16	20.08	15.88	602.37	476.55
3	80-7363	80	114	2,767	2,996	195	240	35.19	35.62	5.41	5.48	162.42	164.40
	รวม	418	418	12,348	12,348	798	778	135.17	125.67	41.38	37.87	1,241.34	1,136.16

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะเพื่อกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยที่ประหยัดต้นทุนการขนส่งของรถขนขยะในเขตเทศบาลตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ข้อมูลและกระบวนการส่วนใหญ่อาศัยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นหลักในการทำงาน ชั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องมีทั้งหมด 3 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ชั้นข้อมูลถัง/จุดเก็บขยะ ชั้นข้อมูลโครงข่ายถนน และชั้นข้อมูลบ่อฝังกลบขยะ นอกจากนี้อาศัยเงื่อนไขการวิเคราะห์ VRP ได้แก่ จำนวนรถ ช่วงเวลาในการทำงาน ความจุของรถ ความเร็วของรถ เวลาที่ใช้ในการเก็บขยะจากแต่ละถัง และตำแหน่งโรงรถและบ่อฝังกลบขยะ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงเส้นทางรวบรวมขยะที่ใช้งบประมาณค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจากเดิม 453,087.73 บาท/ปี เหลือเพียง 414,699.35 บาท/ปี นอกจากนี้ ผลการศึกษาจะถูกนำเสนอกับผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะของเทศบาลตำบลแม่กาเพื่อการสนับสนุนการวางระบบการจัดการขยะอัจฉริยะในอนาคตต่อไป อิ่งไปกว่านั้น หากมีการขยายพื้นที่ศึกษาไปยังองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่นจะสามารถช่วยประหยัดงบประมาณด้านนี้ได้อย่างมากอีกด้วยทั้งในระดับจังหวัด ระดับภาค หรือแม้แต่ระดับประเทศ

การเปรียบเทียบการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาที่เกี่ยวข้องก่อนหน้า จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษาของวิภพและคณะ (2558) ซึ่งมีพื้นที่ศึกษาเดียวกันยังคงเป็นเพียงการจัดเส้นทางรวบรวมขยะโดยใช้การวิเคราะห์โครงข่ายอย่างง่ายร่วมกับการตัดสินใจของคนเท่านั้น มิได้ใช้การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ (VRP) ซึ่งอาจทำให้เส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาอย่างครบถ้วนเพื่อค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้มีวิธีการที่ใกล้เคียงกันกับการศึกษาของ ESRI (2008) และ Heather Moe (2019) ในการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อการกระจายสินค้าในซานฟรานซิโก และภัสร์ศิร์ พลายละหาร (2562) ในการจัดเส้นทางเดินรถขนขยะในตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งข้อมูลปริมาณขยะแต่ละถังนั้นเป็นข้อมูลที่สมมุติขึ้น ต่างจากการศึกษานี้ที่มีการเก็บข้อมูลจริงภาคสนามในช่วงเวลาสถานการณ์ปกติ ซึ่งเทคนิค VRP นั้นสามารถที่จะนำไปใช้ในการช่วยค้นหาหรือออกแบบเส้นทางที่เหมาะสมได้ อย่างไรก็ตาม ยังมีฟังก์ชันหรือเงื่อนไขอื่นอีกของ VRP ที่การศึกษานี้ยังไม่ได้ใช้งาน เช่น การกำหนดและคิดค่าจ้างของพนักงานประจำรถเป็นรายชั่วโมง เพื่อแสดงถึงต้นทุนของการขนส่งและข้อจำกัดที่สมจริงมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพื้นที่ศึกษาไม่มีความซับซ้อนมากจึงไม่ได้ใช้งานข้อจำกัดดังกล่าวและเงื่อนไขอื่น ได้แก่ ห้ามเลี้ยวซ้ายหรือห้ามเลี้ยวขวา หรือห้ามกลับรถ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งถัดไป ประการแรก เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณขยะแต่ละถังนั้นมีผลต่อการจัดเส้นทางด้วย และการศึกษานี้ไม่พิจารณารวมไปถึงการกำหนดจุดเก็บขยะที่เหมาะสมด้วย เนื่องจากงบประมาณและเวลามีจำกัด ดังนั้นสำหรับการศึกษาครั้งถัดไปควรพิจารณาสัดส่วนของขยะ เช่น อาจเพิ่มปริมาณขยะขึ้นอีกร้อยละ 25 จากเดิม สำหรับกรณีช่วงเทศกาลที่มีปริมาณขยะมากกว่าวันธรรมดา และควรเพิ่มการศึกษาตำแหน่งของ

ถังขยะที่เหมาะสมด้วย ประการที่สอง หากมีการเพิ่มจำนวนรถขนขยะ หรือเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขใด ควรทำการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย ประการที่สาม ปริมาณขยะในการศึกษานี้ กำหนดในรูปแบบค่าน้ำหนักหน่วยเป็นกิโลกรัม อย่างไรก็ดีการกำหนดปริมาณขยะในรูปแบบปริมาตรหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร ยังควรถูกพิจารณาสำหรับบางพื้นที่ศึกษาและลักษณะของรถเก็บขนขยะที่ไม่สามารถบีบอัดขยะได้ รวมถึงเซนเซอร์ตรวจจับปริมาณขยะในถังด้วยที่ตรวจวัดขยะในรูปแบบปริมาตรหรือความสูงของขยะภายในถัง ดังเช่นในการศึกษาของทิพานัน และคณะ (2562) ประการสุดท้าย ข้อมูลความเร็วและอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ ยังเป็นเพียงค่าเฉลี่ยเท่านั้น เพราะฉะนั้นหากมีข้อมูลที่ละเอียดกว่านี้จะทำให้ผลการศึกษาถูกต้องสมจริงมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบคุณพนักงานของเทศบาลตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ที่ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาการจัดเส้นทางรวบรวมขยะในพื้นที่ศึกษา ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่สำหรับข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงการเผยแพร่ผลงานนี้ให้เป็นประโยชน์ในวงวิชาการและการพัฒนาเชิงพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2564). *ระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของประเทศ ปี พ.ศ.2564.* สืบค้นจาก https://thaimsw.pcd.go.th/report1.php?year=2564.

จิรวัฒน์ ตั้งปณิธานนท์. (2565, 1 สิงหาคม). ควอนตัมคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีทำลายโลก?. *beartai 7 HD.* สืบค้นจาก https://www.youtube.com/watch?v=bhPm54B1FCc.

ทิพานัน พงษ์สุวรรณ, อนุพงษ์ ติตะ และภานุวัตร อุทัยบาล. (2562). ระบบติดตามถังขยะอัจฉริยะ (Smart Trash Tracking System). *PULINET Journal, Vol 6*(2) 41–50.

พันทิป.คอม. (2557). *อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันของรถบรรทุกสี่ล้อใหญ่ หกล้อเล็ก จากการใช้งานจริงได้กี่กิโลเมตรต่อลิตร.* สืบค้นจาก https://pantip.com/topic/32804783.

ภัสร์ศิร์ พลายละหาร. (2562). *การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเส้นทางเก็บขนขยะ ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก* (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

มีชัย วรสายัณห์. (2535). ปัญหาสิ่งแวดล้อมและการป้องกันแก้ไข. *วารสารภูมิศาสตร์, 17*(1), 33–47.

วิภพ แพงวังทอง, กรองกาญจน์ โลหะเจริญสุข, ธิดารัตน์ เครื่องสนุก, สิริภาภรณ์ ดวงสิริ และสุรีรัตน์ พรมศิริ. (2558). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการจัดเส้นทางรถขนขยะของเทศบาลตำบลแม่กา. *การประชุมทางวิชาการระดับชาติ (Abstract) “พะเยาวิจัย ครั้งที่ 4”, วันที่ 29 – 30 มกราคม 2558.* พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2557). *วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน.* สืบค้นจาก http://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2014/20140404–sustainable–development.pdf.

องค์การบริหารส่วนตำบลโคกกลาง. (2560). *ประกาศองค์การบริหารส่วนตำบลโคกกลาง เรื่อง การกำหนดหลักเกณฑ์การใช้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถส่วนกลาง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561.* สืบค้นจาก http://www.khokyanglocal.go.th/khokyanglocal/mainfile/jOTfkxLEm6Yw.pdf.

Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2008). *ArcGIS Network Analyst Tutorial.* Retrieved from https://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/pdf/Network_Analyst_Tutorial.pdf.

Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2023). *Types of network analysis layers.* Retrieved from https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/types-of-network-analyses.htm.

Heather Moe. (2019). *Fleet Routing with the VRP Solver: Balancing Workloads*. Retrieved from https://www.esri.com/arcgis-blog/products/transportation/transportation/fleet-routing-with-the-vrp-solver-balancing-workloads/.

National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC). (2017). *Traffy Waste: ระบบจัดการการเก็บขยะอัจฉริยะ.* สืบค้นจาก https://www.nectec.or.th/innovation/innovation-software/traffywaste.html

Sketchplanations. (2022). *The travelling salesman problem*. Retrieved from https://sketchplanations.com/the-travelling-salesman-problem.

Traffy. (2017). *Traffy* Waste ระบบบริหารจัดการการเก็บขยะ.* สืบค้นจาก https://www.traffy.in.th/?page_id=1550.

คำแนะนำสำหรับผู้นิพนธ์

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ เป็นวารสารวิชาการจัดพิมพ์ โดยมหาวิทยาลัยพะเยา กำหนดพิมพ์ปีละ 3 ฉบับ ผู้นิพนธ์สามารถส่งเรื่องมาลงพิมพ์ได้ โดยไม่จำเป็นต้องเป็นสมาชิกหรือสังกัดมหาวิทยาลัยพะเยา ผลงานที่ได้รับการพิจารณาลงพิมพ์ในวารสารจะต้องมีสาระน่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิม หรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน

นอกจากนี้สำหรับการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ เจ้าของบทความต้องสามารถแสดงให้เห็นว่า ผู้เข้าร่วมในการวิจัยได้รับทราบข้อมูลและตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยโดยความสมัครใจ และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อน และไม่อยู่ระหว่างการพิจารณาลงพิมพ์ในวารสารใด ๆ บทความอาจถูกดัดแปลง แก้ไขเนื้อหา รูปแบบ และสำนวนตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล และนำไปอ้างอิงได้ หากผู้นิพนธ์มีข้อสงสัยในการจัดเตรียมต้นฉบับสามารถตรวจสอบระเบียบการตีพิมพ์ล่าสุดของวารสาร **ได้จาก E-mail: rusid@up.ac.th**

<u>การเตรียมต้นฉบับ</u>

1. ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้: แต่ละเรื่องจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์ และการเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตามหลักของราชบัณฑิตยสถานให้หลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีคำแปล หรือคำที่ใช้แล้ว ทำให้เข้าใจง่ายขึ้นคำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนปนภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะสำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องด้านการใช้ภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาอังกฤษก่อน

2. ขนาดของต้นฉบับ: ใช้กระดาษขนาด A4 (8.5x11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว จัดหน้าพิมพ์เป็นสองคอลัมน์ ในส่วนตารางและรูปภาพ ถ้ามีขนาดใหญ่สามารถใช้เป็น 1 คอลัมน์ได้

3. ชนิดและขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษร **Browallia New**

- ชื่อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 18 pt. ตัวหนา
- ชื่อผู้นิพนธ์ใช้ตัวอักษรขนาด 16 pt. ตัวปกติ
- หัวข้อหลักใช้ตัวอักษรขนาด 16 pt. ตัวหนา
- หัวข้อรองใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา
- บทคัดย่อและเนื้อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวปกติ
- เชิงอรรถ (อยู่ท้ายบทความหน้าแรก) ซึ่งจะมี ที่อยู่/สังกัดของผู้นิพนธ์ ทั้งภาไทยและภาษาอังกฤษ และ E-mail ของผู้นิพนธ์ ใช้อักษรขนาด 12 pt. ตัวปกติ

4. การส่งต้นฉบับ ผู้เสนอผลงานจะต้องส่งต้นฉบับแบบพิมพ์ ในรูปแบบของอิเล็กทรอนิคส์ไฟล์แบบ ".doc" (MS Word) มาที่ระบบ Thaijo

5. จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า และไม่ควรสั้นเกินไป โดยรวมทั้งตาราง รูปภาพ

6. รูปแบบการเขียนต้นฉบับ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ประเภทบทความรายงานผลงานวิจัย (Research article)
2. บทความวิชาการทันสมัยที่จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยใหม่ ๆ ที่ผู้อื่นได้ทำไว้มาก่อน (Review article)

7. ใส่เลขหน้ากำกับทุกหน้า ตรงกลางด้านบนของกระดาษ A4

<u>การเรียงลำดับหัวข้อในบทความผลงานวิจัย</u>

1. ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้น กะทัดรัด และสื่อเป้าหมายหลักของงานวิจัย ไม่ใช้คำย่อ ความยาวไม่ควรเกิน 100 ตัวอักษร (ประมาณ 2 บรรทัด) ชื่อเรื่องให้มีทั้ง**ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ** ต้นฉบับภาษาไทยให้พิมพ์ชื่อเรื่องภาษาไทยก่อน แล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ

2. ชื่อผู้นิพนธ์ [Author(s)] และที่อยู่ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และระบุหน่วยงานหรือสถาบันที่สังกัดและ E-mail address ของผู้นิพนธ์ เพื่อกองบรรณาธิการและผู้ที่สนใจบทนิพนธ์สามารถติดต่อได้

3. บทคัดย่อ (Abstract) เป็นการย่อเนื้อความงานวิจัยทั้งเรื่องให้สั้น และมีเนื้อหาครบถ้วนตามเรื่องเต็มความยาวไม่เกิน **250 คำ** ไม่ควรมีคำย่อ

4. คำสำคัญ (Keywords) ให้ระบุไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษา **ไม่ควรเกิน 5 คำ**

5. บทนำ (Introduction) เป็นส่วนเริ่มต้นของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา เหตุผล และวัตถุประสงค์ที่นำไปสู่การวิจัยนี้ ควรให้ข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจากการตรวจเอกสารประกอบ

6. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา (Materials and Methods) ให้ระบุรายละเอียดวัสดุอุปกรณ์ สิ่งที่นำมาศึกษา จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ และการแปรผล

7. ผลการศึกษา (Results) รายงานผลที่ค้นพบ ตามลำดับขั้นตอนของการวิจัย อย่างชัดเจนได้ใจความถ้าผลไม่ซับซ้อน และมีตัวเลขไม่มาก ควรใช้คำบรรยาย แต่ถ้ามีตัวเลขหรือตัวแปรมาก ควรใช้ตารางหรือแผนภูมิแทน ไม่ควรมีเกิน 5 ตารางหรือแผนภูมิ

8. วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion) แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบกับสมมติฐานของงานวิจัยที่ตั้งไว้หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือทิ้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไป

9. ตาราง รูป ภาพ แผนภูมิ (Tables, Figures, and Diagrams) ควรคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็นแทรกไว้ในเนื้อเรื่อง โดยเรียงลำดับให้สอดคล้องกับคำอธิบายในเนื้อเรื่อง และต้องมีคำอธิบายสั้นๆ ที่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วน

*****กรณีที่เป็น*ตาราง*คำอธิบายอยู่ด้านบน ถ้าเป็น*รูปภาพ แผนภูมิ* คำอธิบายอยู่ด้านล่าง (สำหรับรูปภาพจะต้องส่งในรูปแบบของอิเล็คทรอนิกส์ไฟล์ jpg.)*****

10. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) ระบุสั้น ๆ ว่างานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนและความช่วยเหลือจากองค์กรใด หรือผู้ใดบ้าง

11. เอกสารอ้างอิง (References) ระบุรายการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วน โดยใช้อ้างอิงแบบ APA (American Psychological Association) คือ ให้เรียงเอกสารที่ใช้อ้างอิงทั้งหมดตามลำดับตัวอักษรตัวแรกของรายการทีอ้างอิง โดยยึดวิธีการเรียงลำดับตามแบบพจนานุกรม โดยมีเอกสารอ้างอิงภาษาไทยก่อนภาษาต่างประเทศ

1. รูปแบบและตัวอย่างการอ้างอิงหนังสือ

ผู้แต่ง.\(ปีที่พิมพ์).*ชื่อบทความ* (ครั้งที่พิมพ์).\สถานที่เมืองพิมพ์: สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.

ผู้แต่ง.\(ปีที่พิมพ์).ชื่อบทความ.\ ใน ชื่อบรรณาธิการ (บรรณาธิการ).*ชื่อหนังสือ* (ครั้งที่พิมพ์,\ หน้า\ เลขหน้าที่อ้าง)สถานที่เมืองพิมพ์:\ สำนักพิมพ์.

ดังตัวอย่าง:

พิมพ์ระวี โรจน์รุ่งสัตย์. (2553). *การท่องเที่ยวชุมชน* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

2. รูปแบบและตัวอย่างการอ้างอิงในวิทยานิพนธ์

ผู้แต่ง.\(ปีที่พิมพ์).*ชื่อบทความ*.\ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตหรือวิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต),\ ชื่อจังหวัดมหาวิทยาลัย,\ ชื่อมหาวิทยาลัย.

ผู้แต่ง.\(ปีที่พิมพ์).*ชื่อบทความ*.\ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตหรือวิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต),\ ชื่อจังหวัดมหาวิทยาลัย,\ ชื่อมหาวิทยาลัย. สืบค้นวันที่ เดือน ปี,\ จาก (ระบุ URL)

ดังตัวอย่าง:

ชุติพงศ์ ร่มสนธิ์. (2551). *การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้แบบจำลอง CA-MARKOV บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่*. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

3. การอ้างอิงในวารสาร

ผู้แต่ง.\(ปีที่พิมพ์).ชื่อบทความ.*ชื่อวารสาร,\ ปีที่*(ฉบับที่), เลขหน้าที่, เลขหน้า.

ดังตัวอย่าง:

วีระภาส คุณรัตนสิริ. (2563). การศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์, 19*(2), 78-100.

4. รายงานจากการประชุมทางวิชาการ

ผู้แต่ง.\(ปีที่พิมพ์).\ชื่อบทความ.\ใน\, ชื่อหนังสือ (เลขหน้า).\ สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

ดังตัวอย่าง:

จันจิรา แก้วอ่อน. (2565). การสำรวจและทำแผนที่การท่องเที่ยวบ้านนาคูหา จังหวัดแพร่. *การประชุมวิชาการ (Proceedings) ทรัพยากรธรรมชาติ สารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 6 (NatGen 6th)*, วันที่ 24 – 25 กุมภาพันธ์ 2565 (น. 279 – 291). กรุงเทพฯ: ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

5. การอ้างจากข่าว

ชื่อผู้แต่ง.\(ปีพิมพ์,วัน เดือน).\ชื่อหัวข้อข่าว.*ชื่อหนังสือพิมพ์*,\เลขหน้า. สืบค้นจาก...

ดังตัวอย่าง:

มิ่งสรรพ์ ขาวสอาด. (2560, 24 พฤศจิกายน). ท่องเที่ยวไทย อานิสงส์ถ้วนหน้า. มติชนออนไลน์. สืบค้นจาก https://www.matichon.co.th /columnists/news_740965.

6. การอ้างจากบทความจากเว็ปไซต์

ผู้แต่ง.\(ปีที่พิมพ์).*ชื่อเรื่อง*.\ สืบค้นจาก ....

ดังตัวอย่าง:

อารยา จันทร์สกุล. (2561). *Overtourism ผลกระทบและแนวทางการจัดการเพื่อความยั่งยืน.* สืบค้นจาก https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Southern/ReasearchPaper/Overtourism.pdf.

ข้อมูลในการติดต่อ:

หน่วยวิจัยเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ (**RUSID**)
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000
โทร. 0 54-466666 ต่อ 2314
E-mail: rusid@up.ac.th

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ (JSID)

ประจำปีที่ 4 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2567 (Vol.4, No.3, September-December , 2023)

The Journal of Spatial Innovation Development

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000
โทรศัพท์ : 054-466666 ต่อ 2314 Email: rusid@up.ac.th