



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

Udon Thani Rajabhat University Journal of Science and Technology

ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม 2569) | Vol.14 Issue.2 (May – August 2026)

ISSN 2287 – 0083

บทความวิจัย

- ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF VETIVER, CITRONELLA, AND EAST INDIAN LEMONGRASS ESSENTIAL OILS AGAINST BACILLUS SUBTILIS: A PRELIMINARY DISK-DIFFUSION STUDY 1
Danisa Saelim, Mai Dulyapich, Thanarat Jitngamkham, Nat Panai, Nantawit Thongprasert, Pakkapol Worradechjumroen, Patcharawan Chanin, Natthadech Thamprajan and Khwanchai Pramoonsap
- DESIGN AND VALIDATION OF A LOW-COST AI-BASED RECYCLABLE WASTE CLASSIFICATION SYSTEM 12
Jakkrit Saengpeng, Chompunooch Saengpheng and Sheewan Boonthum
- การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว 34
วีระยุทธ์ คำป่าน และ สมบูรณ์ ชาวชายโง
- การปรับปรุงระบบสกัด รวบรวมข้อมูล และสรุปเหตุการณ์น้ำท่วมจากข่าวออนไลน์ด้วยโมเดล ภาษาขนาดใหญ่ 52
ชวลิต โควีระวงศ์, รัตถชล อ่างมณี, ไพรินทร์ มีศรี และ ดาวรรดา วีระพันธ์
- ANEMIA IN DOGS: DISEASE CLASSIFICATIONS, SEVERITY, AND CONCURRENT DISEASES IN NORTHEAST THAILAND 71
Narichsara Lertchaisathaporn, Pattara-Anong Bupata, Natruethai Thititanasub, Panisara Kunkitti and Pucharatsm Pannin



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (2569)

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Vol.14 Issue.2 (2026)

ISSN 2287-0083

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (2569)

วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY; ISSN 2287-0083) มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการของคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการและนักศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวารสารรับการตีพิมพ์เผยแพร่บทความ ในกลุ่มวิทยาศาสตร์สาขาเคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วัสดุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มเกษตรศาสตร์ สาขาพืชศาสตร์ เศรษฐศาสตร์เกษตร ประมง และสัตวศาสตร์ และกลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเครื่องกล, พลังงาน อิเล็กทรอนิกส์ ไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ โดยมีกำหนดเผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน) ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม) และฉบับที่ 3 (กันยายน-ธันวาคม) ของทุกปี

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศรา ธัญสุนทรสกุล	อธิการบดี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิปาก	รองอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ ลอยแก้ว	รองอธิการบดี

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี ยามะดี

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.นิราวรรณ กุณัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.ยศวริศ เสมามิ่ง

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (2569)

กองบรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ

ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลต แทนอมทอง

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปั่นล่อ

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง วชิราภากร

รองศาสตราจารย์ ดร.ลัดดา มีสุข

รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์

รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต กฤตาคม

รองศาสตราจารย์ ดร.โฆสิต ศรีภูธร

รองศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.ฤทธิชัย พิลาไชย

รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ เหมวงษ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงภู อุตรา

รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข

รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลินทร์ พ่อคำ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชภาคย์ จิตต์อารี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสิต คำหล้า

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร อังควิศิฐพันธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทิบุญมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา วงษ์สวัสดิ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยมหิดล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (2569)

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review)

รองศาสตราจารย์ ดร.กริช สมกันธา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยานนท์ สวัสดิ์นันทนาท	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร อินทะชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกตุร ดวงอุปมา	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ปงลังกา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ทุมมู	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ กุลสันติวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูเบศร์ พิพิธหิรัญการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศวริศ เสมามิ่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยสุดา ตันเลิศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.อนันต์ชัย ชูติภาสเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ดร.ศกุนตลา ศิริอุดม	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.นิธิมา ตติยอภิรัตน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี ยาบุษดี	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ญัณฐนันท์ สุวรรณวงค์	รองประธานกรรมการ
นายกวีพงษ์ หงส์ทอง	กรรมการ
ดร.เบญจธรรม สุขณวัฒน์	กรรมการ
นางสาวศิวพร ภูทองทอง	กรรมการ
นายธราดล ปราบภัย	กรรมการ
นางพิมพ์พรรณ ศรีภูธร	กรรมการ
นายอภิเดช อภิพัฒน์ภาคูล	กรรมการ
นางสาวนันทา คำบุญมา	กรรมการ
นายธนวิชัย ปัจจามาตย์	กรรมการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 (2569)

คณะกรรมการดำเนินงาน (ต่อ)

นางสาวณัฐพร แพงขวา	กรรมการ
นายรุ่งโรจน์ มีแก้ว	กรรมการและเลขานุการ
นางสาวศศิตา พงศาสิทธิ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการตรวจสอบภาษาต่างประเทศ

รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพรพิทย์ เลิศปรีดากร

พิสูจน์อักษร

นางสาวศิวพร ภูทองทอง

ออกแบบปก

นายสุรียา ชัยดำรงณ์
นางสาวศศิตา พงศาสิทธิ์

กำหนดการเผยแพร่

3 ฉบับต่อปี ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน)
ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม)
ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม)

สถานที่ติดต่อ

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000
โทรศัพท์: 042-211040 ต่อ 1702 เว็บไซต์: <http://rdi.udru.ac.th>
เว็บไซต์วารสาร: <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru>
อีเมล: scjournal@udru.ac.th

“ข้อความที่ปรากฏในบทความแต่ละเรื่องในวารสารวิชาการเล่มนี้
ไม่ใช่ความคิดเห็นและความรับผิดชอบของคณะผู้จัดทำ บรรณาธิการ
กองบรรณาธิการ และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ซึ่งความรับผิดชอบด้านเนื้อหาและการตรวจร่างบทความ
แต่ละเรื่องเป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน”

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เป็นวารสารที่ได้รับการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) อยู่ในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 5 พ.ศ. 2568-2572 ได้ประกาศให้วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ถูกจัดให้เป็นวารสารกลุ่มที่ 2 ซึ่งฉบับนี้เป็นปีที่ 14 ฉบับที่ 2 ประจำปี พ.ศ. 2569 มีบทความวิจัยจำนวน 5 บทความ ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมทั้งด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เกษตรศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี หวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฉบับนี้จะเป็นเวทีทางวิชาการ เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษาและผู้อ่านทุกท่าน สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ส่งบทความ และทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานของวารสาร

ปิยวดี ยามุขดี

บรรณาธิการ

สารบัญ

หน้า

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF VETIVER, CITRONELLA, AND EAST INDIAN LEMONGRASS ESSENTIAL OILS AGAINST BACILLUS SUBTILIS: A PRELIMINARY DISK-DIFFUSION STUDY	1
--	---

*Danisa Saelim, Mai Dulyapich, Thanarat Jitngamkham, Nat Panai,
Nantawit Thongprasert, Pakkapol Worradechjumroen,
Natthadech Tharnprajan, Patcharawan Chanin
and Khwanchai Pramoonsap*

DESIGN AND VALIDATION OF A LOW-COST AI-BASED RECYCLABLE WASTE CLASSIFICATION SYSTEM	12
--	----

Jakkrit Saengpeng, Chompunooch Saengpheng and Sheewan Boonthum

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว	34
--	----

วีระยุทธ์ คำปาน และ สมบูรณ์ ชาวชายโง

การปรับปรุงระบบสกัด รวบรวมข้อมูล และสรุปเหตุการณ์น้ำท่วมจากข่าวออนไลน์ ด้วยโมเดลภาษาขนาดใหญ่	52
---	----

ชวลิต โควีระวงศ์, รัตถชล อ่างมณี, ไพรินทร์ มีศรี และ ดาวรดา วีระพันธ์

ANEMIA IN DOGS: DISEASE CLASSIFICATIONS, SEVERITY, AND CONCURRENT DISEASES IN NORTHEAST THAILAND	71
---	----

*Narichsara Lertchaisathaporn, Pattara-Anong Bupata,
Natruethai Thititanasub, Panisara Kunkitti and Pucharatsm Pannin*

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF VETIVER, CITRONELLA, AND EAST INDIAN LEMONGRASS ESSENTIAL OILS AGAINST *BACILLUS SUBTILIS*: A PRELIMINARY DISK-DIFFUSION STUDY

Danisa Saelim¹, Mai Dulyapich², Thanarat Jitngamkham³, Nat Panai⁴,
Nantawit Thongprasert⁵, Pakkapol Worradechjumroen⁶, Natthadech Tharnprajan⁷,
Patcharawan Chanin⁸ and Khwanchai Pramoonsap^{9,*}

¹ Kasetsart University Laboratory School Center for Educational Research and Development

² Traill International School, ³ Benjamarachutit Ratchaburi School, ⁴ Srinan School

⁵ Samroi yod Wittayakhom School, ⁶ Bangkok Christian College

⁷ Satit Prasarnmit International Programme, ⁸ Assumption Samutprakarn School,

⁹ Independent researcher

Received: 19 June 2026

Revised: 25 August 2026

Accepted: 26 August 2026

Abstract

Antimicrobial resistance has increased interest in plant-derived antibacterial agents. This study aimed to evaluate and descriptively compare the antibacterial activities of Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), Citronella (*Cymbopogon nardus*), and East Indian lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) essential oils against *Bacillus subtilis*. Preliminary antibacterial screening was conducted using an adapted disk-diffusion method. Gentamicin and sterile distilled water served as positive and negative controls, respectively. Inhibition-zone diameters were measured after 24 h and reported as mean $\pm$ standard deviation from three independent biological replicates. All three oils produced measurable inhibition zones. Vetiver oil had the largest observed mean zone among the oils (17.33 ± 1.53 mm), followed by East Indian lemongrass oil (15.00 ± 1.00 mm) and Citronella oil (13.67 ± 1.53 mm). Gentamicin produced a mean

* Corresponding author: Khwanchai Pramoonsap

E-mail: Khwananight@gmail.com

zone of 24.33 ± 0.58 mm. Sterile distilled water produced no inhibition beyond the 6-mm disk. Because no inferential statistical analysis was performed, treatment differences should be interpreted descriptively rather than as statistically significant. The findings show that the three oils inhibited *B. subtilis* under the tested conditions. Further studies should chemically characterize the tested oil batches, reproduce the screening findings, and evaluate additional Gram-positive and Gram-negative bacterial species.

Keywords: Essential oil, *Bacillus subtilis*, Antibacterial activity, Vetiver, Disk diffusion

Introduction

Antimicrobial resistance reduces the effectiveness of conventional antibiotics and contributes to persistent bacterial infections (Touati et al., 2025). These challenges have increased interest in plant-derived antimicrobial agents. Essential oils are complex mixtures of volatile phytochemicals, including terpenes, phenols, aldehydes, and alcohols, and several have demonstrated antibacterial activity (Reichling, 2020; Touati et al., 2025).

Essential oils from Poaceae species are of particular interest. Citronella (*Cymbopogon nardus*) oil commonly contains citronellal, citronellol, and geraniol, whereas East Indian lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) oil is generally rich in citral, principally geranial and neral (Gao et al., 2020; Elmi et al., 2025). Published analyses of Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) oil report sesquiterpenoid constituents such as khusimol, vetiverol, and alpha-vetivone (Thongmee et al., 2025). These literature-derived profiles are summarized in Table 1; the chemical composition of the batches used in this experiment was not measured.

Previous studies have reported antibacterial effects of Poaceae-derived essential oils against Gram-positive and Gram-negative organisms (Budzyńska et al., 2011; Gao et al., 2020; Touati et al., 2025). However, direct comparisons

of Vetiver, Citronella, and East Indian lemongrass oils against *B. subtilis* are limited. Although *B. subtilis* can form biofilms, the present experiment assessed only growth inhibition in a disk-diffusion assay and did not assess biofilm formation, inhibition, or eradication. Therefore, this study aimed solely to evaluate and descriptively compare the antibacterial activities of the three oils against *B. subtilis* and to identify patterns warranting further quantitative investigation.

Table 1. Major phytochemical constituents reported in previous literature

Essential oil	Scientific name	Major reported constituents*
Vetiver	<i>Chrysopogon zizanioides</i>	Khusimol, vetiverol, α -vetivone
Citronella	<i>Cymbopogon nardus</i>	Citronellal, citronellol, geraniol
East Indian lemongrass	<i>Cymbopogon flexuosus</i>	Citral (geranial and neral), myrcene

* Compiled from previous studies (Elmi et al., 2025; Thongmee et al., 2025). These constituents were not independently quantified in the present study.

Materials and Methods

Study variables

The independent variable was the essential-oil treatment. The dependent variable was inhibition-zone diameter. Controlled conditions included the bacterial inoculum, incubation temperature and duration, disk diameter, agar medium, and nominal treatment volume.

Essential oils

Commercial essential oils of Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), Citronella (*Cymbopogon nardus*), and East Indian lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) were obtained from Chemipan Corporation Co., Ltd. (Bangkok, Thailand). The oils were used without further dilution and stored in sealed amber-glass bottles at 4 °C until use. Available product-identification and traceability information is summarized in Table 2.

Table 2 Identification and traceability information for the essential-oil products used in the study

Essential oil	Botanical source and plant part	Product description	Supplier and product identifier	Batch/lot number
Vetiver	<i>Chrysopogon zizanioides</i> ; roots/rootlets ¹	Steam-distilled; supplier-designated Pure Essential Oil ²	Chemipan Corporation Co., Ltd., Thailand; Product ID 989; code AB2203-A ³	Not recorded; could not be recovered
Citronella	<i>Cymbopogon nardus</i> ; leaves/aerial parts ¹	Steam-distilled; supplier-designated Pure Essential Oil ²	Chemipan Corporation Co., Ltd., Thailand; AB0307; Product ID 173 ³	Not recorded; could not be recovered
East Indian lemongrass	<i>Cymbopogon flexuosus</i> ; leaves/aerial parts ¹	Steam-distilled; supplier-designated Pure Essential Oil; supplier specification: total citral <80% ²	Chemipan Corporation Co., Ltd., Thailand; AB1204; Product ID 181 ³ ; origin listed as India	Not recorded; could not be recovered

¹ Plant parts are the conventional source materials for these oils but were not independently verified for the tested bottles.

² Product description and extraction method were reported by the supplier and were not independently verified; the oils were not chemically characterized by GC-MS.

³ Product identifiers were obtained from Chemipan product documentation.

The lot numbers of the experimental bottles were not recorded; therefore, publicly available certificate batch numbers were not assigned to the tested samples.

Bacterial strain and inoculum preparation

Bacillus subtilis TISTR 008 was obtained from the Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathum Thani, Thailand, and used as the test organism. The reference stock strain was maintained on nutrient-agar slants at 4 °C and subcultured before each bioassay. A single isolated colony was inoculated into 5 mL of sterile nutrient broth and incubated aerobically at 37 °C

with shaking at 150 rpm for 18–24 h. The bacterial suspension was adjusted with sterile 0.85% (w/v) physiological saline to match a 0.5 McFarland standard, corresponding to approximately 1.5×10^8 CFU/mL, and was used within 15 min of preparation.

Disk-diffusion screening assay

Preliminary antibacterial screening was performed using an agar disk-diffusion procedure adapted from Maleki & Bakhsh (2023), with modifications to the agar medium, essential-oil loading volume, control preparations, incubation duration, and number of independent biological replicates. Mueller–Hinton agar plates containing 20 mL of medium at an approximate depth of 4 mm were uniformly inoculated with the standardized bacterial suspension using sterile cotton swabs streaked in three directions to produce confluent growth. The assay was used for comparative screening only; clinical interpretive breakpoints were not applied.

Sterile Whatman No. 1 filter-paper disks (6-mm diameter) were loaded with 20 μ L of undiluted essential oil in two successive 10- μ L aliquots and allowed to absorb under aseptic conditions for 5 min to minimize direct runoff onto the agar. Gentamicin sulfate solution (100 μ g/mL) was applied at 10 μ L per disk, providing a final dose of 1 μ g/disk, as the positive control. Sterile distilled water (20 μ L/disk) served as the negative control. The loaded disks were placed on the inoculated agar with sterile forceps and pressed gently to ensure complete contact. Plates were inverted and incubated aerobically at 37 °C for 24 h.

Following incubation, clear zones of inhibition were measured across two perpendicular axes using a precision digital vernier caliper (Mitutoyo, Japan; accuracy ± 0.01 mm), including the 6 mm disk diameter. For disks with no detectable halo, the value was recorded as 6.00 mm (indicating 0 mm inhibition beyond the disk). All assays were conducted in three independent biological replicates performed on separate days.

Data analysis

Inhibition-zone diameters were summarized as mean $\pm$ standard deviation. Given $n = 3$ and the preliminary screening design, no inferential statistical tests were performed. Treatment comparisons are therefore descriptive and do not establish statistically significant differences.

Biosafety considerations

Standard aseptic technique and laboratory biosafety practices were used. Culture media, bacterial cultures, and contaminated materials were autoclaved before disposal.

Results

Antibacterial activity against *Bacillus subtilis*

All three essential oils produced visible inhibition zones against *B. subtilis* under the tested disk-diffusion conditions. The gentamicin positive control also produced a visible inhibition zone, whereas the sterile distilled-water negative control produced no inhibition beyond the paper disk.

The mean inhibition-zone diameters are presented in Table 3. Gentamicin produced a mean zone diameter of 24.33 ± 0.58 mm. Among the essential oils, Vetiver oil had the largest observed mean inhibition zone (17.33 ± 1.53 mm), followed by East Indian lemongrass oil (15.00 ± 1.00 mm) and Citronella oil (13.67 ± 1.53 mm).

The distilled-water control produced a recorded diameter of 6.00 ± 0.00 mm, which corresponded to the diameter of the paper disk itself. Therefore, this result represented 0 mm of inhibition beyond the disk and was interpreted as no detectable antibacterial activity.

Based on the observed mean values, the descriptive order of inhibition-zone diameter was:

Gentamicin > Vetiver > East Indian lemongrass > Citronella > distilled water

This ordering represents a descriptive comparison only. Because the study included three independent biological replicates and no inferential statistical analysis, the observed differences should not be interpreted as statistically significant.

Table 3 Disk-diffusion screening results against *Bacillus subtilis*

Treatment	Zone diameter (mm), mean $\pm$ SD	Interpretation
Vetiver (<i>C. zizanioides</i>)	17.33 $\pm$ 1.53	Measurable inhibition zone
East Indian lemongrass (<i>C. flexuosus</i>)	15.00 $\pm$ 1.00	Measurable inhibition zone
Citronella (<i>C. nardus</i>)	13.67 $\pm$ 1.53	Measurable inhibition zone
Gentamicin (1 μ g/disk)	24.33 $\pm$ 0.58	Measurable inhibition zone
Distilled water	6.00 $\pm$ 0.00	No inhibition beyond disk

Note: Reported zone diameters include the 6-mm paper disk. Results were obtained from three independent biological replicates and were analysed descriptively.

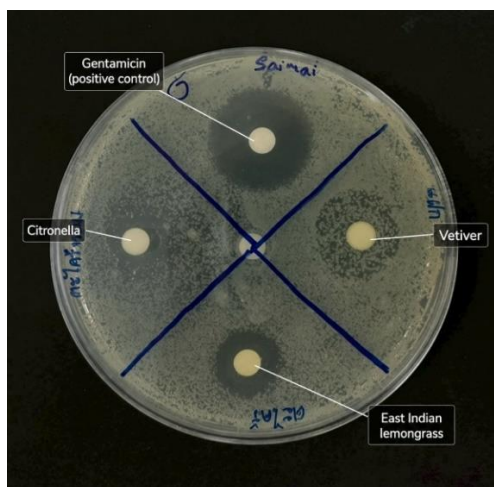


Figure 1 Representative disk-diffusion screening of essential oils against *Bacillus subtilis*. Disk positions were as follows: gentamicin positive control, top; Citronella, left; Vetiver, right; and East Indian lemongrass, bottom.

The sterile distilled-water negative control was tested separately and is not shown.

Discussion

The present study provides preliminary evidence that Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), Citronella (*Cymbopogon nardus*), and East Indian lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) essential oils inhibit *Bacillus subtilis* under the tested disk-diffusion conditions. All three oils produced measurable inhibition zones, whereas sterile distilled water produced no inhibition beyond the paper disk. Vetiver oil had the largest observed mean zone among the oils, followed by East Indian lemongrass and Citronella oils. Because the comparisons were descriptive, this ordering should not be interpreted as demonstrating statistically significant differences.

The observed activity is broadly consistent with evidence that essential oils derived from Poaceae species can inhibit bacterial growth (Budzyńska et al., 2011; Gao et al., 2020; Elmi et al., 2025; Touati et al., 2025). Essential oils contain complex mixtures of volatile constituents that may affect bacterial membranes, permeability, enzymes, and cellular metabolism (Reichling, 2020; Touati et al., 2025). These mechanisms were not investigated directly; therefore, the inhibition observed here cannot be attributed to a specific mechanism.

Published analyses indicate that Vetiver oil may contain sesquiterpenoids, whereas Citronella and East Indian lemongrass oils commonly contain citronellal-, geraniol-, and citral-related compounds (Gao et al., 2020; Elmi et al., 2025; Thongmee et al., 2025). However, the experimental oil batches were not analysed by gas chromatography–mass spectrometry. The observed effects therefore cannot be assigned to individual constituents or presumed compositional differences among the oils.

Disk-diffusion findings require cautious interpretation because inhibition-zone diameter reflects both bacterial growth inhibition and diffusion of the tested material through agar. The hydrophobicity, molecular size, polarity, and volatility of essential-oil constituents can influence diffusion; consequently, a larger zone does not necessarily establish greater intrinsic antibacterial potency

(Balouiri et al., 2016). Gentamicin and the essential oils also differ in composition, dose, solubility, and diffusion behaviour and should not be interpreted as therapeutically equivalent.

This study assessed inhibition of planktonic bacterial growth only. Although *B. subtilis* can form biofilms, no biofilm-formation, inhibition, or eradication assay was performed. Accordingly, the disk-diffusion findings provide no evidence of antibiofilm activity (Budzyńska et al., 2011; Kavanaugh & Ribbeck, 2012).

Several limitations should be considered. Only one bacterial species was tested, so the findings cannot establish an antibacterial spectrum or be generalized to other Gram-positive or Gram-negative organisms. Only three independent biological replicates were conducted, and no inferential statistical analysis was performed. Disk diffusion is also influenced by agar-diffusion behaviour and provides only preliminary comparative screening. Furthermore, the lot numbers of the tested products were not recorded, the product information was not independently authenticated, and the chemical composition of the experimental batches was not verified. Cytotoxicity, stability, formulation characteristics, and safety were not evaluated. These limitations preclude clinical, pharmaceutical, food-preservation, or industrial claims.

Future work should reproduce the disk-diffusion findings using fully traceable, chemically characterized oil batches, a larger number of independent biological replicates, and additional Gram-positive and Gram-negative bacterial species. If antibiofilm or practical applications are proposed, those properties should be evaluated directly using appropriate biofilm, stability, and safety assays.

Overall, the three essential oils produced measurable inhibition zones against *B. subtilis* under the specified conditions. Vetiver oil had the largest observed mean zone among the oils, but the descriptive findings do not establish statistically significant differences or relative antibacterial potency. The results

should therefore be interpreted as preliminary, organism-specific screening evidence.

Conclusion

Under the tested disk-diffusion conditions, Vetiver, Citronella, and East Indian lemongrass essential oils produced measurable inhibition zones against *Bacillus subtilis*. Vetiver oil had the largest observed mean zone among the three oils; however, the results were descriptive and do not establish statistically significant differences or relative antibacterial potency. The conclusions are restricted to preliminary growth-inhibition screening of *B. subtilis* under the specified conditions and should not be generalized to other bacterial species, antibiofilm activity, safety, or practical application.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge Dr. Kasem Theerakrittayakorn for his valuable guidance, academic advice, and support throughout the conduct of this study.

References

- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79.
- Budzyńska, A., Szakiel, M. W., Sadowska, B., Kalembe, D., & Różalska, B. (2011). Antibiofilm activity of selected plant essential oils and their major components. *Polish Journal of Microbiology*, 60(1), 35–41.
- Elmi, A., Latif, F. M. A., Pasc, A., Risler, A., Philippot, S., Ortiz, R. G., Mattar, D. L., & Spina, R. (2025). Exploring the antibacterial potency of Cymbopogon essential oils: Liposome encapsulation and phytochemical insights. *Antibiotics*, 14(5), 510.

- Gao, S., Liu, G., Li, J., Chen, J., Li, L., Li, Z., Zhang, X., Zhang, S., Thorne, R. F., & Zhang, S. (2020). Antimicrobial activity of lemongrass essential oil (*Cymbopogon flexuosus*) and its active component citral against dual-species biofilms of *Staphylococcus aureus* and *Candida* species. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 603858.
- Maleki, H. H., & Bakhsh, M. S. (2023). Identification of the chemical profile and evaluation of the antimicrobial effect of *Eryngium billardieri* Delar essential oil component against bacterial species of agricultural and food interest. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1249780.
- Kavanaugh, N. L., & Ribbeck, K. (2012). Selected antimicrobial essential oils eradicate *Pseudomonas* spp. and *Staphylococcus aureus* biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(11), 4057–4061.
- Reichling, J. (2020). Anti-biofilm and virulence factor-reducing activities of essential oils and oil components as a possible option for bacterial infection control. *Planta Medica*, 86(8), 520–537.
- Thongmee, A., Wanakhachornkrai, O., Chongsa, W., & Sukplang, P. (2025). Comparative evaluation of the antimicrobial, antioxidant, and cytotoxic properties of essential oils from vetiver, lemongrass, and clove buds with implications for topical application. *PLOS ONE*, 20(10), e0335018.
- Touati, A., Mairi, A., Ibrahim, N. A., & Idres, T. (2025). Essential oils for biofilm control: Mechanisms, synergies, and translational challenges in the era of antimicrobial resistance. *Antibiotics*, 14(5), 503.

DESIGN AND VALIDATION OF A LOW-COST AI-BASED RECYCLABLE WASTE CLASSIFICATION SYSTEM

Jakkrit Saengpeng, Chompunooch Saengpheng and Sheewan Boonthum*

Innovation Demonstration School of Rajamangala University of Technology Thanyaburi,
Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received: 17 July 2026

Revised: 24 August 2026

Accepted: 25 August 2026

Abstract

This paper presents the design and validation of a low-cost AI-based Smart Electronics Classification System for recyclable waste sorting. It was developed as a low-cost technical prototype that can be independently assembled using accessible components and manually collected training data, with future application as a STEM learning tool to be evaluated in subsequent work. The system uses a DC motor-driven rotating the three waste bins positioned at 120°, 240°, and 360°, controlled by Arduino Uno microcontroller combined with a result of an image-based classifier trained by PictoBlox. Images were classified into four classes: Class A (clear PET with label and cap), Class B (clear PET without label or cap), Class C (HDPE with label and cap), and Class D (empty tray). The 1,496 images dataset was manually collected, labelled and trained using PictoBlox's built-in image learning feature by achieving 100% accuracy on the images test set. Motor positioning validation was tested over 15 trials with result of a mean absolute error of 17.0°, while end-to-end system testing over 56 trials achieved an overall system accuracy of 96.4%. The validated prototype demonstrates technical feasibility and reliability, establishing a foundation for future STEM-based learning activities. It offers a practical platform for

* Corresponding author: Sheewan Boonthum
Email: sheewan_b@rmutt.ac.th

students to engage with machine learning, embedded systems, engineering design, and problem-solving through hands-on construction and testing.

Keywords: waste classification system, machine learning, recyclable waste sorting, environment technology, smart waste management

Introduction

Nowadays, global solid waste generation continues to grow at an alarming rate. The recycling management has been consider as a strategy for environmental sustainable. The process of recyclable waste sorting was widely used but still remain manually sorting by labour to classify the waste which cause the error prone (Zhang et al., 2022). STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education frameworks, which promote active learning through project-based work, promote development in both environmental awareness and problem solving competencies (Alkair et al., 2023). The project-based STEM activities which integrating embedded machine learning and AI tools were enhance the learner motivation, deeply understanding the conceptual and develop the analytical thinking skills (Omeh & Ayanwale, 2025).

Artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) are increasingly used in term of educational tools within STEM curricula. AI literacy is mostly important recognised as foundational competency for future citizens and engineers (Ng et al., 2021), (Casal-Otero et al., 2023). The ‘kids making AI’ starting to demonstrate strong learner engagement and integrating skill by practicing, hands-on AI learning experience including IoT STEM kits for educational setting (Kusmin et al., 2018), (Sakulkueakulsuk et al., 2018). AI education is broadly accessible to learners having no prior experience in programming to cross the barrier of AI learning platform, which can construct, train, and deploy functional classifiers within structured learning activities (Pope et al., 2024). AI education is demonstrates with evidence to launch with students from primary to university level (Kandlhofer et al., 2016). Physical computing and IoT-based ecosystems have been designed

to facilitate collaborative learning and motivate learners in educational contexts (Katterfeldt et al., 2018), (Benita et al., 2021).

The convolutional neural networks (CNNs) in waste classification management domain is demonstrated high accuracy across various type of recycling tasks (Shi et al., 2021). However, the AI-based waste sorting prototype was designed for STEM learning, validate the accuracy of system working before deploying to classroom. This study focus on a Smart Electronics Classification System integrated hardware design with AI-based learning to be presenting as a tool for the learner on main system knowledge. The principal contributions are: (i) low-cost system; (ii) the step-by-step investigation method of both mechanical and AI system; and (iii) validated evidence of the prototype's technical feasibility and reliability, establishing a foundation for future pedagogical implementation and evaluation within STEM education.

Materials and method

1. System Overview

The Smart Electronics Classification System consists of two subsystems: (1) a mechanical rotating platform driven by a DC motor, with three waste bins positioned at 120° angular separations; and (2) a software subsystem running on a laptop connected to a USB webcam, executing a PictoBlox program that classifies captured images using an ML model to control the motor angular positioning and gate opening state. This hardware-software subsystem is used to examine the intelligent system that collects image data as reported in the literature (Antora et al., 2022), (Sirawattananon et al., 2021). Fig. 1 shows the prototype system overview (a) photograph of the assembled prototype; (b) annotated diagram identifying key components, including the rotating tray assembly (three bins positioned at 120°, 240°, and 360°), the webcam, the servo motor controlling the chute gate, and the Arduino Uno, relay module, and DC motor housed beneath the turntable.

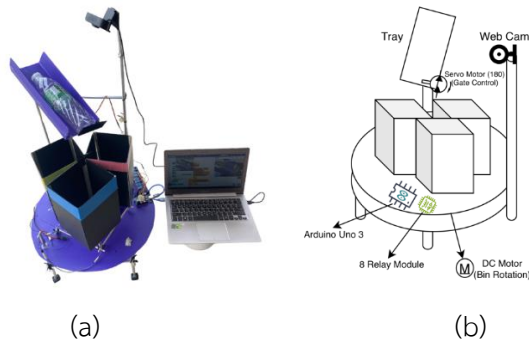


Fig. 1 Prototype system overview: (a) photograph of the assembled prototype; (b) annotated diagram identifying key components

The system communicates from hardware to software via Pictoblox system. PictoBlox controls both ML inference and transferring classified commands to Arduino Uno microcontroller system. Once the microcontroller receives a command, it translates software commands into physical action to control the DC motor and servo gate. Fig. 2 showing the electrical connections among the Arduino Uno, relay module (active LOW), DC motor, servo motor, 9V power adapter, and USB webcam. Two relay channels are used to reverse the polarity supplied to the DC motor, controlling its rotation direction; the servo motor's signal line is connected to a dedicated PWM-capable digital pin. The Arduino Uno communicates with the host computer running PictoBlox via a USB serial connection. This integration makes repeatable operation in the same result in each classification cycle run to reduce human intervention.

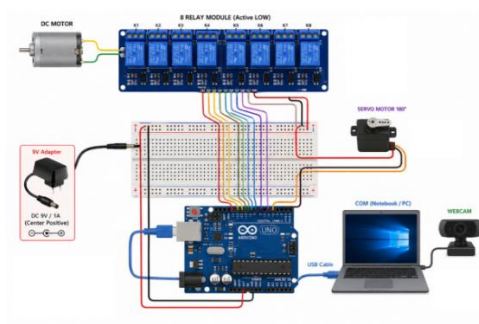


Fig. 2. Schematic of wiring diagrams

2. Bin Positions and Motor Control

Three bins are fixed to the turntable at 120° , 240° , and 360° , corresponding to Classes A, B, and C respectively. A DC motor powers the turntable. The system uses timing-based control: each target angle is reached by running the motor for a fixed duration. The motor was tested and verified to produce repeatable rotation for a pre-calibrated duration corresponding to each target angle. Open-loop control was chosen instead of encoder-based feedback to reduce build complexity. This follows design principles for introductory STEM courses, where simpler construction helps students focus on learning. Fig. 3 shows the rotation schematic.

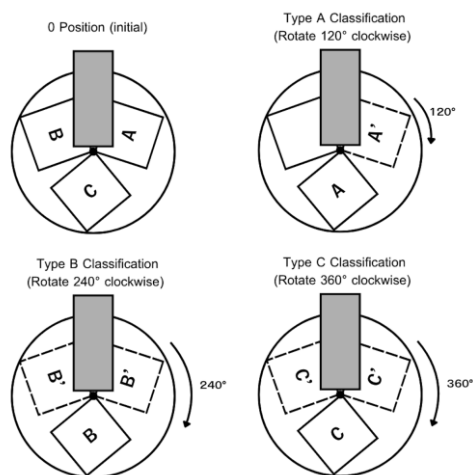


Fig. 3. Schematic of the three-bin turntable. Bins A, B, and C are at 120° , 240° and 360° . The motor (M) is at the base.

3. Waste Class Definitions

Four waste classes are defined based on visual appearance, PET and HDPE plastic bottles, the most commonly recyclable plastic types in consumer waste streams (Schade et al., 2024):

- Class A – Clear PET bottle with label and cap: fully intact, transparent PET beverage bottle.

- Class B – Clear PET bottle without label or cap: transparent PET bottle with exterior markings removed, representing a realistic post-consumer recycling scenario.
- Class C – HDPE bottle with label and cap: white/translucent high-density polyethylene (HDPE) bottle, distinguishable by opacity and surface texture.
- Class D – Empty tray: no waste item is placed on the tray; the motor remains stationary in this state.

4. Image Recognition Model: PictoBlox

The classification model is developed within PictoBlox using its built-in image learning feature, which applies transfer learning based on MobileNet architecture pre-trained on ImageNet, fine-tuned on a manually curated, domain-specific dataset. MobileNet is a lightweight convolutional neural network architecture designed for computationally constrained environments such as mobile devices and standard laptops without a dedicated GPU. It achieves this efficiency through depthwise separable convolutions, which factorize a standard convolution into a per-channel depthwise convolution followed by a 1×1 pointwise convolution, substantially reducing parameters and computation while retaining comparable feature-extraction capability. Since the model was pre-trained on the large-scale ImageNet dataset, transfer learning required fine-tuning only the final classification layers on the four-class waste dataset rather than training from scratch, enabling the model to be trained within PictoBlox on a standard laptop CPU in a short time, consistent with the system's low-cost, classroom-deployable design goal. Training images were collected and labelled by the researchers across four predefined classes: two variants of clear PET bottles (Class A and Class B), one HDPE bottle category, and an empty tray class. The empty tray class prevents the motor from running when no item is present. The dataset comprises 1,496 images in total, partitioned into training and test sets at an 75:25 ratio (1,122 training / 374 test images). Transfer learning

reduced the number of training images needed compared to training from scratch, and without requiring a GPU. This makes the approach suitable for school-based projects. Table 1 summarises the training configuration.

Table 1 Model training configuration

Hyperparameter	Value
Model Architecture	MobileNet (Transfer Learning)
Pre-trained Weights	ImageNet
Number of Classes (K)	4 (Class A, B, C, D)
Total Training / Test Samples	1,122 / 374 images (75:25 split)
Training Epochs	10
Batch Size (N)	16
Learning Rate (η)	0.0001
Output Activation	Softmax
Loss Function	Categorical Cross-Entropy

5. Dataset Collection and Composition

A total of 1,496 images were captured under controlled indoor lighting using the external USB webcam. The dataset follows a 75:25 train-test partition (1,122 training / 374 testing). Four waste classes were used. The dataset exhibits an Imbalance Ratio ($IR = N_{\max}/N_{\min} = 462/159 \approx 2.91$), calculated following the maximum between-class ratio formula used to quantify imbalance severity in CNN classification studies (Johnson & Khoshgoftaar, 2019). Table 2 presents the per-class distribution.

Table 2 Dataset distribution across waste classes.

Class	Description	Train (n)	Train (%)	Test (n)	Test (%)	Ratio
A	Clear PET with label and cap	462	41.2%	154	41.2%	75:25
B	Clear PET without label or cap	235	20.9%	75	20.1%	75.8:24.2
C	HDPE with label and cap	266	23.7%	96	25.7%	73.5:26.5
D	Empty tray	159	14.2%	49	13.1%	76.4:23.6
Total		1,122	100%	374	100%	75:25

6. Three-Step System Workflow

In each operating cycle, the system follows three steps, consistent with the pipeline architecture of image-guided automated sorting systems as show software control workflow in Fig.4 :

1) Image capture and ML classification: The webcam captures the presented waste item; PictoBlox assigns it to one of four classes (A–D) and reports a confidence percentage. If Class D (empty tray) is detected, no control signal is transmitted and the motor does not activate, preventing incorrect bin rotation.

2) Motor rotation: For Classes A–C, PictoBlox transmits a control signal via serial communication to the Arduino Uno, which drives the DC motor to rotate the turntable to the angular position corresponding to the predicted class (120° , 240° , or 360°), aligning the correct bin under the chute opening.

3) Gate release and reset: The Arduino Uno actuates the servo-driven gate to open, dropping the item into the correct bin. The gate then closes, resetting the system. The system is then ready for the next cycle.

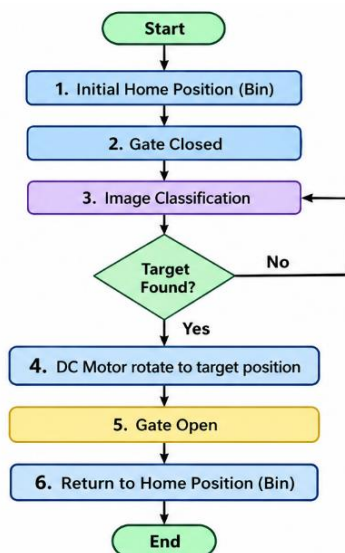


Fig. 4. Software control workflow

7. Cost Analysis

Table 3 presents the bill of materials for the prototype, with a total material cost of approximately 1,270 THB ($\approx$ USD 38.5). All electronic components (Arduino Uno, relay module, servo motor, DC motor, webcam, adapter, and jumper wires) are reusable across multiple builds, as is the foam-board and aluminum structural frame; only the hot glue is a single-use consumable. This cost is consistent with figures reported in the literature for comparable low-cost, AI or sensor-based waste-sorting and classification systems. A Raspberry Pi-based embedded computer-vision system for classifying recyclable materials was reported to cost £67.81 ($\approx$ USD 85) in total hardware (Myers & Secco, 2021), while a multi-spectral near-infrared plastic-recognition sensor priced at approximately £56 ($\approx$ USD 70) substantially cheaper than conventional spectroscopy-based sensors, which typically range from £6,000 to £50,000 (Martinez-Hernandez et al., 2024). Similarly, a per-unit hardware cost of USD 35–45 (excluding infrastructure and maintenance) for an IoT-based smart waste-bin monitoring system built from comparable microcontroller and sensor components (Alnanih et al., 2025). At a larger deployment scale, machine-learning-based automated sorting achieved a cumulative seven-year cost of €12.76 million, compared to €21.47 million for conventional sorting methods, underscoring the broader cost advantages of AI-driven approaches to waste management (Farshadfar et al., 2025). These studies indicate that AI- and embedded-system-based waste classification prototypes typically range from approximately USD 35 to USD 85 at the hardware level, situating the present system's cost of approximately USD 38.5 well within, and toward the lower end of, this established range.

Table 3 Bill of materials and estimated cost of the prototype

No.	Component	Qty	Unit Price (THB)	Total (THB)
1	Corrugated plastic board (1x1 m)	2	100	200
2	Hollow aluminum rod ($\varnothing 1 \times 1$ cm)	4	20	80
3	DC motor	1	100	100
4	Arduino Uno	1	250	250
5	Relay module (active LOW)	1	60	60
6	Servo motor (180°)	1	70	70
7	9V power adapter	1	100	100
8	Jumper wires	4	40	160
9	USB webcam	1	150	150
10	Rubber feet for aluminum posts (2x2 cm)	4	15	60
11	Hot glue sticks	10	4	40
Total				1,270

Total: 1,270 THB ($\approx$ USD 38.5, at an exchange rate of THB 33 = USD 1)

Results and discussion

1. Degree Validation

Before full system integration, the motor positioning subsystem was validated independently. The turntable was commanded to each of the three target angles (120°, 240°, and 360°) and the actual resulting position was measured manually over 15 trials. This approach follows standard practice in automated sorting system development (Sallang et al., 2021), (Sheng et al., 2020). Table 4 presents the results, and Fig. 5 plots the target versus measured angle across all trials.

Table 4 Degree validation results.

Trial	Target Angle (°)	Estimated Angle (°)	Error (°)
1	120	75	45
2	120	110	10
3	120	90	30
4	120	120	0
5	120	110	10

Trial	Target Angle (°)	Estimated Angle (°)	Error (°)
6	240	240	0
7	240	210	30
8	240	255	-15
9	240	220	20
10	240	255	-15
11	360	330	30
12	360	350	10
13	360	340	20
14	360	355	5
15	360	345	15

As shown in Fig. 5, positioning error is more variable at the 120° target (Trials 1–5, errors: 0°–45°) than at the 240° and 360° targets (Trials 6–10 and 11–15, errors: 0°–30° and 5°–30°, respectively). Table 4 presents the degree validation results across all three target positions (120°, 240°, and 360°), each evaluated over five trials. The mean absolute positioning error (MAE) was 19.0° at 120°, 16.0° at 240°, and 16.0° at 360°, yielding an overall MAE of 17.0° across all 15 trials. At the 360° position, the estimated angle was consistently below the target across all five trials, indicating a small systematic under-rotation bias rather than random variation – likely reflecting mechanical slack or accumulated timing drift over the longest angular displacement among the three positions.

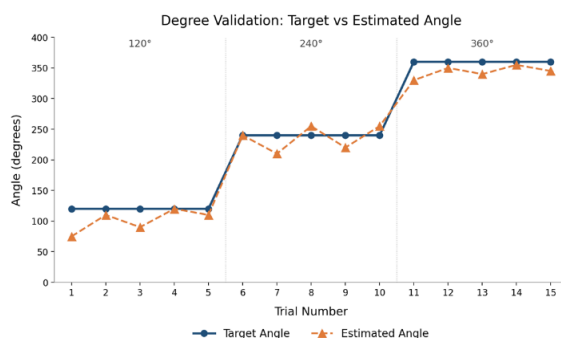


Fig. 5 Degree validation: target versus estimated motor angle across 15 trials
(Trials 1–5: 120°; Trials 6–10: 240°; Trials 11–15: 360°)

2. Testing

2.1 Testing on Degree Rotation

System-level motor rotation testing evaluates functional accuracy (whether the waste item lands in the correct bin) rather than exact angular precision. If the error stays within the bin's angular span, the item still lands correctly, otherwise the item lands in the wrong bin. System-level motor rotation was evaluated over 18 trials covering all three bin positions, starting from a defined home position at the start of each trial. Table 5 presents the results.

Table 5 Motor rotation testing results (18 trials).

Trial	Target	Time (s)	Angle (°)	Result	Correct	Remarks
1	A	0.46	120	A	1	Correct
2	A	0.29	120	A	1	Correct
3	A	0.45	120	A	1	Correct
4	A	0.41	120	A	1	Correct
5	A	0.56	120	A	1	Correct
6	A	0.41	120	A	1	Correct
7	B	0.76	240	B	1	Correct
8	B	0.56	240	A	0	Wrong → A
9	B	1.31	240	B	1	Correct
10	B	1.16	240	B	1	Correct
11	B	1.18	240	A	0	Wrong → A
12	B	1.55	240	B	1	Correct
13	C	1.88	360	A	0	Wrong → A
14	C	2.18	360	C	1	Correct
15	C	1.98	360	C	1	Correct
16	C	1.79	360	C	1	Correct
17	C	1.88	360	C	1	Correct
18	C	1.9	360	C	1	Correct

Position A (120°) achieved $6/6 = 100\%$. Position B (240°) achieved $4/6 = 66.7\%$, failing at Trials 8 and 11. Position C (360°) achieved $5/6 = 83.3\%$, failing at Trial 13. Overall motor positioning accuracy was $15/18 = 83.3\%$. This reflects cumulative timing error over longer travel arcs, a known issue with open-loop motor control in low-cost embedded systems.

2.2 Classification by Machine Learning

Fifty-six previously unseen objects spanning all four classes were presented to the trained PictoBlox ML model, as shown in Fig. 6. Table 6 presents the classification results and confidence scores. Of 56 samples, 54 were correctly classified, yielding an overall accuracy of 96.4%. The transfer learning framework implemented via PictoBlox has achieved high classification effectiveness in prior waste classification studies (Rabano et al., 2018), and the present results are consistent with these findings.

Both misclassifications (samples 10 and 14) involved Class B items predicted as Class A – a pattern attributable to the high visual similarity between the two categories, as both are transparent PET bottles differing only by the presence or absence of a label and cap. As illustrated in Fig. 8, all misclassifications occurred in Class B, while Classes A, C, and D achieved zero classification errors, likely because removing the label and cap makes Class B harder to distinguish from Class A. Similar confusion between visually similar classes and class imbalance effects has been reported in broader recyclable plastic classification systems (Wu et al., 2023).

As shown in Fig. 8, the confidence scores of misclassified samples (58%–72%) were substantially lower than the mean confidence of correct predictions (92.1%). Every correctly classified sample retained a confidence of at least 77%, indicating a clear separation between correct and incorrect predictions at this operating point. Fig.7 presents the accuracy and loss curves over 10 training epochs.

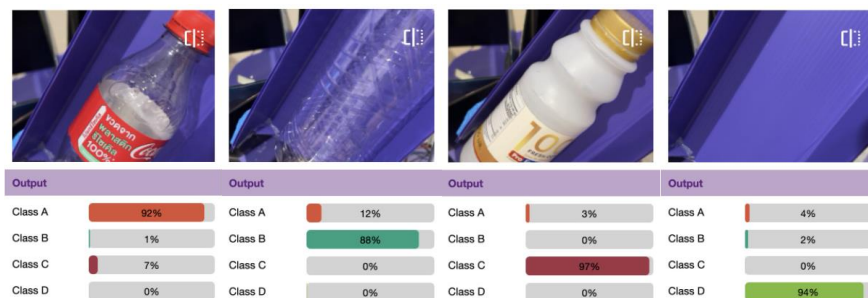


Fig. 6 PictoBlox classification output examples for each waste class: Class A (clear PET with label and cap), Class B (clear PET without label or cap), Class C (HDPE with label and cap), and Class D (empty tray)

Table 6 Machine learning classification results (56 trials).

Sample	True	Predicted	Correct	Conf.(%)	Remarks
1	A	A	1	91%	Correct
2	B	B	1	92%	Correct
3	C	C	1	99%	Correct
4	D	D	1	82%	Correct
5	A	A	1	92%	Correct
6	B	B	1	89%	Correct
7	C	C	1	97%	Correct
8	D	D	1	84%	Correct
9	A	A	1	85%	Correct
10	B	A	0	72%	Misclassified → A
11	C	C	1	98%	Correct
12	D	D	1	77%	Correct
13	A	A	1	78%	Correct
14	B	A	0	58%	Misclassified → A
15	C	C	1	98%	Correct
16	D	D	1	80%	Correct
17	A	A	1	99%	Correct
18	B	B	1	90%	Correct
19	C	C	1	98%	Correct
20	D	D	1	96%	Correct
21	A	A	1	98%	Correct
22	B	B	1	95%	Correct
23	C	C	1	95%	Correct
24	D	D	1	94%	Correct
25	A	A	1	89%	Correct
26	B	B	1	99%	Correct
27	C	C	1	93%	Correct
28	D	D	1	95%	Correct
29	A	A	1	98%	Correct
30	B	B	1	98%	Correct
31	C	C	1	94%	Correct
32	D	D	1	96%	Correct
33	A	A	1	94%	Correct
34	B	B	1	100%	Correct
35	C	C	1	97%	Correct
36	D	D	1	94%	Correct
37	A	A	1	94%	Correct

Sample	True	Predicted	Correct	Conf.(%)	Remarks
38	B	B	1	79%	Correct
39	C	C	1	91%	Correct
40	D	D	1	95%	Correct
41	A	A	1	85%	Correct
42	B	B	1	81%	Correct
43	C	C	1	92%	Correct
44	D	D	1	86%	Correct
45	A	A	1	98%	Correct
46	B	B	1	98%	Correct
47	C	C	1	92%	Correct
48	D	D	1	93%	Correct
49	A	A	1	91%	Correct
50	B	B	1	88%	Correct
51	C	C	1	86%	Correct
52	D	D	1	98%	Correct
53	A	A	1	86%	Correct
54	B	B	1	93%	Correct
55	C	C	1	94%	Correct
56	D	D	1	97%	Correct

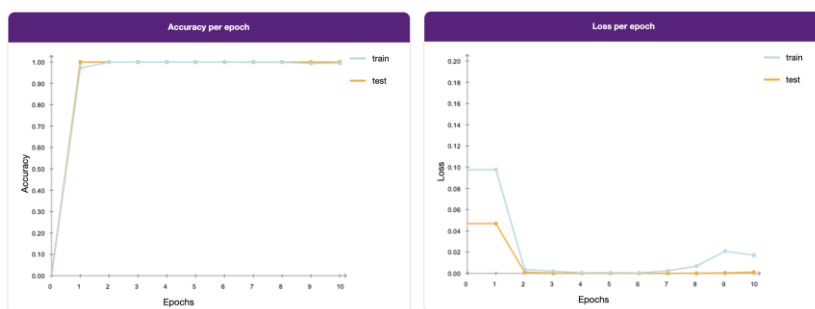


Fig. 7 Training and test accuracy (left) and cross-entropy loss (right) across 10 epochs. Both metrics converge by epoch 2, indicating rapid Transfer Learning convergence without overfitting.

As shown in Fig. 7, rapid convergence within two epochs reflects the efficiency of transfer learning: pre-learned features from MobileNet required minimal adaptation for the plastic bottle classification task. The 100% test accuracy

matches results reported in transfer learning-based waste classifiers under similar laboratory conditions. The gap between test accuracy (100%) and real-world accuracy (96.4%) is common in applied deep learning, where controlled test conditions rarely reflect real-world variation.

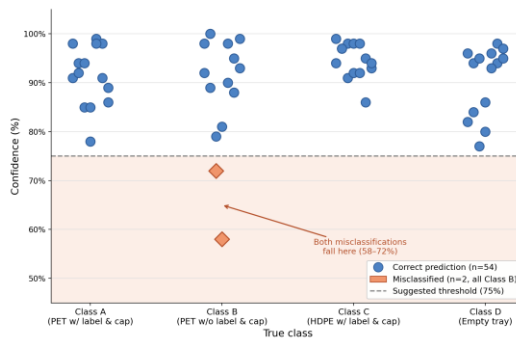


Fig. 8 Classification confidence score grouped by true class (n = 56 trials). Blue circles = correct predictions; orange diamonds = misclassified samples (Samples 10, 14).

2.3 Generalization test

Data test images were captured under two lighting conditions (standard room lighting; white LED lighting with room lights off), four viewing angles (10–20°, 45°, 45–50°, and 50–60° tilt), and three background conditions (the original background, a cluttered background, and a tile-floor background).

The model achieved an overall accuracy of 96.4% (54/56) on this generalization test. Table 7 reports per-class accuracy, precision, recall, and F1-score, and Table 8 presents the corresponding confusion matrix. Classes A, C, and D achieved 100% accuracy, while Class B achieved 85.7%, with two images misclassified as Class A. Both misclassifications occurred at a shallow viewing angle (10–20°) against a cluttered background, with comparatively low prediction confidence (72% and 58%, versus a mean above 90% for correct predictions).

Table 7 Per-class accuracy, precision, recall, and F1-score (n = 56):

Class	n tested	n correct	Accuracy (%)	Precision	Recall	F1-score
A	14	14	100.0	0.875	1.000	0.933
B	14	12	85.7	1.000	0.857	0.923
C	14	14	100.0	1.000	1.000	1.000
D	14	14	100.0	1.000	1.000	1.000
Macro avg.	56	54	96.4	0.969	0.964	0.964

Table 8 Confusion matrix (n = 56):

True \ Predicted	A	B	C	D
A	14	0	0	0
B	2	12	0	0
C	0	0	14	0
D	0	0	0	14

2.4 Three-Step System Integration Performance

The end-to-end three-step cycle was evaluated across all 56 trials. Steps 2 and 3 (motor rotation and gate control) executed correctly in every trial where Step 1 produced a valid prediction. Both failures came from Step 1 misclassification.

Compared with CNN-based waste classification systems that typically achieve 87.20%–96.31% accuracy on the TrashNet benchmark (Tian et al., 2024), the 96.4% accuracy of this educational prototype is appropriately modest given its open-loop control and controlled-environment dataset.

Conclusion

This study presents a low-cost AI-based recyclable waste classification system for future STEM education, integrating a DC motor-driven three-bin rotating turntable with a transfer learning classifier implemented via PictoBlox to distinguish four plastic bottle categories (Classes A–D).

Three key performance metrics were obtained. First, the image classification model achieved 96.4% accuracy on an independent generalization test using 56 unseen objects, showing that transfer learning via PictoBlox generalizes well beyond the training dataset of 1,496 images. Second, degree validation revealed a mean absolute error of 17.0° over 15 positioning trials, quantifying the limitations of open-loop timing-based motor control. Third, end-to-end integration testing across 56 trials yielded 96.4% overall accuracy. Both failures were attributable to visual similarity between Class A (labelled PET) and Class B (unlabelled PET), with misclassified samples returning lower confidence scores (mean 65%) compared with correct predictions (mean 92.1%).

The system demonstrates potential to support hands-on, inquiry-based learning through apparatus construction, controller programming, and independent analysis. Students can develop critical thinking, interdisciplinary thinking, and problem-solving skills across future STEM subjects in secondary students as a field of energy and environment topics. It will be integrated with foundational instruction in programming (C language) and artificial intelligence to support project-based learning on waste management and environmental sustainability.

While data augmentation techniques such as random rotation, zoom, and brightness adjustment were not applied during training-set preparation, the model's robustness to precisely these variations was empirically demonstrated through the generalization test (Section 2.3), which evaluated performance across varied lighting, viewing-angle, and background conditions and achieved 96.4% accuracy. Building on this demonstrated robustness, incorporating data augmentation into future training cycles represents a natural next step to further strengthen model generalization ahead of deployment in diverse real-world classroom settings.

Acknowledgement

This research was funded by Innovation Demonstration School of Rajamangala University of Technology Thanyaburi. The authors gratefully acknowledge the Innovation Demonstration School, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, Thailand for providing laboratory facilities. The authors used AI-assisted tools for language editing and grammar checking. All research content, data collection, analysis, and conclusions represent the authors' own work.

References

- Alkair, S., Ali, R., Abouhashem, A., Aledamat, R., Bhadra, J., Ahmad, Z., Sellami, A., & Al-Thani, N. J. (2023). A STEM model for engaging students in environmental sustainability programs through a problem-solving approach. *Applied Environmental Education & Communication*, 22(1), 13–26.
- Alnanih, R., Elrefaei, L., & Al-Ahwal, A. (2025). Advancing sustainability through an IoT-driven smart waste management system with software engineering integration. *Sustainability*, 17(21), 9803.
- Antora, N. A., Rahman, M. A., Al Mosharraf, A., Ehsan, M. I., Alve, M., & Elahi, M. M. (2022). *Design and implementation of a smart bin using IoT for an efficient waste management system*. In: Proceeding of 25th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT), 17-19 December, 2022, Bangladesh. Doi 10.1109/ICCIT57492.2022.10055998.
- Benita, F., Virupaksha, D., Wilhelm, E., & Tunçer, B. (2021). A smart learning ecosystem design for delivering data-driven thinking in STEM education. *Smart Learning Environments*, 8, 11.
- Casal-Otero, L., Catala, A., Fernández-Morante, C., Taboada, M., Cebreiro, B., & Barro, S. (2023). AI literacy in K-12: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 10, 29.

- Farshadfar, Z., Khajavi, S. H., Mucha, T., & Tanskanen, K. (2025). Machine learning-based automated waste sorting in the construction industry: A comparative competitiveness case study. *Waste Management*, 194, 77–87.
- Johnson, J. M., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). Survey on deep learning with class imbalance. *Journal of Big Data*, 6, 27.
- Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Hirschmugl-Gaisch, S., & Huber, P. (2016). *Artificial intelligence and computer science in education: From kindergarten to university*. In: Proceeding of 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 12-15 October, 2016, Pennsylvania, USA. Doi 10.1109/FIE.2016.7757570.
- Katterfeldt, E. S., Cukurova, M., Spikol, D., & Cuartielles, D. (2018). Physical computing with plug-and-play toolkits: Key recommendations for collaborative learning implementations. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 72–82.
- Kusmin, M., Saar, M., & Laanpere, M. (2018). *Smart schoolhouse - Designing IoT study kits for project-based learning in STEM subjects*. In: Proceeding of 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 17-20 April, 2018, Canary Islands, Spain. Doi 10.1109/EDUCON.2018.8363412.
- Martinez-Hernandez, U., West, G., & Assaf, T. (2024). Low-cost recognition of plastic waste using deep learning and a multi-spectral near-infrared sensor. *Sensors*, 24(9), 2821.
- Myers, K., & Secco, E. L. (2021). A low-cost embedded computer vision system for the classification of recyclable objects. *Congress on Intelligent Systems (CIS 2020): Lecture notes on data engineering and communications technologies*, 61, 11–30.
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041.

- Omeh, C. B., & Ayanwale, M. A. (2025). Artificial intelligence meets PBL: transforming computer-robotics programming motivation and engagement. *Frontiers in Education*, 10, 1674320.
- Pope, N., Vartiainen, H., Kahila, J., Laru, J., & Tedre, M. (2024). *A no-code AI education tool for learning AI in K-12 by making machine learning-driven apps*. In: Proceeding of 2024 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 1-4 July, 2024, North Cyprus, Cyprus. Doi 10.1109/ICALT61570.2024.00037.
- Rabano, S. L., Cabatuan, M. K., Sybingco, E., Dadios, E. P., & Calilung, E. J. (2018). *Common garbage classification using MobileNet*. In: Proceeding of 2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), 29 November – 2 December, 2018, Baguio City, Philippines. Doi 10.1109/HNICEM.2018.8666300.
- Sakulkueakulsuk, B., Pataranutaporn, P., Witoon, S., Surareungchai, W., Subsoontorn, P., Ngarmkajornwiwat, P., & Pataranutaporn, P. (2018). *Kids making AI: Integrating machine learning, gamification, and social context in STEM education*. In: Proceeding of 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE), 4-7 December, 2018, NSW, Australia. Doi 10.1109/TALE.2018. 8615249
- Sallang, N. C. A., Islam, M. T., Islam, M. S., & Arshad, H. (2021). A CNN-based smart waste management system using TensorFlow Lite and LoRa-GPS shield in Internet of Things environment. *IEEE Access*, 9, 153560–153574.
- Schade, A., Melzer, M., Zimmermann, S., Schwarz, T., Stoewe, K., & Kuhn, H. (2024). Plastic waste recycling - A chemical recycling perspective. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 12(33), 12270–12288.
- Sheng, T. J., Islam, M. S., Misran, N., Baharuddin, M. H., Arshad, H., Islam, M. R., Chowdhury, M. E. H., Rmili, H., & Islam, M. T. (2020). An Internet of Things based smart waste management system using LoRa and TensorFlow deep learning model. *IEEE Access*, 8, 148793–148811.

- Shi, C., Tan, C., Wang, T., & Wang, L. (2021). A waste classification method based on a multilayer hybrid convolution neural network. *Applied Sciences*, 11(18), 8572.
- Sirawattananon, C., Muangnak, N., & Pukdee, W. (2021). *Designing of IoT-based smart waste sorting system with image-based deep learning applications*. In: Proceeding of 2021 ¹⁸th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 19-22 May, 2021, Chiang Mai, Thailand. Doi 10.1109/ECTI-CON51831.2021.9454826.
- Tian, X., Shi, L., Luo, Y., & Zhang, X. (2024). Garbage classification algorithm based on improved MobileNetV3. *IEEE Access*, 12, 44799–44807.
- Wu, T. W., Zhang, H., Peng, W., Lü, F., & He, P. J. (2023). Applications of convolutional neural networks for intelligent waste identification and recycling: A review. *Resources Conservation and Recycling*, 190, 106813.
- Zhang, X., Liu, C., Chen, Y., Zheng, G., & Chen, Y. (2022). Source separation, transportation, pretreatment, and valorization of municipal solid waste: A critical review. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 11471–11513.

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM KNOWLEDGE MANAGEMENT LONGBOAT RACE TRADITION

วีระยุทธ คำปาน^{1,*} และ สมบูรณ์ ขาวชายโขง²

Weerayut Kampan^{1,*} and Somboon Chaochaikong²

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสารสนเทศดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

² สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

¹ Digital Information Technology and Management Program, Faculty of Science and Technology,
Sakon Nakhon Rajabhat University

² Mathematics and Statistics Program, Faculty of Science and Technology,
Sakon Nakhon Rajabhat University

Received: 18 August 2026

Revised: 30 August 2026

Accepted: 31 August 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับประเพณีการแข่งขันเรือยาว 2) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการองค์ความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว และ 3) ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบ โดยใช้วิธีการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) แบ่งเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 ศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว โดยสัมภาษณ์ภูมิปัญญาที่มีความรู้ประสบการณ์ เชี่ยวชาญเกี่ยวกับประเพณีการแข่งขันเรือยาว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 6 คน และศึกษาความต้องการระบบโดยสัมภาษณ์ภูมิปัญญา และจากสมาชิกในกลุ่มเรือพายภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 360 คน โดยสุ่มตัวอย่างแบบมีชั้นภูมิอย่างมีสัดส่วน (Proportional Stratified Sampling) ด้วยแบบสอบถามที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.960 โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศและด้านประเพณีการแข่งขันเรือยาว จำนวน 5 คน ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อความหรือเนื้อหา (IOC) ซึ่งพบว่ามีค่าอยู่ในระหว่าง 0.60 – 1.00 แสดงว่า แบบสอบถามมีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาอยู่ในระดับดี นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try-out) กับสมาชิกทีมเรือที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน

* Corresponding author: วีระยุทธ คำปาน

E-mail: weerayut.kampan@gmail.com

30 คน และนำมาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามทั้งฉบับโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's-Correlation) ตอนที่ 2 ออกแบบและพัฒนา ระบบด้วยโปรแกรมภาษา PHP ในการพัฒนาระบบ โปรแกรมระบบฐานข้อมูล MySQL ในการจัดเก็บข้อมูล ระบบปฏิบัติการ Windows โปรแกรมสำหรับจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลให้ทำงาน ในลักษณะของ Web Server (โปรแกรม XAMPP) Web Browser Internet Explorer และ Google Chrome และ Notepad และตอนที่ 3 ประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน และประเมินความพึงพอใจระบบโดยสมาชิกกลุ่มเรือยาวจำนวน 250 คน ใช้สูตรคำนวณกลุ่มตัวอย่าง เช่น Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยแบบประเมินความพึงพอใจที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.975 ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อคำถามหรือเนื้อหา (IOC) ซึ่งพบว่าแบบสอบถามมีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาอยู่ในระดับดี วิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยค่าสถิติ ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า 1) องค์ความรู้เกี่ยวกับประเพณีการแข่งขันเรือยาวที่ต้องการมี 5 ด้าน ได้แก่ 1.1) ประวัติและพัฒนาการของประเพณี 1.2) การทำเรือและบำรุงรักษาเรือ 1.3) กระบวนการเตรียมทีม 1.4) กฎ ระเบียบ กติกา ตาราง และผลการแข่งขัน และ 1.5) ประสบการณ์และแนวปฏิบัติที่ดี โดยคุณลักษณะของระบบสารสนเทศที่ต้องการ ได้แก่ สามารถรองรับสื่อที่หลากหลาย สืบค้นได้ง่าย มีพื้นที่แลกเปลี่ยนเรียนรู้สามารถในการนำเข้าและอัปเดตองค์ความรู้ได้อย่างต่อเนื่อง 2) ระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นประกอบด้วยฐานข้อมูล องค์ความรู้ครบทั้ง 5 ด้าน ข้อมูลทีมนักกีฬา ข้อมูลการแข่งขัน และข้อมูลพิธีกรรม โดยมีคุณลักษณะที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ และมีเมนูให้สมาชิกเรือยาวเข้ามาแลกเปลี่ยนความรู้ได้ โดยแบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ สมาชิก และผู้ใช้งานทั่วไป และ 3) ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ประสิทธิภาพของระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.76$, S.D. = 0.39) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านการรักษาความปลอดภัยของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.93$, S.D. = 0.18) 4) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบสารสนเทศ พบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}= 4.56$, S.D. = 0.64) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านประสิทธิภาพของระบบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}= 4.70$, S.D. = 0.73)

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ, การจัดการความรู้, ประเพณีการแข่งขันเรือยาว

Abstract

This research aimed to: 1) study and compile knowledge regarding the long-boat racing tradition; 2) develop an information system for managing knowledge related to this tradition; and 3) evaluate the system's performance and user satisfaction. The study employed a Research and Development (R&D) methodology divided into three phases. Part 1 involves studying and gathering knowledge regarding the long-boat racing tradition by interviewing six experts—individuals possessing local wisdom, experience, and expertise in the long-boat racing traditions of Northeastern Thailand—and assessing system requirements through interviews with these experts as well as 360 members of Northeastern long-boat racing groups. Using proportional stratified sampling with a questionnaire having a reliability coefficient of 0.960, five experts in information systems development and traditional longboat racing assessed the Index of Content Validity (IOC), which was found to be between 0.60 and 1.00, indicating that the questionnaire demonstrated a good level of content validity. It was pilot-tested with 30 boat team members (excluding the actual sample group), and the reliability of the entire questionnaire was calculated using Cronbach's alpha coefficient. Part 2: System Design and Development. The system was developed using PHP for programming, MySQL for database management, and the Windows operating system. Tools used included XAMPP (to simulate a personal computer acting as a web server), web browsers (Internet Explorer and Google Chrome), and Notepad. Part 3 involved evaluating the system's efficiency with five experts and assessing user satisfaction among 250 long-boat racing team members, utilizing a sample size calculation formula such as Taro Yamane's at a 95% confidence level. The satisfaction questionnaire demonstrated a reliability coefficient of 0.975. An assessment of the Index of Item-Objective Congruence (IOC) indicated a good level of content validity. Interview data were analyzed using content analysis, while quantitative data were analyzed using statistical measures, including frequency, percentage, mean, and standard deviation.

The research findings were as follows: 1. The body of knowledge regarding the longboat racing tradition comprised five aspects: (1) the history and development of the tradition; (2) boat construction and maintenance; (3) the team preparation process; (4) rules, regulations, competition schedules, and results; and (5) experiences and best practices. The desired characteristics of the information system included support for various types of media, ease of searching, a space for knowledge exchange, and the ability to continuously import and update knowledge. 2. The information system for managing knowledge of the longboat racing tradition developed by the researcher consisted of a database covering all five aspects of knowledge, as well as team and athlete data, competition data, and ritual data. The system met user requirements and included a menu that allowed longboat members to exchange knowledge. Users were divided into three groups: administrators, members, and general users. 3. The results of the system efficiency evaluation conducted by five experts indicated that the overall system efficiency was at the highest level ($\bar{X}$ = 4.76, S.D. = 0.39). The aspect with the highest mean score was system security, which was also at the highest level ($\bar{X}$ = 4.93, S.D. = 0.18) 4. The results of the evaluation of user satisfaction with the information system indicated that overall satisfaction was at the highest level ($\bar{X}$ = 4.56, S.D. = 0.64), The aspect with the highest mean score was system performance, which was at the highest level ($\bar{X}$ = 4.70, S.D. = 0.73)

Keywords: Information Systems, Knowledge Management, Longboat racing tradition

บทนำ

ประเพณีการแข่งขันเรือยาวได้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามวัฒนธรรมสมัยใหม่กลายเป็นงานประเพณีที่สำคัญของชุมชนที่ส่งผลต่อภาคธุรกิจ โดยเฉพาะการท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี มีการจัดในเชิงธุรกิจเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวมากขึ้น ผู้ชมไม่ได้มีส่วนร่วมเหมือนในอดีต (มัทวาน ภูมิเจริญ, 2567) แต่ก็ยังคงทำหน้าที่ 4 ประการ ตามแนวคิดของเบสคอม คือ หน้าที่

การเป็นกระจุกสะท้อนสังคม หน้าี่ด้านการให้การศึกษาแก่สมาชิกชุมชน หน้าี่ทำให้เกิดการยอมรับแบบแผนพฤติกรรมของคนในสังคม และหน้าี่ด้านการให้ความบันเทิง โดยพบว่ายังคงรักษาหน้าี่การให้ความบันเทิงเด่นชัดที่สุด แต่หน้าี่ด้านการให้การศึกษา มีบทบาทลดลงจากรูปแบบการจัดการแข่งขันเรีอยาวที่เปลี่ยนแปลงจากอดีต โดยในอดีตประเพณีแข่งขันเรีอยาวสามารถเป็นเครื่องมือในการสั่งสอนอบรมแก่สมาชิกในชุมชน ให้รู้จักองค์ประกอบต่าง ๆ เกี่ยวกับเรือและประเพณีแข่งเรือ ตลอดจนเรียนรู้บทบาทหน้าที่ของตนในฐานะการมีส่วนร่วมในแต่ละกิจกรรมชุมชน (รัตนา จันทรเทาว์, 2559) ซึ่งแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์สืบสานประเพณีการแข่งขันเรีอยาวให้อยู่คู่สังคม ไทยอย่างยั่งยืนต่อไป ต้องใช้วิธีการถ่ายทอดความรู้ที่เกี่ยวข้องให้เยาวชนและผู้สนใจได้เรียนรู้และนำไปสู่การปฏิบัติแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ยังไม่ถูกรวบรวม จัดเก็บ จัดการอย่างเป็นระบบ ทำให้ยากในการสืบค้นหาองค์ความรู้ นั้น รวมถึงข้อมูลองค์ความรู้ที่เผยแพร่อยู่ในรูปแบบที่เรียนรู้ได้ยาก และยังไม่ครอบคลุมครบถ้วนตามองค์ประกอบสำคัญที่จะสามารถให้ความรู้แก่เยาวชนและประชาชนตรงตามความต้องการได้ ดังนั้นหากมีการรวบรวมองค์ความรู้และจัดการความรู้อย่างเป็นระบบ เผยแพร่ให้ประชาชน เยาวชน ได้ศึกษาเรียนรู้ ให้มีความรู้และตระหนักถึงความสำคัญและคุณค่าของประเพณีแข่งเรีอยาว ตลอดจนองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง ก็จะนำไปสู่การอนุรักษ์สืบทอดประเพณีอันดีงามต่อไป โดยเฉพาะการพัฒนาทีมและการพัฒนานักกีฬา โดย (ลัดดา เรืองมนิธรรม และ สืบสาย บุญวิรูปตฺร, 2559) กล่าวว่า การพัฒนานักกีฬา ผู้ฝึกสอน ผู้จัดการทีม ต้องมีการจัดการความรู้ที่มีระบบและสามารถเข้าถึงข้อมูล การปรับตัวในการพัฒนาตัวเองและทีม ที่มีอยู่มาจัดการและเผยแพร่อย่างเป็นระบบ การผลิต การใช้สื่อ อื่น ๆ ในการถ่ายทอดข้อมูลข่าวสาร เทคโนโลยี ให้แก่นักกีฬา ผู้ฝึกสอน ผู้จัดการทีม เพื่อให้มีการศึกษาระเบียบ กติกา ทั้งเรีอยาวประเพณีเรีอยาวสากล ในการพัฒนาในทุกส่วนของทีมให้ประสบความสำเร็จต่อไป

วิธีการอนุรักษ์ประเพณี ภูมิปัญญาท้องถิ่น มี 4 วิธี คือ 1) การอนุรักษ์ คือ การปลูกจิตสำนึกให้ประชาชนได้ตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญ โดยส่งเสริมการจัดกิจกรรมวัฒนธรรมประเพณีโบราณต่าง ๆ 2) การถ่ายทอด โดยการรวบรวมความรู้มากลั่นกรองถ่ายทอดให้ประชาชนได้รับรู้ เกิดความเข้าใจ ตระหนักในคุณค่า และนำไปปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม 3) การส่งเสริมกิจกรรม โดยส่งเสริมให้เกิดเครือข่ายและจัดกิจกรรมทางวัฒนธรรมอย่างต่อเนื่อง และ 4) การเผยแพร่แลกเปลี่ยน และการเสริมสร้างปราชญ์ท้องถิ่น (วิเชียร วรพุทธพร, 2555) ซึ่งในการอนุรักษ์ประเพณีการแข่งขันเรีอยาว เรามักจะพบว่า วิธีที่ 1 และวิธีที่ 3 มีการส่งเสริมให้มีการดำเนินการในชุมชนและท้องถิ่นต่าง ๆ ทั้งในระดับหมู่บ้าน ตำบล

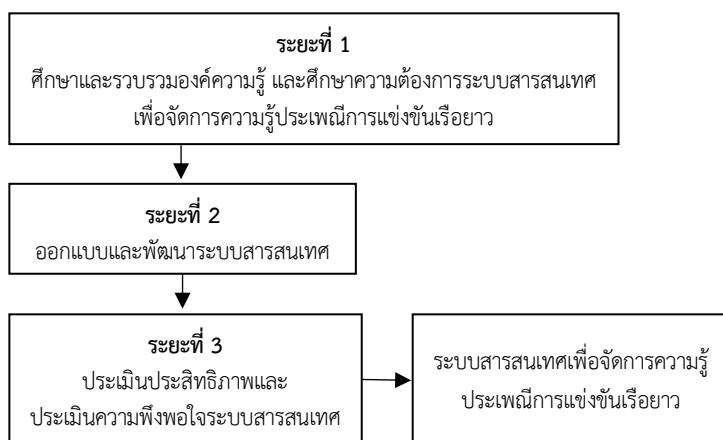
อำเภอ จังหวัด และระดับประเทศอย่างต่อเนื่อง ส่วนวิธีที่ 4 ไม่พบว่ามีการจัดกิจกรรมนี้โดยตรง แต่มักเกิดกิจกรรมการแลกเปลี่ยนขึ้นในช่วงของ ประเพณีการแข่งขัน ที่ชาวเรือได้มีโอกาสพบปะ พูดคุยแลกเปลี่ยนความรู้กันแบบไม่เป็นทางการ ส่วนวิธีที่ 2 พบว่า การถ่ายทอดความรู้ส่วนใหญ่ เป็นการถ่ายทอดจากคนรุ่นหนึ่งสู่อีกรุ่นหนึ่ง เนื่องจากองค์ความรู้เกี่ยวกับประเพณีการแข่งขัน เรือยาว ส่วนใหญ่เป็นภูมิปัญญา ทักษะ และประสบการณ์ที่มีเฉพาะตัวของผู้ที่อยู่ในวงการ เรือยาว การถ่ายทอดความรู้จึงเป็นลักษณะจากบุคคลสู่บุคคลให้รู้จักองค์ประกอบต่าง ๆ เกี่ยวกับเรือและประเพณีแข่งเรือ ตลอดจนเรียนรู้บทบาทหน้าที่ของตนในฐานะการมีส่วนร่วม ในแต่ละกิจกรรมชุมชน (พระมหาสุเมฆ สมานิตโต และคณะ, 2566)

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ทันสมัยที่สามารถจัดเก็บ จัดการ และถ่ายทอดองค์ความรู้ในรูปแบบดิจิทัล ทั้งภาพ เสียง การรวบรวมองค์ความรู้ที่มีอยู่ในองค์กร ซึ่งกระจัดกระจายอยู่ในตัวบุคคล เอกสาร และข้อมูล มาพัฒนาให้เป็นระบบเพื่อให้ทุกคน สามารถเข้าถึงความรู้ และพัฒนาตนเองให้เป็นผู้รู้รวมทั้งปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นช่องทางการรับรู้ของผู้ที่เข้ามาเข้าชม นำเสนอองค์ความรู้ ภูมิปัญญาในรูปแบบสารสนเทศ ที่เป็นข้อมูล รูปภาพ วิดีโอ (นฤพนธ์ ดั่งวิเศษ, 2560) ทำให้การนำความรู้ที่มีอยู่มาใช้ให้เป็น ประโยชน์ โดยการนำความรู้มาจัดระบบพร้อมที่จะถ่ายทอดนำไปใช้ประโยชน์ และพัฒนา คุณภาพชีวิต เมื่อนำมาจัดการความรู้ให้เกิดประโยชน์ในด้านของชุมชน เราจะเห็นได้จากรูปธรรม ต่าง ๆ เช่น การนำความรู้ความสามารถของคนในชุมชนออกมาเป็นงานเป็นการสร้างชุมชนที่ เข้มแข็ง พึ่งตนเองได้ ให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการสร้างงาน สร้างรายได้ ด้วยการนำทรัพยากร ภูมิปัญญาในท้องถิ่น การบริการที่มีคุณภาพ มีจุดเด่น สอดคล้องกับวัฒนธรรม และวิถีชีวิต ท้องถิ่นส่งเสริมความคิดริเริ่ม (กมลกา แดงสกุล และคณะ, 2564)

จากกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ ประเพณีการแข่งขันเรือยาว โดยการศึกษา รวบรวมข้อมูล สารสนเทศ และความรู้เกี่ยวกับ ประเพณีการแข่งขันเรือยาว ที่กระจัดกระจายทั้งอยู่ในตัวบุคคล ในสื่อต่าง ๆ ซึ่งยังไม่ได้นำ เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้สำหรับการจัดเก็บข้อมูล มาจัดเก็บให้เป็นระบบโดยพัฒนาระบบ สารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว ที่จัดเก็บองค์ความรู้ทั้งในรูปแบบ สื่อ มัลติมีเดีย วิดีโอ ข้อมูล ภาพถ่าย ไว้อย่างเป็นระบบ เพื่อเป็นแหล่งความรู้หลักที่เยาวชน และประชาชนทั่วไปที่สนใจสามารถศึกษาค้นคว้านำไปสู่การปฏิบัติได้ตามความสนใจ (พระครู พิจิตรวรเวท (มานัส มารยาท) และ พระมหาสุเมฆ สมานิตโต, 2564)

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยประยุกต์ใช้กระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) เป็นกรอบในการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย 3 ระยะ ได้แก่ 1) ศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ และศึกษาความต้องการระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว 2) ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว 3) ประเมินประสิทธิภาพและประเมินความพึงพอใจระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว โดยสรุปมีขั้นตอนการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว

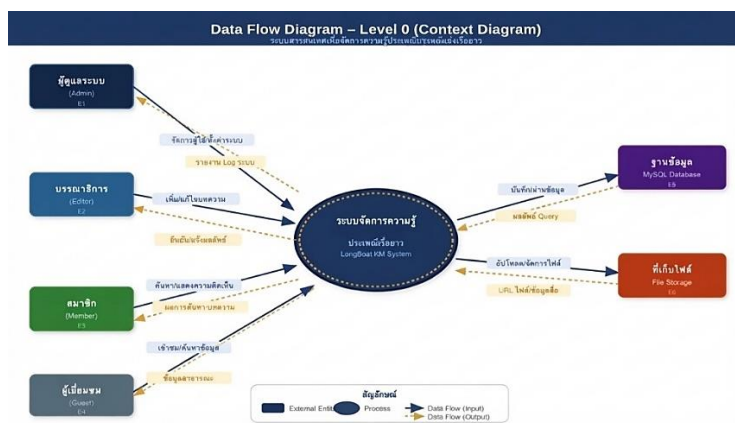
ระยะที่ 1 ศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ และศึกษาความต้องการระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 วิธี คือ 1) การสัมภาษณ์ผู้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์เกี่ยวกับประเพณีการแข่งขันเรือยาวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 6 คน ประกอบด้วย ผู้มีประสบการณ์และผู้มีภูมิปัญญา จำนวน 2 คน ผู้ฝึกสอนที่มีประสบการณ์ จำนวน 2 คน และช่างทำเรือ จำนวน 2 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้

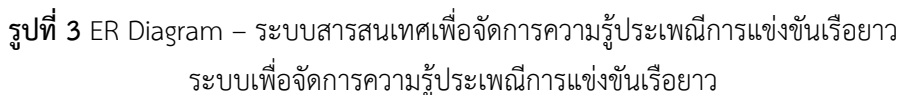
เกี่ยวกับประเพณีการแข่งขันเรือยาว และ 2) การเก็บรวบรวมข้อมูลจากสมาชิกทีมเรือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 12 จังหวัด จำนวน 360 คน ซึ่งได้จากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรของทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane) และสุ่มตัวอย่างแบบมีชั้นภูมิอย่างมีสัดส่วน (Stratified Sampling) โดยใช้แบบสอบถามความต้องการระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อนำไปสรุปความต้องการด้านข้อมูลองค์ความรู้และความต้องการระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว

ระยะที่ 2 ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว

การวิเคราะห์และออกแบบระบบระบบเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาวด้วยข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมได้ ดังรูปที่ 2 การไหลของข้อมูล DFD Level 0 – Context Diagram (ภาพรวมระบบ) การแสดงภาพรวมของระบบในระดับสูงสุด โดยมองระบบเป็น Process เดียวและนำมาวิเคราะห์และเขียนแผนภาพบริบท ดังรูปที่ 3 (Context diagram) ER Diagram ระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว รวบรวม จัดเก็บ และเผยแพร่องค์ความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาวอย่างเป็นระบบรองรับการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบสื่อผสม (Multimedia) ได้แก่ ข้อความ รูปภาพ วิดีโอ เสียง และเอกสารเปิดโอกาสให้ชุมชนทีมเรือ และผู้สนใจแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ร่วมกันบริหารจัดการข้อมูลทีม นักกีฬา เรือ การแข่งขัน และผลการแข่งขันอนุรักษ์และสืบทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นจากรุ่นสู่รุ่น



รูปที่ 2 ภาพการไหลของข้อมูล DFD Level 0 – Context Diagram (ภาพรวมระบบ)



ผู้วิจัยนำระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาวให้ผู้เชี่ยวชาญทดลองใช้งานและประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วยแบบประเมินประสิทธิภาพระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศและเทคโนโลยีสารสนเทศ และผู้เชี่ยวชาญด้านการแข่งขันเรือยาวประเพณีจากนั้นผู้วิจัยนำระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาวให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานและประเมินความพึงพอใจต่อระบบด้วยแบบประเมินความพึงพอใจ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ สมาชิกทีมเรือประเพณีการแข่งขันเรือยาว ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 250 คน โดยนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว ได้ผ่านการพิจารณาและรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เลขที่รับรองโครงการวิจัย 034/2568 และได้ดำเนินการวิจัยทั้ง 3 ระยะ ได้ผลการวิจัย ดังนี้

1. องค์ความรู้เกี่ยวกับประเพณีการแข่งขันเรือยาวที่ต้องการ มี 5 ด้าน ได้แก่

1) ประวัติและพัฒนาการของประเพณี 2) การทำเรือและบำรุงรักษาเรือ 3) กระบวนการเตรียมทีม 4) กฎ ระเบียบ กติกา ตาราง และผลการแข่งขัน และ 5) ประสบการณ์และแนวปฏิบัติที่ดี

2. ความต้องการระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว

ในด้านคุณลักษณะของระบบสารสนเทศที่ต้องการ ได้แก่ สามารถรองรับสื่อที่หลากหลายสืบค้นได้ง่าย มีพื้นที่แลกเปลี่ยนเรียนรู้ สามารถในการนำเข้าและอัปเดต องค์ความรู้ได้อย่างต่อเนื่อง และมีความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งาน

ส่วนองค์ความรู้ที่ต้องการควรครอบคลุมเนื้อหาสำคัญ เพื่อให้ครอบคลุมตามความต้องการของผู้ให้ข้อมูล ระบบควรแบ่งออกเป็น 5 โมดูล ได้แก่

1) ข้อมูลประวัติความเป็นมา พัฒนาการ และความสำคัญของประเพณีการแข่งขันเรือยาว ประวัติศาสตร์ท้องถิ่น ตำนานแม่น้ำนาง พัฒนาการสนามแข่งข้อความ ภาพถ่ายโบราณสารคดีเสียง

2) องค์ความรู้ด้านการทำเรือ พัฒนาการรูปแบบเรือ และการบำรุงรักษา เทคนิคการเลือกไม้ ขั้นตอนการขุด/ต่อเรือ, สูตรผสมชั้น/กาว วิดีโอสาธิต (How-to) พิมพ์เขียวเรือ

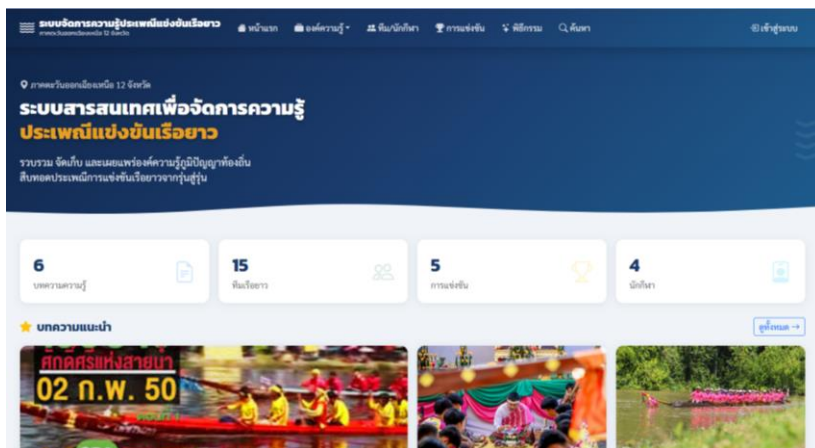
3) กระบวนการเตรียมทีม การฝึกซ้อม เทคนิคการพาย บทบาทหน้าที่ของสมาชิกในทีม และกลยุทธ์การแข่งขัน ทำพายมาตรฐาน ตารางการฝึกซ้อม บทบาทหน้าที่แต่ละตำแหน่ง วิดีโอสโลว์โมชั่น กราฟฟิกระยะทำพาย

4) ระเบียบ กติกา รูปแบบการแข่งขัน และการเปลี่ยนแปลงของการแข่งขันในแต่ละยุคสมัย กฎการแข่งขันแต่ละยุค ระเบียบสนามมาตรฐานการตัดสินเอกสาร PDF อินโฟกราฟิกกติกา

5) ประสบการณ์และแนวปฏิบัติที่ดี จากทีมที่ประสบความสำเร็จ สัมภาษณ์ทีมแชมป์ กลยุทธ์การแก้เกม ประสบการณ์จากนักพายวิดีโอสัมภาษณ์

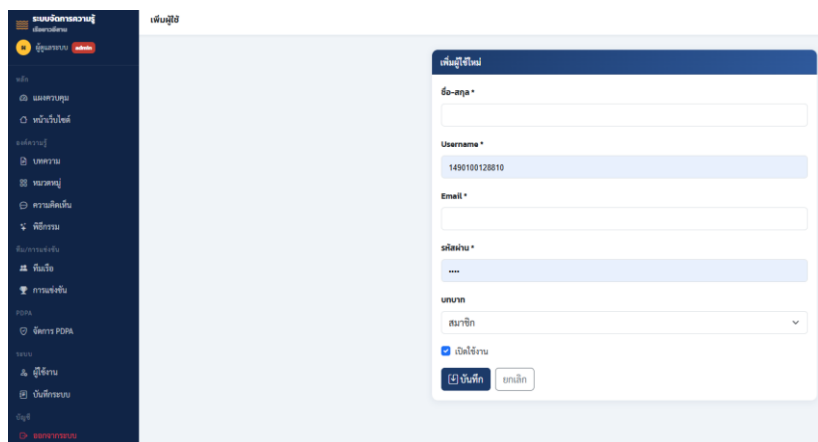
3. ระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว จัดทำในรูปแบบเว็บไซต์เข้าถึงได้ที่ <https://misplan.snru.ac.th/longboat/> มีองค์ประกอบหน้าจอแรก

ประกอบด้วย เมฆองค์ความรู้ที่ประกอบด้วยองค์ความรู้ครบทั้ง 5 ด้าน เมฆข้อมูลทีมเรือและนักกีฬา ข้อมูลการแข่งขัน ข้อมูลพิธีกรรม รวมทั้งมีพื้นที่ให้สมาชิกสามารถเข้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันได้ โดยแบ่งส่วนการทำงานตามผู้ใช้งานทั่วไป ปรากฏหน้าเว็บ ดังรูปที่ 4



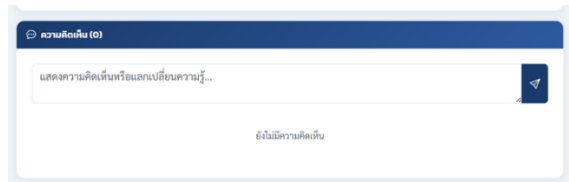
รูปที่ 4 หน้าเว็บไซต์ระบบจัดการความรู้ประเพณีแข่งขันทูเรือยาว

สมาชิก ในส่วนการของสมาชิกทีมเรือสามารถเป็นสมาชิก และเป็นผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งานได้ โดยมีการทำงานดังนี้ การเพิ่มผู้ใช้งานเป็นสมาชิก สมาชิกในทีมเรือต้องทำขออนุญาตจากผู้ดูแลระบบก่อนที่จะดำเนินการ ผู้ดูแลระบบจะดำเนินการข้อมูลสมาชิก ในการเพิ่มผู้ใช้งานสมาชิก แสดงดังรูป ที่ 5



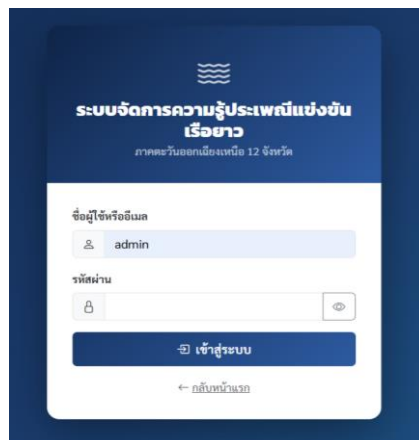
รูปที่ 5 หน้าจอการเพิ่มผู้ใช้งาน

โดยสมาชิกสามารถเข้าดูเนื้อหาองค์ความรู้ ข้อมูลต่าง ๆ และสามารถแสดงความคิดเห็นเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ได้ ดังที่ 6



รูปที่ 6 สมาชิกสามารถแลกเปลี่ยนเรียนรู้องค์ความรู้ได้

ผู้ดูแลระบบ ในส่วนผู้ดูแลระบบ (Admin) สมาชิกในทีมเรือโดยสถิติการเข้าระบบ การจัดการข้อมูลการแสดงข้อมูล การปรับปรุงแก้ไขข้อมูลเกี่ยวกับการแข่งขันเรือยาวประเพณี การจัดการข้อมูล การจัดการข้อมูลขอเป็นสมาชิกเข้าระบบ และแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ซึ่งมีการทำงานดังนี้การ login เข้าสู่ระบบ admin จะต้องระบุชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านก่อนเข้าสู่ระบบ ดังรูป ที่ 7



รูปที่ 7 ผู้ดูแลระบบ (Admin)

4. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบฯ และผลการประเมินความพึงพอใจระบบฯ

4.1 ผลประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว เป็นการทดลองใช้งานระบบเพื่อการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว โดยผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านความสามารถของระบบ	4.67	0.52	มากที่สุด
2. ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ	4.87	0.24	มากที่สุด
3. ด้านง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.73	0.48	มากที่สุด
4. ด้านประสิทธิภาพของระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
5. ด้านการรักษาความปลอดภัย	4.93	0.18	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.76	0.39	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลประเมินประสิทธิภาพในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.76$, S.D. = 0.39) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพมากที่สุดคือ ด้านการรักษาความปลอดภัยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.93$, S.D.=0.18)

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 250 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 150 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 อายุของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 30-39 ปี จำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 36.00 ระดับการศึกษาส่วนใหญ่ อยู่ในระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. จำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 อาชีพส่วนใหญ่เป็นอาชีพรับจ้างทั่วไป จำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ประสบการณ์เกี่ยวกับการแข่งขันเรือยาวส่วนใหญ่ อยู่ระหว่าง 5-7 ปี จำนวน 150 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 บทบาท/หน้าที่/ประสบการณ์และความเชี่ยวชาญในประเพณีการแข่งขันเรือยาวส่วนใหญ่ เป็นฝีพาย จำนวน 150 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาวของกลุ่มตัวอย่าง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบสารสนเทศ

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านความสามารถของระบบ	4.55	0.80	มากที่สุด
2. ด้านความงานต่อการทำงานของระบบ	4.54	0.81	มากที่สุด
3. ด้านการออกแบบและใช้งานของระบบ	4.52	0.84	มากที่สุด
4. ด้านประสิทธิภาพของระบบ	4.70	0.73	มากที่สุด
5. ด้านการรักษาความปลอดภัย	4.50	0.87	มากที่สุด
เฉลี่ยรายด้าน	4.56	0.64	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลประเมินความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.56, S.D. = 0.64) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพมากที่สุดคือ ด้านประสิทธิภาพของระบบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.70, S.D.=0.73)

สรุปผลการวิจัย

ระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาวที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มุ่งองค์ความรู้เกี่ยวกับประเพณีการแข่งขันเรือยาวตามที่ภูมิปัญญาและสมาชิกทีมเรือต้องการ 5 ด้าน ได้แก่ 1) ประวัติและพัฒนาการของประเพณี 2) การทำเรือและบำรุงรักษาเรือ 3) กระบวนการเตรียมทีม 4) กฎ ระเบียบ กติกา ตาราง และผลการแข่งขัน และ 5) ประสบการณ์และแนวปฏิบัติที่ดี รวมถึงมีข้อมูลที่น่าสนใจ ข้อมูลการแข่งขัน ข้อมูลพิธีกรรม โดยมีคุณลักษณะของระบบสารสนเทศที่สำคัญ คือ สามารถรองรับสื่อที่หลากหลายทั้งเอกสาร รูปภาพ สื่อวิดีโอ สืบค้นได้ง่าย มีพื้นที่แลกเปลี่ยนเรียนรู้ สามารถในการนำเข้าและอัปเดตองค์ความรู้ได้อย่างต่อเนื่อง และมีความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งาน โดยแบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ สมาชิก และผู้ใช้งานทั่วไป ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า ประสิทธิภาพของระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.76, S.D. = 0.39) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านการรักษาความปลอดภัยของระบบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.93, S.D. = 0.18) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบสารสนเทศพบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.56, S.D. = 0.64) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านประสิทธิภาพของระบบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.70, S.D. = 0.73) แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน

และมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการอนุรักษ์ สืบทอด และเผยแพร่องค์ความรู้ ประเพณีการแข่งขันเรือยาวในรูปแบบดิจิทัล

อภิปรายผล

จากผลศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ และศึกษาความต้องการระบบสารสนเทศเพื่อจัดการความรู้ประเพณีการแข่งขันเรือยาว พบว่า องค์ความรู้เกี่ยวกับประเพณีการแข่งขันเรือยาวที่ต้องการทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ 1) ประวัติและพัฒนาการของประเพณี 2) การทำเรือและบำรุงรักษาเรือ 3) กระบวนการเตรียมทีม 4) กฎ ระเบียบ กติกา ตาราง และผลการแข่งขัน และ 5) ประสบการณ์และแนวปฏิบัติที่ดี ส่วนใหญ่องค์ความรู้ที่อยู่ในรูปแบบความรู้ฝังลึก (Tacit Knowledge) ที่ต้องถ่ายทอดจากบุคคลสู่บุคคล ซึ่งเข้าถึงได้ยาก เสี่ยงต่อการสูญหายขององค์ความรู้เมื่อผู้ที่มีภูมิปัญญาลดบทบาทหรือเสียชีวิต ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการองค์ความรู้ด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการอนุรักษ์และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการความรู้ของ Nonaka และ Takeuchi ที่อธิบายว่าความรู้ฝังลึกควรถูกแปลงเป็นความรู้ชัดแจ้ง (Explicit Knowledge) เพื่อให้สามารถจัดเก็บ ถ่ายทอด และต่อยอดได้อย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กมลกา แดงสกุล และคณะ (2564); ฉัตรชัย ไตรวรธรรม และ ฉัตรพยุ่ง วิวัฒนากุล (2561) ที่พบว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการองค์ความรู้ท้องถิ่นสามารถช่วยอนุรักษ์ภูมิปัญญาและเพิ่มการเข้าถึงข้อมูลของประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การที่ผู้ให้ข้อมูลเสนอให้ระบบรองรับสื่อหลายรูปแบบ เช่น ภาพ วิดีโอ และเสียง ยังสะท้อนว่าการเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นจำเป็น ต้องอาศัยสื่อที่สามารถถ่ายทอดทักษะและประสบการณ์ได้มากกว่าการใช้ข้อความเพียงอย่างเดียว

ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ครบทั้งด้านการจัดเก็บ การสืบค้น และการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ โดยแบ่งสิทธิ์การใช้งานออกเป็นผู้ดูแลระบบ สมาชิก และผู้ใช้งานทั่วไป ซึ่งช่วยให้การบริหารจัดการข้อมูลมีความเป็นระบบและมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น การออกแบบระบบในลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการพัฒนาระบบตามวงจรการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ที่เริ่มต้นจากการศึกษาความต้องการของผู้ใช้ก่อนออกแบบและพัฒนาระบบ ส่งผลให้ระบบที่พัฒนา มีความสอดคล้องกับบริบทของชุมชนและสามารถนำไปใช้งานได้จริง นอกจากนี้ การรองรับข้อมูลแบบมัลติมีเดียและการเปิดพื้นที่ให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ยังทำให้ระบบไม่ได้ทำหน้าที่เพียงเป็นคลังข้อมูล แต่เป็นพื้นที่สร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ (Knowledge Sharing

Community) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการองค์ความรู้ในยุคดิจิทัล (สุเมธ พิสิฐ และ จักรพันธ์ จันทรเชียว, 2559)

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.76$) แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพทั้งด้านการทำงาน ความสามารถของระบบ ความง่ายในการใช้งาน ประสิทธิภาพ และความปลอดภัย โดยเฉพาะด้านการรักษาความปลอดภัยที่ได้รับคะแนนสูงที่สุด เนื่องจากระบบมีการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลตามระดับผู้ใช้งาน และออกแบบให้สอดคล้องกับหลักความมั่นคงปลอดภัยของสารสนเทศ ได้แก่ ความลับ (Confidentiality) ความถูกต้องครบถ้วน (Integrity) และความพร้อมใช้งาน (Availability) ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานของอนาวิล แก้วสอาด และ ณัฐวี อุดกฤษฎ์ (2564) ที่ระบุว่า การกำหนดมาตรการรักษาความมั่นคงปลอดภัยเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะระบบที่มีการจัดเก็บองค์ความรู้และข้อมูลของผู้ใช้งานจำนวนมาก

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$) แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะด้านประสิทธิภาพของระบบที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด สะท้อนว่าผู้ใช้งานสามารถสืบค้นข้อมูลเข้าถึงองค์ความรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และใช้งานระบบได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และตรงกับความต้องการ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการออกแบบระบบที่อ้างอิงจากความต้องการของผู้ใช้ ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของการวิจัย ส่งผลให้ฟังก์ชันต่าง ๆ สามารถรองรับการใช้งานจริงได้ ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับ (อนุมาศ แสงสว่าง และ ศราวุธ แดงมาก, 2568) ที่พบว่าการออกแบบเว็บไซต์ที่มีการจัดหมวดหมู่ข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีเนื้อหาชัดเจน และใช้งานง่าย สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูลและสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้งานได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบุญ ขาวชายโขง ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ตลอดจนขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีภูมิปัญญา ผู้ฝึกสอน ช่างทำเรือ และสมาชิกทีมเรือทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กมลกา แดงสกุล, อดุลย์ ทองแกม, จักรพันธ์ จันทลา, อารยา ธินาพิมพ์, ภาณุรัตน์ สุจริต, นฤมล ชินวงศ์ และ กิตติกรณ หนองหารพิทักษ์. (2564). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการองค์ความรู้ทางวัฒนธรรมท้องถิ่นชุมชนกลุ่มทอผ้า ตราศีลานี ตำบลหนองอ้อ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานีด้วยเว็บแอปพลิเคชัน. *วารสารวิชาการวิทยาลัยสันตพล*, 7(2), 146-154.
- ฉัตรชัย และ ฉัตรพวง วิวัฒนากุล. (2561). *การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการองค์ความรู้ทางวัฒนธรรมท้องถิ่นชุมชนลาวครั้งบ้านกุดจอก อำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท*. น. 996-1002. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ ราชภัฏเลยวิชาการ ครั้งที่ 4 ประจำปี 2561 ภายใต้หัวข้อ “การบูรณาการภูมิปัญญาสู่นวัตกรรมและการพัฒนาอย่างยั่งยืน”. 23 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- นฤพนธ์ ตัววิเศษ.(2560).แนวคิดมานุษยวิทยากับการศึกษาความเชื่อสิ่งศักดิ์สิทธิ์ในสังคมไทย. *วารสารวิชาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 25(47), 173-197.
- พระครูพิจิตรวรเวท (มานัส มารยาท) และ พระมหาสุเมธ สมานีโต. (2564). “ทุนทางสังคม” ทรัพยากรมนุษย์ทางวัฒนธรรม: ว่าด้วยเครือข่ายช่างทำเรือยาวจังหวัดพิจิตร. *วารสารวิจัยวิชาการ*, 4(4), 255-270.
- พระมหาสุเมธ สมานีโต, พระครูพิจิตรวรเวท, จันทนา กองกันภัย และ รินทร์ระพีร์ ไวยวัฒน์. (2566). รูปแบบการอนุรักษ์ประเพณีแข่งขันเรือยาวจังหวัดพิจิตร. *วารสารวิจัยวิชาการ*, 6(1), 51-62.
- มัทวาน ภูมิเจริญ. (2567). การศึกษาประเพณีการแข่งขันเรือยาว: การปรับตัวในยุคการท่องเที่ยวเชิงกีฬา. *วารสารภาษาและวัฒนธรรมศึกษา*, 3(1), 16-23.
- รัตนา จันทรเทวี่.(2559). พลวัตของบทบาทหน้าที่ประเพณีการแข่งขันเรือยาวในภาคอีสาน. *วารสารมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 33(3), 115-134.
- ลัดดา เรืองมโนธรรม และ สืบสาย บุญวิบุตร (2559). ปัจจัยและแนวทางการพัฒนานักกีฬาสู่ความเป็นเลิศ : แบบจำลองประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ*, 17(1), 35-48.
- วิเชียร วรพุทธพร. (2555). แนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นงานหัตถกรรมการทอผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติของกลุ่มสตรีบ้านม่วง หมู่ 2 ตำบลพรสวรรค์ อำเภอนาจะหลวย จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารศรีวันาลัยวิจัย*, 2(4), 49-58.

- สุเมธ พิลีก และ จักรพันธ์ จันทร์เขียว. (2559). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการเงินกองทุนสวัสดิการชุมชนกรณีศึกษาจังหวัดนครสวรรค์. *วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี*, 5(1), 48-59.
- อนาวิล แก้วสอาด และ ญัฐวี อุตกฤษฎ์. (2564). แนวทางการบริหารความเสี่ยงด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ระดับองค์กร. *วารสารสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ*, 12(1), 6-20.
- อนุมาศ แสงสว่าง และ ศราวุธ แตงมาก. (2568). การออกแบบและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับการจัดการศูนย์การเรียนรู้เกษตรทฤษฎีใหม่ ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง. *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 11(1), 121-135.

การปรับปรุงระบบสกัด รวบรวมข้อมูล และสรุปเหตุการณ์น้ำท่วมจากข่าวออนไลน์

ด้วยโมเดลภาษาขนาดใหญ่

IMPROVING THE SYSTEM FOR EXTRACTING, GATHERING, AND SUMMARIZING FLOOD EVENTS FROM ONLINE NEWS WITH LARGE LANGUAGE MODELS

ชลิต โควีระวงศ์¹, รัตถชล อ่างมณี², ไพรินทร์ มีศรี³ และ ดารธดา วีระพันธ์^{1,*}

Chavalit Koweerawong¹, Rattachon Angmanee², Phairin Meesri³

and Daorathar Weerapan^{1,*}

¹สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

²สาขาการจัดการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

³สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

¹ Computer Science, Faculty of Science and Technology,

Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage University.

² Disaster Management, Faculty of Science and Technology,

Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage University.

³ Information technology, Faculty of Science and Technology,

Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage University.

Received: 21 August 2026

Revised: 30 August 2026

Accepted: 31 August 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพของระบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับการสกัด รวบรวม และวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วมจากข่าวออนไลน์ในประเทศไทย โดยปรับปรุงข้อจำกัดของระบบเดิมที่พัฒนาด้วยภาษา Python และเทคนิคการสกัดคำสำคัญเชิงระบุตำแหน่ง (Named Entity Recognition: NER) อย่างโมเดล WangchanBERTa ซึ่งมีความซับซ้อนในการจัดการข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างและมีขั้นตอนประมวลผลหลายขั้นตอน การวิจัยนี้นำเสนอระบบที่ปรับปรุงใหม่โดยการใช้สถาปัตยกรรมภาษา JavaScript ร่วมกับ Node.js ในการควบคุมกระบวนการดึงข้อความจากหน้าเว็บ และ

* Corresponding author: ดารธดา วีระพันธ์

E-mail: daorathar@vru.ac.th

ใช้งานร่วมกับอินเทอร์เฟซจำลองกระบวนการทำงานอัตโนมัติ (n8n Workflow Automation) เป็นส่วนติดต่อผู้ใช้งาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Model: LLM) ผ่าน Gemini Flash 2.5 API ในการทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลภาษาธรรมชาติ สกัดข้อมูลตัวตนเชิงเวลาและพื้นที่ (วันที่ สถานที่ และจังหวัด) สรุปใจความข่าว ตลอดจนประเมินระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ การทดสอบระบบประมวลผลเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลข่าวเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2567 จำนวน 555 ข่าว พบว่า ระบบใหม่ที่น่าเสนอสามารถลดระยะเวลารวมในกระบวนการประมวลผลข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการสร้างแผนภูมิภูมิสารสนเทศลงจาก 1,125 วินาที (19 นาที) เหลือเพียง 788 วินาที (13 นาที) หรือคิดเป็นการลดเวลาลงร้อยละ 29.95 ในด้านคุณภาพของข้อมูลที่สกัดได้ โมเดลภาษาขนาดใหญ่มีอัตราความแม่นยำเฉลี่ยสูงกว่าระบบเดิม โดยสามารถลดปัญหาข้อผิดพลาดจากการสกัดภาษาธรรมชาติที่มีโครงสร้างประโยคซับซ้อนหรือคำที่มีความกำกวม และสามารถสกัดมิติของเหตุการณ์เพิ่มเติม เช่น ข้อมูลระดับความรุนแรง ซึ่งระบบเดิมไม่สามารถจัดหมวดหมู่ได้ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าระบบที่ปรับปรุงใหม่มีความยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรมและการรวมระบบข้ามแพลตฟอร์มที่สูงขึ้น ช่วยให้เกิดแนวทางการสกัดและจัดเตรียมข้อมูลภัยพิบัติที่มีคุณภาพสูงสำหรับการแสดงผลผ่านแผนที่ความร้อนและการวิเคราะห์เชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการแจ้งเตือนภัยแบบกึ่งเรียลไทม์ได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การนำระบบไปปรับใช้ในวงกว้างจำเป็นต้องคำนึงถึงประเด็นด้านความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัยของข้อมูลในการสื่อสารผ่าน API ภายนอก รวมถึงการบริหารจัดการต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเรียกใช้งานโมเดล

คำสำคัญ: ระบบอัตโนมัติเวิร์กโฟลว์, โมเดลภาษาขนาดใหญ่, การสกัดข้อมูล, การประมวลผลภาษาธรรมชาติ, การแจ้งเตือนภัยพิบัติน้ำท่วม

Abstract

This research aims to enhance the efficiency of a semi-automated system for extracting, gathering, and spatially analyzing flood event data from online news in Thailand. It addresses the limitations of the previous system, which was built on Python and Named Entity Recognition (NER) techniques like WangchanBERTa model, which suffered from complexity in handling unstructured data and multi-step workflows. The proposed system leverages a JavaScript

and Node.js-based architecture to manage web scraping tasks, integrated with n8n workflow automation as the user interface, and utilizes Gemini Flash 2.5 API (a Large Language Model: LLM) to process natural language, extract spatiotemporal entities (date, location, and province), summarize news content, and evaluate disaster severity levels. The system was evaluated using a dataset of 555 flood-related news articles from 2024. The experimental results demonstrated that the proposed system reduced the total processing time from 1,125 seconds (19 minutes) to 788 seconds (13 minutes), indicating a 29.95% reduction in computation time. In terms of data quality, the LLM exhibited higher extraction accuracy than the traditional NER, successfully handling complex sentence structures, resolving linguistic ambiguities, and capturing additional dimensions such as severity ratings that the previous system could not classify. The findings suggest that the redesigned system offers superior development flexibility and cross-platform integration, facilitating high-quality data preparation for heatmaps and policy-level spatial analysis to support semi-real-time warning systems. Nevertheless, deploying this system at scale requires careful consideration of data privacy and security during external API calls, as well as the cost management of language model token consumption.

Keywords: Workflow Automation, Large Language Models, Information Extraction, Natural Language Processing, Flood Disaster Warning

บทนำ

ในยุคข้อมูลขนาดใหญ่สื่อออนไลน์และข่าวสารดิจิทัลได้กลายเป็นแหล่งข้อมูลทางเลือกที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติได้อย่างรวดเร็วและครอบคลุม (Eze et al., 2020) เนื่องจากเหตุการณ์น้ำท่วมมักเกิดขึ้นอย่างฉับพลันและส่งผลกระทบเป็นบริเวณกว้าง การรายงานข่าวเชิงพื้นที่จากผู้สื่อข่าวภาคสนามหรือการรายงานข่าวท้องถิ่นออนไลน์จึงสามารถสะท้อนข้อมูลจริงได้เร็วกว่ารายงานอย่างเป็นทางการของหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งบ่อยครั้งมีกระบวนการรายงานตามลำดับขั้นที่ซับซ้อน ส่งผลให้เกิดความล่าช้าของข้อมูลหรือขาด

รายละเอียดเชิงลึกในบางพื้นที่ห่างไกลที่ระบบตรวจวัดทางกายภาพยังเข้าไม่ถึง การนำข้อมูลเหล่านี้มาประมวลผลและวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลาจึงเป็นแนวทางเสริมประสิทธิภาพการรายงานของภาครัฐ ช่วยลดความล่าช้าในการรวบรวมข้อมูล และเพิ่มความครอบคลุมเพื่อสร้างระบบเตือนภัยล่วงหน้าที่ตอบสนองต่อเหตุการณ์ได้ทันทั่วทั้งที่ (Revilla-Romero et al., 2015) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบสกัดข้อมูลภัยพิบัติแบบเดิมที่อาศัยเทคนิค Named Entity Recognition (NER) บนภาษา Python ยังคงมีข้อจำกัดเชิงปฏิบัติอยู่หลายประการ (ขวลิต โควิระวงศ์ และคณะ, 2568) ประเด็นแรกคือปัญหาความหน่วงในการประมวลผลเนื่องจากระบบทำงานในลักษณะของ Web server ทำให้การดึงข้อมูลและการตอบสนองต่อคำขอมีความหน่วงสะสมเชิงเครือข่าย ประเด็นต่อมาคือความซับซ้อนในการพัฒนาระบบผู้พัฒนาจำเป็นต้องเขียนโค้ดและเงื่อนไขจำนวนมากเพื่อเชื่อมโยงกระบวนการดึงข้อมูลจากหน้าเว็บ การทำความสะอาดข้อความ ตลอดจนการคัดเลือกและปรับแต่งโมเดลสกัดคำสำคัญภาษาไทย เช่น WangchanBERTa ซึ่งภาษาไทยยังมีข้อจำกัดเรื่องการแบ่งคำและการตีความคำกำกวม (Lowphansirikul et al., 2021; Phatthiyaphaibun et al., 2023) ประเด็นสุดท้ายคือระบบเดิวยังขาดระบบการควบคุมลำดับงานที่เป็นระบบอัตโนมัติ ทำให้ไม่สามารถปรับขั้นตอนการสกัดข้อมูลหรือเชื่อมต่อข้ามแพลตฟอร์มแบบกึ่งเรียลไทม์เพื่อรองรับปริมาณข่าวสารจำนวนมากได้ ช่องว่างเหล่านี้ส่งผลให้ระบบเดิยังมีข้อจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้งานในสถานการณ์ภัยพิบัติจริงที่ต้องการข้อมูลที่รวดเร็วและต่อเนื่อง

จากที่กล่าวมางานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางประยุกต์ใช้แพลตฟอร์ม workflow automation แบบ open-source อย่าง n8n ซึ่งทำงานบนภาษา JavaScript และ NodeJS ทำให้สามารถออกแบบและจัดการขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลในลักษณะ visual workflow ที่ลดภาระการเขียนโค้ดเชิงเทคนิคลงได้อย่างมาก (Deelman et al., 2015) ร่วมกับการใช้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ (LLM) ผ่าน Gemini API ของ Google ซึ่งมีความสามารถในการเข้าใจไวยากรณ์และบริบทภาษาธรรมชาติภาษาไทยได้อย่างลึกซึ้ง (Google Gemini Team, 2023) ทำให้สามารถสกัดตัวตนเชิงพื้นที่ และเวลา สรุบน้ำวนหาข่าว และตีความระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ได้โดยตรงแบบ Zero-shot (Wei et al., 2023) การผสมผสานนวัตกรรมทั้งสองจะทำให้ระบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นมีความยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรมข้ามแพลตฟอร์มและมีความคล่องตัวเชิงพัฒนาสูงกว่าระบบเดิม นอกจากนี้ NodeJS ซึ่งมีจุดเด่นด้านสถาปัตยกรรมแบบขับเคลื่อนด้วยเหตุการณ์ร่วมกับการประมวลผลแบบอะซิงโครนัสและไม่บล็อกการทำงาน (Asynchronous Non-blocking I/O) ทำให้ระบบสามารถกระจายคำขอดึงข้อมูลหน้าเว็บ

และเรียกใช้ API ภายนอกได้พร้อมกันแบบคู่ขนานโดยไม่ต้องรอให้คำขอก่อนหน้าเสร็จสิ้น เหมือนธรรมชาติของ Python (Lei et al., 2014) และ Makarov et al. (2025) ได้ศึกษาผลของโมเดลการประมวลผลคำสั่งแบบอะซิงโครนัสเทียบกับแบบมัลติเธรดต่อประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันฝั่งเซิร์ฟเวอร์ โดยการใช้การทดสอบโหลดพบว่าโมเดลอะซิงโครนัสของ Node.js ลด latency และเพิ่ม throughput ได้ดีในงานที่ผูกกับ I/O ซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่รองรับประสิทธิภาพของ event loop

งานวิจัยของ ขวลิท โค้วระวงศ์ และคณะ (2568) ซึ่งเป็นงานวิจัยเดิมของผู้วิจัย มุ่งเน้นพัฒนาระบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับการรวบรวมและวิเคราะห์ข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมในประเทศไทย โดยใช้เทคนิค Web Scraping ซึ่งเป็นการดึงข้อมูลจากหน้าเว็บ (Web Scraping) เป็นขั้นตอนพื้นฐานที่มีบทบาทอย่างยิ่งในการเปลี่ยนผ่านข้อมูลข่าวสารบนเว็บเพจที่ไม่มีโครงสร้างให้กลายเป็นชุดข้อมูลเชิงโครงสร้างสำหรับการทำเหมืองข้อมูลและการวิเคราะห์ขั้นสูง (Singrodia et al., 2019) ร่วมกับ Natural Language Processing (NLP) เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงและแนวโน้มสถานการณ์น้ำท่วม ผ่านการสกัดข้อมูลสำคัญ เช่น ชื่อสถานที่และเวลา ด้วยห้องสมุดระบบประมวลผลภาษาธรรมชาติภาษาไทย ร่วมกับการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบแผนที่ความร้อน ผลการทดลองพบว่าสามารถรวบรวมและวิเคราะห์ข่าวน้ำท่วมจำนวนมากในปี 2567 ได้ภายในระยะเวลาเพียง 1 ชั่วโมง 33 นาที แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบในการสรุปสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ แม้จะยังมีข้อจำกัดด้านความหลากหลายของข้อมูลและความซับซ้อนของการประมวลผลก็ตาม โดยมีข้อเสนอแนะให้ขยายแหล่งข้อมูลไปยังโซเชียลมีเดียและหน่วยงานภาครัฐ รวมถึงประยุกต์ใช้เทคนิค AI และระบบภูมิสารสนเทศเพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนภัยที่ทันสมัยและเข้าถึงผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวเป็นการรันการทำงานบน Web Server ของภาษา Python อาจทำให้เกิดความล่าช้าจากการสื่อสารข้ามเน็ตเวิร์ค

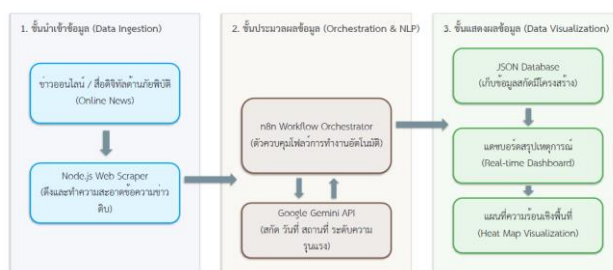
จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการสรุปเปรียบเทียบจุดแข็งและข้อจำกัดของเทคโนโลยีแต่ละประเภทที่นิยมนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลภัยพิบัติเชิงเหตุการณ์ออนไลน์ ได้แก่ Traditional NER, BERT-based NER และ Large Language Models (LLMs) Traditional NER (CRF / Rule-based) เป็นแนวทางที่พึ่งพาพจนานุกรม กฎเกณฑ์ทางภาษาศาสตร์ และแบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงลำดับ มีจุดเด่นคือประหยัดทรัพยากร ทำงานแบบออฟไลน์บนเครื่องประมวลผลทั่วไปได้โดยไม่ต้องพึ่งพา GPU และแม่นยำในระบบปิด แต่มีข้อจำกัดด้านความยืดหยุ่น ไม่สามารถตรวจจับคำศัพท์ใหม่นอกฐานข้อมูลได้ดี ต้องอาศัย

ผู้เชี่ยวชาญในการปรับแต่งกฎ และความแม่นยำจะลดลงเมื่อเจอประโยคที่ซับซ้อนหรือกำกวม BERT-based NER (เช่น WangchanBERTa) เป็นการประยุกต์ใช้โมเดลภาษาขนาดเล็กกลุ่ม Transformer ที่ผ่านการฝึกฝนข้อความภาษาไทย จึงเข้าใจโครงสร้างบริบทและความสัมพันธ์ของคำได้ดี สามารถสกัดตัวตนเฉพาะด้านในระดับประโยคได้แม่นยำ และติดตั้งแบบ On-premise ในระบบปิดเพื่อความปลอดภัยได้ อีกทั้งวิวัฒนาการของการประมวลผลภาษาธรรมชาติในปัจจุบัน ทั้งแบบจำลองกลุ่มตัวแทนคำอย่าง WangchanBERTa และโมเดลภาษาขนาดใหญ่ตระกูล Gemini ล้วนมีรากฐานมาจากสถาปัตยกรรม Transformer ที่ใช้กลไกการให้ความสนใจต่อตนเอง (Vaswani et al., 2017) ซึ่งช่วยให้โมเดลสามารถจับความสัมพันธ์ของคำและความหมายเชิงบริบทในระดับข้อความยาวได้อย่างแม่นยำกว่าโครงสร้างแบบเดิม

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพของระบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับสกัดข้อมูลเหตุการณ์น้ำท่วมออนไลน์ โดยเปลี่ยนผ่านจากโครงสร้าง Python NER แบบเดิมมาเป็นเวิร์กโฟลว์กึ่งอัตโนมัติบนพื้นฐานสถาปัตยกรรม JavaScript ร่วมกับ n8n และประยุกต์ใช้ความสามารถของ Gemini API เพื่อช่วยลดระยะเวลาประมวลผล ลดภาระการเขียนโปรแกรมจัดการข้อมูลที่ไม่จำเป็น และยกระดับความถูกต้องแม่นยำในการระบุพื้นที่เวลา ตลอดจนระดับความรุนแรงของเหตุการณ์น้ำท่วมเพื่อใช้ในการสนับสนุนข้อมูลการตัดสินใจและแจ้งเตือนภัยได้อย่างเสถียรและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สถาปัตยกรรมระบบและการไหลของข้อมูล เพื่อให้เห็นภาพสถาปัตยกรรมของระบบกึ่งอัตโนมัติที่เสนอและเส้นทางการไหลของข้อมูลตั้งแต่อินพุตจนถึงการสร้างภาพสารสนเทศ แผนภูมิสถาปัตยกรรมระบบ (รูปที่ 1) ด้านล่างจำลองขั้นตอนการไหลของข้อมูลหลัก 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นนำเข้าข้อมูล ชั้นประมวลผล และชั้นแสดงผล



รูปที่ 1 แผนภาพโครงสร้างและทิศทางการไหลของข้อมูลในระบบกึ่งอัตโนมัติที่เสนอ

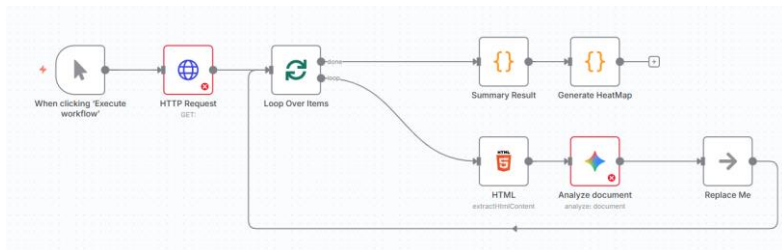
2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงสถาปัตยกรรมระหว่างระบบเดิมและระบบใหม่ ความแตกต่างทางโครงสร้างการทำงานระหว่างระบบเดิม (ขลิต โควีระวงศ์ และคณะ, 2568) ที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษา Python และระบบใหม่ที่เปลี่ยนมาใช้ JavaScript บน Node.js สามารถทำความเข้าใจได้ผ่านลักษณะการจัดสรรทรัพยากรคอมพิวเตอร์ เนื่องจากกระบวนการทำงานหลัก ทั้งขั้นตอนการดึงข้อมูลหน้าเว็บข่าว (Web Scraping) และการส่งข้อมูลข่าวดิบไปประมวลผลที่ Gemini API ล้วนจัดเป็นงานประเภทที่จำกัดด้วยประสิทธิภาพของสัญญาณเข้า/ออก ซึ่งความเร็วโดยรวมจะขึ้นอยู่กับการรอคอยการตอบรับทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นหลัก

ในระบบเดิมที่ใช้ Python Script ตัวโปรแกรมจะประมวลผลแบบซิงโครนัสและบล็อกสัญญาณเข้า/ออก ซึ่งกระบวนการทำงานจะทำให้ละบรรทัดคำสั่งตามลำดับ เมื่อระบบส่งคำขอดึงข้อมูลหน้าเว็บหรือส่งข่าวไปวิเคราะห์ที่ API เซรตการประมวลผลหลักจะต้องหยุดรอจนกว่าเซิร์ฟเวอร์ปลายทางจะส่งผลลัพธ์กลับมา ส่งผลให้มีระยะเวลาว่างเปล่าของซีพียูสะสมค่อนข้างสูง และนำไปสู่ความล่าช้าโดยรวมเมื่อต้องจัดการกับชุดข้อมูลข่าวปริมาณมาก

สำหรับระบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นบน Node.js ตัวระบบใช้ประโยชน์จากกลไกของสถาปัตยกรรมแบบขับเคลื่อนด้วยเหตุการณ์ ร่วมกับการประมวลผลแบบอะซิงโครนัสและไม่บล็อกการทำงาน ผ่านระบบ Event Loop ทำให้อุปกรณ์สามารถยิงคำร้องขอ Web Scraping หรือเรียก API ออกไปได้พร้อมกันจำนวนมากในลักษณะพร้อมกัน โดยไม่ต้องรอให้คำขอแรกได้รับคำตอบกลับมาก่อน กลไกการจัดการงานแบบอะซิงโครนัสนี้ทำให้ระยะเวลาที่โปรแกรมต้องสูญเสียไปกับการรอคอยสัญญาณเครือข่ายลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสะท้อนออกมาในผลลัพธ์การทดลองประมวลผลข่าวทั้งหมด 555 ข่าวที่ใช้เวลารวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อเป็นการปรับปรุงกระบวนการ โดยพยายามลดความซับซ้อนและเพิ่มความแม่นยำของกระบวนการวิจัย จึงได้พัฒนาระบบใหม่โดยประมวลผลโดยใช้ภาษา JavaScript และใช้งานร่วมกับ Node.js ระบบจะดึงเนื้อหาข่าวจาก URL และสกัดข้อความเหมือนกับระบบเดิม และส่งข้อมูลต่อไปยัง Gemini ผ่าน API (Google Gemini Team, 2023) ซึ่งทำหน้าที่สกัดข้อมูลและทำความสะอาดข้อมูล เพื่อระบุวันที่ สถานที่ จังหวัด และระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ รวมถึงสรุปเนื้อหาของข่าวจากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำไปจัดทำ Heat Map, Pivot Table หรือ Dashboard เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจเชิงพื้นที่ได้แบบกึ่งเรียลไทม์ สุดท้ายเมื่อนำไปใช้งานจริงจะใช้ n8n ซึ่งเป็นแพลตฟอร์ม workflow automation แบบ open-source เป็นผู้ติดต่อกับผู้ใช้งาน

ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบใหม่ ได้มีการทดลองโดยใช้ชุดข้อมูลข่าวจำนวน 555 ข่าวที่รวบรวมในปี 2567 ซึ่งเป็นชุดข้อมูลเดียวกันกับที่ใช้ในระบบเดิม เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการประมวลผล ความแม่นยำของการสกัดข้อมูล ความสะดวกในการใช้งาน และคุณภาพของข้อมูลที่ได้ ผลจากการทดลองจะถูกวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบที่เสนอในการปรับปรุงกระบวนการสกัดข้อมูลข่าวภัยพิบัติให้ทันสมัย ยืดหยุ่น และนำไปใช้งานได้จริงในบริบทของการบริหารจัดการภัยพิบัติในประเทศไทย

3. การออกแบบเวิร์กโฟลว์อัตโนมัติบน n8n เพื่อควบคุมขั้นตอนการดึงและประมวลผลข้อมูลภัยพิบัติให้ทำงานประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องเขียนโค้ดจำนวนมาก ระบบที่พัฒนาขึ้นได้ใช้งาน n8n ในฐานะแพลตฟอร์มควบคุมระบบงานอัตโนมัติ โดยใช้เป็นตัวควบคุมโฟลว์เชิงภาพ เพื่อเชื่อมโยง Node.js Web Scraper และโมเดลภาษาขนาดใหญ่ รายละเอียดและลำดับการประมวลผลข้อมูลแสดงไว้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 หน้าจอแสดงกระบวนการทำงานและลำดับการเชื่อมต่อเวิร์กโฟลว์อัตโนมัติบนแพลตฟอร์ม n8n

ลำดับขั้นตอนการทำงานภายในเวิร์กโฟลว์บน n8n ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย โดยเริ่มจากการกำหนดจุดเริ่มต้นการทำงาน ทำหน้าที่ตรวจจับข่าวสารใหม่และนำเข้า URL ของแหล่งข่าวจากอินพุตที่กำหนด เช่น ผ่านทางตารางรายการ เพิ่มข้อมูลภายนอก หรือการเชื่อมต่อ Webhook จากนั้นต่อด้วยการทำเว็บสแครปปิง โดยเป็น Node ประมวลผลภายในระบบงาน (โดยเขียนด้วยภาษา JavaScript/Node.js) ทำหน้าที่เข้าไปดาวน์โหลดข้อมูลหน้าเว็บ HTML ตาม URL นำเข้า จากนั้นแยกส่วนประกอบข้อความดิบออกจากโครงสร้างเว็บ และคัดกรองแท็กที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป จากนั้นต่อด้วยการประมวลผลวิเคราะห์ธรรมชาติ โดยเชื่อมต่อไปยังตัวแบบภาษาขนาดใหญ่ (LLM) ด้วย Gemini API เพื่อสกัดมิติของข้อมูลประเภท

วันที่เกิดเหตุ สถานที่เกิดเหตุเฉพาะจุด จังหวัด และระดับความรุนแรงของภัยพิบัติผ่านกลไก Zero-shot Prompting และส่งออกในรูปแบบโครงสร้าง JSON และสุดท้ายการส่งออกและบันทึกข้อมูล โดยนำข้อมูลที่สกัดเสร็จสิ้นแล้วไปเก็บลงในระบบฐานข้อมูลอัจฉริยะ (JSON/Sheet Database) เพื่อเตรียมส่งต่อไปสร้างข้อมูลภาพสารสนเทศ

4. วิธีการทดลองและประเมินผลในการประเมินประสิทธิภาพของระบบกึ่งอัตโนมัติที่เสนอ ได้ดำเนินการทดลองเปรียบเทียบร่วมกับระบบเดิม (Python Script ร่วมกับแบบจำลองภาษา WangchanBERTa) บนชุดข้อมูลเดียวกัน โดยมีขอบเขตชุดข้อมูลและรายละเอียดสเปกเครื่องประมวลผลคอมพิวเตอร์ดังนี้

ชุดข้อมูลทดสอบ ประกอบด้วยข้อมูลข่าวอุทกภัยออนไลน์ในประเทศไทยที่รวบรวมขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2567 จำนวน 555 ข่าวประเด็น การประเมินเปรียบเทียบ 3 ด้าน ได้แก่ ระยะเวลาการประมวลผล โดยวัดระยะเวลาประมวลผลรวมในทุกขั้นตอน ตั้งแต่สกัด URL จนถึงการจัดเตรียมโครงสร้างฐานข้อมูลเสร็จสิ้น ประสิทธิภาพความถูกต้อง โดยวัดค่าคะแนน Precision, Recall และ F1-Score ของการสกัดพารามิเตอร์เชิงพื้นที่และเวลา เทียบกับเฉลี่ยของมนุษย์ จากกลุ่มตัวอย่างสุ่มจำนวน 100 ข่าว วัดความสามารถการสกัดมิติแวดล้อมโดยวิเคราะห์ความสามารถสกัดรายละเอียดเพิ่มเติม เช่น สรุปความเสียหายเชิงตัวเลข หรือระดับความรุนแรง ซึ่งข้อจำกัดของระบบเดิมไม่สามารถประมวลผลได้

ข้อมูลสเปกเครื่องประมวลผลและสภาพแวดล้อมที่ใช้จริง

เพื่อความเที่ยงตรงและยึดถือหลักการทดลองซ้ำได้ การทดสอบประสิทธิภาพของทั้งสองระบบดำเนินการภายใต้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์บนเครื่องประมวลผลเดียวกัน ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง Intel Core i5-6500T CPU @ 2.50 GHz, หน่วยความจำหลัก 12.0 GB DDR4 (2,133 MHz) และระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 10 Pro 64-bit โดยเครื่องทดสอบใช้หน่วยประมวลผลกราฟิกแบบออนบอร์ด Intel HD Graphics 530 (128 MB) โดยไม่มีการติดตั้งการ์ดแสดงผลแยก (Discrete GPU) ส่งผลให้ระบบเดิมต้องรันแบบจำลอง WangchanBERTa ในโหมดคำนวณด้วยซีพียูทั้งหมด (CPU-only Inference) ในขณะที่ระบบใหม่ที่น่าเสนอทำงานบนรันไทม์ Node.js v22.21.1 ร่วมกับเครื่องมือควบคุมลำดับงาน n8n Workflow Automation Engine 2.3 เพื่อส่งคำร้องสกัดข้อมูลไปยัง Google Gemini API

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. เปรียบเทียบเวลาในการประมวลผล จากการทดลองใช้งานจริงพบว่า ระบบเดิมที่เป็น Python Script ร่วมกับ NER ประมวลผลที่ 1125 วินาที (ประมาณ 19 นาที) สำหรับระบบใหม่ที่พัฒนาโดยใช้ JavaScript ร่วมกับ Gemini สามารถลดระยะเวลาการประมวลผลทั้งหมด เหลือเพียง 788 วินาที (ประมาณ 13 นาที) ในการสกัดข้อมูลจากข่าวจำนวน 555 ข่าว ปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณคือ การสกัดข้อมูลจาก URL หากทำด้วยภาษา JavaScript จะทำได้เร็วกว่า Python นอกจากนี้การสกัดข้อมูลด้วย NER สำหรับข้อมูลวันที่ สถานที่ ทำได้ช้ากว่าการใช้งาน API ของ LLM กระบวนการแบบอัตโนมัตินี้ช่วยลดขั้นตอน manual เช่น การจัดการ HTML การเรียกใช้สคริปต์แยกส่วน และการสรุปผลแบบแมนนวล ทำให้ระบบมีความต่อเนื่องในการทำงาน ลดภาระของผู้ใช้งาน และสามารถนำไปปรับใช้ในบริบทของงานติดตามสถานการณ์น้ำท่วมในระดับวันต่อวันได้จริง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เวลาในการประมวลผล (durations) หน่วยเป็นวินาที (seconds)

ขั้นตอน	Python Jupyter / NER (วินาที)	JavaScript / LLM (วินาที)
1. สกัดข้อมูล URL จากเว็บ	2	2
2. สกัดข้อมูลจาก URL	252	105
3. NER / LLM	862	672
4. pivot table	8	8
5. การสร้าง Heatmap	1	1
รวมเวลา (วินาที)	1125	788

จากตารางที่ 1 พบว่าในขั้นตอนย่อยที่ 3 (NER / LLM) ระบบใหม่สามารถลดระยะเวลาในการประมวลผลลงจาก 862 วินาที เหลือ 672 วินาที ซึ่งมีนัยสำคัญที่น่าสนใจเนื่องจากการเรียกใช้งานโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (LLM) ผ่าน API ภายนอกมักจะเผชิญกับความหน่วงทางเครือข่ายที่สูงกว่าการประมวลผลแบบเบ็ดเสร็จภายในเครื่อง เหตุผลหลักที่ทำให้ความเร็วโดยรวมของระบบใหม่เพิ่มขึ้นมีสองประการสำคัญ

ประการแรกคือการประยุกต์ใช้เทคนิค Asynchronous Concurrency ในสภาพแวดล้อม Node.js โดยแทนที่การเรียก API ที่ละหนึ่งข่าวกระทำแบบเรียงลำดับ ตัวระบบได้

ปรับใช้สถาปัตยกรรมแบบไม่บล็อกการทำงานเพื่อส่งคำขอ HTTP Requests ไปยัง Gemini API แบบขนานพร้อมกันหลายรายการโดยใช้กลไก Promise ส่งผลให้การสะสมความหน่วงเครือข่ายเกิดขึ้นในเวลาทับซ้อนกัน ต่างจากระบบ Python Script แบบเดิมที่ส่งคำร้องขอประมวลผลและรอผลลัพธ์แบบทีละข้อไปจนครบ 555 ข้อ ซึ่งส่งผลให้ความหน่วงเครือข่ายสะสมเป็นเส้นตรง

ประการที่สองคือ ภาระงานในการประมวลผลบนทรัพยากรท้องถิ่น เนื่องจากระบบเดิมอาศัยการโหลดตัวแบบภาษาไทย WangchanBERTa และประมวลผลโมเดลโครงข่ายประสาทในเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งการประมวลผลโมเดลประเภท Transformer นี้สร้างภาระงานคำนวณเวกเตอร์ขนาดใหญ่แก่หน่วยประมวลผลภายในเครื่องอย่างรุนแรงหากขาดการสนับสนุนหน่วยประมวลผลกราฟิก ที่มีประสิทธิภาพสูง ในขณะที่ระบบใหม่เลือกโยนภาระการคำนวณทั้งหมดไปประมวลผลบนระบบคลาวด์คลัสเตอร์ของ Google ที่มีขีดความสามารถการคำนวณระดับสูงกว่า ผ่านสถาปัตยกรรม API ทำให้ความเร็วในการคำนวณของฝั่งเซิร์ฟเวอร์ระบบคลาวด์ชัดเจนและก้าวข้ามความหน่วงจากการรับส่งข้อมูลเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ความแม่นยำและประสิทธิภาพในการสกัดข้อมูลตัวตนเฉพาะในการประเมินความถูกต้องแม่นยำของกระบวนการสกัดข้อมูลตัวตนเฉพาะทางพื้นที่และเวลา งานวิจัยนี้ได้กำหนดกระบวนการวัดผลที่เป็นวิทยาศาสตร์ โดยสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) จำนวน 100 ข้อสารภัยพิบัติจากฐานข้อมูลทั้งหมด 555 ข้อ เพื่อนำมาผ่านขั้นตอนการตรวจสอบแบบแมนนวลโดยละเอียดเกณฑ์การประเมินในการตัดสินใจว่าข้อมูลถูกต้อง ถูกตั้งไว้ที่ระดับการตรงกันแบบทุกตัวอักษร ซึ่งหมายถึงข้อมูลตัวตนที่สกัดออกมาจะต้องมีความถูกต้องสมบูรณ์ทั้งรูปคำสะกดของสถานที่และรูปแบบวันที่ประวัติการณ์โดยไม่มีส่วนขาดหรือส่วนเกิน โดยใช้ผู้ประเมินที่เป็นมนุษย์ ร่วมกันตรวจสอบจำนวน 3 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และประมวลผลภาษาธรรมชาติ 2 คน ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านภูมิสารสนเทศศาสตร์ 1 คน หากมีความเห็นขัดแย้งในผลการวิเคราะห์ จะตัดสินผลลัพธ์ผ่านกลไกการลงมติเสียงข้างมาก

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพมาตรฐานอันประกอบไปด้วย ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าคะแนนเอฟวัน (F1-Score) ระหว่างระบบเดิมที่ทำงานบน WangchanBERTa กับระบบใหม่ที่ทำงานบน Gemini API แสดงไว้ในตารางที่ 2

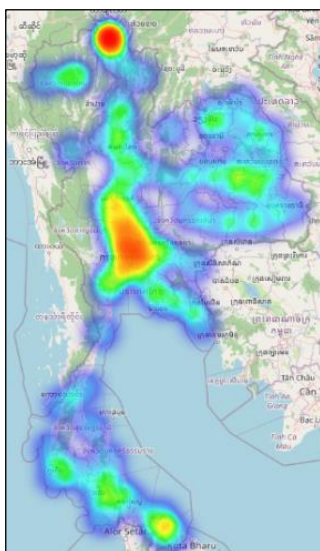
ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดข้อมูล Entity ของระบบเดิมและระบบใหม่
(หน่วย: ร้อยละ)

ข้อมูลจำเพาะ (Entities)	ระบบเดิม (WangchanBERTa)	ระบบใหม่ (Gemini API)
	Precision / Recall /	Precision / Recall /
	F1-Score	F1-Score
1. วันที่ (Date)	84.0 / 80.0 / 82.0	95.0 / 92.0 / 93.5
2. สถานที่ (Location)	78.0 / 75.0 / 76.5	90.0 / 88.0 / 89.0
3. จังหวัด (Province)	88.0 / 85.0 / 86.5	97.0 / 95.0 / 96.0
ค่าเฉลี่ยรวม (Average)	83.3 / 80.0 / 81.7	94.0 / 91.7 / 92.8

จากตารางที่ 2 พบว่าระบบใหม่ที่ประยุกต์ใช้งานโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Gemini API) ผ่านเวิร์กโฟลว์อัตโนมัติสามารถทำคะแนน F1-Score เฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 92.8 ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบเดิมที่ได้คะแนนร้อยละ 81.7 อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบว่า ประสิทธิภาพในการสกัดข้อมูลประเภทสถานที่ มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนที่สุด โดยระบบเดิมได้ค่า F1-Score เพียงร้อยละ 76.5 เนื่องจากโมเดลภาษาขนาดเล็กอย่าง WangchanBERTa มักประสบปัญหาการแบ่งขอบเขตของชื่อสถานที่ในภาษาไทยที่ไม่มีการเว้นวรรคและการสลับบริบทคำกำกวม (เช่น สกัดคำว่า "ปาย" ผิดพลาดระหว่างชื่อสถานที่หรือส่วนหนึ่งของคำกริยา) ในขณะที่ระบบใหม่ (Gemini API) สามารถประเมินความสัมพันธ์เชิงบริบทได้ลึกซึ้งกว่า ทำให้สกัดสถานที่ได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงกับเกณฑ์ Exact Match และช่วยส่งต่อข้อมูลพิกัดเชิงภูมิศาสตร์ที่ครบถ้วนมากขึ้นเพื่อนำไปสร้างแผนที่ความร้อนได้ตรงกับสภาพความเป็นจริง นอกจากนี้ ในส่วนของการสกัดข้อมูลจังหวัดซึ่งมีคลังรายการจำกัด ทั้งสองระบบสามารถทำคะแนนได้ดี แต่ Gemini API ยังคงมีขีดความสามารถที่สูงกว่าในกรณีที่โครงสร้างประโยคข่าวมีความซับซ้อนหรือใช้ชื่อย่อจังหวัดในเนื้อหาข่าวสารภัยพิบัติ

3. ความครอบคลุมของข้อมูล ระบบใหม่แสดงศักยภาพในการดึงข้อมูลเหตุการณ์ที่ระบบเดิมไม่สามารถจับได้ โดยเฉพาะข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบภาษาธรรมชาติซึ่งมีความหลากหลายสูง เช่น ข่าวที่ใช้คำว่า “น้ำระบายไม่ทัน” หรือ “หมู่บ้านถูกตัดขาด” ซึ่งระบบ NER เดิมอาจไม่สามารถตีความว่าเป็นเหตุการณ์น้ำท่วมได้ ขณะที่ Gemini สามารถตีความและจัดประเภทเหตุการณ์ได้แม่นยำกว่า นอกจากนี้ยังสามารถรวมเหตุการณ์ซ้อนซึ่งเกิดในวันเดียวกันจากหลายแหล่งข่าวเข้าเป็นข้อมูลเดียวได้โดยอัตโนมัติ ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลและช่วยให้ผลการวิเคราะห์มีความครบถ้วนมากขึ้น

4. การนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ และสารสนเทศเชิงพื้นที่ ข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลา ที่สกัดได้สำเร็จจากระบบใหม่ (ตารางที่ 3) จะถูกนำเสนอและจัดเก็บในรูปแบบโครงสร้างข้อมูลมาตรฐาน ประกอบด้วยรายละเอียดทางภูมิศาสตร์ เช่น ชื่อหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ และจังหวัดที่เกิดเหตุ ข้อมูลเหล่านี้มีความพร้อมสำหรับการนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อจัดทำแผนที่ความร้อน แสดงความหนาแน่นและสถิติความถี่ของเหตุการณ์อุทกภัยจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนที่ความร้อน (Heat Map) แสดงสถิติความถี่และการกระจุกตัวของเหตุการณ์อุทกภัยจากการประมวลผลข่าวออนไลน์ ประจำปี พ.ศ. 2567

จากการวิเคราะห์การกระจายตัวทางภูมิศาสตร์ในแผนที่ความร้อน (รูปที่ 3) พบว่าพื้นที่ที่มีการกระจุกตัวของเหตุการณ์อุทกภัยในระดับสูง ซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์โทนสีแดงและสีส้มเข้ม มีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ภาคเหนือตอนบน (จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่) สะท้อนให้เห็นถึงเหตุอุทกภัยครั้งใหญ่ในช่วงเดือนสิงหาคมและกันยายน พ.ศ. 2567 ซึ่งได้รับอิทธิพลทางอ้อมจากพายุหมุนเขตร้อน "ยะกิ" (Yagi) ส่งผลให้เกิดน้ำป่าไหลหลากล้นตลิ่งแม่น้ำสายเข้าท่วมพื้นที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ตลอดจนการล้นเอ่ออย่างรุนแรงของแม่น้ำปิงที่เอ่อท่วมย่านเศรษฐกิจในตัวเมืองเชียงใหม่หลายระลอก

พื้นที่ลุ่มน้ำยม (จังหวัดสุโขทัยและพิษณุโลก) ปรากฏความถี่ของการรายงานข่าวหนาแน่นในระดับสูง เนื่องจากลุ่มน้ำยมตอนล่างไม่มีเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่สำหรับกักเก็บและชะลอน้ำหลากที่ไหลมาจากภาคเหนือตอนบน ส่งผลให้น้ำเอ่อล้นตลิ่งและคันดินกั้นน้ำชำรุดเสียหาย จนเข้าท่วมพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนริมน้ำเป็นบริเวณกว้างเป็นประจำทุกปี

พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ในฐานะพื้นที่ลุ่มต่ำที่เป็นทางผ่านน้ำหลากจากภาคกลางตอนบนก่อนระบายออกสู่อ่าวไทย พื้นที่บริเวณนี้ได้รับผลกระทบโดยตรงจากการบริหารน้ำและการเร่งระบายน้ำของเขื่อนเจ้าพระยา ส่งผลให้แม่น้ำเจ้าพระยาและลำน้ำสาขาเอ่อล้นตลิ่งเข้าท่วมชุมชนนอกคันกั้นน้ำ รวมถึงพื้นที่ลุ่มต่ำริมน้ำเป็นระยะเวลายาวนาน

ผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ข้างต้นมีความสอดคล้องอย่างมีนัยสำคัญกับรายงานสรุปสถานการณ์อุทกภัยประจำปี พ.ศ. 2567 ของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (ปภ.) ระบุว่าจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ สุโขทัย และพระนครศรีอยุธยา เป็นกลุ่มพื้นที่ที่ประสบอุทกภัยรุนแรงและยาวนานที่สุดในรอบปี (ศูนย์ข้อมูลสาธารณภัย, 2567) ความสอดคล้องดังกล่าวช่วยยืนยันความถูกต้องเชิงเนื้อหาพื้นที่และเวลา ของระบบสกัดข้อมูลกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นว่าสามารถสะท้อนภาพสถานการณ์ภัยพิบัติในความเป็นจริงได้อย่างแม่นยำ ซึ่งจะเป็ประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำไปประยุกต์ใช้สนับสนุนระบบวางแผนและแจ้งเตือนภัยล่วงหน้าในพื้นที่เสี่ยงภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ความสะดวก การเปลี่ยนมาใช้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ ในการสกัดและวิเคราะห์ข้อมูลแทนการพัฒนา NER เอง ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและลดความซับซ้อนในการพัฒนาอย่างมาก นักพัฒนาไม่จำเป็นต้องสร้างหรือปรับแต่งโมเดลสำหรับแต่ละประเภทข้อมูลอีกต่อไป เพียงแค่ใช้คำสั่ง หรือ prompt ที่เข้าใจง่ายก็สามารถดึงข้อมูลที่ต้องการได้ทันที ทำให้ได้สะดวกและกระบวนการทำงานเร็วขึ้น นอกจากนี้ LLM ยังทำงานผ่าน API ได้โดยตรง ทำให้สามารถใช้งานได้กับหลากหลายภาษาโปรแกรมมิ่ง ไม่จำกัดแค่ Python แต่ยังรวมถึง JavaScript หรือภาษาอื่น ๆ ด้วย ส่งผลให้ทีมพัฒนาสามารถผนวกความสามารถของ AI เข้ากับระบบที่มีอยู่ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การพัฒนาเป็นไปอย่างคล่องตัวและเปิดกว้างสำหรับนักพัฒนาจากทุกสายงาน

6. ข้อดีของการใช้ n8n JavaScript Gemini การผสานการทำงานระหว่าง n8n JavaScript Gemini แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบอัตโนมัติในการจัดการข้อมูลข่าว

ภัยพิบัติอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ n8n เป็นส่วนติดต่อผู้ใช้และช่วยลดภาระในการเขียนโค้ดแบบดั้งเดิม ด้วยการสร้าง workflow แบบ visual drag-and-drop ที่สามารถตั้งค่า trigger และควบคุมการประมวลผลข้อมูลได้อย่างยืดหยุ่น ขณะที่ JavaScript และ Gemini ทำหน้าที่ในการประมวลผลข้อความและสกัดข้อมูลสำคัญจากข่าวในลักษณะที่เข้าใจบริบทภาษาไทยได้อย่างลึกซึ้ง การใช้เครื่องมือทั้งสองนี้ร่วมกันช่วยลดเวลาในการพัฒนา เพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์ และสามารถขยายขีดความสามารถของระบบได้โดยไม่ต้องปรับแต่งโค้ดที่ซับซ้อนมากนัก นอกจากนี้การประมวลผลผลภาษา JavaScript ได้ลดความล่าช้าในการประมวลผลอีกด้วย และการใช้งาน Gemini ก็ทำให้ไม่ยึดติดว่าการประมวลผลภาษาธรรมชาติจะต้องเป็น Python เท่านั้น

7. ความเป็นไปได้ในการนำไปต่อยอดกับระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ ผลลัพธ์จากระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปต่อยอดได้อย่างชัดเจนในบริบทของระบบแจ้งเตือนภัยอัตโนมัติ เช่น การตั้งค่าให้ส่งข้อความแจ้งเตือนเหตุการณ์น้ำท่วมผ่านไลน์ OA หรือ Telegram โดยอ้างอิงจากข้อมูลข่าวที่สกัดใหม่แบบเรียลไทม์ และสามารถประเมินพื้นที่เสี่ยงผ่านข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สกัดได้จากข่าว ระบบยังสามารถทำงานร่วมกับเครื่องมือตรวจวัดภาคสนาม เช่น IoT Sensor หรือข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อสร้างการแจ้งเตือนที่มีความแม่นยำสูง และมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้กับภัยพิบัติอื่น ๆ เช่น ดินถล่มหรือไฟป่าในอนาคตได้อีกด้วย

8. ประเด็นด้านความปลอดภัย ความเป็นส่วนตัว และข้อจำกัดของ LLM แม้ระบบที่นำเสนอจะมีศักยภาพสูง แต่ก็ยังมีข้อพึงระวังด้านความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัว เช่น การใช้ LLM อย่าง Gemini ต้องอาศัยการส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งอาจมีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของข้อมูล หากไม่มีมาตรการควบคุมที่เหมาะสม นอกจากนี้ LLM ยังมีข้อจำกัดด้านความแม่นยำในกรณีที่มีข้อมูลมีความกำกวม หรือใช้ภาษาท้องถิ่นเฉพาะกลุ่ม และยังไม่สามารถรับรองผลลัพธ์ได้ 100% ซึ่งเป็นข้อพึงระวังสำคัญอีกข้อในการประยุกต์ใช้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Ji et al., 2023) โดยเฉพาะเมื่อใช้ในงานที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจเชิงนโยบาย ดังนั้นควรมีการออกแบบระบบให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ และใช้ LLM เป็นเพียงเครื่องมือเสริมการตัดสินใจมากกว่าการพึ่งพาเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายหลักของการใช้งาน LLM ที่ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ต้องเผชิญ โดยปกติจะคิดตามจำนวนโทเคน (tokens) ที่ใช้ ซึ่งก็คือหน่วยย่อยของข้อความ (เช่น คำหรือส่วนของคำ) ยิ่งป้อนข้อมูลเข้าไปมาก หรือให้โมเดลสร้างข้อมูลออกมามาก ค่าใช้จ่ายก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

9. เนื่องจากต้นทุนและประสิทธิภาพการประมวลผลด้วยโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (LLM) แปรผันโดยตรงตามจำนวนโทเคน (Tokens) ทั้งในฝั่งขาเข้า (Input Tokens) และขาออก (Output Tokens) การวิเคราะห์ในส่วนนี้จึงสรุปเชิงปริมาณครอบคลุม 2 ประเด็นหลัก คือ ประเด็นปริมาณโทเคนที่ใช้ในการประมวลผล และ ประเด็นราคาและค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่าย

จากการทดสอบประมวลผลสกัดข้อมูลและสรุปเนื้อหาจากชุดข้อมูลข่าวอุทกภัย ทั้งหมดจำนวน 555 บทความ โดยใช้แบบจำลองการตัดคำของ Gemini พบว่าระบบใช้ปริมาณโทเคนรวมทั้งสิ้น 900,842 โทเคน (ประมาณ 0.90 ล้านโทเคน) โดยแบ่งเป็นปริมาณ ฝั่งขาเข้า จำนวน 872,318 โทเคน (คิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 96.84) และโทเคนฝั่งขาออกจำนวน 28,524 โทเคน (คิดเป็นร้อยละ 3.16) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าภาระการประมวลผลส่วนใหญ่อยู่ในฝั่งข้อมูลขาเข้า ขณะที่ฝั่งข้อมูลขาออกใช้โทเคนเพียงส่วนน้อยเนื่องจากสถาปัตยกรรมคำสั่งกำหนดให้โมเดลตอบกลับเฉพาะโครงสร้างข้อมูล JSON ที่มีความกระชับสูง

จากการตรวจสอบอัตราค่าบริการมาตรฐานของการใช้งาน Gemini API สำหรับโมเดล Gemini 2.5 Flash (Google Developers, 2024; กำหนดอัตราบริการโทเคนฝั่งขาเข้า \$0.300 USD/1M Tokens และฝั่งขาออก \$2.500 USD/1M Tokens อัตราแลกเปลี่ยนอ้างอิง 1 USD = 36.00 THB) คิดเป็นค่าบริการฝั่งขาเข้า สำหรับชุดข้อมูลข่าวทั้งสิ้น 555 ข่าว (872,318 โทเคน) เท่ากับ \$0.2617 USD (~9.42 บาทไทย) และค่าบริการฝั่งขาออก (28,524 โทเคน) เท่ากับ \$0.0713 USD (~2.57 บาทไทย) ส่งผลให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้นสำหรับการสกัดและสรุปข่าวข่าวท่วมตลอดทั้งชุดข้อมูล คิดเป็นเงินเพียง \$0.3330 USD หรือประมาณ 11.99 บาทไทย เท่านั้น (ตกเฉลี่ยเพียงประมาณ 0.0216 บาทต่อ 1 บทความข่าว)

ในด้านความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์และการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง หากออกแบบระบบรับและประมวลผลข่าวสารกึ่งเรียลไทม์ ระบบจะสามารถทำงานภายใต้โควตาใช้งานฟรีของ Google AI Studio ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย (0 บาท) นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบ NER เดิมบน Python ที่ต้องมีภาระต้นทุนในการจัดหาและบำรุงรักษาเครื่องเซิร์ฟเวอร์พร้อมการ์ดประมวลผลกราฟิก (GPU) แบบ On-Premise ตลอด 24 ชั่วโมง สถาปัตยกรรมใหม่ที่ใช้ JavaScript (Node.js) ร่วมกับ n8n Workflow และ Gemini API จึงสามารถลดต้นทุนการดำเนินงานลงได้ และมีความคุ้มค่ายิ่งสำหรับหน่วยงานภาครัฐหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าอย่างมีนัยสำคัญในการปรับปรุงกระบวนการสกัดข้อมูลข่าวน้ำท่วมจากแหล่งข่าวออนไลน์ โดยการเปลี่ยนจากระบบแบบดั้งเดิมที่ต้องใช้โค้ดจำนวนมากและมีขั้นตอนซ้ำซ้อน มาเป็นระบบกึ่งอัตโนมัติที่ใช้เครื่องมือ n8n ร่วมกับ JavaScript และ Gemini ส่งผลให้สามารถลดเวลาในการประมวลผลลงได้อย่างมาก เพิ่มความแม่นยำในการสกัดข้อมูล และลดภาระของผู้ใช้งาน ระบบใหม่นี้ยังสามารถนำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบเชิงพื้นที่ที่ชัดเจนและต่อยอดได้ในระดับนโยบายหรือการปฏิบัติจริง

จากความสำเร็จในการใช้เทคนิคดังกล่าวกับข่าวน้ำท่วม งานวิจัยนี้เสนอให้ขยายระบบไปสู่การติดตามภัยพิบัติรูปแบบอื่น เช่น แผ่นดินไหว ดินถล่ม และไฟป่า ซึ่งมักมีการรายงานผ่านข่าวในทำนองเดียวกัน การฝึกโมเดล LLM เพิ่มเติมให้สามารถเข้าใจคำศัพท์เฉพาะของแต่ละประเภทภัยพิบัติจะช่วยเพิ่มความแม่นยำของระบบ และสามารถพัฒนาเป็นแพลตฟอร์มกลางสำหรับติดตามสถานการณ์ภัยพิบัติแบบครอบคลุม ทั้งในด้านเวลา พื้นที่ และความรุนแรง เพื่อให้ระบบมีประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรมในระดับนโยบาย ควรมีการผนวกรวมข้อมูลที่สกัดได้จากข่าวเข้ากับระบบเตือนภัยที่มีอยู่ในระดับจังหวัดหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เช่น ศูนย์บัญชาการเหตุการณ์ หรือแอปพลิเคชันเตือนภัยของภาครัฐ การผนวกนี้สามารถทำได้ผ่าน API หรือ Dashboard กลางที่เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงเวลาแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความเร็วในการรับรู้สถานการณ์และตัดสินใจเชิงรุกของหน่วยงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ทีมวิจัยขอแสดงความขอบคุณต่อ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2567 นอกจากนี้ขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้ข้อมูล ข้อเสนอแนะ และคำแนะนำอันมีค่า ซึ่งมีส่วนช่วยอย่างมากต่อความสำเร็จของการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชวลิต โค้วระวงศ์, รัตพล อ่างมณี, ไพรินทร์ มีศรี และ ดารวธ วัระพันธ์. (2568). *การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิคเว็บสแครปปิงและการประมวลผลภาษาธรรมชาติสำหรับการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมในประเทศไทย*. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติครั้งที่ 4 ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. วันที่ 7 มีนาคม 2568. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์. 314-323.
- ศูนย์ข้อมูลสาธารณภัย. (2567). *สรุปสถิติสาธารณภัยประจำปี พ.ศ. 2567 ของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (ปภ.)*. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2569, จาก <https://datacenter.disaster.go.th/datacenter/cms/8670?id=132971>.
- Deelman, E., Vahi, K., Juve, G., Rynge, M., Callaghan, S., Maechling, P. J., Mayani, R., Chen, W., Ferreira da Silva, R., Livny, M., & Wenger K. (2015). Pegasus, a workflow management system for science automation. *Future Generation Computer Systems*, 46, 17-35. doi:10.1016/j.future.2014.10.008.
- Eze, E., Feyisetan, O., & Omojola, A. (2020). Named entity recognition for disaster management: A review and framework. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 48, 101612. doi:10.1016/j.ijdr.2020.101612.
- Google Developers. (2024). *Google AI Studio Pricing and Model Documentation*. Google AI for Developers. Retrieved June 25, 2026 from <https://ai.google.dev/pricing>.
- Google Gemini Team. (2023). *Gemini: A family of highly capable multimodal models*. Retrieved August 1, 2026 from <https://arxiv.org/pdf/2312.11805>.
- Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Jin Bang, Y., Madotto, A., & Fung, P. (2023). Survey of hallucination in natural language generation. *ACM Computing Surveys*, 55(12), 1-38. doi:10.1145/3571730.
- Lei, K., Ma, Y., & Tan, Z. (2014). *Performance comparison and evaluation of Web development technologies in PHP, Python, and Node.js*. In: Proceedings of IEEE International Conference on Computational Science and Engineering, 19-21 December, 2014, NW Washington, DC United States. 661-668. doi:10.1109/CSE.2014.142.

- Lowphansirikul, L., Polpanumas, C., Jantrakulchai, N., & Nutanong, S. (2021). *WangchanBERTa: Pretraining transformer-based Thai Language Models*. Retrieved July 12, 2026 from <https://arxiv.org/pdf/2101.09635>.
- Makarov, I. S., Larin, D. V., Vorobeve, E. G., Emelin, D. P., & Kartashov, D. A. (2025). The impact of asynchronous and multithreaded query processing models on the performance of server-side web applications. *Software Systems and Computational Methods*, (1), 13–20. doi.org/10.7256/2454-0714.2025.1.73665.
- Phatthiyaphaibun, W., Chaovavanich, K., Polpanumas, C., Suriyawongkul, A., Lowphansirikul, L., Chormai, P., Limkonchotiwat, P., Suntornitip, T., & Udomcharoenchaikit, C. (2023). *PyThaiNLP: Thai Natural Language Processing in Python*. In: Proceedings of the 3rd Workshop for Natural Language Processing Open Source Software, December 6, 2023, 25-36. doi:10.18653/v1/2023.nlposs-1.4.
- Revilla-Romero, B., Hirpa, F. A., Thielen-del Pozo, J., Salamon, P., Pappenberger, F., & De Groeve, T. (2015). On the use of global flood forecasts and satellite-derived inundation maps for flood monitoring in data-sparse regions. *Remote Sensing*, 7(11), 15702-15728. doi:10.3390/rs71115702.
- Singrodia, V., Mitra, A., & Paul, S. (2019). *A review on web scraping and its applications*. In: International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), 23-25 January, 2019, Coimbatore, India. 1-6. doi:10.1109/ICCCI.2019.8821809.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 5998-6008.
- Wei, X., Cui, X., Cheng, N., Wang, X., Zhang, X., Huang, S., Xie, P., Xu, J., Chen, Y., Zhang, M., Jiang, Y., & Han, W. (2023). *ChatIE: Zero-Shot Information Extraction via Chatting with ChatGPT*. Retrieved August 8, 2026 from <https://arxiv.org/pdf/2302.10205>.

ANEMIA IN DOGS: DISEASE CLASSIFICATIONS, SEVERITY, AND CONCURRENT DISEASES IN NORTHEAST THAILAND

Narichsara Lertchaisathaporn¹, Pattara-Anong Bupata¹, Natruethai Thititanasub¹,
Panisara Kunkitti² and Pucharatsm Pannin^{3,*}

¹ Veterinary Teaching Hospital, Faculty of Veterinary Medicine, Khon Kaen University

² Department of Veterinary Structural and Clinical Interventional Sciences, Khon Kaen University

³ Department of Anatomy, Faculty of Medicine, Khon Kaen University

Received: 9 August 2026

Revised: 30 August 2026

Accepted: 31 August 2026

Abstract

Anemia is a common hematologic abnormality in dogs and may occur in association with various underlying diseases. However, previous studies have described causes of anemia or focused on specific diseases, while information on diseases associated with anemia in dogs remains limited. This retrospective study investigated disease classifications, anemia severity, primary diagnoses, and concurrent diseases in anemic dogs presented to a veterinary teaching hospital in Northeast Thailand. Medical records and hematologic results from January to December 2024 were retrospectively reviewed. Dogs with a PCV <37% were considered anemic, and dogs younger than six months of age or with acute blood loss were excluded. Of 4,682 dogs identified, 1,013 (21.6%) were included in the study. Neoplasia was the most common disease classification (24.9%), with mild anemia predominating, followed by vector-borne infectious diseases (20.2%) and CKD (16.6%), in which mild anemia also predominated. Moderate anemia predominated in vector-borne infectious, systemic bacterial infectious, and immune-mediated diseases. Bone marrow disorders had the

* Corresponding author: Pucharatsm Pannin

E-mail: ppucharatsm@gmail.com

highest proportions of severe and very severe anemia, and anemia severity differed significantly among disease classifications ($p < 0.0001$). CKD was the most common primary diagnosis (15.8%), followed by ehrlichiosis (9.3%), and concurrent diseases were frequently identified. Overall, the findings demonstrate that anemia severity varies among disease classifications and that concurrent diseases are common in anemic dogs.

Keywords: Disease classifications, Anemia severity, Concurrent diseases

Introduction

Anemia is one of the most frequently identified hematologic abnormalities in canine patients and may occur as a consequence of various underlying diseases (Borin-Crivellenti et al., 2023; Stokol, 2024). Reduced red blood cell mass decreases tissue oxygen delivery and can cause lethargy, weakness, and exercise intolerance (Grimes & Fry, 2015). In clinical practice, identification of anemia provides an opportunity to investigate the underlying causes of anemia, including both primary diseases and concurrent conditions (Liu & Su, 2015). Therefore, evaluation of anemia severity and concurrent diseases associated with hematologic changes may provide information for diagnosis and clinical management (Lippi et al., 2021).

Pathogenesis of anemia occurs through three mechanisms, including decreased erythrocyte production, increased erythrocyte destruction, and blood loss (Stokol, 2024). The mechanism of anemia varies according to the underlying disease and may influence both anemia severity and associated hematologic abnormalities (Chikazawa & Dunning, 2016). Therefore, evaluating anemia severity and hematologic characteristics across different disease classifications may improve understanding of disease-associated hematologic patterns and provide clinically relevant information for diagnostic evaluation and case management (Lippi et al., 2021; Thongsahuan et al., 2020).

Although previous studies have investigated anemia associated with specific diseases, including chronic inflammatory disease, immune-mediated hemolytic anemia, vector-borne disease, chronic kidney disease, and neoplasia, most investigations have focused on individual disease entities rather than evaluating the distribution and severity of anemia across diverse underlying diseases (Parachini-Winter et al., 2019; Grimes & Fry, 2015; Little, 2010). Furthermore, although previous studies have described the causes of anemia or focused on specific diseases, a comprehensive understanding of diseases associated with anemia in dogs remains limited. These findings may provide useful baseline information for future clinical and epidemiological studies. Therefore, the objective of this retrospective study was to investigate disease classifications, anemia severity, primary diagnoses, and concurrent diseases in anemic dogs presented to a veterinary teaching hospital in Northeast Thailand.

Materials and Methods

1. Inclusion criteria and study population: A retrospective observational study was conducted using medical records and the laboratory database of dogs presented to the Veterinary Teaching Hospital, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, between January and December 2024. The database was searched to identify dogs with anemia based on packed cell volume (PCV) values below 37%.

Dogs were included if they fulfilled the following criteria: (1) PCV <37%, indicating anemia; and (2) sufficient clinical information was available to determine the primary diagnosis and classify cases into disease classifications. Dogs younger than six months of age, dogs with acute blood loss, incomplete medical records, an unavailable primary diagnosis, or insufficient clinical information were excluded from the study. Dogs with acute blood loss were excluded because the present study evaluated anemia associated with underlying diseases, whereas acute blood loss represents a different etiology

of anemia (Paltrinieri, 2014). For dogs with multiple disease conditions, the primary diagnosis was assigned by the researchers based on the condition considered most clinically important and most relevant to the principal clinical presentation and to anemia, as determined from medical records, laboratory findings, and underlying pathophysiological mechanisms. Predefined decision rules and priority criteria were used to determine the primary diagnosis when multiple disease conditions were present. Other coexisting conditions were recorded separately as concurrent diseases.

2. Diagnostic criteria for major diseases: Major disease diagnoses were determined based on clinical diagnoses documented in the medical records and supported by available laboratory and diagnostic findings. For dogs with multiple conditions, predefined decision rules and priority criteria were used to assign the primary disease classification. CKD was assigned the highest priority based on IRIS staging using serum creatinine and/or SDMA, with substaging by proteinuria and blood pressure (Elliott & White, 2023). IMHA, including suspected IMHA, and blood-smear-confirmed *Ehrlichia canis* infection were prioritized over CKD, with IMHA prioritized when both were identified (Garden et al., 2019; Neer et al., 2002). Blood-smear-confirmed or serology-positive *E. canis* infection was classified as vector-borne infectious disease when no other primary disease was identified. Pancreatitis was classified as inflammatory when occurring alone or with SIRS, or as associated with systemic disease when accompanied by sepsis or DKA (Behrend et al., 2018; Fabrès et al., 2019). Cases with pancytopenia, bone marrow suppression, or primary bone marrow disease were classified as bone marrow disorders (Girardi et al., 2017).

3. Data collection: Clinical information was retrospectively obtained from medical records and the laboratory database. Recorded variables included primary diagnoses, concurrent diseases, disease classifications, and anemia severity. The PCV value obtained during the initial diagnostic evaluation was used to classify anemia severity.

4. Classification of underlying diseases: Dogs were retrospectively assigned to disease classification groups according to the underlying pathophysiologic process associated with the clinical diagnosis. The following nine disease classifications were used: vector-borne infectious diseases, neoplasia, systemic bacterial infectious diseases, chronic kidney disease, immune-mediated diseases, inflammatory diseases, bone marrow disorders, endocrine and metabolic diseases, and other diagnoses. Vector-borne infectious diseases included ehrlichiosis (*Ehrlichia* spp.), anaplasmosis (*Anaplasma* spp.), babesiosis (*Babesia* spp.), trypanosomiasis (*Trypanosoma* spp.), and microfilaremia. Neoplasms were further classified by tumor type when specified; cases without a specified tumor type were classified as unspecified neoplasia. Systemic bacterial infectious diseases included sepsis, leptospirosis, pyometra, septic metritis, septic peritonitis, bacterial pneumonia, and melioidosis. Inflammatory diseases included pancreatitis, chronic inflammatory enteropathy, pythiosis, aspergillosis, and other inflammatory disorders. Endocrine and metabolic diseases included diabetic ketoacidosis and other endocrine or metabolic disorders. Other diagnoses included cases that could not be classified into the predefined disease categories. Each dog was assigned to only one primary disease classification to allow comparison of anemia characteristics among disease groups.

5. Classification of anemia severity: Anemia severity was classified according to PCV values based on previously described criteria (Feldman et al. 2000). Dogs were categorized as having mild (PCV 30-36%), moderate (PCV 20-29%), severe (PCV 13-19%), or very severe anemia (PCV <13%). The distribution of anemia severity was evaluated among disease classifications (Tvedten, 2022).

6. Statistical analysis: Categorical variables were presented as numbers and percentages. The distributions of disease classifications, primary diagnoses, concurrent diseases, and anemia severity were summarized using descriptive statistics. Differences in anemia severity among disease classifications were assessed using the Fisher–Freeman–Halton exact test with Monte Carlo simulation. A p -value <0.05 was considered statistically significant.

Results

A total of 4,682 dogs were identified from the Clinical Laboratory database of the Veterinary Teaching Hospital, Faculty of Veterinary Medicine, Khon Kaen University, Thailand, between January and December 2024. Medical records and hematologic results were retrospectively reviewed. Dogs with a packed cell volume (PCV) $\geq 37\%$ and cases with incomplete diagnostic or hematologic information were excluded. Of the remaining dogs, 1,252 (26.7%) were identified as anemic (PCV $< 37\%$). Subsequently, dogs younger than six months of age and those diagnosed with acute blood loss were excluded. The final study population consisted of 1,013 (21.6%) anemic dogs. The distributions of disease classifications, anemia severity, primary diagnoses, and concurrent diseases in anemic dogs are presented in the following sections.

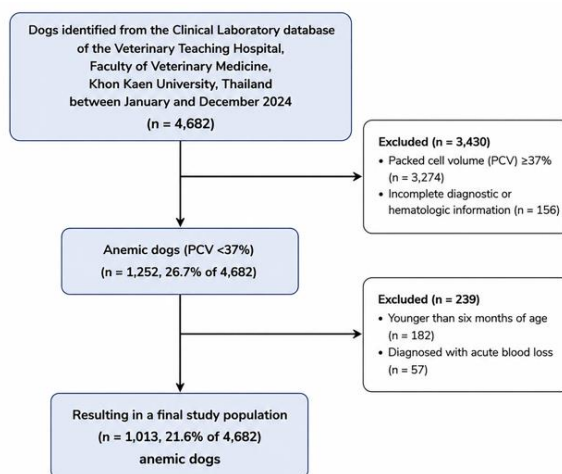


Fig. 1 Flow diagram of the study population.

1. Distribution of disease classifications and primary diagnoses

The distribution of disease classifications showed that neoplasia was the most frequently identified disease classification, accounting for 24.9% (252/1,013) of cases, followed by vector-borne infectious diseases (20.2%, 205/1,013), CKD (16.6%, 168/1,013), and other diagnoses (15.6%, 158/1,013).

Systemic bacterial infectious diseases and inflammatory diseases accounted for 8.4% (85/1,013) and 7.7% (78/1,013) of cases, respectively, whereas immune-mediated diseases, endocrine and metabolic diseases, and bone marrow disorders each accounted for less than 5% of cases (Figure 2).

2. Severity of anemia according to disease classification

Among the 1,013 anemic dogs, mild anemia was the most common severity (568/1,013; 56.1%), followed by moderate anemia (336/1,013; 33.2%). Severe (80/1,013; 7.9%) and very severe anemia (29/1,013; 2.9%) were less common. Anemia severity was significantly associated with disease classification (Fisher–Freeman–Halton exact test with Monte Carlo simulation, $p < 0.0001$) (Table 1). Mild anemia was the predominant severity in five of the nine disease classifications, including neoplasia (175/252; 69.4%), CKD (87/168; 51.8%), inflammatory diseases (54/78; 69.2%), endocrine and metabolic diseases (16/26; 61.5%), and other diagnoses (114/158; 72.2%). By contrast, moderate anemia predominated in dogs with vector-borne infectious diseases (88/205; 42.9%), systemic bacterial infectious diseases (40/85; 47.1%), and immune-mediated diseases (17/36; 47.2%). Bone marrow disorders had the highest proportions of severe and very severe anemia, with each accounting for 40.0% (2/5) of cases, whereas mild anemia was not observed in this disease classification.

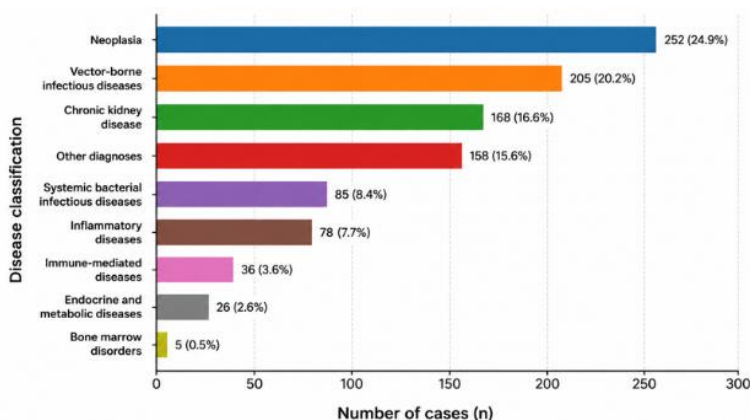


Fig. 2 Distribution of disease classifications among canine anemia cases.

Table 1 Severity of anemia according to disease classification

Causes of anaemia	Mild anemia	Moderate anemia	Severe anemia	Very severe anemia	Total
Vector-borne infectious diseases	80 (39.0%)	88 (42.9%)	26 (12.7%)	11 (5.4%)	205
Neoplasia	175 (69.4%)	66 (26.2%)	8 (3.2%)	3 (1.2%)	252
Systemic bacterial infectious diseases	36 (42.4%)	40 (47.1%)	5 (5.9%)	4 (4.7%)	85
Chronic kidney disease	87 (51.8%)	59 (35.1%)	19 (11.3%)	3 (1.8%)	168
Immune-mediated diseases	6 (16.7%)	17 (47.2%)	10 (27.8%)	3 (8.3%)	36
Inflammatory diseases	54 (69.2%)	20 (25.6%)	4 (5.1%)	0 (0.0%)	78
Bone marrow disorders	0 (0.0%)	1 (20.0%)	2 (40.0%)	2 (40.0%)	5
Endocrine and metabolic diseases	16 (61.5%)	10 (38.5%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	26
Other diagnoses	114 (72.2%)	35 (22.2%)	6 (3.8%)	3 (1.9%)	158
Total	568 (56.1%)	336 (33.2%)	80 (7.9%)	29 (2.9%)	1,013 (100%)

Data are presented as n (%). Percentages in the disease classification rows were calculated within each disease classification. Percentages in the total row (italicized) were calculated based on the total number of anemic dogs (n = 1,013).

3. Primary diagnoses of anemic dogs

Among the 1,013 anemic dogs included in the study, CKD was the most common primary diagnosis, accounting for 15.8% (160/1,013), followed by ehrlichiosis (9.3%, 94/1,013), mast cell tumor (MCT) (5.5%, 56/1,013), pyometra (4.3%, 44/1,013), lymphoma (4.0%, 41/1,013), pancreatitis (3.8%, 39/1,013), myxomatous mitral valve disease (MMVD) (3.5%, 35/1,013), anaplasmosis (3.4%, 34/1,013), immune-mediated hemolytic anemia (IMHA) (2.4%, 24/1,013), and transmissible venereal tumor (TVT) (1.8%, 18/1,013) (Table 2). Each of the remaining primary diagnoses accounted for less than 1% of the study population.

Table 2 Primary diagnoses of anemic dogs.

Primary diagnosis	Number	% (n = 1,013)
Chronic kidney disease (CKD)	160	15.8
Ehrlichiosis	94	9.3
Mast cell tumor	56	5.5
Pyometra	44	4.3
Lymphoma	41	4.0
Pancreatitis	39	3.8
Myxomatous mitral valve disease (MMVD)	35	3.5
Anaplasmosis	34	3.4
Immune-mediated hemolytic anemia (IMHA)	24	2.4
Transmissible venereal tumor (TVT)	18	1.8

The table presents the most common primary diagnoses. All remaining primary diagnoses each represented less than 1% of the total study population.

4. Concurrent diseases in anemic dogs

The most common concurrent diseases associated with each primary diagnosis are presented in Table 3. Dogs with primary CKD exhibited the greatest diversity of concurrent diseases, including single-, double-, and multi-disease combinations. Ehrlichiosis was the most frequently identified concurrent disease in dogs with CKD (33/160; 20.6%), followed by pancreatitis (24/160; 15.0%) and coinfection with ehrlichiosis and anaplasmosis (17/160; 10.6%). In dogs with primary ehrlichiosis, anaplasmosis was the most common concurrent disease (54/94; 57.4%), followed by babesiosis (4/94; 4.3%). Mild anemia predominated among dogs with concurrent CKD and pancreatitis (15/24), whereas concurrent CKD and ehrlichiosis were observed across all anemia severity categories. Coinfections involving ehrlichiosis and anaplasmosis were identified in several primary diagnoses, including concurrent pancreatitis in a small number of dogs.

Table 3 Most common concurrent diseases and anemia severity

Concurrent disease		Mild	Moderate	Severe	Very severe	*Total, n (%)
Chronic kidney disease (CKD)	Ehrlichiosis	12	13	7	1	33 (20.6)
	Pancreatitis	15	9	0	0	24 (15.0)
	MMVD [‡]	1	2	1	0	4 (2.5)
	Ehrlichiosis, Anaplasmosis	6	6	5	0	17 (10.6)
	Ehrlichiosis, Pancreatitis	1	2	1	1	5 (3.1)
	Ehrlichiosis, Anaplasmosis, Pancreatitis	1	1	1	0	3 (1.9)
Ehrlichiosis	Anaplasmosis	21	25	5	3	54 (57.4)
	Babesiosis	0	3	0	1	4 (4.3)
	Anaplasmosis, Pancreatitis	0	1	0	0	1 (1.1) [†]
Pyometra	Acute kidney injury	3	0	0	0	3 (6.8)
	Ehrlichiosis	0	3	0	0	3 (6.8)
	Sepsis	0	3	0	0	3 (6.8)
	Ehrlichiosis, Anaplasmosis	1	3	0	0	4 (9.1)
Pancreatitis	Ehrlichiosis	2	1	0	0	3 (7.7)
Immune-mediated hemolytic anemia (IMHA)	Pancreatitis	1	2	1	0	4 (16.7)

* Percentages were calculated using the number of dogs within each primary diagnosis as the denominator (N = 1,013). [‡] MMVD = myxomatous mitral valve disease.

[†] Only the most common concurrent disease combinations are shown. Combinations with <3 cases were excluded, except for clinically relevant vector-borne co-infections.

Discussion

The results of our retrospective study demonstrate that neoplasia was the most common disease classification associated with anemia (24.9%), followed by vector-borne infectious 20.2%. Neoplasia was reported to be a common cause of anemia (Chervier et al., 2012; Liu & Su, 2015). This finding is consistent with the pathophysiology of cancer-associated anemia, which typically develops gradually as a manifestation of chronic disease (Chikazawa & Dunning, 2016). Persistent inflammation associated with neoplastic conditions promotes the

production of pro-inflammatory cytokines, leading to impaired erythropoietin responsiveness and suppression of erythropoiesis (Weiss et al., 2019). In addition, chronic occult blood loss, nutritional deficiencies, and aging in dogs may also contribute to anemia in affected dogs.

Vector-borne infectious diseases accounted for 20.2% of anemic dogs in the present study. This prevalence was comparable to that reported in France (17.2%) by Bouzouraa et al. (2017), but lower than the approximately 30% reported by Lippi et al. (2021). The prevalence of vector-borne infections observed in this study may reflect the endemicity of tick-borne pathogens in Thailand. *Ehrlichia* spp. is an important cause of canine anemia, which may result from immune-mediated erythrocyte destruction, hemorrhage secondary to thrombocytopenia, bone marrow suppression, or a combination of these mechanisms (Little, 2010). Differences across studies may reflect variation in pathogen endemicity, vector distribution, diagnostic methods, and study populations (Bouzouraa et al., 2017).

When the severity of anemia was evaluated, distinct patterns were observed across disease categories. Mild anemia predominated in dogs with CKD and neoplasia, consistent with anemia associated with chronic disease. Moderate anemia was more frequently observed in dogs with vector-borne infectious and immune-mediated diseases, reflecting the underlying pathophysiology. In CKD, anemia develops gradually due to persistent inflammation, shortened erythrocyte lifespan, and the inhibitory effects of uremic toxins on erythropoiesis (Borin-Crivellenti et al., 2023; Lippi et al., 2021). Moreover, infectious and immune-mediated diseases often result in a more rapid reduction in circulating erythrocytes through hemolysis, hemorrhage, or both (Garden et al., 2019). Although bone marrow disorders accounted for a small proportion of anemic dogs in the present study, they were associated with the most severe hematologic abnormalities, consistent with impaired hematopoiesis due to primary or secondary bone marrow disease (Little, 2010).

This finding reflects the marked reduction in erythrocyte production associated with bone marrow failure, in contrast to diseases in which anemia results from erythrocyte destruction or blood loss (Grimes & Fry, 2015). Bone marrow disorders also frequently affect multiple hematopoietic cell lines, explaining the severe hematologic abnormalities observed in the present study (Weiss, 2006).

Concurrent diseases were frequently identified in anemic dogs, particularly among those with CKD, which exhibited the greatest diversity of concurrent disease combinations. Ehrlichiosis was the most common concurrent disease in dogs with CKD, whereas CKD was also frequently identified in dogs with *Ehrlichia* spp. infection, consistent with previous studies suggesting that chronic ehrlichiosis may contribute to renal injury through immune complex deposition (Burton et al., 2020; Crivellenti et al., 2021). In contrast, anaplasmosis was the most common concurrent disease in dogs with ehrlichiosis, reflecting the endemic nature of tick-borne diseases in northeastern Thailand and the potential for coinfection in areas with high tick exposure. These findings suggest that concurrent diseases may be associated with differences in anemia severity in some disease groups; however, the retrospective study design limits interpretation of this relationship, and it cannot be determined whether these concurrent diseases contributed to these differences. Collectively, these findings indicate that anemia is frequently influenced by multiple concurrent pathological processes rather than a single underlying disease, highlighting the importance of investigating comorbid conditions during the diagnostic evaluation of anemic dogs.

The predominance of ehrlichiosis and anaplasmosis is relevant because both infections can contribute to anemia through chronic inflammation, bone marrow suppression, and immune-mediated abnormalities (Gaunt et al., 2010; Little, 2010). CKD concurrent with pancreatitis was mainly associated with mild anemia, whereas CKD concurrent with ehrlichiosis occurred across all anemia

severity categories. This suggests that the specific comorbid condition may influence anemia severity beyond CKD alone. The more severe anemia observed with ehrlichiosis may be related to its potential to cause bone marrow suppression (Mylonakis et al., 2019). Further prospective studies are needed to confirm this association. This study has several limitations. The retrospective, single-center design may have introduced selection bias and limited the generalizability of the findings to other veterinary populations and clinical settings. In addition, the study relied on information available in existing medical records, and some clinical or diagnostic information may have been incomplete.

Overall, the findings indicate that the severity and hematologic presentation of anemia varied across different disease classifications and concurrent conditions. The frequent occurrence of concurrent diseases, particularly vector-borne infections and CKD, highlights the multifactorial nature of anemia in dogs. Together, these findings provide useful information on the clinical presentation of anemia and the diseases associated with anemia in dogs.

References

- Behrend, E., Holford, A., Lathan, P., Rucinsky, R., & Schulman, R. (2018). 2018 AAHA Diabetes Management Guidelines for Dogs and Cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 54(1), 1-21. Doi: 10.5326/JAAHA-MS-6822.
- Borin-Crivellenti, S., Crivellenti, L. Z., Gilor, C., Gilor, S., Silva, D. G., Maia, S. R., Costa, P. B., Alvarenga, A. W. O., Fernandes, A. L. S., & Santana, A. E. (2023). Anemia in canine chronic kidney disease is multifactorial and associated with decreased erythroid precursor cells, gastrointestinal bleeding, and systemic inflammation. *American Journal of Veterinary Research*, 84(10), 1-6. Doi: 10.2460/ajvr.23.05.0097.

- Bouzouraa, T., Cadore, J. L., Chene, J., Goy-Thollot, I., Ponce, F., Chalvet-Monfray, K., Rannou, B., & Chabanne, L. (2017). Implication, clinical and biological impact of vector-borne haemopathogens in anaemic dogs in France: a prospective study. *Journal of Small Animal Practice*, 58(9), 510-518. Doi: 10.1111/jsap.12690.
- Burton, W., Drake, C., Ogeer, J., Buch, J., Mack, R., McCrann, D., & Coyne, M. J. (2020). Association Between Exposure to Ehrlichia spp. and Risk of Developing Chronic Kidney Disease in Dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 56(3), 159-164. Doi: 10.5326/JAAHA-MS-7012.
- Parachini-Winter, C., Carioto, L. M., & Gara-Boivin, C. (2019). Retrospective evaluation of anemia and erythrocyte morphological anomalies in dogs with lymphoma or inflammatory bowel disease. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 254(4), 487-495. Doi: 10.2460/javma.254.4.487.
- Chervier, C., Cadoré, J. L., Rodriguez-Piñeiro, M. I., Deputte, B. L., & Chabanne, L. (2012). Causes of anaemia other than acute blood loss and their clinical significance in dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 53(4), 223-227. Doi: 10.1111/j.1748-5827.2011.01191.x.
- Chikazawa, S., & Dunning, M. D. (2016). A review of anaemia of inflammatory disease in dogs and cats. *The Journal of small animal practice*, 57(7), 348-353. Doi: 10.1111/jsap.12498.
- Crivellenti, L. Z., Cintra, C. A., Maia, S. R., Silva, G. E. B., Borin-Crivellenti, S., Cianciolo, R., Adin, C. A., Tinucci-Costa, M., Pennacchi, C. S., & Santana, A. E. (2021). Glomerulotubular pathology in dogs with subclinical ehrlichiosis. *PLOS ONE*, 16(12), e0260702. Doi: 10.1371/journal.pone.0260702.
- Elliott, J. & White, J. (2023). *IRIS Staging System: Overview of the IRIS staging system for CKD*. Retrieved August 9, 2026 from <https://www.iris-kidney.com/iris-staging-system>.

- Fabrès, V., Dossin, O., Reif, C., Campos, M., Freiche, V., Maurey, C., Pilot-Storck, F., Desquillet, L., & Benchekroun, G. (2019). Development and validation of a novel clinical scoring system for short-term prediction of death in dogs with acute pancreatitis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33(2), 499-507. Doi: 10.1111/jvim.15421.
- Feldman, B. F., Zinkl, J. G., Jain, N. C., & Schalm, O. W. (2000). Veterinary hematology. In Feldman, B. F., Zinkl, J. G., & Jain, N. C. (Eds.), *Schalm's veterinary hematology* (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Garden, O. A., Kidd, L., Mexas, A. M., Chang, Y. M., Jeffery, U., Blois, S. L., Fogle, J. E., MacNeill, A. L., Lubas, G., Birkenheuer, A., Buoncompagni, S., Dandrieux, J. R. S., Di Loria, A., Fellman, C. L., Glanemann, B., Goggs, R., Granick, J. L., LeVine, D. N., Sharp, C. R., Smith-Carr, S., Swann, J. W., & Szladovits, B. (2019). ACVIM consensus statement on the diagnosis of immune-mediated hemolytic anemia in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33(2), 313-334. Doi: 10.1111/JVIM.15441.
- Gaunt, S. D., Beall, M. J., Stillman, B. A., Lorentzen, L., Diniz, P. P. V. P., Chandrashekar, R., & Breitschwerdt, E. B. (2010). Experimental infection and co-infection of dogs with *Anaplasma platys* and *Ehrlichia canis*: Hematologic, serologic and molecular findings. *Parasites and Vectors*, 3(1), 1-10. Doi: 10.1186/1756-3305-3-33.
- Girardi, A. F., Campos, A. N., Pescador, C. A., De Almeida, A. D. B. P. F., Mendonça, A. J., Nakazato, L., De Oliveira, A. C. S., & Sousa, V. R. F. (2017). Quantitative analysis of bone marrow in pancytopenic dogs. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(6), 3639-3646. Doi: 10.5433/1679-0359.2017v38n6p3639.
- Grimes, C. N., & Fry, M. M. (2015a). Nonregenerative Anemia: Mechanisms of Decreased or Ineffective Erythropoiesis. *Veterinary Pathology*, 52(2), 298-311. Doi: 10.1177/0300985814529315.

- Lippi, I., Perondi, F., Lubas, G., Gori, E., Pierini, A., D'addetta, A., & Marchetti, V. (2021). Erythrogram patterns in dogs with chronic kidney disease. *Veterinary Sciences*, 8(7), 123. Doi: 10.3390/vetsci8070123.
- Little, S. E. (2010). Ehrlichiosis and Anaplasmosis in Dogs and Cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 40(6), 1121-1140. Doi: 10.1016/j.cvsm.2010.07.004.
- Liu, P. C., & Su, B. L. (2015). CAUSES OF CANINE ANEMIA IN TAIWAN: A FIVE-YEAR RETROSPECTIVE SURVEY. *Taiwan Veterinary Journal*, 41(1), 31-37. Doi: 10.1142/s1682648515500031.
- Mylonakis, M. E., Harrus, S., & Breitschwerdt, E. B. (2019). An update on the treatment of canine monocytic ehrlichiosis (*Ehrlichia canis*). *The Veterinary Journal*, 246, 45-53. Doi: 10.1016/j.tvjl.2019.01.015.
- Neer, T. M., Breitschwerdt, E. B., Greene, R. T., & Lappin, M. R. (2002). Consensus Statement on Ehrlichial Disease of Small Animals from the Infectious Disease Study Group of the ACVIM. *Journal of veterinary internal medicine*, 16(3), 309-315. Doi: 10.1111/j.1939-1676.2002.tb02374.x.
- Paltrinieri, S. (2014). The diagnostic approach to anaemia in the dog and cat. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 65(3), 149-164. Doi: 10.12681/jhvms.15529.
- Stokol, T. (2024). Fluid Analysis: Thoracic, Abdominal, Joint. In Ettinger, S. J., Feldman, E. C., & Côté, E. (Eds.), *Ettinger's Textbook of Veterinary Internal Medicine* (9th ed., Vol. 1, pp. 340-352). Elsevier.
- Thongsahuan, S., Chethanond, U., Wasiksiri, S., Saechan, V., Thongtako, W., & Musikacharoen, T. (2020). Hematological profile of blood parasitic infected dogs in Southern Thailand. *Veterinary World*, 13(11), 2388-2394. Doi: 10.14202/VETWORLD.2020.2388-2394.
- Tvedten, H. (2022). Classification and Laboratory Evaluation of Anemia. In Brooks, M. B., Harr, K. E., Seelig, D. M., Wardrop, K. J., & Weiss, D. J. (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology* (7th edition, pp. 198-208). John Wiley & Sons. Doi: 10.1002/9781119500537.ch25.

- Weiss, D. J. (2006). A Retrospective Study of the Incidence and the Classification of Bone Marrow Disorders in the Dog at a Veterinary Teaching Hospital (1996-2004). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 20(4), 955-961. Doi: 10.1111/j.1939-1676.2006.tb01811.x.
- Weiss, G., Ganz, T., & Goodnough, L. T. (2019). Anemia of inflammation. *Blood*, 133(1), 40-50. Doi: 10.1182/blood-2018-06-856500.

Udon Thani Rajabhat University
Journal of Science and Technology

Vol.14 Issue.2 (2026)

ISSN 2287-0083

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถ.ทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000
โทรศัพท์: 042-211040 ต่อ 1702 เว็บไซต์: <http://rdi.udru.ac.th>
เว็บไซต์: <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru>
อีเมล: scjournal@udru.ac.th

